کاربرد ازن در تصفیهٔ فاضلاب

یونس حق‌روان[1*]، رامین زادغفاری[2]، محمدرضا باغچه وان[2]
۱. مرکز تحقیقات مهندسی آذربایجان‌شرقی
۲. پژوهشکده مهندسی وزارت جهادکشاورزی
us_haghravan@yahoo.com, ramin_80g@yahoo.com, baghchevan@hotmail.com

نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران
۳-۵ آذر ماه ۱۳۸۳

چکیده

در این مقاله نقش ازن در تصفیه و ضدعفونی فاضلاب خانگی و صنعتی بصورت تئوری و تجربی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله نشانگر آنست که ازن، بو، مزه، تمامی میکروارگانیسم‌ها (میکروب، باکتری و ویروس)، یونهای فلزی (کلسیم، منگنز و آهن) و ترکیبات آلی (بجز پارافین‌ها) را از بین می‌برد. همچنین نقش مؤثری در کاهش COD و BOD داشته و در اکثر موارد نیز ازن نقش عمده‌ای در رنگ‌بری فاضلابها ایفا می‌کند.

کلمات کلیدی: فاضلاب، تصفیه، ازن

مقدمه

با بزرگ شدن شهرها و افزایش جمعیت آنها از یک سو و گسترش صنایع و کارخانه‌ها از سوی دیگر مسئلهٔ آلودگی محیط زیست[1] روز بروز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. وجود فاضلابها یکی از عوامل آلودگی محیط زیست هستند و لذا بایستی آنها را جمع‌آوری و از شهرها بیرون آورده، نخست آنها را پالایش و تصفیه نمود و سپس به گردش آب در طبیعت برگردانید. فاضلابها بسته به شکل پیدایش و خواص آنها به سه گروه تقسیم می‌گردند.

فاضلاب‌های خانگی، فاضلاب‌های صنعتی و فاضلاب‌های سطحی

خواص فیزیکی و اجزاء شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب و منابع ایجاد آنها در جدول (۱)، و مهمترین عوامل آلوده‌کننده‌ای که بر روی تصفیه فاضلاب تأثیر می‌گذارند، در جدول(۲)، گنجانده شده‌اند.

استانداردهای تصفیهٔ ثانویه فاضلاب، در ارتباط با دفع مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی، مواد جامد معلق و عوامل بیماری‌زا می‌باشند. بسیاری از استانداردهایی که اخیراً وضع شده‌اند، از سخت‌گیری بیشتری برخوردار بوده و در ارتباط با حذف مواد غذایی غیرآلی و حذف بهتر مواد آلی می‌باشند. در صورت لزوم استفادهٔ مجدد از فاضلاب، استانداردها طبیعتاً شامل شرایطی برای دفع موادآلی مقاوم (غیرقابل تصفیه) ، فلزات سنگین و در مواردی مواد جامد غیرآلی و محلول، خواهند بود[۱].

استانداردهای خروجی فاضلاب برای مصارف مختلف در جدول(۳) ارایه گردیده است[۲].

روش تحقیق

عوامل آلوده‌کننده در فاضلاب توسط روشهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی حذف می‌شوند، این روشها معمولاً بصورت تصفیهٔ فیزیکی (Physical unit operations) ، تصفیهٔ شیمیایی (Chemical unit processes) و تصفیهٔ بیولوژیکی (Biological unit processes) ، طبقه‌بندی می‌شوند.

ازن بعنوان یک اکسیدکننده قوی می‌تواند تعدادی از اهداف تصفیه را برآورد کند. اهداف مطلوب و موردنظر، نقطه کاربرد، مقدار ازن و زمان تماس در هر نقطه را تحت تأثیر قرار خواهد داد. هنگامیکه محل ازن‌زنی انتخاب شد، در نظر گرفتن امکان برهم‌کنش ازن با سایر مواد شیمیایی دارای اهمیت زیادی می‌باشد زیرا ممکن است که ازن با یونهای هیپوکلریت، دی‌اکسیدکلر و کلرآمین‌ها واکنش دهد. این برهم‌کنش‌ها می‌توانند با واکنش‌های شیمیایی تداخل کرده، و کنترل فرآیند را دچار مشکل نمایند. بنابراین از بین بردن و پراکندن ازن باقیمانده قبل از اضافه کردن سایر مواد شیمیایی ضروری است[۳] .

