بررسی اثر پیش ازن‌زنی بر حذف کربن آلی کل در تصفیه آبهای سطحی

علی ترابیان [۱] علی‌اصغر قدیم‌خانی [۲] عبدا... رشیدی مهرآبادی [۳] مهری شکوهی هرندی [۴] رسول جانبگلو [۵]

(دریافت ۸٤/۱۲/۱۰ پذیرش ۸۵/٤/۱)

چکیده

در تصفیه آب شرب، پیش ازن‌زنی اغلب برای کنترل میکرو ارگانیسم‌ها و مواد مولد طعم و بو به کار می‌رود که می‌تواند با پیش‌اکسیداسیون و جذب، باعث حذف مواد آلی شود. در این تحقیق با به کار بردن ماده آلی هیومیک صنعتی و طبیعی، اثر پیش ازن‌زنی به عنوان کمک منعقدکننده برای حذف کربن آلی کل بررسی شد. مطالعات به صورت آزمایشگاهی و آزمایش جار با pH متغیر، دوز متغیر منعقدکننده و غلظتهای متفاوت کربن آلی کل (TOC) یعنی ٤، ۸ و ۱۲ میلی‌گرم در لیتر انجام شد. همچنین دوز بهینه پیش ازن‌زنی تعیین گردید. نتایج نشان دادند که پیش ازن‌زنی بسته به غلظت TOC ورودی آبهای سطحی می‌تواند باعث بهبود انعقاد و لخته‌سازی شود. وقتی که کلرور فریک به عنوان منعقدکننده استفاده شد، پیش ازن‌زنی باعث کاهش کدورت و TOC آب ته‌نشینی در شرایط آزمایش گردید. همچنین نتایج نشان داد که پیش ازن‌زنی در TOC پایین (٤ میلی‌گرم در لیتر) نسبت به TOC بالا (۱۲میلی‌گرم در لیتر) بهتر عمل می‌کند. وقتی که از کلرور فریک به عنوان منعقدکننده استفاده گردید، دوز منعقدکننده مورد نیاز با افزایش TOC افزایش یافت. همچنین دوز خاص پیش ازن‌زنی تقریبا ۰/۵ میلی‌گرم بر هر میلی‌گرم TOC (که در تحقیق مقادیر ۲، ٤/۵ و ۵/۵ میلی‌گرم در لیتر به کار برده شد) به حذف TOC کمک کرد. در نهایت با توجه به اینکه اثر پیش ازن‌زنی بر واکنشهای منعقدکننده- ذرات- مواد آلی طبیعی پیچیده است، اثر پیش ازن‌زنی به عنوان منعقدکننده نمی‌تواند مشابه کاربرد اولیه آنها (پیش‌گندزدایی) مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: *پیش ازن‌زنی، TOC، منعقدکننده، کدورت، آبهای سطحی، پیش‌اکسیداسیون.*

Preozonation Effect on Total Organic Carbon Removal in Surface Water Treatment

Ali Torabian [1], Aliasghar Ghadimkhani [2], Abdollah Rashidi Mehrabadi[3]
Mehri Shokouhi Harandi[4], Rasoul Janbeglou[5]

(Received Mar. 1 , 2006 Accepted Jun. 22, 2006)

Abstract

In drinking water treatment, preozonation is often applied in order to control the microorganisms and taste and odor causing materials, which may influence organics removal by preoxidation and adsorption. Using commercial and natural water humic substances, the positive effect of preozonation as an aid to coagulation-flocculation of these compounds was confirmed by removal of TOC removal in Tehranpars Water Treatment Plant in Tehran. These experiments were conducted as bench-scale studies through a series of jar tests using different pH coagulant dosages and total organic carbon concentration of approximately 4, 8 and 12 mg/L. In addition to TOC removal, the existence of an optimum preozonation dose (OPZD) was also confirmed. Experiments show that preozonation can improve coagulation and flocculation depending on influent TOC concentration of raw water. The results demonstrate different effects of preozonation on removal of influent TOC. Preozonation showed a positive effect on a system with low influent TOC and very low molecular weight (noncolloidal) humic substances.

