دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال دهم، شماره‌ی ۳۸
بهار ۱۳۹۸، صفحات ۳۷-۳۱

بررسی تولید پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم و کاربرد آن در تصفیه آب و مقایسه آن با سایر مواد منعقد کننده‌ها

مرتضی قلی‌زاده
گروه مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
Email: m.gholizadeh@tabrizu.ac.ir

چکیده

با توجه به اهمیت آب در زندگی و همچنین مسائل محیط زیستی، تصفیه آن از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. به‌طورکلی در تصفیه آب و فاضلاب از روش‌های مختلفی از جمله ته نشینی و فیلتراسیون و روش‌های بیولوژیکی استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین روش‌های تصفیه آب و فاضلاب، منعقدسازی مواد زائد موجود در آب بوسیله منعقد کننده‌ها می‌باشد. عموما عمل رسوب‌دهی توسط نیروی جاذبه انجام می‌شود. منتها در این میان می‌توان از روش‌هایی(افزودن مواد منعقدکننده) برای افزایش سرعت رسوب‌دهی استفاده کرد. مواد منعقدکننده دارای انواع مختلفی می‌باشند که عبارتند از: منعقدکننده‌های غیر آلی(معدنی)، منعقدکننده‌های آلی سنتزی، منعقد کننده‌های طبیعی. در این پژوهش از منعقدکننده‌های معدنی همچون پلی‌کلرور آلومینیوم و پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم و کلرور آهن و سولفات آلومینیوم استفاده شده است. پلی کلرور سولفات آلومینیوم در مقایسه با دیگر تصفیه‌کننده‌های غیر آلی دارای ویژگی‌هایی همچون میزان مصرف کم‌تر، تولید لجن کم‌تر، ته‌نشینی سریع می‌باشد. بخاطر همین در این تحقیق روش ساخت ماده مذکور بحث شده و همچنین میزان رسوب دهی منعقدکننده‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن زمان ثابت ته نشینی (۹۰دقیقه)، میزان رسوب‌دهی بر اساس افزایش غلظت مواد منعقد کننده (تا یک میزان حدی) افزایش می‌یابد. همچنین در غلظت ثابت مواد منعقدکننده میزان رسوب دهی پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم بیش‌تر از سایر موارد می‌باشد.

کلیدواژه: تصفیه، منعقدسازی، پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم، پلی کلرور آلومینیوم، کلرور آهن، سولفات آلومینیوم.

مقدمه

از آن‌جا که آب یکی از مهم‌ترین و بهترین حلال‌هاست، معمولا به طور خالص در طبیعت یافت نمی‌شود. حتی آب حاصل از میعان بخارات آب موجود در هوا، در موقع باریدن مقداری گرد و خاک، اکسیژن، دی اکسیدکربن و دیگر گازها را در خود حل می‌کند.

در روی سطح زمین نیز مقداری از مواد معدنی را در خود حل می‌کند لذا آب مصرفی چه آشامیدنی و چه صنعتی معمولا نیاز به تصفیه دارد. همچنین فاضلاب‌های خانگی و صنعتی مهم‌ترین آلوده‌کننده‌های محیط می‌باشند که در صورت تصفیه آن‌ها ضمن برطرف کردن آلودگی محیط زیست می‌توان از آب حاصله در کشاورزی و صنعت استفاده کرد.

برای حذف ناخالصی‌های آب، از عملیات‌های مختلفی از جمله فیلتراسیون و منعقدسازی استفاده می‌شود. مهم‌ترین ناخالصی‌ها مواد جامد می‌باشد که به سه صورت معلق (اندازه‌های ذرات در حد چند سانتی‌متر)، کلوئیدی(میکرو و نانومتر در حداقل یکی از ابعاد) و محلول(چند انگستروم) وجود دارند. هر چند ذرات موجود در آب ریزتر باشند برای حذف آن‌ها احتیاج به روش‌ها و دستگاه‌های پیچیده-تری است.

