

تعیین کارایی خاک اره در حذف سیانید از محلولهای آبی

علیرضا رحمانی^۱

محمدتقی صمدی^۲

محسن قیماالی^۳

هادی متقی پور^۳

(دریافت ۸۹/۱/۲۰ پذیرش ۹۰/۱/۲۵)

چکیده

آلودگی منابع آبی با فاضلابهای شهری و صنعتی به یک مشکل قابل توجه تبدیل شده است. در پژوهش حاضر کارایی سه نوع خاک اره درختان راجی، بید و صنوبر به عنوان یک ماده فراوان، ارزان قیمت و ساده در حذف سیانید از آبهای آلوده بررسی گردید. نمونه آب آلوده حاوی سیانید به طور مصنوعی با اضافه کردن سیانید سدیم در آب مقطر در سه غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر تهیه و در مراحل جداگانه در مجاورت با خاک اره با دو مش ۲۰ و ۷۰ و در محدوده زمانی ۱۰ تا ۱۴۰ دقیقه قرار داده شد. نتایج نشان داد که کارایی حذف خاک اره‌های مورد مطالعه تقریباً یکسان و در زمان تماس ۳۰ و ۱۴۰ دقیقه به ترتیب ۶۰-۷۰ و ۷۱-۸۳ درصد بود. این کارایی با غلظت سیانید و زمان ماند رابطه مستقیم و با اندازه ذرات رابطه عکس دارد. طبق نتایج، زمان تماس بهینه ۳۰ دقیقه بود. در این شرایط، متوسط ظرفیت جذب خاک اره با مش‌های ۲۰ و ۷۰ در محدوده ۱/۲۵ تا ۱/۵۲ میلی گرم سیانید جذب شده در گرم وزن خاک اره بود. با توجه به نتایج و همچنین ارزان بودن این ماده، استفاده از آن به عنوان یک جاذب در حذف سیانید از محلولهای آبی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: خاک اره، سیانید، حذف، محلولهای آبی

Determination of Sawdust Efficiency for Cyanide Removal from Aqueous Solutions

Ali Reza Rahmani¹

Mohamad Taghi Samadi²

Mohsen Ghaymali³

Hadi Motaghipoor³

(Received Apr. 10, 2010 Accepted Apr. 14, 2011)

Abstract

The water resources pollution by municipal and industrial wastewater is a considerable problem. In this research, the efficiency of Holly, Sallow and Poplar sawdust as simple, economic and abundant materials were studied for the removal of cyanide from aqueous solutions. The synthetic polluted water samples were prepared by using of sodium cyanide in distillation water with concentration of 10, 30 and 50 mg L⁻¹ and effects of saw dust size (mesh of 20 and 70) and contact time (10-140 min) were studied. The results showed that the sawdusts had a uniform efficiency (60-70% and 71-83%) at 30 and 140 min. respectively. Also obtained results showed a direct relation with contact time and cyanide concentration and reversed relation with sawdust particle size. The results showed that the optimal contact time is 30 min. In this condition, the averages of adsorption capacity were obtained 1.25-1.38 and 1.34-1.52 mg CN/g sawdust for mesh 20 and 70 respectively. Based on the results, its availability and cheapness, the application of sawdust as an absorbent for the removal of cyanide from aqueous solutions is recommended.

Keywords: Sawdust, Cyanide, Removal, Aqueous Solutions.

1. Assoc. Prof. of Environmental Health Eng., Faculty of Public Health and Research Center for Health Sciences, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan (Corresponding Author) (+98 811) 8380090 Rahmani@umsha.ac.ir
2. Assis. Prof., of Environmental Health Eng., Faculty of Public Health and Research Center for Health Sciences, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan
3. B.Sc. of Environmental Health, Faculty of Public Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan

۱- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان (نویسنده مسئول) (۰۸۱۱) ۸۳۸۰۰۹۰ Rahmani@umsha.ac.ir