Keywords: *Preozonation, TOC, Coagulant, Turbidity, Surface Water, Preoxidation.*

۱- دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، atorabi@ut.ac.ir
۲- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران
۳- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعت آب و برق
٤- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران
۵- کارشناس پژوهشی دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

1- Associate Prof., Department of Environmental Eng., University of Tehran, atorabi@ut.ac.ir
2- M. Sc., Department of Environmental Eng., University of Tehran
3- Assistant Professor, Department of Civil Eng., Power and Water University of Technology
4- M.Sc, Department of Environmental Eng., Tehran University
5- Staff Member of Vice Chancellery for Research, Department of Environmental Eng., University of Tehran

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

آبهای‌سطحی حاوی مقادیر بسیار زیادی مواد آلی شامل ترکیبات هیومیک[1] و فولویک[2] هستند که باید در تصفیه، از آب جدا شوند؛ در غیر این صورت سبب به وجود آمدن ترکیبات جانبی می‌شوند که مخاطرات زیست‌محیطی بسیاری به همراه دارند. برای بالابردن مدت زمان راهبری فیلترها و کاهش رشد گیاهان آبزی در تصفیه، عمل پیش گندزدایی صورت می‌گیرد[۱].

در طی سالهای ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰، مسئله استفاده از پساب حاصل از تصفیه فاضلاب به منظور تزریق به آبهای زیرزمینی و مصرف مجدد آن مطرح گردید و انعقاد و لخته‌سازی به عنوان یک فرآیند مؤثر در کاهش مواد آلی و آلاینده‌های دیگر از قبیل فلزات، ویروس‌ها و فسفات پیشنهاد شد و تحقیقاتی توسط مانکال[3] و رب هان[4] (۱۹۸۲) جهت شناسایی مواد آلی قابل حذف توسط فرآیند انعقاد صورت گرفت [۲].

در مطالعاتی که توسط سیمنس[5] و باب کوک[6] و سینگر[7] در زمینه انعقاد صورت گرفت، اطلاعات مهمی در ارتباط با پتانسیل این فرآیند برای حذف پیش‌ساز تری هالومتان‌ها ارائه گردید و مشخص شد که آلوم[8] در دوز ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در محدودهٔ pH ۵ تا ۵/۵ در حذف ۶۵ درصد از پیش‌ساز تری‌هالومتان‌ها مؤثر می‌باشد [۳].

ادواردز و بنجامین[9] در مطالعاتشان به بررسی اثر پیش ازن‌زنی بر واکنش بین منعقدکننده و کل ترکیبات آلی (مواد آلی طبیعی) پرداخته و به این نتیجه رسیدند که افزایش دوز ازن موجب افزایش باقیمانده‌های فلزی، هم در منعقدکننده‌های آهن و هم در منعقدکننده‌های آلومینیوم می‌گردد. به عبارتی با افزایش دوز ماده منعقدکننده، پتانسیل زتا[10] افزایش می‌یابد (منفی‌تر می‌شود) و در نهایت باقیمانده‌های فلزی کمتری حذف می‌شود[۴].

تحقیقات دیگر حاکی از آن است که حذف کربن آلی کل با افزایش دوز ازن در دوزهای بسیار بالا و پایین منعقدکننده، اندکی افزایش می‌یابد ولی در دوزهای متوسط منعقدکننده روند حذف کاهش می‌یابد[۵].

ادواردز و بنجامین به این نتیجه رسیدند که در pH ثابت، دوز منعقدکننده‌های نمکهای فلزی موردنیاز برای حذف بهینه ذرات در حضور مواد آلی طبیعی با افزایش دوز ازن افزایش می‌یابد. اما، برای منعقدکننده‌های پلیمرهای آلی عکس قضیه صادق است[۴].

بکر[11] طی مطالعاتی، اثر ازن زنی را بر آب شبیه‌سازی شده و آب طبیعی بررسی کرده است. بیشتر این کارها با استفاده از دوز بهینه آلوم مورد نیاز برای تصفیه مناسب و در کدورت ته‌نشینی افزایش یافته انجام شده است. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد، وقتی پلیمر به تنهایی و یا به صورت ترکیب پلیمر- آلوم به عنوان منعقدکننده استفاده می‌شود، میکروفیلتراسیون (که با استفاده از کاهش دوز بهینه منعقدکننده اندازه‌گیری می‌شود) اتفاق نمی‌افتد؛ ولی کاهش دوز بهینه منعقدکننده باعث می‌شود که کربن آلی محلول در آب فیلتر شده بالا رود. مطالعات مختلف اخیر بر واکنش مواد آلی طبیعی و منعقدکننده‌ها با ازن‌زنی تمرکز کرده‌اند. این محققان دنبال این بودند که پدیده مقدار بهینه پیش ازن زنی را از این زاویه بررسی کنند که ازن‌زنی چه تأثیری بر مواد آلی طبیعی دارد و اینکه در مراحل بعدی، مواد آلی طبیعی اکسید شده با انواع منعقدکننده چطور واکنش می‌دهد[۶].

