Archive of SID

ORIGINAL ARTICLE

Efficiency of Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrode in Hospital Laundry Wastewater Pretreatment

Mohammad Ali Zazouli[1],
Jamshid Yazdani Charati[2],
Seyed Mohsen Alavinia[3],
Yahya Esfandyari[4]

[1] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] Associate Professor, Department of Biostatics, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[3] MSc Student in Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[4] MSc in Environmental Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received June 21, 2015 Accepted Jananuary 24, 2016)

Abstract

Background and purpose: Laundry is one of the main wastewater producing units in hospitals. Most of detergent materials are hardly degradable and cannot be broken fast in the conventional treatment facilities. This research aimed at studying the possibility of hospital laundry wastewater pretreatment by electrocoagulation method using aluminum electrodes.

Materials and methods: Using composite sampling method, a total of 72 samples was taken from the effluent of a hospital laundry wastewater in Gorgan. The samples were analyzed according to standard methods of water and wastewater examination. After determining the quality of raw laundry wastewater, the wastewater was treated by electrocoagulation method with aluminum electrodes in different circumstances of pH, voltage and times. Process efficiency concerning the removal of COD, color, phosphate and surfactant was examined.

Results: In this study the mean density of COD, phosphate and surfactants in hospital laundry waste water were 848.8 ± 109.4, 1.03 ± 0.06 and 4.81 ± 0.93 mg per liter, respectively and the mean concentration of color was 759.3 ± 152.8 TCU. In optimal conditions, this process could remove 86, 98.8, 94.98, and 66.6% of COD, color, phosphate and surfactant, respectively. The efficiency removal of all parameters increased as the voltage and the contact time increased.

Conclusion: This study showed that laundry waste water was highly polluted and electrocoagulation process could be an efficient procedure in its pre-treatment.

Keywords: electrocoagulation, wastewater treatment, laundry, hospital

J Mazandaran Univ Med Sci 2016; 26(134): 251-260 (Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و پنجم شماره ۱۳۴ اسفند سال ۱۳۹۴ (۲۶۰-۲۵۱)

بررسی کارایی فرآیند الکتروکواگولاسیون با الکترود آلومینیوم در پیش تصفیه فاضلاب رختشویخانه بیمارستان

محمدعلی ززولی[۱]
جمشید یزدانی چراتی[۲]
سید محسن علوی‌نیا[۳]
یحیی اسفندیاری[۴]

چکیده

سابقه و هدف: یکی از واحدهای اصلی تولیدکننده فاضلاب در بیمارستان، رختشویخانه می‌باشد. اکثر مواد شوینده به کندی تجزیه پذیر بوده و امکان شکسته شدن سریع آن‌ها در تصفیه خانه‌های متعارف وجود ندارد. هدف از این تحقیق، بررسی امکان پیش‌تصفیه فاضلاب رختشویخانه بیمارستان به روش الکتروکواگولاسیون با استفاده از الکترود آلومینیوم می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی، تعداد ۷۲ نمونه به روش نمونه‌برداری مرکب از خروجی فاضلاب رختشویخانه بیمارستانی در گرگان برداشته شد. نمونه‌ها مطابق روش‌های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب آنالیز شدند. پس از تعیین کیفیت فاضلاب خام رختشویخانه، این فاضلاب به روش الکتروکواگولاسیون با الکترود آلومینیوم در شرایط pH، ولتاژ و زمان‌های مختلف مورد تصفیه قرار گرفت. راندمان فرایند از نظر حذف COD، رنگ، فسفات و سورفاکتانت بررسی گردید.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت COD، فسفات و سورفاکتانت در فاضلاب رختشویخانه بیمارستان به ترتیب ۱۰۹/۴ ± ۸۴۸/۸، ۰/۰۶ ± ۱/۰۳ و ۰/۹۳ ± ۴/۸۱ میلی‌گرم بر لیتر و رنگ ۱۵۲/۸ ±۷۵۹/۳ TCU بود. در شرایط بهینه فرایند توانست COD، رنگ، فسفات و سورفاکتانت را به ترتیب۸۶، ۹۸/۸، ۹۴/۹۸ و ۶۶/۶ درصد حذف نماید. راندمان حذف کلیه پارامترها با افزایش ولتاژ و زمان تماس افزایش یافت.

استنتاج: این مطالعه نشان داد که فاضلاب رختشویخانه دارای آلودگی با شدت زیاد است و فرایند الکتروکواگولاسیون فرایند کارآمدی جهت پیش تصفیه آن می‌باشد.

واژه های کلیدی: الکتروکواگولاسیون، تصفیه فاضلاب، رختشویخانه، بیمارستان

مقدمه

کاربرد زیاد آب در بخش‌های مختلف بیمارستان نظیر اتاق عمل، آزمایشگاه، اتاق بستری، رختشویخانه، سرویس‌های بهداشتی، آشپزخانه و غیره موجب می‌شود که میزان تولید فاضلاب در بیمارستان‌ها بیش‌تر از فاضلاب خانگی باشد، به طوری که ۱۲۰۰-۴۰۰ لیتر فاضلاب به ازای هر تخت در روز تولید می‌گردد(۱). فاضلاب بیمارستان آلوده به پاتوژن بوده و ممکن است به واسطه فعالیت‌های آزمایشگاهی، پژوهشی، بهداشتی و

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی شماره ۱۰۲۳ است که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران تامین شده است.

مولف مسئول: سید محسن علوی نیا– ساری: کیلومتر ۱۷ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت E-mail: mohsenalavinia@yahoo.com
۱. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲.دانشیار، آمار زیستی مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۴. کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۴/۳/۳۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۴/۹/۱۰ تاریخ تصویب : ۱۳۹۴/۱۱/۴

www.SID.ir

Archive of SID

درمانی حاوی انواع ترکیبات دارویی، رادیونوکلوئیدها، شوینده‌ها و گندزداها باشند(۲). یکی از واحدهای اصلی تولید فاضلاب در بیمارستان‌ها، رختشویخانه‌هاست. هدف اصلی واحد رختشویخانه، حذف آلودگی‌ها و میکروارگانیسم‌ها از البسه می‌باشد که طی فرایندهای شستشو با دترجنت‌ها، گندزدایی، خنثی‌سازی و آبکشی صورت می‌گیرد(۳). تصفیه بیولوژیکی فاضلاب محتوی شوینده‌ها به علت وجود ترکیبات غیرقابل تجزیه و یا با تجزیه‌پذیری پایین مشکل است و روش‌های بیولوژیکی، کارایی بالایی برای تصفیه این نوع فاضلاب‌ها نشان نمی‌دهند(۴). مطالعه‌ای نشان داد که دترجنت‌ها بر فرایند تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال تاثیر منفی بسیار شدید دارد(۵). بنابراین تصفیه فاضلاب‌های حاوی فسفر و دترجنت جهت جلوگیری از آلودگی محیط زیست، تخریب منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و بهبود عملکرد تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است(۶).

بیش‌تر روش‌های معمول تصفیه از قبیل کواگولاسیون و شناورسازی، جذب و اکسیداسیون شیمیایی و یا ترکیبی از این روش‌ها برای تصفیه فاضلاب رختشویخانه‌ها کافی نیست(۷). این فرایندها رنگ را به اندازه کافی حذف نمی‌کنند و قطعاً در کلرزدایی پساب رختشویخانه‌ها موثر نمی‌باشند(۸). نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که با وجود تصفیه معمول فاضلاب در بیمارستان‌ها، این تصفیه‌خانه‌ها، کارایی لازم را در حذف آلاینده‌ها ندارند(۹،۱۰). در مطالعه‌ای درصد حذف COD و دترجنت از فاضلاب بیمارستانی با استفاده از روش SBR پیشرفته به ترتیب ۹۲/۹۷ و ۸۴/۹۹ درصد به دست آمد(۱۱). در مطالعه دیگری، حذف سورفاکتانت با استفاده از روش اکسیداسیون مستقیم با اشعه UV و اکسیداسیون با H_2O_2 به ترتیب ۳۰ و ۲۲ درصد حاصل شد(۱۲). الکتروکواگولاسیون یک روش تصفیه فاضلاب است که تاریخچه‌ای طولانی دارد، اما تاکنون از این روش به عنوان یک روش اصلی تصفیه استفاده نشده است. با این اوصاف در تصفیه برخی فاضلاب‌های خاص مانند ضایعات روغنی، مایع سیاه حاصل ازصنایع کاغذ، فاضلاب رنگی صنعت نساجی و فاضلاب‌های غنی از مواد مغذی، از این روش بهره گرفته شده است(۱۳). در این روش که یک روش موثر و سریع در تصفیه فاضلاب است، عامل منعقدکننده با مکانیسم تعویض یونی به وسیله صفحه آند صورت می‌گیرد و هیچ‌گونه ماده شیمیایی منعقدکننده به آب افزوده نمی‌شود(۱۴). فرایند الکتروکواگولاسیون شامل چهار مرحله اصلی است که عبارتند از: ۱- واکنش‌های الکترولیتی در سطح الکترود، ۲- تشکیل منعقدکننده در فاز آبی، ۳- جذب آلاینده‌های کلوئیدی و محلول روی منعقدکننده و ۴- ته‌نشینی یا شناور شدن توده‌های تشکیل شده(۱۵). این فرایند با کواگولاسیون شیمیایی تفاوت دارد. در کواگولاسیون شیمیایی، افزودن نقطه‌ای منعقدکننده صورت می‌گیرد، در حالی که در الکتروکواگولاسیون، منعقدکننده روی سطح گسترده الکترود تولید می‌شود(۱۶). ازجمله ویژگی‌های این روش می‌توان به کاربرد آسان، تجهیزات ساده، زمان ماند کوتاه، کاهش یا حذف تجهیزات اضافه نمودن مواد شیمیایی و کاهش حجم لجن اشاره نمود(۶). برخی معایب این روش عبارتند از حل شدن الکترودها و نیاز به جایگزین کردن آن‌ها، نیاز به برق و گرانی آن در برخی مناطق، نیاز به رسانایی بالا در سوسپانسیون فاضلاب و ایجاد یک لایه اکسید نفوذناپذیر روی کاتد و در نتیجه کاهش کارایی سیستم(۱۷). در ساده‌ترین شکل، یک راکتور الکتریکی ممکن است از یک سلول الکترولیتی با یک آند و یک کاتد با استفاده از مولد برق مستقیم ایجاد شود(۱۸). بررسی حذف فنل با فرآیند الکتروکواگولاسیون به وسیله الکترودهای آلومینیوم نشان داد که الکتروکواگولاسیون یک فرآیند موثر برای تصفیه فاضلاب‌های حاوی فنل زیاد می‌باشد(۱۹). هم‌چنین موثر بودن حذف فلزات روی، مس و کادمیوم و سولفات از محیط‌های آبی با استفاده از الکتروکواگولاسیون در مطالعات دیگری گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