1. Environment

کاربرد ازن درپیش تصفیه

ازن در مراحل اولیه برای منظورهای مختلف بکار برده شده است (ضدعفونی، حذف طعم و بو، کاهش رنگ، حذف آهن و منگنز، جلوگیری از رشد گیاهان، کاهش میزان پیش‌سازها و شناورسازی به منظور حذف جلبک). اگر چه میزان مورد نیاز در مرحله پیش تصفیه بالا می‌باشد اما در برخی موارد مانند صاف‌سازی مستقیم و یا در محلهایی که ازن مورد نیاز کم باشد، گندزدایی اولیه، مناسب و مفید می‌باشد[۳].

بطورکلی مقدار مورد نیاز ازن جهت اهداف مختلف، متفاوت می‌باشد و در ابتدا نیاز است که اولویت تصفیه بوسیله ازن مشخص شود برای مثال مقدار ازن مورد نیاز جهت تقویت و تشدید انعقاد، متفاوت از مقدار لازم جهت حذف بو یا بعنوان حذف‌کننده مواد آلی و میکروارگانیسم‌های بیماریزا بوده و همچنین توجه کافی به مواد آلی موجود در پسآب و فاضلاب شود، زیرا این مواد، ازن بسیار زیادی نیاز دارند و از طرف دیگر کارآیی راندمانهای حذف را نیز تا حد زیادی تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش کارآیی می‌شوند.

یکی دیگر از پیامدهایی که در کاربرد ازن در مرحله پیش تصفیه با آن روبرو هستیم احتمال تشکیل مواد جهش‌زا و سرطانزای ثانویه می‌باشد. این مسئله هنگامی اتفاق می‌افتد که غلظتهای بالایی از مواد آلی موجود باشد. تشکیل مواد جهش‌زا در حالتی که نسبت ازن به مواد آلی پایین‌تر باشد به حداکثر مقدار خود می‌رسد، بنابراین لازم است که از افزایش و تجمع مواد در پایین دست جریان جلوگیری کنیم[۳و۴].

کاربرد ازن قبل از صاف‌سازی

افزودن قبل از صاف‌سازی می‌تواند باعث کاهش ازن مورد نیاز شود زیرا مقداری از مواد ازن‌خواه، قبل از صاف شدن در مراحل قبلی تصفیه، جداسازی می‌شوند. این امر بخصوص در مورد فرآیندهای متداول تصفیه مانند ته‌نشینی و انعقاد واقعیت دارد. همچنین در مواردی که امکان حل شدن آهن و منگنز ته‌نشین شده در آب وجود دارد، کاربرد قبل از صاف‌سازی این مشکل را حل می‌کند[۴].

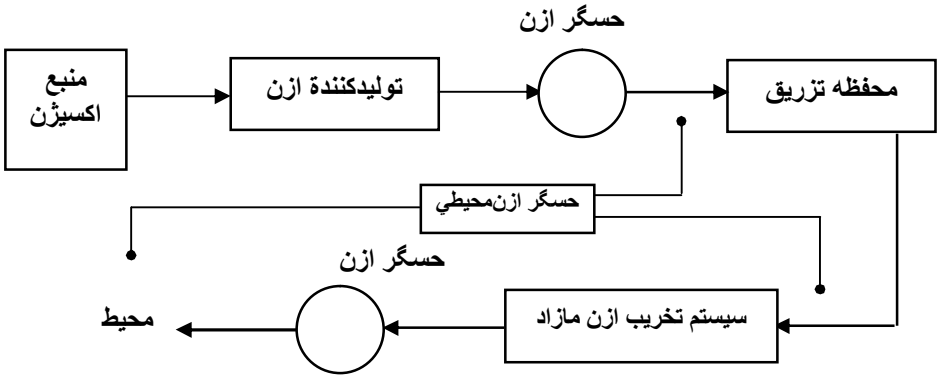
کاربرد ازن بعد از صاف‌سازی

در این حالت نیز بدلیل حذف بیشتر مواد ازن‌خواه در فرآیندهای قبلی تصفیه، میزان ازن مورد نیاز تا حد زیادی کاهش می‌یابد. بعلاوه فرآیند گندزدایی در این مرحله بهتر صورت می‌گیرد زیرا بسیاری از مواد معلق و مزاحم که باعث حفاظت عوامل بیماری‌زا در مقابل ماده گندزدا می‌شوند، در این مرحله وجود ندارند. بنابراین می‌توان گفت که این محل یکی از بهترین محلها جهت انجام گندزدایی با حداکثر کارآیی می‌باشد. علاوه بر این، تأسیسات تماس‌دهنده ازن را بهتر می‌توان در این محل ایجاد کرد. علیرغم مزایای فراوان کاربرد ازن بعد از صاف‌سازی، وجود مواد جانبی قابل تجزیه بیولوژیک بعد از این مرحله وجود یک سیستم جهت حذف این مواد را قبل از دفع و یا ورود به سیستم توزیع الزامی می‌کند.

در تصفیه فاضلاب بدلیل شرایط خاص و وجود انبوه مواد آلی در مراحل اولیه و حتی نزدیک به پایان تصفیه، بهترین محل جهت کاربرد ازن بعد از ته‌نشینی ثانویه می‌باشد. در این مرحله نیز باید توجه کافی به راهبری صحیح حوضهای ثانویه بشود تا مواد معلق و محلول موجود در پسآب به حداقل مقدار ممکن برسد و در نتیجه ازن‌زنی را کارآتر و موثرتر کند[۴و۵].

آزمایش‌ها

بمنظور بررسی نقش ازن در حذف رنگ، بو، مزه، یونهای آهن، منگنز، ترکیبات آلی و کلیفرم فاضلاب شهری، نمونه‌های مختلفی تهیه گردید. بعد از فیلتراسیون اولیه، با استفاده از یک سیستم داده‌برداری (کپسول اکسیژن، محفظه تزریق، حسگرهای ازن، ازبین‌برنده ازن مازاد) نمونه‌ها در قسمت محفظه تزریق ازن، در معرض گاز ازن (با مدت و مقدار مشخص) قرار گرفته و محصولات بمنظور تعیین میزان تأثیر ازن مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. شماتیک سیستم داده‌برداری در شکل(۱) و نیز یک نمونه فاضلاب در مراحل مختلف تصفیه در شکل(۲) نشان داده شده است. نتایج آنالیز فاضلاب قبل از تصفیه و پس از تزریق نهایی ازن در جدول(۴) ارایه گردیده است.



شکل۲- نمونهٔ فاضلاب در مراحل مختلف تصفیه

۱) قبل از تصفیهٔ فیزیکی ۲) بعد از تصفیه با فیلتر شنی
۳) پس از ته‌نشینی ۴) پس از ازن‌زنی و فیلتراسیون

جدول۴- نتایج آنالیز فاضلاب قبل از تصفیه و پس از تزریق ازن

مشخصه	نمونه خام (g/lit)	پس از تصفیه و ازن‌زنی(g/lit)
کلسیم	۱۷۶	۶۳
کلر آزاد	۲/۵	—
آهن Fe	۱۴	۱/۷
منیزیم Mg	۲۳۰	۸۲
آمونیوم NHCl	۹/۵	۱/۵
آمونیوم نیتروژن + مواد آلی	۶۰	۱۴
فسفات برحسب فسفر	۱۵	۵
اکسیژن محلول DO	۱	۲/۵
pH	۹/۵	۶/۷
کدریت (واحد کدورت)	۲۰۴	۲۰
رنگ (واحد رنگ)	۱۳۰	۵۴
کلینوم گوارش (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	۱۸۰۰	—

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به آزمایش‌های صورت گرفته بخوبی مشخص است که استفاده از ازن در تصفیه فاضلاب بطور شگفت‌آوری مؤثر است بطوریکه تمامی میکروارگانیسم‌ها را از بین برده و یونهای فلزی را نیز رسوب می‌دهد همچنین باعث بی‌رنگ شدن و از بین رفتن بو و مزه آن می‌شود. ازن‌زنی باعث تولید مواد جامد محلول نشده و متأثر از یون آمونیوم سیستم نمی‌باشد. با توجه به استانداردهای خروجی فاضلاب و نتایج حاصل از آزمایش‌ها روشن است که فاضلاب تصفیه شده بوسیله ازن‌زنی دارای معیارهای قابل قبول جهت کلیه مصارف مطرح از جمله کشاورزی، صنایع، تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی و مصارف شهری می‌باشد .

منابع و مراجع

1. George & Tchobanoglous “Waste water engineer”, McGraw-Hill, 1991.

۲. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ″آئین‌نامه جلوگیری از آب″، مادهٔ۳و۵

3. Maschelein, W. J., Ozonization Manual for Water and Wastewater treatment, New York: John Wiley & Sons, 1982.

4. Langlais S. B., & Reckhow, D. A. & Brink, D. R., Ozone in Water Treatment, application and engineering, Michigan: Lewis Publishers, 1991.