۲- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان

۳- کارشناس بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان

عدم تصفیه یا تصفیه ناقص فاضلابهای صنعتی باعث ورود بسیاری از مواد سمی به محیط زیست می‌گردد. این ترکیبات غالباً غیر قابل تجزیه بوده و به دلیل سمیت زیاد، نه تنها برای حیات موجودات آبی مضر هستند، بلکه سبب آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی نیز می‌شوند. یکی از این ترکیبات سیانید است که در غلظتهای کم نیز برای انسان سمی بوده و باعث بروز عوارضی مانند تهوع، استفراغ، افزایش تپش قلب، کاهش ضربان قلب، ورم ریه، عدم هشیاری و مرگ می‌شود [۱-۴]. سازمان جهانی بهداشت^۱ حداکثر غلظت مجاز سیانید در آب آشامیدنی را ۰/۰۷ میلی‌گرم در لیتر تعیین کرده است [۵ و ۶]. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نیز این مقدار را به‌عنوان استاندارد ملی در نظر گرفته است [۷].

این ماده علی‌رغم خصوصیات بسیار سمی، یکی از مواد مصرفی در صنایع استخراج و بازیافت فلزی، آبکاری فلزات و ساخت حشره‌کش‌ها و مانند آن بوده و در مقیاس وسیع به‌کار برده می‌شود. پیامد استفاده از سیانید در صنایع، ورود آن به محیط زیست از طریق تخلیه فاضلابهای صنعتی است. همچنین این فاضلابها معمولاً حاوی مقادیر زیادی فلزات سنگین از قبیل مس، نیکل، روی، نقره و آهن هستند که به لحاظ واکنش‌پذیری زیاد، سیانید با آنها واکنش می‌دهد و ترکیبات فلزی با سمیت و پایداری متفاوت تولید می‌شود [۳]. تشکیل ترکیبات مذکور نمی‌تواند سمیت سیانید را از بین برده و یا کاهش دهد، بنابراین لازم است این ماده قبل از تخلیه به محیط زیست، از فاضلاب و یا پساب تصفیه شده، حذف گردد. رایج‌ترین روش حذف سیانید از محیط‌های آبی، استفاده از روشهای اکسیداسیون شیمیایی مانند فرایند قلیایی کردن، کلرزنی، اکسیداسیون با هوا و سایر مواد اکسیدکننده و روشهای پیشرفته از قبیل الکترودیالیز و اسمز معکوس است که روشهای پرهزینه و پیچیده‌ای محسوب می‌گردند [۱-۴ و ۸].

با توجه به عوارض زیان‌آور سیانید برای انسان و سایر موجودات زنده و نیز هزینه زیاد روشهای معمول تصفیه، امروزه پژوهش‌هایی به‌منظور دستیابی به روشهای ساده و ارزان قیمت که با کارایی بالا بتواند این ترکیبات را در پسابها کاهش داده و یا حذف نماید در حال انجام است. این امر در کشورهای در حال توسعه به‌علت عدم اجرای درست تصفیه‌خانه‌ها و عدم نظارت و رشد پراکنده صنایع که باعث آلودگی منابع آب می‌شود، ضرورت می‌یابد. در میان پژوهش‌هایی که برای حذف عوامل آلاینده در حال انجام است، استفاده از جاذبهای ارزان قیمت مانند خاک اره بیشتر مورد توجه است. خاک اره ماده اولیه برخی صنایع بوده و به‌صورت

گسترده در صنایع چوب و کاغذ، صنایع تزئینی و دیگر صنایع مرتبط با چوب تولید شده و بدون استفاده خاصی دفع می‌گردد. از طرف دیگر بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات انجام یافته، قابلیت این ماده در حذف ترکیبات سمی در فاضلاب صنایع مختلف مورد تأیید است. اولین مطالعات بر روی جذب فلزات به‌وسیله ضایعات مختلف آلی و آندهای چوبی توسط فریدمن^۲ و وایز^۳ در سال ۱۹۷۹ از طریق بررسی میزان حذف فلز جیوه صورت گرفت [۹]. مطالعات متعدد دیگری در این خصوص نیز انجام یافته که از آن جمله می‌توان به مطالعه بینا و همکاران در حذف فلزات سنگین، عبدالغنی و همکاران^۴ در سال ۲۰۰۷ در حذف سرب و یا مطالعات حبیب رحمان و همکاران بر حذف نیکل از محیط‌های آبی اشاره نمود [۹، ۱۰ و ۱۱].

این پژوهش نیز در همین راستا و به‌منظور دستیابی به شرایط مطلوب تصفیه آبهای آلوده به ترکیب سیانید با استفاده از خاک اره درختان بید، راجی و صنوبر انجام شد.

