فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰

۶۷-۸۴

مقاله پژوهشی

مطالعه و بررسی اثرهای تخلیه لجن تصفیه خانه‌های آب به شبکه فاضلاب شهری و تأثیر آن بر فرایند تصفیه

پونه عبدالله‌پور سالاری و سینا فرد مرادی‌نیا*

گروه مهندسی عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۸

عبدالله‌پور سالاری، پ. و س. فرد مرادی‌نیا. ۱۴۰۰. مطالعه و بررسی اثرهای تخلیه لجن تصفیه خانه های آب به شبکه فاضلاب شهری و تأثیر آن بر فرایند تصفیه. فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۴): ۶۷-۸۴.

سابقه و هدف: امروزه با توسعه تصفیه‌خانه‌های آب، مدیریت لجن به یکی از مسئله های مهم محیط زیستی تبدیل شده است که می‌تواند هم به عنوان یک تهدید و هم به عنوان یک فرصت باشد. بنابراین با توجه به توسعه روزافزون تصفیه خانه‌های آب در کشور و تولید مقدار قابل توجهی لجن، ضروری است که تمهیداتی صورت پذیرد .

مواد و روش‌ها: در این تحقیق پلی الکترولیت کاتیونی و پلی الکترولیت آنیونی گرید صنعتی از شرکت Basf آلمان، پلی آلومینیوم کلراید ($AL_2(OH)_nCl_6$) با گرید صنعتی از شرکت چینی، کلرو فریک ($FeCl_3$) در گرید صنعتی از شرکت فناوران آریا محور، کلرو فریک ($FeCl_3$) در گرید صنعتی از شرکت Merc آلمان، و سولفات آلومینیوم ($Al_2(SO_4)_3$) در گرید صنعتی از شرکت کیمیا اکسیر خریداری و مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین نوع و مقدار مناسب منعقدکننده ها از آزمایش جارتست استفاده شد. در این آزمایش شش ظرف شیشه ای و یک دستگاه هم زن که به طور هم زمان محتویات همه ظرف ها را به هم می زند استفاده مورد استفاده قرار گرفت. یک لیتر از نمونه ای که کدورت آن از قبل تعیین شده است، به هریک از ظرف ها اضافه شد. ابتدا همزن روی دور تند ۲۰۰ دور بر دقیقه تنظیم شد. سپس برای هر منعقدکننده، یک محدوده مشخص از آن به طور هم زمان به ظروف اضافه شد و به مدت یک دقیقه روی دور ۲۰۰ قرار گرفت. در مرحله بعدی همزن روی دور کند ۲۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد و در نهایت به مدت ۳۰ ثانیه به محلول ها اجازه داده شد که ته نشین شده و کدورت لایه رویی اندازه گیری شد. برای مقایسه ته نشینی توسط مواد کواگولانت و فلوکالانت مقدار دو در صد (وزنی/حجمی) از مواد کواگولانت و فلوکالانت تهیه گردید و در حجم های یکنواخت و مساوی به نمونه های لجن حاصل از تصفیه خانه آب مراغه اضافه گردید تا عملکرد مواد در محیط های اسیدی و بازی مقایسه شوند . با ایجاد محیط های اسیدی و بازی مساوی برای تمام نمونه ها، ته نشینی نیم ساعته اندازه گیری شد.برای مشاهده ته نشینی بیشتر و مقایسه نمونه ها ته نشینی ۱ و۲و۳ساعته هم اندازه گیری گردید. درآزمایش آخرکه بدون مواد کواگولانت و تنها با بالابردن Tss و مخلوط با لجن فاضلاب انجام شد، زمانهای بیشتری به ته نشینی داده شد و نتیجه خیلی خوبی حاصل شد. منطقه مورد مطالعه شهرستان مراغه از توابع تبریز می باشد. در این تحقیق نیاز به انتخاب منطقه ای بود که اولا دارای تصفیه خانه آب بود و دوما دارای تصفیه خانه فاضلاب باشد؛که این امکان در شهرستان مراغه امکان پذیر بود . تصفیه خانه

* Corresponding Author: *Email Address*. fardmoradinia@iaut.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.2021.35737
http://dorl.net/dor/ 20.1001.1.17351324.1400.19.4.11.9

آب مراغه واقع در کنار سد صوفی رود میباشد و از مواد کواگولانت برای تصفیه آب شرب این شهرستان استفاده می شود . تصفیه خانه فاضلاب این شهرستان دارای دو فاز بوده که بنا به نیاز ما از لجن ته نشینی اول برای بالا بردن TSS ،از فاز اول این تصفیه خانه نمونه برداری و آزمایشات انجام شد.

نتایج و بحث: در این مطالعه، روش‌های کاهش لجن حاصل از انعقاد آب با استفاده از انواع مواد کواگولانت و فلوکالانت و تغییر نسبت آن‌ها در محیط‌های اسیدی و بازی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین انعقاد لجن حاصل از تصفیه خانه آب با بالا بردن TSS با استفاده از لجن ته نشینی اولیه فاضلاب که حاوی مواد جامد جداشدنی فاضلاب شهری بود، مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌گیری‌ها به صورت ادواری و از تصفیه‌خانه آب مراغه و تصفیه خانه فاضلاب مراغه انجام گرفت. در آزمایش مربوط به مخلوط لجن حاصل ازتصفیه خانه آب و لجن حاصل از ته نشینی اولیه تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی نتایج ایده الی به‌دست آمد به‌طوریکه حجم انعقاد به بیش از ۵۰٪رسید و با افزایش زمان ماند این راندمان تابیش از ۷۰٪ هم بالا رفته به‌طوریکه بعد از زمان ۵ ساعت میزان لجن ته نشین شده فقط ۸۰ میلی لیتر بود یعنی ۴۲۰ واحد آن ته نشین شده بود. لجن ژلاتینه موجود در لجن حاصل از تصفیه آب که ناشی از هیدروکسیدهای آلومینیوم و ترکیب‌های سایر مواد منعقدکننده با لجن می‌باشد آبگیری بیشتر را غیر ممکن می‌سازد و با وجود افزایش مواد کواگولانت و استفاده از مواد منعقدکننده دیگر، آبگیری خوبی انجام نشد. برای گرفتن نتایج بهتر آزمایش در محیط های اسیدی و بازی انجام شد.تا میزان کاهش لجن مورد بررسی قرارگیرد در عمل در این محیط‌ها نیز نتایج خوبی به‌دست نیامد و ته نشینی مانند آزمایش‌های محیط خنثی با شکست مواجه شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصله از آزمایشات می توان نتیجه گرفت که بدون انجام هیچ گونه هزینه مواد ، با دادن زمان برای ته نشینی،مخلوط کردن دو نوع لجن وبا استفاده از انواع روش های لجن خشک کنی، آبگیری از این لجن ژله ای انجام پذیر است. در صورت عملی کردن این موضوع، از آلودگی آب¬های سطحی و غیره جلوگیری شده و مشکل دفع این لجن از بین خواهد رفت.

واژه‌های کلیدی: لجن ته نشین شده، جارتست، مواد منعقد کننده، تصفیه خانه آب مراغه.

