

## حذف سیانید از محیط های آبی با استفاده از پودر آهن و مس: مطالعه تعادلی و سینتیکی

مهدی شیرزاد سبینی<sup>۱</sup>، محمدرضا سمرقندی<sup>۲</sup>، مهرداد فرخی<sup>۳</sup>، هادی پیری دوگانه<sup>۴</sup>، منصور ضرابی<sup>۵</sup>

نویسنده مسئول: کردستان، سنندج، خیابان پاسداران، پردیس علوم پزشکی، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط [mehdi\\_dshirzad@yahoo.com](mailto:mehdi_dshirzad@yahoo.com)

پذیرش: ۹۰/۰۴/۲۵

دریافت: ۹۰/۰۱/۳۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** یکی از عمده ترین آلاینده های محیط زیست که در پساب صنایع مختلف وجود دارد سیانید است که برای انسان و محیط زیست ایجاد آلودگی می کند. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی کارایی حذف سیانید از محیط های آبی با استفاده از پودر آهن و مس در مقیاس آزمایشگاهی بود.

**روش بررسی:** این تحقیق یک نوع مطالعه بنیادی بود، ابتدا طراحی پایلوت صورت گرفت و بعد از آن با تغییر دادن  $pH$ ، (۱۲، ۸، ۶، ۴، ۲) و ثابت نگه داشتن بقیه عوامل موثر،  $pH$  ایتیمم به دست آمد که به ترتیب برای مس و آهن ۲ و ۷ تعیین گردید. سپس با ثابت نگه داشتن  $pH$  ایتیمم، غلظت اولیه سیانید (۴۰، ۶۰، ۸۰ میلی گرم در لیتر)، مقدار اولیه مس و آهن (۰/۰۸-۱ گرم در ۱۰۰ سی سی) و زمان تماس (۵ تا ۱۲۰ دقیقه) بررسی گردید.

**یافته ها:** نتایج مشخص ساخت که با افزایش زمان تماس از ۱۵ به ۱۲۰ دقیقه کارایی حذف از ۴۶/۶٪ به ۹۰/۵۶٪ برای مس و از ۳۱٪ به ۹۴/۷۸٪ برای آهن در شرایط ثابت افزایش یافت. همچنین مشخص گردید که با افزایش غلظت اولیه سیانید و مقدار اولیه مس و آهن کارایی حذف به ترتیب کاهش و افزایش یافت. همچنین نتایج مشخص ساخت که داده های تعادلی از مدل ایزوترمی لانگمیر پیروی می کند و سینتیک واکنش با معادله شبه درجه یک *Langmuir-Hinshelwood* تعیین گردید.

**نتیجه گیری:** به طور کلی نتایج نشان داد که می توان از پودر آهن و مس به عنوان یک روش سریع و موثر در مقیاس آزمایشگاهی در حذف سیانید از محیط های آبی استفاده کرد.

**واژگان کلیدی:** پودر آهن و مس، سیانید، تعادل، سینتیک، محیط های آبی

۱- کارشناس ارشد بهداشت محیط، مربی مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان

۲- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۳- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان

۴- دکترای میکروب شناسی، استادیار دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

۵- کارشناس ارشد بهداشت محیط، مربی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرج

## مقدمه

سالانه مقادیر زیادی فاضلاب از منابع خانگی، کشاورزی و صنعتی وارد محیط زیست می شود که حاوی غلظت بالایی از مواد شیمیایی آلی و غیر آلی نظیر حلال های هیدروکربنه، سیانید، فلزات سنگین، حشره کش ها و رنگ هاست. سمیت، پایداری و غلظت بالای آلاینده ها اثرات زیست محیطی، اقتصادی و بهداشتی زیادی ایجاد می کند. آلودگی آب یکی از بزرگترین مشکلات ناشی از این آلاینده ها می باشد (۱ و ۲). ضمن این که آلاینده های ناشی از منابع طبیعی نیز به طرق مختلف از جمله در حین عبور آب از خاک ها، صخره ها و سنگ ها و از طریق رواناب ها وارد منابع آب می گردد. یکی از راه کارهای رساندن آب سالم به دست مصرف کننده تصفیه آب های آلوده تا رسیدن به استانداردهای مورد نظر است. سیانید یکی از مواد صنعتی مهم است که در فرایندها و تولیدات مختلف استفاده می شود. سیانید از طریق فاضلاب های تولیدی از صنایع آبکاری، معادن استخراج طلا، آفت کش ها، صنایع فرآوری فلزات، سیلوهای گندم، کارخانجات تولید آهن و فولاد به محیط زیست، آب های سطحی و زیرزمینی وارد می شود (۷-۲). سیانید در محیط حرکت می کند و بسیار سمی و سرطان زا است. تحقیقات زیادی بر روی حذف سیانید انجام یافته و بسیاری از فرایندهای تصفیه مورد بررسی قرار گرفته است. فرایند قلیایی کردن، کلرزنی، اکسیداسیون با هوا و فرایندهای غشایی مانند اسمز معکوس و الکترودیالیز نیز از روش های حذف سیانید محسوب می گردند (۲، ۵ و ۶). فرایندهای تصفیه متداول فاضلاب مانند انعقاد و لخته سازی، روش مؤثری برای حذف سیانید محسوب نمی گردد، همچنین این گونه فرایندها به دلیل عدم حذف کامل سیانید و همچنین هزینه نسبتاً بالا دارای محدودیت های خاص خود است (۷). همچنین این روش ها معمولاً تولید مقادیر قابل توجهی لجن می نمایند که مشکلات زیست محیطی دیگری را به دنبال خواهد داشت (۷). تحقیقات زیادی برای کاربرد و استفاده از روش هایی که به سادگی قابل استفاده و کم هزینه باشند

