

اثر پلیمرهای طبیعی و منعقدکننده‌های شیمیایی بر آبگیری لجن حاصل از تصفیه فاضلاب شهری

Effects of Natural Polymers and Chemical Coagulants on the Dewatering of Sewage Sludge

حسین گنجی دوست^۱، منیژه خالقی سرنامی^۲، نادر مختارانی^{۲*}

۱- تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، صندوق پستی ۱۴۱۵۵/۱۴۳

۲- تهران، شرکت جهش کیمیا، صندوق پستی ۱۳۴۴۵/۱۳۸۱

دریافت: ۸۵/۲/۲۶، پذیرش: ۸۵/۵/۹

چکیده

در این پژوهش، اثر پلیمرهای طبیعی (کربوکسی متیل سلولوز، کیتوسان و سدیم آلژینات) و منعقدکننده‌های شیمیایی (آلومینیم سولفات، آهن (III) سولفات، آهن (III) کلرید و آهن (III) کلرید و آهن (III) کلرید و آهن (III) کلرید) بر آبگیری لجن حاصل از تصفیه فاضلاب شهری بررسی شده است. بدین منظور از تعیین زمان صاف کردن و اندازه‌گیری مقدار رطوبت کیک لجن حاصل برای سنجش قابلیت آبگیری لجن استفاده شده است. در این راستا، ابتدا pH بهینه برای آبگیری لجن و سپس غلظت بهینه منعقدکننده برای حداقل زمان صاف کردن معین شده است. براساس نتایج آزمایشها، از میان منعقدکننده‌های شیمیایی آهن (III) سولفات مناسبترین ماده برای آبگیری لجن فعال برگشتی و آهن (III) کلرید بهترین منعقدکننده برای لجن هضم شده هوازی ارزیابی شد. بررسی نتایج نشان می‌دهد سرعت آبگیری لجن در مقایسه با نمونه‌های شاهد به ترتیب در حدود ۷۷/۵ و ۸۰ درصد افزایش یافته است. از میان پلیمرهای طبیعی مورد استفاده نیز کیتوسان با حداقل مقدار مصرف در مقایسه با سایر منعقدکننده‌ها، سرعت آبگیری لجن هضم شده را ۶۱ درصد افزایش می‌دهد. در این حالت مقدار رطوبت لجن در مقایسه با نمونه شاهد ۱۲ درصد کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی

تصفیه لجن، آماده سازی لجن،
آبگیری لجن، منعقد کننده شیمیایی،
پلیمر طبیعی

مقدمه

یکی از مشکلترین مباحث مهندسی محیط زیست در ارتباط با دفع آن است. از آنجا که لجن اصلاح شده به راحتی تغلیظ و آبگیری می‌شود، بنابراین در تصفیه خانه‌های فاضلاب عملیات آماده‌سازی لجن اهمیت ویژه‌ای دارد. آماده‌سازی یا اصلاح کیفیت شیمیایی لجن در

به منظور کاهش هزینه‌های گزاف سرمایه‌گذاری و راهبری تأسیسات تصفیه و تثبیت لجن لازم است حجم لجن تولیدی در تصفیه خانه‌های فاضلاب تا حد ممکن کاهش یابد. بدین منظور معمولاً از روش تغلیظ و آبگیری لجن استفاده می‌شود. آبگیری لجن

Key Words

sludge treatment, sludge conditioning,
sludge dewatering, chemical coagulant,
natural polymer

معدنی مورد استفاده در تصفیه لجن فاضلابهای شهری اند. در این زمینه همچنین نمکهای آهن (III) سولفات و آلومینیم سولفات نیز در مواردی کاربرد دارند [۶،۷].