مقدمه

مبحث مدیریت لجن در واقع با شروع فرایند فیلتراسیون شنی کند شروع و با فیلتراسیون تند اهمیت بسزایی پیدا کرد. امروزه با توسعه تصفیه خانه‌های آب و بالابردن استانداردهای مهم محیط زیستی برای دفع لجن به‌عنوان یک مسئله مهم در جهت دفع اصولی ویا استفاده از لجن تصفیه خانه‌های آب، مسئله مهمی به‌شمار می‌رود. دفع لجن‌های تصفیه آب تا قبل از ۱۹۶۰ کمتر مورد توجه قرار داشت و بیشتر این لجن‌ها در جریان‌های طبیعی آب تخلیه می‌شد. مهمترین اشکال این تخلیه بالا رفتن کودرت آب‌ها و در مواردی رنگی شدن آن‌ها هست که می‌تواند از میزان استفاده از آن‌ها به‌طور قابل توجهی بکاهد. تخلیه مستقیم لجن در زمین افزون بر ایجاد سمیت برای گیاهان در بسیاری موارد مانع رشد ریشه آن‌ها خواهد گردید. تنها لجن‌های آهکی حاصل از سبک کردن آب است که ممکن است اثرهای مفیدی در بهبود کیفی خاک‌های زراعی باقی گذارد. از ۱۹۷۲ در بیشتر نقاط دنیا لجن‌های تصفیه آب به‌عنوان آلوده کننده تلقی شد و در عمل جزء فاضلاب‌های صنعتی قرار گرفت و به مرور مقرراتی در زمینه کنترل مواد سمی موجود در لجن و تهیه استانداردهای لازم در زمینه کاربرد آن و یا تخلیه آن در طبیعت وضع گردید. مواد در آب بیشتر دارای ترکیب‌های پیچیده‌ای است. ذرات حل شده، معلق و شناور با اندازه‌های مختلف در آب وجود دارند. تصفیه بستگی به اندازه ذرات دارد. هرچه ذرات در ترکیب‌های پساب کوچکترباشند یا ذره در محلول حل شده باشد، طریق تصفیه مشکل‌تر خواهد بود، واضح است که اندازه ذرات بستگی به چگالی و دیگر ویژگی‌های فیزیکی دارد. لجن حاصل از تصفیه‌های فیزیکی و شیمیایی آب در تصفیه خانه شهری که قابلیت آبگیری مجدد را نداشته باشند به محیط زیست دفع می‌شوند. متأسفانه در حال حاضر روش عملی اصولی برای دفع این لجن وجود ندارد و در مطالعه موردی از

تصفیه خانه آب شهر مراغه این لجن به خود رودخانه دفع می‌شود. که با توجه به مواد شیمیایی که به‌عنوان مواد منعقدکننده به آب اضافه شده بود و دیگر ذرات جامد موجود در آب تصفیه شده، مشکل‌های فراوانی برای منابع پذیرنده آب بوجود آورده است.

Asilian *et al*. (2010) به استفاده از زایدات به‌عنوان جاذب توجه زیادی نموده و در مطالعه‌ای یک ماده زائد تولید شده در واحد انعقاد و لخته‌سازی تصفیه خانه‌های آب به‌عنوان جاذب برای حذف رنگ از فاضلاب مورد استفاده و بررسی قرار گرفته است.

Pourmand *et al*. (2016) در رابطه با تصفیه آب در تصفیه خانه‌ها که منجر به تولید حجم زیادی از انواع لجن‌ها می‌شود و جزء جامدات زائد محسوب شده و باید جهت جلوگیری از اثرهای محیط زیستی به شکل مناسب و منطقی مدیریت شوند، تحقیق خود را روی تصفیه خانه شهید بهشتی همدان با هدف تعیین ویژگی-های لجن تصفیه خانه آب و امکان سنجی کاربرد آن براساس استانداردهای محیط زیستی، انجام دادند.

Hakimi *et al*. (2014) امکان استفاده از لجن تصفیه خانه آب را در ساخت آجر بررسی کردند. آبگیری و دفع لجن از جمله مهمترین مرحله‌های مدیریت تصفیه خانه-های آب بشمار می‌رود و امروزه به‌دلیل بالارفتن هزینه مواد اولیه و محدودیت در منابع، انتخاب روش‌های استفاده از زائدات بیش از پیش مورد توجه دست اندرکاران قرار گرفته است. در این تحقیق با استفاده از درصدهای مختلف وزنی لجن نسبت به رس، نمونه‌های مختلف آجر تهیه شده و مشخصه‌های هریک مورد بررسی قرار گرفته است.

Heil and Barbarick (1998) در مطالعات انجام یافته تأثیر لجن تصفیه خانه آب را روی رشد انواع ذرت خوشه‌ای بررسی نموده و یک مشکل جدی برای دفع لجن تصفیه خانه آب که بیشتر دارای Al و Fe هستند، را مشخص نمودند. مطالعات قبلی نشان می‌داد که لجن حاصل از تصفیه آب، ظرفیت بالایی برای رفع کمبودهای رشد گیاهان دارد.

Ching *et al*. (1997) در مطالعه دیگر استفاده از لجن تصفیه خانه آب برای زباله بهداشتی را مورد مطالعه و تحقیق قرار دادند، در این مطالعه کوشش برای ارزیابی عملی استفاده از این لجن برای تصفیه پساب زباله مورد مطالعه قرار گرفته و آب زباله از میان لجن حاصل از تصفیه آب عبور داده شد و آنالیز شیمیایی انجام شده که مشاهده گردید غلظت فلزهای سنگین و مواد آلی پایین آمده است.

آلوم در انعقاد مواد جامد در تصفیه خانه‌های سراسر جهان استفاده می‌شود. در مصر هزاران تن از آلوم سالانه در تأسیسات تصفیه خانه آب در سراسر کشور به هزینه-های میلیون‌ها دلار استفاده می‌شود. این مقاله به بازیافت مصرف آلوم در لجن منعقد می‌پردازد. فرایند بازیابی شامل مرحله‌های زیر است: فشردن لجن از ۵تا ٪۲۰جامدات، اسیدی کردن با اسید سولفوریک، جداسازی مایع غبار آلود، رنگ گیری با استفاده از زغال اکتیو و فیلترکردن، تبخیر و در نهایت کریستالیزاسیون برای به‌دست آوردن آلوم خالص مطالعات انجام شده است(Abdo *et al*., 1992).

کمابیش تمام سیستم‌های تصفیه آب آشامیدنی مقدار زیادی لجن تولید می‌کنند. با توجه به اینکه موضوع از بین بردن ضایعات یک مسئله زیستی محیطی قابل توجهی می باشد، بنابراین باید یک سری تلاش‌های هماهنگ و کارآمد با هدف استفاده مجدد برای مدیریت لجن مازاد صورت گیرد. در نتیجه این مقاله، بررسی جامعی در مورد تلاش برای استفاده دوباره از لجن تصفیه خانه آب برای ارائه خلاصه‌ای از پیشرفت‌های اخیر و گذشته و به روز کردن وضعیت کنونی دانش انجام داد. در این مطالعه، چهار دسته از کاربردهای وسیع، که شامل بیش از ۱۱ راه ممکن برای استفاده دوباره از لجن است، بررسی شده است (Babatunde and Zhao, 2006).

Elliott and Dempsey (1991) اثرهای زراعی حاصل از لجن تولید شده در تصفیه خانه‌های آب را روی خاک زراعی بررسی کرده‌اند. محدودیت‌های اقتصادی، قانونی وحقوقی سبب افزایش علاقه به استفاده از لجن‌های تصفیه آب شده و شناخت مسئله‌های زراعی و نگهداشتن pH خاک جزء ضروریات بوده است و لجن حاصل از تصفیه آب سبب بهم زدن pH آب شده ولی به‌دلیل داشتن کمیت بالای کود مورد توجه بوده است.

Cheng *et al*. (2004) از لجن حاصل از تصفیه آب برای جذب کاتیون‌ها استفاده کردند. این مطالعه فن آوری تبدیل لجن به مواد جاذب مفید و پایدار بوده وخواص مواد متخلخل با استفاده از SEM و BET مشخص گردید، همچنین آزمایش‌های روابط جذبی Cr(lll) و Hg (ll) ، بین آب و مواد متخلخل را توضیح داده‌اند.

Texeira and Souza (2006) تأثیر لجن حاصل از تصفیه آب برزیل را روی خواص مواد سرامیکی بررسی کرده‌اند. توزیع اندازه لجن(نمـــک، شـــن و خـــاک رس) و اثرهای ترکیب آن با خواص بدنه سرامیک مورد مطالعه قرار گرفته است و ترکیب‌های شیمیایی با توجه به ماه تولید لجن متفاوت بوده است.

