Archive of SID

Journal of Sabzevar University of Medical Sciences

October & November 2016. Vol 23. Num 4

Research Paper

Evaluation of Polyferric Sulfate (PFS) as a Coagulant for Chromium (VI) and Cadmium (II) Removal From Aqueous Solutions

Afshin Takdastan[1,2], Mehdi Jolanejad[3], Abdolkazem Neisi[4,5], Mehrnosh Abtahi[6], *Sahand Jorfi[5,6]

1. Associate Professor, Department of Environmental Health, Faculty of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
2. Associate Professor, Environmental Technologies Research Center, Faculty of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
3. MSc., Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Environmental Health, Faculty of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
5. Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
6. Assistant Professor, Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Citation: Takdastan A, Jolanejad M, Neisi AK, Abtahi M, Jorfi S. [Evaluation of Polyferric Sulfate (PFS) as a Coagulant for Chromium (VI) and Cadmium (II) Removal From Aqueous Solutions (Persian)]. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2016; 23(4):698-705.

doi:

Received: 15 May 2016

Accepted: 8 Aug. 2016

ABSTRACT

Backgrounds Chromium and cadmium are two heavy metals having adverse effects on the health and environment, which are released to environment by waste streams. Because of high solubility, they are absorbed by living organisms and through food chain accumulate in human body. This study aimed to determine the efficiency of the polyferric sulfate (PFS) in removing of Cr_6+ and Cd_2+ from aqueous solutions. **Methods & Materials** This study was investigated in bench scale using a jar test apparatus. The effect of pH (4-11), dose of coagulants (10-200 mg/l), initial amount of metals (1-100 mg/l) and settling time (15-9 min) were investigated. Cr and Cd concentration were determined by atomic absorption spectroscopy. **Results** The result showed that the maximum removal efficiency was 52.82% for Cr and 93.13% for Cd, at pH values of 6 and 9, coagulant dosage of 100 and 50 mg/l, respectively, and settling time for 30 min. **Conclusion** Coagulation and sedimentation by use of polyferric sulfate can be considered as an efficient process for removal of Cd and pretreatment of Cr.

Keywords:
Heavy metals, Hexavalent chromium, Cadmium, Polyferric sulphate, Coagulation and sedimentation

** Corresponding Author:*
Sahand Jorfi, PhD
Address: Department of Environmental Health, Faculty of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
Tel: +98 (916) 3109153
E-mail: sahand369@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی کارایی منعقدکننده پلی‌فریک سولفات در حذف کروم شش‌ظرفیتی و کادمیوم دوظرفیتی از محلول های آبی

افشین تکدستان[۱*]، مهدی ژولانژاد[۲]، عبدالکاظم نیسی[۳*]، مهرنوش ابطحی[۴]، *سهند جرفی[۵*]

۱-دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۲-دانشیار، مرکز تحقیقات و فناوری‌های زیست‌محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۳-کارشناس ارشد گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۴-استادیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۵-استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهیدبهشتی، تهران، ایران.
۶-استادیار، مرکز تحقیقات و فناوری‌های زیست‌محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۵
تاریخ پذیرش: ۱۸ مرداد ۱۳۹۵

چکیده

اهداف کروم و کادمیوم ازجمله فلزات سنگین با اثر سوء بهداشتی و زیست‌محیطی هستند که از طریق جریان‌های زائد وارد محیط می‌شوند. به دلیل حلال‌بودن فلزات سنگین در محیط‌های آبی این فلزات به سهولت توسط ارگانیسم‌های زنده جذب می‌شوند و با ورود به زنجیره غذایی در بدن انسان‌ها تجمع زیستی می‌یابند. هدف از این مطالعه تعیین کارایی منعقدکننده پلی‌فریک سولفات در حذف کروم شش‌ظرفیتی و کادمیوم دوظرفیتی از محلول‌های آبی است.

مواد و روش‌ها این مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی با استفاده از دستگاه جار اثر متغیرهای pH (۴ تا ۱۱)، دزاژ منعقدکننده (۱۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، غلظت اولیه فلز (۱ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و زمان ته‌نشینی (۱۵ تا ۹۰ دقیقه) بررسی شد. غلظت فلزات کروم و کادمیوم به روش اسپکتروفوتومتری جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها نتایج نشان داد بیشترین بازدهی حذف کروم ۵۲/۸۲درصد و کادمیوم ۹۳/۱۳درصد به ترتیب در pH ۶ و ۹ دزاژ منعقدکننده ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، مقدار کروم و کادمیوم ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و زمان ته‌نشینی ۳۰ دقیقه به دست آمد.