شده است(۲۲-۲۰). لذا با توجه به مزایای فرایند روش الکتروکواگولاسیون و جهت کاهش بار آلودگی ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب بیمارستان، هدف از این تحقیق بررسی کارایی فرآیند الکتروکواگولاسیون با الکترود آلومینیوم در پیش تصفیه فاضلاب رختشویخانه بیمارستان می‌باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق یک مطالعه تجربی است که در مقیاس آزمایشگاهی به منظور بررسی اثر الکتروکواگولاسیون بر حذف پارامترهای COD، فسفات، رنگ و سورفاکتانت از فاضلاب رختشویخانه بیمارستانی در گرگان انجام شد. تعداد ۷۲ نمونه با روش نمونه برداری مرکب از خروجی فاضلاب رختشویخانه بیمارستان شهید صیاد شیرازی گرگان که هیچ تداخلی با سایر فاضلاب‌های بیمارستان نداشت، گرفته شد. تجهیزات مربوط به الکتروکواگولاسیون شامل منبع تغذیه متغیر و ۴ الکترود از جنس آلومینیوم با ابعاد ۲×۱۰۰×۱۲۰ میلی متر بود. الکترودها با فاصله ۲۰ میلی‌متر از هم و با فاصله ۲۰ میلی‌متر از کف راکتور که یک مخزن شیشه‌ای با ابعاد ۲۲۰ ×۱۲۰×۱۲۰ میلی‌متر بود، قرار گرفتند. حجم نمونه مورد آزمایش در هر مرتبه ۱/۵ لیتر بود. الکترودها به صورت تک قطبی و با آرایش موازی به منبع تغذیه متصل شدند. اختلاط فاضلاب با کمک یک همزن مغناطیسی با سرعت ۱۰۰ rpm انجام گردید. پس از انتقال نمونه به آزمایشگاه، پارامترهای مورد نظر بر روی نمونه‌های خام اندازه‌گیری شدند، در هر مرتبه آزمایش، ۱/۵ لیتر از فاضلاب در ظرف ریخته شده و pH آن به صورت دلخواه تنظیم گردید. برای تنظیم pH از اسیدسولفوریک و هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال استفاده شد. سپس آزمایش‌ها در دامنه ولتاژ ۲۰،۳۰ و ۴۰ ولت و در pH های ۳، ۷ و ۱۰ و با زمان تماس ۱۰، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه انجام پذیرفت. نمونه‌ها در فواصل زمانی مورد نظر از فاصله ۲ سانتی‌متری کف راکتور برداشت شد. در هر مرحله به هر یک از نمونه‌های برداشت شده از راکتور، ۱۵ دقیقه زمان ماند داده شد تا لخته تشکیل گردد، سپس به منظور حذف لخته‌های تشکیل شده، نمونه‌های برداشت شده از صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده شدند. در پایان غلظت COD با روش شماره 5220 D، فسفات با روش شماره 4500-P C و رنگ با روش شماره 2120 B مندرج در کتاب استاندارد متد با دستگاه اسپکتروفتومتر DR2800 طبق روش تعیین مقدار شدند(۲۳). سورفاکتانت‌ها نیز با استفاده از معرف Hach و اسپکتروفتومتری با دستگاه اسپکتروفتومتر DR 2800 اندازه‌گیری شدند. در انتها نتایج آزمایشات در نرم‌افزار Excel وارد گشته و سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS بازخوانی و تحلیل شد. برای انجام این تحلیل از آزمون‌های آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معنی‌داری در این تحقیق ۰/۰۵ می‌باشد.

یافته ها

در جدول شماره ۱، مشخصات کیفی نمونه‌های فاضلاب خام رختشویخانه بیمارستان شهید صیاد شیرازی گرگان آمده است. همان‌طوری‌که در این جدول دیده می‌شود، فاضلاب رختشویخانه دارای سورفاکتانت، COD و رنگ زیادی می‌باشد. میانگین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در فاضلاب رختشویخانه، ۸۴۸ میلی‌گرم بر لیتر می باشد.

جدول شماره ۱: کیفیت فاضلاب خام رختشوی خانه بیمارستان صیاد شیرازی گرگان

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین±انحراف معیار
COD (میلی گرم بر لیتر)	۶۵۰	۱۰۸۰	۸۴۸/۸ ± ۱۰۹/۴
فسفات (میلی گرم بر لیتر)	۰/۹۵	۱/۱۹	۱/۰۳ ± ۰/۰۶
رنگ (TCU)	۴۵۵/۷	۹۹۱/۴	۷۵۹/۳ ±۱۵۲/۸
سورفاکتانت (میلی گرم بر لیتر)	۳/۱۹	۶/۴۸	٤/۸٤ ±۰/۹۳

در این مطالعه، کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون با استفاده از صفحه های آلومینیوم در حذف پارامترهای

www.SID.ir

Archive of SID

COD، رنگ، فسفات و سورفاکتانت از فاضلاب رختشویخانه بیمارستان تحت شرایط ولتاژهای مختلف، در سه pH اسیدی، خنثی و قلیایی و در زمان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت که نتایج این بررسی در جدول شماره ۲ و در تصاویر ۱ تا ۳ نشان داده شده است. جدول شماره ۲ میانگین، حداقل و حداکثر حذف پارامترهای مورد مطالعه شامل COD، رنگ، فسفات و سورفاکتانت در ولتاژ، زمان وpH های مختلف را نشان می‌دهد. تصویر شماره ۱، نشان دهنده تاثیر pH بر راندمان تصفیه می‌باشد. با توجه به این تصویر و جدول شماره ۲، مشخص می‌شود حداکثر راندمان حذف COD در pH اسیدی به مقدار ۸۶ درصد، فسفات در pH خنثی به میزان۹۴/۶ درصد و سورفاکتانت در pH خنثی و به میزان ۶۶/۶ درصد و رنگ در pH قلیایی و به میزان ۹۹/۱۹ درصد صورت گرفت. تصویر شماره ۲ تاثیر ولتاژ در تصفیه فاضلاب را نشان می‌دهد. ماکزیمم