5. C. Gottschalk, J.A. Libra, A.Saupe “Ozonation of water and waste water”, WILEY-VCH, 2000.

جدول۱- مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب و منابع آن

مشخصات	منابع
خواص فیزیکی :	
رنگ	فاضلابهای شهری و صنعتی، فساد طبیعی مواد آلی
بو	تجزیهٔ فاضلاب، فاضلابهای صنعتی
مواد جامد	آبرسانی شهری، فاضلابهای شهری و صنعتی فرسایش خاک، نفوذ و ریزش درون شبکه
دما	فاضلابهای شهری و صنعتی
اجزاء شیمیایی :	
آلی :	
ییدرات‌های کربن	فاضلابهای شهری، تجاری و صنعتی
چربی‌ها، روغن‌ها و گریس	فاضلابهای شهری، تجارتی و صنعتی
سموم دفع آفات	فاضلابهای کشاورزی
فنل‌ها	فاضلابهای صنعتی
پروتیین‌ها	فاضلابهای شهری و تجارتی
مواد فعال سطحی (سورفاکتانها)	فاضلابهای شهری و صنعتی
غیره	فساد طبیعی موادآلی
غیرآلی :	
قلیاییت	فاضلابهای شهری، آبرسانی شهری
کلرایدها	نفوذ آب زیرزمینی به مجاری فاضلاب آبرسانی شهری، فاضلابهای شهری، نفوذ آب زیرزمینی به مجاری فاضلاب، سختی گیرهای آب
فلزات سنگین	فاضلابهای صنعتی
نیتروژن	فاضلابهای شهری و کشاورزی
pH	فاضلابهای صنعتی
فسفر	فاضلابهای شهری و صنعتی، آبهای سطحی
گوگرد	آبرسانی شهری، فاضلابهای شهری و صنعتی
ترکیبات سمی	فاضلابهای صنعتی
گازها :	
هیدروژن سولفوره	تجزیهٔ فاضلابهای شهری
متان	تجزیهٔ فاضلابهای شهری
اکسیژن	آبرسانی شهری، نفوذ آبهای سطحی به شبکهٔ فاضلاب
اجزاء بیولوژیکی :	
حیوانات	جویبارهای روباز و تصفیه‌خانه‌ها
گیاهان	جویبارهای روباز و تصفیه‌خانه‌ها
پروتیستا	فاضلابهای شهری، تصفیه‌خانه‌ها
ویروسها	فاضلابهای شهری

جدول۲- مهمترین آلوده‌کننده‌هایی تأثیرگذار بر روی تصفیهٔ فاضلاب

آلوده‌کننده‌ها	دلیل اهمیت
مواد جامد معلق	در صورت تخلیهٔ فاضلاب تصفیه نشده به محیط آبی، مواد جامد معلق می‌توانند سبب تولید لجن و ایجاد شرایط بی‌هوازی گردند.
مواد آلی قابل تجزیهٔ بیولوژیکی	این مواد که اساساً از پروتیینها، هیدراتهای کربن و چربیها و موادآلی قابل تجزیهٔ بیولوژیکی تشکیل شده‌اند برحسب BOD (اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی) و COD (اکسیژن موردنیاز شیمیایی) اندازه می‌گیرند. اگر اینگونه مواد را بدون انجام تصفیه در محیط تخلیه نمایند، تثبیت بیولوژیکی آنها باعث ایجاد نقصان در منابع طبیعی اکسیژن و تولید شرایط گندیدگی می‌شود.
عوامل بیماری‌زا	بیماری‌های مسری می‌توانند از طریق موجودات بیماری‌زای درون فاضلاب، منتقل شوند.
مواد غذایی غیرآلی	نیتروژن و فسفر، همراه با کربن از موادغذایی غیرآلی بوده که برای رشد بیولوژیکی لازم می‌باشد. اگر اینگونه مواد بدرون محیط‌های آبی تخلیه شوند، باعث رشد گیاهان آبزی نامطلوب شده و در صورت تخلیهٔ فراوان در زمین باعث ایجاد آلودگی در آبهای زیرزمینی می‌شوند.
مواد آلی مقاوم	این مواد با روش‌های عادی تصفیه، تجزیه نمی‌شوند. مواد فعال سطحی، فنول‌ها و سموم دفع آفات نباتی از این جمله می‌باشند.
فلزات سنگین	فلزات سنگین معمولاً از طریق فعالیت‌های تجاری و صنعتی به فاضلاب افزوده شده و در صورت استفادهٔ مجدد از فاضلاب باید آنها را حذف نمود.
جامدات محلول غیرآلی	مواد غیرآلی مانند کلسیم، سدیم و سولفات در اثر مصرف آب به فاضلاب افزوده شده و در صورت استفادهٔ مجدد از فاضلاب باید حذف شود.