نتیجه‌گیری انعقاد و ته‌نشینی با استفاده از پلی‌فریک سولفات می‌تواند به عنوان یک فرایند کارآمد برای حذف کادمیوم و پیش‌تصفیه کروم مدنظر قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها:
فلزات سنگین، کروم شش‌ظرفیتی، کادمیوم، پلی‌فریک سولفات، انعقاد و ته‌نشینی

مقدمه

از اوایل دهه ۷۰ میلادی نگرانی در زمینه اثرات مضر فلزات سنگین بر انسان و اکوسیستم‌های آبی افزایش یافته است [۱]. انتشار فلزات سنگین از فاضلاب صنایع به محیط از مشکلات عمده زیست‌محیطی به شمار می‌آید [۲]. بسیاری از فلزات سنگین مانند نیکل، سرب، کروم، کادمیوم، روی و جیوه در مقادیر جزئی در اکثر فاضلاب‌ها وجود دارند. وجود هر یک از این فلزات در مقادیر بالا به لحاظ سمی‌بودن در مصارف مفید آب اختلال ایجاد می‌کند [۳]. فلزات سنگین با ایجاد مکانیزم‌های متعدد باعث ایجاد اختلالاتی همچون سرطان‌زایی، اثرگذاری بر سیستم عصبی و خون‌ساز و قلبی و عروقی، آسیب به کلیه و تجمع در بافت‌ها می‌شوند [۴]. همچنین وجود فلزات سنگین در فاضلاب می‌تواند عملکرد تصفیه بیولوژیکی را تحت تأثیر قرار داده و کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه را کاهش دهد [۵].

کروم ازجمله فلزات سنگین است که بسیار واکنش‌پذیر است. دو حالت پایدار آن سه و شش ظرفیتی هستند [۶، ۷]. گروه شش‌ظرفیتی در مقایسه با گروه سه‌ظرفیتی ۱۰۰ برابر سمی‌تر و سرطان‌زا و جهش‌زاست [۸] و در فاضلاب صنایعی همچون آب‌کاری، فولاد، صنعت خودرو و دباغی کروم در غلظت‌های مختلف وجود دارد [۹]. سازمان جهانی بهداشت مقدار مجاز

* نویسنده مسئول:
دکتر سهند جرفی
نشانی: اهواز، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط.
تلفن: ۳۱۰۹۱۵۳ (۹۱۶) ۹۸+
پست الکترونیکی: sahand369@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

کروم در آب آشامیدنی را بر حسب کروم کل ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته است [۱۰، ۱۱]. کادمیوم در آب‌های طبیعی به‌ندرت یافت می شود. غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر برای ماهی‌ها کشنده است. دردهای استخوانی طاقت‌فرسا به‌خصوص در استخوان‌های لگن خاصره و پس از مدتی شکستگی‌های متعدد در استخوان‌ها از عوارض کادمیوم است [۱۲]. فاضلاب صنایع ذوب فلزات غیرآهنی، آب‌کاری، آلیاژسازی، کود شیمیایی، رنگ، شیشه، چینی، سرامیک و پلاستیک کادمیوم دارند [۴]. حداکثر غلظت مجاز کادمیوم در آب آشامیدنی طبق راهنمای سازمان جهانی بهداشت ۰/۰۰۵ میلی‌گرم در لیتر است [۱۳].

برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب روش‌های مختلفی ازجمله ترسیب شیمیایی، تبادل یون، جذب، روش‌های الکتروشیمیایی و غشایی وجود دارد [۱۴]. روش‌های حذف فلزات سنگین محدودیت‌هایی ازجمله گران‌بودن، حذف ناقص فلزات، احتیاج به انرژی و مواد واکنش‌گر به مقدار زیاد، تولید مواد سمی و لجن دارد [۹]. فرایند انعقاد و لخته‌سازی از روش‌های معمول در تصفیه آب و فاضلاب است [۱۵]. به منظور بهبود کارایی و ایجاد شارژ بیشتر منعقدکننده‌های مونومری معمولی همچون آلوم و کلریدفریک را از قبل پلیمریزه می‌کنند.

پلی‌فریک سولفات[1] یک منعقدکننده از پیش پلیمریزه آهن سه‌ظرفیتی است که از خنثی‌کردن نمک‌های آهن به دست می‌آید و شامل گونه مونومری ($[Fe(OH)_x]^{(3-x)+}$) و پلیمری ($[Fe_m(OH)_x]_n^{(3m-x)+}$) از آهن سه‌ظرفیتی است [۱۶]. پلی‌فریک سولفات با فرمول عمومی $[Fe_2(OH)_n(SO_4)_{3-n/2}]_m$, (n<2, m>10) ازجمله منعقدکننده‌های جدید غیرآلی و غیرسمی پلیمریزه‌شده است که نسبت به نمک‌های معمولی آهن به دلیل داشتن کمپلکس‌های هیدروکسیل چندهسته‌ای بار مثبت و فعالیت سطحی بیشتری دارد. این منعقدکننده در شرایط گیفی مختلف آب به‌خصوص دمای پایین و محدوده گسترده‌تری از pH کارایی بهتر داشته و دزاژ مصرفی و باقی‌مانده کمتری در آب دارد [۱۷].