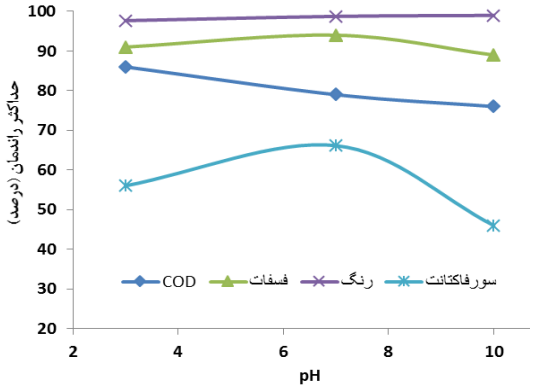
جدول شماره ۲: میانگین حذف پارامترها در شرایط ولتاژ، زمان و pH های مختلف

پارامتر		متغیر	حداقل (درصد)	میانگین± انحراف معیار	حداکثر (درصد)	فاصله اطمینان ۹۵٪		سطح معنی داری
						حد پایین (درصد)	حد بالا (درصد)	
COD	ولتاژ	۲۰	۴۹/۲	۶۶/۷۹ ± ۸/۶	۸۱	۶۳/۱۲	۷۰/۴۵	۰/۰۳۱
		۳۰	۵۳/۵۶	۶۹/۸۹±۸/۸	۸۳/۸۸	۶۶/۱۴	۷۳/۶۴	
		۴۰	۵۸/۷۴	۷۳ ± ۸/۰۴	۸۶	۷۰/۰۴	۷۶/۸۳	
	زمان	۱۰	۴۹/۲۱	۵۹/۵۹±۵/۰۵	۶۸/۲۲	۵۷/۰۸	۶۲/۱۱	<۰/۰۰۱
		۳۰	۵۵/۹۵	۶۹/۳۳±۶/۹۵	۸۰/۵۷	۶۵/۸۷	۷۲/۷۹	
		۴۵	۶۲/۷۲	۷۳/۶۸±۶/۱۱	۸۴/۴۱	۷۰/۶۳	۷۶/۷۲	
		۶۰	۶۹/۰۵	۷۷/۵۵±۵/۱	۸۶	۷۵	۸۰/۱	
	pH	۳	۵۸/۴۹	۷۵/۵۲±۸/۶	۸۶	۷۱/۸۹	۷۹/۱۵	<۰/۰۰۱
		۷	۵۵/۲۳	۶۹/۴۰±۷/۲۹	۷۹/۸۵	۶۶/۳۲	۷۲/۴۸	
		۱۰	۴۹/۲۱	۶۵/۱۹±۷/۶۴	۷۶	۶۱/۹۶	۶۸/۴۱	
رنگ	ولتاژ	۲۰	۸۴/۵۴	۹۲/۹۸± ۴/۴	۹۸/۸۴	۹۱/۱۱	۹۴/۸۵	۰/۸۷۱
		۳۰	۷۸/۹۵	۹۲/۱۷± ۶/۱۶	۹۹/۱۹	۸۹/۵۷	۹۴/۷۷	
		۴۰	۷۹/۹۳	۹۲/۷۹ ±۶/۰۱	۹۹/۰۴	۹۰/۲۵	۹۵/۳۲	
	زمان	۱۰	۷۸/۹۵	۸۵/۹۱±۳/۷۸	۹۰/۶	۸۴/۰۲	۸۷/۷۹	<۰/۰۰۱
		۳۰	۸۲/۰۵	۷۱/۷۶±۴/۸۵	۹۷/۳۱	۸۹/۳۴	۹۴/۱۷	
		۴۵	۹۱/۱۹	۹۵/۳۷±۲/۲۳	۹۹/۰۴	۹۴/۲۶	۹۶/۴۹	
		۶۰	۹۳/۹۵	۹۷/۵۴±۱/۴۹	۹۹/۱۹	۹۶/۸	۹۸/۲۸	
	pH	۳	۸۴/۹۵	۹۲/۶۱±۳/۴	۹۷/۶۸	۹۱/۱۶	۹۴/۰۶	۰/۰۰۷
		۷	۷۸/۹۵	۹۰/۲۰±۶/۷۶	۹۸/۷۷	۸۷/۳۵	۹۳/۰۶	
		۱۰	۸۴/۵۴	۹۵/۱±۴/۸۸	۹۹/۱۹	۹۳/۰۶	۹۷/۱۸	
فسفات	ولتاژ	۲۰	۷۱/۲۵	۷۸/۵۲ ±۴/۴۴	۸۷/۷	۷۶/۶۴	۸۰/۳۹	<۰/۰۰۱
		۳۰	۷۳/۱	۸۱/۰۴±۴/۴	۸۸/۰۶	۷۹/۱۶	۸۲/۹۱	
		۴۰	۷۵/۰۷	۸۶/۱±۵/۱۴	۹۴/۸۱	۸۳/۹۳	۸۸/۲۷	
	زمان	۱۰	۷۱/۲۵	۷۵/۷۲±۳/۷۶	۸۳/۱	۷۳/۸۵	۷۷/۵۹	<۰/۰۰۱
		۳۰	۷۶/۴۷	۸۱/۷۱±۳/۶۹	۸۹/۹۳	۷۹/۸۷	۸۳/۵۵	
		۴۵	۷۸/۴۳	۸۳/۸۶±۳/۸۸	۹۱/۵۶	۸۱/۹۶	۸۵/۸۲	
		۶۰	۷۹/۴۱	۸۶/۲۳±۴/۸۷	۹۴/۸۱	۸۳/۸	۸۸/۶۵	
	pH	۳	۷۱/۲۵	۸۰/۴۵±۵/۵۱	۹۰/۹۰	۷۸/۱۲	۸۲/۷۸	۰/۰۱۵
		۷	۷۳	۸۴/۵۵±۶/۰۳۵	۹۴/۸۱	۸۲	۸۷/۱	
		۱۰	۷۱/۵۷	۸۰/۶۶±۴/۳۵	۸۹	۷۸/۸۲	۸۲/۵	
سورفاکتانت	ولتاژ	۲۰	۸/۴	۳۳/۱۸±۱۵/۲۶	۵۸/۷	۲۶/۷۴	۳۹/۶۲	۰/۲۰۹
		۳۰	۱۱/۰۵	۳۸/۳۲±۱۶/۳۸	۶۵/۴۱	۳۱/۴۰	۴۵/۲۴	
		۴۰	۱۴/۰۳	۴۱/۴۲±۱۶/۶	۶۷/۲۱	۳۴/۴۰	۴۸/۴۳	
	زمان	۱۰	۸/۴	۱۴/۲۸±۳	۱۹/۲	۱۲/۷۹	۱۵/۷۷	<۰/۰۰۱
		۳۰	۲۶/۲۲	۳۸/۳۳±۶/۱۷	۴۷/۹۹	۳۵/۲۶	۴۱/۴	
		۴۵	۲۹/۱۹	۴۶/۱۷±۹/۶۲	۶۱/۱۲	۴۱/۳۸	۵۰/۹۵	
		۶۰	۳۵/۳۸	۵۱/۷۸±۹/۶۷	۶۷/۲۱	۴۹/۹۷	۵۶/۵۹	
	pH	۳	۱۱/۱۶	۳۶/۵۸±۱۴/۵۳	۵۶/۰۸	۳۰/۴۴	۴۲/۷۲	۰/۰۰۹
		۷	۱۲/۵۶	۴۵/۱۶±۱۸/۵۸	۶۷/۲۱	۳۷/۳۱	۵۳/۰۱	
		۱۰	۸/۴	۳۱/۱۸±۱۲/۳۷	۴۸/۳۵	۲۵/۹۵	۳۶/۴	