Sadri Moghadam and Arami (2010) فرایند کواگولاسیون و فلوکاسیون برای کاهش رنگ با استفاده از لجن تصفیه آب. و بهینه سازی از میان پاسخ متدهای سطحی را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه از لجن تصفیه آب برای حذف رنگ قرمزاسیدی در محلول‌های آبی استفاده شده است.

Balto and Gregory (2007) استفاده از پلی الکترولیت-های آلی به‌همراه پلیمرها را در تولید آب آشامیدنی مورد بررسی قرارداده‌اند و با تأکید بر ماهیت ناخالصی‌هایی که باید برداشته شود، مکانیسم انعقاد و انقباض و انواع پلیمرهای موجود را به‌دست آورده‌اند.

Hoshyari and Fatahzadeh (2014) به مطالعه بررسی کارایی منعقدکننده‌های مختلف موجود در کشور ایران جهت تغلیظ لجن شهری پرداختند. در بین روش‌های مختلف آبگیری لجن استفاده از مواد شیمیایی به‌دلیل هزینه پایین مواد گزینه مناسبی برای تصفیه خانه‌ها است. اما مواد شیمیایی به‌دلیل تولید لجن نیز می‌توانند تولید آن را افزایش دهند که لازم است تا بهترین ماده انتخاب شود تا آب لجن را کاهش دهد. اما نتایج این آزمایش نشان داد که آهن ۵ سولفات بهترین ماده از نظر کارایی کاهش آب لجن است.

Amanali *et al*. (2015) به بررسی اثر پلیمر پلی آکریل آمید اصلاح شده با نانوذرات آلومینیوم اکسید در آبگیری لجن تولیدی از تصفیه زیستی فاضلاب شهری پرداختند. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، کمک منعقدکننده پلی آکریل آمید فعالسازی شده با نانوذرات اکسید آلومینیوم، می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب جهت آبگیری لجن ناشی از تصفیه فاضلاب شهری مورد استفاده قرار گیرد.

Keeley *et al*. (2016) در مطالعه‌ای عملکرد جداسازی منفرد و پی در پی چندین فن آوری تصفیه بازیابی منعقدکننده جدید و موجود آهن را برای دست‌یابی به سطح‌های خلوص منعقدکننده بکر بررسی نمودند.

Mobasher Moagadam and Fataye (2017) تحقیق با هدف بررسی کارایی منعقدکننده‌های کلرور فریک و پلی فریک سولفات در حذف کدورت و کاهش مواد آلی از منبع آب خام ورودی سد یامچی به تصفیه خانه اردبیل انجام دادند. نتایج حاصله نشان داد PFS را می‌توان به-عنوان جایگزین مناسب و اقتصادی از نظر مصرف ماده منعقدکننده به میزان کمتر و حدف ماده آلی به میزان بیشتر از آب خام نسبت به فریک کلراید برای واحد انعقاد تصفیه خانه آب اردبیل در نظر گرفت.

Mahdavian and ostovar (2018) طی پژوهش‌هایی روش هضم اسیدی جهت بازیابی منعقدکننده از لجن تصفیه خانه آب مورد بررسی قرار دادند. میزان بازیابی منعقدکننده‌ها، نقاط قوت و ضعف و جنبه‌های اقتصادی

این روش، مواردی هستند که به آن‌ها پرداخته شده است. نتایج بررسی‌های انجام شده مشخص نمود استفاده از سولفوریک اسید، به‌دلیل ارزان و در دسترس بودن، بهترین گزینه برای انجام فرایند هضم اسیدی است.

Ghernaout *et al.* (2018) سمیت کلر، آلوم و پلی الکترولیت که به‌طور گسترده در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند را مورد بحث قرار دادند. در این تحقیق نتیجه حاصل شده این است که فرآیندهای فیزیکی مانند فرآیندهای غشایی باید بیشتر و بیشتر از طریق گیاهان تصفیه آب برای کاهش استفاده از مواد شیمیایی استفاده شود.

Rebosura *et al.* (2018) اثر دوز آهن بر فرایندهای تصفیه فاضلاب در مقیاس آزمایشگاهی شامل فاضلاب، راکتورهای تصفیه فاضلاب، غلیظ کننده لجن و هضم کننده لجن بی‌هوازی را مورد بررسی قرار دادند. مطالعات آن‌ها نشان داد که دوز آهن در فاضلاب می‌تواند به مزایای زیادی از جمله حذف سولفید در فاضلاب، حذف فسفر در طول تصفیه فاضلاب و حذف سولفید هیدروژن (H_2S) در طول تولید بیوگاز منجر شود.

Hashemi Nejad *et al.* (2018) کارایی تانیک اسید به‌عنوان منعقدکننده در حذف کدورت آب را مورد بررسی قرار دادند. نتیجه تحقیقات نشان داد که تانیک اسید از قابلیت منعقدکنندگی برخوردار است و بنابراین می‌تواند به جای منعقد کننده‌های متداول، در تصفیه مقدماتی مورد استفاده قرار گیرد.

Hussein *et al.* (2021) اثر تخلیه لجن آلوم و تغییر رژیم جریان رودخانه نیل بر کیفیت آب و خاک را بررسی کردند. آزمایش‌های این تحقیق نشان داد که که غلظت فلزها در نمونه‌های خاک جمع آوری شده از منطقه‌های آبیاری شده از کانال‌های دریافت کننده لجن آلوم، بیش از دو (سه برابر) از غلظت آن‌ها از محل‌های خالص است.

Precious Sibiya *et al.* (2021) در تحقیقی، سه ماده منعقدکننده (فرومگنیتیت (F)، آلوم (A) و پوسته تخم مرغ (E)) و ترکیب‌های آن‌ها (FA، FE و FEA) را به‌عنوان مواد منعقد کننده مقرون به صرفه احتمالی برای تصفیه فاضلاب صنعتی بررسی نمودند. نتایج آزمایش جار تست حذف ۸۰ درصد آلاینده‌ها را نشان داد. همچنین F در مقایسه با ترکیبات دو تایی منعقد کننده‌ها (FA > FE) و سه تایی (FEA) عملکرد خوبی را نشان داد.

مواد موجود در آب دارای ترکیب‌های پیچیده‌ای شامل ذرات حل شده، معلق و شناور با اندازه‌های مختلف می باشند. تصفیه بستگی به اندازه ذرات دارد. هرچه ذرات در ترکیب‌های پساب کوچکترباشند یا ذره در محلول حل شده باشد، طریق تصفیه مشکل‌تر خواهد بود. واضح است که اندازه ذرات بستگی به چگالی و دیگر ویژگی‌های فیزیکی دارد. لجن حاصل از تصفیه آب در تصفیه خانه شهری پس از تصفیه‌های فیزیکی و شیمیایی حاصل شده و زمانی که دیگر قابل آبگیری بیشتر نمی‌باشد به محیط زیست دفع می‌شود. متأسفانه در حال حاضر روش عملی اصولی برای دفع این لجن وجود ندارد و در مطالعه موردی از تصفیه خانه آب شهر مراغه این لجن به خود رودخانه دفع می‌شود. که با توجه به مواد شیمیایی که به‌عنوان مواد منعقدکننده به آب اضافه شده بود و دیگر ذرات جامد موجود در آب تصفیه شده، مشکل‌های فراوانی برای منابع پذیرنده آب بوجود می‌آورد. در این تحقیق نقش انواع منعقدکننده‌ها جهت کاهش حجم لجن و آبگیری از آن در محیط‌های اسیدی و بازی و خنثی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین روش‌های افزایش TSS جهت به دام انداختن مواد ژله‌ای لجن حاصل از تصفیه آب، تعیین زمان ماند بهینه جهت حصول نتیجه بهتر و در نهایت میزان آبگیری از لجن در غلظت‌های مختلف با pH های اسیدی و بازی و خنثی مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

پلی الکترولیت کاتیونی و پلی الکترولیت آنیونی گرید صنعتی از شرکت Basf آلمان، پلی آلومینیوم کلراید[1] ($AL_2 (OH)_n CI_6$) با گرید صنعتی از شرکت چینی، کلرو فریک (Fecl3) در گرید صنعتی از شرکت فناوران آریا محور، کلرو فریک[2] در گرید صنعتی از شرکت Merc آلمان، و سولفات آلومینیوم[3] (Al2so4,3) در گرید صنعتی از شرکت کیمیا اکسیر خریداری شد و مورد استفاده قرار گرفت.

