Archive of SID

بررسی اثر استفاده از رنگ های حاوی اکسید مس و اکسید روی(زینک ریچ)بر روی رفتار خوردگی میکروبی لوله های فاضلاب

محمد دهبزرگی[۱] و رضا بازرگان لاری*[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۲، ش.ص:۲۶-۱۵، تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۱۱/۰۳)

چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی اثر استفاده از رنگ‌های حاوی اکسید روی و اکسید مس بر روی رفتار خوردگی لوله‌های بتنی فاضلاب رو شهرستان مرودشت می‌باشد که این رنگ‌ها به دو روش اسپری و قلم مو بر روی سطوح داخلی لوله‌ها اعمال گردید. جهت انجام بررسی‌ها از ۹ لوله بتنی مورد استفاده در شبکه فاضلاب به طول ۶۰ سانتی متر و قطر ۲۰ سانتی متر استفاده شد که ۴ عدد از لوله‌ها به وسیله رنگ حاوی اکسید مس و ۴ عدد دیگر به وسیله رنگ حاوی اکسید روی پوشش داده شدند و ۱ لوله نیز بدون رنگ به عنوان لوله کنترل در نظر گرفته شد. پس از اعمال رنگ، لوله‌ها به مدت ۲۱۷ روز در مسیر جریان فاضلاب شهرستان مرودشت قرار داده شدند و سپس جهت بررسی میزان باکتری‌های هوازی و غیر هوازی موجود در فاضلاب در بازه‌های زمانی روزانه، هفتگی و ماهیانه شمارش باکتری هوازی و غیر هوازی انجام شد. نتایج نشان داد تولید سولفید توسط باکتری کاهنده سولفات (SRB) در لوله‌های پوشش داده شده حتی تا ۱۰۰ درصد نسبت به لوله بدون پوشش، کاهش پیدا می‌کند و این پوشش‌ها توانسته اند به طور موثری تعداد باکتری‌ها را در مواد فاضلابی کاهش دهند. همچنین بررسی‌های چشمی نشان داد که لجن تشکیل شده بر روی لوله‌های حاوی رنگ اکسید روی نسبت به لوله بدون پوشش به مراتب بسیار نازک‌تر می‌باشد و در لوله‌هایی که از رنگ حاوی اکسید مس استفاده شد، این لایه لجن از لایه تشکیل شده بر روی پوشش رنگ حاوی اکسید روی نیز نازک‌تر بود. بر روی پساب ورودی و خروجی حوضچه فاضلاب آزمایش جذب اتمی جهت بررسی میزان یون‌های مس و روی وارد شده از رنگ به داخل فاضلاب، انجام شد و نتایج نشان داد، میزان ورود فلزات سنگین به پساب خروجی کم‌تر از میزان مجاز و استاندارد بوده و در نتیجه موجب سمی شدن فاضلاب نمی‌شوند.

واژه‌های کلیدی: خوردگی میکروبی، لوله بتنی، فاضلاب، رنگ اکسید مس، رنگ اکسید روی.

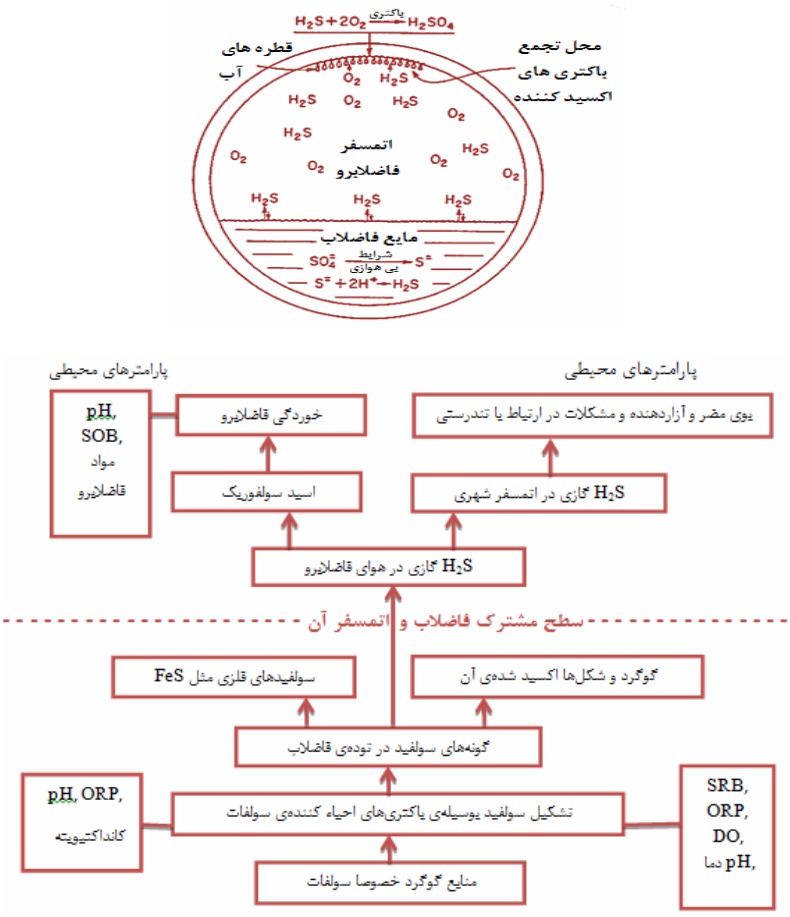
[۱]-کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مواد، واحد مرودشت ، دانشگاه آزاد اسلامی ، مرودشت ، ایران
[۲] - استادیار، گروه مهندسی مواد، واحد مرودشت ، دانشگاه آزاد اسلامی ، مرودشت ، ایران
*-نویسنده مسئول مقاله: rbazarganlari@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

پیشگفتار

بر اساس پژوهش‌های انجام گرفته، پیدایش خوردگی در تأسیسات فاضلابی سالانه هزینه‌ای بیش از ۱/۱ بیلیون دلار به بار م آورد که این هزینه به ازای هر نفر در سال ۵۰ دلار تغییر می‌کند[۱]. نخستین مرتبه، در لس آنجلس درسال ۱۸۹۵ مطالعاتی در رابطه با خوردگی لوله‌های بتنی فاضلاب‌روها انجام گرفت و بررسی‌ها نشان داد که اسید سولفوریک دلیل اصلی خوردگی است[۲]. امروزه تخریب لوله‌های بتنی فاضلاب به وسیله حمله بیولوژیکی اسید سولفوریک در زمره رایج ترین ساز و کارهای تخریب این-گونه سازه‌ها بوده و یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در شهرهای دنیاست[۳و۴]. برای مثال، در لس آنجلس ده درصد خطوط لوله انتقال فاضلاب دچار خوردگی میکروبی شده که هزینه نوسازی این خطوط ۴۰۰ میلیون دلار برآورد شده است[۵]. نظر به اینکه خارج کردن خطوط جمع آوری فاضلاب از مدار به منظور تعمیرات اساسی و قطع جریان تقریبا ناممکن است. لذا می بایست مطالعات لازم در جهت یافتن راهکارهایی به منظور پیشگیری از ایجاد وضعیت ناخواسته و حفظ سیستم مورد نظر صورت پذیرد. خوردگی بیولوژیکی اسید سولفوریک نتیجه‌ای از چرخه گوگرد است که در شبکه‌های فاضلاب‌رو رخ می‌دهد. فرایندها و عامل‌های مؤثر در چرخه گوگرد برای سیستم-های فاضلاب رو در شکل (۱-الف) و (۱-ب) به صورت شماتیک از قسمت کف به سمت تاج فاضلاب رو بررسی شده است.



(ب)

شکل۱_(الف)چرخه گوگرد و اساس پدیده خوردگی در سیستم های فاضلابرو(ب)_ فرایندهای عمده تولید سولفید وباکتری های عامل های مؤثر در رابطه با چرخه گوگرد در یک لوله بتنی فاضلابرو از قسمت کف به سمت تاج لوله.SOB[۱]: باکتری های اکسیدکننده سولفید.SRB[۲]: باکتری های احیاءکننده سولفات.ORP[۳]:پتانسیل اکسیداسیون_احیاء و DO[۴]:اکسیژن محلول [6]

www.SID.ir

Archive of SID

گوگرد عنصری ضروری برای میکروارگانیسم‌ها[1] می‌باشد و در ترکیب آمینواسیدها، کوفکتورها[2] و فروکسین‌ها[3] و آنزیم‌ها وارد می‌شود. اساس پدیده خوردگی میکروبی به وسیله گاز سولفید هیدروژن در شبکه‌های جمع آوری فاضلاب، بر پایه وجود مقادیر گوگرد استوار است. این گوگرد یا به صورت گوگرد آلی است که از مواد پروتئینی ایجاد می‌شود و یا به صورت گوگرد معدنی که ناشی از سولفات آب‌های جاری شده می‌باشد. شکل دیگری از گوگرد موجود در شبکه فاضلاب رو، به شکل سولفات ناشی از مواد پاک کننده و شوینده می‌باشد[۶]. مطالعات نشان می‌دهد که عمده‌ترین و مهم‌ترین نوع حمله بیولوژیکی به بتن، حمله باکتری‌های عمل کننده بر گوگرد است. این باکتری‌ها شامل دو دسته می‌باشند: دسته نخست، باکتری-های احیاءکننده سولفات هستند که محصول عمل احیاء توسط این باکتری‌ها هیدروژن سولفید است و دسته دوم، باکتری‌های اکسیدکننده سولفید هستند که محصول متابولیسمی این باکتری‌ها، اسید سولفوریک می‌باشد. لازم به ذکر است که گستره pH برای رشد باکتری‌های احیاءکننده سولفات ۱۰/۴ -۴/۲ است و pH بهینه برای رشد آن‌ها ۷/۵ -۷/۲ می‌باشد[۷]. سولفید هیدروژن به خودی خود یک گاز خورنده در سیمان نیست؛ اما این مهم-ترین عامل در ایجاد خوردگی میکروبی (MIC[4]) است که در آن باکتری‌های اکسید کننده گوگرد به صورت بیولوژیک، سولفید هیدروژن را به اسید سولفوریک تبدیل می‌کنند. خسارت‌های ناشی از MIC سالانه میلیاردها دلار برآورد شده است.

باکتری‌های کاهنده سولفات (SRB[5]) مسئول تولید سولفید در جریان‌های فاضلابی هستند. SRBها گروهی از پروکریوت‌ها[6] هستند که قادر به تنفس بی‌هوازی با استفاده از سولفات‌ها به عنوان گیرنده ترمینال الکترونی می‌باشند. کاهش سولفات‌ها توسط SRBها نیاز به محیطی خالی از اکسیژن آزاد و یا هر عامل اکسید کننده فعال دیگری دارد. لایه لجن در شرایط بی‌هوازی بر روی دیواره لوله‌های فاضلاب تشکیل می‌گردد که این لایه لجن از سه ناحیه تشکیل می‌شود: بی‌هوازی ساکن، بی‌هوازی و مناطق هوازی. ناحیه بی‌هوازی ساکن نزدیک‌ترین ناحیه به دیواره لوله است و غیر فعال می‌باشد. منطقه هوازی در تماس با مایع فاضلاب قرار دارد و نفوذ مایع فاضلاب به بیو فیلم را کنترل می‌کند. منطقه بی‌هوازی بین بی‌هوازی ساکن و هوازی قرار دارد و این منطقه جایی است که SRBها به طور فعال رشد می‌کنند[۸]. هنگامی که اکسیژن محلول در آب فاضلاب، بیش از ۱ میلی گرم در لیتر باشد، سولفیدها خارج از منطقه بی‌هوازی به طور کامل اکسید می‌شوند و به جریان فاضلاب وارد نمی‌گردند. اگر غلظت اکسیژن محلول در جریان نزدیک به صفر باشد (کم‌تر از ۰/۱میلی گرم بر لیتر) سولفات‌ها در لایه لجن اکسید می-شوند و پس از آن سولفیدها وارد جریان فاضلاب خواهند شد[۹]. ادوارد و همکارانش جهت توصیف تولید سولفید هیدروژن در جریان‌های فاضلاب معادلاتی به شرح زیر پیشنهاد داده‌اند که در این معادلات C همان ماده آلی می‌باشد[۱۰]:

$$SO_4^{-2} + 2C + 2H_2O \xrightarrow{SRB} 2HCO_3^- + H_2S \qquad (1)$$

$$S^{-2} + 2H^+ \xrightarrow{SRB} H_2S \qquad (2)$$

$$SO_4^{-2} + 10H^+ \xrightarrow{SRB} H_2S + 4H_2O \qquad (3)$$

سپس سولفید هیدروژن در داخل لوله فاضلاب به علت شرایط آشفتگی و pH جریان فاضلاب به اتمسفر تبدیل می‌شود. باکتری‌های هوازی (اکسید کننده سولفور) که معمولا در تاج لوله‌های فاضلاب قرار دارند، به صورت بیولوژیکی، سولفید هیدروژن اتمسفر را به اسید سولفوریک تبدیل می‌کنند و به هیدراسیونی که در بتن سفت و سخت شده قرار دارد، حمله می‌کنند[۱۱]. از آنجا که بو و مشکلات خوردگی معمولا به حضور سولفید هیدروژن مربوط می شود، روش‌های شیمیایی و بیولوژیکی به منظور جلوگیری ازتولید سولفید و یا حذف سولفیدها وجود دارد. تزریق اکسیژن خالص و یا هوا به فاضلاب به عنوان یک روش جهت ثابت نگه داشتن غلظت اکسیژن محلول در فاضلاب در مقادیر بیش از ۱ میلی گرم در لیتر می‌باشد که

1 -Microorganisms
2 -Cofactor
3 -Ferroxins

4 -Microbial Induced Corrosion
5 - Sulfate-Reducing Bacteria
6 -prokaryota

www.SID.ir

Archive of SID

از تشکیل سولفید هیدروژن جلوگیری می‌کند[۱۲]. اکسید کننده‌های قوی مانند کلر، پراکسید هیدروژن و پتاسیم پرمنگنات جهت اکسیداسیون شیمیایی سولفید هیدروژن خارج از ناحیه بی‌هوازی مورد استفاده قرار می‌گیرند[۱۱]. معمولا از نمک‌های فلزی نظیر نمک آهن و نمک روی جهت تبدیل سولفید هیدروژن به سولفیدهای فلزی غیر قابل حل در آب فاضلاب‌ها استفاده می‌شود[۱۳]. سایر روش‌ها نظیر استفاده از مواد قلیایی قوی و مهار کننده‌های بیولوژیکی نیز برای کنترل سولفیدها در جریان‌های فاضلابی مورد استفاده قرار گرفته‌اند[۱۲]. با توجه به مطالعات صورت گرفته، در غلظت‌های بیش از ۰/۰۵ ppm سولفید هیدروژن، پتانسیل خوردگی شبکه بسیار بالاست. مطالب اشاره شده در مورد فرایندهای باکتریایی و چرخه گوگرد بیانگر این موضوع است که غلظت‌های بالای سولفید هیدروژن در اتمسفر و مایع فاضلاب، سبب برقراری شرایط اسیدی درفاضلاب رو خواهد شد. هرچه این شرایط اسیدی حادترشود، امکان آسیب دیدگی شبکه فاضلاب رو بیش‌تر بوده و همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده م شود، این عامل سبب ریزش تاج و قسمت‌هایی از لوله که در تماس با مایع فاضلاب است، خواهد شد[۶]. از آنجایی که خواص باکتری کشی فلزات سنگین به اثبات رسیده است[۱۶]. به همین دلیل از دو رنگ حاوی فلزات سنگین مس و روی مورد استفاده قرار گرفت.

هدف کلی مقاله حاضر، بررسی اثر بخشی یک تکنیک نوآورانه جهت مهار رشد SRB ها و کنترل سولفید در لوله-های سیمانی فاضلاب از طریق پوشش اولیه دیوار داخلی با استفاده از رنگ حاوی اکسید مس یا رنگ حاوی اکسید روی (زینک ریچ) می‌باشد که تاثیر این پوسته های پوششی بر رشد باکتری‌ها و تولید سولفید مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر این، شکل گیری لایه لجن نیز مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای فاضلاب مانند pH ، اکسیژن محلول (DO) و همچنین لوله‌های پوشش داده شده برای تعیین تاثیر پوشش پوسته بر این پارامترها نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

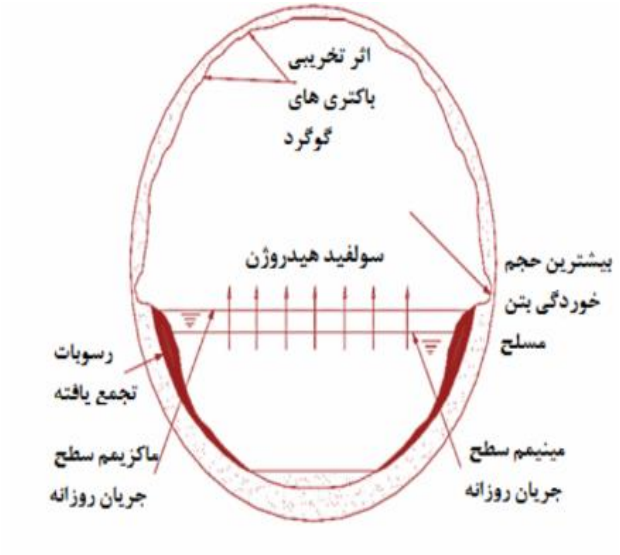
مواد و روش‌ها

در این بررسی از ۹ لوله بتنی تیپ ۲ به قطر ۲۰ و طول ۶۰ سانتی متر که در سیستم فاضلاب شهرستان مرودشت به کار می‌رود استفاده شد. سطح داخلی لوله‌ها به وسیله رنگ حاوی اکسید روی و رنگ حاوی اکسید مس به دو روش اسپری و قلمو به طور کامل پوشش داده شد. ۴عدد از لوله‌ها به روش اسپری، ۴ عدد دیگر به وسیله قلمو و۱ عدد بدون رنگ به عنوان لوله شاهد درون فاضلاب قرار داده شد. به دلیل اینکه در سیستم فاضلاب به واسطه وجود مواد فاضلابی لوله‌های بتنی همواره خیس و نمناک هستند، تحقیق انجام شده نیز به صورت عملی و در محیط فاضلاب انجام شد تا شرایط به شرایط واقعی کاملا نزدیک باشد. ۴ عدد از لوله‌ها به وسیله آب فاضلاب به طور کامل خیس و سپس عملیات اعمال رنگ بر روی آن‌ها بلافاصله انجام گرفت تا بدین ترتیب میزان دوام، ماندگاری و نیز عملیاتی بودن تحقیق پس از اتمام نیز قابل بررسی باشد. رنگ حاوی اکسید مس که در این تحقیق به کار گرفته شد یک نوع رنگ سلولزی با دانسیته ۶/۳۱۵ گرم بر سانتی متر مکعب است که میزان مس موجود در آن ۸۸ درصد می‌باشد. رنگ حاوی اکسید روی نیز جز رنگ‌های اپوکسی به شمار می‌آید که ۸۰ در صد آن روی و دانسیته آن نیز ۲/۷ گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد. جهت انجام عملیات پوشش‌دهی ۲۰ گرم از رنگ حاوی اکسید مس یا رنگ حاوی اکسید روی با ۳۵ میلی لیتر اپوکسی تجاری که برای تعمیر لوله‌ها استفاده می گردد مخلوط شد. مقدار اپوکسی بر اساس گفته کارخانه سازنده محاسبه و تعیین شد که بر این اساس هر ۱ لیتر از پوشش اپوکسی ۲۱/۱ متر مربع از سطح سیمان را پوشش می‌دهد و یک لایه پوشش به ضخامت ۳۵۰ میکرون به وجود می‌آورد. لازم به ذکر است که اپوکسی مورد استفاده از لحاظ شیمیایی پایدار بوده و هیچ تاثیری بر روی مواد شیمیایی و یا ترکیب بیولوژیکی فاضلاب ندارد[۱۴]. سطح داخلی ۲ عدد از لوله‌های خیس شده با آب فاضلاب ابتدا به وسیله اسپری و قلمو به طور کامل رنگ آمیزی شد. سپس همین عملیات بر روی ۲ لوله خشک انجام گردید. جهت اعمال رنگ حاوی اکسید روی هم نیز به همین ترتیب عمل شد. جهت اندازه گیری ضخامت لایه‌های رنگ پوشش داده از ضخامت‌سنج الکومتر(غیر مخرب) مدل ۴۵۶ ساخت انگلستان پس از خشک شدن رنگ‌ها و قبل از ورود به فاضلاب استفاده شد. ضخامت لایه رنگ‌های پوشش داده شده در چند نقطه از تمامی لوله‌ها اندازه گیری شد و ضخامت متوسط پوشش رنگ حاوی اکسید مس که به وسیله اسپری اعمال شده بود، برابر ۳۰± ۳۴۰ میکرون و در

www.SID.ir

Archive of SID

اعمال رنگ به وسیله قلمو برابر ۵۰±۳۵۰ میکرون بود. ضخامت متوسط پوشش رنگ حاوی اکسید روی نیز در اعمال رنگ به وسیله اسپری برابر۷۰ ±۳۶۰ میکرون و در اعمال رنگ به وسیله قلمو ۶۰±۳۷۰ میکرون بود. بعد از اعمال رنگ، لوله‌ها جهت بررسی میزان تولید سولفید و باکتری‌های SRB بوسیله طناب درون حوضچه فاضلاب به مدت ۳ ماه (بر اساس تجربیات و اطلاعات سازمان آب و فاضلاب شهرستان مرودشت) به‌صورت معلق، غوطه‌ور و بدون حرکت قرار داده شدند و در بازه‌های زمانی مشخص نمونه برداری از داخل لوله‌ها صورت گرفت. بازه زمانی نمونه برداری طبق گفته اداره آب و فاضلاب مرودشت بدین صورت انجام شد که ابتدا در هفته اول نمونه برداری به صورت روزانه و سپس به صورت هفتگی (۴ مرتبه) و بعد از آن به صورت ماهیانه (۳ مرتبه) صورت گرفت. نحوه نمونه برداری بدین صورت بود که هر مرتبه یک گرم از رنگ اعمال شده بر روی لوله‌ها (به وسیله کاردک) خراش داده شد و سپس درون ظرف استریل شده مخصوص نمونه برداری ریخته و به آزمایشگاه انتقال داده شد. جهت بررسی ترکیب و اطمینان از وجود اکسید روی و اکسید مس در رنگ‌ها، آزمون تفرق اشعه ایکس توسط دستگاه XRD مدل D/max – 2500 بر روی رنگ‌های خراش داده شده از سطح لوله‌ها صورت پذیرفت. جهت تعیین تعداد باکتری-های هوازی ابتدا یک گرم نمونه خراش داده شده به ۹ سی سی محلول نرمال سالین[1] اضافه گردید. سپس یک سی سی از محلول فوق به محیط کشت جامد EMB[2] منتقل و به مدت ۴۸ ساعت درون انکوباتور[3] با دمای ۴۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد. همچنین جهت بدست آوردن تعداد باکتری‌های بی هوازی نیز ۱ سی سی از همان محلول را به محیط کشت عمومی و مغزی N.A[4] منتقل و به مدت ۲ هفته درون دستگاه کندل جار[5] قرار داده شد. از آنجایی که حضور یون‌های مس و روی در مقادیر بیش‌تر از حد استاندارد در فاضلاب، باعث ایجاد آلودگی و سمی شدن آن می‌گردد، از پساب ورودی و خروجی به لوله‌های رنگ شده، نمونه برداری صورت گرفت و برای مشخص شدن میزان مس و روی وارد شده از رنگ‌ها به داخل فاضلاب به وسیله دستگاه پتانسیو متر ION3 (یا دستگاه جذب اتمی) شرکت استروگلس ساخت ایتالیا میزان فلزات سنگین در پساب ورودی و خروجی مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۲-فعالیت باکتریایی و خوردگی تاج و قسمت‌های در تماس با مایع فاضلاب لوله فاضلاب رو[۶]

[1] -Normal Saline
[2] -Eosin Methylene Blue Agar
[3] -Incubator
[4] -Nutrient Agar
[5]- Candle Jar

www.SID.ir

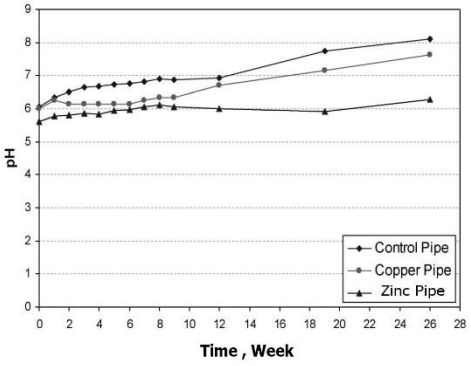
Archive of SID

جهت بررسی مشخصات کلی فاضلاب نیز آزمون BOD[1] (به وسیله دستگاه BOD Track مدل Hach)، آزمون COD[2] (توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Hach) و آزمون TSS[3] برروی مایع فاضلاب صورت گرفت. مقدار pH خود فاضلاب و فاضلاب موجود در لوله‌ها توسط دستگاه pH meter مدل E.D.T اندازه گیری شد. مقدار اکسیژن محلول(DO[4]) توسط دستگاه (APHA,4500-O G) با استفاده از یک الکترود غشایی حساس به اکسیژن (با قابلیت حمل یک متر) اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

پارامترهای عمومی محیطی

پارامترهای کلی فاضلاب شامل BOD، COD، TSS قبل از انجام آزمایش مورد بررسی قرار گرفت و همچنین پارامترهایی نظیر دما، pH و DO به طور منظم در لوله‌های پوشش شده در طول آزمایش کنترل شدند. میانگین دما در تمامی لوله‌های بتنی ۲۳ درجه سانتی گراد با انحراف استاندارد ۱/۳٪ اندازه گیری شد. مقدار pH در ابتدای آزمون در لوله کنترل ۷ و میانگین pH در لوله‌های پوشش داده شده توسط اکسید مس و اکسید روی به ترتیب ۶/۳ و ۶/۸ شد. pH در طول دوره آزمایش روند افزایشی داشت که در شکل ۳ آمده است. بالاترین نرخ افزایش pH (۰/۰۸ در هفته) در لوله کنترل گزارش شد. میانگین میزان افزایش pH در لوله‌های پوشش داده شده توسط اکسید مس و اکسید روی به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۰۴ در هفته گزارش شد. میزان pH به طور عمده بر روی فرم سولفید(سولفید هیدروژن یا هیدروسولفید) در فاضلاب اثر می‌گذارد. هنگامی که pH فاضلاب ۷ است، ٪۵۰ سولفید، سولفید هیدروژن می باشد. هنگامی که pH تا ۶ کاهش پیدا می-کند، این مقدار تا ٪۹۰ افزایش می‌یابد و زمانی که pH به ۸ می‌رسد، این مقدار به ٪۱۰ درصد کاهش می‌یابد[۱۵]. غلظت اکسیژن محلول همان‌گونه که در شکل ۴ آمده در لوله کنترل در هفته‌های اول آزمایش بین ۰/۱۱ تا ۰/۱۴ میلی گرم بر لیتر شد. سپس غلظت در ماه آخر به صفر کاهش پیدا کرد. در لوله‌های پوشش داده شده، غلظت اکسیژن محلول در زمان‌های مختلف بین ۰/۱۰ تا ۰/۱۴میلی گرم بر لیتر در طول دوره آزمایش تغییر پیدا کرد. هر چه مقدار Do کاهش یابد و به صفر نزدیک شود، شرایط برای رشد و زنده ماندن باکتری‌ها بهتر می‌شود. به همین دلیل در لوله کنترل در پایان دوره آزمایش با افزایش تعداد باکتری‌ها مقدار Do به صفر نزدیک می شود. تنوع در مقادیر DO برای لوله‌های پوشش داده شده از نظر آماری معنی دار و در سطح اطمینان ٪۹۵ می‌باشد.

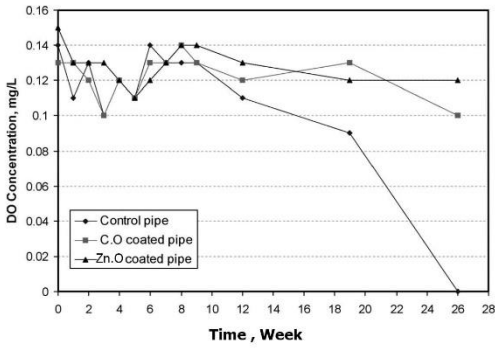


شکل ۳- نمودار تغییرات pH در لوله فاضلاب در طول دوره آزمایش

[1] - Biological Oxygen Demand
[2] - Chemical Oxygen Demand
[3] - Total Suspended Solids
[4] - Dissolved Oxygen

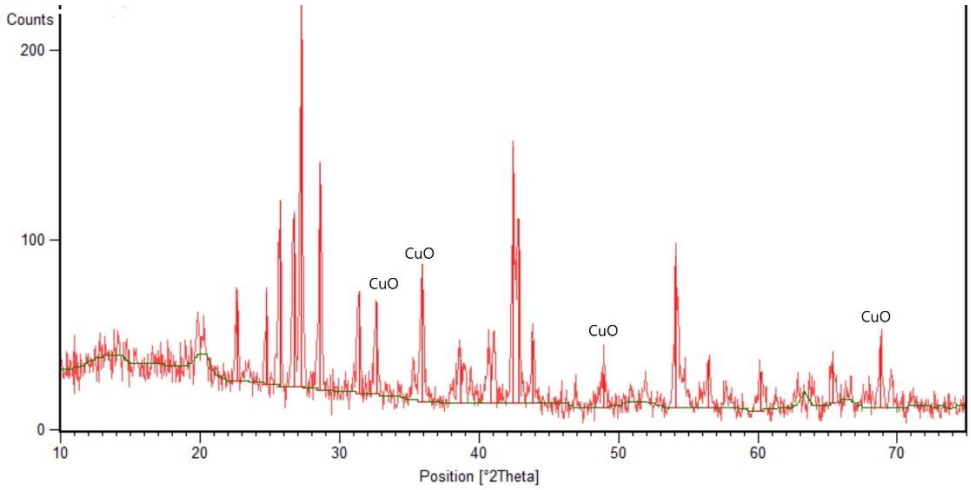
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴-نمودار تغییرات اکسیژن محلول(DO) در لوله فاضلاب در طول دوره آزمایش

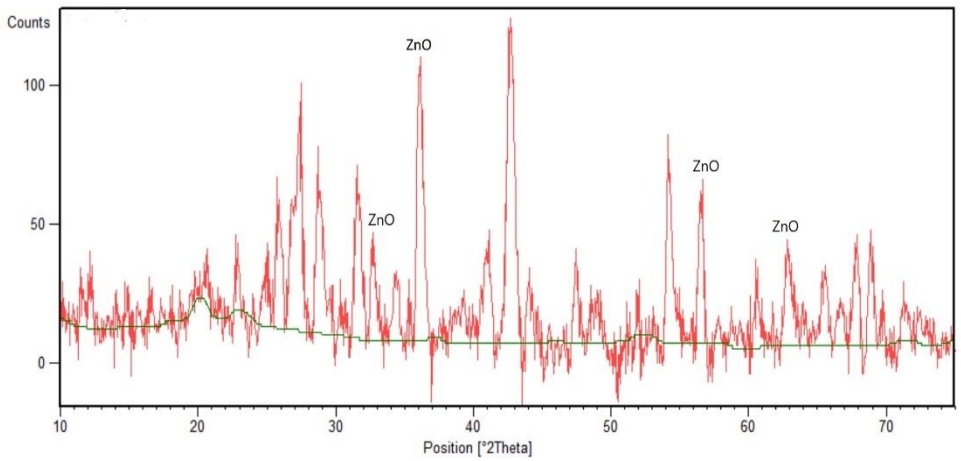
در همین حین pH در لوله کنترل همان طور که در شکل ۳ آمده است بین ۶ تا ۸/۱ در طول دوره آزمون گزارش شد. در طول مدت زمان آزمایش مقدار pH در لوله کنترل افزایش پیدا کرد و این امر می‌تواند به این واقعیت اشاره داشته باشد که SRB تمایل به تولید قلیائیت دارد. در لوله‌های سیمانی پوشش داده شده، pH بین ۶/۳ تا ۷/۸ برای اکسید مس، ۶/۸ تا ۷/۳ برای اکسید روی در طول دوره آزمون گزارش شد که این مقدار همواره کم‌تر از لوله کنترل و در بیش‌تر موارد در بازه اسیدی می‌باشد. در این بازه رشد و تکثیر باکتری‌ها کند می‌شود تا جایی که به طور کامل رشد آن‌ها متوقف شود. تغییرات در مقدار pH برای لوله‌های پوشش داده شده از نظر آماری معنی دار و در سطح اطمینان ٪۹۵ می‌باشد. نتایج آنالیز XRD همان طور که در شکل‌های شماره ۵ و۶ آمده است نشان می‌دهد که رنگ‌های استفاده شده دارای اکسید مس و اکسید روی می‌باشد. نتایج آنالیز XRD همان‌گونه که در شکل‌های شماره ۵ و۶ آمده است، نشان می‌دهد که رنگ‌های استفاده شده دارای اکسید مس و اکسید روی می‌باشند.



شکل ۵-نمودار پراش اشعه ایکس رنگ حاوی اکسید مس

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- نمودار پراش اشعه ایکس رنگ حاوی اکسید روی

اثر لایه پوشش بر روی لایه لجن

از آنجا که پوسته‌های پوششی مورد استفاده در این مطالعه برای سطوح سمی SRB در نظر گرفته شده است، انتظار می‌رود که پوشش پوسته‌ها بر تشکیل و رشد لایه لجن تاثیرگذار باشد. در پایان دوره آزمایش، لوله‌ها از فاضلاب بیرون آورده شدند و سطح داخلی لوله‌ها برای مشاهده لایه‌های سطح لجن به صورت چشمی بازرسی شدند. این بازرسی نشان داد که یک لایه لجن حدود ۶۰ درصد از لوله کنترل را پوشانده است. لایه لجن در لوله‌های پوشش داده شده توسط اکسید مس حدود ۵ درصد و در لوله‌های پوشش داده شده توسط اکسید روی حدود ۱۵ درصد از سطح داخلی لوله‌ها را پوشانده بود. برای اندازه گیری تعداد باکتری‌ها، مقدار ۱ سانتی متر مربع از لایه لجن موجود در لوله کنترل، لوله‌های پوشش داده شده توسط اکسید مس و اکسید روی جدا شد که نتایج آن در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول شماره ۱-میانگین نتایج مربوط به میزان باکتری ها در طول ۱۴ مرتبه نمونه گیری

ردیف	مشخصات نمونه	Anaerobic bacteri Colony Cont	Fecal Coliform
۱	لوله خیس رنگ آمیزی شده با پیستوله(رنگ حاوی روی)	۱۳۰	۱۵۸۰
۲	لوله خشک رنگ آمیزی شده با پیستوله(رنگ حاوی روی)	۶۵	۶۰۰
۳	لوله خیس رنگ آمیزی شده با قلمو(رنگ حاوی روی)	۱۷۵	۳۱۰۰
۴	لوله خشک رنگ آمیزی شده با قلمو(رنگ حاوی روی)	۱۴۵	۱۹۰۰
۵	لوله خیس رنگ آمیزی شده با پیستوله(رنگ حاوی اکسید مس)	۸۵	۳۷۰
۶	لوله خشک رنگ آمیزی شده با دستگاه(رنگ حاوی اکسید مس)	۵۰	۶۲
۷	لوله خیس رنگ آمیزی شده با قلمو(رنگ حاوی اکسید مس)	۱۱۵	۵۳۰
۸	لوله خشک رنگ آمیزی شده با قلمو(رنگ حاوی اکسید مس)	۹۵	۴۵۰
9	لوله بدن رنگ	۴۰۰۰۰	۷۰۰۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

این یافته‌های مهم حاکی از آن است که رنگ‌های استفاده شده، می‌توانند به طور قابل توجهی تشکیل لایه لجن را مهار کنند و یا رشد باکتری در لایه لجن را از بین ببرند و باعث کاهش خوردگی میکروبی شوند. نتایج جدول شماره۱ نشان می‌دهد، اعمال رنگ به وسیله دستگاه نسبت به قلمو عملکرد بهتری از خود نشان داده است؛ چون دستگاه، رنگ را با فشار اعمال می‌کند و از دید ماکروسکوپی رنگ تمامی منافذ و تخلخل‌های موجود در لوله بتن را پر می‌کند و یک پوشش کامل و یک دست به وجود می‌آورد. رنگ حاوی اکسید مس نیز نسبت به رنگ حاوی اکسید روی در این تحقیق در کاهش دادن مقدار باکتری و در نتیجه آن کاهش دادن لایه لجن عملکرد بهتری نشان می-دهد. فلزات سنگین نظیر مس، روی، کبالت، جیوه، سرب و نیکل به دلیل ویژگی‌هایی نظیر تجمع پذیری در بافت‌ها، تجزیه‌ناپذیری، مقاومت به فعل و انفعالات بیولوژیکی و سمیت، با راه‌یابی به زنجیره غذایی و بدن موجودات زنده باعث ایجاد عوارضی نظیر سمیت، سرطان‌زایی، اثرات ژنتیکی کوتاه و بلند مدت می‌شوند[۱۶]. به دلیل اینکه در رنگ‌های استفاده شده دراین تحقیق فلزات سنگین روی و مس وجود دارد. لذا از پساب ورودی و خروجی به حوضچه فاضلاب نمونه برداری و سپس آزمون جذب اتمی بر روی آن‌ها انجام شد تا مشخص شود، میزان ورود این فلزات به فاضلاب چه میزان بوده است. میزان روی و مس در فاضلاب(پساب) ورودی به لوله‌ها با توجه به جدول ۲ به ترتیب Ppb ۲۷۰ و Ppb ۳۲۵ می‌باشد که این میزان در فاضلاب (پساب) خروجی از لوله‌ها همان گونه که در جدول ۳ نشان داده شد به ترتیب به مقادیر Ppb ۴۸۰ و Ppb ۵۹۰ رسیده‌اند. هر چند نتایج نشان می‌دهد که میزان یون مس و روی در فاضلاب(پساب) خروجی از لوله‌ها زیادتر شده(که این موضوع نشان دهنده آن است که مقداری از یون‌های فلزی از داخل رنگ‌ها وارد فاضلاب شده‌اند)؛ اما در مجموع میزان یون‌های روی و مس وارد شده به فاضلاب کم‌تر از میزان بحرانی معرفی شده در استاندارد ها(Ppb ۱۰۰۰ برای مس و Ppb۲۰۰۰ برای روی) [۱۷] می‌باشد و به عبارتی این مقادیر کم‌تر از استاندارد بوده و موجب سمی شدن فاضلاب نمی‌شوند. فاضلاب شهرستان مرودشت از طریق خط انتقال لوله و به صورت مشترک از مصرف کننده وارد تصفیه خانه می‌شود.

جدول ۲- آنالیز پساب ورودی به لوله‌ها

ردیف	مشخصات نمونه	مس cu Ppb	کادمیوم cd Ppb	جیوه Ag Ppb	روی Zn Ppb	نیکل Ni Ppb	منگنز Mn Ppb	سرب Pb Ppb	آرسنیک As Ppb
۱	پساب ورودی	۳۲۵	۱/۲	۰/۴	۲۷۰	۸	۴۳	۱/۷	۰

جدول۳- آنالیز پساب خروجی از لوله‌ها

ردیف	مشخصات نمونه	مس cu ppb	کادمیوم Cd ppb	جیوه Ag ppb	روی Zn ppb	نیکل Ni ppb	منگنز Mn ppb	سرب Pb ppb	آرسنیک As ppb
۱	پساب خروجی	۵۹۰	۱/۲	۰/۴	۴۸۰	۸	۴۳	۱/۷	۰

www.SID.ir

Archive of SID

میزان BOD، COD، TSS فاضلاب همان‌گونه که در جدول شماره ۴ نشان داده شده به ترتیب ۲۴۵Ppm، ۴۷۸Ppm، ۳۰۰Ppm و میزان pH نیز بین ۷_۷/۵ و میزان کلیفرم نیز به دلیل اینکه فاضلاب مستقیم وارد تصفیه خانه مرودشت می‌شود و کلر زنی انجام نمی‌شود، بیش از ۱۱۰۰ دانه باکتری در ۱۰۰ میلی لیتر اندازه گیری شد. میزان استاندارد تعیین شده BOD وCOD جهت تعیین فاضلاب شهری به ترتیب ۱۸۰-۳۵۰ و ۲۵۰-۶۵۰ می‌باشد. نتایج فوق نشان می‌دهد که فاضلاب مرودشت بر اساس استانداردها، یک فاضلاب خانگی می‌باشد و هیچ‌گونه صنایع شیمیایی، تبدیلی، غذایی و کارخانه‌ای وارد آن نمی-شود.

نتیجه گیری

در این تحقیق از دو رنگ حاوی اکسید مس و اکسید روی (زینک ریچ) استفاده شد. هر کدام از رنگ‌ها به طور جداگانه بر روی لوله‌های بتنی مورد استفاده در فاضلاب جهت کاهش میزان باکتری‌های موجود در فاضلاب اعمال شدند. پس از گذشت ۳ ماه در بازه‌های زمانی روزانه، هفتگی و ماهیانه از لوله‌ها نمونه‌گیری انجام شد و تعداد باکتری‌ها و میزان تولید لایه لجن بررسی شد که نتایج زیر را به همراه داشت:

۱_ میزان رشد باکتری‌ها در فاضلاب در لوله‌های پوشش داده شده به طور قابل توجهی پایین‌تر از لوله‌های کنترل بود.

۲_ در حالی که٪۶۰ از سطح داخلی لوله کنترل، توسط یک لایه لجن پوشیده شده بود؛ اما در سطح داخلی لوله پوشش داده شده توسط اکسید روی ٪۱۵ و لوله پوششی اکسید مس تنها ۵٪ با لایه لجن پوشانده شده بود که همین امر، باعث کاهش میزان باکتری‌ها و خوردگی میکروبی می-شود.

۳_میزان ورود فلزات سنگین به فاضلاب پس از اعمال رنگ کم‌تر از میزان بحرانی است و باعث سمی شدن فاضلاب نمی‌شوند.

جدول شماره ۴- مشخصات کلی فاضلاب

مشخصات نمونه	BOD	COD	TSS	pH	دما	نیترات	نیتریت	فسفات	تعدادکلیفرم های گرما پای
نمونه فاضلاب ورودی	۲۴۵	۴۷۲	۳۰۰	۷/۴	۲۵	۳۹	۰/۴	۲/۲	>۱۱۰۰

References

1- R. Chandler, "Corrosion Control in Wasterwater Systems, Operations Workshop Indoor Sports Center, Carrara-Gold Coast, June 2008.

2- J. Vollertsen, A.H. Nielsen, H.S. Jensen, T. Wium-Andersen and T. Hvitved-Jacobsen, "Corrosion of concrete sewage - The kinetics of hydrogen sulfide

www.SID.ir

Archive of SID

10- Edwards, V., Velasco, C. and Edwards, K., Hydrogen sulfide-the relationship of bacteria to its formation, prevention, and elimination 2001. Available online at: www.alken-murray.com/H2SREM2.HTM(accessed on 10 January 2006).

11- Hewayde, E., Allouche, E. and Nakhla, G., 2003 Concrete Pipe Corrosion by Hydrogen Sulfide Attack, Technical Report, 2003 (Geotechnical Research Center (GRC): The University of Western Ontario, London, ON, Canada).

12- EPA, Hydrogen sulfide corrosion in wastewater collection and treatment system, EPA430/09-91-010, Report to Congress, 1991.

13- ACPA, Sulfide and Corrosion Prediction and Control, 96 pp., 1984 (American Concrete Pipe Association: Vienna, VA).

14- Kienow, K. and Cecil, A.H., Concrete pipe for sanitary sewers corrosion protection update, in Proceedings of Pipeline Infrastructure II, ASCE,1993, pp. 229 – 250.

15- Pomeroy, R.D., The Problem of Hydrogen Sulfide in Sewers, 1976 (John Taylor & Sons: London).

۱۶ -ع، اسماعیلی ساری، آلاینده ها بهداشت و استاندارد در محیط زیست ، انتشارات نقش مهر، تهران ،۱۳۸۱.

17- WHO, 2008, “Guidelines for Drinking-Water Quality”, second addendum. Vol. 1, Recommendations.
3rd ed. ISBN 978 92 4 154760 4. World Health Organization

oxidation", Science of the Total Environment, Vol. 394, p. 162-170,2008.

3- M. Moradian, M. Shekarche, A. Dousti, M. Nemati chari and M. Hallaji, "Investigation of different reinforcement corrosion causes in sewage environment-Acase study", Firs Middle East Conference on Smart Monitoring, Dubai-UAE, February 2011.

۴-ک .اسماعیل پورلنگرودی، ح .ایمانی مقدم و ن.ا . بخشی،" استفاده از نانو ذرات برای حفاظت لوله های بتنی در مقابل خوردگی میکروبی"، سومین کنفرانس ملی سالیانه بتن، تهران-ایران، مهر ۱۳۹۰.

5- L. Zhang, P. Schryver, B. Gusseme, W. Muynck, N. Boon and W. Verstraete,"Chemical and biological technologies for hydrogen sulfide emission control in sewer systems: A review", WATER Research, Vol. 42, p. 1-12, 2008.

۶- ز .خادم مدرسی، ر. بازرگان لاری و ف . بختیاری " بررسی خوردگی میکروبی شبکه فاضلابرو بتنی شهرستان مرودشت با توجه به غلظت سولفید هیدروژن " ، مجله مواد نوین،شماره ۸، ۱۰۴-۹۷، ۱۳۹۱.

۷-ز.خادم مدرسی، ر. بازرگان لاری،ف. بختیاری و م.ع. زارع " بررسی اثر ملاس چغندر و نیز مقایسه جریان مستقیم و پالسی در رسوب گذاری الکتریکی اکسید مس، جهت کنترل خوردگی میکروبی فاضلاب روهای بتنی مسلح"، مجله مواد نوین، شماره ۱۲، ۱۳۹۲.

8- Esam H. Hewayde, George F. Nakhla , Erez N. Allouche a & Prasanna K. Mohan” Beneficial impact of coatings on biological generation of sulfide in concrete sewer pipes,Structure and Infrastructure Engineering,vol.3, NO.3, p.267-277, 2007.

9- Thistlethwayte, D., Control of Sulfide in Sewage System, 1972 (Ann Arbor Science: Ann Arbor, MI).

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir