

مقایسه راندمان حذف کروم، نیکل و کادمیوم از فاضلابهای صنعتی توسط کنترل کننده‌های پی‌اچ

دکتر محمدرضا مسعودی‌نژاد^۱، دکتر احمدرضا یزدانبخش^۱، دکتر یدالله محرابی^۲

Title: Comparing removal efficiency of chrome, nickel and cadmium from industrial sewages with pH controllers.

Authors: Masoudi Nejad MR, (PhD); Yazdanbakhsh AR, (PhD); Mehrabi Y, (PhD).

Introduction: An annual increase in per capita consumption of water in societies, particularly in the dry, semi – dry countries and frequent droughts during the recent years have accelerated demand for application of effluents resulting from industrial activities. Transfer of heavy metal ions into the soil is a function of mass transfer related factors including velocity of water flow and rate of chemical reaction. These compounds infiltrate underground waters, and respect to the potential of these substances to accumulate in different tissues of the body and their cancerogen characteristics as proved through various researches a, strong need is felt to render a careful control on these sources.

Methods: In this research, with pH controllers of batch system, calcium hydroxide and sodium hydroxide were studied both in separate and simultaneous forms. First, 96 water samples with a given amount of chrome and nickel contents were prepared and divided into four different groups with 6 concentrations and environmental conditions. The experimental and non-probable sampling were applied. Sample taking and the counter effects of calcium hydroxide and sodium hydroxide were studied both in separate and simultaneous forms. The amount of remaining concentration was determined by flame application at the Atomic Absorption device.

Results: Among the measured specimen, 50 mg/lit of concentration of calcium hydroxide and 50 mg/lit of concentration of sodium hydroxide along with 80 to 100 percent output proved to render best condition in omitting chrome (+6), chrome (+3), nickel and cadmium from reaction environment. The results also revealed non significant relations of sodium hydroxide (10, 20mg/l) chrome (+6), (50, 100mg/l) with chrome (+3), (10, 20, 50, 100mg/l) Nickel, (1, 5, 50, 100 mg/l) cadmium and significant relations of sodium hydroxide (1, 5, 50, 100mg/l) with chrome (+6), (1,5, 10, 20mg/l) chrome (+3), (1mg/l) Nickel, (10, 20 mg/l) and cadmium ($P < 0.001$). The same status was non-significant for calcium hydroxide (5, 10mg/l) with chrome (+6), (upper 10 mg/l) with chrome (+3), (20, 100 mg/l) with Nickel (1, 20 mg/l) with cadmium and significant for calcium hydroxide (1, 20, 50, 100 mg/l) with chrome (+6), (lower 10 mg/l) with chrome (+3), (1, 5, 10, 50 mg/l) Nickel, (5, 10, 50, 100 mg/l) and cadmium ($P < 0.001$).

Conclusion: The finak conclusion is that all location in the industrial wastewater treatment with control PH is the best way for wastewater treatment.

Keywords: Industrial sewages treatment, heavy metal, coagulation, chrome, nickel, cadmium.

۱- گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهبشتی
۲- گروه پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهبشتی

چکیده:

مقدمه: افزایش سرانه مصرف آب در جوامع، کاربرد فاضلاب‌های صنعتی- بهداشتی تصفیه شده، جهت فعالیت‌های کشاورزی و آبیاری فضای سبز را توسعه داده است. سرعت و میزان جذب فلزات سنگین توسط خاک می‌تواند عامل مهمی در آلودگی خاک‌های کشاورزی که از پساب‌های صنعتی برای آبیاری استفاده می‌کنند، محسوب گردد. با توجه به افزایش احتمال آلودگی منابع آبهای زیرزمینی و خاصیت سرطان‌زایی این ترکیبات لزوم کنترل دقیق این منابع و راهکارهای حذف این ترکیبات احساس می‌گردد.

روش کار: هدف از این تحقیق مطالعه بر روی دو ماده منعقد کننده فلزات سنگین می‌باشد تا مقادیر لازم جهت ایجاد شرایط مطلوب در حذف این ترکیبات از فاضلاب مورد مقایسه قرار گیرد. در این مطالعه با استفاده از دو ماده هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم به منظور کنترل pH محیط و تشکیل هیدروکسیدهای فلزی در ۹۶ نمونه، حاوی ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کروم (+۶)، کروم (+۳)، نیکل و کادمیوم بصورت جداگانه با ۶ غلظت و توسط دو نفر و در دو محل جداگانه مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به غلظت‌های اولیه معلوم مقدار غلظت باقیمانده پس از طی مراحل لخته سازی توسط روش استاندارد جارتست و از طریق دستگاه جذب اتمی بوسیله شعله تعیین مقدار گردید.