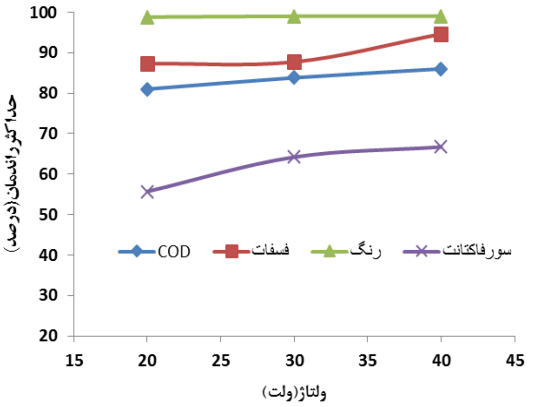
www.SID.ir

Archive of SID

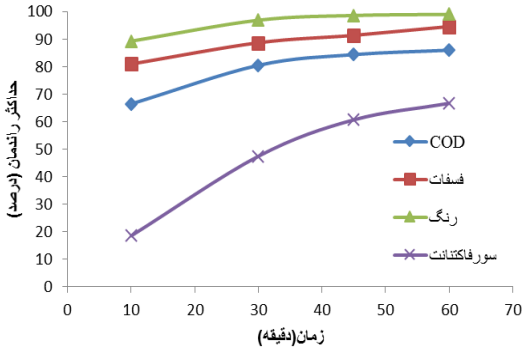
حذف COD، فسفات و سورفاکتانت در ولتاژ ۴۰ ولت بوده که به ترتیب برابر ۸۶ درصد، ۹۴/۸۱ درصد و ۶۷/۲۱ درصد می‌باشد. همان طوری که در این جدول و نمودار دیده می‌شود، راندمان حذف پارامترهای COD، فسفات و سورفاکتانت با افزایش ولتاژ بالا می‌رود، اما راندمان حذف رنگ در ولتاژ ۲۰ به حداکثر می‌رسد، بنابراین برای حذف رنگ، نیازی به کاربرد ولتاژ بالا نمی‌باشد. تصویر شماره ۳ نشان‌دهنده تاثیر زمان واکنش بر راندمان تصفیه می‌باشد. با توجه به جدول شماره ۲ و تصویر مذکور، مشخص می‌شود که راندمان حذف کلیه پارامترها با افزایش زمان به حداکثر خود می‌رسد و در زمان ۶۰ دقیقه، بیش‌ترین حذف صورت می‌گیرد.



تصویر شماره ۱: تاثیر pH بر کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون در تصفیه فاضلاب رختشویخانه



تصویر شماره ۲: تاثیر ولتاژ بر کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون در تصفیه فاضلاب رختشویخانه



تصویر شماره ۳: تاثیر زمان واکنش بر کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون در تصفیه فاضلاب رختشویخانه

بحث

با توجه به جدول شماره ۱، نتیجه گرفته می‌شود که فاضلاب رختشویخانه جزء فاضلاب‌های قوی (دارای شدت آلودگی زیاد) تلقی می‌گردد که با یافته‌های برخی مطالعات دیگر در خصوص فاضلاب بیمارستانی مطابقت دارد(۲۴،۹،۱). در فرایند الکتروکواگولاسیون، الکترودهای آلومینیوم طی فرایند الکترولیز تجزیه می‌شوند و عوامل منعقدکننده و هیدروکسیدهای فلزی تولید می‌نمایند که موجب تشکیل لخته‌های ناشی از عوامل آلاینده می‌گردند(۲۵). در این فرایند با واکنش‌های موجود در آند و کاتد، یون Al^{+3} و OH^- تولید شده و به شکل $Al(OH)_3$ در می‌آید. این واکنش‌ها به صورت زیر انجام می‌شود(۲۶):

واکنش در آند: $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$

واکنش در کاتد: $3H_2O + 3e^- \rightarrow \frac{3}{2}H_{2(g)} + 3OH^-$

واکنش کلی درمحلول: $Al^{3+}_{(aq)} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3H^+$