صورت گرفته است. به طور کلی جذب سطحی فرایند تجمع مواد در فصل مشترک بین دو فاز است (۴ و ۵). در جذب سطحی از مواد مختلفی مثل کربن فعال گرانوله و پودری، خاکستر، بنتونیت، فسفر هیدرات سلولز، بیومس، زغال کک، خاک چینی استفاده می شود (۶). کربن فعال یکی از موثرترین موادی است که برای جذب سیانید استفاده می شود. از آنجایی که احیا آن هزینه بر بوده و گران است، همواره محققین را بر آن داشته که به دنبال جاذب های جدید در این زمینه باشند (۶). امروزه فلزات با ظرفیت صفر شبیه  $Fe^0$  و یا سایر ترکیبات فنل،  $Cu^{2+}$ ،  $H_2S$ ،  $Fe^{2+}$  به دلیل فراوانی، ارزانی، غیر سمی بودن، واکنش سریع و توانایی و بازده بالا در تجزیه آلاینده ها به عنوان یک فرایند تصفیه در اولویت قرار دارند (۱۳-۸).

بنابراین با توجه به مشکلات مربوط به سیانید در محیط زیست، در این مطالعه پودر آهن و مس در حذف سیانید مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه پارامترهای مختلفی از جمله pH، زمان تماس، مقدار اولیه پودر آهن و مس و غلظت اولیه سیانید مورد بررسی قرار گرفته و همچنین داده های حاصل از مطالعات ثابت تعادل با استفاده از ایزوترم های فروندلیچ و لانگمیر و سینتیک واکنش با معادله شبه درجه یک Langmuir-Hinshelwood مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش ها

## الف. تهیه مواد و وسایل مورد نیاز

مطالعه مورد نظر یک مطالعه توصیفی - بنیادی است که به منظور بررسی حذف سیانید با استفاده از پودر آهن و مس فلزی و تاثیر pH، غلظت اولیه سیانید و پودر آهن و مس در محلول و زمان ماند بر روی آن در مقیاس آزمایشگاهی انجام گرفته است. کلیه مواد مورد نیاز شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه شده است. در این تحقیق از پودر آهن و مس با مش ۱۵۰ و درجه خلوص ۹۹/۹ در صد برای حذف سیانید استفاده شد. پودر آهن و مس قبل از استفاده شدن به منظور فعال کردن سطح آن توسط اسید کلریدریک ۱ نرمال (اشباع

سپس برای حذف پودر آهن و مس نمونه با دور ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (Sigma-301, Japan) شد و غلظت باقی مانده سیانید توسط روش تیتراسیون بر اساس کتاب روش های استاندارد (۱۴) برای آزمایش های آب و فاضلاب اندازه گیری گردید.

### یافته ها

#### تعیین pH اپتیمم بر روی کارایی حذف سیانید

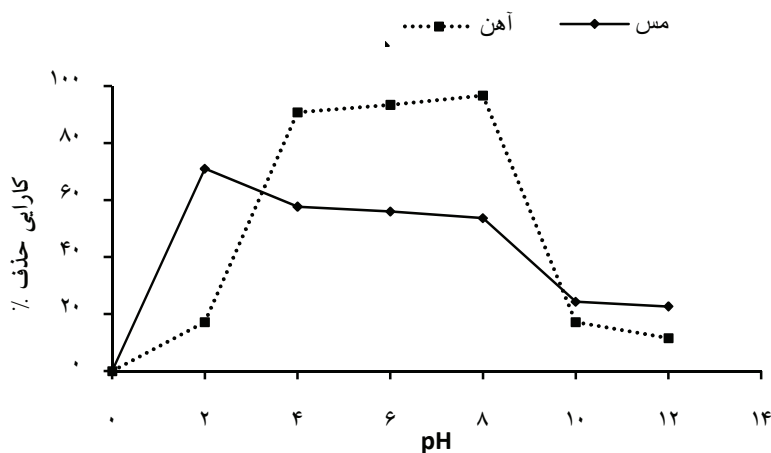
تاثیر pH اپتیمم بر روی کارایی حذف با تغییر در مقدار اولیه مس و آهن ۰/۳ گرم در ۱۰۰ سی سی و غلظت اولیه سیانید ۶۰ mg/L بعد از زمان تماس ۶۰ دقیقه تعیین شد. در شکل ۱ نتایج حاصل از تعیین pH اپتیمم بر روی کارایی حذف نشان داده شده است. همان طور که از شکل ۱ مشخص است، کارایی حذف در مورد مس با افزایش pH کاهش می یابد ولی در مورد آهن ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد. در این مطالعه pH اپتیمم برای مس و آهن به ترتیب ۲ و ۷ تعیین گردید.

**تاثیر زمان تماس و غلظت اولیه سیانید بر روی کارایی حذف سیانید**  
تاثیر زمان تماس و غلظت اولیه سیانید بر روی کارایی حذف با تغییر غلظت اولیه سیانید (۴۰، ۶۰، ۸۰ میلی گرم در لیتر) و زمان تماس ۵ به ۱۲۰ دقیقه تحت شرایط ثابت مقدار اولیه مس و آهن ۰/۳ گرم در ۱۰۰ سی سی بررسی و pH=۲ برای مس و pH=۷ برای آهن شد.

شدن در اسید به مدت ۸ ساعت) مورد پیش تصفیه قرار گرفت.