نتایج: از بین نمونه‌های اندازه‌گیری شده غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم با راندمان ۸۰ تا ۱۰۰ درصد بهترین شرایط در حذف کروم (+۶)، کروم (+۳)، نیکل و کادمیوم از محیط واکنش را داشته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تأثیرات غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ mg/l هیدروکسید سدیم برای حذف کروم (+۶)، غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ mg/l برای حذف کروم (+۳)، غلظت‌های ۵ تا ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای حذف کادمیوم معنی‌دار نبوده و در مقابل تأثیرات غلظت‌های ۱، ۵، ۵۰ و ۱۰۰ mg/l هیدروکسید سدیم برای حذف کروم (+۶)، غلظت‌های ۱، ۵، ۱۰ و ۲۰ mg/l برای حذف کروم (+۳)، غلظت‌های کمتر از ۵ mg/l برای حذف نیکل و غلظت‌های ۱۰ تا ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر برای حذف کادمیوم رابطه معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/001$).

همچنین تأثیرات غلظت‌های ۵ و ۱۰ mg/l هیدروکسید کلسیم برای حذف کروم (+۶)، غلظت‌های بیشتر از ۱۰ mg/l برای حذف کروم (+۳)، غلظت‌های ۲۰ و ۱۰۰ mg/l برای حذف نیکل و غلظت‌های یک و ۲۰ mg/l برای حذف کادمیوم معنی‌دار نبوده و در مقابل تأثیرات غلظت‌های ۱، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ mg/l هیدروکسید کلسیم برای حذف کروم (+۶)، غلظت‌های کمتر از ۱۰ mg/l برای حذف کروم (+۳)، غلظت‌های ۱، ۵، ۱۰ و ۵۰ mg/l برای حذف نیکل و غلظت‌های ۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ mg/l برای حذف کادمیوم رابطه معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/001$).

نتیجه‌گیری: کنترل PH یکی از ساده‌ترین روش‌های ممکن در حذف فلزات سنگین از فاضلاب‌های صنعتی محسوب شده که در رابطه با فاضلاب‌های خاص با یک یا چند فلز به خوبی قابل استفاده می‌باشد.

کل واژگان: تصفیه فاضلاب صنعتی، فلزات سنگین، انعقاد، کروم، نیکل، کادمیوم.**مقدمه:**

در این کشورها و افزایش آلاینده‌هایی است که توسط این واحدها، منابع زیست محیطی را بشدت آلوده می‌سازد. تخلیه فاضلاب‌های صنعتی به آب‌های پذیرنده یکی از بارزترین نمونه‌های آن است. هر واحد صنعتی با توجه به فرآیند تولید، آلاینده‌های خاصی را به محیط تخلیه می‌نماید. یکی از آلاینده‌های بسیار مهم فلزات سنگین است که توسط واحدهای

با پیشرفت شگرف صنعتی در چند ده اخیر، سطح زندگی جوامع جهان رو به رشد نهاده و به کمک این تولیدات از امکانات رفاهی مناسب تری برخوردار گردیده‌اند. با به کارگیری سیستم‌های اتوماسیون میزان تولیدات صنعتی روز به روز رو به گسترش است و افزایش تولید به منزله افزایش مصرف مواد اولیه

است همچنین قیمت هیدروکسید کلسیم در مقایسه با هیدروکسید سدیم کمتر می‌باشد.

برای رسوب هر فلز نیاز به pH خاصی بوده در نتیجه در محیط‌هایی که نمک‌های فلزی مختلفی وجود دارد عملاً راندمان حذف توسط این مواد کاهش می‌یابد. همچنین در صورتیکه از مقدار قلياً بیش از حد لازم استفاده گردد هیدروکسیدهای فلزی تشکیل شده مجدداً به صورت محلول در می‌آیند (۵).