۲- مواد و روشها

این تحقیق یک مطالعه تجربی بوده که در مقیاس آزمایشگاهی و در سیستم ناپیوسته انجام شد و فاکتورهای مؤثر بر انجام فرایند شامل زمان تماس (۰ تا ۱۴۰ دقیقه)، اندازه ذرات (مش ۲۰ و ۷۰)، نوع خاک اره (بید، راجی و صنوبر) و غلظت سیانید اولیه (۰، ۱۰، ۳۰، ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) در مراحل جداگانه در طول تحقیق در شرایط آزمایشگاهی (درجه حرارت 20 ± 5 درجه سلسیوس) و pH خنثی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه آب آلوده به‌طور مصنوعی با اضافه کردن سیانید سدیم محصول شرکت مرک^۵ آلمان در آب مقطر آماده گردید. ماده جاذب در این پژوهش خاک اره درختان راجی، بید و صنوبر بود و دلیل انتخاب این نوع درختان، بومی بودن آنها در شهر همدان و استفاده وسیع آنها در کارگاههای چوب‌بری و نجاری‌های این شهر بود. برای آماده‌سازی خاک اره‌های مصرفی و همگن نمودن اندازه ذرات، ابتدا نمونه‌های خاک اره به کمک الکهای با مش ۲۰ و ۷۰ غربال گردید. سپس به‌منظور برطرف ساختن گرد و غبار و دیگر آلودگی‌ها، چندین بار با آب مقطر شسته و برای رسیدن به وزن ثابت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک گردیدند. همچنین به‌منظور جلوگیری از تغییرات وزن، نمونه‌ها تا زمان استفاده در دسیکاتور قرار داده شدند. برای بررسی میزان جذب سیانید به‌وسیله خاک اره، از هر نوع خاک اره (بید، راجی و صنوبر) مقدار ۵ گرم در

² Friedman

³ Wise

⁴ Abdel- Ghani et al.

⁵ Merck

¹ Health Word Organization (HWO)

$$\text{mgCN/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{(\text{ml})_{\text{original sample}}} \quad (1)$$

که در این رابطه

A تیترانت مصرفی برای نمونه بر حسب میلی لیتر و B تیترانت مصرفی برای شاهد بر حسب میلی لیتر است.

به منظور اطمینان از نتایج حاصله، کلیه آزمایش‌ها به صورت سه بار تکرار انجام شد و از میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده استفاده شد. با توجه به مشخصات نمونه‌های برداشت شده قبل و بعد از قرار گرفتن در معرض روش حذف مورد مطالعه، تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون آماری آنالیز واریانس انجام پذیرفت.

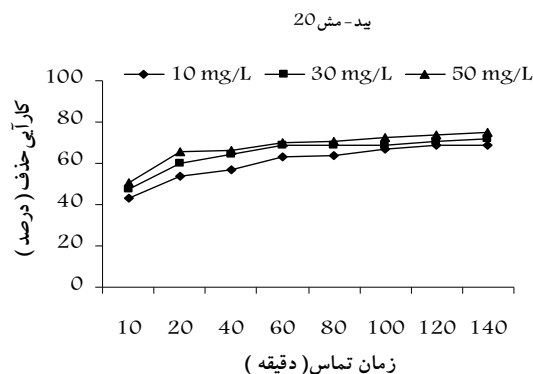
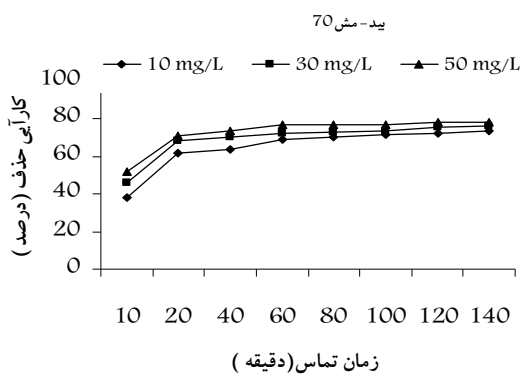
۳- نتایج

نتایج حاصل از بررسی کارایی خاک اره‌های مورد مطالعه در حذف سیانید از نمونه آب آلوده آماده شده با غلظت‌های متفاوت، زمان‌های تماس و اندازه ذرات مختلف، در شکل‌های ۱ تا ۳ آورده شده است.