مطالعات زیادی در خصوص حذف فلزات سنگین با فرایند انعقاد و لخته‌سازی انجام گرفته است. هو و همکاران (۲۰۱۵) مطالعه‌ای با عنوان «تصفیه کمپلکس سیانید و کادمیوم به روش ترکیبی اکسیداسیون و انعقاد» انجام دادند. نتایج مطالعه نشان داد میزان حذف کادمیوم با PACC و در شرایط بهینه pH=۸/۵، ۹۳درصد است [۱۸]. در مطالعه دیگری جنیدی جعفری و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند در شرایط بهینه pH=۷ و غلظت ۰/۷ گرم بر لیتر از منعقدکننده کلرید فریک درصد حذف کروم شش‌ظرفیتی ۹۲درصد است [۱۹].

نتایج مطالعه سرور و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد میزان حذف فلز کروم از فاضلاب آب‌کاری با سولفات فروس و در pHطبیعی ۹۶/۵درصد است [۲۰]. در مطالعه‌ای دیگر ژاو و همکاران (۲۰۱۰) میزان حذف فلز کادمیوم از محلول‌های آبی به‌وسیله انواع منعقدکننده منگنز را در pHخنثی ۸۵درصد به دست آوردند [۲۱]. پلی‌فریک سولفات به عنوان منعقدکننده در حذف کدورت [۱۶، ۱۷، ۲۲]، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و کل جامدات [۱۶، ۱۷، ۲۳] و رنگ مطالعه شده است. هدف از مطالعه حاضر بررسی کارایی فرایند انعقاد و لخته‌سازی به‌وسیله منعقدکننده پلی‌فریک سولفات بر میزان حذف کروم و کادمیوم از محلول‌های آبی سنتتیک است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تمامی مواد شیمیایی از محصولات شرکت مرک آلمان بود. محلول مادر کروم شش‌ظرفیتی و کادمیوم دوظرفیتی از انحلال دی‌کرومات‌پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) و نیترات کادمیوم ($Cd(NO_3)_2.4H_2O$) درآب دیونیزه تهیه شد. محلول ۰/۱ مولار اسید کلریدریک و سود برای تنظیم pH استفاده شد.

روش اجرای آزمایش‌های انعقاد

این پژوهش از گروه مطالعات تجربی است و در مرکز تحقیقات فناوری‌های زیست‌محیطی دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز انجام شده است. مطالعه بر اساس روش یک عامل در زمان و با بهینه‌سازی مرحله متغیرهای پژوهش شامل pH، دزاژ منعقدکننده، زمان واکنش و غلظت اولیه فلز صورت پذیرفت. متغیر مدنظر در محدوده تعیین‌شده و دیگر متغیرها در سطح ثابت مطالعه شدند. اجرای مطالعه با دستگاه جار شامل مرحله اختلاط تند با سرعت همزن ۱۲۰ دور بر دقیقه و زمان اختلاط ۲ دقیقه، اختلاط کُند با سرعت همزن ۳۰ دور بر دقیقه و زمان اختلاط ۲۰ دقیقه برای انجام عمل لخته‌سازی و سپس ته‌نشینی در محدوده ۱۵ تا ۹۰دقیقه بود. این روند در همه مراحل تعیین اثر متغیرها اعمال شد [۲۲].

بررسی اثر pH

در اولین مرحله مطالعه به محلول حاوی ۱۰میلی‌گرم بر لیتر فلز کروم یا کادمیوم، ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر پلی‌فریک سولفات به عنوان منعقدکننده افزوده شد و اثر متغیر pH در محدوده ۴ تا ۱۱ بر مبنای بازده حذف بررسی شد. زمان ته‌نشینی در این مرحله ۳۰ دقیقه بود.

بررسی اثر دزاژ ماده منعقدکننده

در سطح pH بهینه تعیین‌شده از مرحله قبل به منظور تعیین دزاژ بهینه منعقدکننده در حذف کروم و کادمیوم غلظت‌های مختلف پلی‌فریک سولفات بین ۱۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آزمایش شد [۱۷].

1. Polyferric Sulfate (PFS)

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی اثر غلظت اولیه فلز سنگین

در سطح pH و غلظت بهینه منعقدکننده در حذف کروم و کادمیوم که از مراحل قبل به دست آمد اثر غلظت‌های اولیه متفاوت فلزات کروم و کادمیوم در مقادیر ۱، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به منظور تعیین اثر غلظت فلز بر بازدهی حذف مطالعه شد.