هدف از این تحقیق مطالعه بروی دو ماده منعقد کننده فلزات سنگین می‌باشد تا مقادیر لازم جهت ایجاد شرایط مطلوب در حذف این ترکیبات از منابع آب مورد مقایسه قرار گیرد.

روش کار:

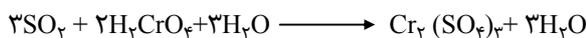
با توجه به اینکه این تحقیق از نوع تحقیقات تجربی^۲ می‌باشد لذا در مرحله اول طبق روش استاندارد محلول‌ها از نمک‌های فلزی به شرح زیر تهیه گردید.

مقدار ۷/۶۹ گرم نمک نترات کروم، با فرمول شیمیایی $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ را با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده این محلول حاوی ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کروم سه ظرفیتی است. مقدار ۵/۶۶ گرم نمک دی کرومات پتاسیم، با فرمول شیمیایی $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ را با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده، همچنین مقدار ۴/۰۶ گرم نمک کلرونیکل، با فرمول شیمیایی $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ و مقدار ۲/۷۵ گرم نمک نترات کادمیوم با فرمول شیمیایی $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ را با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده این محلول‌ها حاوی ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر یون‌های کروم (+۶)، نیکل و کادمیوم می‌باشد. همچنین برای تهیه هیدروکسیدهای سدیم و کلسیم استاندارد به ترتیب مقدار ۱/۳۴ گرم NaOH و مقدار ۱/۸۵ گرم آهک را با آب مقطر به حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر رسانده از محلول‌های فوق غلظت‌های ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی لیتر تهیه گردید (۶).

به کمک دستگاه جار تست ۱ راندمان حذف توسط دو ماده هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم بصورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نمونه‌های استاندارد تهیه شده و به کمک دستگاه جار تست^۳ ابتدا غلظت‌های ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر از هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم در ظروف جار تست تهیه و تحت تماس با ۵۰ میلی گرم بر لیتر فلزات مختلف و به صورت جداگانه شامل کروم (+۳)، کروم

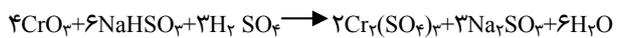
مختلف صنعتی در مقادیر کم تا زیاد به منابع آب‌های پذیرنده تخلیه می‌گردد. این ترکیبات دارای اثرات سوء بسیار شدیدی در اکثر اکو سیستم‌های حیاتی است و به طریق مختلف وارد زنجیره غذایی انسان می‌گردد.

روش‌های متعددی در جهت حذف این آلاینده‌ها ارائه و مورد استفاده قرار می‌گیرند که اکثراً پرهزینه بوده و نیاز به تهیه مواد شیمیایی خاص دارد. مثلاً تشکیل هیدروکسید قابل ترسیب فلزات سنگین در مجاورت ترکیباتی نظیر هیدروکسید کلسیم $\text{Ca}(\text{OH})_2$ یا هیدروکسید سدیم NaOH یکی از معمولترین این روش‌ها است و یا تبادل کننده‌های یونی از انواع آیونی که می‌تواند این ترکیبات را از محیط واکنش جدا سازی نماید. همچنین در روش احیاء، ترکیباتی نظیر کروم شش ظرفیتی را ابتدا به سه ظرفیتی و در مرحله بعد بصورت هیدروکسید راسب می‌نماید. در این روش عمل احیاء به کمک اسید سولفوریک یا سایر اسیدها توسط دی اکسید گوگرد، بی‌سولفیت سدیم، متا بی‌سولفیت سدیم و سولفات آهن در محیطی با pH در حدود ۲ تا ۳ انجام می‌گردد (۱). واکنش شیمیایی بین کروم شش ظرفیتی و دی اکسید گوگرد به شرح زیر است.



جهت کم کردن زمان ماند باید میزان pH محلول بین ۲ تا ۳ نگه داشته شود. از نظر تئوری هر کیلوگرم کروم شش ظرفیتی جهت احیاء نیاز به ۱/۸۵ کیلوگرم دی اکسید گوگرد دارد (۲).

معمولاً جهت اطمینان از انجام کامل واکنش بهتر است از ۲۵ درصد دی اکسید گوگرد اضافی استفاده نمود. احیاء کننده دیگر بی سولفیت سدیم می‌باشد که در سیستم‌های تصفیه ناپیوسته^۱ کاربرد زیادی دارد. چگونگی واکنش آن به شرح زیر است (۳).