اورن و همکارانش[12] به این نتیجه رسیدند که وقتی پلیمرها به تنهایی با آب پیش ازن‌زنی شده استفاده می‌شدند، دوز پلیمر مورد نیاز برای رسیدن به کدورت پایین آب ته‌نشین شده کاهش می‌یافت. آنها اثر ازن را به صورت کاهش پلیمر موردنیاز مواد آلی طبیعی آب خام تفسیر و بیان کردند که پیش ازن زنی باعث کاهش دوز پلیمر مورد نیاز برای ناپایداری ذرات معدنی و مواد آلی طبیعی ته‌نشین یافته، می‌شود. از آنجایی که پیش‌ازن‌زنی کدورت آب ته‌نشین یافته را کاهش می‌دهد، کربن آلی محلول در آب ته‌نشینی را نیز افزایش می‌دهد[۷].

در موضوعات مشابه بالا، ادواردز و همکارانش به صورت آزمایشگاهی واکنش بین ازن و منعقدکننده‌ها را در حذف مواد آلی در دو حالت استفاده از منعقدکننده به تنهایی و یا به همراه پیش اکسیداسیون مورد بررسی قرار دادند. آنها اعلام کردند ، از آنجایی که به صورت تئوری، ازن زنی هم باعث کاهش و هم باعث افزایش حذف مواد آلی طبیعی با جذب سطحی و یا ترسیب می‌شود، خیلی سخت است که اثر کلی رفتار مواد آلی طبیعی را در فرآیند انعقاد پیش‌بینی کنیم[۴].

ادواردز و همکارانش به این نتیجه رسیدند که در سیستم‌های استفاده کننده از دوبل منعقدکننده‌های کلرور فریک و پلیمرهای کاتیونی، در صورتی که کلرور فریک غالب باشد، ازن‌زنی، میزان منعقدکننده موردنیاز را افزایش می‌دهد و وقتی که دوز پلیمر غالب باشد، میزان منعقدکننده موردنیاز کاهش می‌یابد. وقتی که آلوم و

[1] Humic
[2] Fulvic
[3] Mankal
[4] Rebhun
[5] Semens
[6] Babcoak
[7] Singer
[8] Alom
[9] Benjamin
[10] Zeta Potential
[11] Becker
[12] Orren et al.

Archive of SID
www.SID.ir

پلیمرهای کاتیونی با ازن‌زنی استفاده می‌شوند، در صورتی که آلوم غالب باشد، اثر آن بسیار کم و یا ناچیز است و در صورتی که پلیمر غالب باشد، میزان منعقدکننده موردنیاز را کاهش می‌دهد[۸].

اورن و همکاران به این نتیجه رسیدند که اگر آلوم به عنوان منعقد کننده استفاده شود، پیش ازن‌زنی باعث افزایش کدورت آب ته‌نشینی، کل کربن آلی و کربن آلی محلول در شرایط آزمایش (۰/۵ و ۰/۸ میلی‌گرم در لیتر ازن در آزمایشگاه) می‌شود. اگر از پلی آلومینیوم کلراید به عنوان منعقد کننده استفاده شود، پیش ازن‌زنی باعث افزایش یا کاهش حذف مواد آلی طبیعی و کدورت می‌شود [۷].

اگرچه وقتی که پلیمرها به عنوان منعقدکننده استفاده می‌شوند، پیش ازن‌زنی ممکن است باعث کاهش حذف کربن آلی محلول شود و وقتی که نمکهای فلزی استفاده می‌شوند، باعث تخریب حذف کربن آلی محلول گردند. اما در تصفیه‌خانه‌های مختلف به این نتیجه رسیده‌اند که در pHهای مختلف، انعقاد آلوم هنوز هم مؤثرترین روش در حذف مواد آلی طبیعی نسبت به پلیمرها می‌باشد[۹].

قدیم‌خانی و همکاران به صورت آزمایشگاهی واکنش بین ازن و منعقدکننده‌ها را در حذف مواد آلی در دو حالت استفاده از منعقدکننده به تنهایی و یا به همراه پیش اکسیداسیون مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که با توجه به غلظت TOC آب ورودی، ازن زنی و کلرزنی هم می‌توانند باعث کاهش و هم باعث افزایش حذف مواد آلی طبیعی شوند[۱۰].

این تحقیق برای رسیدن به اهداف زیر بوده است:

۱- بررسی کاهش غلظت کل کربن آلی در مقادیر مختلف کلرورفریک و تعیین pH بهینه حذف کل کربن آلی؛

۲- بررسی اثر پیش ازن‌زنی بر حذف کل کربن آلی؛

۳- بررسی اثر پیش ازن‌زنی بر انعقاد و لخته‌سازی؛

۴- بررسی اثر پیش ازن زنی بر میکروکواگولاسیون.

