بررسی اثر منعقدکننده‌های پلی آلومینیم کلراید (PAC) و آلوم: در شرایط مختلف دوزهای منعقدکننده ها، pH و دما روی حذف کدورت

احمدعباسی[۱]، هجیر کریمی[۲]، بیژن هنرور[3]

۱-پتروشیمی رازی mrabbasi89@yahoo.com

۲- استاد یار، گروه مهندسی شیمی، عضو هیئت علمی دانشگاه دولتی یاسوج hakar@yu.ac.ir

۳- استاد یار، گروه مهندسی شیمی، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس Honarvar2@gmail.com

چکیده

در این مقاله دو منعقدکنند های پلی آلومینیم کلراید (PAC) و آلوم در این تحقیق استفاده شده است.بررسی اثر دوز های مختلف منعقد کنندها، دماها و pH ها روی حذف کدورت، برای بدست آوردن تاثیر آنها روی فرآیند زلال سازی بود. .و برای بدست آوردن تاثیر این پارامترها روی شرایط عملیاتی بهینه فرآیند تصفیه آب رودخانه کارون به عنوان منبع آب شهری با کدورت NTU ۱۰۰-۲۷ بررسی گردید.تاثیر پارامتر های دوز منعقد کننده ها، دماها، pH ها روی فرآیند زلال سازی توسط آزمایش های جار صورت گرفت و کدورت، pH، EC، از نمونه ها بوسیله pH متر و EC متر برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی، و حذف کدورت به عنوان مهمترین عامل جهت بررسی اثر پارامترهای دوز منعقد کننده ها، دماها وpH ها روی فرآیند زلال سازی انجام گردید. در شرایط مشابه، نتایج جارتست نشان می دهد که PAC عملکرد بهتری در کاهش کدورت و تغییرات pH کمتری نسبت به آلوم داشت.کاهش کدورت با دوزمنعقد کننده ارتباط معکوس ضعیفی داشت.دوز بهینه PAC و آلوم به ترتیب mg/l ۷ و ۱۰، pH بهینه ۸ و۷ می باشد و با افزایش دما کدورت کاهش یافته که PAC در دماهای بالا و پایین نتایج بهتری نسبت به آلوم داشت.در شرایط یکسان غلظت یون آلومینیوم باقیمانده با مصرف PAC،در مقایسه با آلوم،کاهش می یابد.با توجه به نتایج بدست آمده،PAC عملکرد بهتری در مقایسه با آلوم در انعقاد سازی تصفیه آب رود خانه کارون اهواز در شرایط دوز منعقد کننده ها،دماها و pHها دارد.

واژه های کلیدی: ق‌ادس‌از‌ی‌پ‌ل‌ی‌آل‌و‌ف‌ی‌و‌ک‌ل‌ر‌ای‌د،آل‌و‌م‌ک‌د‌ورت

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت، ارتقا سطح زندگی، توسعه شهرنشینی و توسعه صنایع وکشاورزی از جمله عواملی هستند که افزایش مصرف آب و تولید فاضلاب دراجتماعات را باعث شده و موجب آلودگی محیط زیست می شوند[۱].

منابع آب طبیعی اغلب حاوی ناخالصی های محلول و معلق متعددی می باشند. ذرات درشت معلق درآب، مانند شن وماسه به صورت واحدهای کوچک مجزا به سادگی در پروسه های فیلتراسیون و ته نشینی از آب حذف می گردند. [۲]. برای حذف کلوئیدها باید ذرات مجرای کلوئید با هم مجتمع و از نظر اندازه بزرگ شوند. برای این کار می توان از مواد شیمیایی استفاده کرد. این مواد نیروهایی را که موجب پایداری ذرات کلوئیدی می شوند خنثی می کنند. به فرآیند ناپایدارسازی ذرات کلوئیدی انعقاد شیمیایی می گویند . سپس به ذرات ناپایدار شده در حالی که به آرامی به هم زده می شود زمان داده می شود تا لخته ها ایجاد شوند که به این عمل لخته سازی می گویند[۳].