سولفات آهن نیز جزء مواد دیگری است که بعنوان احیاء کننده کروم بکار می‌رود. جهت انجام این واکنش لازم است pH محیط بین ۲ تا ۳ تنظیم گردد. اشکال اصلی استفاده از سولفات آهن، زیاد بودن حجم لجن تولیدی است (۴).

در این تحقیق از مواد منعقد کننده قلیائی به منظور تشکیل هیدروکسیدهای فلزی و رسوب آنها، نظیر هیدروکسید کلسیم و سدیم استفاده گردیده و مزایا و معایب هر یک مورد بررسی قرار گرفته است. از خواص هیدروکسید سدیم، انحلال مناسب آن

^۲ - Experimental study

^۳ - Phipps & Brid - Model 7790-402, England

^۱ - Barch

جدول ۱ - بررسی تغییرات pH، کدورت و غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر کروم (+۳) در یک لیتر نمونه در تماس با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم در غلظتهای مختلف.

ردیف	pH اولیه	کدورت اولیه NTU	تغییرات غلظت * PPM (1),(2)	Ca(OH) ₂			NaOH		
				غلظت ثانویه $\bar{X} \pm sd$	کدورت ثانویه	pH ثانویه	غلظت ثانویه $\bar{X} \pm sd$	کدورت ثانویه	pH ثانویه
۱	۳/۸	۲	۱	۷ ± ۴۳	۰ ± ۰	۳/۷	۴۵ ± ۳۸	۰/۴ ± ۰	۳/۷
۲	۳/۹	۲	۵	۶/۴ ± ۳۱	۰/۴ ± ۰	۳/۸	۳/۴ ± ۳۷	۰ ± ۰	۳/۸
۳	۴/۲	۲	۱۰	۴/۷ ± ۲۴	۰/۴ ± ۰	۴/۱	۳/۴ ± ۳۴	۰/۲ ± ۰	۴/۱
۴	۵/۴	۳۴	۲۰	۴/۷ ± ۱۹	۰/۲ ± ۱	۴/۹	۴/۲ ± ۲۷	۰/۲ ± ۰	۴/۷
۵	۴/۹	۳۷	۵۰	۶/۵ ± ۱۴	۰/۲ ± ۱	۴/۵	۲/۵ ± ۱۸	۰/۴ ± ۱	۴/۵
۶	۹/۸	۹۰	۱۰۰	۳/۸ ± ۱۰	۰/۵ ± ۱	۸/۷	۲/۵ ± ۱۳	۰/۵ ± ۱	۶/۲

P<۰/۰۰۱

P<۰/۰۰۱

* تغییرات غلظت در دو مرحله برای هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم بصورت جداگانه با غلظتهای فوق مورد استفاده قرار گرفته است.

در حین آزمایش مربوط به مزاحمت‌های شیمیایی است که ناشی از پیوندهای اتمی موجود در ترکیب مولکولی در شعله می‌باشد که گاهی موجب کاهش جذب می‌شوند و یا هنگامی که اتم تجزیه شده به ترکیبی تبدیل می‌شود که بلافاصله اکسید می‌گردد. این قبیل مزاحمت‌ها بوسیله افزایش عناصر مخصوص یا ترکیبات خاص به محلول حاوی نمونه کاهش می‌یابد. مثلاً در حذف مزاحمت فسفات در هنگام اندازه‌گیری منیزیم در نمونه می‌توان با افزودن نمک لاتانیم آن را کاهش داد (۸).

در بررسی کنونی تأثیرات دو ماده هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم به عنوان کنترل کننده pH محیط واکنش جهت حذف کروم (+۳)، کروم (+۶)، نیکل و کادمیوم بصورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمایش میزان فلز اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر انتخاب و تغییرات pH برای هر یک از ترکیبات مورد آزمایش توسط دستگاه جار تست و در غلظتهای ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به تحقیقات انجام شده توسط بورگمن و باروز (2001) (۱۲) (۱۳) نشان داده شد که کنترل pH به عنوان یکی از عملی‌ترین و ارزان‌ترین روش‌های حذف فلزات سنگین همچنان در فرآیند تصفیه فاضلابهای صنعتی مطرح است. در بسیاری از پروسه‌های صنعتی شرایط pH قلیایی در واحدهای مختلف مهیاست. لذا با کمترین هزینه مواد اولیه و تنها با ایجاد شرایط بهینه می‌توان اقدام به حذف این ترکیبات نمود (۱۲ و ۱۳). حساسیت دستگاه جذب اتمی^۳ (A.A.S) بر اساس غلظت