۲- مواد و روشها

این تحقیق از طریق مطالعات آزمایشگاهی انجام شده است که با استفاده از روشهای استاندارد و با آزمایش جار، عمل انعقاد و لخته‌سازی را مورد ارزیابی قرار داده است. با توجه به نتایج مطالعات اخیر، از کلرورفریک به عنوان ماده منعقدکننده استفاده شده است.

برای شبیه‌سازی کدورت، از خاک رس و کائولین استفاده شده است، به این ترتیب که ابتدا خاک رس از الک استاندارد شماره ۲۰۰ عبور داده شد و سپس مقدار کدورت مورد نظر با سعی و خطا و با دستگاه کدورت سنج اندازه‌گیری و تعیین گردید. برای شبیه‌سازی کربن آلی کل، از اسید هیومیک پودری شکل استفاده شده است. به این ترتیب که ابتدا محلول استوک ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید هیومیک تهیه شد و سپس کربن آلی کل موردنظر با سعی و خطا و با اضافه کردن به آب با کدورت شبیه‌سازی شده به دست آمد. قبل و بعد از آزمایش جار، پارامترهای مختلف از قبیل کدورت، دما، pH و کربن آلی کل اندازه‌گیری شد. در این تحقیق در دو حالت مختلف یعنی حالت اول با انعقاد و لخته‌سازی و حالت دوم پیش ازن‌زنی با انعقاد و لخته‌سازی، میزان حذف کربن آلی کل مورد بررسی واقع شده است.

با توجه به اینکه محدوده غلظت کربن آلی کل در آبهای‌سطحی، صفر تا ۲۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد و مقدار آن در ایران صفر تا نُه (بعضاً تا ده) گزارش شده است، برای ضریب اطمینان در این تحقیق از غلظت کربن آلی کل ۴، ۸ و ۱۲ میلی‌گرم در لیتر جهت انجام آزمایشها استفاده شد و مقدار کدورت اولیه تقریبا ۱۵ NTU شبیه‌سازی گشت.

برای تهیه و شبیه‌سازی آب با کربن آلی کل مشخص (مثلاً ۴ میلی‌گرم در لیتر) ابتدا محلول استوک ۱۰۰۰پی‌پی‌ام تهیه شده و سپس برای غلظت کربن آلی کل برابر ۴ میلی‌گرم در لیتر تقریباً ۱۱ سی سی به هر لیتر آب اضافه گردید. لازم به ذکر است کدورت آب مورد استفاده در شبیه‌سازی پیش از افزودن کربن آلی کل، به روشی که قبلاً ذکر شد، به ۱۵ NTU افزایش یافت.

برای انعقاد و لخته‌سازی از ماده منعقدکننده کلرورفریک مایع صنعتی ۴۰درصد استفاده شد و بعد از اضافه کردن کلرورفریک، عمل اختلاط سریع به مدت دو دقیقه و با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه صورت گرفت.

نحوه انجام آزمایش جار به این ترتیب بود که آب تهیه شده با کدورت و کربن آلی کل خاص را در ظروف و بشرهای دستگاه جار ریخته و دوزهای متغیر کلرورفریک اضافه گردید، به نحوی که طبق استاندارد، دوز مناسب منعقدکننده برای رسیدن به کدورت کمتر از ۰/۵NTU مشخص شد. در نهایت در دوزهای مناسب که کدورت نهایی کمتر از ۰/۵ NTU بود، مقدار منعقدکننده (کلرورفریک) آن قدر تغییر داده شد تا بهترین درصد حذف کربن آلی کل حاصل آمد.

سپس در دوز مشخص ماده منعقدکننده تحقیق در دو حالت ادامه یافت. در حالت اول فقط با انعقاد و لخته‌سازی و در حالت دوم پیش ازن‌زنی با انعقاد ولخته‌سازی مورد بررسی واقع شد. برای پیش ازن‌زنی از دستگاه ازن ژنراتور مدل C.O.G شماره M.O استفاده گردید.

مدت زمان ته‌نشینی طبق توصیه سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و تحقیق انجام شده در دانشگاه ماساچوست آمریکا نیم ساعت درنظر گرفته شد. در مواردی که نیاز به تنظیم pHبود با استفاده از اسید سولفوریک و سود تنظیم لازمه انجام گرفت. درجه

Archive of SID
www.SID.ir

حرارت در طی عملیات بین ۱۸-۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. پس از کامل شدن مراحل آزمایش جار، با استفاده از پیپت از عمق ۱۰-۶ سانتی‌متری آب داخل بشرهای ۰/۵ لیتری به مقدار موردنیاز جهت انجام آزمایش کربن آلی کل برداشت شد. برای سنجش کربن آلی کل در مرحله اول، نمونه‌ها به پژوهشگاه صنعت نفت ارسال شد و در مرحله دوم در دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران آنالیز شد.

