استفاده از روش ازناسیون برای تصفیه آب‌های معدنی

• حسن ژیان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، گروه شیمی کاربردی jahangggg@yahoo.com

چکیده

آب معدنی و آب شرب به‌عنوان یکی از نیازهای اساسی روزمره انسان و استمرار حیات می‌باشد. میزان نیاز روزمره هر فرد ۱ تا ۲ لیتر می‌باشد که بستگی به شرایط آب و هوایی و سن و سال دارد. منشأ حدود ۸۰٪ از بیماری‌های انسان عدم دسترسی به آب سالم است. ۷۵٪ از مردم جهان سوم از امکانات آب برای مصارف بهداشتی محرومند. واقعیت آن است که آب سالم و گوارا کمیاب و گرانبها می‌باشد آلودگی‌ها با ایجاد تغییرات نامطلوب در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت آب را تنزل می‌دهند. برخی از آلودگی‌ها زوال پذیرند و به آسانی تجزیه و یا تقلیل داده می‌شوند نظیر مواد زائد کشاورزی و حیوانی و فاضلاب‌های انسانی بعضی از آلاینده‌ها نیز انحطاط‌ناپذیرند مانند جیوه و سرب و برخی از ترکیبات پلاستیک‌ها که از افزایش آنها در آب باید جداً جلوگیری شود. در این تحقیق از دو نمونه از آب‌ها معدنی واقع در منطقه شمالی شهرستان مهاباد واقع در آذربایجان غربی با سختی mg/liter ۴۲ و ۳۶ کربنات کلسیم ($CaCo_3$) مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس مقدیر مختلف از گاز ازن به‌طور مستقیم به محلول آب‌معدنی تزریق می‌شود و تحولات بیولوژیکی و شیمیایی نمونه بعد از تأثیر ازن بررسی خواهد شد. ازناتور مورد استفاده می‌تواند ۲۵ میلی‌گرم گاز ازن را در ساعت تولید کند. برای تعیین مقادیر گاز ازن روش یدومتری به کار می‌بریم. در تزریق ۱/۲۵ میلی‌گرم در لیتر ازن حذف دیاتومه در نمونه (۱) کامل و در نمونه (۲) تا ۹۹٪ حاصل گردیده است. حذف کامل کلروفیسه در هر دو نمونه در مقادیر ۱/۱ میلی گرم در لیتر ازن رخ می‌دهد. حذف کامل BOD_5 در نمونه (۱) در ۱/۱ میلی‌گرم ازن و در نمونه دوم در ۱ میلی‌گرم ازن حاصل می‌شود. در کاهش COD برای تزریق ۱/۲ میلی‌گرم ازن برای نمونه (۱) ۶۵٪ و برای نمونه (۲) ۶۸٪ خواهیم داشت. گندزدایی کامل هر دو نمونه در مقدار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر به صورت کامل انجام می‌شود. در این روش تصفیه چون از موادشیمیایی استفاده نمی‌گردد میتوان آبی گوارا با کیفیت بسیار مطلوب به دست آورد و نیازی به تهیه موادشیمیایی نیست. می‌توان ازناسیون را به عنوان بهترین روش تصفیه آب معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: ازناسیون، فیلتراسیون، گندزدایی، آب‌های معدنی، آب گوارا.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین مسایلی که در حیات موجودات زنده نقش اساسی دارد آب است در مورد انسان بدون غذا تا سه هفته می‌تواند به حیات خود ادامه دهد در هوای معتدل انسان، حدکثر سه روز بدون آشامیدن هیچ آبی می‌تواند به حیات خود ادامه دهد. پس می‌توان گفت آب جزو نیازهای بسیار ضروری موجودات محسوب می‌شود و هر موجود زنده بدون آب نمی‌تواند به حیات خود ادامه دهد پس حفظ و نگهداری این مایه حیات بسیار ضروری است و باید آن را به صورت سالم و درست مصرف نمود گرچه منابع آب بر روی سطح کره خاکی زیاد است اما همه آنها قابل استفاده برای انسان نمی‌باشد. یکی از مشکلات آب این است که تنها مورد مصرف آشامیدن نمی‌باشد بلکه در مصارف دیگر چون حلال مناسب برای پاک نمودن و حلال مناسب در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد و این امر سبب آلوده شدن آب‌های سطح می‌شود و چون این منابع محدود هستند، باید با روش مناسبی این آب‌ها آلوده را بازیابی نمود حتی در اروپا که منابع آبی بسیار زیادتر مناطق از و سایر نقاط جهان است باز به مقدار زیادی این آب‌ها را تصفیه و بازیابی می‌کنند. تاکنون از روش‌های مختلفی چون ته‌نشینی، انعقاد، اسمز معکوس و جذب سطحی برای تصفیه آبها مورد استفاده قرار گرفته اما انجام این روش‌ها به حذف کامل آلاینده‌ها منجر نشده است. در واقع این آلاینده‌ها از فاز جامد به مایع یا مایع به مایع در حرکت می‌باشند و نمی‌توان آنها را به راحتی جدا نمود چون حتی یعضی از این مواد با آب واکنش خواهند داد. در تصفیه مقدماتی با استفاده از روش‌های انعقاد، فیلتراسیون و کلرزنی تا حد زیادی می‌توان موارد میکربی را از بین برد ولی موادآلی مخرب حاصل از پساب صنعتی همچنان می‌توانند در آب وجود داشته باشند در دهه ۸۰ میلادی متوجه شدند که افزایش کلر به پساب حاوی موادآلی زنجیری سبب، ایجاد ترکیبات حلقوی می‌نمایید و شدت آلودگی را افزایش می‌دهد. با توجه به موارد بالا می‌توان گفت که منابع آب آشامیدنی مطمئن بسیار زیاد نیست. (۱)

یکی از سودمندترین روش‌های مورد استفاده برای تخریب آلاینده‌ها که در دنیا مرسوم است استفاده از موادشیمیایی می‌باشد که قدرت اکسیداسیون بالایی را دارند. برای مثال می‌توان از کلر و ترکیبات مختلف آن، الکترو اکسیداسیون و انعقاد به وسیله الکتریسیته یا نور ماوراء بنفش و انواع پر اکسیدها را نام برد. تمامی این مواد ترکیبات غیرقابل تجزیه آلی را به فرم

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

قابل تجزیه تبدیل می‌کنند و حتی مقایر مناسبی آب و دی اکسیدکربن را در اثر این واکنش‌ها می‌توان به دست آورد. که نتیجه هر واکنش اکسیداسیون موادآلی می‌باشد. اما بعضی از این مواد به علت پایداری و مقاومت در برابر اکسیداسیون به فرم‌های کوچکتر پایدار تبدیل می‌شوند. به همین علت مراحل تصفیه آب گوناگون است و باید مراحل مختلفی را بر روی آب آلوده انجام داد تا بتوان کیفیت آب را افزایش داد. نکته ایی که بسیار مهم است در مورد مواد اکسیداسیون این مواد نباید به صورتی باشند که خود تولید آلودگی نمایند. امروزه که آب در مراکز پر جمعیت مصرف فراوان دارد توجه انسان به آب‌ها معدنی مناطق دور دست مورد توجه قرار گرفته است. به علت بعد فاصله این آب‌ها از مرکز شهری و صنعتی می‌توان بعد از فیلتر کردن و گندزدایی مورد استفاده قرار گیرند اما پس از چندی نیز این آب‌ها مورد تهدید جدی آلاینده‌ها قرار می‌گیرد. پس راه‌حل این است که با یک روش مطمئن و مناسب آبها آلوده را تصفیه و کنترل نمود (۲).