(+۶)، نیکل و کادمیوم قرار گرفت. آنگاه تغییرات pH، کدورت و میزان حذف فلزات موجود در نمونه اندازه‌گیری گردید به منظور افزایش میزان دقت و صحت آزمایشات، کلیه مراحل آزمایش توسط ۲ نفر و در دو آزمایشگاه متفاوت تکرار و تعداد آن به ۹۶ نمونه رسید و سپس با توجه به مقدار حقیقی میانگین با حدود اطمینان ۹۵ درصد همچنین ضریب تغییرات مورد نیاز در آزمون دقت، کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد (۱۳).

نحوه کار با دستگاه جار تست طبق روش استاندارد شامل مرحله اختلاط سریع نمونه‌ها به مدت یک تا دو دقیقه با سرعت ۸۰ تا ۱۲۰ دور در دقیقه و سپس اختلاط کند نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۲۰ دور در دقیقه به منظور افزایش حجم فلوکهای^۱ تشکیل شده مخلوط می‌گردد و در مرحله سوم نمونه‌ها به منظور ته‌نشینی به مدت ۱۵ دقیقه به حالت ساکن نگه داشته شده و از فاصله یک اینچی از سطح نمونه‌ها به کمک پیپت ۲۵ میلی‌لیتری نمونه‌های نهائی برای قرائت توسط دستگاه جذب اتمی برداشت گردید (۷).

برای اندازه‌گیری مقدار فلز باقیمانده در نمونه‌ها به منظور بررسی راندمان حذف از دستگاه جذب اتمی^۲ که دارای سوخت استیلن- هوا و سیستم حرارتی شعله و لامپهای مخصوص هر عنصر از نوع کاتدیک می‌باشد استفاده گردید. دستگاه مجهز به یک سیستم کامپیوتری جهت ترسیم منحنی جذب غلظت می‌باشد و می‌تواند غلظتهای نمونه‌های مجهول را با نمونه استاندارد مقایسه و اندازه‌گیری نماید. بیشترین نوع مزاحمت‌ها

^۱ - Flocc

^۲ - Oriental Instruments LTD Model ANA 180, Austeria

^۳ - Atomic absorption spectrometry

جدول ۲- بررسی تغییرات pH، کدورت و غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر کروم (+۶) در یک لیتر نمونه در تماس با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم در غلظت‌های مختلف

NaOH				Ca(OH) ₂				تغییرات غلظت * PPM (1),(2)	کدورت اولیه NTU	pH اولیه	ردیف
درصد حذف	غلظت ثانویه $\bar{X} \pm sd$	کدورت ثانویه	pH ثانویه	درصد حذف	غلظت ثانویه $\bar{X} \pm sd$	کدورت ثانویه	pH ثانویه				
۱۰	۲/۷ ± ۴۵	۰ ± ۰	۵/۸	۱۸	۲/۲ ± ۴۱	۰/۹ ± ۷	۵/۶	۱	۸	۵/۹	۱
۲۲	۴/۹ ± ۳۹	۰/۲ ± ۰	۶/۰	۵۲	۵/۶ ± ۲۴	۱/۲ ± ۴	۵/۷	۵	۵	۶/۱	۲
۴۶	۱/۹ ± ۲۷	۰/۲ ± ۰	۶/۲	۵۴	۳/۵ ± ۲۳	۰/۷ ± ۶	۶/۱	۱۰	۷	۶/۴	۳
۵۴	۱/۶ ± ۲۳	۰/۱ ± ۰	۶/۲	۶۶	۱/۳ ± ۱۷	۱/۲ ± ۱۰	۶/۴	۲۰	۱۵	۶/۷	۴
۷۶	۰/۷ ± ۱۲	۰/۲ ± ۰	۶/۲	۸۰	۱/۵ ± ۱۰	۰/۴ ± ۰	۶/۷	۵۰	۲۳	۸/۶	۵
۱۰۰	۰/۲ ± ۰	۰/۱ ± ۰	۱۰/۶	۱۰۰	۰/۲ ± ۰	۰/۲ ± ۸	۱۰/۹	۱۰۰	۱۸	۱۱/۳	۶

P<۰/۰۰۱

P<۰/۰۰۱

* تغییرات غلظت در دو مرحله برای هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم بصورت جداگانه با غلظتهای فوق مورد استفاده قرار گرفته است.