بررسی اثر زمان ته‌نشینی

درشرایط بهینه تعیین‌شده متغیرهای دیگر اثر زمان ماند ته‌نشینی در محدوده ۱۵ تا ۹۰ دقیقه بر میزان حذف کروم و کادمیوم بررسی شد.

اندازه‌گیری غلظت فلزات

نمونه‌ها از ۲/۵ سانتی‌متری زیر سطح آب که به‌وسیله نقطه نشان‌دار شده بود برداشت می‌شد و پس از عبور از کاغذ صافی، غلظت کروم و کادمیوم باقی‌مانده به‌وسیله دستگاه جذب اتمی شعله (AAS Vario ۶) اندازه‌گیری شد. بازده حذف فلزات با آزمایش جار طبق فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد بازدهی حذف} = C_i - C_f / C_i \times ۱۰۰$$

در این فرمول C_i و C_f به ترتیب غلظت اولیه و نهایی فلز است. تمامی مراحل آزمایش‌ها در دمای اتاق انجام شد. هر آزمایش سه بار تکرار و درنهایت میانگین نتایج به‌دست‌آمده گزارش شد. به منظور بررسی سطح معناداری اختلاف بین غلظت فلز تماس‌یافته و تماس‌نیافته با منعقدکننده پلی‌فریک سولفات از نسخه ۱۶ نرم‌افزار SPSS و برای رسم نمودارها از اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد.

یافته‌ها

تعیین اثر pH

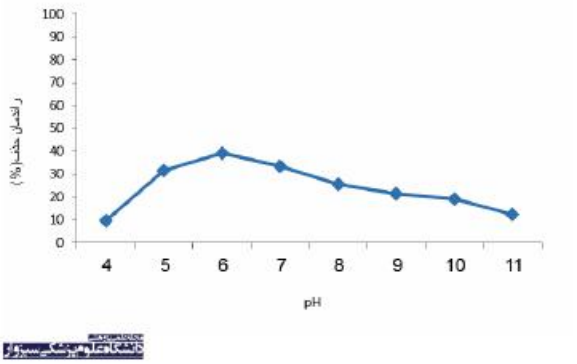
تأثیرpH بر بازدهی حذف کروم از نمونه‌های سنتتیک در تصویر شماره ۱ آمده است. بیشترین و کمترین بازده حذف مشاهده‌شده به ترتیب ۳۹/۳۴درصد و ۹/۹درصد در pHهای ۶ و ۴ به دست آمد. نتایج آزمون آماری مقایسه میانگین دو متغیر آزمون تی نشان داد اختلاف بین غلظت یون کروم تماس‌یافته و تماس‌نیافته با منعقدکننده در فرایند انعقاد و لخته‌سازی معنادار است ($P<۰/۰۵$). بر اساس این pH برابر ۶ به عنوان pH بهینه حذف کروم انتخاب شد.

تأثیرpH بر بازدهی حذف کادمیوم از نمونه‌های سنتتیک در تصویر شماره ۲ آمده است. بیشترین و کمترین بازده حذف مشاهده‌شده به ترتیب ۶۹/۷۴درصد و ۸۶/۸۵درصد درpHهای ۴ و ۱۱ به دست آمد. همان‌طورکه در تصویر شماره ۲ مشاهده می‌شود عملکرد حذف کادمیوم با تغییر pH از ۴ به ۶ افزایش می‌یابد، اما با افزایشpH تغییرات قابل توجهی در عملکرد حذف این آلاینده مشاهده نمی‌شود و شیب نمودار تقریباً ثابت است. بر اساس این pH برابر ۹ با عملکرد ۸۵/۹۴درصد به عنوان pH بهینه حذف کادمیوم انتخاب شد.

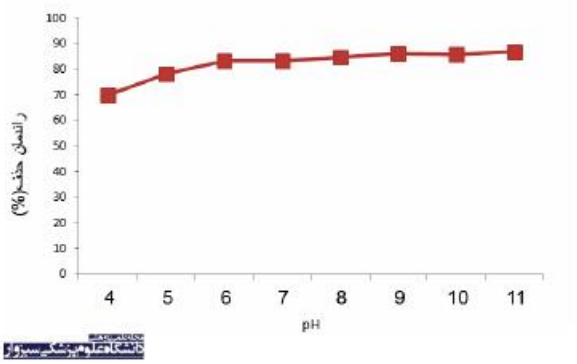
تعیین اثر دزاژ ماده منعقدکننده پلی‌فریک سولفات

تأثیر دزاژ ماده پلی‌فریک سولفات بر بازدهی حذف کروم از نمونه های سنتتیک در تصویر شماره ۳ آمده است. بیشترین و کمترین بازده حذف مشاهده‌شده به ترتیب ۳۸/۱۲درصد و ۲۴/۷۷درصد در دزاژهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. بر اساس این دزاژ ماده منعقدکننده ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به عنوان مقدار بهینه حذف کروم انتخاب شد.