اهداف تحقیق

اهداف کلی

در این تحقیق تأثیر ازن را بر آب‌های معدنی اطراف شهرستان مهاباد، از نظر بیولوژیکی و شیمیایی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اهداف اختصاصی

۱- تأثیر ازن بر روی حذف یا کاهش اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD)

۲- تأثیر ازن بر روی حذف یا کاهش اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD)

۳- تأثیر ازن بر روی جلبک‌های موجود در آب‌های معدنی

۴- تأثیر ازن بر روی کاهش عوامل میکربی موجود در آب‌های معدنی

۵- در این مطالعه از دستگاه ازناتوری که تولید ۲۵ میلی‌گرم ازن در ساعت می‌باشد استفاده می‌کنیم. و دو چشمه آب معدنی که دارای سختی تقریباً ۳۶ mg/liter و ۴۲ (چون در فصول مختلف سال تغییر می‌کند) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳).

تاریخچه

استفاده از گاز ازن دارای سابقه یک قرن می‌باشد که اولین بار در سال ۱۸۴۰ توسط اچونبین (Schonbein) از الکترولیز اسید سلفوریک کشف شد و برای اولین بار در سال ۱۸۸۶ در گندزدایی آب توسط مارتینس (Martenec) به‌کار گرفته شد تا قبل جنگ جهانی اول که گاز کلر به صورت انبوه ساخته نشده و خواص بیوشیمیایی و شیمیایی آن مورد مطالعه قرار نگرفته بود ازن در تصفیه پساب‌ها کاربرد خود را نشان داده بود اما با حضور گاز کلر و ارزان بودن و تهیه ساده آن نسبت به کلر کاربرد ازن کاهش یافت. در دهه ۸۰ میلادی متوجه شدتد که وجود گاز کلر ترکیبات زنجیری را به ترکیبات حلقوی تبدیل می‌کند با بروز این مشکل توجه دوباره به ازن جلب شد و کاربرد مطمئن آن سبب گردید که در دهه ۸۰ کاربردهای دیگر این گاز مشخص شد که می‌توان از آن برای اکسیداسیون آهن و منگنز موجود در آب که عناصر بسیار خطرناکی در آب‌ها آشامیدنی هستند به‌کار رود (۴).

خواص ازن

خواص فیزیکی

ازن گازی با چگالی ۱/۵ برابر اکسیژن که یکی از اشکال آلوتروپ اکسیژن است و گازی سمی و دارای نقطه جوش ۱۱۲- درجه سانتیگراد و بسیار ناپایدار است. این گاز در فاز گازی پایدارتر از حالت مایع است در حالت گازی بی‌رنگ و بی‌بو است و در حالت مایع به صورت آبی تیره دیده می‌شود (۵).

خواص شیمیایی

اکثر واکنش‌ها ازن به علت وجود پیوند دوگانه‌ایی است که خاصیت نوکلئوفیل دارند و این هسته خواهی خاصیت اکسیداسیون را به ازن می‌دهد. مکانیسم‌های مختلفی در مورد

مکانیسم تجزیه این گاز وجود دارد ولی اکثراً پذیرفته‌اند که یون‌ها هیدروکسید در تجزیه ازن در حلال‌های آبی به صورت یک کتالیست عمل می‌کند که می‌توان آن را به صورت زیر نشان داد.

$$O_3 + OH^- \longrightarrow O_2^- + HO_2$$

$$O_2 + OH^- \longrightarrow HO_4^-$$

$$O_3 + 2OH^- \longrightarrow O_2 + 2O^- + H_2O$$

ازن نور مادون قرمز، مرئی و ماوراء بنفش را در طول موج‌های معین جذب می‌کند که طول موج ماگزیمم آن در حدود ۲۵۰۰ آنگستروم می‌باشد حلالیت آن در آب نسبت به اکسیژن ۱۲ برابر بیشتر است(۶).

واکنش‌های ازن

به سه صورت می‌توان واکنش‌ها ازن را بررسی نمود.

۱- آغاز کننده‌ها

۲- بازدارنده‌ها

۳- تقویت‌کننده‌ها(۷)

آغازکننده‌ها

این ترکیبات باید موادی باشند که به فرم پراکسید در محیط تولید می‌شوند

(O_2^{2-}) ترکیبات غیرآلی مانند هیدر پراکسیدها، هیدروکسید و ترکیبات آلی مانند اسید فرمیک می‌توانند قادر به تولید این مواد باشند. اشعه ماوراء بنفش نیز می‌تواند این عوامل را به وجود آورد به همین علت که در هوایی ابری سوختگی پوست زیاد تر از هوای آفتابی است.

بازدارنده‌ها

بازدارنده‌ها موادی هستند که که می‌توانند یون هیدروکسیل رادیکال را مصرف کنند و مانع از تولید مجدد آنیون پر اکسید شوند. از بازدارنده موادی مانند الکل‌های نوع دوم و الکیل‌ها هستند که به راحتی رادیکال هیدروکسیل را مصرف می‌کنند.

تقویت‌کننده‌ها

همه موادالی و غیرآلی که بتوانند رادیکال هیدروکسیل یا آنیون پر اکسید را تولید نمایند می‌توانند تقویت‌کننده واکنش ازن باشند این تقویت‌کننده شامل ترکیباتی مانند آریل، اسیدفرمیک، اسیدگلی اگزالیک و الکل‌های نوع اول می‌باشند(۸).

اندازه‌گیری گاز ازن

اندازه‌گیری ازن در فاز مایع

چون ازن جزو عوامل اکسیدکننده بسیار قوی می‌باشد باید متد انتخابی را با دقت فراوان انتخاب نمود زیرا معرف‌های به کار رفته به راحتی توسط ازن اکسید می‌شود و معرف‌های دیگری که توسط محصولات حاصل از تجزیه ازن نیز تولید شده به سادگی اکسید می‌شود. بنابراین بسته به روش‌های آنالیز که ممکن است رنگ‌سنجی یا الکتروشیمیایی باشد برای تعیین مقدار ازن هر اکسیدان دیگر نیز در روش‌های آنالیز دخالت می‌کنند و سبب خواندن مقداری بیشتر از واقعیت می‌شوند چون همیشه کل غلظت اکسیدان‌ها اندازه‌گیری می‌شود و این مقدار بسیار زیادتر از مقدار واقعی گاز ازن است به همین علت با انجام نکاتی این خطا را به حداقل برسانیم. این نکات به صورت زیر است.

۱) نمونه‌برداری را بایستی با دقت و بدون اختلاط و در لوله‌های در بسته انجام دهیم.
۲) برای از بین نرفتن ازن مستقیماً گاز را وارد محلول می‌کنیم.
۳) زمان بین نمونه‌برداری و اندازه‌گیری بایستی کوتاه باشد.
۴) چون کار منوال (دستی) امکان خطا دارد سعی می‌کنیم که روش به صورت دستگاهی و اتوماتیک صورت گیرد(۹).

روش رنگ‌سنجی (ایندیگوتری سولفونات)

روش فوق توسط بدر (Beade) و هوگن (Hogen) برای کنترل آلودگی آب مورد استفاده قرار گرفت. روش بسیار دقیق و انتخابی و سریعی می‌باشد. یون‌های هیدروژن پر اکساید و منگنز و کلرید و محصولات حاصل از تجزیه ازن و اکسیداسیون‌های دیگر در این روش کمتر دخالت دارند در این روش مقدار ازن بایستی طوری انتخاب شود که بین ۲۰ تا ۹۰ درصد از معرف را بی‌رنگ نمایید محلول استوک با استفاده از فسفریک اسید غلیظ و تری‌فسفات ایندیگو پتاسیم آماده می‌گردد. پایداری محلول فوق در تاریکی تا ۴ ماه می‌باشد.

روش یدومتری

یون یدید در محلول پتاسیم یدید به وسیله ید اکسید می‌شود اسیدیته محلول فوق باید در پایین‌تر از ۲ تنظیم گردد. برای اندازه‌گیری ازن از یدید پتاسیم استفاده می‌شود که می‌توان مقادیر مصرفی ازن را تعیین نمود زیرا ازن طبق واکنش زیر ید را آزاد می‌کند مقدار ید توسط تیوسلفات‌سدیم تیتر می‌شود که مقدار ازن متناسب با مقدار ید آزاد شده می‌باشد.

$$O_3 + 2I^- + H_2O \longleftrightarrow I_2 + 2OH^- + O_2$$

$$I_2 + 2S_2O_3 \longleftrightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

با توجه به واکنش بالا قبل و بعد از تزریق ازن می‌توان مقادیر BOD و COD و کشت میکروبی را انجام داد و تأثیرات ازن را بر این آب‌ها مشاهده نمود اما چون مقادیر آب این چشمه‌ها در طول سال تغییر می‌کند نسبت به کار رفته از گاز ازن موردنیاز نیز تغییر خواهد نمود (۱۰).