در بین منعقدکننده‌های(کواگولانت) مختلفی که وجود دارد پلی آلومینیوم کلراید یک منعقدکننده پلیمری - معدنی است که در سال‌های اخیر به سرعت گسترش یافته و در طیف وسیعی از فرایندهای تصفیه آب آشامیدنی، فاضلاب و پساب‌های صنعتی کاربرد دارد. پلی آلومینیوم کلراید در صنایع تصفیه آب به‌منظور ته نشینی کلوییدها و ذرات معلق، مواد آلی، یون‌های فلزی، فسفات، فلزهای سمی و مواد رنگی و... استفاده می‌شود. آلومینیوم پایداری سوسپانسیون‌های کلوییدی را برهم می‌زند و منجر به تشکیل توده‌های بزرگتری از ذرات می‌شود که با ته نشینی، غوطه ورسازی و یا فیلتر کردن از سیستم خارج می‌شود. سولفات آلومینیوم (آلوم) و کلرو فریک متداول‌ترین منعقدکننده‌های مورد استفاده در تصفیه آب به‌منظور حذف کدورت می‌باشند. در سال-های اخیر، پلی آلومینیوم کلراید به‌طور گسترده‌ای به-عنوان جایگزینی برای دو منعقدکننده قدیمی سولفات آلومینیوم و کلروفریک مورد استفاده قرار گرفته است. در حال حاضر پلی آلومینیوم کلراید (پَک) در کشورهایی نظیرآمریکا، کانادا، چین، ایتالیا، فرانسه و انگلستان به یکی از رایج‌ترین منعقدکننده‌های مورد استفاده در تصفیه آب و فاضلاب تبدیل شده است. در ایران نیز بسیاری از صنایع این ماده را به‌عنوان جایگزین منعقد کننده‌های قدیمی مورد استفاده قرار داده‌اند.

کلرید فریک یک ترکیب شیمیایی صنعتی است که رنگ آن به زاویه دید و تابش نور بستگی دارد. به‌طور عمده برای تصفیه آب و پساب استفاده می‌شود. کلرورفریک یا کلرید آهن یک ترکیب شیمیایی با نقطه ذوب به‌نسبت پایین است که انحلال آن در آب گرمازا می‌باشد و میزان حلالیت آن در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، ۹۱۲ گرم در هر لیتر می‌باشد. کلرورفریک صنعتی از واکنش کلر خشک با آهن در دمای ۷۰۰ – ۵۰۰ درجه سانتی گراد تشکیل می‌شود. کلرید فریک به‌دلیل کارایی بالا در شفاف کردن آب و آب زدایی از لجن، در عملیات تصفیه آب و پساب، همچنین به‌عنوان کواگولانت یا فلوکولانت برای کنترل بو، حذف فسفات، نرم کردن لجن پساب، کمک فیلتراسیون، از بین بردن رنگ آب، حذف کردن آرسنیک، سم زدایی از کرومات طی نرم کردن پساب صنعتی و حداقل کردن هیدروژن سولفید استفاده می-شود. همچنین در تصفیه آب برای حذف مواد جامد معلق و نرم کردن آب پشت فیلتر استفاده می‌شود. افزودن کلرورفریک به‌عنوان فلوکولانت به تانک حاوی آب کدر و قهوه‌ای رنگ، منجر به جمع شدن ذرات کوچک و ته نشینی ذرات بزرگ و تشکیل رسوب در کف تانک می‌شود.

سولفات آلومینیوم در آب قابل حل می‌باشد و از عمده مصرف‌های آلومینیوم سولفات به‌عنوان عامل منعقدکننده در تصفیه آب آشامیدنی می‌باشد. سولفات آلومینیوم به‌طور معمول به‌عنوان نوعی از آلوم نیز نام برده می‌شود. آلوم‌ها نمک-های دو سولفاته می‌باشند.

آزمایش جارتست

بیشتر ذرات معلق در فاضلاب دارای بار منفی هستند. در انعقاد شیمیایی مواد منعقدکننده مناسب به آب اضافه می‌شود. این مواد بار الکتریکی ذرات معلق را خنثی می‌کند و بر اثر آن امکان چسبیدن ذرات به یکدیگر و درنتیجه ایجاد ذرات بزرگتر، سنگین‌تر و قابل رسوب که فلوک نامیده می‌شود فراهم می‌شود. نمک‌های

آلومینیوم یا آهن رایج‌ترین مواد منعقدکننده در سیستم‌های تصفیه هستند، زیرا مؤثر در تصفیه، دارای قیمت پایین و در دسترس هستند و همچنین برای ذخیره سازی و به‌کار بردن مناسب هستند. برای تعیین نوع و مقدار مناسب منعقدکننده‌ها از آزمایش جارتست استفاده می‌شود. در این آزمایش از ۶ ظرف شیشه ای و یک دستگاه هم زن که به‌طور هم‌زمان محتویات همه ظرف‌ها را به‌هم می‌زند، استفاده می‌شود. یک لیتر از نمونه‌ای که کدورت آن از قبل تعیین شده است، به هریک از ظرف‌ها اضافه می‌شود. ابتدا همزن روی دور تند ۲۰۰ دور بر دقیقه تنظیم می‌شود. سپس برای هر منعقدکننده، یک محدوده مشخص از آن به‌طور هم زمان به ظروف اضافه شده و به مدت یک دقیقه روی دور ۲۰۰ قرار می‌گیرد. در مرحله بعدی همزن روی دور کند، ۲۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شده و در نهایت به مدت ۳۰ ثانیه به محلول‌ها اجازه داده می‌شود که ته نشین شده و کدورت لایه رویی اندازه‌گیری می‌شود (EPA, 2000) (شکل ۱).

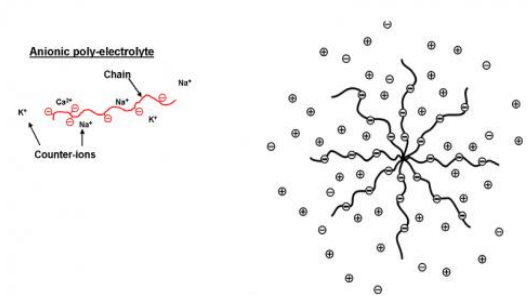
۱- آزمایش جارتست شکل
Fig. 1- The JarTest

جهت حذف ناخالص‌های معلق و مواد کلوئیدی موجود در آب و فاضلاب از روش انعقاد و لخته سازی استفاده می‌شود که لازمه آن، افزودن ماده منعقدکننده می‌باشد که منجر به خنثی شدن بار ذرات کلوئیدی شده و در نتیجه این ذرات به یکدیگر نزدیکتر شده و تشکیل ذرات درشت‌تری می‌دهند. لخته‌های به‌دست آمده که ذرات معلق و کلوئیدی را به‌همراه دارند، به حد کافی درشت هستند و به راحتی ته‌نشین و صاف می‌شوند.(شکل ۲) و (شکل ۳)

شکل۲ - ته نشینی با مواد کواگولانت و فلوکالانت
Fig. 2- Sedimentation with coagulants and flocculants

شکل ۳- ته نشینی با انواع مواد کواگولانت و فلوکالانت
Fig. 3- Sedimentation with various coagulant and flocculant materials

برای کامل کردن این عمل و ایجاد لخته‌های بزرگتر از موادی به نام کمک منعقد کننده - پلی الکترولیت[۴] که محلول در آب بوده و به‌طور وسیعی به‌عنوان منعقدکننده، افزایش دهنده سرعت ته نشینی مواد جامد معلق و کلوئیدها و رنگ بری در فرآیندهای تصفیه و تولید مایعات بکار برده می‌شوند. کاتیون یا آنیون متصل به پیکره شیمیایی پلی الکترولیت تعیین کننده نوع بار فعال پلیمر می‌باشد. وزن ملکولی و شدت بار پلی الکترولیت‌ها در فعالیت آن‌ها تأثیر بسزایی دارد. کمک منعقدکننده‌ها با ایجاد پل بین ذرات ریز لخته حاصل کار منعقدکننده‌ها، آن‌ها را به‌صورت لخته‌های درشت و سنگین درآورده، عمل ته‌نشینی را سرعت می‌بخشند(شکل ۴). همچنین محدوده pH بهینه را گسترش داده و مقدار مصرف ماده منعقد کننده را کاهش می‌دهند.



شکل ۴- نقش منعقدکننده‌ها در عمل ته نشینی
Fig. 4- The role of coagulants in sedimentation

روش‌های استفاده از مواد کواگولانت و فلوکالانت

برای مقایسه ته نشینی توسط مواد کواگولانت و فلوکالانت مقدار دو در صد وزنی از مواد کواگولانت و فلوکالانت تهیه گردید و در حجم‌های یکنواخت و مساوی در تمام نمونه‌ها به نمونه لجن حاصل از تصفیه خانه آب مراغه اضافه گردید تا عملکرد مواد را در محیط‌های اسیدی و بازی مقایسه کنیم. با ایجاد محیط‌های اسیدی و بازی مساوی برای تمام نمونه‌ها، ته نشینی نیم ساعته اندازه‌گیری شد. برای مشاهده ته نشینی بیشتر و مقایسه نمونه‌ها ته نشینی ۱ و۲ و ۳ ساعته هم اندازه‌گیری گردید. در آزمایش آخرکه بدون مواد کواگولانت و تنها با بالابردن Tss و مخلوط با لجن فاضلاب انجام شد، زمان ته نشینی افزایش یافته و نتیجه خیلی خوبی حاصل شد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهرستان مراغه از توابع تبریز می‌باشد. در تحقیق و بررسی نیاز به انتخاب منطقه‌ای بود که ابتدا دارای تصفیه خانه آب بود و دوم این که دارای تصفیه خانه فاضلاب باشد؛که این امکان در شهرستان مراغه امکان پذیر بود. تصفیه خانه آب مراغه واقع در کنار سد صوفی رود می‌باشد و از مواد کواگولانت برای تصفیه آب شرب این شهرستان استفاده می‌شود. تصفیه خانه فاضلاب این شهرستان دارای دو فاز بوده که بنا به نیاز از لجن ته نشینی فاز اول، برای بالا بردن TSS، نمونه برداری وآزمایش‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

با مطالعه روی تحقیق‌های مختلفی که روی لجن حاصل از تصفیه خانه آب به‌عمل آمده بدیهی است که روش‌های مختلفی جهت حذف این نوع لجن و یا استفاده دوباره از آن بیان شده است. دانشمندان سعی کردند تا مواد شیمیایی آن‌را حذف کنند و یا از این لجن جهت مصرف‌های کشاورزی به‌عنوان کود و یا برای تهیه آجر فشرده استفاده کنند ولی به‌دلیل مشکل‌های ثانویه هر کدام به‌صورت تحقیقی ناموفق در آمده است. امروزه با وجود تحقیق‌های فراوان روش عملی برای حذف یا استفاده از لجن حاصل از تصفیه خانه آب بیان نشده و محیط زیست همچنان در خطر دفع این لجن که حاوی مواد شیمیایی بوده، می‌باشد. تلاش برای حل کامل این مشکل ادامه دارد و سعی گردید تا با استفاده از کواگولانت‌های مختلف در محیط‌های اسیدی و قلیایی میزان این لجن کاهش یابد. نتایج به‌دست آمده نشان از عدم حصول نتیجه مورد قبول بود. در یک تلاش دیگر، از مواد جامد برای ازبین بردن حالت ژله‌ای و سوسپانسیونی لجن حاصل از تصفیه خانه آب استفاده گردید. برای این منظور از لجن حاصل از ته نشینی فیزیکی تصفیه خانه فاضلاب شهری که حاوی مواد جامد قابل ته نشین شدن بود، استفاده شد که نتایج ایده آلی به‌دست آمد.

نتایج آزمایش‌ها

آزمایش‌های زیادی با مواد کواگولانت مختلف در محیطی اسیدی، بازی و خنثی به شرح زیر انجام گرفت:

آزمایش اول

آزمایش اول با استفاده از محلول ۲درصد وزنی پلی آلومینیوم کلراید در محیط‌های اسیدی و بازی و خنثی در بازه زمانی نیم ساعته و یک ساعته و دو ساعته و سه ساعته انجام گردید (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج به‌دست آمده با محلول ۲ درصد پلی آلومنیوم کلراید

Table 1. Results obtained with 2% poly aluminum chloride solution

	Coagulant sample size	Sample volume of water sludge	Half an hour sitting	3 hour sitting	2 hour sitting	3 hour sitting
pH=6	10	490	490	445	460	485
	20	480	485	440	460	480
	30	470	485	435	455	475
pH=7	10	490	495	450	435	475
	20	480	492	450	436	476
	30	470	490	445	440	470
pH=8	10	490	496	450	440	482
	20	480	494	460	435	482
	30	470	485	100	425	470

جدول ۲- نتایج به‌دست آمده با محلول ۲درصد وزنی پلی الکترولیت کاتیونی

Table 2. Results obtained with 2% w/w solution of cationic poly electrolyte

	Coagulant sample size	Sample volume of water sludge	Half an hour sitting	3 hour sitting	2 hour sitting	1 hour sitting
pH=6	10	490	0	0	0	0
	20	480	0	0	0	0
	30	470	0	0	0	0
pH=7	10	490	0	0	0	0
	20	480	0	0	0	0
	30	470	0	0	0	0
pH=8	10	490	0	0	0	0
	20	480	0	0	0	0
	30	480	0	0	0	0

چنانچه ملاحظه می‌کنید، آزمایش بالا نشان می‌دهد که با افزودن پلی آلومینیوم کلراید نتایج رضایت بخشی حاصل نشده است و پلی آلومینیوم چه در محیط‌های خنثی و چه در محیط‌های اسیدی و قلیایی قادر به کاهش حجم لجن نبوده و با دادن زمان‌های بیش از نیم ساعت هم نتایج مورد قبولی نداده است.

آزمایش دوم

آزمایش دوم با استفاده از محلول ۲درصد وزنی پلی الکترولیت کاتیونی در محیط‌های اسیدی و بازی و خنثی در بازه زمانی نیم ساعته و یک ساعته و دو ساعته و سه ساعته انجام گرفته است (جدول ۲). همانطور که ملاحظه می‌شود میزان لجن ته نشین شده در هر سه محیط اسیدی و بازی و خنثی برابر صفر می‌باشد. حتی با دادن زمان‌های بالاتر هیچ ته نشینی حاصل نشد و این نشان-دهنده کارایی نداشتن این ماده فلوکالانت کاتیونی برای آبگیری بیشتر لجن می‌باشد.

آزمایش سوم

آزمایش سوم با استفاده از محلول ۲درصد وزنی پلی الکترولیت آنیونی در محیط‌های اسیدی و بازی و خنثی در بازه زمانی نیم ساعته و یک ساعته و دو ساعته و سه ساعته انجام گرفته است(جدول ۳). همانطور که ملاحظه می‌شود میزان لجن ته نشین شده در هر سه محیط اسیدی و بازی و خنثی برابر صفر می‌باشد. حتی با دادن زمان‌های بالاتر هیچ ته نشینی حاصل نشد و این نشان-دهنده کارایی نداشتن این ماده فلوکالانت آنیونی برای آبگیری بیشتر لجن می‌باشد.