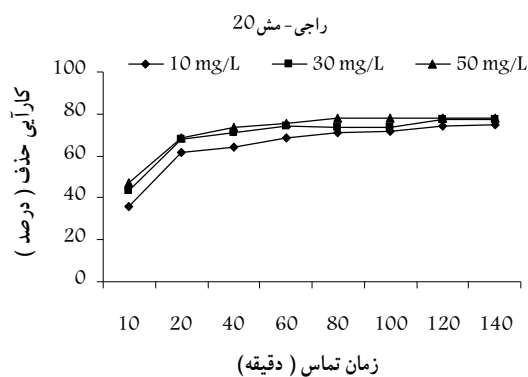
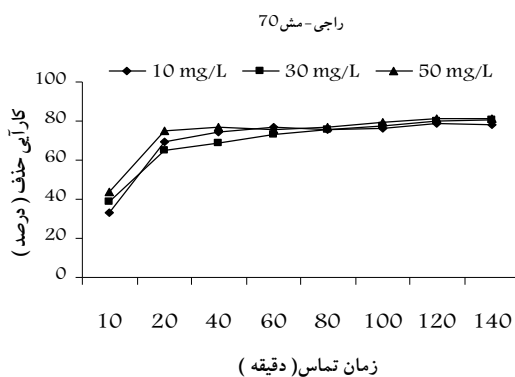
ارلن‌های جداگانه ریخته شد و ۵۰ میلی لیتر از نمونه پساب حاوی سیانید نیز به آن اضافه گردید. محلول حاصل با استفاده از همزن الکتریکی و با سرعت حدود ۱۰۰ دور در دقیقه و در زمان تماس‌های ۱۴۰ دقیقه و در دمای آزمایشگاه به هم زده شد تا عمل جذب به خوبی صورت پذیرد. سپس نمونه‌ها از کاغذ صافی واتمن^۱ ۴۰ با کمک پمپ خلاء و قیف بوخنر^۲ عبور داده شدند تا خاک اره از نمونه کاملاً جدا گردد. برای اندازه‌گیری غلظت سیانید باقیمانده از روش تیترومتری به شماره ۴۵۰۰ استفاده گردید [۱۲]. در این روش، تیتراسیون تا زمانی ادامه می‌یابد که رنگ محلول از زرد قناری به قهوه‌ای صورتی تغییر یابد. مقدار تیترانت مصرفی یادداشت و با استفاده از رابطه ۱ غلظت سیانید باقیمانده محاسبه می‌شود [۱۲]. پس از تعیین غلظت سیانید در نمونه‌های تماس یافته با خاک اره‌های مختلف و با در نظر گرفتن مقدار غلظت سیانید اولیه، درصد حذف نیز محاسبه گردید.

¹ Whatman

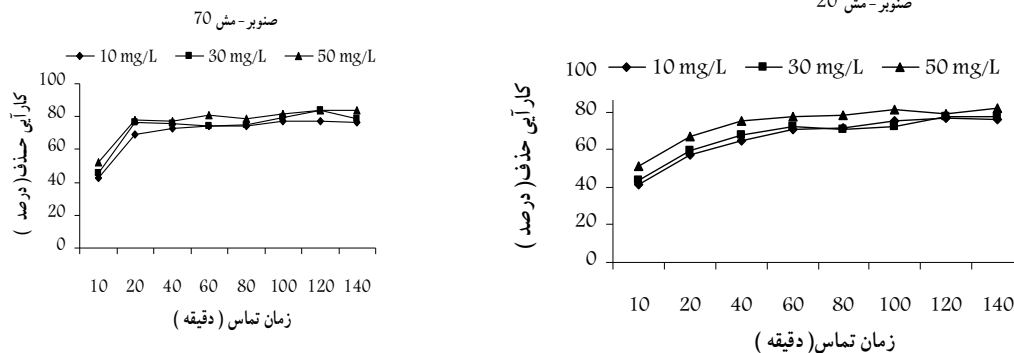
² Buchner



شکل ۱- نتایج حاصل از بررسی کارایی خاک اره چوب بید در حذف سیانید از فاضلاب (وزن خاک اره مورد استفاده ۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر)