اندازه‌گیری ید در فاز گازی

ازن را در فاز گازی نیز می‌توان اندازه‌گیری نمود. البته به طور غیرمستقیم ازن را می‌توان توسط گاز بی‌اثر از محلول خارج نمود و در فاز گازی توسط روش‌های جذب چون UV و کالری‌متری (رنگ‌سنجی) اندازه‌گیری کرد یا دوباره آن را وارد محلول نمود و توسط واکنشگرهای رنگی مقدار آن را اندازه‌گیری نمود.

تولید ازن

ماده اولیه تولید ازن گاز اکسیژن می‌باشد واکنش کلی تولید ازن یک واکنش با آنتالپی منفی یعنی گرمازاست. به طور هر واکنشی که که بتواند اکسیژن رادیکال تولید کند می‌توان شرایط لازم برای تولید گاز ازن را داشته باشد منابع انرژی لازم برای انجام این واکنش یا به صورت(۱۱):
۱ـ الکترونی ۲ـ نوری.

مقایسه ازن در مقابل با سایر اکسیدکننده‌ها

حال که کاربرد این ترکیب ساده و مؤثر مشاهده نمودیم باید آن را از

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

لحاظ رفتار شیمیایی با سایر اکسیدکننده‌های دیگر مقایسه کنیم. با توجه به تأثیرات منفی کلریناسیون کاربرد گاز ازن جای مناسب‌تری پیدا نموده است چون مخارج زیادتر، مصرف ازن از طریق رسوب دادن آهن و منگنز، کنترل بو و مزه و داشتن خاصیت حذف رنگ و کمک نمودن به انعقاد جبران شده است(۱۲).

پتانسیل اکسیداسیون ازن ۲/۰۷ ولت در شرایط اسیدی و ۱/۲۴ ولت در شرایط بازی می‌باشد.

در جدول زیر مقایسه‌ای بین انواع اکسیدکننده‌ها صورت گرفته است.

با توجه به جدول بالا می‌توان گفت که گاز ازن می‌تواند تأثیر خوبی بر تصفیه آب داشته باشد با توجه به تجربیات که بر کارآیی ازن صورت گرفته است می‌توان کاربردهای گاز ازن را برشمرد.

۱ـ بهبود در فرآیند انعقاد (زیرا بعد از ازن زنی هم ذرات دیگری که به صورت امولسیون از این حالت خارج می‌شوند و جرم این ذرات برای لخته شدن زیادتر می‌گردد و چون ازن یک واکنش رادیکالی انجام می‌دهد تولید ذرات باردار می‌کند و این ذرات آماده برای عمل لخته شدن می‌باشند).

۲ـ اکسیداسیون آلاینده‌های آلی (مانند ترکیبات آروماتیک و فنلی و انواع ترکیبات ارگانو متالیک مانند حشره‌کش‌ها. این ترکیبات چون دارای حلقه هستند دارای پایداری زیادتری هستند و باید با اکسیدکننده‌های قوی‌تری عمل تجزیه این مواد را انجام داد).

۳ـ اکسیداسیون موادآلاینده با وزن مولکولی بالا (این مواد اکثراً رنگ‌ها و رزین‌ها را تشکیل می‌دهد که توسط یک اکسیدکننده قوی کراکینگ می‌شود).

۴ـ از بین بردن میکرب‌ها و جلبک‌ها (یک ماده اکسنده قوی می‌تواند میکروب‌ها و جلبک‌ها را از بین ببرد و ساختمان آنها را از متلاشی نمایید که نقش مهمی در گندزدایی آبها آشامیدنی می‌تواند داشته باشد).

۵ـ اکسیداسیون عوامل معدنی چون منگنز و آهن (بعضی عوامل معدنی در آب محلول هستند ولی با تغییر عدد اکسیداسیون می‌توان آنها را ترسیب نمود).

البته با توجه به نوع آلاینده باید ازن را در مرحله مناسب اضافه نمود تا کارآیی آن افزایش یابد (۱۳).

در این پژوهش دو چشمه در اطراف مهاباد در نظر گرفته شده است.

۱- کانی سپی (منطقه جنوبی)

۲- کانی روستای توتانخاچ (منطقه شمالی)

در جداول زیر کمیت‌های شیمیایی و بیولوژیکی این آبها تعیین شده است.

دستگاه ازناتور

دستگاهی که در این پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌تواند کمیتی برابر با ۲۵ میلی‌گرم ازن را در ساعت تولید نماید. برای تولید ازن از اکسیژن خالص استفاده می‌شود ولی باید قبل از ورود اکسیژن به دستگاه ازناتور رطوبت گاز اکسیژن گرفته شود به همین منظور از یک محفظه رطوبت‌گیر از جنس سیلیکاژل استفاده می‌شود. سیلیکاژل می‌تواند رطوبت گاز اکسیژن را حذف کند البته پس از مدتی باید محفظه سیلیکاژل را باید عوض نمود. چون بعد از مدتی محفظه مورد استفاده از رطوبت اشباع شده و دیگر ظرفیت حذف رطوبت را ندارد.

برای انتشار خوب ازن در داخل آب از یک دیفیوزر (پخش‌کننده) استفاده می‌کنیم که به شکل سنگ متخلخل می‌باشد و امکان تماس ازن را به طور کامل در داخل آب ممکن می‌نماید. کلیه اتصالات مورد استفاده در این پژوهش از جنس شیشه می‌باشد که مقاومت مناسب را داراست.

ضمناً برای اندازه‌گیری مقدار ازن از روش یدومتری استفاده می‌کنیم که بتوانیم ازن مازاد را تعیین نماییم. ازن باقیمانده از واکنش را با یکسری اتصالات به دو ظرف حاوی یدید پتاسیم با غلظت مشخص هدایت می‌کنیم. سپس با تیتر کردن یدیدپتاسیم توسط تیوسلفات سدیم مقدار ازن مصرفی را تعیین می‌کنیم.

برای حذف رطوبت گاز اکسیژن از فیلترهای مناسب جاذب رطوبت استفاده می‌کنیم و اگر احتمال آلودگی گاز به ترکیبات شیمیایی باشد از می‌توان از فیلترهایی که حاوی ذرات کربن فعال به صورت گرانول است نیز استفاده شود. در غیر این‌صورت خود گاز ازن تولید آلودگی می‌کند و به ناچار مقدار زیادتری گاز باید مصرف نمود. که سبب خطا در اندازه‌گیری می‌کند.

تجربی

اندازه‌گیری ازن

ازن و اکسیدکننده‌های قوی می‌توانند یدید پتاسیم را در محلول آبی اکسید کنند و ید را آزاد نمایند. در این صورت مقدار ید آزاد شده را می‌توان توسط تیوسلفات‌سدیم تیتر نمود با توجه به واکنش پایین مقدار ید اندازه‌گیری شده متناسب با ازن مصرفی است(۱۴).

$$O_3 + 2I^- + H_2O \longleftrightarrow I_2 + 2OH^- + O_2$$

$$I_2 + 2S_2O_3 \longleftrightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

تعیین تعداد کلیفرم

این دسته از میکرب‌ها که به کلی‌فرم‌ها مشهور هستند به طور کلی هوازی می‌باشند و در شرایط اختیاری می‌توانند بی‌هوازی باشند کلی‌فرم‌ها گرم منفی، بدون اسپور و میله‌ای‌شکل هستند که می‌توانند در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در محیط مناسب که حاوی قند لاکتوز باشند به حیات خود ادامه دهند و گاز دی‌اکسیدکربن که ناشی از تخمیر می‌باشد

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

را تولید نمایند.

شناسایی و شمارش جلبک‌ها

جلبک‌ها موجوداتی هستند که دارای تنوع بسیار زیادی می‌باشند در گذشته که این تنوع قابل شناسایی نبود و کلیه این موجودات جلبک می‌گفتند بعضی از این‌گونه‌ها تا ۵۰ متر طول دارند و بعضی‌های دیگر را با میکروسکوپ با عدسی شیئی ۱۰۰ با مشاهده نمود و بعضی‌ها را نیز می‌توان با یک ذربین ساده مورد بررسی قرار داد اما در حال حاضر کلیه گونه موجود دسته‌بندی شده و نام‌های برای آنها در نظر گرفته شده است.

تعیین COD

۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه را انتخاب می‌کنیم و آن را به داخل بالنی که دارای مقادیری مروارید شیشه‌ای است اضافه می‌کنیم. سپس برای حذف مزاحمت‌های کلر ۰/۲ گرم سولفات جیوه را به بالن اضافه می‌کنیم بعد از به هم زدن محلول ۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۲۵ نرمال بی‌کرومات‌پتاسیم را به بالن می‌افزاییم و سپس به آرامی ۱۵ میلی‌لیتر اسیدسلفوریک غلیظ حاوی سولفات‌نقره را اضافه می‌کنیم (در حالت افزایش باید محلول را نیز به بزنیم چون واکنش به شدت گرمازاست حتماً نکات ایمنی را رعایت می‌کنیم).

$$COD = \frac{(a - b)(N)(8000)}{C}$$

C = میلی‌لیتر نمونه به کار رفته

b = حجم سولفات مضاعف آهن و آمونیاک مصرف شده برای نمونه

a = حجم سولفات مضاعف آهن و آمونیاک مصرف شده برای شاهد

N = نرمالیته سولفات مضاعف آهن و آمونیاک

تعیین BOD_5

برای تعیین BOD_5 از یک دستگاه مخصوص ساخت آلمان استفاده می‌کنیم. ابتدا مقدار مشخص از نمونه را به داخل ظرف مناسب دستگاه قرار داده و یک عدد قرص سود را به آن اضافه می‌کنیم و درب شیشه را محکم می‌بندیم و در شروع دستگاه را صفر می‌کنیم و دستگاه را برای انجام واکنش در دمای مناسب که معمولاً ۲۵ درجه سانتی‌گراد است در داخل انکوباتور قرار می‌دهیم. بعد از ۵ روز BOD_5 را یادداشت می‌کنیم(۱۵).

نتایج و بحث

نتایج حاصل را می‌توان در سه جهت بررسی نمود:

۱ـ تولید گاز ازن و عوامل مؤثر در بهینه‌سازی کارآمد بودن آن.

۲ـ ویژگی‌های نمونه‌های مورد آزمایش.

۳ـ نتایج حاصل از ازناسیون نمونه‌ها در مقادیر مختلف.

تولید گاز ازن و عوامل مؤثر در بهینه‌سازی کارآمد بودن آن

با توجه به جدول شماره (۲۰) مناسب‌ترین سرعت ورودی گاز اکسیژن ۲۳ میلی‌لیتر بر ثانیه می‌باشد و مناسب‌ترین زمان جهت تزریق ازن بین ۵۰ تا ۴۰۰ ثانیه تعیین شده است. دلیل انتخاب این سرعت این است که در سرعت‌های بالاتر عملاً میزان تولید گاز ازن افزایش پیدا نمی‌کند و در سرعت‌های پایین‌تر نیز میزان تولید گاز ازن کاهش خواهد یافت.

دلیل استفاده از زمان بین ۵۰ تا ۴۰۰ ثانیه نیز به علت این است که که در زمان‌ها کمتر از ۵۰ ثانیه و بالاتر از ۴۰۰ ثانیه منحنی کالیبراسیون انحراف زیادی را از خود نشان می‌دهد.

علت این پدیده می‌توان بدین‌صورت توجیه نمود که با افزایش سرعت جریان گاز اکسیژن زمان تماس لازم برای تأثیر تخلیه الکتریکی بر روی ملکول‌های اکسیژن کاهش می‌یابد و تعداد زیادی از ملکول‌های اکسیژن بدون تغییر از داخل دستگاه عبور می‌کنند و فرصت تبدیل به رادیکال آزاد را از دست می‌دهند.

که البته این مشکل به ظرفیت دستگاه و توانایی آن برمی‌گردد.

عوامل جنبی دیگری چون که بر نحوه تولید ازن مؤثر می‌باشد به قرار زیر است.

۱ـ عدم نوسان در جریان برق.

۲ـ عدم وجود آلاینده‌ها شیمیایی در گاز اکسیژن.

۳ـ عدم وجود رطوبت در گاز اکسیژن.

۴ـ عدم تغییر در جریان گاز ورودی.

ویژگی‌های نمونه‌های مورد آزمایش

برای نمونه‌برداری از ظرف مناسب و استریل که برای این نوع آزمایش‌های به کار می‌رود استفاده کردیم. که البته بعد از هر نوبت کلیه ظروف را با اتوکلاو کاملاً استریل نمودیم. چون نباید عوامل میکربی در ظرف موجود باشد در غیر این صورت نتایج به خطا بسیار بالایی به دست خواهد آمد حتی در محل نموده‌برداری نیز باید از دستکش‌های استریل استفاده نمودیم. البته برای تعیین BOD_5، COD استریل بودن مهم نیست اما برای یک نواختی در این بررسی و حذف هرچه بیشتر عوامل خطا در این مراحل نیز از ظروف استریل استفاده کردیم.

نکته که قبلاً نیز اشاره شد در زمان نمونه‌برداری است زیرا بسته به شرایط محیطی میزان جلبک‌ها و میکرب‌ها دایماً در حال تغییر است و در دماهای بالا یعنی فصل گرما میزان فعالیت این عوامل خیلی زیاد است و در

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

ماه‌های پرباران و دمای پایین فعالیت میکروارگانیسم پایین است.

البته یخچال باید از عوامل دیگر که احتمال آلودگی را بر نمونه‌ها افزایش می‌دهند خالی کردیم.

نتایج حاصل از ازناسیون نمونه‌ها در مقادیر مختلف

در این قسمت به بررسی نتایج حاصل از یافته‌ها می‌پردازیم.

با توجه به جدول‌های ۱۸ و ۱۹ متوجه می‌شویم که تأثیر ازن بر دیاتومه‌ها مقداری با سختی انجام می‌شود زیرا این نوع از جلبک‌ها دارای پوسته سیلیسی هستند و اکسیداسیون آنها با گاز ازن به سختی صورت می‌گیرد. و در طول تزریق ازن برای نمونه (۱) به مقدار ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر ازن حذف کامل صورت نگرفته اما در نمونه شماره (۲) چون مقدار دیاتومه کمتر می‌باشد توانستیم حذف کامل را انجام دهیم.

نوع دیگر جلبک‌ها که در این نوع آب‌ها معدنی به مقدار زیاد وجود دارد کلروفیسه‌ها هستند که با بررسی صورت گرفته با توجه به جداول ۱۶ و ۱۷ متوجه می‌شویم که در دوز ۱/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر ازن به راحتی می‌توان کلروفیسه‌ها را حذف نمود این جلبک‌های سبزرنگ دارای جدار کلروپلاست هستند و نمی‌توانند در مقابل اکسیداسیون ازن مقاومت چندانی از خود نشان دهند و پوسته آنها بسیار نرم است و دارای سطح پهن‌تری نسبت به دیاتومه‌ها می‌باشند و به همین علت راحت‌تر از دیاتومه‌ها اکسید می‌شوند. در جداول ۱۴ و ۱۵ شمارش کلی جلبک‌ها صورت گرفته است که جلبک‌های اکثراً شامل دیاتومه و کلروفیسه هستند و درصد کمی از کلی جلبک‌ها از انواع دیگر می‌باشد که به به علت تعداد کم آنها در مقادیر کمتر از ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر گاز ازن حذف خواهند شد.