جدول۳- استانداردهای خروجی فاضلاب

شماره	مواد آلوده‌کننده		تخلیه آبهای سطحی mg/l	تخلیه به چاه جاذب mg/l	مصارف کشاورزی و آبیاری mg/l
۱	نقره	Ag	۱	۰/۱	۰/۱
۲	آلومینیوم	Al	۵	۵	۵
۳	آرسنیک	As	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۴	بر	B	۲	۱	۱
۵	باریم	Ba	۵	۱	۱
۶	بریلیوم	Be	۰/۱	۱	۰/۵
۷	کلسیم	Ca	۷۵	—	—
۸	کادمیوم	Cd	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵
۹	کلر آزاد	Cl	۱	۱	۰/۲
۱۰	کلراید	Cl^-	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
۱۱	فرم آلدیید	CH_2O	۱	۱	۱
۱۲	فنل	C_6H_5OH	۱	ناچیز	۱
۱۳	سیانور	CN	۰/۵	۰/۱	۰/۱
۱۴	کبالت	Co	۱	۱	۰/۰۵
۱۵	کرم	Cr^{+6}	۰/۵	۱	۱
۱۶	کرم	Cr^{+3}	۲	۲	۲
۱۷	مس	Cu	۱	۱	۰/۲
۱۸	فلوراید	F	۲/۵	۲	۲
۱۹	آهن	Fe	۳	۳	۳
۲۰	جیوه	Hg	ناچیز	ناچیز	ناچیز
۲۱	لیتیوم	Li	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۲۲	منیزیم	Mg	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۲۳	منگنز	Mn	۱	۱	۱
۲۴	مولیبدن	Mo	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۲۵	نیکل	Ni	۲	۲	۲
۲۶	آمونیوم برحسب	NH_4	۲/۵	۱	—
۲۷	نیتریت برحسب	NO_2	۱۰	۱۰	—
۲۸	نیترات برحسب	NO_3	۵۰	۱۰	—
۲۹	فسفات برحسب فسفر		۶	۶	—
۳۰	سرب	Pb	۱	۱	۱
۳۱	سلنیم	Se	۱	۰/۱	۰/۱
۳۲	سولفید	SH_2	۳	۳	۳
۳۳	سولفیت	SO_3	۱	۱	۱
۳۴	سولفات	SO_4	۴۰۰	۴۰۰	۵۰۰
۳۵	وانادیم	V	۰/۱	۰/۱	۰/۱

۳۶	روی Zn		۲	۲	۲
۳۷	چربی روغن		۱۰	۱۰	۱۰
۳۸	دترجنت	ABS	۱/۵	۰/۵	۰/۵
۳۹	بی.او.دی (تبصره۳)	BOD_5	۳۰(لحظه‌ای ۵۰)	۳۰(لحظه‌ای ۵۰)	۱۰۰
۴۰	سی.او (تبصره۳)	COD	۶۰(لحظه‌ای ۱۰۰)	۶۰(لحظه‌ای ۱۰۰)	۲۰۰
۴۱	اکسیژن محلول (حداقل)	DO	۲	—	۲
۴۲	مجموع مواد جامد محلول	TDS			—
۴۳	مجموع مواد جامد معلق	TSS	۴۰(لحظه‌ای ۶۰)	—	۱۰۰
۴۴	مواد قابل ته‌نشینی	SS	۰		
۴۵	پ ـ هاش (حدود)	pH	۶/۵-۸/۵	۵-۹	۶-۸/۵
۴۶	مواد رادیواکتیو		۰	۰	۰
۴۷	کد.رت (واحد کدورت)		۵۰	—	۵۰
۴۸	رنگ (واحد رنگ)		۷۵	۷۵	۷۵
۴۹	درجه حرارت			—	—
۵۰	کلیفرم گوارشی (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)		۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
۵۱	کل کلیفرم (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)		۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۵۲	MPN تخم انگل		—	_	