وجود عوامل کدو رت زا در آب باعث می شود که در مرحله گندزدایی میزان مصرف کلر که بالا بوده و از طرفی بدلیل عدم حذف ذرات و مواد آلی از آب با افزایش کلر یکسری ترکیبات مضر سرطانزا بوجود می آید[۴].و همچنین چنان رخداد هایی مورد تاکید است که پاتوژن ها ودیگر ارگانیسم هامی توانند در مقابل فعالیت UV وضدعفونی شیمیایی بوسیله گیرانداختن(attachment(ویا حبس کردن در ذرات(enmeshment(دوام ناپذیر حاضر در آب محافظت شده باشند[۷].اندازه ذرات کلوئیدی موجود درآب بین۱ تا۰,۰۰۱ میکرون می باشد. این در حالیست که سرعت ته نشینی خود به خودی ذره ای باقطر۰,۱میکرون، ۳متر در یک میلیون سال است. لذا فرآیند صاف سازی آب بدون استفاده از موادی که سرعت ته نشینی ذرات کلوئید را افزایش دهد غیرممکن می نماید[۲]. بطور کلی مواد ایجاد کننده کدورت شامل خاک رس،سیلت، ویروس، باکتری، اسیدهای فولویک و هیومیک،مواد معدنی نظیر آزبست، سیلیکات و ذرات رادیواکتیو هستند .کدورت ضمن ایجاد ظاهری نامطلوب، می تواند پناهگاهی برای میکروارگانیسم ها درمقابل گندزدایی باشد.
تاریخچه استفاده از مواد منعقدکننده در تصفیه آب به منظور حذف کدورت بسیار طولانی است و به استفاده مصریان از آلوم در 2000 سال قبل از میلاد برمی گردد .سالها بعد در انگلست ان در سال 1767مردم عادی جهت زلالسازی آبهای گل آلود از این ماده

WWW.ABPSOLI.COM
ابنیه پایدار سبز

استفاده نمودند .در سال 1884 نیز اولین امتیاز فرایند انعقاد بوسیله پرکلرید آهن در شرکت نیواورلئان به ثبت رسید. حاصل تحولات یاد شده این بود که عمل انعقادبه عنوان پیش فرآیندی که فیلتراسیون را کامل خواهد کرد شناخته شد. طی فرآیند انعقاد از مواد منعقدکننده وکمک منعقدکننده مختلفی استفاده می شود . مواد منعقدکننده شامل موادی هستند که جهت ناپایدارسازی ذرات و چسباندن آنها به یکدیگراستفاده می شوند. بطور معمول نمک های فلزی نظیر سولفات آلومینیوم (آلوم)، سولفات فریک، سولفات فرو، کلرید فریک و پلی آلومینیوم کلراید به عنوان منعقدکننده و ترکیباتی نظیر آلومینات سدیم، بنتونیت، سیلیکات سدیم(سیلیس فعال) و انواع پلی الکترولیت های کاتیونی، آنیونی و غیریونی به عنوان کمک منعقدکننده در تصفیه آب جهت حذف کدورت مورد استفاده قرار می گیرند[۱].

ازمیان نمک های فلزی منعقد کننده،آلوم به عنوان قدیمی ترین و معمولی ترین منعقدکننده کاربرد فراوانی داشته است.اما با انحلال این نمک فلزی،مقداری یون آلومینیوم به آب آشامیدنی وارد می شود[۲].این در حالیست که در سالهای اخیر مصرف خوراکی آلومینیوم درآب،مشکوک به عامل تقویت کننده ریسک مبتلا به آلزایمر شناخته شده است[۵،۲].

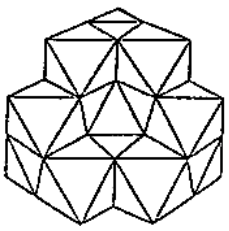
۱-۱ شیمی پلی آلومینیوم کلراید (PAC)

یک ماکرو مولکول معدنی است که دارای ساختار پلیمری به فرمول عمومی زیر می باشد:

$$X\sim 1-(\quad [AL_2(OH)_{6-X}CL_X.YH2O]Z \quad)Z<15،5$$

در مولکول های پلی آلومینیوم کلراید،آلومینیوم به صورت پلیمری شامل عوامل هیدروکسید و کلراید و در بعضی ازآنها سولفات و نمک های معدنی مانند سدیم ،پتاسیم،کلسیم،منیزیم کلرایدها و غیره است که می تواند بر روی خواص آن تاثیر به سزایی داشته باشد.در مولکول پک بخش عمده آلومینیوم به شکل کمپلکس آلیگومری است که حاوی ۱۳کاتیون AL^{+3} می باشد و بار کلی کمپلکس 7+ می باشد.[۶].