برای کل جلبک‌ها تقریباً در حدود ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر گاز ازن لازم است تا کل مواد ارگانیسمی را حذف نماید. که البته باز باید یادآور شویم تعداد و غلظت این ذرات بستگی مستقیم به وضعیت آب و هوایی دارد تا هوا مساعد و دما به حد معتدل باشد رشد این ذرات نیز زیادتر خواهد بود و برای حذف این ذرات مقادیر زیادتری گاز ازن لازم است.

نکته بعدی در مورد گندزدایی این آب‌ها می‌باشد چون این آبها در محیطی کاملاً آزاد هستند مکان بسیار خوبی برای رشد میکروب‌ها می‌باشند با توجه به جداول ۱۲ و ۱۳ متوجه می‌شویم که این آب‌ها دارای آلودگی بالایی هستند که با تزریق ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌توان این آبها را کاملاً استریل نمود و کلیه کلی‌فرم را حذف کرد. برای مقایسه فعالیت این باکتری‌ها باید به جداول ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱ توجه نمود که مقادیر BOD_5، COD را نشان می‌دهند تا فعالیت سوخت‌وساز این ذرات زیادتر باشد مقدار اکسیژن زیادتری را مصرف می‌کنند و این نشان می‌دهد که فعالیت میکربی در این آب‌ها بالا می‌باشد به همین علت با مشاهده افزایش BOD_5، COD حتما

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

باید نسبت به گندزدایی این آب‌ها قدام لازم صورت گیرد که با توجه به جداول ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱ می‌توان دید در حدود ۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌توان کاهش کامل BOD_5، COD را انجام داد.

نتیجه‌گیری کلی

مقادیر بالای COD باعث می‌شود که در ابتدای ازن صرف اکسیداسیون موادآلی موجود گردد فرایند وقتی به سمت گندزدایی پیش می‌رود که موادآلی طبیعی در آب کاهش یابد و یا اکسید شده باشند و همچنین جلبک‌ها و میکروارگانیسم‌ها بر روی کیفیت گندزدایی تأثیر مستقیم دارند به همین علت COD یکی از فاکتورهایی می‌باشد که تأثیر مستقیم گاز ازن را بر حذف کلیه مواد آلاینده می‌توان مشاهده نمود. (جداول ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱).

BOD_5 که مقدار اکسیژن مصرفی بیولوژیکی را نشان می‌دهد و با حذف کامل ترکیبات طبیعی می‌توان طبق جداول ۱۰ و ۱۱ مشاهده کرد که با تزریق مقدار مناسب ازن BOD_5 کاملاً سیر نزولی را طی نموده است البته نکته که باید به آن توجه نمود این است که تغییرات BOD_5 نسبت به COD شدیدتر است که می‌توان آن را به این صورت بیان نمود که در ابتدا مواد غیرقابل تجزیه در اثر اکسیداسیون به مواد قابل تجزیه تبدیل گشته و این مواد دارای فعالیت بیولوژیکی می‌شوند و می‌توانند در ابتدا مقدار BOD_5 را افزایش دهند و بعداً سریعاً توسط ازن اکسید خواهند شد و مقدار BOD_5 کاهش خواهد یافت. برای مقابله با این مشکل باید زمان اکسیداسیون را توسط ازن افزایش بدهیم که زمان تماس زیادتر این فعالیت جانبی ترکیبات آلی را از بین می‌برد.

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

منابع

1) Books: Bruno Langlais David A. reckhow, Deborah R.brink, 1996. Ozone in Water Treatment Application And Engineering. Lewis Publisher.

2) Books: Masschelein.W.J,1982. Ozonization Wastwater Treatment, Wiley-Inter Science Publication.

۳) کتاب: علیدادی، ح.، مرتضوی، س. م، ضد عفونی کننده ها در تصفیه آب و فاضلاب، ۱۳۷۹، انتشارات شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان.

4) Congrees: American Water Work Association, 1992. Standard Method for the Examination of Water and Wastwater, 18 thed, U.S.A.

5) Books: Knocke, W. R. et. AL, 1990, Kinetics of Iron and Manganes by Alternative Oxidants, AWWA. Research Foundation Final Report.

6) Books: Paill And, H.et.AL,1987, Application of Oxidation System to the Treatment of Natural Water, Ozone Sci. Engrg.

7) Books: Knocke, W. R. et. AL, 1989, Soluble Manganeses Removal on Oxide-Coated Filter Media, Jour, AWWN, Vol.80 No.12,pp.65.

۸) کتاب: دانشور، نظام الدین، شیمی آب، ۱۳۷۱، چاپ، انتشارات عمیدی.

9) Books: Amoore,J.E,1990.The Chemistry and Physilogy of Order Sensitivity , Jour, AWWA, Vol.78,No .3 ,pp.70.

10) Journals: Glaze, W.H . et. AL, 1990,Evaluating Oxidants for the Removal of Model Teste And Order Compounds Form a Municipal Water Supply, Jour. AWWA, Vol.87,No.5,pp .79-84.

11) Journals: Kato ,M . et AL,1983, The Further Develoment in Ozone Application Technology in Potable Water, Ultaviolet or Ultra- sonic Assisted Ozonization , Water Supply ,Vol.6, pp. 34.

12) Journals: Monitiel ,A.J,1983 ,Municipal Drinking Water Treatment Procedure for Teaste And Order Abantment Review. Wtr. Sci. Tech. Vol.15.6/7 , pp.279.

13) Juornals: Yurteri , C., Gurol, M.D , 1988, Ozone Consumption in Natural Water, Effect of Back Ground Organic Matter, PH, And Carbonate Species, Ozone Sci. Engrg. Vol. 10. No. 277, pp.7.

۱۴) کتاب: چالکش امیری. محمد، اصول تصفیه آب، ۱۳۸۱، چاپ سوم، انتشارات ارکان.

۱۵) کتاب: ملک زاده. فریدون، شهامت. منوچهر، میکروبیولوژی عمومی،۱۳۷۱، چاپ دوم، انتشارات

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

Using Of Method Ozonetion for Filtration Mineral Water

Hasan Jian, Department of Applied Chemistry, Islamic Azad University, Mahabad Branch

Abstract

Mineral water and drinking water are one of the vital and immediate needs for human beings.

Depending age and weather, everybody needs about one to two liters. The origin of 80% of human diseases is unavailability of healthy water.75% percent of people in developing countries are deprived of facilities for water. Actually, healthy water scarce and expensive. Pollutions descend the quality of water by changing it physically, chemically and biologically .Some of the pollutions are decadence and can be decreased easily, like human, animal and agricultural drainages.Some of the pollutions are undecadence , like polop and Mercury, and plastices. That we should reduce them in water.

In this reseach two samples of mineral water found in northern Mahabad, west Azarbaigan, with hardness of 36 , 42 mg/l(CaCo3) are investigated. Then, different amount of Ozone gas is injection in to mineral water and biological and chemical changes probed.

The used Ozonator can produce 25 mg Ozone per hour.To determine the amount of Ozone gas we used iodometry method. In injection of 1.25 mg/l we going complete removal of diatomaceae in sample (1) and up to 99 percent in sample (2). Both had complete removal of chlorophyceae in 1.1 mg/l complete remove of BOD5 sample 1 in 1.1 mg/l Ozone and in sample in are my Ozone.
We had 65 percent reduction of COD for injection of 1.2 my Ozone for sample (1) and 68 percent for sample (2).

Complete disinfection is done in both by 0.5 mg per liter.In this method agreeable water is achieved because no chemical is used and we don't need to provide chemicals. So, we can introduce Ozonetion the best method for filtertion water.

Key words: Ozonetion, filtertion, disinfection, mineral water, agreeable water.