دسته دوم از ترکیبات مورد استفاده در آماده‌سازی لجن، پلی‌الکترولیت‌ها هستند که امروزه در تصفیه آب و فاضلاب کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند. به تازگی استفاده از این ترکیبات در آماده‌سازی لجن بر خلاف منعقدکننده‌های شیمیایی به دلیل عدم افزایش جرم لجن تولیدی، عدم تخریب ارزش گرمایی لجن و سهولت بهره‌برداری و نگهداری از تأسیسات مربوطه، روند فزاینده‌ای داشته است. اثر قابل توجه پلی‌الکترولیت‌ها در این زمینه باعث شده که در تمامی روشهای آبگیری مانند بسترهای لجن خشک‌کن، صافیهای مکشی، صافیهای فشاری و دستگاههای سانتریفوژ از این نوع ترکیبات استفاده شود. آماده‌سازی لجن با پلی‌الکترولیت‌ها غالباً در اثر یک یا تعدادی از فرایندها شامل جذب سطحی آب پیوندی موجود در ذرات لجن، خنثی‌سازی بار الکتریکی ذرات لجن و تجمع ذرات کوچک لجن با ایجاد پل بین آنها انجام شده، نتیجه نهایی آن تشکیل یک لجن با قابلیت آزادسازی آب است [۶،۸].

پلیمرها را بر اساس مواد سازنده آنها می‌توان به دو گروه پلیمرهای مصنوعی و طبیعی دسته‌بندی کرد. پوست گردو، پوست بادام و پوست باقلا اولین منعقدکننده‌هایی بودند که به منظور شفاف‌سازی آب شرب از آنها استفاده شد. از دیگر منعقدکننده‌های طبیعی می‌توان نشاسته و مشتقات آن، صمغهای گیاهی، جلبکهای دریایی و آبی و مشتقات سلولوز و پروتئین را نام برد [۹]. از معروفترین پلیمرهای مصنوعی در تصفیه آب نیز می‌توان به پلی‌آکریل آمید (PAM) اشاره کرد. این هموپلیمر خطی از انواع مونومرهای آکریلی مانند آکرلیک اسید، متاکریلیک، استرها و آمیدهای آنها و نیتریلهای معادل آنها تهیه می‌شود. این پلیمر به عنوان عامل تغلیظ‌کننده و لخته‌ساز در تصفیه آب بکار گرفته می‌شود [۱۰].

در این پژوهش، اثر تعدادی از پلیمرهای طبیعی بر آبگیری لجن به وسیله صافی خلأ بررسی شد، سپس کارایی این گروه از مواد، با منعقدکننده‌های شیمیایی مقایسه شده است.

تجربی

مواد

در این پژوهش، از تعدادی منعقدکننده‌های شیمیایی شامل آلومینیم سولفات (آلوم)، آهن (III) سولفات، آهن (III) کلرید و آهنک، همچنین

واقع فرایندی فیزیکی - شیمیایی است که موجب تسهیل حذف آب و بازیافت مواد جامد لجن می‌شود. در عملیات تصفیه لجن این فرایند غالباً قبل از مراحل تغلیظ و آبگیری انجام شده، افزایش بازدهی این واحدها را فراهم می‌کند [۱].

اولین هدف از آماده‌سازی لجن افزایش اندازه ذرات، غلبه بر آثار ناشی از آبدار بودن و دفع بار الکتریکی بین ذرات است. به عبارت دیگر، آماده‌سازی لجن سبب تجمع ذرات ریز پراکنده و کلوییدی موجود در لجن و آزاد شدن آب پیوندی موجود میان آنها می‌شود.

در اغلب موارد به منظور آماده‌سازی لجن از مواد شیمیایی معدنی و سامانه‌های پلی‌الکترولیت آلی استفاده می‌شود. اگرچه فرایندهای گرمایی نیز در این زمینه کاربرد دارند، اما استفاده از آنها مرسوم نیست. در پژوهشی اثر کیتوسان، پلی‌آکریل آمید و آلومینیم سولفات در آماده‌سازی شیمیایی فاضلابهای امولسیون کارخانه تولید روغن نباتی بررسی شده است [۲]. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که زمان لازم برای زلال‌سازی لجن به هنگام کاربرد آلومینیم سولفات بیشتر از پلی‌الکترولیت‌هاست. اما، این زمان با افزایش غلظت آلومینیم سولفات کاهش می‌یابد. در پژوهشی دیگر [۳] استفاده از سولفوریک اسید و مواد فعال در سطح برای آبگیری لجن به وسیله سانتریفوژ مؤثر گزارش شده است.