جهت انجام آزمایشها از دستورالعمل‌های موجود در کتاب روشهای استاندارد برای آزمایشهای آب و فاضلاب استفاده شده است[۱۱].

۳- نتایج وبحث

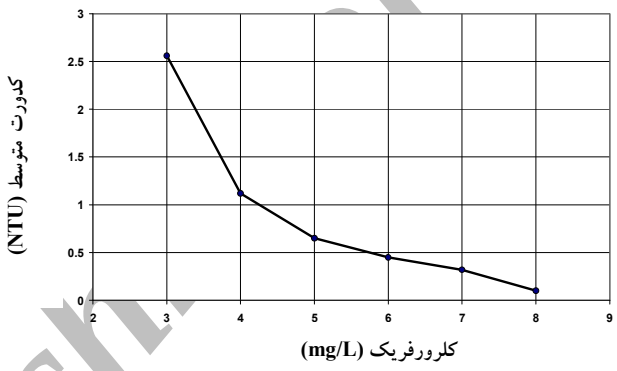
- غلظت کربن آلی کل برابر ۴ میلی‌گرم در لیتر

شکل ۱ نتایج آزمایش جار را در حذف کدورت در مقابل دوزهای مختلف کلرورفریک نشان می‌دهد. با توجه به اینکه هدف در این قسمت، حذف کدروت تا کمتر از ۱NTU طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود، دوزهای کلرورفریک به عنوان منعقدکننده انتخاب شد.

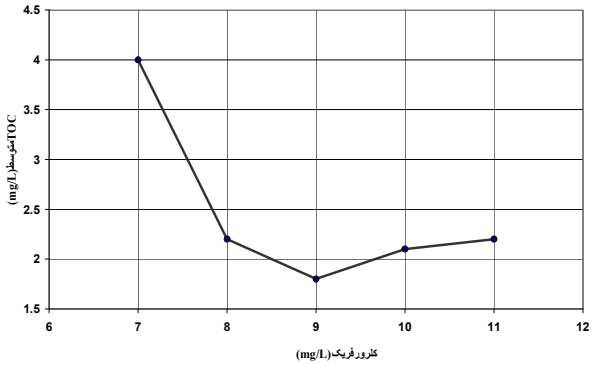
در شکل ۲، هدف دستیابی به دوز بهینه کلرورفریک بوده است. بر اساس نتایج حاصله ملاحظه می‌شود که دوز بهینه کلرورفریک برای حذف کربن آلی کل برابر ۹ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

در شکل ۳ نتایج آزمایش جار برای تعیین pH بهینه در دوز کلرورفریک ۹ میلی‌گرم در لیتر نشان داده شده است. همان گونه که ملاحظه می‌گردد مقدار pH بهینه تقریباً برابر ۶/۵ به دست آمده است.

در شکل ۴ اثر پیش ازن‌زنی برحذف کربن آلی کل بررسی شده است. همان طوری که در شکل مشاهده می‌شود، با افزایش دوز ازن از ۱ تا ۳ میلی‌گرم بر لیتر، مقدار غلظت کربن آلی کل باقیمانده کاهش می‌یابد ولی کاهش غلظت کربن آلی کل باقیمانده از ۲ میلی‌گرم بر لیتر به بعد ثابت می‌شود و مقدار بهینه و حداکثر حذف کربن آلی کل برابر ۱/۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که در ازن با دوز اعمال شده ۲ میلی‌گرم بر لیتر اتفاق می‌افتد. در شکل ۵ اثر پیش