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

جدول شماره ۱. مقایسه تأثیر اکسیداسیون گاز ازن با سایر اکسیدکننده‌ها

ردیف	عامل اکسیداسیون	پتانسیل اکسیداسیون- ولت (محیط اسیدی)	پتانسیل اکسیداسیون نسبی کلر= ۱/۰
۱	فلوئور	۳/۳۰	۲/۲۳
۲	رادیکال هیروکسیل	۲/۸	۲/۰۶
۳	اکسیژن اتمی	۲/۴۲	۱/۷۸
۴	ازن	۲/۷۰	۱/۵۲
۵	پر اکسید هیدروژن	۱/۷۸	۱/۳۱
۶	رادیکال پر هیدروکسیل	۱/۷	۱/۲۵
۷	پرمنگنات	۱/۶۸	۱/۲۴
۸	دی اکسید کلر	۱/۵۷	۱/۱۵
۹	اسید هیپو کلرو	۱/۴۸	۱/۰۹
۱۰	اسید هیپو یدو	۱/۴۵	۱/۰۷
۱۱	کلر	۱/۳۶	۱/۰۰
۱۲	برم	۱/۰۹	۰/۸
۱۳	ید	۰/۵۴	۰/۳۹

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

جدول شماره ۲. مقایسه تأثیر اکسیداسیون گاز ازن با سایر اکسیدکننده‌ها

ردیف	کمیت‌های مورد بررسی	نتایج	Test
۱	رسانایی آب	۹۵	Electrical conductivity(µs/cm)
۲	اسیدیته	۶/۸	pH
۳	کل مواد جامد در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد	۶۸/۵	Total Dissolved Solids at 1800°C
۴	بازی بودن نسبت به فنل فتالئین	۱۰	Alkalinity To phen-mg/liter($CaCo_3$)
۵	بازی بودن نسبت به متیل اورانژ	۵۵	Alkalinity To mety-mg/liter($CaCo_3$)
۶	سختی آب	۳۶	Total Hardness mg/l ($CaCo_3$)
۷	کلسیم	۲۲	Calciam mg/l Ca
۸	منیزیم	۵/۲	Magnesium mg/l Mg
۹	سدیم	۴/۶	Sodium mg/l Na
۱۰	کلرید	۵/۴	Chloride mg/l Cl
۱۱	سلفات	۱/۴	Sulphate mg/l So4
۱۲	آمونیاک	۱/۰۱	Ammonia mg/l NH_3
۱۳	نیتریت	—	Nitrit mg/l NO_2
۱۴	نیترات	۶/۴	Nitrate mg/l NO_3
۱۵	اکسیژن موردنیاز شیمیایی	۱۴	COD mg/l O_2
۱۶	اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی	۷	

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

جدول شماره ۳. آنالیز شیمیایی نمونه کانی روستای توتانخاچ (منطقه شمالی)

ردیف	کمیت‌های مورد بررسی	نتایج	Test
۱	رسانایی آب	۳۶۸	Electrical conductivity(µs/cm)
۲	اسیدیته	۷/۵	pH
۳	کل مواد جامد در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد	۳۵۲	Total Dissolved Solids at 1800C
۴	بازی بودن نسبت به فنل فتالئین	___	Alkalinity To phen-mg/liter(CaCo)
۵	بازی بودن نسبت به متیل اورانژ	۱۴۴	Alkalinity To mety-mg/liter(CaCo)
۶	سختی آب	۱۴۵	Total Hardness mg/l (CaCo)
۷	کلسیم	۴۲	Calciam mg/l Ca
۸	منیزیم	۱۲/۲	Magnesium mg/l Mg
۹	سدیم	۲۵	Sodium mg/l Na
۱۰	کلرید	۱۰/۵	Chloride mg/l Cl
۱۱	سلفات	۲۱	Sulphate mg/l So4
۱۲	آمونیاک	۰/۰۲	Ammonia mg/l NH
۱۳	نیتریت	۱/۰۱	Nitrit mg/l NO
۱۴	نیترات	۸/۵	Nitrate mg/l NO
۱۵	اکسیژن موردنیاز شیمیایی	۱۳	COD mg/l O
۱۶	اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی	۶	

جدول شماره ۴. مشخصات بیو لوژیکی نمونه کانی سپی (منطقه جنوبی)

ردیف	ارگانیسم	شمارش در لیتر	Organism
۱	دیاتومه	۲۲۰	Diatomaceae
۲	گلروفیسه‌ها	۸۵	Chlorophyceae

جدول شماره ۵. مشخصات بیو لوزیکی روستای توتانخاچ (منطقه شمالی)

ردیف	ارگانیسم	شمارش در لیتر	Organism
۱	دیاتومه	۲۲۰	Diatomaceae
۲	گلروفیسه‌ها	۸۵	Chlorophyceae

جدول شماره ۶. نتایج آزمایشات میکربی نمونه کانی سپی(منطقه جنوبی)

شمارش احتمالی کلی‌فرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (MPN/100 ML)	۱۴
تعداد کشرشیا کلی E.Coli در ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه	۳/۲

جدول شماره ۷. نتایج آزمایشات میکربی روستای توتانخاچ(منطقه شمالی)

شمارش احتمالی کلی‌فرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (MPN/100 ML)	۱۴
تعداد کشرشیا کلی E.Coli در ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه	۳/۲

جدول شماره ۸. تغییرات COD در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	COD (mg/l)	درصد حذف
خام	--	۱۳/۵	--
۱	۰/۲۵	۱۳/۴۸	۰/۱۴
۲	۰/۵۰	۱۱/۹۸	۱۱/۲۵
۳	۰/۷۵	۸/۹۸	۳۳/۴۸
۴	۱	۸/۴	۳۵/۵۵
۵	۱/۲۵	۶/۵	۵۱/۸۵
۶	۱/۵	۵	۶۲/۹۶

جدول شماره ۹. تغییرات COD در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۲)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	COD (mg/l)	درصد حذف
خام	--	۱۱/۵	--
۱	۰/۲۵	۱۰/۸	۶/۰۸
۲	۰/۵۰	۹/۱	۲۰/۸
۳	۰/۷۵	۷/۸	۳۲/۱
۴	۱	۶/۲	۴۶
۵	۱/۲۵	۴/۳	۶۲/۶
۶	۱/۵	۳/۸	۶۶/۹۵

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

جدول شماره ۱۰. تغییرات BOD_5 در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	BOD_5 (mg/l)	درصد حذف
خام	--	۷/۸	--
۱	۰/۲۵	۶/۸	۱۲/۸
۲	۰/۵۰	۴/۸	۳۸/۴۶
۳	۰/۷۵	۲/۸	۶۴/۱
۴	۱	۰/۹	۸۸/۴۶
۵	۱/۲۵	۰	۱۰۰
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

جدول شماره ۱۱. تغییرات BOD_5 در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۲)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	BOD (mg/l)	درصد حذف
خام	--	۷	--
۱	۰/۲۵	۶	۱۴/۲۸
۲	۰/۵۰	۵	۲۸/۵۷
۳	۰/۷۵	۳	۵۷/۱۴
۴	۱	۱	۸۵/۷۱
۵	۱/۲۵	۰	۱۰۰
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

جدول شماره ۱۲. حذف کلیفرم ها در نمونه شماره (۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	محتمل‌ترین تعداد کلی‌فرمMPN	درصد حذف
خام	--	۲۳	--
۱	۰/۱	۱۷	۲۶
۲	۰/۲	۱۰	۵۶/۵
۳	۰/۳	۶	۷۳/۹
۴	۰/۴	۳	۸۶/۹
۵	۰/۵	۰	۱۰۰
۶	۰/۶	۰	۱۰۰

جدول شماره ۱۳. حذف کلی‌فرم ها در نمونه شماره (۲)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	محتمل‌ترین تعداد کلی‌فرمMPN	درصد حذف
خام	--	۲۳	--
۱	۰/۱	۱۷	۴۱
۲	۰/۲	۱۰	۶۴/۷
۳	۰/۳	۶	۸۲/۳
۴	۰/۴	۳	۸۸/۲
۵	۰/۵	۰	۱۰۰
۶	۰/۶	۰	۱۰۰