نتایج به دست آمده از این مطالعه بیانگر آن است که فرایند الکتروکواگولاسیون با استفاده از الکترود آلومینیوم در حذف پارامترهای COD، رنگ، فسفات و سورفاکتانت از فاضلاب رختشویخانه تحت شرایط مختلف pH، ولتاژ و زمان واکنش بر راندمان فرایند تاثیرگذار است که در این تحقیق میزان این تاثیرگذاری مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به جدول شماره ۲

www.SID.ir

Archive of SID

و تصویر شماره ۲، مشخص می‌شود که راندمان حذف پارامترهای COD، فسفات و سورفاکتانت با افزایش ولتاژ بالا می رود، به طوری که بیش‌ترین راندمان حذف مربوط به ولتاژ ۴۰ می‌باشد. اما راندمان حذف رنگ در ولتاژ ۲۰ به ماکزیمم خود می رسد، بنابراین برای حذف رنگ نیازی به کاربرد ولتاژ بالا نمی‌باشد. با توجه به جدول شماره ۲ و آزمون آنالیز واریانس، میانگین حذف COD و فسفات در ولتاژهای مختلف (۲۰، ۳۰ و ۴۰ ولت) دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵). میانگین حذف COD در فاصله ولتاژهای ۲۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۴۰ معنی دار نیست ($p >$ ۰/۰۵)، اما در فاصله ولتاژ ۲۰ تا ۴۰ معنی‌دار است ($p <$ ۰/۰۵). میانگین خذف فسفات در فاصله ولتاژ ۲۰ تا ۳۰ معنی‌دار نیست ($p >$ ۰/۰۵)، ولی در فاصله ولتاژهای ۳۰ تا ۴۰ و ۲۰ تا ۴۰ معنی‌دار است ($p <$ ۰/۰۵)، در صورتی که میانگین حذف رنگ و سورفاکتانت در ولتاژهای مختلف دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشد ($p >$ ۰/۰۵). یافته تحقیق حذف روی و مس و حذف رنگ اریوکرم بلاک تی از محیط‌های آبی(۲۱، ۲۷) حاکی از آن است که با افزایش ولتاژ، میزان حذف پارامترها افزایش می‌یابد که این یافته‌ها همسو با یافته‌های این مطالعه می‌باشد. این نتیجه به این واقعیت نسبت داده می‌شود که با افزایش جریان الکتریکی، میزان ورود آلومینیوم به محلول و تولید اکسید آلومینیوم افزایش می‌یابد. اکسید آلومینیوم به صورت رسوب تمایل به ته‌نشینی دارد و در حین ته‌نشینی، آلاینده‌ها را بهتر حذف می‌نماید. هم‌چنین با افزایش ولتاژ، تراکم حباب‌ها بیش‌تر و اندازه آن‌ها کم‌تر می‌گردد که این موضوع نیز در حذف پارامترها موثر است(۲۸).

بررسی تاثیر افزایش زمان واکنش بر راندمان تصفیه، حاکی از افزایش حذف تمامی پارامترها با زمان می‌باشد. جدول شماره ۲ و تصویر شماره ۳، نشان می‌دهد که با افزایش زمان، میزان حذف پارامترهای مورد مطالعه افزایش می یابد و بیش ترین درصد حذف در مدت زمان ۶۰ دقیقه صورت گرفت.

با توجه به آزمون آنالیز واریانس مشخص شد میانگین حذف COD، رنگ، فسفات و سورفاکتانت در زمان‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵). میانگین حذف COD در فاصله‌های زمانی ۳۰-۱۰، ۴۵-۱۰، ۶۰-۱۰ و ۶۰-۳۰ معنی‌دار ($p <$ ۰/۰۵) بوده ولی در فاصله‌های زمانی ۴۵-۳۰ و ۶۰- ۴۵ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد ($p >$ ۰/۰۵). میانگین حذف رنگ در فاصله‌های زمانی ۳۰-۱۰، ۴۵-۱۰، ۶۰-۱۰، ۴۵-۳۰ و ۶۰-۳۰ دقیقه دارای اختلاف معنی‌دار است ($p <$ ۰/۰۵)، ولی در فاصله زمانی ۶۰- ۴۵ دقیقه دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد ($p >$ ۰/۰۵). میانگین حذف فسفات در فاصله‌های زمانی ۳۰-۱۰، ۴۵-۱۰، ۶۰-۱۰ و ۶۰-۳۰ دقیقه دارای اختلاف معنی‌دار بوده ($p <$ ۰/۰۵) ولی در فاصله زمانی ۴۵-۳۰ و ۶۰- ۴۵ دقیقه دارای اختلاف معنی‌دار نیست ($p >$ ۰/۰۵). میانگین حذف سورفاکتانت در فاصله‌های زمانی ۳۰-۱۰، ۴۵-۶۰،۱۰-۱۰، ۴۵-۳۰ و ۶۰-۳۰ معنی‌دار ($p <$ ۰/۰۵) بوده ولی در فاصله‌های زمانی ۶۰- ۴۵ دقیقه دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد ($p >$ ۰/۰۵). با توجه به این که حذف کلیه پارامترها در فاصله زمانی ۶۰-۴۵ دقیقه دارای اختلاف معنی‌دار نیست، می‌توان گفت برای حذف این پارامترها نیازی به زمان بیش از ۴۵ دقیقه نمی‌باشد. در نتایج مطالعه حذف سولفات از محیط‌های آبی(۲۲) و مطالعه تصفیه فاضلاب سنتتیک حاوی رنگزای راکتیو ۱۹۸ (۲۹) و هم‌چنین مطالعه حذف کادمیوم از فاضلاب محلول‌های آبکاری(۲۸) و حذف COD از پساب(۳۰)، با افزایش زمان، میزان حذف نیز افزایش می‌یابد که با نتایج مطالعه حاضر مطابق است. کارایی حذف، مستقیماً بستگی به غلظت یون‌های تولیدی در الکترودها دارد. با افزایش زمان الکترولیز، غلظت یون‌های تولیدی افزایش یافته و در نتیجه آن، لخته‌های هیدروکسید نیز افزایش می‌یابد(۲۷). در تصویر شماره ۱ و جدول شماره ۲، تاثیر pH بر راندمان حذف نشان داده شده است. آزمون آنالیز واریانس مشخص می‌نماید که، میانگین حذف COD، رنگ،