آزمایش چهارم

آزمایش چهارم با استفاده از محلول ۲درصد وزنی کلرید آهن ۳ در محیط‌های اسیدی و بازی و خنثی در بازه زمانی نیم ساعته و یک ساعته و دو ساعته و سه ساعته انجام گرفته است(جدول ۴). چنانچه ملاحظه می‌کنید، آزمایش بالا نشان می‌دهد که با افزودن کلرید آهن ۳ نتایج رضایت

بخشی حاصل نشده است و کلرید آهن ۳ چه در محیط-های خنثی و چه در محیط‌های اسیدی و قلیایی قادر به کاهش حجم لجن نبوده و با دادن زمان‌های بیش از نیم ساعت هم نتایج مورد قبولی نداده است.

جدول ۳- نتایج به‌دست آمده با محلول ۲درصد وزنی پلی الکترولیت آنیونی

Table 3. Results obtained with 2% w/w solution of anionic polyelectrolyte

	Coagulant sample size	Sample volume of water sludge	Half an hour sitting	3 hour sitting	2 hour sitting	1 hour sitting
pH=6	10	490	0	0	0	0
	20	480	0	0	0	0
	30	470	0	0	0	0
pH=7	10	490	0	0	0	0
	20	480	0	0	0	0
	30	470	0	0	0	0
pH=8	10	490	0	0	0	0
	20	480	0	0	0	0
	30	470	0	0	0	0

جدول۴- نتایج به‌دست آمده با محلول ۲درصد وزنی کلرید آهن ۳

Table 4. Results obtained with 2% solution of iron chloride 3

	Coagulant sample size	Sample volume of water sludge	Half an hour sitting	3 hour sitting	2 hour sitting	1 hour sitting
pH=6	10	490	490	460	475	480
	20	480	480	465	475	480
	30	470	480	455	470	480
pH=7	10	490	490	460	475	480
	20	480	485	465	475	480
	30	470	480	460	465	470
pH=8	10	490	490	465	485	490
	20	480	490	390	420	450
	30	470	490	465	485	490

جدول ۵- نتایج به‌دست آمده از محلول ۲درصد وزنی کلرید آهن ۲

Table 5. Results obtained from 2% solution of iron chloride 2

	Coagulant sample size	Sample volume of water sludge	Half an hour sitting	3 hour sitting	2 hour sitting	1 hour sitting
pH=6	10	490	490	460	475	480
	20	480	485	465	475	480
	30	470	465	455	470	475
pH=7	10	490	480	460	475	475
	20	480	480	465	475	470
	30	470	480	460	465	465
pH=8	10	490	490	465	465	480
	20	480	490	390	420	480
	30	470	490	465	465	475

آزمایش پنجم

آزمایش پنجم با استفاده از محلول ۲درصد وزنی کلرید آهن ۲ در محیط‌های اسیدی و بازی و خنثی در بازه زمانی نیم ساعته و یک ساعته و دو ساعته و سه ساعته انجام گرفته است(جدول ۵). چنانچه ملاحظه می‌شود، آزمایش بالا نشان می‌دهد که با افزودن کلرید آهن۲ نتایج رضایت بخشی حاصل نشده است و کلرید آهن۲ چه در محیط-های خنثی و چه در محیط‌های اسیدی و قلیایی قادر به کاهش حجم لجن نبوده و با دادن زمان‌های بیش از نیم ساعت هم نتایج مورد قبولی نداده است.

جدول ۶- نتایج به‌دست آمده از محلول ۲درصد وزنی سولفات آلومینیوم

Table 6. Results obtained from 2% solution of aluminum sulfate

	Coagulant sample size	Sample volume of water sludge	Half an hour sitting	3 hour sitting	2 hour sitting	1 hour sitting
pH=6	10	490	450	385	410	430
	20	480	445	375	395	425
	30	470	440	390	400	420
pH=7	10	490	460	410	435	450
	20	480	460	420	440	450
	30	470	455	415	430	445
pH=8	10	490	440	400	415	420
	20	480	430	390	405	420
	30	470	420	390	400	415

جدول ۷- نمونه لجن ته نشینی اول و نمونه لجن آب تصفیه خانه آب

Table 7. Sample of the first settling sludge and water sludge from the water treatment plant

Coagulant sample size	Sample volume of water sludge	Half an hour sitting	1 hour sitting	2 hour sitting	3 hour sitting	4 hour sitting	5 hour sitting
250	250	160	150	120	100	90	80

آزمایش ششم

آزمایش ششم با استفاده از محلول ۲درصد وزنی سولفات آلومینیوم در محیط‌های اسیدی و بازی و خنثی در بازه زمانی نیم ساعته و یک ساعته و دو ساعته و سه ساعته انجام گرفته است(جدول ۶). چنانچه ملاحظه می‌کنید، آزمایش بالا نشان می‌دهد که با افزودن سولفات آلومینیوم نتایج رضایت بخشی حاصل نشده است و سولفات آلومینیوم چه در محیط‌های خنثی و چه در محیط‌های اسیدی و قلیایی قادر به کاهش حجم لجن نبوده و با دادن زمان‌های بیش از نیم ساعت هم نتایج مورد قبولی نداده است. با وجود اینکه این ماده بیشتر از مواد دیگر مؤثر بوده ولی با توجه به مصرف مواد، مقرون به صرفه اقتصادی نخواهد بود.

آزمایش هفتم

بدون افزودن مواد و تنها با بالا بردن Tss توسط لجن حاصل از ته نشینی اولیه فاضلاب و با نسبت مساوی از لجن حاصل از تصفیه آب و لجن حاصل از ته نشینی اولیه فاضلاب، نتایج زیر به‌دست آمد(جدول ۷). چنانچه ملاحظه می‌شود نتایج بسیار رضایت مندی به‌دست آمد. بدون افزودن هیچ نوع ماده شیمیایی و فقط با بالابردن Tss آب گیری از لجن به نحو احسن انجام شد.

مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با پژوهش‌های پیشین

Abdolah zadeh *et al*. (2009) با انجام آزمایش‌های جار، اثر کدورت، pH و کل کربن آلی، روی منعقدکننده‌های فریک کلراید (FeCl3) و پلی‌آلومینیوم کلراید(PACl) ، برای حذف بیشتر کدورت و کل کربن آلی، کربن آلی محلول، جذب ماده آلی در طول موج ۲۵۴ نانومتر(UV254nm) قلیائیت، آلومینیوم و آهن باقیمانده، تری‌هالومتان‌ها (THMS)، از آب رودخانه کرج در سال ۱۳۸۶ در ورودی تصفیه‌خانه آب شماره ۲ تهران با شرایط کواگولاسیون متداول مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. در مقادیر pH طبیعی و پایه، PACl اثر بیشتری را در حذف کدورت، TOC، DOC، UV254 و THMS نسبت به $FeCl_3$ نشان داد. نتایج این بررسی‌ها عملکرد بهتر پلی آلومینیوم کلراید را در مقایسه با فریک کلراید از نظر مصرف کمتر مواد منعقدکننده، تشکیل لخته‌های درشت‌تر، کاهش مدت زمان ته‌نشینی لخته، تولید لجن با ضریب چسبندگی بیشتر، نیاز نداشتن به تنظیم pH در کدورت‌های ۲ تا ۵ NTUو نیاز به مقدار آهک کمتر در سایر کدورت‌های مورد آزمایش تا 100 NTU نشان داد. همچنین نتایج این بررسی‌ها نشان داد که در کدورت‌های

پایین(NTU2) و کدورت‌های بیشینه (NTU 100) باPACl، درصد حذف کدورت، TOC، DOC، UV254nm بیشتر و افت pH و قلیائیت نسبت به فریک کلراید کمتر است. در نهایت PACl را می‌توان به‌عنوان جایگزین مناسب و اقتصادی برای فریک کلراید در واحد انعقاد فرایند تصفیه آب تهران پیشنهاد نمود.