#### ب. آزمایشات در ستون ناپیوسته

بعد از تهیه مواد شیمیایی ابتدا محلول استوک سیانید با حل کردن سیانید سدیم در آب بدون یون تهیه شد. سپس محلول های استاندارد برای آزمایش ها با استفاده از رقیق نمودن محلول استوک تهیه گردید. جهت تنظیم pH از اسید کلریدریک و سود یک نرمال استفاده شد. پارامترهای مختلفی از جمله زمان تماس (۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه)، pH (۱۲-۲)، غلظت اولیه پودر آهن و مس (۱-۰/۸ g/100 mL) و غلظت اولیه سیانید (۸۰، ۶۰، ۴۰) مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام آزمایش ها ابتدا pH اپتیمم بر روی کارایی حذف با تغییر در مقدار اولیه مس و آهن ۰/۳ گرم در ۱۰۰ سی سی و غلظت اولیه سیانید ۶۰ mg/L بعد از زمان تماس ۳۰ دقیقه تعیین شد که برای مس و آهن به ترتیب ۲ و ۷ تعیین گردید. جهت بررسی تاثیر پارامترها، در هر آزمایش ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه با غلظت مشخص از محلول سیانید با pH و غلظت اولیه پودر آهن و مس مشخص در دمای  $25 \pm 1^\circ C$  در انکوباتور با استفاده از هم زن مغناطیسی (Mixer Model FR 600) با ۱۶۰ دور در دقیقه مخلوط شده و در زمان های مختلف نمونه برداری انجام و با اندازه گیری سیانید باقی مانده کارایی حذف تعیین گردید. جهت مطالعه مدل های ایزوترمی غلظت مشخصی از سیانید به مدت ۱ روز در تماس با غلظت اولیه مختلف از پودر آهن و مس قرار گرفت.



شکل ۱: تعیین pH اپتیمم بر روی کارایی حذف سیانید (غلظت اولیه سیانید ۶۰ mg/L، زمان تماس ۶۰ دقیقه)

## مطالعات تعادلی

مطالعات تعادلی در یک ارلن مایر به حجم ۲۵۰ سی سی حاوی ۱۰۰ سی سی غلظت اولیه سیانید ۴۰ mg/L با مقدار اولیه آهن و مس متفاوت (۱/۰۰۲-۰/۰۲) و  $pH=7\pm 0.2$  برای آهن  $pH=2\pm 0.2$  برای مس بعد از ۲۴ ساعت انجام شد، سپس نمونه ها جداسازی شده و آنالیز شد و ظرفیت جذب با استفاده از معادله (۱) به دست آمد (۱۵).

$$q_e = \frac{(c_0 - c_e) V}{M} \quad (1)$$

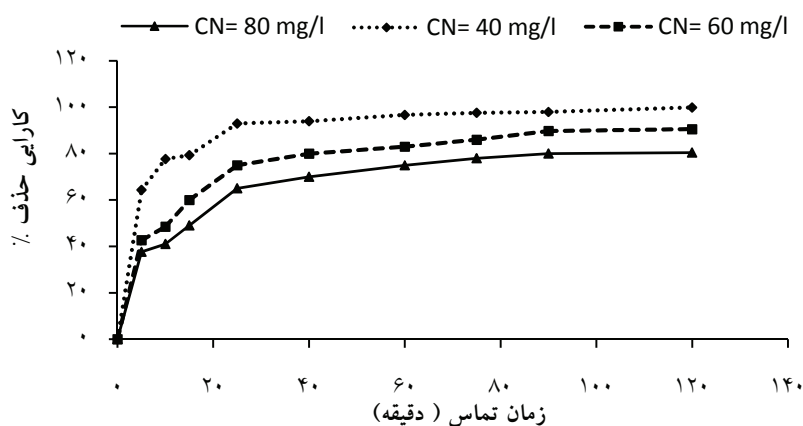
$q_e$  مقدار جز جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب میلی گرم بر گرم،  $c_0$  غلظت اولیه در محلول قبل از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر محلول،  $c_e$  غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر،  $V$  حجم محلول بر حسب لیتر و  $M$  جرم جاذب بر حسب گرم

ایزوترم های حذف سیانید با استفاده از مس و آهن ایزوترم های جذب، معادلاتی برای تشریح حالت تعادل جزو جذب شونده بین فاز جامد و سیال است. در این تحقیق داده های تجربی تعادل جذب با مدل های ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمیر مورد بررسی قرار گرفت.

در شکل ۲ و ۳ نتایج حاصل از تاثیر زمان تماس و غلظت اولیه سیانید بر روی کارایی حذف سیانید نشان داده شده است. طبق شکل ۲، با افزایش زمان تماس کارایی حذف از ۴۶/۶٪ به ۹۰/۵۶٪ برای مس و از ۳۱٪ به ۹۴/۷۸٪ برای آهن در غلظت اولیه سیانید برابر با ۶۰ میلی گرم در لیتر افزایش می یابد که این زمان ۱۲۰ دقیقه، همان زمان تعادل است. همچنین طبق شکل ۳ با افزایش غلظت اولیه سیانید از ۴۰ به ۸۰ میلی گرم در لیتر کارایی حذف از ۸۰/۴٪ به ۹۹/۹٪ برای مس و از ۹۱/۲۳٪ به ۹۹٪ برای آهن کاهش می یابد.