www.SID.ir

Archive of SID

فسفات و سورفاکتانت در pH های مختلف(۱۰،۷،۳) دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد ($p<۰/۰۵$). در این بررسی مشخص شد که حذف COD در pH اسیدی، بیش‌ترین راندمان را دارد و با افزایش pH از ۳ تا ۱۰، راندمان حذف کاهش می‌یابد. نتایج مطالعاتی در رابطه با تصفیه فاضلاب کارواش، بیمارستان و کشتارگاه مرغ با استفاده از الکتروکواگولاسیون نشان داد که بیش‌ترین حذف COD در pH اسیدی صورت گرفته است(۳۲،۳۱،۶) که با نتایج یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. در مورد رنگ، راندمان حذف در pH قلیایی بیش‌تر گزارش شده است. هم‌چنین این تحقیق نشان داد که افزایش زمان واکنش راندمان حذف بیش‌تری را برای رنگ نتیجه داد. در پژوهش دالوند و همکاران نتیجه گرفته شد راندمان حذف رنگ با زمان تماس رابطه مستقیم دارد(۲۹) که با نتیجه این پژوهش منطبق است. رحمانی و همکاران در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که افزایش pH باعث کاهش کارایی حذف رنگ گردید(۲۷) که با نتیجه این بررسی در تضاد است. افزایش کارایی حذف رنگ در pH قلیایی می‌تواند به دلیل تولید انواع مختلف از گونه‌های منعقدکننده موثر باشد که منجر به افزایش کارایی فرایند نسبت به pH خنثی شده است(۳۳). طبق نتایج این بررسی، pH بهینه برای حذف فسفات، pH خنثی به دست آمد. نتایج این مطالعه با برخی مطالعات دیگر مطابقت دارد(۳۴،۶). در مورد حذف سورفاکتانت‌ها، بیش‌ترین راندمان حذف در pH خنثی صورت گرفت که این نتیجه با نتیجه مطالعه تصفیه فاضلاب کارواش مطابقت دارد(۶). شرایط بهینه pH برای حذف رنگ، فسفات و سورفاکتانت موید این است که فرایند الکتروکواگولاسیون فرایند مناسبی برای تصفیه فاضلاب رختشویخانه بیمارستان است. این تحقیق نشان داد که زمان بهینه برای حذف آلاینده‌ها ۶۰ دقیقه، ولتاژ ۴۰ ولت، pH بهینه خنثی است. حذف COD، فسفات، رنگ و سورفاکتانت با فرایند الکتروکواگولاسیون با الکترود آلومینیوم در شرایط بهینه به ترتیب به ۸۶، ۹۴/۶، ۹۹ و ۶۶/۶ درصد می‌رسد. بنابراین پیش تصفیه فاضلاب رختشویخانه بیمارستان با استفاده از فرایند الکتروکواگولاسیون امکان‌پذیر و مطلوب است.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه آقای سید محسن علوی‌نیا دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی مازندران با شماره طرح تحقیقاتی ۱۰۲۳ مصوب معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران می‌باشد. بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی معاونت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی و کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه قدردانی می گردد.

References

1. Amouei AI, Asgharnia H, Gudarzi J, Salehi A. Quantity and quality of wastewater in the hospitals of babol Medical University and effects on the environmental health. J Babol Univ Med Sci 2011: 12(2): 77-82 (Persian).
2. Golbabaei Kootenaei F, Amini Rad H. Treatment of Hospital Wastewater by Novel Nano-Filtration Membrane Bioreactor (NF-MBR). Iranica Journal of Energy and Environment 2013; 4(1): 60-67 (Persian).
3. Fijan S, Poljšak-Prijatelj M, Steyer A, Koren S, Cencič A, Šostar-Turk S. Rotaviral RNA found in wastewaters from hospital laundry. Int J Hyg Environ Health 2006; 209(1): 97-102.
4. Mousavi SAR, Mahvi AH, Mesdaghinia AR, Nasseri S. The Quality Characteristics of Paksan Factory Industrial Wastewater. J Kermanshah Univ Med Sci 2008; 12(1): 102-112 (Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

5. Dehghani M. Guideline of hospital environmental health. Tehran. Tehran: Nakhl Publication; 2001. (Persian).
6. Takdastan A, Azimi A, Salari Z. The Use of Electrocoagulation Process for Removal of Turbidity, COD, Detergent and Phosphorus from Carwash Effluent. Water and Wastewater Journal 2011; 22(3): 19-25 (Persian).
7. Wang CT, Chou WL, Kuo YM. Removal of COD from laundry wastewater by electrocoagulation/electroflotation. J Hazards Mater 2009; 164(1): 81-86.
8. Šostar-Turk S, Petrinić I, Simonič M. Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration. Resources, Conservation and Recycling 2005; 44(2): 185-196.
9. Âmouei AA, Ghanbari N, Kazemitabar M. Study of Wastewater Treatment System in The Educational Hospitals of Babol University of Medical Sciences (2009). J Mazandaran Univ Med Sci 2010; 20(77): 78-86 (Persian).
10. Prayitno, Kusuma Z, Yanuwiadi B, Laksmono R. Study of hospital wastewater characteristic in Malang city 2013; 2(2): 13-16.
11. Banaiy Ghahfarrokhi B, Ehramposh MH, Nasiri P, Ghasemee A, Rezaie Javanmardi R. Survey of amount of removed detergents and organic Materials of hospital wastewater with SBR developed method (case study of Yazd city). J Environ Sci Technol 2010; 12(2): 61-70 (Persian).
12. Ahmadi Mousa Abad N, Moussavi G. The Removal of Sodium Dodecyl Sulphate Anionic Surfactant from Wastewater Using UV/H2O2 Advanced Oxidation Process. Modares Civil Engineering Journal 2012; 12(4): 1-10 (Persian).
13. Katal R, Pahlavanzadeh H. Influence of different combinations of aluminum and iron electrode on electrcoagulation efficiency: Application to the treatment of paper mill wastewater. Desalination 2011; 265(1-3): 199-205.
14. Malakutian M, Mahvi AH, Heidari MH, Mostafavi A. Comparison of Polyaluminum Silicate Chloride And Electrocoagulation Process in Natural Organic. J Ilam Univ Med Sci 2011; 19(2): 26-37 (Persian).
15. Zhao S, Huang G, Cheng G, Wang Y, Fu H. Hardness, COD and turbidity removals from produced water by electrocoagulation pretreatment prior to reverse osmosis membranes. Desalination 2014; 344: 454-462.
16. Ezechi EH, Isa MH, Kutty SRM, Yaqub A. Boron removal from produced water using electrocoagulation. Process Saf Environ 2014; 92(6): 509-514.
17. Mollah MYA, Schennach R, Parga JR, Cocke DL. Electrocoagulation (EC) science and applications. J Hazard Mater 2001; 84(1): 29-41.
18. Isanloo H, Mohseni SM, Nazari S, Sarkhosh M, Alizadeh Matboo S. Efficiency of Electrical Coagulation Process in Reduction of Water Turbidity. Journal of Health and Hygine 2014; 5(1): 67-74 (Persian).
19. Zazouli MA, Taghavi M, Bazrafshan E. Influences of Solution Chemistry on Phenol Removal From Aqueous Environments by Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrodes. Journal of Health Scope 2012; 1(2): 66-70 (Persian).
20. Bazrafshan E, Mahvi AH. Removal of Cadmium from Aqueous Environments by Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrodes. Zahedan Journal of research in medical sciences (Tabib-e- shrgh) 2007; 9(1): 61-70 (Persian).
21. Bazrafshan E, Mahvi AH, Zazouli MA.

www.SID.ir

Archive of SID

Removal of zinc and copper from aqueous Solutions by electrocoagulation technology using iron electrodes. Asian J Chem 2011; 23(12): 5506-5510.

22. Mahvi AH, Jafari Mansourian H, Rajabizadeh A. Performance of electrocagolation process for removal of sulfate ion from aqueous environments using plate aluminum electrodes. Qom Univ Med Sci J 2010; 4(3): 21-28 (Persian).
23. Apha A. WEF (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater, 2007.
24. Kern DI, Schwaickhardt Rde O, Mohr G, Lobo EA, Kist LT, Machado ÊL. Toxicity and genotoxicity of hospital laundry wastewaters treated with photocatalytic ozonation. Sci Total Environ 2013; 443: 566-572.
25. Asgari G, Seid mohammadi A, Rowshanai G, Sharifi Z, Mehr alipour J, Shabanlo A, et al. Electrocoagulation (EC) and Electrocoagulation/ Flotation (ECF) Processes for Removing High Turbidity from Surface Water Using Al and Fe Electrodes. Water and wastewater 2013; 24(2): 62-69 (Persian).
26. Razavi M, Saeedi M, Jabbari E. The Effect of Operating Conditions on Simultaneous Removal of Phosphate, Nitrate and CODfrom Laundry Wastewater by Electrocoagulation Using Aluminum Electrodes. J Environ Studies 2012; 38(3): 19-21.
27. Rahmani AR, Samarghandi MR. Electrocoagulation Treatment of Color Solution Containing Colored Index Eriochrome Black T. Water and Wastewater 2009; 20(1): 52-58 (Persian).
28. Bazrafshan E, Mostafapoor FK, Zazouli MA, Eskandari Z, Jahed GR. Study on Removal of Cadmium from Plating Baths Wastewater by Electrochemical Precipitation Method. Pakist J Biol Sci 2006; 9(11): 2107-2111.
29. Dalvand A, Gholami M, Ameri A, Mahmoodi NM. Treatment of synthetic wastewater containing Reactive Red 198 by electrocoagulation process. Iranian J Health Environ 2011; 4(1): 11-22 (Persian).
30. Rahmani A, Samarghandi MR. Electrochemical Removal of COD from Effluents. Water and Wastewater 2007; 18(4): 9-15 (Persian).
31. Kobya M, Senturk E, Bayramoglu M. Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation. J Hazard Mater 2006; 133(1-3): 172-176.
32. Dehghani M, Shiebani Seresht S, Hashemi H. Treatment of hospital wastewater by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes. Int J Environ Health Engine 2014; 3(1): 32-37.
33. Massoudinejad MR, Yazdanbakhsh AR, Sharifi Maleksari H. Investigation of Electrocoagulation Process Efficiency for Color Removal from Polyacrylic Textile Industrial wastewater. Water and Wastewater 2013; 24(4): 40-48 (Persian).
34. İrdemez Ş, Demircioğlu N, Yildiz YŞ. The effects of pH on phosphate removal from wastewater by electrocoagulation with iron plate electrodes. J Hazard Mater 2006; 137(2): 1231-1235.

www.SID.ir