$$AL_{12}(OH)_{24}ALO_4(H2O)_{12}]^{+7}$$



این ماده به شکل پودر زرد رنگی است که میزان AL_2O_3 آن بین 27تا 30 درصد می باشد.pH محلول یک درصد آن 3تا 5 بوده و در صورت هیدرولیز شدن در آب شارژ قوی کاتیونی به وجود می آورد PAC بعد از هیدرولیز شدن در آب بار مثبت بیشتری نسبت به آلوم تولید می کند و بنابراین انتظار می رود در خنثی ساز ی بار منفی ذرات کلوئیدی و مواد آلی موجود در آبها موثر باشد. محدوده عمل وسیع pH، حساسیت کمتر نسبت به حرارت، باقی گذاردن باقیمانده کمتر نسبت به منعقدکننده های فلزی دیگر، کاهش لجن تولیدی و سهولت آبگیری لجن از جمله مزایای پلی آلومینیوم کلراید است که افزایش مصرف آن را در تصفیه آب به دنبال داشته است. درکاربردهای عملی نشان داده شده است که PAC اثر منعقدکنندگی به مراتب ۳-۲ مرتبه بهتر از نمکهای آلومینیومی متداول دارد . از جمله مزایای PAC می توان به موارد زیر اشاره کرد:

به سرعت تشکیل فلوک می دهد در نتیجه به زمان کوتاهی برای واکنش و ته نشینی لازم دارد .با کاربرد یک دوز یکسان از منعقدکننده ها،کاهش pH ناشی از مصرفPAC نسبت به دیگر مواد منعقدکننده معدنی کمتر می باشد مخصوصا زمانی که آب خیلی کدر تصفیه می شود، نیاز به زمان کوتاهی برای تنظیم مقدار pH آب تصفیه شده می باشد[۱]. .مطالعه حاضر با هدف مقایسه کارایی PAC وآلوم در حذف کدورت درشرایط های مختلف غلظت های منعقد کننده ها ،pH و دما و تعیین شرایط بهینه عملیاتی با توجه به کیفیت آب در فصل تابستان در تصفیه خانه رود خانه اهواز به عنوان منبع آب آشامیدنی صورت گرفت.

- موادها و روشها

این مطالعه درمقیاس آزمایشگاهی در آزمایشگاه تصفیه خانه آب شماره 2 اهواز انجام پذیرفت . نمونه آب خام از ورودی به تصفیه خانه برداشت شد و بروی هریک از نمونه ها بعداز انتقال به آزمایشگاه، آزمایش های زیر به ترتیب اعمال گردید.

۱- تعیین میزان pH، کدورت،EC، TDSنمونه آب خام.

۲- pH بهینه ،pH نمونه ها در محدوده ۹ ،۸ ،۷،۵ ،۷ ،۶ ،۵ تنظیم شد وآزمایش جار بر روی نمونه آب خام انجام گرفت .تنظیم pH نمونه ها بااستفاده از اسیدکلریدریک وهیدروکسید سدیم ۰،۰۲ نرمال صورت پذیرفت.

۳- برای تعیین دوز بهینه PAC، از غلظت های ۲۰ ،۱۵ ،۱۰ ،۷ ،۵ ،۳ میلی گرم در لیتر استفاده شد.(با توجه به کیفیت آب فصلی،فصل تابستان)

۴- برای تعیین اثردما، دمای نمونه ها در دماهای ۴۰ ،۳۵ ،۲۵ ،۱۵ ،۱۰ ،۵ درجه سانتیگراد تنظیم شد.

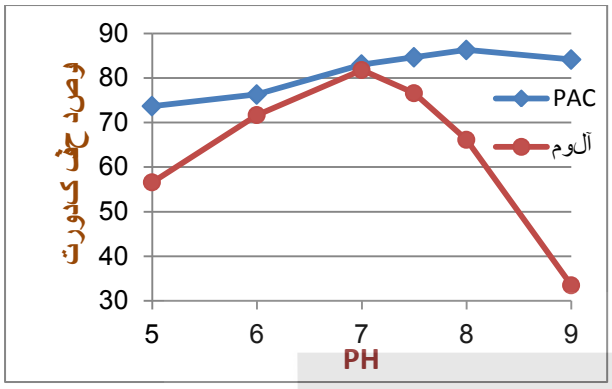
۵.برای تعیین اثر هر کدام از متغییرها(دما،...)هر کدام از متغییرها را جدا گانه بررسی کرده و بعد در شرایط بهینه یک متغییر،اثر پارامتر دیگری را بدست آورده شده است. همچنین برای اثر این پارامترها روی لخته های (فلاک های) ته نشین شده،این لخته ها (فلاک ها) جمع آوری گردید.