جدول شماره ۱۴. شمارش کلی جلبک‌ها در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	شمارش کلی جلبک‌ها	درصد حذف
خام	--	۱۴۵۳	--
۱	۰/۲۵	۱۳۴۵	۶/۷
۲	۰/۵۰	۹۴۶	۳۴/۸۹
۳	۰/۷۵	۵۹۳	۵۹
۴	۱	۳۰۴	۷۹
۵	۱/۲۵	۱۴۲	۹۰/۲
۶	۱/۵	۹	۹۹/۳۸

جدول شماره ۱۵. شمارش کلی جلبک‌ها در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۲)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	شمارش کلی جلبک‌ها	درصد حذف
خام	--	۴۳۰	--
۱	۰/۲۵	۳۵۵	۱۷/۴
۲	۰/۵۰	۲۸۰	۳۴/۸۸
۳	۰/۷۵	۱۶۰	۶۲/۷۹
۴	۱	۹۰	۷۹
۵	۱/۲۵		
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

جدول شماره ۱۶. حذف کلرفیسه ها در اثر ازناسیون در نمونه شماره(۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	شمارش کلروفیسه‌ها	درصد حذف
خام	--	۳۲۰	--
۱	۰/۲۵	۲۲۰	۳۱/۲۵
۲	۰/۵۰	۱۲۵	۶۰/۹۳
۳	۰/۷۵	۷۲	۷۷/۵
۴	۱	۱۲	۹۵/۲۵
۵	۱/۲۵	۰	۱۰۰
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

جدول شماره ۱۷. حذف کلرفیسه ها در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۲)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	شمارش کلروفیسه‌ها	درصد حذف
خام	--	۱۳۱	--
۱	۰/۲۵	۱۰۶	۱۹/۰۸
۲	۰/۵۰	۸۱	۳۸/۱۶
۳	۰/۷۵	۶۲	۵۲/۶۷
۴	۱	۳۶	۷۲/۵۱
۵	۱/۲۵	۷	۹۴/۶۵
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

جدول شماره ۱۸. حذف دیاتومه در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	شمارش کلروفیسه‌ها	درصد حذف
خام	--	۱۳۰۰	--
۱	۰/۲۵	۱۲۰۰	۷/۶
۲	۰/۵۰	۹۰۰	۳۰/۷۶
۳	۰/۷۵	۶۰۰	۵۳/۸۴
۴	۱	۳۵۰	۷۳
۵	۱/۲۵	۲۰۰	۸۴/۶۱
۶	۱/۵	۸۰	۹۳/۸۴

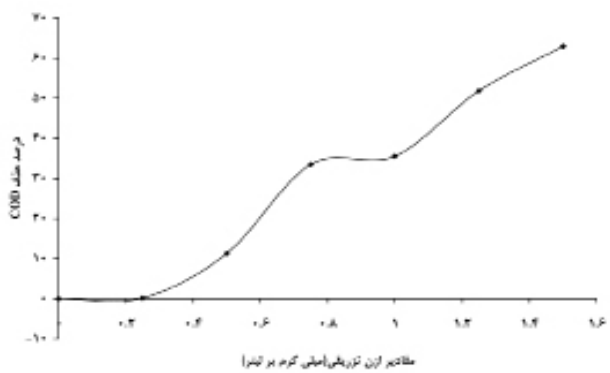
سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org

جدول شماره ۱۹. حذف دیاتومه در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۲)

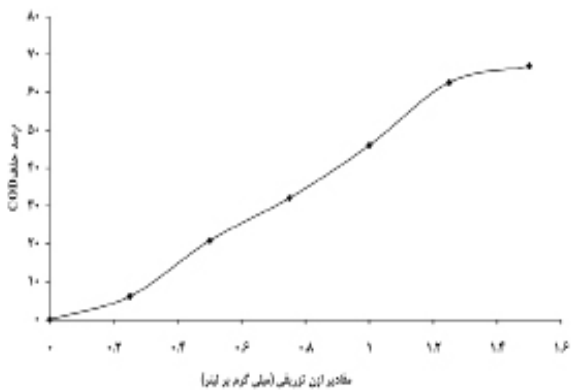
شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	شمارش کلروفیسه‌ها	درصد حذف
خام	--	۳۲۰	--
۱	۰/۲۵	۲۷۰	۱۵/۶۲
۲	۰/۵۰	۲۲۰	۳۱/۲۵
۳	۰/۷۵	۱۳۰	۵۹/۳۷
۴	۱	۵۵	۸۲/۸۱
۵	۱/۲۵	۱۲	۹۶/۲۵
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

جدول شماره ۱. مقایسه تأثیر اکسیداسیون گاز ازن با سایر اکسیدکننده‌ها

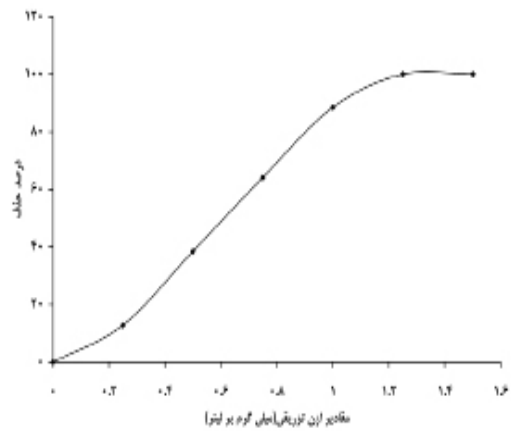
ردیف	زمان تزریق ازن (Sec)	سرعت جریان گاز اکسیژن(ml/s)	ازن تولیدی(mg)
۱	۰	۰	۰
۲	۰/۰۵	۲۳	۱۰
۳	۰/۰۸	۲۳	۲۰
۴	۰/۱	۲۳	۳۰
۵	۰/۲	۲۳	۵۰
۶	۰/۵۳	۲۳	۱۲۰
۷	۰/۷	۲۳	۱۷۰
۸	۰/۹	۲۳	۲۱۰
۹	۱/۱۵	۲۳	۲۶۰
۱۰	۱/۴۳	۲۳	۳۳۰
۱۱	۱/۴۵	۲۳	۳۵۰
۱۲	۱/۴۵	۲۳	۴۰۰
۱۳	۱/۴۵	۲۳	۴۲۰



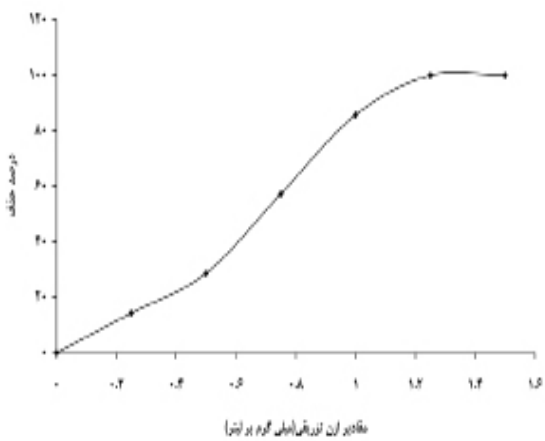
نمودار شماره ۱. میزان کاهش COD در اثر تزریق ازن به نمونه (۱)



نمودار شماره ۲. میزان کاهش COD در اثر تزریق ازن به نمونه (۲)

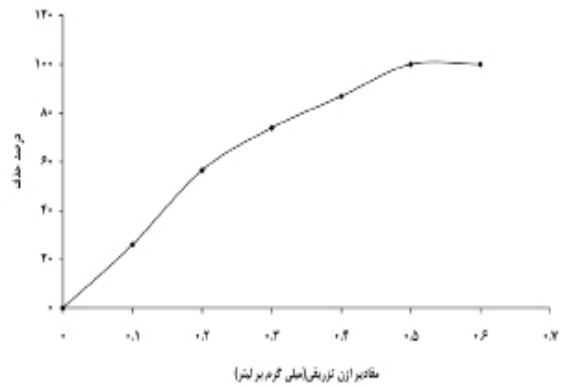


نمودار شماره ۳. تغییرات BOD در اثر ازناسیون در نمونه (۱)