ذرات با ابعاد بزرگ‌تر از سانتی‌متر را می‌توان با صفحات مشبک و توری حذف کرد. برای حذف ذرات ریزتر باید با توجه به تمایل ذرات به ته نشینی، شناوری یا تعلیق روش مناسب را انتخاب کرد [۲-۱].

اگر اجازه داده شود که ذرات به طور طبیعی ته نشین یا شناور شوند ممکن است که چندین ماه و حتی سال طول بکشد. این در حالی است که زمان بیش از چند ساعت برای جداسازی از لحاظ مهندسی قابل قبول نیست.

بطور کلی عمل رسوب‌دهی توسط نیروی جاذبه انجام می-شود. منتها در این میان می‌توان از روش‌هایی برای افزایش سرعت رسوب‌دهی استفاده کرد. در واقع برای رسوب‌دهی بهتر بایستی به طریقی پایداری ذرات معلق را کاهش داد. برای اینکار از منعقدکننده‌ها استفاده می‌شود. در این پژوهش از منعقدکننده‌های معدنی همچون پلی‌کلرور سولفات‌آلومینیوم، پلی‌کلرور آلومینیوم، کلرور آهن، سولفات آلومینیوم استفاده شده است [۴-۳].

منتها هدف مقایسه زمان وکیفیت رسوب‌دهی این مواد بوده است. طبق مراجع موجود پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم بهترین شرایط را برای منعدسازی دارا می‌باشد [۱۰-۹]. بنابراین این ماده ابتدا در آزمایشگاه تهیه شده و سپس زمان ته نشینی مواد و کیفیت رسوب‌دهی مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

روش‌های متعددی برای تولید پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم در مقالات و کتاب‌های مرجع ارائه شده است که به طور کلی می‌توان به مواردی همچون اکسایش فلز آلومینیوم بوسیله اسید هیدروکلریک کم‌تر از مقدار والانس، برداشت قسمتی از کلراید موجود در کلراید آلومینیوم از طریق عبور دادن محلول از غشای تعویض یون، اکسایش هیدرواکسید آلومینیوم فعال بوسیله اسید هیدروکلریک و یا اسید نیتریک، خنثی کردن نمک آلومینیوم بوسیله یک قلیا، اکسایش هیدرواکسید آلومینیوم بوسیله قلیای آلومینات و دی اکسید کربن و یا دی اکسید سولفور و انحلال دوباره آن در اسید هیدروکلریک، فرسایش ماده‌ای شامل آلومینیوم در مخلوطی از اسید سولفوریک و اسید هیدروکلریک و جداسازی یون‌های سولفات کمپلکس نشده از طریق رسوب دادن آن‌ها، واکنش نمک آلومینیوم و آلومینات قلیا با یک اسید تک عاملی اشاره کرد.

مراحل بکار رفته در آزمایشگاه برای تولید پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم بدین صورت می‌باشد که ابتدا واکنش-های اولیه که کلرور سولفات آلومینیوم پایه با قدرت بازی کم تهیه می‌شود انجام می‌شود.

در این واکنش‌ها، سولفات کمپلکس نشده توسط یک قلیای محلول به نمک سولفات نامحلول تبدیل می‌شود. مرحله دوم جداسازی ذرات جامد رسوب‌شده در مرحله اول (هیدروکسید آلومینیوم، سولفات فلز قلیایی خاکی،

سولفات آلومینیوم بازی، پلی سولفات آلومینیوم) خواهد بود. واکنش مرحله دوم که در آن قدرت بازی کلرور سولفات آلومینیوم پایه افزوده شده و پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم تهیه می‌شود. مرحله بعد کریستالیزاسیون می‌باشد که با زمان‌دهی مناسب این کار صورت می‌گردد [۶-۵-۴].

مهم‌ترین قسمت این مراحل، انجام واکنش‌های تهیه کلرور سولفات آلومینیوم پایه می‌باشد. این واکنش‌ها در یک راکتور صورت می‌گیرد.