## تاثیر مقدار اولیه مس و آهن بر روی کارایی حذف سیانید

تاثیر مقدار اولیه مس و آهن بر روی کارایی حذف سیانید با تغییر در مقدار اولیه مس و آهن از ۰/۰۸ به ۱ گرم در ۱۰۰ سی سی، در  $pH=7$  و  $pH=2$  به ترتیب برای آهن و مس و غلظت اولیه سیانید برابر با ۶۰ میلی گرم در لیتر بعد از زمان تماس ۶۰ دقیقه بررسی شد. در شکل ۴ نتایج حاصل از تاثیر مقدار اولیه مس و آهن بر روی کارایی حذف سیانید نشان داده شده است. همان طور که از شکل ۴ مشخص است کارایی حذف با افزایش مقدار اولیه مس و آهن افزایش می یابد. به طوری که وقتی مقدار اولیه مس و آهن از ۰/۰۸ به ۱ گرم در ۱۰۰ سی سی افزایش می یابد کارایی حذف از ۶۹٪ به ۹۶/۳۳٪ برای آهن و از ۸۹/۶۶٪ به ۹۹/۶۶٪ برای مس افزایش می یابد.



شکل ۲: تاثیر زمان تماس و غلظت اولیه سیانید بر روی کارایی حذف سیانید (مقدار اولیه مس ۰/۳ گرم در ۱۰۰ سی سی،  $pH=2$ )

معادله ایزوترم جذب فروندلیچ به صورت معادله (۳) است (۱۷).

$$q_e = kc_e^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

و معادله خطی آن به صورت معادله (۴) است.

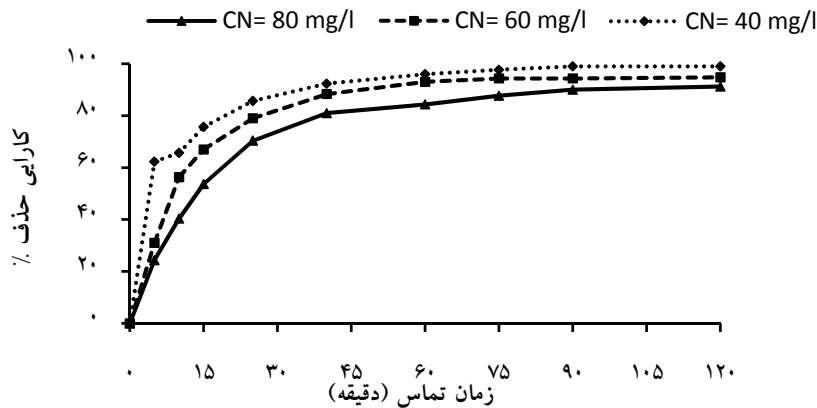
$$\log q_e = \log k + \frac{1}{n} \log c_e \quad (4)$$

$c_e$  غلظت تعادل میلی گرم در لیتر،  $q_e$  ظرفیت جذب در زمان تعادل (میلی گرم بر گرم) و  $K$  و  $n$  ثابت های فروندلیچ است (۱۵). که با رسم نمودار  $\log q_e$  در مقابل  $\log c_e$  به دست می آیند (شکل ۵ و ۶).

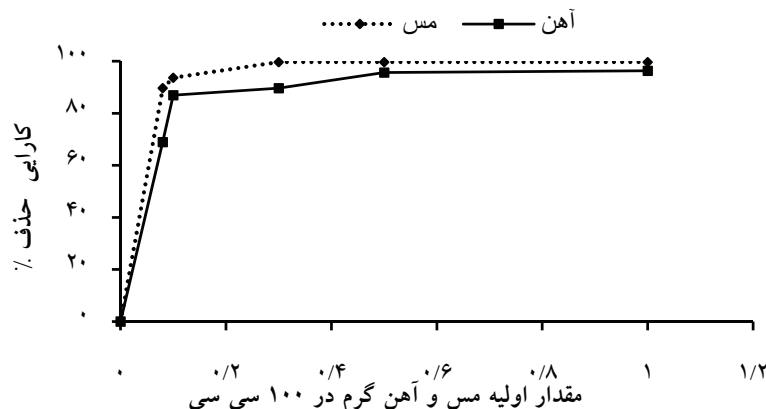
معادله خطی ایزوترم لانگمیر به صورت معادله (۲) است (۱۶).

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K} + \frac{1}{q_m} c_e \quad (2)$$

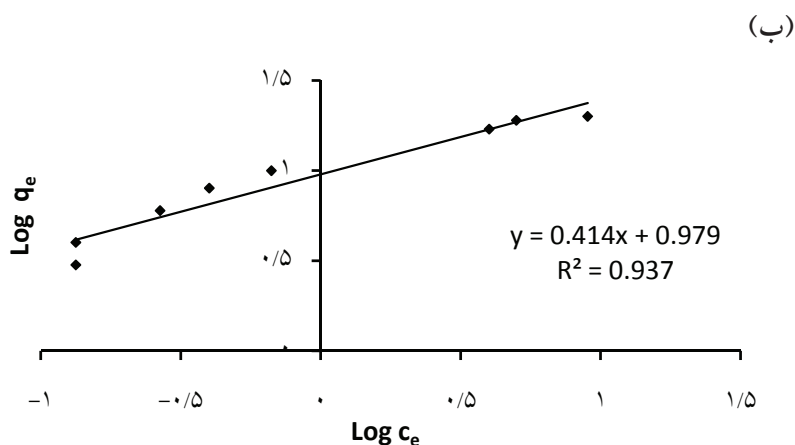
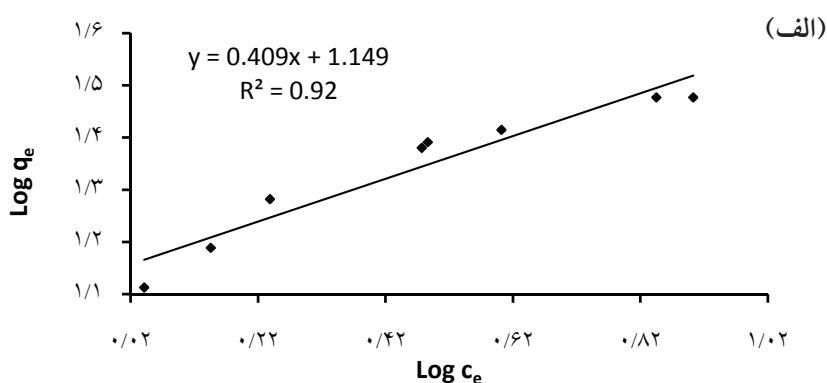
$q_e$  مقدار جز جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب میلی گرم بر گرم،  $c_e$  غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر،  $q_m$  نشان دهنده ظرفیت جذب و  $K$  ثابت لانگمیر است که از رسم نمودار در مقابل به دست می آیند (شکل ۳-۵).