در پژوهشی دیگر برای آماده‌سازی لجن فاضلاب شهری، از ترکیب پلیمرها و موادی چون خاکستر حاصل از سوزاندن لجن، تفاله نیشکر و خاک کوره سیمان استفاده شده است [۴]. در این پژوهش، آماده‌سازی لجن با استفاده از ۳۷ درصد تفاله نیشکر به همراه ۷۳۳ درصد پلیمر بهترین نتیجه را داشته و در این حالت مقدار مواد جامد لجن به ۱۲۶۰ درصد افزایش یافته است. شایان ذکر است که آماده‌سازی لجن فرایندی دو مرحله‌ای شامل انعقاد و لخته‌سازی است. در فرایند انعقاد مشخصات سطحی ذرات لجن تغییر می‌یابد. در این فرایند با اعمال فشار روی لایه دوگانه الکتریکی، اندازه نیروهای الکتروستاتیک بین ذرات کاهش یافته، ذرات ناپایدار می‌شوند. سپس، طی فرایند لخته‌سازی، ذرات کلوییدی ناپایدار به کمک هم‌زدن آرام با یکدیگر تماس پیدا کرده، لخته‌های لجن تشکیل می‌شود. در این مرحله چنانچه لجن لخته شده در معرض تنش قرار گیرد برش لخته‌ها رخ می‌دهد. بنابراین، زمانی که آب آزادانه از میان فضای متخلخل بین ذرات لخته شده جریان یابد، لجن آماده و فرایند لخته‌سازی کامل می‌شود [۵]. مواد شیمیایی متداول در آماده‌سازی لجن را نمکهای فلزی معدنی و پلیمرهای آلی مصنوعی یا طبیعی تشکیل می‌دهند. دسته اول از این ترکیبات، منعقدکننده و کمک منعقدکننده‌هایی هستند که غالباً قبل از عملیات آبگیری و با استفاده از صافیهای مکشی یا فشاری استفاده می‌شوند. آهنک و آهن (III) کلرید از پرمصرف‌ترین مواد شیمیایی

روشها

از عمومی ترین عوامل برای تعیین سرعت صاف کردن لجن، مقاومت ویژه در برابر صاف کردن (specific resistance to filtration, SRF)، زمان مکش موئین (capillary suction time, CST) و زمان صاف کردن را می توان نام برد [۱۴-۱۲].

در این پژوهش، به منظور سنجش قابلیت آبیگری لجن از روش اندازه گیری زمان صاف کردن استفاده شد. بدین ترتیب ابتدا نمونه هایی از لجن به حجم ۱۰۰ mL را درون بشر ریخته، سپس با استفاده از محلول سدیم هیدروکسید و سولفوریک اسید، pH آنها در محدوده ۴ تا ۹ تنظیم شد. در مرحله بعد غلظت ثابتی از منعقدکننده های شیمیایی و پلیمرهای طبیعی به آنها افزوده و سریعاً مخلوط شدند. سپس، نمونه ها به قیف بوختر منتقل و به وسیله کاغذ صافی و با اعمال خلأ به قدرت ۱۰۰ torr داخل دستگاه اندازه گیری زمان صاف کردن صاف شد. در تمامی نمونه ها، زمان لازم برای صاف کردن ۵۰ mL مایع اندازه گیری و بدین ترتیب pH بهینه معین شد (هر چه زمان صاف کردن کوتاهتر باشد، قابلیت آبیگری لجن بیشتر است). برای تعیین مناسب ترین مقدار مصرف مواد منعقدکننده، نمونه هایی از لجن در pH ثابت (pH بهینه) تهیه شد. سپس، مقادیر مختلف از منعقدکننده به آنها افزوده و مراحل قبل تکرار شد. در این مرحله کمترین زمان صاف کردن مربوط به نمونه ای است که حاوی غلظت بهینه منعقدکننده است.

در این مرحله تمامی نمونه ها برای مدت ثابت ۲ min صاف شده، سپس کیک لجن تشکیل شده روی کاغذ صافی دقیقاً توزین شد. ادامه نمونه تا خشک شدن کامل درون گرمخانه قرار گرفت. بعد از خشک شدن مجدداً وزن کیک ثبت شد، در نهایت با داشتن وزن کیک مرطوب و خشک، درصد رطوبت کیک لجن مطابق معادله (۱) محاسبه شد:

$$W_c = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_1} \quad (1)$$

در این معادله W_1 وزن کیک صاف شده مرطوب، W_2 وزن کیک صاف شده پس از خشک شدن در دمای 105°C به مدت $2/5$ h و W_c درصد رطوبت کیک لجن است. تمامی آزمایشها بر اساس روشهای مندرج در مرجع [۱۱] انجام شده است.