تأثیر دزاژ ماده پلی‌فریک سولفات بر بازدهی حذف کادمیوم از نمونه‌های سنتتیک در تصویر شماره ۴ آمده است. بیشترین و کمترین بازده حذف مشاهده‌شده به ترتیب ۹۱/۲۲درصد و ۸۲/۰۳درصد در دزاژهای ۲۰۰ و ۱۰میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد و در غلظت‌های بیش از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بهبود معناداری مشاهده نشد. بر اساس این دزاژ ماده منعقدکننده ۵۰ میلی‌گرم



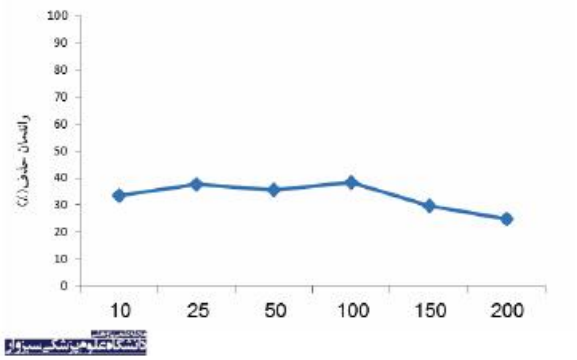
تصویر۱. اثر pH بر بازده حذف کروم: Cr=mg۱۰/l، PFS=۱۰mg/l، زمان ته‌نشینی ۳۰ دقیقه.



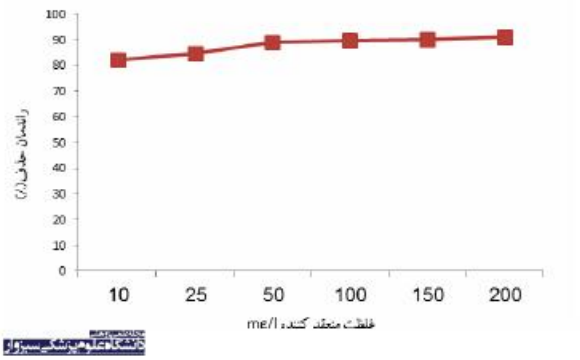
تصویر ۲. اثر pH بر بازده حذف کادمیوم: Cd=۱۰mg/l، PFS=۱۰mg/l، زمان ته‌نشینی ۳۰.

www.SID.ir

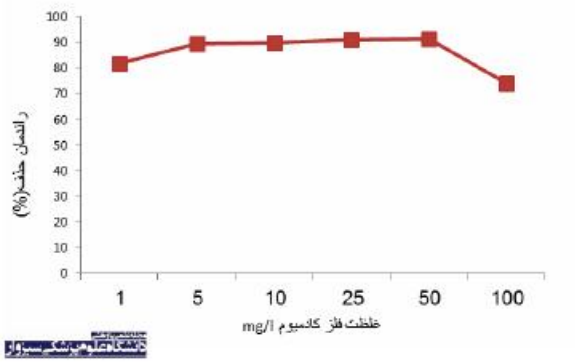
Archive of SID



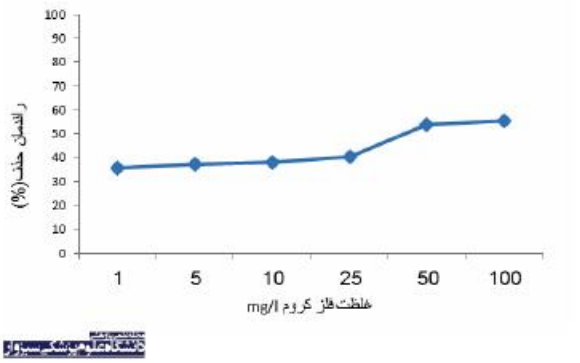
تصویر ۳. اثردزاژ PFS بربازده حذف کروم: pH=۶،Cr=۱۰mg/l، زمان تهنشینی ۳۰ دقیقه



تصویر ۴. اثردزاژ PFS بربازده حذف کادمیوم: Cr=۱۰mg/l، pH=۹، زمان ته ۳۰ دقیقه



تصویر ۵. اثرغلظت اولیه کروم بار بازدهی فرایند انعقاد: PFS=۱۰۰mg/l، pH=۶ ، زمان تهنشینی ۳۰ دقیقه