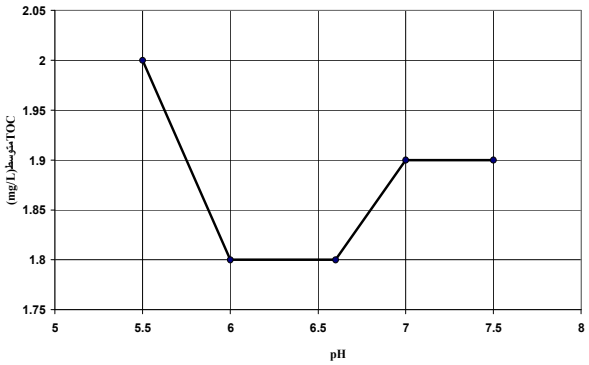


شکل ۱- نتایج آزمایش جار برای حذف کدورت با کدورت اولیه ۱۵ NTU

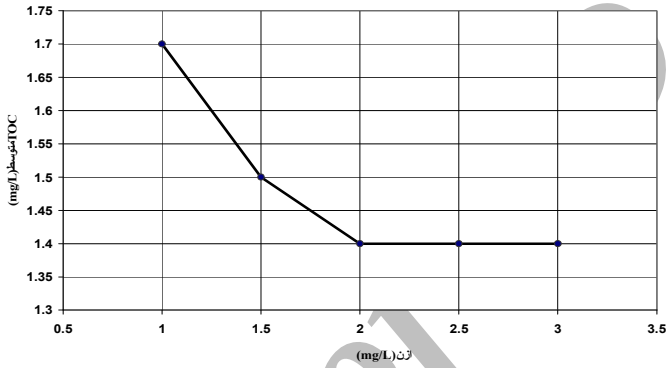


شکل ۲- نتایج آزمایش جار برای حذف کربن آلی کل برابر ۴ میلی‌گرم در لیتر

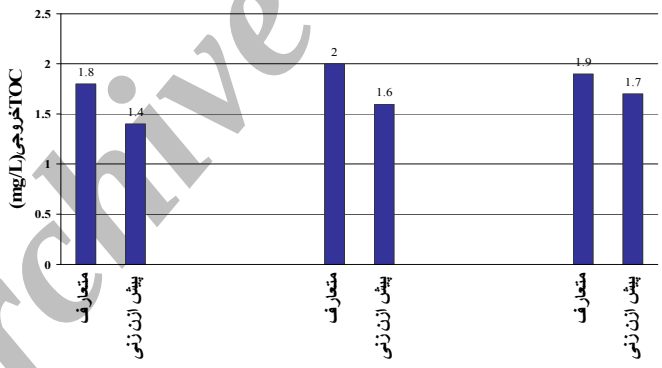
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- نتایج آزمایش جار برای تعیین pH بهینه در حذف کربن آلی کل برابر ۴ میلی‌گرم در لیتر با غلظت کلرور فریک ۹ میلی‌گرم در لیتر



شکل ۴- نتایج آزمایش جار برای تعیین اثر پیش ازن‌زنی در حذف کربن آلی کل برابر ۴ میلی‌گرم در لیتر



شکل ۵- مقایسه کارآیی دو روش متعارف و پیش ازن‌زنی برای حذف مقادیر مختلف کربن آلی کل

ازن‌زنی و روش متعارف بر فرآیند انعقاد، لخته‌سازی و ته‌نشینی با هم مقایسه شده است.

در کربن آلی کل ۴ میلی‌گرم بر لیتر، مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار حذف کربن آلی کل باقیمانده مربوط به پیش ازن‌زنی می‌باشد که کربن آلی کل باقیمانده را تا ۱/۴ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داده است.

نتایج حاصل از ۸ و ۱۲ میلی‌گرم در لیتر غلظت کربن آلی کل اولیه، در جدول ۱ ذکر شده است.

- مقایسه

در این قسمت به مقایسه دو قسمت قبل پرداخته می‌شود. یعنی به بررسی اثر پیش ازن‌زنی در مقایسه با روش متعارف در حذف مقادیر مختلف کربن آلی کل پرداخته می‌شود. همان طوری که در شکل ۵ نشان داده شده است، پیش ازن‌زنی نه‌تنها مقادیر حذف موردنیاز کربن آلی کل را تأمین کرده است، بلکه باعث بهبود حذف کربن آلی کل نیز شده است. همچنین ملاحظه می‌شود که در آب خام با کربن آلی کل پایین، پیش ازن‌زنی بهتر عمل می‌نماید.

Archive of SID
www.SID.ir

از آنجایی که به صورت تئوری پیش ازن‌زنی هم باعث کاهش و هم باعث افزایش حذف مواد آلی طبیعی با جذب سطحی و یا ترسیب می‌شود، خیلی سخت است که اثر کلی رفتار مواد آلی طبیعی را در فرآیند انعقاد پیش‌بینی کنیم، اما در عمل وقتی که از کلرورفریک به عنوان منعقدکننده استفاده می‌نماییم؛ در حالت کلی ازن‌زنی باعث افزایش اثر انعقاد در آب خام با کربن آلی کل پایین می‌شود. مشاهده می‌شود که وقتی دوز پیش ازن‌زنی افزایش می‌یابد، غلظت بحرانی منعقدکننده[1] افزایش می‌یابد و حجم و وزن ذرات نیز با افزایش دوز ازن کاهش می‌یابد و مقدار غلظت بحرانی منعقدکننده سیستم که توسط پتانسیل زتا اندازه‌گیری می‌شود، کاهش می‌یابد و همزمان میزان حذف کربن آلی کل نیز کاسته می‌شود. به عبارت دیگر در آب خام با کربن آلی کل بالا، پیش ازن‌زنی اثر بسیار کمی خواهد داشت.

- افزایش غلظت کربن آلی کل

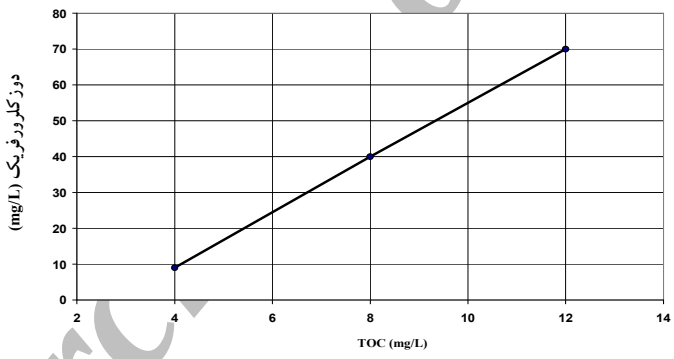
شکل ۶ نشان می‌دهد که با افزایش کربن آلی کل آب خام، مقدار ماده منعقدکننده کلرورفریک نیز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر غلظت بحرانی منعقدکننده نیز افزایش می‌یابد.

شکل ۷ رابطه بین افزایش کربن آلی کل آب خام را با دوز ازن موردنیاز برای انعقاد و لخته‌سازی نشان می‌دهد. همان طوری که ملاحظه می‌شود با افزایش کربن آلی کل آب خام، مقدار پیش ازن‌زنی نیز افزایش می‌یابد.

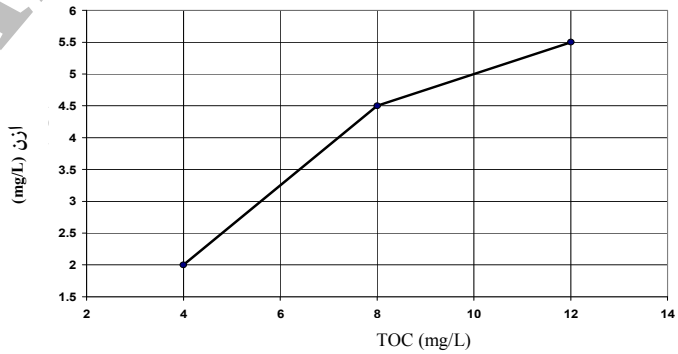
[1] Critical Coagulant Concentration (CCC)

جدول ۱- نتایج آزمایش جار برای مقادیر بهینه کلرورفریک و pH در حذف کدورت و کربن آلی کل

کربن آلی کل (میلی‌گرم در لیتر)	٤	٨	١٢
دوز بهینه کلرورفریک برای حذف کدورت	٦	٣٠	٦٠
مقدار دوز بهینه کلرورفریک برای حذف کربن آلی کل	٩	٤٠	٧٠
pH بهینه	٦/٥	٦/٥	٦/٥



شکل ۶- مقادیر بهینه دوز کلرور فریک به منظور حذف مقادیر مختلف کربن آلی کل



شکل ۷- میزان ازن لازم به عنوان پیش اکسیدکننده برای حذف TOC تا کمتر از ۲ میلی‌گرم بر لیتر

Archive of SID
www.SID.ir

۴- مقایسه نتایج تحقیق با نتایج سایر مطالعات انجام شده

۱- طبق مطالعاتی که توسط فریز[1] و نوزاک[2] و همکاران در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ در آفریقای جنوبی صورت گرفت، ثابت شده است که مقدار غلظت کلرورفریک برای حذف مواد آلی طبیعی ۱/۵ تا ۷ برابر غلظت موردنیاز در حذف کدورت می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نیز با نتایج سایر تحقیقات مطابقت دارد [۱۲].

۲- تحقیقاتی که توسط فروردین و کولینز[3] در گروه مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه کلارکسون در ایالات متحده انجام شد، نشان داد که پیش ازن‌زنی به عنوان کمک منعقدکننده و کمک لخته‌ساز منجر به کاهش ۱۳ تا ۳۰ درصدی ماده منعقدکننده گردیده و در دوزهای بالاتر از دوز بهینه، اثرات مثبت ازن‌زنی کاهش می‌یابد؛ ولی در این تحقیق مشاهده شد که پیش ازن‌زنی مقدار ماده منعقدکننده موردنیاز را کاهش نمی‌دهد و در دوزهای بالاتر از دوز بهینه، اثر پیش ازن‌زنی کاهش می‌یابد [۱۳].

۳- اورن و همکاران به این نتیجه رسیدند که پیش ازن‌زنی باعث کاهش کدورت آب ته‌نشین شده و کربن آلی کل در شرایط آزمایش می‌شود که این تحقیق نیز با این نتیجه‌گیری مطابقت دارد.