در این آزمایش از دستگاه جارمارک VELP مدل JLT6 استفاده گردید .عمل اختلا ط سریع (انعقاد) با سرعت ۱۴۰rpm به مدت ۱دقیقه و اختلاط کند (لخته سازی) با سرعت ۶۰rpm به مدت ۱۱ دقیقه و۴۵ rpm به مدت ۴ دقیقه صورت گرفت. پس از پایان عمل اختلاط آرام، نمونه برای مدت ۳۰ دقیقه جهت ته نشینی در شرایط سکون نگه داشته شد .سپس از2 سانتیمتری زیر سطح آب درون بشرهای جارتست با استفاده از پیپت اقدام به نمونه گیری جهت آزمایشات شد برای تعیین کدورت نمونه ها از کدورت سنج مدل HACH 2100N وpH با pH متر مدل WTW وهمچنین غلظت یون آلومینیوم باقیمانده با اسپکتروفوتومتر HACH DR-500 با اریوکروم سیانین R اندازه گیری شد.در پایان هر مرحله تاثیر هر پارامتر در حذف کدورت بررسی شد و ونمودارهای مربوطه بااستفاده از نرم افزار Excel ترسیم شد. همچنین برای اثر دما و pH با PAC روی لخته های (فلاک های) ته نشین شده،با انتقال این لخته ها (فلاک ها) به روی کاغذ صافی(۰,۴۵µm millipore mA) و با استفاده از میکروسکوپ نوری OLYMPUS از نوع Invert از نمونه ها عکسبرداری شد و با استفاده از نرم افزار Image j این لخته ها (فلاک ها) آنالیز شد.

۳-نتایج

۳-۱ تاثیر pH برروی حذف کدورت

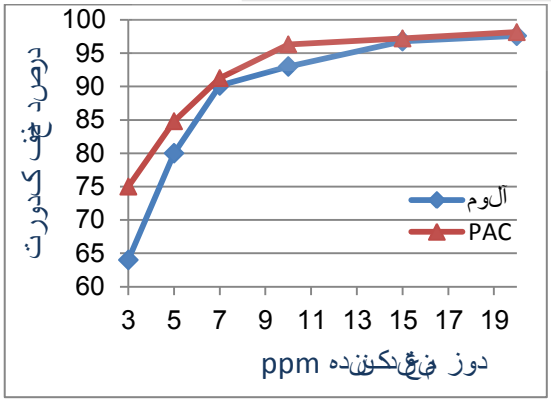
از جمله عوامل موثر برروی عملکرد منعقدکننده،pH نمونه می باشد. با افزایش pH نمونه، میزان درصدحذف کدورت بیشتر می شود وبه طوری که مشاهده می شود بیشترین حذف کدورت (با دوز5ppm) درpH=۸ برایPAC معادل ۸۶,۳ درصد و برای آلوم درpH=۷ معادل ۸۱,۸ درصد می باشد.و بعد از یک pHبهینه می بینیم که درصد حذف کدورت آلوم کمتر می شود.که برای PAC بازه عملکرد بیشتر و نزدیک به pH آب را می بینیم.همچنین می بینیم که برای بازده حداکثری با آلوم باید pH آب تنظیم شود که از لحاظ صنعتی کاری مشکل است و مقرون به صرفه نیست.در نمودار۱ اثر pH را بر روی حذف کدورت نشان می دهد.در نمودار ۱ اثر pH بر روی درصد حذف کدورت را می بینیم.