شکل ۲- نتایج حاصل از بررسی کارایی خاک اره چوب راجی در حذف سیانید از محیط‌های آبی (وزن خاک اره مورد استفاده ۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر)



شکل ۳- نتایج حاصل از بررسی کارایی خاک اره چوب صنوبر در حذف سیانید از محیط‌های آبی (وزن خاک اره مورد استفاده ۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر)

جدول ۱- ظرفیت جذب خاک اره‌های مورد مطالعه در حذف سیانید بر حسب میلی‌گرم سیانید جذب شده در گرم وزن خاک اره: غلظت اولیه سیانید ۳۰ میلی‌گرم در لیتر

زمان (دقیقه)	صنوبر		بید		راچی	
	۲۰ مش	۷۰ مش	۲۰ مش	۷۰ مش	۲۰ مش	۷۰ مش
۲۰	۱/۱۹	۱/۵۳	۱/۲۱	۱/۳۷	۱/۳۱	۱/۳۱
۴۰	۱/۳۵	۱/۵۱	۱/۲۹	۱/۴۱	۱/۳۸	۱/۳۸
۶۰	۱/۴۵	۱/۴۸	۱/۳۷	۱/۴۵	۱/۴۶	۱/۴۶
۸۰	۱/۴۱	۱/۵۱	۱/۳۷	۱/۴۶	۱/۵۱	۱/۴۸
۱۰۰	۱/۴۴	۱/۵۸	۱/۳۷	۱/۴۷	۱/۵۵	۱/۴۷
۱۲۰	۱/۵۵	۱/۶۷	۱/۴۱	۱/۵۱	۱/۶۰	۱/۵۵
۱۴۰	۱/۵۵	۱/۵۸	۱/۴۴	۱/۵۳	۱/۶۱	۱/۵۴

در جدول ۱ نیز ظرفیت جذب خاک اره‌های مورد مطالعه در حذف سیانید بر حسب میلی‌گرم سیانید جذب شده در واحد گرم جاذب با غلظت اولیه سیانید ۳۰ میلی‌گرم در لیتر، آورده شده است.

۴- نتایج و بحث

بررسی نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین کارایی حذف مربوط به خاک اره چوب صنوبر با زمان تماس ۱۴۰ دقیقه و اندازه ذرات با مش ۷۰ و غلظت سیانید ورودی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر است. همچنین بین اندازه ذرات و کارایی حذف رابطه عکس وجود دارد به این معنی که با کاهش اندازه ذرات جاذب، کارایی حذف افزایش می‌یابد. علت این امر را می‌توان افزایش سطح تماس خاک اره با سیانید در نظر گرفت. برای بهتر مشخص شدن این موضوع برای هر یک از خاک اره‌ها به‌طور جداگانه از آنالیز واریانس چند طرفه استفاده گردید. این مدل برای داده‌های مورد نظر این مطالعه، با آزمون نیکویی برازش، مدل مناسبی است (p-value < 0.001). با توجه به این آنالیز برای فاکتور اندازه ذرات برای هر سه نوع خاک اره تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. به

عبارتی با افزایش مش (کاهش سایز ذرات) کارایی حذف سیانید نیز افزایش یافت. مقادیر p-value به ترتیب برای خاک اره‌های بید، راچی و صنوبر ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۱ بود. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعات اجمال و همکاران^۱ که اثر عامل اندازه ذرات خاک اره در حذف فلزات سنگین را مورد بررسی قرار داده‌اند مطابقت دارد [۱۳].

همچنین در این تحقیق بین متغیر زمان تماس جاذب با کارایی حذف نیز رابطه مستقیمی مشاهده گردید. دلیل این امر را نیز می‌توان افزایش زمان تماس ماده جاذب و آلاینده در نظر گرفت. مطابق آنالیز واریانس سه طرفه که برای این متغیر انجام گردید، زمان تماس برای خاک اره بید تفاوت معنی‌داری نشان داد (p-value < 0.01). به عبارتی با افزایش زمان تماس، کارایی حذف افزایش یافت. برای خاک اره راچی زمان تماس با اغماض، معنی‌دار بود (p-value < 0.065) و برای خاک اره صنوبر نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p-value = 0.005).

¹ Ajmal et al.

در تحقیقی که عبدالغنی و همکاران بر روی حذف سرب با خاک اره انجام دادند نیز رابطه مستقیم بین عامل زمان تماس و درصد حذف مشاهده گردید [۱۰]. در طی تحقیق دیگری که ادوبی و همکاران^۱ در سال ۲۰۰۷ برای حذف فلزات سنگین از محیط‌های آبی با خاک اره پتری‌گوتا^۲ انجام دادند نیز مشخص گردید که اعمال زمان تماس باعث افزایش کارایی خواهد شد [۱۴]. نتایج حاصل از مطالعه احسان و همکاران^۳ در سال ۲۰۰۷ که در آن برای حذف مس از محیط‌های آبی با استفاده از جاذبهای ارزان قیمت از خاک اره استفاده شده است نیز نشان داد که با افزایش زمان تماس، کارایی حذف افزایش می‌یابد [۱۵]. در تحقیقی که نامنی و همکاران^۴ با استفاده از سیوس گندم^۵ انجام داده‌اند نیز مشخص گردید که با افزایش زمان تماس، درصد حذف کروم نیز افزایش می‌یابد [۱۶]. همچنین در این تحقیق مشاهده گردید که با افزایش غلظت اولیه سیانید، درصد حذف آن نیز افزایش می‌یابد ولی آنالیز واریانس سه طرفه انجام شده برای این متغیر، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. نتایج حاصل از مطالعات بینا و همکاران که با استفاده از خاک اره در حذف فلزات سنگین از فاضلابهای صنعتی انجام شده است نیز این مطلب را نشان می‌دهد [۹]. این موضوع احتمالاً به افزایش یون‌های رقابت‌کننده بر سر مکان‌های فعال جذب در غلظتهای بالاتر مربوط است. در تحقیقی که انصاری و رئوفی در سال ۲۰۰۶ بر روی حذف جیوه با خاک اره پوشش داده با پلی‌آنیلین انجام داده‌اند نیز مشخص شده است که با افزایش غلظت اولیه ورودی جیوه، کارایی حذف افزایش می‌یابد [۱۷]. اما مطالعات آهالیا و همکاران^۵ در سال ۲۰۰۷ بر روی حذف کروم و آهن از محیط‌های آبی با استفاده از پوست درخت کاجانوس کاجان^۶ نشان داد که با افزایش غلظت کروم و آهن، کارایی حذف کاهش می‌یابد [۱۸].

۵- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در هر سه نوع خاک اره در غلظتها و اندازه ذرات مختلف، سرعت جذب سیانید در فاصله زمانی

1 Adouby et al.

2 Pteryg et al.

3 Ahsan. et al.

4 Nameni et al

5 Ahalyal et al.

6 Cajanus Cajan

۸- مراجع

- 1-United State Environmental Protection Agency.(2009). *Basic information about cyanide in drinking water*, US.EPA.
- 2- Raymond, D., and Hrbison, M.S. (1998). *Industrial toxicology*, 5th Ed., Hamilton and Hardys, USA.

۲۰ تا ۴۰ دقیقه اول بیشتر است و بعد از این زمان، افزایش کارایی حذف با سرعت کمتری صورت گرفته و حتی به مقدار ثابتی می‌رسد. به عبارتی در زمان‌های تماس بالاتر، تعادل صورت گرفته و به نظر می‌رسد که ظرفیت جذب به حالت اشباع نزدیک می‌شود. بنابراین با توجه به اینکه در زمان تماسهای بالاتر، کارایی حذف با افزایش زمان تماس، تفاوت چشمگیری پیدا نمی‌کند لذا زمان تماس مناسب ۳۰ دقیقه پیشنهاد گردید. در این زمان تماس، متوسط ظرفیت جذب محاسبه شده برای خاک اره‌های مورد مطالعه با مش ۲۰ در محدوده ۱/۲۵ تا ۱/۳۸ و با مش ۷۰ در محدوده ۱/۳۴ تا ۱/۵۲ میلی‌گرم سیانید جذب شده در گرم وزن خاک اره بود.

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و با تأکید بر پیشنهادات ارائه شده، امکان بررسی استفاده از خاک اره به‌عنوان فرایند پیش تصفیه فاضلابهای حاوی غلظت بالای سیانید به‌منظور کاهش بار آلودگی پیشنهاد می‌گردد.