Birjandi *et al*. (2011) اثر ماده منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید (PACL) جهت کاهش غلظت آلاینده‌های محیط زیستی پساب کارخانه کاغذسازی مورد مطالعه قرار دادند. به‌منظور کاهش آلاینده‌ها کمیت و کیفیت پساب بررسی شد. این مطالعه نشان داد که پساب کارخانه بیان شده دارای اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) 3523 میلی گرم بر لیتر و کدورت برابر ۸۷۲ می‌باشد. آزمایش‌های لازم برای حذف آلاینده‌ها طی فرآیند انعقاد و لخته‌سازی انجام پذیرفت و پارامترهای کدورت, کل جامدات (TS)، COD, pH بهینه و غلظت بهینه ماده منعقد کننده PACL اندازه‌گیری شد. براساس نتایج به‌دست آمده, غلظت 785 PACL میلی‌گرم برلیتر و pH اولیه پساب برابر ۷ بهینه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که ماده منعقدکننده PACL قادر است ۹۰ درصد TS، ۸۸ درصد COD و ۹۳درصد کدورت پساب کارخانه کاغذسازی را کاهش دهد که از جمله مهمترین آلاینده‌های محیط زیستی می‌باشند.

در مطالعه‌ای shkoohi *et al*. (2016) به بررسی کارایی سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب و لجن فعال جهت تصفیه فاضلاب شهری پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که میانگین کل برای پارامتر BOD5 پساب خروجی در سیستم‌های مختلف نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به‌ترتیب55 mg/l، ۲۵، ۲۱ و ۲۳، برای COD به‌ترتیب143 mg/l، ۴۳، ۴۰ و ۴۰ و برای TSS به‌ترتیب47 mg/l، ۱۰۱، ۴۰ و ۳۳ به‌دست آمد. از بین سیستم‌های مورد بررسی، بیشترین میزان حذف COD مربوط به سیستم لجن فعال متعارف(۹۷٪/۸۶) و کمترین آن مربوط به نیزار مصنوعی(۶٪/۶۱) بوده و بالاترین میزان حذف BOD5 مربوط به سیستم برکه تثبیت (۱۸٪/۸۵) و پایین‌ترین آن مربوط به نیزار مصنوعی(۰۱٪/۷۲) می‌باشد. نسبت BOD5/COD در فاضلاب ورودی برای سیستم‌های مورد بررسی به‌ترتیب ۰/۵۶، ۰/۶۲، ۰/۵۹ و ۰/۵۵ به‌دست آمد. در پژوهش حاضر، استفاده از محلول ۲درصد وزنی کلرید آهن ۲و۳، پلی آلومینیوم کلراید، ۲درصد وزنی سولفات آلومینیوم، محلول ۲درصد وزنی پلی الکترولیت کاتیونی و آنیونی در محیط‌های اسیدی و بازی و خنثی در بازه زمانی نیم ساعته و یک ساعته ودو ساعته و سه ساعته قادر به کاهش حجم لجن نبوده و با دادن زمان‌های بیش از نیم ساعت هم نتایج مورد قبولی نداده است. این پژوهش نشان داد که بدون استفاده از هیچ نوع ماده شیمیایی و فقط با بالابردن Tss ، آب گیری از لجن به نحو احسن انجام گردید.

نتیجه‌گیری

چنانچه ملاحظه شد، آزمایش‌های متعدد با مواد کواگولانت مختلف در محیط‌های اسیدی، بازی و خنثی نشان از نبود نتیجه گیری مطلوب باتوجه به افزودن مواد شیمیایی شد. در آزمایش آخر با ترکیب دوتا لجن تصفیه خانه آب و تصفیه خانه فاضلاب مشاهده گردید که آب گیری با سرعت بالا و مقادیر قابل ملاحظه‌ای انجام گردید و بدین طریق می‌توان لجن حاصل از این مرحله را توسط هاضم در لجن و یا فیلتر پرس به مواد خشک قابل دفع به بیرون به‌دست آورد که تاکنون هیچ مورد مطالعه‌ای در این زمینه دیده نشده است. لجن ژلاتینه موجود در لجن حاصل از تصفیه آب که ناشی از هیدروکسیدهای آلومینیوم و ترکیبات سایر مواد منعقد کننده با لجن می‌باشد، آبگیری بیشتر را غیر ممکن می‌سازد و با وجود افزایش مواد کواگولانت و استفاده از مواد منعقدکننده دیگر هیچ آبگیری خوبی انجام نگردید.

نتایج آزمایش‌های انجام شده نشان داد با وجود افزودن به‌فرض" ۳۰ میلی لیترمنعقدکننده به ۴۷۰ میلی لیترلجن (در مجموع ۵۰۰ میلی لیتر حجم نمونه مورد آزمایش) در عمل در بعضی نمونه‌ها اندازه همان میلی لیتری که خودمان اضافه کرده بودیم ته نشین شد و این نشان می‌دهد که افزودن ماده منعقدکننده بیشتر، منجر به تغییری در آبگیری از لجن نمی‌شود.

برای گرفتن نتایج بهتر آزمایش در محیط اسیدی و بازی انجام شد تا میزان کاهش لجن مورد بررسی قرارگیرد. در عمل در این محیط‌ها نیز نتایج خوبی به‌دست نیامد و ته نشینی مانند آزمایش‌های محیط خنثی با شکست مواجه شد. با توجه به نتایج حاصله از آزمایش‌های گوناگون در مورد آزمایش آخر می‌توان گفت که بدون انجام هیچ گونه هزینه مواد و تنها با دادن زمان برای ته نشینی و مخلوط کردن دو نوع لجن، می‌توان آبگیری از این لجن ژله‌ای را با کاهش آب آن از طریق انواع روش‌های لجن خشک کنی، انجام داد. در صورت عملی کردن این روش، از آلودگی آب‌های سطحی و غیره جلوگیری بعمل می‌آید و مشکل دفع این لجن از بین خواهد رفت.

پی‌نوشت‌ها

[1] PAC
[2] $FeCl_3$
[3] $Al_2(so4)_3$
[4] Polyelectrolyte

منابع

Balto, B., Gregory, G., 2007. Review Organic polyelectrolytes in water treatment, 41(11), 2301-2324.

Birjandi, N., Younesi, H., Bahramifar, N. and Hadavi Far, M., 2015. Comparison of the Efficiency of Alum and Polyaluminium Chloride for Removal of Paper Mill Wastewater Pollution. Environmental science and technology. 16(4), 53 – 60.

Dorairaja, R., Hsin-Neng, H., Thomas, N. and Ching-Tzer, Y., 1997. Water Treatment Plant Sludge as Landfill Liner, Civil and Environmental Engineering. ASCE. 13(13), 744-758.

Elliott, H. A., Dempsey, B. A. and Maille, P. J., 1989. Content and Fractionation of heavy metals in water Treatment. Journal of Environmental Quality Abstract. 19 (2), 330-334.

Ghernaout, D., Algahmdi, A., Aichouni, M. and Touahmia, M., 2018. The lethal water tri-therapy: chlorine, alum, and polyelectrolyte. World Journal of Applied Chemistry. 3(2), 65-71.

Hakimi, B., Ganji Doost, H. and Mokhtarani, N.,

Abdo, M.S.E., Ewida, K.T. and Youssef ,Y.M., 1992. Recovery of alum from wasted sludge produced from water treatment plants. Journal of Environmental Sience and Health. 28, (6), 1205-1216.

Abdolah zadeh, M., Torabian, A. and Hassani, A.H., 2009. Comparison of the performance of poly Aluminum Chloride (PACl), Ferric Chloride (FeCl3), in Turbidity and organic matter removal; from water source, Case-study: Karaj River, in Tehran water treatment plant. Journal of Water and Waste Water. 20(2), 23-31.

Asilian, H., Mousavi, G. and Mahmoudi, M., 2010. Removal of reactive red azure dye 198 from aqueous solution by adsorption on sludge from the coagulation process of water treatment plant. Journal of Health and Environment, Scientific Research Quarterly of the Iranian Scientific Association of Environmental Health. 3(1) , 15-93.

Babatunde, A. O. and Zhao, Y. Q., 2006. Constructive Approaches Toward Water Treatment Works Sludge management: An International Review of Beneficial. Journal of Critical Reviews in Environmental Sience and technology, Reuses. 37 (2), 129-164.

2014. Investigation of the possibility of using water treatment plant sludge in brick construction. Journal of Water and Wastewater. 11(4), 59- 65. (In Persian with English abstract).