شکل ۳: تاثیر زمان تماس و غلظت اولیه سیانید بر روی کارایی حذف سیانید (مقدار اولیه آهن ۰/۳ گرم در ۱۰۰ سی سی، pH=۷)



شکل ۴: تاثیر مقدار اولیه مس و آهن بر روی کارایی حذف سیانید (pH=۷ و pH=۲ به ترتیب برای آهن و مس، غلظت اولیه سیانید برابر با ۶۰ میلی گرم در لیتر، زمان تماس برابر با ۶۰ دقیقه)



شکل ۵: نمودار خطی ایزوترم فروندلیچ بر روی کارایی حذف سیانید با استفاده از آهن (الف) و مس (ب)

$$d(C_0/d_t) = K_1 t$$

$$\ln(C_0/C_t) = K_1 t$$

این معادله به این صورت خطی می شود.

$$C_0 = \text{غلظت اولیه سیانید (mg/L)}$$

$$K_1 = \text{ثابت سینتیک (1/min)}$$

$$C_t = \text{غلظت سیانید در زمان t (mg/L)}$$

$$T = \text{زمان تشعشع (1/min)}$$

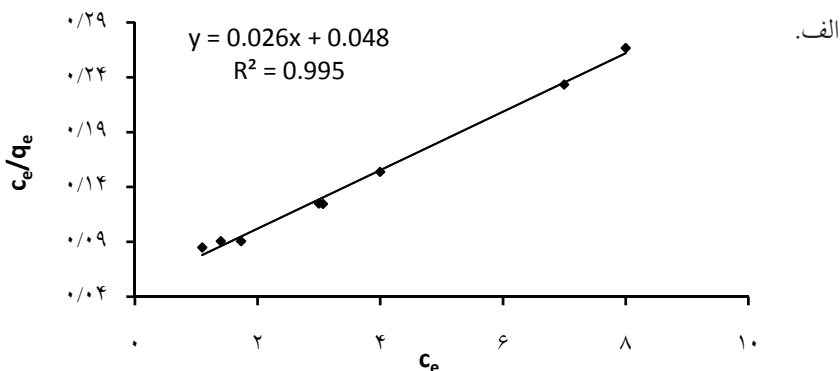
پارامترهای ایزوترم جذب در جدول (۱) ارائه شده است.

### مطالعه سینتیکی

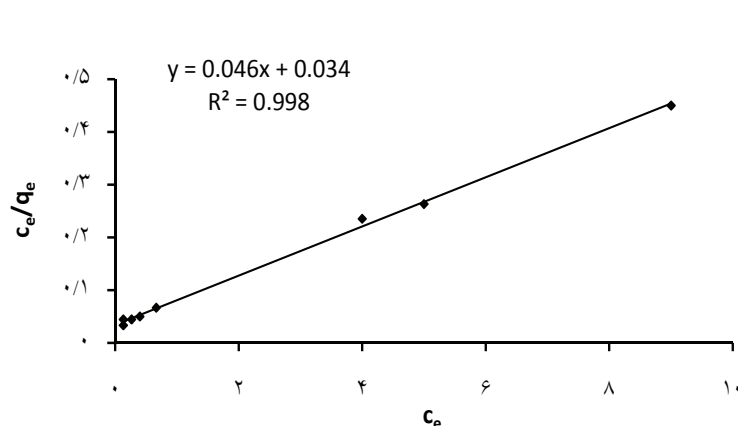
همچنین به علت این که غلظت اولیه سیانید در این مطالعه پایین بود سینتیک واکنش با معادله شبه درجه یک Langmuir-Hinshelwood توصیف شد. این معادله به صورت فرمول روبه رو نوشته شده است (۱۸).

جدول ۱: داده های ایزوترمی حذف سیانید با استفاده از مس و آهن

آهن		مس	
ثابت ایزوترم فروندلیچ		ثابت ایزوترم لانگمیر	ثابت ایزوترم فروندلیچ
K	۰/۰۶	K	۰/۰۲۶
n	۲/۵	q <sub>m</sub>	۳۸/۴
R <sup>2</sup>	۰/۹۲	R <sup>2</sup>	۰/۹۹۵
		ثابت ایزوترم لانگمیر	ثابت ایزوترم فروندلیچ
		K	۰/۰۱
		q <sub>m</sub>	۲۱/۷۳
		R <sup>2</sup>	۰/۹۹۸



الف.



ب.