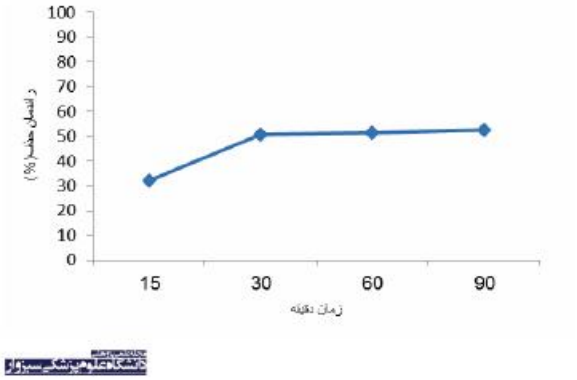


تصویر ۶. اثرغلظت اولیه کادمیوم بار بازدهی فرایند انعقاد: PFS=۵۰mg/l، pH=۹، زمان تهنشینی ۳۰ دقیقه

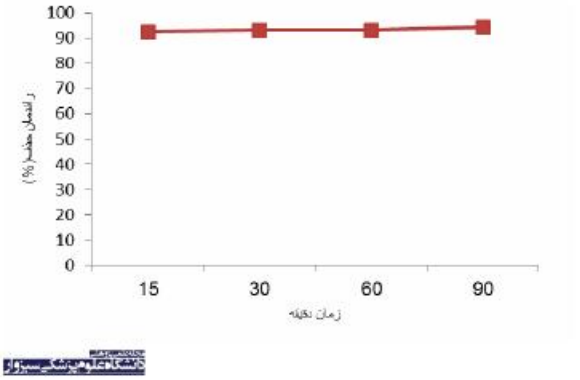
بر لیتر با عملکرد حذف ۸۸/۹۱درصد به عنوان مقدار بهینه حذف کادمیوم انتخاب شد.

تعیین اثر غلظت اولیه فلز

در pH بهینه ۶ و دزاژ پلی‌فریک سولفات معادل ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اثر غلظت اولیه فلز کروم مطالعه شد. بیشترین و کمترین بازده حذف کروم مشاهده‌شده به ترتیب ۵۵/۴۲درصد و ۳۵/۸۳درصد در غلظت‌های اولیه ۱۰۰ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. روند تغییرات بازدهی حذف کروم به موازات افزایش غلظت اولیه در تصویر شماره ۵ آمده است. در pH بهینه ۹ و دزاژ پلی‌فریک سولفات معادل ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اثر غلظت اولیه فلز کادمیوم مطالعه شد. بیشترین و کمترین



تصویر ۷. اثر زمان ماند تهنشینی بر بازدهی حذف کروم: Cr=۵۰mg/l، /mg l، PFS=۱۰۰، pH=۶



تصویر ۸. اثر زمان ماند تهنشینی بر بازدهی حذف کادمیوم: Cd=۵۰mg/l، pH=۹ ،PFS=۵۰mg/L

www.SID.ir

Archive of SID

کادمیوم مشاهده‌شده به ترتیب ۹۱/۴۲درصد و ۷۴/۱۹درصد در غلظت‌های اولیه ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. روند تغییرات بازدهی حذف کادمیوم به موازات افزایش غلظت اولیه در تصویر شماره ۶ آمده است.

تعیین اثر زمان ته‌نشینی

در شرایط بهینه متغیرهای دیگر اثر زمان ته‌نشینی در محدوده ۱۵ تا ۹۰ دقیقه بر بازده حذف فلز کروم در تصویر شماره ۷ آمده است. بازدهی حذف در زمان‌های ته‌نشینی ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه به ترتیب ۳۲/۱۳، ۵۰/۸۲، ۵۱/۵۱ و ۵۲/۴درصد بود. در شرایط بهینه متغیرهای دیگر اثر زمان ته‌نشینی در محدوده ۱۵ تا ۹۰ دقیقه بر بازده حذف فلز کادمیوم در تصویر شماره ۸ آمده است. بازدهی حذف در زمان‌های ته‌نشینی ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه به ترتیب ۹۲/۴۵، ۹۳/۱۳، ۹۳/۴۱ و ۹۴/۴۱درصد بود.

بحث

در این مطالعه حذف فلزات سنگین کروم شش‌ظرفیتی و کادمیوم دوظرفیتی از محلول‌های آبی با استفاده از منعقدکننده پلی‌فریک سولفات در شرایط متفاوت pH، دزاژ منعقدکننده و فلز و زمان ته‌نشینی بررسی شد. در این مطالعه اثر pH در دامنه ۴ تا ۱۱ آزمایش شد. نتایج آن در تصویر شماره ۱ و ۲ آمده است. نتایج مطالعه اسلام و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد حذف کروم شش‌ظرفیتی توسط منعقدکننده های آلوم و کلرید فریک درpH کمتر از ۴ به دلیل اینکه سایت‌های جذب توسط پروتون اشغال شده‌اند و مقدار $CrOH^{2+}$ در پایین‌ترین سطح قرار دارد ناچیز است و با افزایش pH میزان حذف افزایش می‌یابد.