Hashemi nejad, H., Taebi, A. and Paydar, P., 2018. Evaluation of Tannic Acid as Coagulant for Water Turbidity Reduction in Preliminary Water Treatment. rchive of SID Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources). 22(2) , 189-198. (In Persian with English abstract).

Heil, D.m. and Barbarick, K. A.,1998. Journal of Environmental Quality Abstract. 18(3), 292-298.

Hoshyari, M. and Fatahzadeh, M., 2014. A comparative study of the effectiveness of different coagulants in the country for the treatment of sewage sludge in Tehran . Journal of Zanko Medical Sciences / Kurdistan University of Medical Sciences, 16(50), 63-71. (In Persian with English abstract).

Hsin, W., Cheng-Fang, L. and Wan –Ru, C., 2004. Regeneration and Reuse of Water Treatment plant sludge: Adsorbent for cations. Journal of Environmental of Sience and Health, 39(3), 717-728.

Hussein, A. M., Mahmoud, R. K., Mika Sillanpää, Abdel Wahed, M.S.M., 2021. Impacts alum DWTPs sludge discharge and changes in flow regime of the Nile River on the quality of surface water and cultivated soils in Fayoum watershed, Egypt. Science of The Total Environment. 66,144333.

Keeley, J., Jarvis, P., Smith, A.D. and Judd, S.J., 2016. Coagulant recovery and reuse for drinking water treatment. Water Research. 88, 502-509.

Mahdavian, S.E. and Ostovar, F., 2018. Coagulant recovery from waterworks sludge by acid digestion method. Journal of Environmental Research and Technology . 3(4), 31-39.

Mobasher Moghadam, E. and Fataei, E., 2017. Efficiency of Ferric Chloride (FeCl3) and Poly-Ferric Sulfate (PFS) as coagulants to remove turbidity and organic materials in Ardabil Water Treatment Plant. Journal of health. 8 (1), 65-73. (In Persian with English abstract).

Pourmand, H., Leili, M., Shokouhi, R. and Asgari, G.H., 2016. Investigation of sludge properties of water treatment plant and feasibility study of its application based on environmental standards; Case study of Shahid Beheshti water treatment plant in Hamadan. Scientific Journal of University of Medical Sciences and Health Services Hamedan. 23rd period, (1), serial number 79, 57 - 64. (In Persian with English abstract).

Precious, S.N., Rathilal, S. and Emmanuel, K.T., 2021. Coagulation treatment of wastewater: kinetics and natural coagulant evaluation. Molecules. 26(3), 698.

Rebosura, J., Salehin, M,. S., Pikaar, I., Sun, X., Keller, J., Sharma, K. and Yuan, Z., 2018. A comprehensive laboratory assessment of the effects of sewer-dosed iron salts on wastewater treatment processes. Water research. 146, 109-117.

Sadri Moghadam, S. and Arami, M., 2010. Coagulation and Flocculation process for dye removal using sludge from water treatment plant: Optimization through response surface methodology. Journal of Hazardous Materials. 175(1-3), 651-657. (In Persian with English abstract).

Shokoohi, R., Dargahi, D. and Karami, A., 2020. A survey on efficiency of natural wastewater treatment systems and activated sludge for municipal wastewater treatment. Journal of environmental science and technology. 22(1), 15-

25. 10.22034/JEST.2018.15742.2426. (In Persian with English abstract).

Texeira, S.R. and Souza N. R., 2011. Applied Clay Science.The effect of incur poration of a Brazilian water treatment plant sludge on the properties of ceramic materials. 53, (4), 561-565.

Environmental Sciences Vol.19 / No.4 / Winter 2022

67-84

Original Article

Study of the effects of sludge discharge from water treatment plants to the municipal wastewater network and its effect on the wastewater treatment process

Pouneh Abdolahpoor Salari and Sina Fard Moradinia*

Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Received: 2020.10.16 Accepted: 2021.08.30

Abdolahpoor Salari, P. and Fard Moradinia, S., 2022. Study of the effects of sludge discharge from water treatment plants to the municipal wastewater network and its effect on the wastewater treatment process. Environmental Sciences. 19(4): 67-84.

Introduction: Today, with the development of water treatment plants, sludge management has become one of the most important environmental issues that can be both a threat and an opportunity. Therefore, due to the increasing development of water treatment plants in the country and the production of a significant amount of sludge, it is necessary to take measures.

Material and methods: In this research, cationic polyelectrolyte and anionic polyelectrolyte of industrial grade from Basf company, Germany, polyaluminum chloride (AL_2 (OH) $_n$ CL_6) with industrial grade from Chinese company, ferric chloride ($FeCl_3$) in industrial grade from Fanavaran Aria Mehvar company, ferric chloride ($FeCl_3$) in industrial grade from Merc Germany, and aluminum sulfate ($Al_2(SO_4)_3$) in industrial grade from Kimia Exir were purchased and used. The jar test was used to determine the appropriate type and amount of coagulants. In this experiment, sixglass containers and a stirrer were used to stir the contents of all the containers at the same time. One liter of the sample with pre-determined turbidity was added to each container. First, the mixer was set to a high speed of 200 rpm. Then for each coagulant, a certain range of it is added to the dishes at the same time and was mixed at 200 rpm for one minute. In the next step, the stirrer was placed on a slow speed of 20 rpm for 15 minutes, and finally the solutions were allowed to settle for 30 seconds and the turbidity of the top layer was measured. To compare sedimentation by coagulant and flocculant, 2% (w/v) of coagulant and flocculant were prepared and equal volume of each one was added to the sludge sample from Maragheh water treatment plant to improve the performance of materials in acidic and alkaline environments. By creating acidic and equal alkaline environments for all samples, half-hour sedimentation was measured. To

* Corresponding Author: *Email Address*. fardmoradinia@iaut.ac.ir

observe more sedimentation and compare the samples, 1-, 2- and 3-hour sedimentation was also measured. In the last experiment, which was performed without coagulant and it was done just by raising the Tss and mixing with the sewage sludge, more settling time was given and a very good result was obtained. Maragheh city is one of the environs of Tabriz. In this research, it was necessary to select an area which firstly had a water treatment plant and secondly had a wastewater treatment plant, which was possible in Maragheh city. Maragheh water treatment plant is located next to Sufi River dam and coagulant materials are used to treat drinking water in this city. The wastewater treatment plant of this city has two phases, which according to our need for the first settling sludge to increase the TSS, the first phase of this treatment plant was sampled and tested.

Results and discussion: In this study, the methods of reducing sludge from water coagulation using various coagulants and flocculants and changing their ratio in acidic and alkaline environments were evaluated. Also, coagulation of sludge from water treatment plants by raising TSS was investigated using initial sewage sludge containing detachable municipal wastewater solids. We also tried to evaluate the volume of sludge produced, the amount of ion removal, and the amount of residual ions by selecting different coagulants and changing their ratios. In the experiment related to the mixture of sludge from the water treatment plant and sludge from initial sedimentation of sanitary wastewater treatment plant, ideal results were obtained so that the coagulation volume reached more than 50% and with increasing retention time, this efficiency increased by more than 70%. For 5 hours, the amount of sediment was only 80 ml, and 420 units had been deposited. The gelatinous sludge in the water treatment sludge, which is due to aluminum hydroxides and compounds of other coagulants with sludge, makes further dehydration impossible, and despite the increase in coagulant and the use of other coagulants, no good dewatering was performed. In order to obtain better results experiments were performed in acidic and alkaline environments to examine the extent of sludge reduction. In practice, in these environments, good results were not obtained and setteling failed , such as in neutral medium experiments,

Conclusion: According to the results of the experiments, it can be concluded that without any cost of materials, by giving time for settling, mixing the two types of sludge and using a variety of sludge drying methods, dewatering of this jelly sludge is possible. If this is done, surface water pollution will be prevented and the problem of disposing of this sludge will be practically eliminated.

Keywords: Coagulants, Sedimented sludge, Jar test, Maragheh water treatment plant.