راکتور مجهز به همزن و جداکننده کف می‌باشد. ماکزیمم فشار مجاز نیز ۲ بار می‌باشد. افزایش فشار و دمای زیاد موجب ایجاد محصولات جانبی می‌گردد. راکتور ممکن است اتوکلاو باشد که به صورت دو جداره و با روکش شیشه‌ای است.

همچنین راکتور شامل یک همزن می‌باشد که به منظور جلوگیری از ته‌نشینی ذرات بکار می‌رود. برای تبادل حرارت نیز راکتور دارای ژاکت می‌باشد.

در صورت کارکرد صحیح همزن و سرعت تزریق معمولا مقدار کمی ذرات رسوب در خروجی راکتور خواهیم داشت.

با توجه به میزان ذرات جامد و اندازه آن‌ها و شرایط آن‌ها نوع جداسازی انتخاب می‌گردد. در ازمایشات انجام شده معمولا از فیلتراسیون استفاده شده است ولی در صورت لزوم از روش ته نشینی نیز استفاده شده است.

مرحله بعدی تولید پلی کلرورسولفات آلومینیوم می‌باشد. در این واکنش قدرت بازی کلرورسولفات آلومینیوم بالا رفته و پلی‌کلرورسولفات آلومینیوم تشکیل می‌شود. واکنش این مرحله بسیار سریع بوده و ترجیحا به صورت نیمه پیوسته صورت می‌گیرد. همچنین محصول در این مرحله یک امولسیون پایدار می‌باشد.

این واکنش‌ها در راکتور دیگری انجام می‌گیرد که همانند راکتور اول می‌باشد منتها بسته شرایط عملیاتی ممکن است نوع همزن آن متفاوت باشد.

مرحله بعدی کریستالیزاسیون می‌باشد. در این مرحله با زمان دهی مناسب می‌توان به محصول مورد نظر دست یافت [۷-۶-۵].

مرحله بعدی تست مواد مختلف بکار رفته بعنوان منعقد کننده در ایران و ماده مورد نظر ساخته شده می‌باشد.

بطور کلی غلظت کل مواد معلق در آب و قلیاییت آب مورد نظر و PH محیط عوامل موثر در منعقدسازی می‌باشد. در آزمایشات انجام شده کلیه موارد ذکر شده ثابت در نظر گرفته شده تا بتوان مقایسه ای بین منعقد کننده های مختلف انجام داد [۱۰-۹-۷].

در این قسمت از چهار نمونه منعقد کننده (پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم و پلی کلرور آلومینیوم و سولفات آلومینیوم و کلرور آهنIII) استفاده شده است.

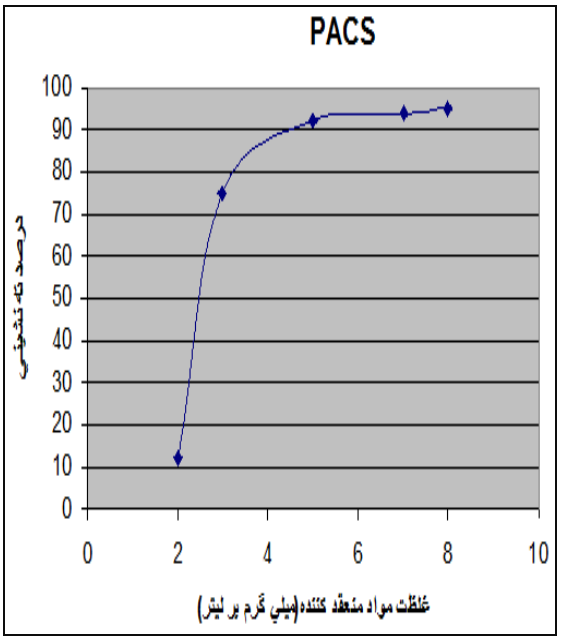
ابتدا با در نظر گرفتن زمان ثابت، میزان تغییرات رسوب-دهی بر اساس تغییرات غلظت مواد منعقدکننده اندازه گرفته شده است.

سپس با ثابت نگهداشتن غلظت ثابت مواد منعقدکننده در زمان‌های مختلف درصد رسوب بررسی شده است [۱۰-۹].

بحث و نتایج

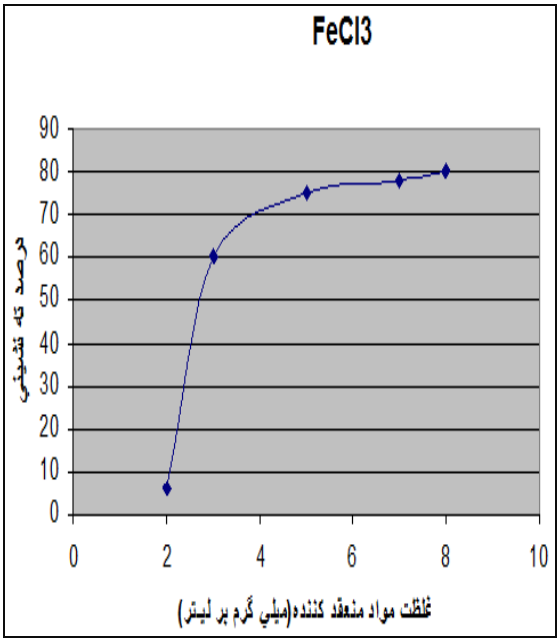
به منظور اینکه بتوان مقایسه‌ای بین منعقد کننده‌ها انجام داد ابتدا زمان در آزمایشات ثابت نگه داشته شده (۹۰ دقیقه) و در عوض میزان غلظت منعقد کننده‌ها تغییر داده شده است. برای این منظور ۵ غلظت ۲و۳ و۵ و۷و۸ میلی‌گرم بر لیتر مورد آزمایش قرار داده شده است. نمودارهای بدست آمده به صورت زیر می‌باشد:

- پلی کلرور سولفات آلومینیوم (PACS)



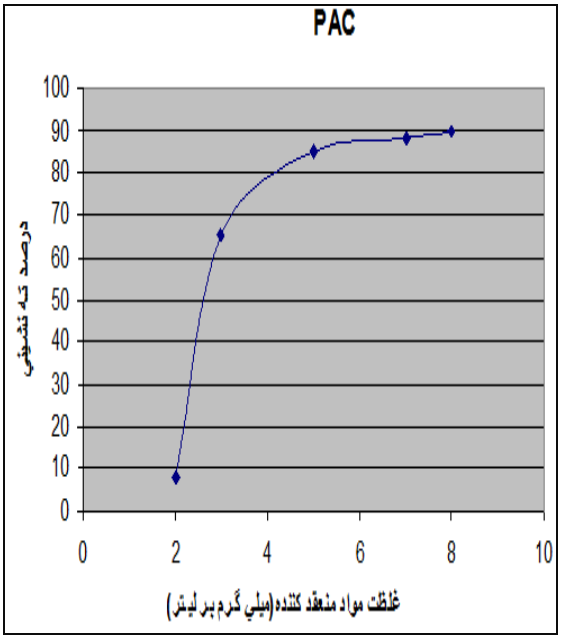
نمودار ۱: سرعت ته نشینی مواد معلق در آب بر حسب افزایش غلظت PACS

- کلرور آهن(III)



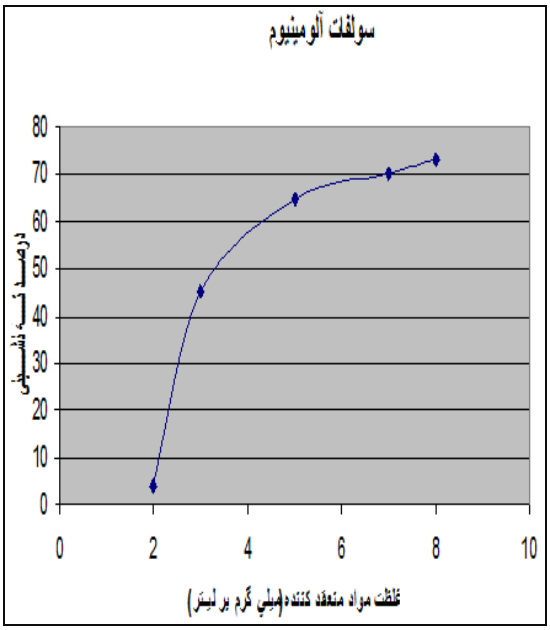
نمودار۳: سرعت ته نشینی مواد معلق در آب بر حسب افزایش غلظت $FeCl_3$

- پلی کلرور آلومینیوم (PAC)



نمودار ۲: سرعت ته نشینی مواد معلق در آب بر حسب افزایش غلظت PAC

- سولفات آلومینیوم



نمودار ۴: سرعت ته نشینی مواد معلق در آب بر حسب افزایش غلظت سولفات آلومینیوم

نمودارهای فوق بصورت یک جدول در زیر ارائه شده است:

جدول۱- میزان افزایش درصد ته نشینی بر حسب افزایش غلظت مواد منعقد کننده

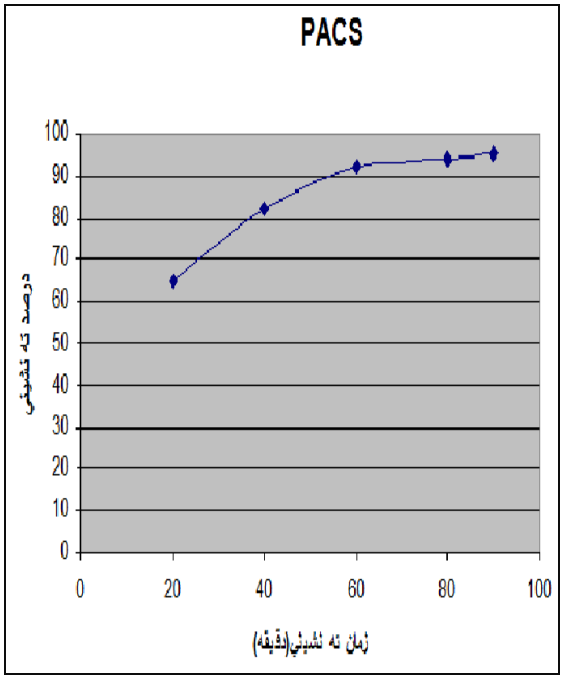
سولفات آلومینیوم	کلرور آهن	PAC	PACS	غلظت مواد منعقد کننده(میلی گرم بر لیتر)
	درصد ته نشین شدن مواد			
۴	۶	۸	۱۲	۲
۴۵	۶۰	۶۵	۷۵	۳
۶۵	۷۵	۸۵	۹۲	۵
۷۰	۷۸	۸۸	۹۴	۷
۷۳	۸۰	۹۰	۹۵	۸

از جدول بالا نتیجه می‌شود که اولا PACS دارای شرایط بهتری می‌باشد، ثانیا با افزایش میزان مواد منعقدکننده میزان انعقاد بالا می‌رود.

منتها این میزان تا یک حدی (۵ میلی‌گرم بر لیتر) تاثیر داشته و بعد از آن میزان افزایش غلظت تاثیر چندانی در سرعت ته نشینی نخواهد داشت و در حد ۲ تا ۳ درصد می‌باشد [۱۰-۹].

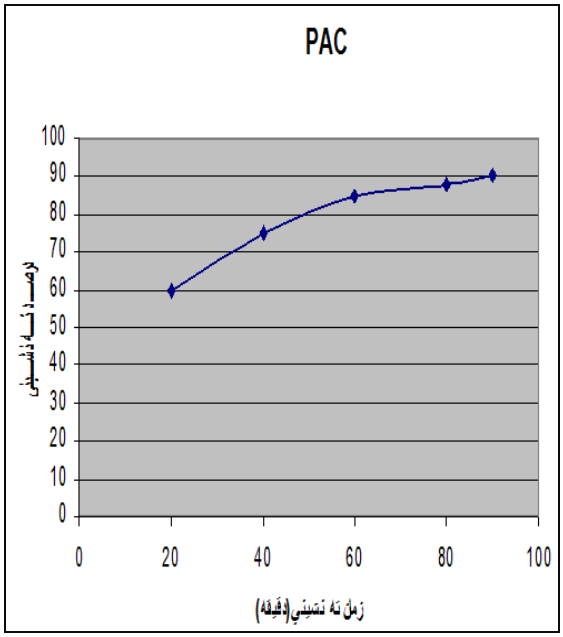
در قسمت دوم آزمایش، غلظت در ۵ میلی‌گرم بر لیتر ثابت نگهداشته می‌شود. بنابراین فقط میزان رسوب در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری می‌گردد که در نمودارهای زیر این مقادیر نشان داده شده است.

- پلی کلرور سولفات آلومینیوم (PACS)



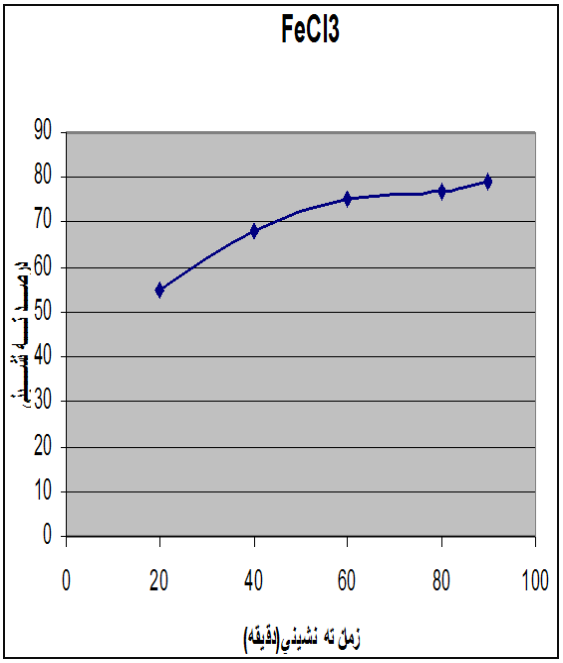
نمودار ۵: منحنی افزایش میزان رسوب برحسب افزایش زمان ته نشینی

- پلی کلرور آلومینیوم (PAC)



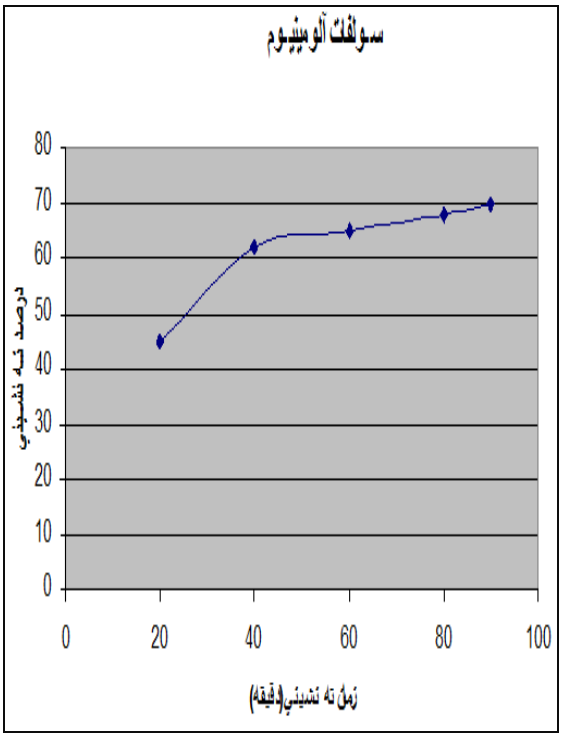
نمودار ۶: منحنی افزایش میزان رسوب برحسب افزایش زمان ته نشینی

-کلرور آهن(III)



نمودار ۷: منحنی افزایش میزان رسوب برحسب افزایش زمان ته نشینی

- سولفات آلومینیوم



نمودار۸ : منحنی افزایش میزان رسوب برحسب افزایش زمان ته نشینی

نمودارهای فوق بصورت یک جدول در زیر ارائه شده است:

جدول۲- درصد بازیافت مواد زائد موجود در آب بر حسب افزایش زمان ته نشینی

زمان ته نشینی(دقیقه)	درصد بازیافت			
	PACS	PAC	$FeCl_3$	سولفات آلومینیوم
۲۰	۶۵	۶۰	۵۵	۴۵
۴۰	۸۲	۷۵	۶۸	۶۲
۶۰	۹۲	۸۵	۷۵	۶۵
۸۰	۹۴	۸۸	۷۷	۶۸
۹۰	۹۵	۹۰	۷۹	۷۰

از اعداد بدست آمده مشاهده می‌گردد که پلی‌کلرور سولفات آلومینیوم دارای بهترین شرایط برای تصفیه آب می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش زمان ته نشینی بیش‌تر از ۶۰ دقیقه میزان رسوب‌دهی به مقدار خیلی کمی بالا می‌رود [۱۰-۹].

بنابراین با انتخاب یک پروسه مناسب برای تولید پلی کلرور سولفات آلومینیوم و استفاده آن در تصفیه آب می‌توان تحولی در صنعت تصفیه آب کشور ایجاد کرد.

منابع

[1] Gerhartz, W., 1985, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th Ed., VCH, Gerrmany.
[2] Othmer, k., 1978, Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Ed., John Wiley & Sons.
[3] Gao, B.Y., Q.Y. Yue, H.Yu, Y. Wang; Distribution of Aluminum specie & characteristics of structure of Poly-Aluminum-Chloride-Sulfate, J. Environ.
[4] Gao, B.Y., Q.Y. Yue., Wang, B.J., 2003, Electrophoretic nature and evaluation of Poly-Aluminum-Sulfate (PACS) as a coagulant for water and wastewater treatment, J.Environ.Sci., 38(5):897-907.
[5] Boisvert, J.P., T.C.TO,C. Jolicoeur., 1999, On the use of dead-end ultra-filtration for the study of the influence of sulfate and/or silicate on the Particle size distribution in concentrated and partially Pre-Hydrolyzed Al(III) Flocculants, J.of Membrane Science,153:143-154.
[6] Shen, Y.H., Dempsey, B.A., 1998, Synthesis and Speciation of Poly-Aluminum-Chloride for water treatment, Environmental International, Vol.24, No.8, 899910.
[7] Qu, J., Liu, H., 2004, Optimum condition for Al_{13} polymer formation in PAC preparation by electrolysis process, Chemosphere, 55:51-56.

[8] Jiang, J.Q. and Graham, Nigel, J.D., 2003, Development of Optical Poly-Aluminum-Iron Sulphate Coagulant [J]. J. Environmental Engineering, 129(8):699-708.
[9] Bao-yu, Gao, Qin-yue, and Bing-jian, Wang., 2003, Electrophoretic Nature and Evaluation of Poly-Aluminum-Chloride-Sulfate (PACS) as a Coagulant for water and Wastewater Treatment Environmental Engineering, Vol.A38, No. 5, pp897-907.
[10] Wenbin, L., Hongshan, H, and Jianguo, P., Application of Poly Aluminium Chloride In Shenzhen Water Supply. Qingyuan Water Purification Materials Ltd. Shenzhen 518013, P.R.CHINA.