۴- طبق مطالعات سایر محققین، پیش کلرزنی و پیش ازن‌زنی به عنوان کمک منعقدکننده توصیه نمی‌شود. در این تحقیق هم پیش ازن‌زنی اثر بسیار اندکی بر انعقاد را از خود نشان می‌دهد.

۵- نتیجه‌گیری

۱- با توجه به اینکه طبق استاندارد ثانویه آب شرب سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، مقدار کربن آلی کل باید کمتر از ۲میلی‌گرم در لیتر (یا کمتر از SUVA ۲) باشد، پیشنهاد می‌شود، این مورد در طراحی تصفیه‌خانه‌های آب رعایت شده و استاندارد ۱۰۵۳ ایران، مربوط به ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، که توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در تیرماه ۱۳۷۶ تهیه شده است، بازنگری شود.

۲- بررسی اثر pH در راندمان حذف کربن آلی کل توسط کلرورفریک، pH بهینه را در حدود ۶ تا ۶/۵ نشان می‌دهد.

۳- پیش ازن‌زنی اثر اندکی بر انعقاد در محدوده وسیعی از کربن آلی کل دارد.

۴- در آب خام با کربن آلی کل پایین، پیش ازن‌زنی اثر خوبی بر انعقاد و لخته‌سازی دارد.

۵- با افزایش کربن آلی کل آب خام، مقدار ماده منعقدکننده کلرورفریک موردنیاز افزایش می‌یابد.

۶- با افزایش کربن آلی کل آب خام، مقدار پیش ازن‌زنی موردنیاز جهت بهبود انعقاد بیشتر می‌شود.

۷- پیش ازن‌زنی، مقدار ماده منعقدکننده موردنیاز را کاهش نمی‌دهد و در دوزهای بالاتر از دوز بهینه، اثر پیش ازن‌زنی کاهش می‌یابد.

۸- پیش ازن‌زنی اثر زیادی بر انعقاد و لخته‌سازی ندارد، گرچه تاحدی انعقاد را بهبود می‌بخشد، ولی بهتر است پیش ازن‌زنی به مفهوم اولیه آن یعنی پیش گندزدایی به کار رود.

۶- قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران به خاطر حمایت مالی از این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

[1] Fresse
[2] Nozaic
[3] Collinze

۷- مراجع

1- Ken, C., Steve, V., Bill, B., and Mark, C. (2000). "Secondary effects of enhanced coagulation and softening." *J. AWWA*, 92(6), 63-75.

2- Singer, C. (1999). "Formation control of disinfection by- product in drinking water." *J. AWWA*, 90(4), 84-89.

3- Kawamura, S. (2000). *Integrated design and operation on water treatment facilities*, 2nd Ed., John Wiley and Sons Press, CA.

4- Edwards, M., and Benjamin, M.M. (1992). "Effect of preozonation on coagulant-NOM-interactions." *J. AWWA*, 84(63), 101-108.

5- Robert, H. (2001). "The effect of predisinfection with chlorine dioxide on the formation of haloacetic acids and trihalomethanes in a drinking water supply. " MS. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.

Archive of SID
www.SID.ir

6- Beker, W.C. (1995). “Impact of ozonation on coagulation: Model and natural water studies.” Doctoral dissertation, John Hopkins University, Baltimore.
7- Orren, D. S., and Tobiason, J.E. (2000). “Preozonation effects on coagulation.” *J. AWWA*, 92(10), 74–87.
8- Chiang, P.C., Chang, E.E., and Liang, C.H. (2002). “NOM characteristics and treatabilities of ozonation processes.” *J. Chemosphere*, 46, 929-936.
9- Ha, T.W., Choo, K.H., and Choi, S.J. (2004). “Effect of chlorine on adsorption/ultrafiltration treatment for removing natural organic matter in drinking water.” *J.Colloid and Interface Science* , 274, 587–593.
10- Ghadimkhani, A.A., Torabian, A., and Mehrabadi, A.R. (2006). “Preozonation and prechlorination effect on TOC removal in surface water treatment.” *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(4) , 708-712.
11- Clesceria, L. S., Greenberg, A.E., and Eaton, A. D., eds.(1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, APHA, WEF, AWWA, 20th Ed., Washington DC.
12- Freese, S.D., Nozaic, D.J., Pryor, M.J., Rajogopul, R., Trollip, D.L., and Smith, R.A. (2001). “Enhanced coagulation: A viable option to advance treatment technologies in the South African Context. ” *J.Water Science and Technology*, 1(1), 33-41.
13- Farvardin, M.R., and Collins, A.G. (1989). “Preozonation as an aid in the coagulation of humic substances optimal preozonation dose. ” *J. Water Res.,* 23(3), 307-316.

Archive of SID

www.SID.ir