۶- پیشنهادها

با توجه به کارایی خاک اره‌های مورد بررسی در حذف سیانید در این مطالعه، پیشنهاد می‌شود که این پژوهش به‌صورت پایلوت نیز در یکی از صنایع به‌کار گرفته شود.

همچنین تهیه پودر کربن فعال گرانولی از نمونه چوبهای مورد مطالعه و مقایسه آن با نتایج حاصل از این تحقیق، انجام مطالعه واجذب با استفاده از روشهای مختلف به‌منظور احیای نمونه‌های مورد بررسی و مطالعه تصفیه‌پذیری سایر آلاینده‌ها با استفاده از نمونه خاک اره‌های مورد مطالعه و مقایسه آن‌ها با یکدیگر پیشنهاد می‌گردد.

۷- قدردانی

نویسندگان مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان به‌خاطر حمایت مالی از این تحقیق و فراهم نمودن امکانات لازم تشکر و قدردانی می‌نمایند. همچنین از آقای سیاوش میرزایی رامهرمزی کارشناس ارشد آمار حیاتی که در انجام تحقیق، نویسندگان را یاری نموده‌اند صمیمانه قدردانی می‌گردد.

- 3- Lawrence, K. W., Yung-Tse, H., and Howard, H. L. (2004). *Handbook of industrial and hazardous wasted treatment*, Marcel Dekker Inc., New York.
- 4- Suwanne, J. (2005). "Use of zero valent iron for wastewater treatment." *KMITL, J. Sci. Tech*, 5(3), 587-595.
- 5-World Health Organization. (2006). *Guidelines for drinking-water quality: Vol. 1, Recommendations*, 3rd Ed., WHO., Geneva, Switzerland.
- 6-World Health Organization. (2003). *Cyanide in drinking-water, background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality*, WHO., Geneva.
- 7- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1997). *Quality standards of drinking water*, Tehran.
- 8-Public Health Statement cyanide department of health and human services, public health service, <www.atsdr.cdc.gov.> (Jan. 2009)
- 9- Bina, B., Abtahi Mohasel, M., and Vahiddastjerdi, M. (2003). "Heavy metals removal from industrial wastewater by sawdust." *J. of Research in Medical Sciences*, 8(3), 19- 22.
- 10- Abdel-Ghani, N.T., Hefny, M., and El-Chaghaby, G.A.F. (2007). "Removal of lead from aqueous solution using low cost abundantly available adsorbents." *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (1), 67-73.
- 11- Habib, R., Mohammad, S., and Imtiaz, A. (2006). "Sorption studies of nickel ions onto sawdust of dalbergia sisoo." *J. of the Chines Chemical Society*, 53, 1045-1052.
- 12- Glesceria, L. A., Greenberg, E., and Eaton, A.D. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 31th Ed., Washington DC.
- 13-Ajmal, M., Khan, A.H., Ahmad, S., and Ahmad, A. (1998). "Role of sawdust in the removal copper (II) from industrial wastes." *Water Research*, 32(10), 3085-3091.
- 14- Adouby, K., Akissi, L.C.K., Wandan, N.E., and Yao, B. (2007). "Removal of heavy metal ions (Pb, Cu) in aqueous solutions by pterygota sawdust." *J. of Applied Sciences*, 7(14), 1864-1872.
- 15-Ahsan, H., Nazrul, I., Anarul, I., and Shafiqul Alam, A. M. (2007). "Removal of Cooper from aqueous solution using orange peel Sawdust and Bagasses." *Pak. J. Anal. Environ. Chem.*, 8(1-2), 21-25.
- 16- Nameni, M., Alavi Moghadam, M.R., and Arami, M. (2008). "Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solutions by wheat Bran." *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5 (2), 161-168.
- 17- Ansari, R., and Raofie, F. (2006). "Removal of mercuric ion from aqueous solutions using sawdust coated by polyaniline." *J. of Chemistry*, 3(10), 35- 43.
- 18- Ahalyal, N., Kanamadi, R.D., and Ramachandra, T.V. (2007). "Cr (VI) and Fe (III) removal using Cajanus Cajan Husk." *J. Environ. Biol.*, 28(4), 765-769.