شکل ۶: نمودار خطی ایزوترم لانگمیر بر روی کارایی حذف سیانید با استفاده از آهن (الف) و مس (ب)

کارایی حذف با افزایش PH کاهش ولی در مورد آهن ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود دلیل افزایش کارایی حذف در pH های از حد متوسط به پایین آن است که در pH متوسط به پایین تراکم بار مثبت در سطح جاذب افزایش یافته و باعث جذب بیشتر سیانید شده که در نتیجه جذب بیشتر سیانید، میزان تجزیه در محیط اسیدی بیشتر می شود.

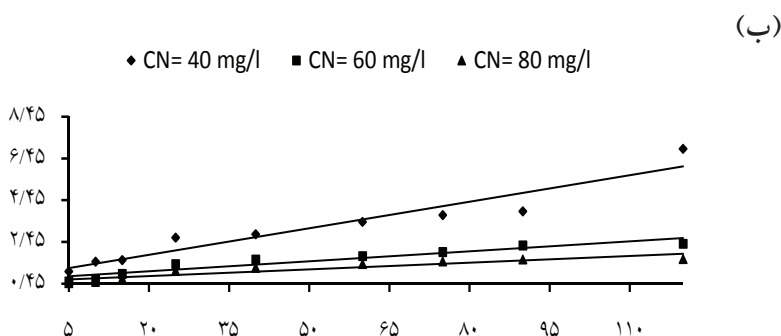
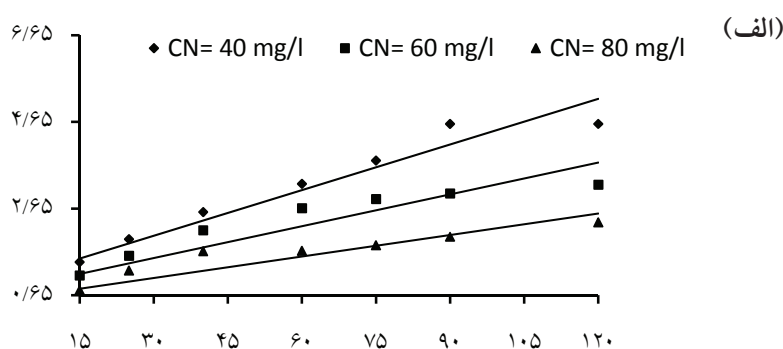
به طور کلی نتایج حاصل از داده های سینتیکی بر روی کارایی حذف در شکل ۷ الف و ب و جدول ۲ نشان داده شده است.

### بحث

**بررسی تاثیر pH بر روی کارایی فرایند حذف سیانید**  
همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود pH محلول نقش مهمی را در واکنش بازی می کند و در مورد پودر مس

جدول ۲: داده های سینتیکی حذف سیانید با استفاده از مس و آهن

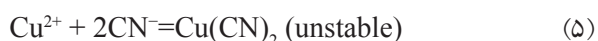
غلظت اولیه سیانید برابر با ۴۰ میلی گرم	آهن			مس		
	pH	$K_1(1/min)$	$R^2$	pH	$K_1(1/min)$	$R^2$
۴۰	۷	۰/۰۳۵	۰/۹۵۴	۲	۰/۰۴۲	۰/۹۱۵
۶۰	۷	۰/۰۲۴	۰/۸۸۴	۲	۰/۰۱۵	۰/۹۰۴
۸۰	۷	۰/۰۰۱	۰/۸۷۶	۲	۰/۰۰۱	۰/۸۶۱



شکل ۷: سینتیک کارایی حذف سیانید با استفاده از آهن (الف) و مس (ب)

بررسی تاثیر غلظت اولیه سیانید بر روی کارایی حذف سیانید با افزایش غلظت اولیه سیانید کاهش یافت. دلیل این امر آن است که با افزایش غلظت اولیه سیانید مولکول های سیانید بیشتری روی سطح آهن و مس جذب می شود. مقدار زیاد جذب سیانید بر روی سطح آهن و مس از واکنش مولکول های سیانید به علت عدم تماس مستقیم بین آنها جلوگیری می کند بنابراین کارایی فرایند کاهش می یابد، همچنین جذب ها دارای محل های جذب محدودی هستند که با افزایش غلظت آلاینده ظرفیت آنها سریع تر اشباع شده و راندمان حذف کاهش خواهد یافت (۲۵-۲۲). به علت این که غلظت اولیه سیانید در این مطالعه پایین بود سینتیک واکنش با معادله شبه درجه یک Langmuir-Hinshelwood توصیف شد. همچنین با توجه به ضرایب همبستگی ( $R^2$ ) می توان نتیجه گرفت که داده های تعادلی فرایند جذب سیانید بر روی آهن و مس از ایزوترم لانگمیر نسبت به ایزوترم فروندلیچ

در نتیجه کارایی حذف افزایش می یابد. کاهش راندمان در محیط بازی به این دلیل است که سطح آهن و مس دارای بار منفی شده که باعث کاهش جذب سیانید شده، که خود باعث کاهش میزان تجزیه در محیط بازی می شود در نتیجه کارایی حذف کاهش می یابد، به طور کلی واکنش مس با سیانید در معادلات ۵-۹ نشان داده شده است. (۲، ۳، ۷ و ۲۱-۱۹). همچنین طی تحقیق که باراکات بر روی حذف فتوکاتالیستی سیانید با استفاده از  $TiO_2$  انجام داد به این نتیجه رسید که در شرایط ثابت با افزایش pH از ۷ به ۱۱ کارایی حذف کاهش می یابد (۷).