یافته‌ها:

با توجه به اطلاعات بدست آمده از جدول ۱ مشخص می‌گردد که دامنه تغییرات pH از محیط اسیدی به محیط قلیائی با کاهش کدورت محیط همراه بوده، حذف کروم (+۳) از محیط واکنش در شرایط ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم بصورت جداگانه با غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر کروم (+۳) و مقدار حذف، دارای راندمان ۸۰ درصد می‌باشد. حذف کروم (+۶) از محیط واکنش در جدول ۲ نشان داده شده است. راندمان حذف کدورت توسط هیدروکسید سدیم مناسب تر از هیدروکسید کلسیم می‌باشد ولی راندمان حذف کروم (+۶) در تماس با ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم بسیار خوب در حدود صد در صد می‌باشد و برای دستیابی به این راندمان می‌باید ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم بصورت جداگانه بکار گرفته شود. برای حذف نیکل از محیط واکنش در جدول ۳ بکار بردن ۵۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم میزان غلظت فلز اولیه را به صفر رسانده اما از میزان کدورت چندان کاسته نمی‌شود. در صورتیکه بکار بردن ۲۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم ضمن کاهش ۸۰ درصدی کدورت میزان فلز باقیمانده در نمونه را به صفر می‌رساند. برای حذف کادمیوم از محیط واکنش در جدول ۴ بکار بردن ۵۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم بصورت جداگانه ضمن کاهش کدورت میزان فلز باقیمانده را به صفر می‌رساند و تاثیر کاملاً یکسانی در محیط واکنش خواهد داشت.

یک درصد که جذبی معادل ۰/۰۰۴۴ داشته باشد تعیین می‌گردد و حد تشخیص دستگاه بر اساس تولید جذبی معادل دو برابر میزان نوسانات زمینه^۱ تعیین می‌شود. حساسیت و حد تشخیص بر اساس نوع فلز نمونه ماتریکس خواهد بود. حداقل دامنه اپتیوموم^۲ غلظت چند برابر غلظت حساسیت دستگاه در نظر گرفته می‌شود و ماکزیمم دامنه هنگامی است که منحنی کالیبراسیون شروع به پهن شدن نماید. جهت دستیابی به بهترین نتایج غلظت‌های استاندارد آزمایشی را بر اساس غلظت اپتیوموم اسپکترومتر می‌توان در نظر گرفت (۹). همچنین برای اندازه‌گیری کدورت از دستگاه کدورت سنج^۳ و مقادیر اندازه‌گیری شده بر حسب NTU^۴ و برای اندازه‌گیری pH از دستگاه پی اچ متر^۵ استفاده گردید.

با توجه به پارامترهای مختلفی که در انجام آزمایشات تاثیر دارند قبل از انجام مراحل نهائی با ایجاد شرایط مختلف و ثابت نگه داشتن برخی پارامترها امکان انجام آزمایش و نتیجه‌گیری از آن مهیا می‌گردد. همچنین در مراحل مختلف، آزمایش را بروی غلظت‌های مختلفی از فلز اولیه قرار داده بهترین غلظت برای هر ۴ نوع فلز مورد آزمایش ۵۰ میلی گرم بر لیتر بوده است (تست‌های اولیه بروی غلظت فلز از یک تا ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بصورت جداگانه ارزیابی گردیده و آنگاه غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر انتخاب شده است) (۱۲).

¹ - Background

² - Optimum

³ - HACH – Model 2100A , USA

⁴ - Nephelometric turbidity unit

⁵ - Beckman – Model 310 , Germany

جدول ۳- بررسی تغییرات pH، کدورت و غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیکل در یک لیتر نمونه در تماس با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم در غلظتهای مختلف.