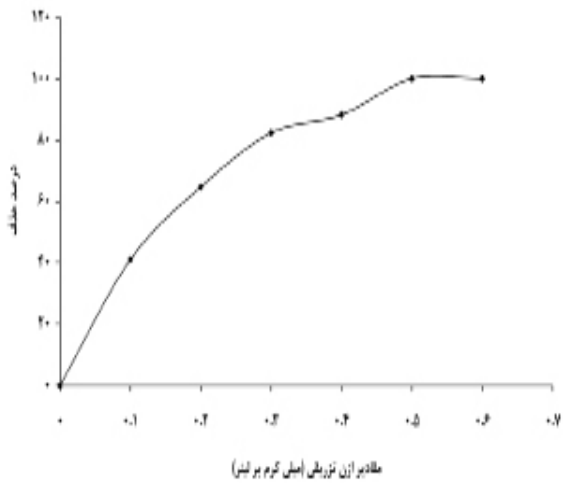


نمودار شماره ۴. تغییرات BOD در اثر ازناسیون در نمونه (۱)

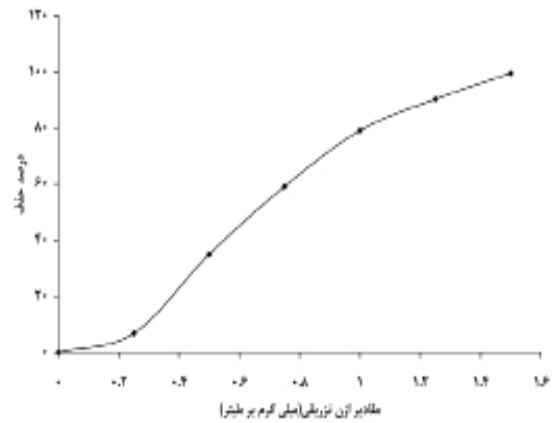
سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org



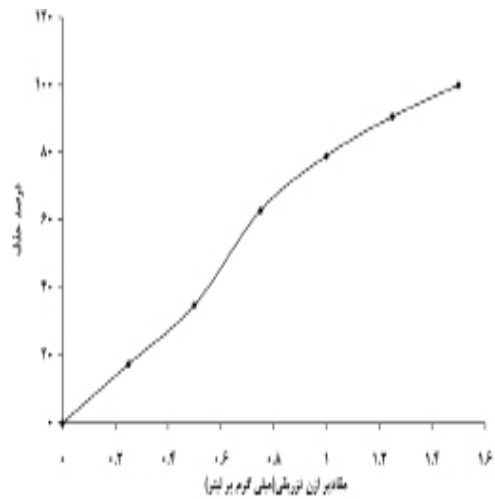
نمودار شماره ۵. حذف کلی‌فرم در نمونه (۱)



نمودار شماره ۶. حذف کلی‌فرم در نمونه (۲)

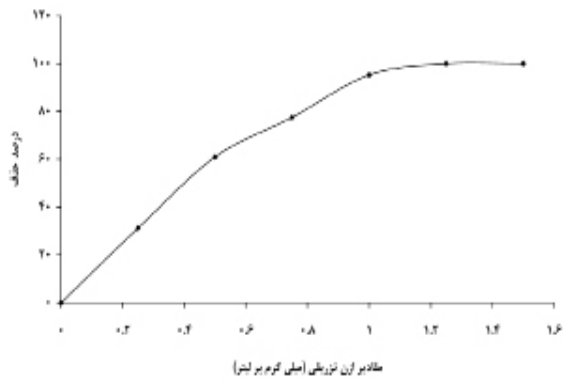


نمودار شماره ۷. شمارش کلی جلبک‌ها در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۱)

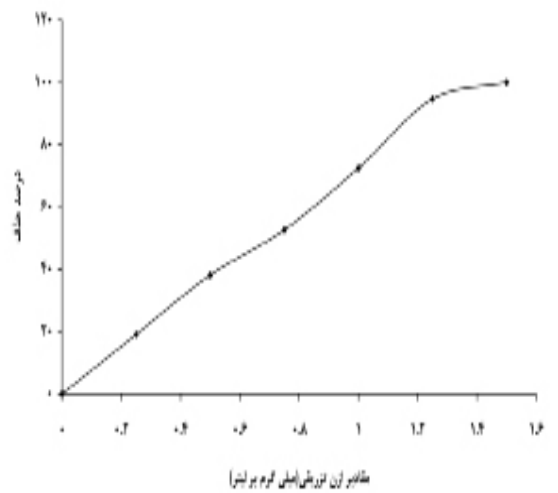


نمودار شماره ۸. شمارش کلی جلبک‌ها در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۲)

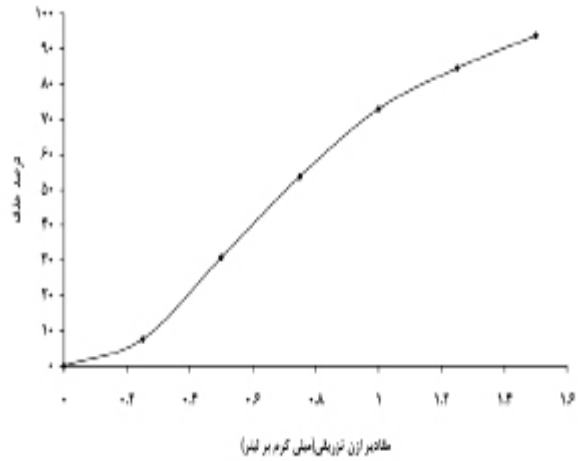
سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران: www.irsen.org



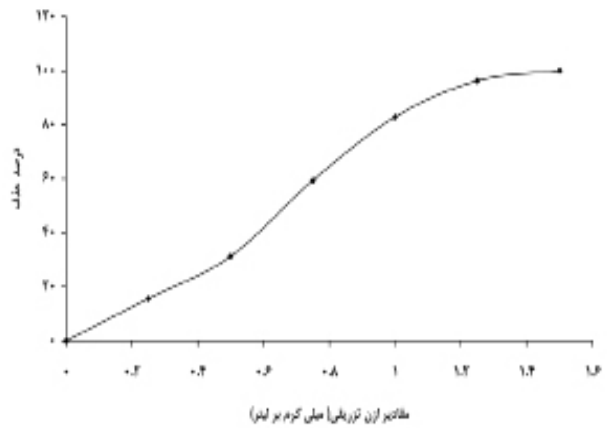
نمودار شماره ۹. حذف کلروفیسه‌ها در اثر ازناسیون در نمونه (۱)



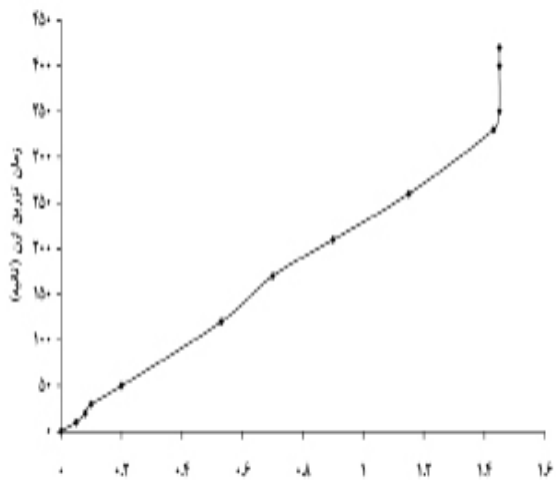
نمودار شماره ۱۰. حذف کلروفیسه‌ها در اثر ازناسیون در نمونه (۲)



نمودار شماره ۱۱. حذف دیاتومه در اثر ازناسیون در نمونه (۱)



نمودار شماره ۱۲. حذف دیاتومه در اثر ازناسیون در نمونه (۲)



نمودار شماره ۱۳. میزان ازن تولیدی دستگاه در زمان‌های مختلف