بود سینیتیک واکنش با معادله شبه درجه یک Langmuir-Hinshelwood توصیف شد.

- حذف سیانید با افزایش و کاهش pH به علت مثبت شدن بار سطح آهن و مس و همانطور جذب بیشتر سیانید و افزایش میزان تجزیه، افزایش یافت.

- با توجه به ضریب همبستگی ( $R_2$ ) نتایج نشان داد که حذف سیانید از مدل ایزترم جذب لانگمیر بهتر تبعیت می کند.

- به طور کلی نتایج نشان داد که می توان از پودر آهن و مس به عنوان یک روش سریع و موثر در مقیاس آزمایشگاهی در حذف سیانید از محیط های آبی استفاده کرد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند که از حمایت های علمی و مادی دانشگاه علوم پزشکی همدان و مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کردستان، همچنین از خانم آرزو ستاره و زهرا قرشی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی نمایند. تشکر و قدردانی داشته باشند.

بهبتر پیروی می کند. (۱۸). نتایج حاصل با نتایجی که بازی و همکاران بر روی حذف فتوکاتالیستی سیانید با استفاده از  $TiO_2$  بدست آوردند مطابقت دارد (۲۰).

**بررسی تاثیر مقدار اولیه پودر آهن و مس و زمان واکنش بر روی کارایی حذف سیانید**

حذف سیانید با افزایش مقدار اولیه پودر آهن و مس و زمان تماس افزایش می یابد. به علت این که محل های جذب و همچنین میزان تجزیه با افزایش مقدار اولیه پودر آهن و مس و زمان تماس افزایش می یابد (۹، ۱۳، ۱۵ و ۳۰-۲۶). به طوری که نتایج حاصل با نتایجی که باراکات بر روی حذف فتوکاتالیستی سیانید با استفاده از  $TiO_2$  بدست آوردند، مطابقت دارد (۷).

### نتیجه گیری

- حذف سیانید با افزایش مقدار آهن و مس و زمان واکنش افزایش یافت. به علت این که محل های جذب و میزان تجزیه با افزایش مقدار آهن و مس و زمان واکنش افزایش می یابد.  
- حذف سیانید با افزایش غلظت اولیه سیانید، به علت جذب بیشتر مولکول های سیانید روی سطح آهن و مس کاهش یافت. و به علت این که غلظت اولیه سیانید در این مطالعه پایین

## منابع

1. Aguado J, van Grieken R, Lopez-Muoz MJ, Marugan J. Removal of cyanides in wastewater by supported TiO<sub>2</sub>-based photocatalysts. *Catalysis Today*. 2002;75:95-102.
2. Doménech J, Peral J. Removal of toxic cyanide from water by heterogeneous photocatalytic oxidation over ZnO. *Solar Energy*. 1988;41:55-59.
3. Barakat MA. Adsorption behavior of copper and cyanide ions at TiO<sub>2</sub>-solution interface. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2005;291:345-52.
4. Marugn J, van Grieken R, Cassano AE, Alfano OM. Quantum efficiency of cyanide photooxidation with TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> catalysts: Multivariate analysis by experimental design. *Catalysis Today*. 2007;129:143-51.
5. Frank SN, Bard AJ. Heterogeneous photocatalytic oxidation of cyanide ion in aqueous solutions at titanium dioxide powder. *Journal of the American Chemical Society*. 1977;99:303-304.
6. Hidaka H, Nakamura T, Ishizaka A, Tsuchiya M, Zhao J. Heterogeneous photocatalytic degradation of cyanide on TiO<sub>2</sub> surfaces. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 1992;66:367-74.
7. Shokuhi R, Mahvi AH, Bonyadi Z. Efficiency compare of both sonochemical and photosonochemical technologies for cyanide removal from aqueous solutions. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2010;3(2):177-84 (in Persian).
8. Barakat MA, Chen YT, Huang CP. Removal of toxic cyanide and Cu(II) Ions from water by illuminated TiO<sub>2</sub> catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2004;53:13-20.
9. Feng HE, Dongye Z. Preparation and characterization of a new class of starch-stabilized bimetallic nanoparticles for degradation of chlorinated hydrocarbons in water. *Environmental Science & Technology*. 2005;39:3314-20.
10. Karabelli D, Car U, Shahwan T, Eroglu AE, Scott TB, Hallam KR, et al. Batch removal of aqueous Cu<sup>2+</sup> ions using nanoparticles of zero-valent iron: a study of the capacity and mechanism of uptake. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2008;47:4758-64.
11. Kobya M. Removal of Cr(VI) from aqueous solutions by adsorption onto hazelnut shell activated carbon: kinetic and equilibrium studies. *Bioresource Technology*. 2004;91:317-21.
12. Ponder SM, Darab JG, Mallouk TE. Remediation of Cr(VI) and Pb(II) aqueous solutions using supported, nanoscale zero-valent iron. *Environmental Science & Technology*. 2000;34:2564-69.
13. Shao-feng N, Yong L, Xin-hua X, Zhang-hua L. Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by iron nanoparticles. *Journal of Zhejiang University - Science B*. 2005;6:1022-27 (in Persian).
14. Wang XS, Tang YJ, Chen LF, Li FY, Wan WY, Tan YB. Removal of Cr(VI) by zero-valent, iron-encapsulated Alginate Beads. *CLEAN – Soil, Air, Water*. 2010;38(3):263-67.
15. APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Washington, DC: American Public Health Association; 1998.
16. Levankumar L, Muthukumar V, Gobinath M. Batch adsorption and kinetics of chromium (VI) removal from aqueous solutions by *Ocimum americanum* L. seed pods. *J Hazard Mater*. 2009;161:709-13.
17. Alowitz MJ, Scherer MM. Kinetics of nitrate, nitrite, and Cr(VI) reduction by iron metal. *Environ. Sci. Technol*. 2002;36(3):299–306
18. Khambhaty Y, Mody K, Basha S, Jha B. Kinetics, equilibrium and thermodynamic studies on biosorption of hexavalent chromium by dead fungal biomass of marine *Aspergillus niger*. *Chem Eng J*. 2009;145:489-95.
19. Vinu R, Madras G. Kinetics of simultaneous photocatalytic degradation of phenolic compounds and reduction of metal ions with Nano-TiO<sub>2</sub>. *Environmental Science & Technology*. 2007;42:913-19.
20. Ahmed MS, Attia YA. Aerogel materials for photocatalytic detoxification of cyanide wastes in water. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 1995;186:402-407.
21. Bozzi A, Guasaquillo I, Kiwi J. Accelerated removal of cyanides from industrial effluents by supported TiO<sub>2</sub> photo-catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2004;51:203-211.
22. Dabrowski B, Zaleska A, Janczarek M, Hupka J, Miller JD. Photo-oxidation of dissolved cyanide using TiO<sub>2</sub> catalyst. *Journal of Photochemistry and Photo-*