ردیف	pH اولیه	کدورت اولیه NTU	تغییرات غلظت *PPM (1),(2)	Ca(OH) ₂			NaOH		
				pH ثانویه	کدورت ثانویه	غلظت ثانویه $\bar{X} \pm sd$	pH ثانویه	کدورت ثانویه	غلظت ثانویه $\bar{X} \pm sd$
۱	۷/۵	۱۱	۱	۷/۵	۲/۵ ± ۹	۰/۳ ± ۱۵	۷/۵	۱/۶ ± ۱۰	۱/۳ ± ۲۳
۲	۷/۹	۱۵	۵	۸/۰	۰/۶ ± ۱۱	۱/۴ ± ۱۲	۷/۹	۱/۴ ± ۱۲	۱/۴ ± ۱۶
۳	۸/۳	۲۵	۱۰	۸/۵	۲/۸ ± ۱۸	۰/۹ ± ۸	۸/۴	۱/۶ ± ۸	۱/۷ ± ۹
۴	۸/۷	۳۲	۲۰	۹/۱	۲/۳ ± ۲۵	۱/۹ ± ۵	۸/۹	۱/۲ ± ۸	۰/۱ ± ۰
۵	۱۱/۱	۵۲	۵۰	۱۱/۵	۲/۹ ± ۴۵	۰/۱ ± ۰	۱۱/۳	۰/۶ ± ۴	۰/۱ ± ۰
۶	۱۱/۵	۶۵	۱۰۰	۱۱/۷	۱/۶ ± ۵۸	۱/۸ ± ۵	۱۱/۶	۱/۸ ± ۱۰	۱/۷ ± ۱۵

P<۰/۰۰۱

جدول ۴- بررسی تغییرات pH، کدورت و غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم در یک لیتر نمونه در تماس با هیدروکسید سدیم و هیدروکسید کلسیم در غلظتهای مختلف

ردیف	pH اولیه	کدورت اولیه NTU	تغییرات غلظت *PPM (1),(2)	Ca(OH) ₂ (1)			NaOH (2)		
				pH ثانویه	کدورت ثانویه	غلظت ثانویه $\bar{X} \pm sd$	pH ثانویه	کدورت ثانویه	غلظت ثانویه $\bar{X} \pm sd$
۱	۶/۳	۶	۱	۶/۶	۰/۲۶ ± ۳	۱/۶ ± ۳۰	۶/۴	۰/۲۶ ± ۳	۳/۳ ± ۳۶
۲	۶/۴	۳۴	۵	۶/۸	۰/۵ ± ۷	۱/۷ ± ۲۵	۶/۵	۰/۵ ± ۸	۳ ± ۳۲
۳	۶/۷	۴۰	۱۰	۷/۱	۰/۳ ± ۵	۰/۹ ± ۲۳	۶/۹	۰/۲ ± ۳	۵ ± ۲۳
۴	۸/۲	۶۸	۲۰	۹/۲	۰/۴ ± ۵	۰/۴ ± ۵	۸/۷	۰/۴ ± ۱	۱/۶ ± ۱۰
۵	۱۰/۹	۷۵	۵۰	۱۱/۱	۰/۳۷ ± ۳	۰/۱ ± ۰	۱۱/۱	۰/۴ ± ۱	۰/۱ ± ۰
۶	۱۱/۵	۸۸	۱۰۰	۱۱/۶	۰/۴۷ ± ۳	۰/۱ ± ۰	۱۱/۶	۰/۵ ± ۵	۰/۱ ± ۰

P<۰/۰۰۱

بحث و نتیجه گیری:

نیکل کاهش می یابد. با توجه به مجموع اطلاعات جمع آوری شده و مقایسه آن با مدل های آماری مشخص گردید: غلظت های مختلف هیدروکسید سدیم با کروم (+6) نشان می دهد که گروه غلظت های ۱۰ و ۲۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم با حذف کروم (+6) معنی دار نبوده و در بقیه غلظت ها یعنی ۱ و ۵ و ۵۰ و ۱۰۰ بین تغییرات غلظت با حذف کروم (+6) رابطه معنی داری وجود دارد ($P<۰/۰۰۱$). تأثیرات غلظت های مختلف هیدروکسید کلسیم با کروم (+6) نشان می دهد که گروه غلظت های ۵ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم کروم (+6) معنی دار نبوده و در بقیه غلظت ها یعنی ۱ و ۲۰ و ۵۰ و ۱۰۰ بین تغییرات غلظت با حذف کروم