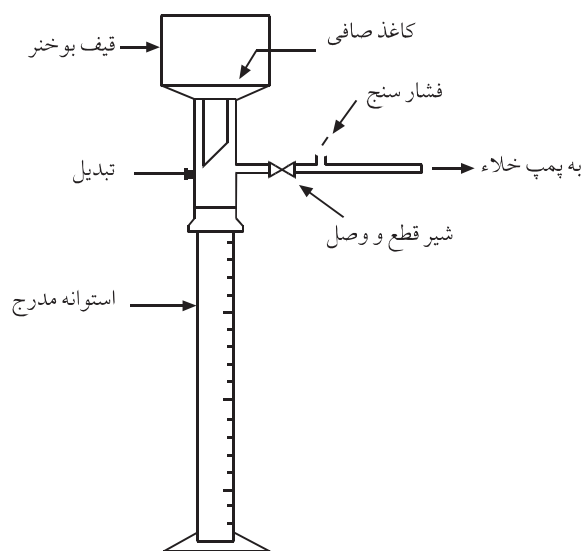
نتایج و بحث

همان طور که قبلاً ذکر شد امروزه روشهای تعیین زمان صاف کردن

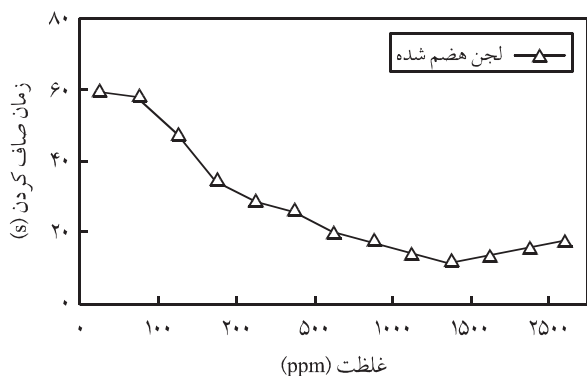
پلیمرهای طبیعی شامل کیتوسان، سدیم آلزینات و کربوکسی متیل سلولوز (CMC) استفاده شده است. شایان ذکر است که سدیم آلزینات و CMC از نوع صنعتی و سایر منعقدکننده ها از نوع خالص (نوع آزمایشگاهی) انتخاب شده اند. لجن مورد آزمایش نیز به طور روزانه از تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس تهران تأمین شده است. در این پژوهش آزمایشها روی دو نمونه مختلف لجن شامل لجن برگشتی به حوض هوادمی (لجن فعال مازاد) و لجن خروجی از هاضم هوازی انجام شده است. طی دوره انجام آزمایشها pH لجن هضم شده هوازی تقریباً خنثی و لجن فعال برگشتی نیز با pH برابر ۶/۷ دارای خصلت اسیدی بسیار ضعیف بوده است. همچنین، غلظت مواد جامد کل (total solid, TS) لجن فعال برگشتی برابر ۰/۵ درصد و در مورد لجن هضم شده هوازی به مقدار ۰/۹ درصد اندازه گیری شده است. نسبت مواد جامد فرار (volatile solid, VS) به مواد جامد کل لجن فعال برگشتی و لجن هضم شده نیز به ترتیب ۴۴ و ۲۸ درصد اندازه گیری شده است.

دستگاهها

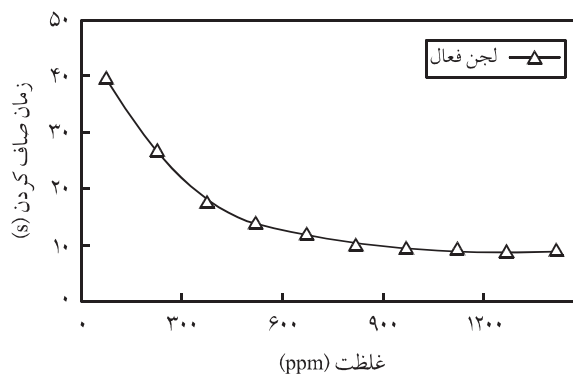
در این پژوهش، دستگاه تعیین زمان صاف کردن لجن (time to filtration, TTF) که طبق روش مندرج در مرجع [۱۱] داخل آزمایشگاه ساخته شده بود، بکار گرفته شد. نمایی از این دستگاه در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین، از pH سنج رقمی ساخت شرکت Metrohm برای اندازه گیری pH، ترازوی رقمی مدل Sartorius با دقت $0/0001$ g برای توزین مواد شیمیایی مصرفی و کاغذهای صافی ساخت شرکت MN آلمان برای اندازه گیری مواد جامد استفاده شد.



شکل ۱ نمای کلی دستگاه استفاده شده برای تعیین زمان صاف کردن لجن.



شکل ۴ اثر غلظت آهن (III) کلرید بر زمان صاف کردن لجن در pH=5.



شکل ۵ اثر غلظت آهن (III) سولفات بر زمان صاف کردن لجن در pH=6.

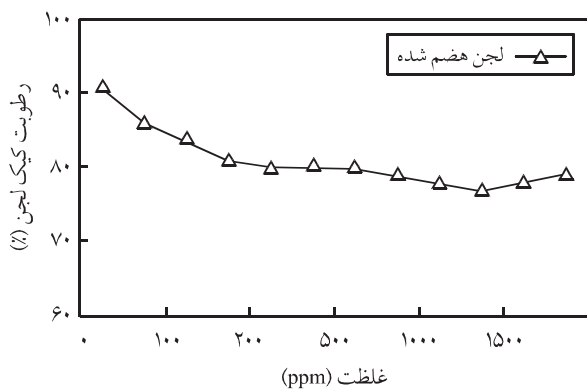
مهمترین آنها به شرح زیر است:

- از منعقدکننده‌های شیمیایی آهن (III) سولفات بیشترین بازده را در آبیگری لجن فعال برگشتی دارد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود این ماده در pH=6 و غلظت بهینه (1000 ppm) سرعت آبیگری لجن فعال را در حدود ۷۷/۵ درصد افزایش می‌دهد. مطابق شکل ۳ در این حالت کیک لجن حاصل با رطوبت ۷۲/۵ درصد، در مقایسه با نمونه شاهد ۱۲/۷ درصد خشک‌تر است.

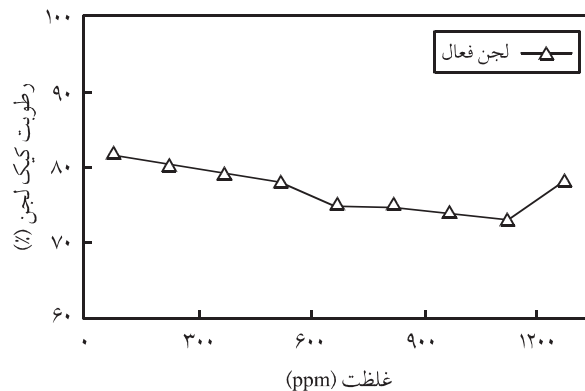
- همان‌طور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود در مورد لجن هضم شده هوازی، غلظت ۱۲۵۰ ppm آهن (III) کلرید در pH=5 با ایجاد حداقل زمان صاف کردن، سبب افزایش قابلیت آبیگری به مقدار ۸۰ درصد می‌شود. در این حالت نیز مطابق شکل ۵ مقدار رطوبت کیک لجن حدود ۷۶ درصد که ۱۶/۲ درصد کمتر از نمونه فاقد منعقدکننده است.

- از منعقدکننده‌های طبیعی، کیتوسان اثر بسیار قابل ملاحظه‌ای در افزایش قابلیت آبدی لجن دارد. این ماده با کمترین مقدار مصرف در مقایسه با سایر منعقدکننده‌ها (۱۰ ppm) برای لجن هضم شده هوازی و ۵۰ ppm برای لجن فعال برگشتی، سرعت آبیگری لجن را در pH=6

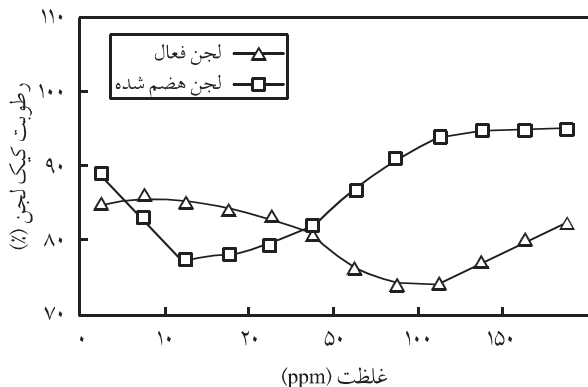
(TTF)، زمان مکش موین (CST) و مقاومت ویژه در برابر صاف کردن (SRF) به طور گسترده‌ای برای سنجش قابلیت آبیگری لجن استفاده می‌شوند. البته روشهای یاد شده تنها قابلیت صاف کردن لجن را اندازه‌گیری کرده و هیچ نوع اطلاعاتی در مورد مقدار رطوبت لجن آبیگری شده در اختیار قرار نمی‌دهند (مقداری از آب موجود در لخته لجن به شکل آب پیوندی است که به راحتی با روشهای مکانیکی خارج نمی‌شوند). به عبارت دیگر ممکن است لجن به راحتی قابل صاف شدن باشد، اما، مقدار زیادی آب در لجن آبیگری شده باقی بماند [۳]. بنابراین، در این پژوهش، برای سنجش قابلیت آبیگری لجن از روش تعیین زمان صاف کردن و مقدار رطوبت باقی مانده در کیک لجن حاصل به طور همزمان استفاده شده است. مواد منعقدکننده استفاده شده در این کار پژوهشی به دو گروه مواد شیمیایی معدنی و پلیمرها دسته‌بندی شده‌اند. در گروه مواد معدنی منعقدکننده‌هایی چون آلوم (آلومینیم سولفات)، آهن (III) سولفات، آهن (III) کلرید و آهک و در گروه پلیمرها کیتوسان، کربوکسی متیل سلولوز و سدیم آلژینات مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. بر اساس آزمایشهای انجام شده نتایجی حاصل شده که



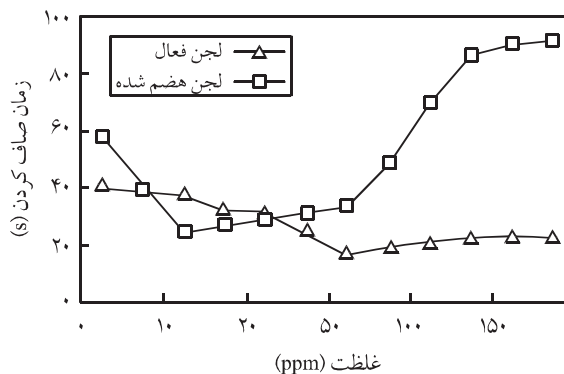
شکل ۶ اثر غلظت آهن (III) کلرید بر مقدار رطوبت کیک لجن.



شکل ۷ اثر غلظت آهن (III) سولفات بر رطوبت کیک لجن.



شکل ۷ اثر غلظت کیتوسان بر مقدار رطوبت کیک لجن.



شکل ۶ اثر غلظت کیتوسان بر زمان صاف کردن لجن در pH=6.

جدول ۱ خلاصه نتایج بدست آمده از آزمایشها در نقطه بهینه.

کاهش رطوبت کیک لجن در مقایسه با شاهد (%)		زمان صاف شدن (s)		pH بهینه		مقدار مصرف (ppm)		منعقد کننده
لجن هضم شده هوازی	لجن فعال برگشتی	لجن هضم شده هوازی	لجن فعال برگشتی	لجن هضم شده هوازی	لجن فعال برگشتی	لجن هضم شده هوازی	لجن فعال برگشتی	
۱۵/۹	۱۲/۷	۱۶	۹	۶	۶	۱۰۵۰-۱۲۰۰	۱۰۰۰	آهن (III) سولفات
۱۵/۱	۵/۴	۲۶	۲۳	۵/۵	۴/۵	۷۰۰	۳۰۰-۴۰۰	آلومینیم سولفات
۱۶/۲	۱۱/۳	۱۲	۱۲	۵	۵	۱۲۵۰	۵۰۰	آهن (III) کلرید
۶/۲	۱۲	۴۴	۲۲	۵	۵	۱۵۰۰۰	۶۰۰۰	آهک
۱۳	۱۰/۶	۲۲	۱۶	۶	۶/۵	۱۰	۵۰-۷۵	کیتوسان
۷۱	-۳	۵۶	۴۰	۷	۷	۷۵	۷۵	CMC

اطلاعات مربوط به آن ارائه نشده است. خلاصه نتایج حاصل از انجام آزمایشها نیز در جدول ۱ آورده شده است.

نتیجه گیری

طی آزمایشهای انجام شده در این پژوهش نتایج حاصل شده که خلاصه نتایج به شرح زیر است:

۱- بررسیها نشان می دهد که تقریباً در تمامی موارد، ارتباط مستقیمی میان زمان صاف کردن نمونه های لجن و درصد رطوبت کیک حاصل وجود دارد (به عبارت دیگر در مورد استفاده از هر یک از منعقد کننده ها در نقطه بهینه حداقل مقدار رطوبت کیک لجن در حداقل زمان صاف کردن مشاهده شده است). بنابراین، بهترین منعقد کننده مورد استفاده

حدود ۶۱ درصد افزایش می دهد (شکل ۶). به هنگام استفاده از کیتوسان مطابق شکل ۷ کیک حاصل از لجن هضم شده هوازی و لجن فعال برگشتی به ترتیب حدود ۱۳ و ۱۰/۶ درصد خشک تر از نمونه شاهد است. - بر اساس آزمایشهای انجام شده اثر ترکیب CMC بر کاهش زمان صاف شدن لجن تقریباً ناچیز بوده است. غلظت ۷۵ ppm از این ماده در pH بهینه (pH = 7) زمان صاف شدن را برای لجن فعال و لجن هضم شده هوازی به ترتیب حدود ۵ و ۱۰ درصد کاهش می دهد. در این حالت مقدار رطوبت کیک حاصل از لجن هضم شده هوازی حدود ۱ درصد کمتر از نمونه شاهد برآورد شده است در مورد لجن فعال برگشتی نیز نمونه فاقد CMC خشک تر از بقیه بوده، بنابراین می توان از اثر مثبت آن بر افزایش سرعت آبیگری لجن فعال صرف نظر کرد.

- سدیم آلژینات نیز تقریباً در تمامی موارد در مقایسه با نمونه شاهد دارای اثر منفی بر زمان صاف کردن و آبیگری لجن بوده، بنابراین

۶- اثر ترکیب CMC (کربوکسی متیل سلولوز) بر کاهش زمان صاف کردن لجن ناچیز است. این ماده زمان صاف کردن را برای لجن فعال و لجن هضم شده هوازی به ترتیب حدود ۵ و ۱۰ درصد کاهش می‌دهد. در این حالت رطوبت کیک حاصل از لجن هضم شده به مقدار ۱ درصد نسبت به نمونه شاهد کمتر است، در مورد لجن فعال برگشتی نمونه فاقد CMC خشک‌تر از بقیه است. بنابراین، می‌توان از اثر مثبت آن بر افزایش سرعت آبگیری لجن فعال صرف نظر کرد.

۷- سدیم آلزینات تقریباً در تمامی موارد اثر منفی بر سرعت آبگیری و کاهش مقدار رطوبت لجن دارد.

۸- با توجه به اینکه در اغلب تصفیه‌خانه‌های موجود در سطح کشور از بسترهای خشک‌کن برای آبگیری لجن استفاده می‌شود، بنابراین افزودن مواد منعقدکننده به ویژه در فصل بارندگی برای تسریع در فرایند خشک کردن لجن پیشنهاد می‌شود. در این مورد استفاده از آهن (III) سولفات برای لجن فعال برگشتی و آهن (III) کلرید در مورد لجن هضم شده هوازی می‌تواند میسر واقع شوند.

۹- با توجه به بازده قابل توجه کیتوسان در کاهش رطوبت کیک لجن و همچنین مقدار مصرف ناچیز آن در مقایسه با سایر منعقدکننده‌ها استفاده از این پلیمر نیز قابل توجیه است.

ماده‌ای است که سرعت جداسازی آب از لجن آماده‌سازی را افزایش داده، درصد رطوبت کیک لجن حاصل از روشهای مختلف آبگیری را کاهش دهد.

۲- در حالت کلی افزودن منعقدکننده‌های شیمیایی به طور قابل توجهی سرعت آبگیری لجن را افزایش می‌دهد.

۳- از منعقدکننده‌های شیمیایی آهن (III) سولفات بیشترین بازده را در آبگیری لجن فعال برگشتی دارد. این ماده در غلظت بهینه (۱۰۰۰ ppm)، سرعت آبگیری لجن فعال را در حدود ۷۷/۵ درصد افزایش داده، کیک حاصل از آن با داشتن ۷۲/۵ درصد رطوبت در مقایسه با نمونه شاهد ۱۲/۷ درصد خشک‌تر است.

۴- در مورد لجن هضم شده هوازی، غلظت ۱۲۵۰ ppm آهن (III) کلرید با ایجاد حداقل زمان صاف کردن، سبب افزایش قابلیت آبدهی به مقدار ۸۰ درصد می‌شود. در این حالت مقدار رطوبت کیک لجن در حدود ۷۶/۳ بوده که ۱۶/۲ درصد کمتر از نمونه شاهد است.

۵- از منعقدکننده‌های طبیعی، کیتوسان اثر بسیار قابل ملاحظه‌ای در افزایش قابلیت آبدهی لجن دارد. این ماده با کمترین مقدار مصرف در مقایسه با سایر منعقدکننده‌ها، سرعت آبگیری لجن را در حدود ۶۱ درصد افزایش می‌دهد. در این حالت کیک حاصل از صاف کردن لجن هضم شده هوازی و لجن فعال برگشتی به ترتیب در حدود ۱۳ و ۱۰/۶ درصد خشک‌تر از نمونه‌های شاهد است.

مراجع

- Batson R., Games E.S. and Wilson D., *The Safe Disposal of Hazardous Waste*, 1st ed., Word Bank Technical Paper, USA, 2, 93, 1989.
- Pinotti A. and Zaritzky N., Effect of Aluminum Sulfate and Cationic Polyelectrolytes on the Destabilization of Emulsified Wastes, *Waste Management*, 21, 535-542, 2001.
- Chen Y., Yang H. and Gu G., Effect of Acid and Surfactant Treatment on Activated Sludge Dewatering and Settling, *Wat. Re.*, 35, 2615-2620, 2001.
- Benitez J., Rodriguez A. and Suarez A., Optimization Technique for Sewage Sludge Conditioning with Polymer and Skeleton Builders., *Wat. Res.*, 28, 2067-2073, 1994.
- Atashjame A., *Comparison of Technical, Economical and Mechanical Aspect of Sludge Dewatering by Using Filter Press, Vacuum Filter and Centrifuge*, MSc Thesis, Sharif University of Technology, Iran, 1997.
- Cheremisnoff P.N., *Sludge Management and Disposal*, PTR Prentice Hall, 1994.
- Metcalf & Eddy, INC., *Wastewater Engineering; Treatment, Disposal, Reuse*, 3rd ed., McGraw Hill, 1991.
- US Environmental Protection Agency-Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal, EPA/625/1-79/011, 2, September 1979.
- Mokhtarani N., *Effect of Chemical Coagulant and Natural Polymers in the Reduction of COD, BOD& SS of Whey*, MSc Thesis, Tarbiat Modares University, Iran, 1997.
- Ayati B., *Effect of Polymers and Chemical Coagulant on COD, Turbidity and Color Removal and The Cellulose Wastewater Treatment by SBR*, MSc Thesis, Sharif University of Technology, Iran, 1998.
- Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water; 19th ed., American Public Health Association (APHA),

- 1995.
12. Lee C.H. and Liu J.C., Sludge Dewatering and Floc Structure in Dual Polymer Conditioning, *Adv. Environment. Res.*, **5**, 129-136, 2001.
13. Ozacar M. and Sengil A., Effectiveness of Tannins Obtained from Valonia as a Coagulant Aid for Dewatering of Sludge, *Wat. Re.*, **34**, 1407-1412, 2000.
14. Zhao Y.Q. and Bache D.H., Conditioning of Alum Sludge with Polymer and Gypsum, *Colloid Surface., A: Physicochem. Eng. Aspect.*, **194**, 213-220, 2001.