نمودار1:اثر pH بر روی درصد حذف کدورت

۳-۲ تاثیرغلظت منعقد کننده برروی حذف کدورت

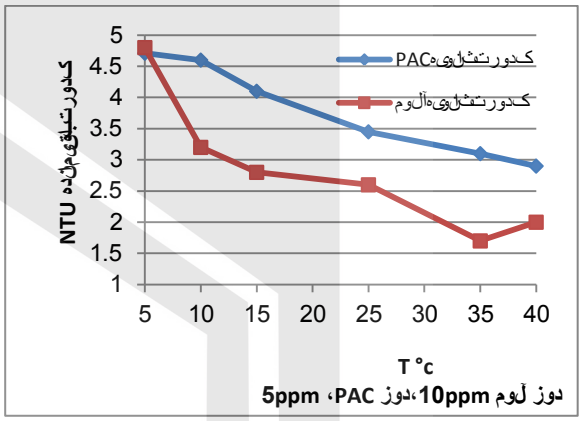
مکانیسم های حذف کدورت به غلظت ماده منعقدکننده بستگی دارد که در این شرایط مکانیسم غالب از نوع جذب سطحی یا جارویی یا ترکیبی از دو مکانیسم است .همانطور که مشاهده می شود نمودار ۲ اثر دوز منعقدکننده های PAC و آلوم بر روی حذف کدورت را نشان می دهند که با افزایش دوز منعقدکننده ، راندمان حذف کدورت افزایش می یابد و بطوریکه مشاهده میگردد راندمان حذف کدورت PAC نسبت به آلوم دوز مشابه بیشتر است. همانظور که می بینیم برای رسیدن به بالاترین درصد حذف کدورت با دوز بهینه آلوم،باید pH تنظیم گردد که از لحاظ صنعتی کاری است مشکل و مقرون به صرفه نمی باشد.



نمودار۲:اثر دوز منعقد کننده های بر روی درصد حذف کدورت

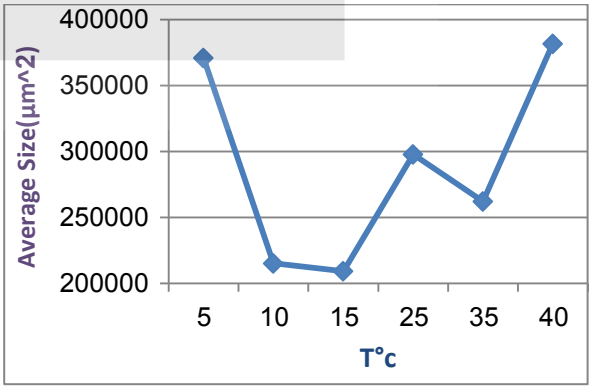
۳-۳ تاثیردما برروی عملکرد انعقاد

دما یکی از شرایط موثر بر انعقاد سازی است که با افزایش دما حذف کدورت بیشتر می شود البته تاثیر در حذف کدورت زیاد نبود ولی تاثیر روی زمان تشکیل لخته ها واندازه لخته ها محسوس بود،همچنانچه می بینیم هرچه دما بیشتر می شود برای PAC نسبت به آلوم حذف کدورت بیشتر می شود.در نمودار ۳ اثر دما بر روی حذف کدورت،برای هردو منعقد کننده مشاهده می گردد.و نمودار ۴ اثر دما را روی لخته های معلق نشان می دهد.این نتایج در شرایطی که دوز آلوم و دوز PAC دوز های بهینه بودند و همچنین pH نمونه ها در pH بهینه بود بدست آمد.



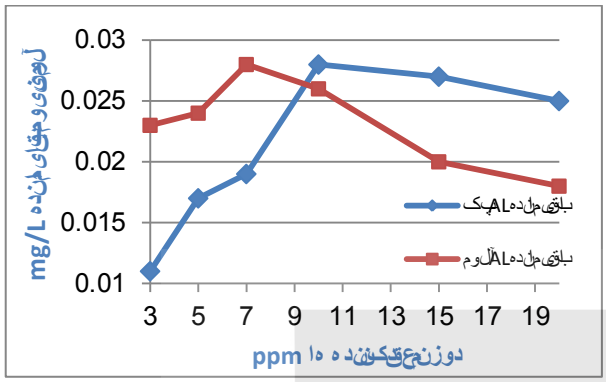
نمودار۳:اثر دما بر روی حذف کدورت

نمودار ۴ تاثیر دما را روی اندازه متوسط لخته های معلق نشان می دهد.همانطور که می بینیم در دماهای پایین و دماهای بالا اندازه لخته های تشکیل شده بیشتر سایر دماها می باشد و به طور کلی با افزایش دما،اندازه لخته های تشکیل شده بزرگتر می شود.



نمودار۴: تغییرات اندازه متوسط لخته ها (فلاک های معلق) PAC با دما

نمودار ۵ میزان غلظت باقیمانده یون آلومینیوم را پس از مصرف هر یک از دو منعقدکننده های پلی آلومینیوم کلراید و آلوم را نشان می دهد.



نمودار۵:مقایسه غلظت باقیمانده یون آلومینیوم پس از مصرف پلی آلومینیوم کلراید و آلوم

غلظت باقیمانده یون آلومینیوم با اسپکتوفتومتر به روش اریوکروم سیانین R اندازه گیری شد.همچنانکه مشاهده می شود غلظت باقیمانده یون آلومینیوم در شرایط دوز و pH بهینه برای PAC نسبت به آلوم کمتر می باشد.

۴-بحث ونتیجه گیری

با افزایش pH ،برای PAC کدورت نمونه ها کاهش یافته،ولی برای آلوم تا pH=7 کدورت کاهش یافته و بعد از آن کدورت افزایش می یابد.pH=۸ برای PAC و pH= ۷ برای آلوم،pH بهینه بود که در مقیاس کامل تنظیم pH برای آلوم مقرون به صرفه نیست و کاری مشکل می باشد.با افزایش pH فلاک های تشکیل شده برای PAC نسبت به آلوم درشت بود.در pHهای بالا(pH>۸) EC نمونه ها کاهش یافته بود.

دوزهای منعقد کننده ppm۳تا۲۰ برای هر دو منعقدکننده انتخاب شد که با افزایش دوز منعقد کننده،درصد حذف کدورت افزایش یافته بود.در دوز های مشابه PAC درصد حذف کدورت بیشتری نسبت به آلوم داشت.در دوز ppm۲۰ و pHهای بهینه،درصد حذف کدورت برای PAC برابر ۹۸,۱۵ و برای آلوم ۹۷,۶ بود.چون راندمان حذف کدورت در دوزهای بالا اختلاف چندانی با هم نداشتند و به خاطر سلامت مصرف کننده و از نظر اقتصادی دوزppm ۷ برای PAC و ppm۱۰ برای آلوم به عنوان دوز بهینه(در شرایط pHبهینه) انتخاب گردید.

با افزایش دما (در دوز و pH بهینه)کدورت نمونه ها کاهش یافته و تغییرات کدورت نمونه ها با دما برای PAC نسبت به آلوم تغییرات

کمتری داشت. همچنانکه مشاهده گردید با افزایش دما اندازه فلاک های ته نشین شده افزایش یافته و زمان تشکیل فلاک واندازه آنها برای PAC نسبت به آلوم به ترتیب سریع تر و درشت تر بود.

مقدار یون آلومینیوم باقیمانده ناشی از مصرف PAC در آب ته نشین شده آزمایش جار در دوزها و pHهای بهینه برای PAC،مقدار کمتری نسبت به آلوم داشت.

با بررسی اثر دما روی اندازه فلاک های تشکیل شده با PAC مشاهده گردید که در کمترین و بیشترین دما اندازه متوسط لخته های تشکیل شده بیشترین مقدار بود که عملکرد PAC را در این گستره نشان می دهد و با افزایش دما این اندازه افزایش یافته است..

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از راهنمایی های دکتر هجیر کریمی و دکتر هنرور و همکاری صمیمانه جناب آقای شمس و رئیسی و کارکنان آزمایشگاه و تصفیه خانه آب شماره ۲ اهواز سپاسگزاری می شود.

منابع

۱. تکدستان ا،میرزایی آ،علوی ن،سخاوت جو م.ص،"بررسی کارائی پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت،COD،باکتری های کلیفرم وباکتری های هتروترفیک از آب رودخانه کارون"،فصلنامه علمی-پژوهشی علوم بهداشتی،سال ۲، شماره ۲،۱۳۸۹.

۲. بنی هاشمی آ،علوی م.ر،مکنون ر،نیک آذر م،"کاربرد پلی آلومینیوم کلراید به عنوان جایگزین کلریدفریک وآلوم در حذف کدورت از آب تهران"،دهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران،دانشگاه سیستان و بلوچستان،۱۳۸۴.

۳. محوی ا.ح،شیخی ر،"کاربرد پلی آلومینیوم کلراید در تصفیه آب آشامیدنی آبادان"، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام،دوره چهاردهم، شماره دوم،۱۳۸۵.

۴. آقاپور ع.ا، محمدی بوینی ا، حسن زاده ی،"بررسی کارایی ماده منعقد کننده PACl در تصفیه آب رودخانه شهر چای ارومیه"، دوازدهمین همایش بهداشت محیط ایران،دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دانشکده بهداشت،۱۳۸۸.

۵. چالکش امیری م، اصول تصفیه آب،ویرایش جدید، انتشارات ارکان دانش، ۱۳۸۸.

۶. نجف پور س،امکان تهیه پلی آلومینیوم کلراید به صورت مایع و جامد در کشور،پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران آب،دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۳۸۷.

7. Arnold, Adam, evaluation and quantification of engineered flocs and drinking water treatability. *M.S Thesis*, University of Waterloo, Ontario, Canada, 2008.