با توجه به بررسی های قبلی در خصوص بهترین pH جهت حذف ترکیبات کروم بین ۶/۵ تا ۷/۳، نیکل بین ۹/۲ تا ۹/۴ و کادمیوم بین ۹/۲ تا ۱۱/۱ که به کمک هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم قابل دستیابی است (۱۰). این نتایج در آزمایشات فوق نیز تکرار گردیده است. همچنین با توجه به بررسی های قبلی استفاده از هیدروکسید سدیم در محیط های حاوی نیکل توصیه نمی گردد و این مسئله به علت انحلال مجدد نیکل در محیط با افزایش میزان pH می باشد (۱۱). که این نتایج در جدول ۳ به اثبات رسیده است زیرا با افزایش میزان هیدروکسید سدیم و خاصیت قلیائی محیط واکنش، میزان حذف

غلظت‌ها یعنی ۱ و ۵ و ۱۰ و ۵۰ بین تغییرات غلظت با حذف نیکل رابطه معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/001$).
 اثر غلظت‌های مختلف هیدروکسیدسدیم با نیکل نشان می‌دهد که گروه غلظت‌های ۵ به بالا میلی‌گرم بر لیتر هیدروکسیدسدیم با حذف نیکل معنی‌دار نبوده و تنها در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر بین تغییرات غلظت با حذف نیکل رابطه معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/001$).
 نیز غلظت‌های مختلف هیدروکسیدسدیم با کادمیوم نشان می‌دهد که گروه غلظت‌های ۲۰ و یک میلی‌گرم بر لیتر هیدروکسیدسدیم با حذف کادمیوم معنی‌دار نبوده و در بقیه غلظت‌ها بین تغییرات غلظت با حذف کادمیوم رابطه معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/001$).
 تاثیر غلظت‌های مختلف هیدروکسیدسدیم با کادمیوم نشان می‌دهد که گروه غلظت‌های یک تا ۵ و ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیدروکسیدسدیم با حذف کادمیوم معنی‌دار نبوده و در بقیه غلظت‌ها یعنی ۱۰ و ۲۰ بین تغییرات غلظت با حذف کادمیوم رابطه معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/001$).

References:

- 1- American public Association. American water works Association, and water Environment Association. Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 16 th ed. Washington, D.C; 1996.
- 2- Jennett CJ, Wixson BG. Industrial treatment of heavy metals to protect aquatic systems in the New Belt area. Proceeding of the 30 th. Annual Purdue Industrial Waste Conference West Lafayette: Indiana, 1973: 1173-9.
- 3- Richard DT, Nriagu JO. Aqueous Environmental chemistry of Chromium, the Biochemistry of Chromium in the Env. Part A. NewYork: Elsevier / North Holland, Biomedical press; 1978: 210-50.
- 4- Davis A, Drexler JW. Enviromental science and Tech. Adv Sci; 1993: 1415-20.
- 5- Schlacter JD. Modeling chemical speciation with the introduction of heavy metals into natural streams in Missouri's. Sville Edition. 1989: 39-52.
- 6- Sansoni B, LyengerV, Sampling and Sample Preparation Methods for the Analysis of Trace Elemants in Biological Material. New york: KFA Edition; 1978: 75-93.
- 7- Tsalv DL, Zaprianov ZK. Atomic Absorption Spectrometry in Occupational and Enviromental Health Practice, volume I, II, CRC. Press; 1983.
- 8- Churchill SA, Walters JV. Absorption of heavy metals By prepared bacterial cell surfaces: J Environ Eng. 1995; 3: 706.
- 9- Terence H, Joseph J. Ultratrace metals in some environmental and biological system. Analysis trace Elements 1975; 29: 305-25.
- 10- Erten Z, Pitt J, Gale N. Evaluating Toxicity of Speciated Metals from Metal Discharging Industries. Proceedings of the 45 th. Annual Purdue Industrial Waste Conference. West lafayette, Indiana; 1990.; 739-50.
- 11- Wesley Eckenfelder W. Industrial Water Pollution Control. Mc.Graw-Hill; 1989: 84-111.
- 12- Borgman U. Metal sciation and toxicity of free metal ions to aquatic biota. J Aqu Toxicol Adva Env Sci. Tech. 2001: 13: 47-73.
- 13- Burrows IG, Whitton BA. Heavy metal in water, sediments and invertebrates from a metal contaminated river free of organic pollution: WHO 2001: 150-5.