- biology A: Chemistry. 2002;151:201-205.
23. Grieken RV, Cassano AE, Alfano OM, Maruga J. Scaling-up of slurry reactors for the photocatalytic oxidation of cyanide with TiO<sub>2</sub> and silica-supported TiO<sub>2</sub> suspensions. *Catalysis Today*. 2009;144(1-2):87-93.
24. Parga JR, Vázquez V, Casillas HM, Valenzuela JL. Cyanide detoxification of mining wastewaters with TiO<sub>2</sub> nanoparticles and its recovery by electrocoagulation. *Chem. Eng. Technol.* 2009;32(12):1901-908.
25. Pedraza-Avella JA, Acevedo-Pea P, Pedraza-Rosas JE. Photocatalytic oxidation of cyanide on TiO<sub>2</sub>: an electrochemical approach. *Catalysis Today*. 2008;133-135:611-18.
26. Peral J, Muñoz J, Domènech X. Photosensitized CN-oxidation over TiO<sub>2</sub>. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 1990;55:251-57.
27. Kaplan D, Gilmore T. Zero-valent iron removal rates of aqueous Cr(VI) measured under flow conditions. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2004;155:21-33.
28. Lai KCK, Lo IMC. Removal of chromium (VI) by acid-washed zero-valent iron under various groundwater geochemistry conditions. *Environmental Science & Technology*. 2008;42:1238-44.
29. Sharma YC. Cr(VI) removal from industrial effluents by adsorption on an indigenous low-cost material. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2003;215:155-62.
30. Velizarova E, Ribeiro AB, Mateus E, Ottosen LM. Effect of different extracting solutions on the electro-dialytic remediation of CCA-treated wood waste Part I.: Behavior of Cu and Cr. *J Hazard Mater*. 2004;107:103-113.
31. Yadanaparthi S, Graybill D, Wandruszka RV. Adsorbents for the removal of arsenic, cadmium, and lead from contaminated waters. *J Hazard Mater*. 2009;171:1-15.

## **Removal of Cyanide from Aquatic Solution by Using of Iron and Copper Powder: Equilibrium and Kinetic Study**

**\*Shirzad Siboni M.<sup>1</sup>, Samarghandi M.R.<sup>2</sup>, Piri Dogahe H.<sup>3</sup>, Farrokhi M.<sup>4</sup>, Zarrabi M.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Department of Environmental Health, Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences

<sup>2</sup>Department of Environmental Health, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

<sup>3</sup>Department of Environmental Health, Faculty of Health, Guilan University of Medical Sciences, Guilan, Iran

<sup>4</sup>Department of Medical, Faculty of Medical Microbiology, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

<sup>5</sup>Department of Environmental Health, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Alborz, Iran

Received; 20 April 2011 Accepted; 16 July 2011

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** Industrial wastewater included the cyanide is one of the important sources of environmental pollution which founded in Industrial wastewater which are harmful for human health and environment. Therefore, the purpose of this research that was fundamental designed is investigation of Removal of cyanide from aquatic solution by using of iron and copper powder in experimental scale.

**Material and Methods:** At first, pilot was designed. Then, acquired pH optimum equal to 2,7 for copper and iron by variation pH= (2,4,6,8,12) and constant other parameters. The effect of initial cyanide concentration (40,60,80 mg/l), initial iron and copper dosage (0.08-1 g/100CC) and contact time (15-12 min) studied at the constant of optimum pH.

**Results:** The result showed removal efficiency Increased from 46.6% to 90.56% and 31% to 93.78% for copper and iron by increasing of contact time from 15 to 120 minute in constant conditions, respectively. Also result showed Removal efficiency decreased and increased by increasing initial cyanide concentration and initial iron and copper dosage. The results showed equilibrium data were explained acceptably by Langmuir isotherms and kinetic parameters were obtained by application of Langmuir&Hinshelwood equation.

**Conclusion:** The results showed that removal of cyanide can be quick and effective done by iron and copper in experimental scale.

**Key word:** Iron and copper powder, Cyanide, Equilibrium, Kinetic, Aquatic solution

---

**\*Corresponding Author:** mehdi\_dshirzad@yahoo.com

**Tel:** +98 9356801630 **Fax:** +98 8715525131