بیشترین میزان حذف کروم در دامنه pH=۵-۹ است. در این رده Fe(III) به کمپلکس‌های تک‌هسته‌ای و چندهسته‌ای هیدرولیز می‌شود و توانایی خنثی‌سازی بار و جذب را دارد [۲۴]. در مطالعه چادوری و همکاران (۲۰۱۳) نشان داده شد در pH خنثی فاضلاب میزان حذف کروم و کادمیوم به ترتیب ۹۶درصد و ۹۲درصد است [۲۵]. لیانگ و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود نشان دادند حذف بهینه کدورت و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در دزاژ پلی‌فریک سولفات برابر ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و pH=۶/۵-۸ به دست می‌آید [۱۷].

اثرغلظت‌های متفاوت منعقدکننده بر حذف کروم در تصویر شماره ۳ آمده است. نتایج مطالعه اسلام و همکاران (۲۰۱۱) و گائو و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد با افزایش غلظت ماده منعقدکننده بیش از حد بهینه عملکرد حذف کاهش می‌یابد. نتایج این مطالعات با مطالعه حاضر همخوانی دارد [۲۶، ۲۴]. نتایج مطالعه اکبال و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد با افزایش دزاژ آلوم و کلرید فریک میزان حذف فلزات افزایش یافته و میزان حذف فلز اتمس و روی به ۹/۹۹درصد می‌رسد [۲۷].

اثر غلظت اولیه فلزات کروم و کادمیوم به ترتیب در تصویر شماره ۵ و ۶ آمده است. همان گونه که در تصویر شماره ۵ مشاهده می شود با افزایش غلظت کروم میزان حذف افزایش می‌یابد. نتایج مطالعه گولدر و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد با افزایش مقدار کروم شش‌ظرفیتی در pH اسیدی عملکرد حذف افزایش می‌یابد [۲۸]. همچنین به نظر می‌رسد به دلیل اینکه آزمایش در کدورت پایین انجام شده است هنگام افزایش غلظت فلزات سنگین قدرت لخته‌سازی منعقدکننده افزایش یافته است. مطابق تصویر شماره ۶ با افزایش غلظت کادمیوم از ۱ به ۵ میلی‌گرم بر لیتر میزان حذف کادمیوم افزایش ناگهانی دارد، سپس با افزایش غلظت میزان حذف افزایش تدریجی دارد. در غلظت‌های بالای ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم بازدهی حذف کاهش می‌یابد.

اثر زمان ماند ته‌نشینی در حذف کروم و کادمیوم به‌وسیله پلی‌فریک سولفات درشرایط بهینه در تصویر شماره ۷ و ۸ آمده است. نتایج مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد میزان حذف کادمیوم با افزایش زمان ته‌نشینی از ۵ به ۲۰ دقیقه افزایش ناگهانی دارد، سپس با افزایش زمان میزان حذف چشمگیر نیست [۲۹]. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد کارایی منعقدکننده پلی‌فریک سولفات در حذف کروم بالای ۵۲درصد و کادمیوم بالای ۹۳درصد است. همچنین پلی‌فریک سولفات نسبت به منعقدکننده‌های معمول در محدوده وسیع‌تری از pH کارایی بهتری دارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای مهدی ژولانژاد در دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز است. بدین‌وسیله از دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز به دلیل حمایت‌های مالی و معنوی در انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

References

[1] Amuda O, Amoo I, Ipinmoroti K, Ajayi O. Coagulation / flocculation process in the removal of trace metals present in industrial wastewater. Journal of Applied Sciences & Environmental Management. 2006; 10(3):159-162. doi: 10.4314/jasem.v10i3.17339

[2] Barakat MA. New trends in removing heavy metals from industrial wastewater. Arabian Journal of Chemistry. 2011; 4(4):361–77. doi: 10.1016/j.arabjc.2010.07.019

[3] Abrishamchi A, Afshar A, Behshid J. [Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse (Persian)]. Tehran: Tehran University Press; 1995.

[4] Esmaehili A. [Removal of heavy metals from industrial wastewater (Persian)]. Kerman: Darkoob; 2010.

[5] Johnson PD, Girinathannair P, Ohlinger KN, Ritchie S, Teuber L, Kirby J. Enhanced removal of heavy metals in primary treatment using coagulation and flocculation. Water Environment Research. 2008; 80(5):472–9. doi: 10.2175/106143007x221490

[6] Osasona I. Adsorptive removal of chromium (VI) from aqueous solution using cow hooves. Journal of Scientific Research and Reports. 2013; 2(1):288–303. doi: 10.9734/jsrr/2013/2405

[7] Takdastan A, Shariaat A, Mafi Gholami R, Eslami A. [Investigation of the hexavalent chromium adsorption onto activated sugarcane bagasse and determining of the kinetic and equilibrium modeling (Persian)]. Quarterly Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2014; 21(4):665-74.

[8] Shirzad Siboni M, Samadi MT, Azizian S, Maleki A, Zarrabi M. [Removal of chromium by using of adsorption onto strong base anion resin: study of equilibrium and kinetic (Persian)]. Water & Wastewater. 2011; 22(3):10-18.

[9] Khanafari A, Eshghdoost S, Mashinchian A. Removal of lead and chromium from aqueous solution by Bacillus Circulans biofilm. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2008; (5)3:195-200.

[10] World Health Organization. Guideline for drinking water quality. 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2008.

[11] Institute of Standards & Industrial Research of Iran. [Drinking Water; Physical and chemical specification (Persian)]. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2007.

[12] Hashemian S. [The principle of water and industrial effluents treatment (Persian)]. 1st ed. Esfahan: Jangal Publications; 2003.

[13] Bazafkan MH, Saki H, Shahsavani A. [Handbook of drinking water quality. 1st ed. (Persian)]. Tehran: Ava-ye Qalam; 2012.

[14] Fu F, Wang Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. Journal of Environmental Management. 2011; 92(3):407–18. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.11.011

[15] Kurniawan TA, Chan GYS, Lo W-H, Babel S. Physico–chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. Chemical Engineering Journal. 2006; 118(1-2):83–98. doi: 10.1016/j.cej.2006.01.015

[16] Liang Z, Wang Y, Zhou Y, Liu H, Wu Z. Hydrolysis and coagulation behavior of polyferric sulfate and ferric sulfate. Water Science & Technology. 2009; 59(6):1129. doi: 10.2166/wst.2009.096

[17] Liang Z, Wang Y. Pretreatment of diosgenin wastewater using Polyferric Sulfate and cationic polyacrylamide. Journal of Earth Science. 2010; 21(3):340–6. doi: 10.1007/s12583-010-0097-x

[18] Hu C, You L, Liu H, Qu J. Effective treatment of cadmium–cyanide complex by a reagent with combined function of oxidation and coagulation. Chemical Engineering Journal. 2015; 262:96–100. doi: 10.1016/j.cej.2014.09.080

[19] JonidiJafari A, Golbaz S, Rezaei Kalantary R. [Concurrent removal of cyanide and hexavalent chromium from aqueous solution by coagulation and flocculation processes (Persian)]. Journal of Health & Hygiene . 2014; 4(4): 312-20.

[20] Sorour MMH, Aboulnour AG, Mostafa AA, Shaalan HF, El-Sayed MH, Hani HA, et al. Treatment of municipal and industrial wastewater effluents using integrated schemes. World Applied Sciences Journal. 2013; 26 (8):987-993. doi: 10.5829/idosi.wasj.2013.26.08.13543

[21] Xu Y, Yang L, Yang J. Removal of cadmium (II) from aqueous solutions by two kinds of manganese coagulants. International Journal of Engineering, Science & Technology. 2011; 2(7):1-8. doi: 10.4314/ijest.v2i7.63733

[22] Buciscanu I, Pruneanu M, Maier V. Novel ferric sulfate-base coagulants. Scientific Study & Research. 2008; 8(2):187-194.

[23] Mahvi AH, Dehghani MH, Kiani G, Barani M. [Evaluating the performance of three different coagulants for treatment of leachate of the Isfahan compost plant, Iran (Persian)]. Journal of Health System Research. 2012; 8(1):146-55.

[24] Nazmul Islam KM, Misbahuzzaman K, Kamruzzaman Majumder A, Chakrabarty M. Efficiency of different coagulants combination for the treatment of tannery effluents: A case study of Bangladesh. African Journal of Environmental Science & Technology. 2011; 5(6):409-19.

[25] Chowdhury M, Mostafa MG, Biswas TK, Saha AK. Treatment of leather industrial effluents by filtration and coagulation processes. Water Resources & Industry. 2013; 3:11–22. doi: 10.1016/j.wri.2013.05.002

[26] Gao B, Yue Q, Zhao H, Song Y. Properties and evaluation of Polyferric-Silicate-Sulfate (PFSS) coagulant as a coagulant for water treatment. Chemical Water & Wastewater Treatment VI. 2000; 15–22. doi: 10.1007/978-3-642-59791-6_2

[27] Akbal F, Camcı S. Comparison of electrocoagulation and chemical coagulation for heavy metal removal. Chemical Engineering & Technology. 2010; 33(10):1655–64. doi: 10.1002/ceat.201000091

[28] Golder AK, Chanda AK, Samanta AN, Ray S. Removal of Cr (VI) from aqueous solution: Electrocoagulation vs. chemical coagulation. Separation Science & Technology. 2007; 42(10):2177–93. doi: 10.1080/01496390701446464

[29] Zhang P, Ma H, Zhang Y, Zhu G, Ren B. Coagulation and adsorption cadmium from aqueous solution using chitosan. Journal of Chemical & Pharmaceutical Research. 2014; 6(7):2175-81.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir