

## بررسی وضعیت آلایندگی فلزات سنگین شیرابه مدفن زباله شهری تنکابن و گروه‌های عاملی مهم جاذب‌های زیستی در حذف نیکل از شیرابه

نوید محمدحسینی<sup>۱</sup>، احمد توانا<sup>۲\*</sup>، مسعود کیادلیری<sup>۳</sup>، فرید غلامرضا فیهمی<sup>۴</sup>، آبتین راهنورد<sup>۵</sup>، مهدی نژادنادری<sup>۶</sup>

۱- گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران  
۲- گروه مهندسی عمران، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران

تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۰۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۹

### چکیده

شیرابه جمع شده در زیر مدفن‌های زباله حاوی یون‌های شیمیایی متعددی است که می‌تواند توسط عوامل حرکتی چون انتشار مولکولی (Diffusion) و فرارفت (Advection) از لایه‌های خاک زیر مدفن عبور کرده و به منابع آب زیرزمینی می‌رسد. آلودگی منابع آبی بواسطه فاضلاب‌های غیر قابل تجزیه فلزات سنگین، موجب نگرانی زیادی در دهه‌های اخیر گردیده است. بیشترین نگرانی از فلزات سنگین سمی موجود در پسماندهای صنعتی بر اساس WHO شامل نیکل، کادمیوم، کروم، کبالت، مس، سرب، جیوه و روی می‌شود. این فلزات به صورت محلول در آب و خاک وارد شده و ضمن آلودگی آب‌های سطحی و زیر زمینی و خاک، سبب برهم زدن اکوسیستم‌هایی که به آن وارد می‌شوند می‌گردند. در یک برنامه پایش از محل جمع‌آوری شیرابه‌های مدفن زباله در پرده‌سر شهرستان تنکابن، به بررسی فاکتورهای شیمیایی، فیزیکی پرداخته شد. نمونه برداری به مدت ۲۴ ساعت در ۵ مرحله در تیرماه ۱۳۹۸ انجام گردید. مطابق با نتایج میزان فلز سنگین نیکل بیش از حد استاندارد گزارش شده است. در ادامه این پژوهش با هدف معرفی انواع جاذب‌های زیستی میکروبی و مشتق شده از گیاهان به منظور حذف نیکل از محلول آبی و آشکارسازی ظرفیت جذب هر جاذب، از مقاله‌های یافت شده در بین سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ استفاده شده است. تحقیقات صورت گرفته و نتایج حاصل از آن با توجه به مزایای بالقوه، استفاده از این بیومس‌ها به عنوان جاذب زیستی جهت حذف نیکل در محلول آبی را به عنوان چشم اندازی امیدوار کننده و دوستدار محیط زیست پیشنهاد می‌کند. سایت‌های اتصالی جهت جذب نیکل روی سطح جاذب زیستی شامل گروه‌های عاملی اعم از هیدروکسیل، کربوکسیل، کربونیل، آمین و ... می‌باشند که نقش این گروه‌ها در تبادل یونی با نیکل تعیین کننده می‌باشد.

**کلید واژه‌ها:** جذب زیستی، نیکل، فلزات سنگین، جاذب زیستی، شیرابه، مدفن زباله.



شکل (۱): محل مدفن زباله شهری تنکابن در استان مازندران در

پرده‌سر دوهزار (عکس برگرفته شده از سایت:

<https://www.iribnews.ir/fa/news/2599994>

طیور، آبیان و دام‌های منطقه را تهدید می‌کند شیرابه سمی و خطرناک که در حجمی بالا در نهری بزرگ راه یافته است در پایان به رودخانه‌های پرآب شهرستان می‌پیوندد و رهسپار دریایی می‌شود که زیستگاه آبیان دریایی و منبع تغذیه و همچنین مکان تفریح ساکنین منطقه است. شاید به همین دلیل استان مازندران رتبه اول ابتلا به سرطان‌های گوارشی را در کشور داراست. بر اساس گزارش میدانی از منطقه و چهار روستای هم‌جوار با سایت زباله شهرستان، ساکنین به وجود و مشاهده انواع عجیب بیماری‌های عفونی و مرگ‌ومیر دام و حتی تغییر رفتار حیوانات جنگلی اشاره کرده و حتی از موارد ابتلا به امراض سخت‌پوستی و گوارشی در اثر برخورد با آب‌های سطحی منطقه سخن گفتند. زباله و شیرابه ناشی از آن پیامدها و عواقب خطرناکی را به همراه دارد که از آن جمله می‌توان به انتشار و انتقال ویروس‌ها و میکروب‌ها، آلودگی شدید محیط‌زیست و بروز بیماری‌هایی چون کزاز، حصبه، شبه‌حصبه، انگل‌های روده‌ای، اسهال خونی، فلج اطفال و سالک پوستی اشاره کرد که برخی از آن نیز نظیر سیاه‌زخم از طریق مواد غذایی و علوفه آلوده، به دام و سپس به انسان منتقل می‌شود. بیماری عفونی بروسولوز و کیست هیداتیک که نوعی انگل شایع در ایران است و ارتباط مستقیمی با مدفوع حیوانات به‌ویژه سگ دارد که در این منطقه و باوجود سگ‌های ولگرد و زباله خوار تهدیدی جدی برای مردم و ساکنین محسوب می‌شود. همچنین بیماری‌هایی که از طریق حیوانات مودی و آلودگی خاک با انتقال باکتری، ویروس و انگل‌ها به وجود می‌آیند نیز جان مردم این مناطق را به خطر انداخته است.

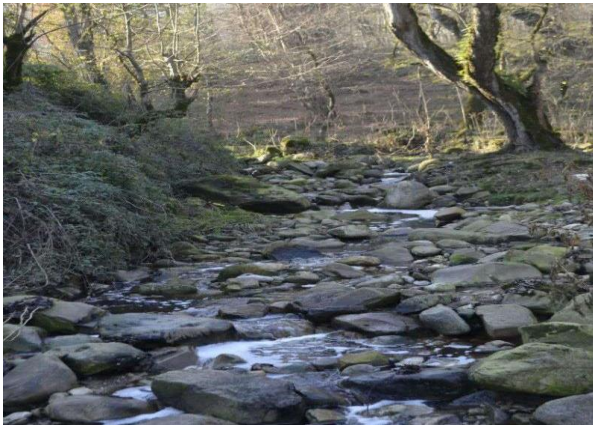
## سرآغاز

بر اساس برنامه منطقه‌بندی مدیریت پسماند کشور، حدود سه هزار محل دفن پسماند به ۷۰۰ محل کاهش یافته است و در مرحله بعدی این برنامه مقرر است کل پسماندهای تولیدی کشور در ۲۸۳ منطقه مدیریت شود و در این راستا بر اساس برنامه مذکور تعداد ۱۴۳ واحد پردازش، ۴ واحد تاسیسات هاضم و ۱۵ واحد تاسیسات زباله‌سوز در مناطق یادشده پیش‌بینی شده است. طرح‌های جامع مدیریت پسماند، استان مازندران را به ۹ منطقه مدیریت تقسیم بندی کرده که استقرار سیستم‌های دفع زباله از جمله کارخانجات کمپوست در این شهرهای مازندران مصوب شده است. این مناطق شامل شهرستان‌های نکا، بهشهر و گلوگاه با محوریت بهشهر، آمل و محمود آباد با محوریت آمل، شهرستان ساری با محوریت ساری، شهرستان نور با محوریت نور، قائم شهر، سوادکوه و جویبار با محوریت قائم شهر، نوشهر و چالوس با محوریت نوشهر، بابل با محوریت بابل، تنکابن، رامسر و عباس آباد با محوریت تنکابن، بابلسر و فریدونکنار با محوریت بابلسر طراحی شده است.

بر اساس آمارهای ارائه شده از سوی مراجع قانونی و فعالان محیط‌زیست، حجم تولیدی زباله شهرستان تنکابن حدود ۲۵۰ تن در شبانه‌روز است که تمام این حجم برای بیش از ۲۰ سال گذشته در سایت زباله شهرستان، در زمینی جنگلی به وسعت هشت هکتار در محدوده روستای پرده‌سر منطقه دوهزار جمع‌آوری و دپو شده و تنها بخش اندکی از آن دفن گردیده است. حجم زباله انباشته شده در این سایت غیرقابل‌باور و تصور است.

در اثر دپوی ۲۰ ساله زباله که هر روز حجم ۲۵۰ تنی بر آن اضافه می‌شود، روزانه ۴۰/۰۰۰ لیتر شیرابه تولید می‌شود که این حجم از شیرابه بدون کوچک‌ترین دخالت و مانعی، آزادانه وارد آب‌های سطحی منطقه شده و کمترین سازوکاری جهت جمع‌آوری و کنترل آن وجود نداشته و ندارد. این شیرابه عفونی، سمی و خطرناک به دلیل شیب منطقه و نزدیکی به آب راه‌ها هرروز وارد نهرها و آب‌های سطحی منطقه شده و در آبیاری باغات و اراضی کشاورزی و تغذیه دام‌ها و ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد و بخشی از آن نیز وارد آب‌های زیرزمینی منطقه شده و به‌این‌ترتیب وارد چرخه غذایی انسان می‌شود. علاوه بر این شیرابه زندگی کلیه جانوران، پرنندگان مهاجر و

انجام است که هنوز به راه‌اندازی هیچ کارخانه‌ای منتهی نشده است.



شکل (۳): وضعیت کیفیت آب نهر در پائین دست پرده‌سر دوهزار تنکابن (عکس برگرفته شده از سایت: <https://www.iribnews.ir/fa/news/2599994>)

در یک برنامه پایش از محل جمع‌آوری شیرابه‌های مدفن زباله در پرده‌سر، به بررسی فاکتورهای شیمیایی، فیزیکی پرداخته شد. نمونه‌برداری به مدت ۲۴ ساعت در ۵ مرحله در تیرماه ۱۳۹۸ انجام گردید که نتایج آن در شکل (۴) آورده شده است. مطابق با نتایج میزان فلز سنگین نیکل بیش از حد استاندارد گزارش شده است.

(Rowe et al., 1995) بیان داشتند که شیرابه جمع شده در زیر مدفن‌های زباله حاوی یون‌های شیمیایی متعددی است که می‌تواند توسط عوامل حرکتی چون انتشار مولکولی (Diffusion) و فرارفت (Advection) از لایه‌های خاک زیر مدفن عبور کرده و به منابع آب زیرزمینی برسد.

مدیریت مواد زائد جامد یکی از مشکلات عمده پیش روی برنامه ریزان شهری در سراسر جهان است، این مشکل در کشورهای در حال توسعه شدیدتر بوده و در این کشورها برنامه ریزی ضعیف و فقدان منابع مالی منجر به شیوه‌های ضعیف مدیریت مواد زائد جامد مانند جمع‌آوری آنها در مناطق پست مانند حاشیه جاده‌ها و زمین‌های کشاورزی و مراتع و یا تخلیه مستقیم به رودخانه‌ها و مسیل‌ها می‌شود (Kuo et al., 2002).



شکل (۲): وضعیت کیفیت آب نهر در پائین دست پرده‌سر دوهزار تنکابن (عکس برگرفته شده از سایت: <https://www.iribnews.ir/fa/news/2599994>)

همان‌گونه که گفته شد، حدود ۴۰/۰۰۰ لیتر شیرابه از این سایت تولید می‌شود که هر قطره از آن قادر به آلوده ساختن شش مترمکعب از آب‌های سطحی و زیرزمینی است و با این تفسیر به جرأت می‌توان گفت که امروز تمام منطقه و آب‌های سطحی و حتی زیرزمینی آن آلوده و حتی خطرناک هستند. تاکنون هیچ مطالعه رسمی و آماری از میزان بیماری‌های موجود در منطقه و رابطه آن‌ها با وجود سایت زباله شهرستان صورت نگرفته، اما آنچه مسلم است و از گفته‌ها و درد دل اهالی روستاهای اطراف آن برمی‌آید، این است که وجود این زمین با حجم انبوه زباله آن که گاهی با آتش و دود و بوی غیرقابل تحملی همراه می‌شود، سبب مرگ‌ومیر دام، تغییر اکوسیستم و بروز بیماری‌های ناشناخته‌ای شده که عن‌قربان دامنه نفوذ آن به کل شهرستان گسترش می‌یابد.

با توجه به جمعیت گردشگر سالانه منطقه و نیز با احداث محور قزوین - الموت - تنکابن و آزادراه تهران - شمال در آینده که سبب رشد قابل‌توجه جمعیت خواهد شد و نیز تأکید مسئولین شهرستانی و استانی بر توسعه مبتنی بر توریسم، تصور تولید زباله چندین برابر دور از ذهن نیست و اگر زیرساخت‌های لازم جهت کنترل شیرابه و حل مشکلات آن صورت نگیرد، باید منتظر طغیان و سونامی زباله بود که چیزی از شهر تنکابن و طبیعت آن باقی نخواهد گذاشت. به نظر نمی‌رسد اراده‌ای از سوی مسئولان شهرستانی جهت رفع این معضل محیط‌زیستی که جان اهالی منطقه را تهدید می‌کند، وجود داشته باشد. تا امروز بیش از ۸ میلیارد تومان از اعتبارات مختلف جهت ساخت کارخانه کمپوست در این زمین هزینه شده و همچنان در حال



No.23,4<sup>th</sup> St., Mohammad Ali Jenah Blvd, Tehran, IRAN,  
Tel:+98 21 4404 8364-6, Fax: Tel:+98 21 4404 8367

تاریخ درخواست: ۱۳۹۹/۱/۲۸ ۱۳:۳۷:۰۰  
تاریخ دریافت نمونه: ۱۳۹۹/۱/۳۰ - ۰۹:۳۰:۳۱  
تاریخ انجام آزمایش: ۱۳۹۹/۱/۳۰ - ۱۰:۲۲:۵۸  
تاریخ صدور نتیجه: ۱۳۹۹/۱/۲۸ ۱۹:۰۲:۱۳  
روش آزمایش: Me-05-Wat  
هزینه آزمون (ریال): ۹۰۰,۰۰۰  
تهران، پانین تر از فلکه دوم صادقیه، بزرگراه محمد علی جناح، خیابان طهرانیان، کوی افراوان، پلاک ۲۳، واحد ۶ - تلفن: ۰۲۱-۴۴۰۴۸۳۶۷

محل تولد محمدحسین  
۱۳۹۹-۰۷-۲۱  
موسسه مطالعات معدنی زرآزما  
صالح سجدهل - مدیر عامل

نوع نمونه:  
نام شرکت:  
شماره پرونده:  
نام آزمایشگاه:  
آدرس مشتری:  
امضاء مدیر فنی:  
نام و سمت تصدیق کننده:



آزمایشگاه معتقد اداره محیط زیست

آزمایشگاه معتقد اداره استاندارد

دارای گواهینامه ISO 17025:9001

واحد منتخب معدنی سال ۹۳

توجه: نتایج فقط بازگو کننده نمونه ارسالی به آزمایشگاه می باشد.

CERTIFICATE OF ANALYSIS																	1399-8671
Element	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	SC	Si	Sn	Sr	Th	Ti	U	V	W	Y	Zn
Unit	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DL	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Method	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
CO																	
CO																	
992R8671	0.2	37.1	0.2	0.1	49.7	<0.05	<0.05	34.7	0.4	0.8	<0.05	0.3	0.3	<0.05	<0.05	<0.05	0.3

شکل (۴): پایش از محل جمع آوری شیرابه های مدفن زباله در پرده سر

به شرح جدول (۱) است.

### اهداف و پرسش های پژوهش

حذف زیستی نیکل به وسیله بیومس غیرزنده و غیرفعال میکروبی و یا مشتق شده از گیاهان به عنوان یک فن آوری آلترناتیو و مبتکرانه برای حذف این آلودگی از محلول های آبی عنوان می شود که ضمن مرتفع کردن مشکلات روش های مرسوم عنوان شده در این مقاله، از قابلیت دسترسی فراوان جاذب توأم با تجدیدپذیری و ظرفیت جذب بالا برخوردار می باشد. در این پژوهش با هدف معرفی انواع جاذب های زیستی میکروبی و مشتق شده از گیاهان به منظور حذف نیکل از محلول آبی و آشکارسازی ظرفیت جذب هر جاذب، از مقاله های یافت شده در بین سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ استفاده شده است.

مقایسه تاثیر گروه های عاملی بر جذب زیستی بیومس غیرزنده و غیرفعال میکروبی و یا مشتق شده از گیاهان در حذف زیستی نیکل، چه نتایجی به همراه دارد؟ کدام گروه عاملی عملکرد مطلوب تری به همراه دارد؟

### روش شناسی

#### مواد مصرفی و شیوه آزمایش

گروه های عاملی به طور قابل ملاحظه ای در ظرفیت جذب زیستی موثر هستند. سایت های اتصال جهت جذب نیکل روی

### جذب زیستی

جذب زیستی یک ویژگی خاص انواعی از بیومس های میکروبی غیرزنده غیرفعال و بیومس های پایه گیاهی برای اتصال و تغلیظ فلزات سنگین از محلول های آبی بسیار رقیق است. این فرآیند یک پدیده سریع بوده و ظرفیت اتصال بیومس های خاص قابل مقایسه با رزین های تبادل کاتیون سنتزی می باشد. زیست توده های دارای این خاصیت مانند یک ماده شیمیایی تبادل گر یون البته با منشأ بیولوژیکی عمل می کنند. اساس کار در فرآیند جذب زیستی، برهم کنش بین یون های فلزی با زیست توده و تثبیت بر روی آن می باشد. این برهم کنش شامل جذب سطحی، واکنش های تبادل یونی با گروه های عاملی در سطح بیومس و واکنش های کمپلکس سطحی می باشد. سایت های اتصال برای یون های فلزی قرار گرفته در سطح بیومس، شامل گروه های مختلف اعم از کربوکسیل، کربونیل، هیدروکسیل، فسفات، آمین و سولفات از چربی ها، پروتئین ها و پلی ساکاریدها می شوند که در سطح بیومس قرار گرفته اند (Wang et al. 2006).

مشخص است که ساختار دیواره سلولی زیست توده عامل بوجود آمدن این خاصیت جذب است. به طور کلی در فرآیند جذب زیستی می بایستی روی سه موضوع متمرکز شد. جاذب زیستی (انتخاب جاذب با ظرفیت جذب بالا، قابلیت دسترسی آسان و ارزان قیمت)، مکانیسم جذب و آزمایش در مقایسه های بزرگ. مزایا و معایب جذب زیستی به وسیله زیست توده غیرزنده

سطح بیومس شامل گروه‌های مختلفی اعم از کربوکسیل، هیدروکسیل، کربونیل، آمین و ... می‌باشند و نقش این گروه‌ها در تبادل یونی با نیکل بسیار تعیین کننده می‌باشد. FT-IR برای شناسایی گروه‌های عاملی موثر در مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول (۲) لیستی از گروه‌های عاملی مهم در برخی از جاذب‌های زیستی را نشان می‌دهد.

جدول (۱): جاذب‌های زیستی مختلف فلز نیکل، مراحل آماده‌سازی و ویژگی‌های خاص آنها

مرجع	مزایا	جاذبه زیستی
Abdelfattah et al ., 2016	پوست بادام زمینی ارزان و مقرون به صرفه است	: پودر پوست بادام زمینی خشک کردن در دمای ۸۰°C برای ۱۲ ساعت → شستشو با آب → جمع آوری خشک کردن در دمای ۸۰°C برای ۲۴ ساعت → شستشو با آب → شستشو با HCl و NaOH و رقیق
Malik & Dahiya ., 2017	ترتیب اولویت جذب زیستی یون فلزی روی پوسته نارگیل بر اساس پارامترهای مختلف مانند مقدار الکترونگاتیویته، سختی، مقدار نرمی، شعاع یونی، انرژی هیدراسیون و تمایل الکترونی یون فلزی است - کم هزینه	: پوسته نارگیل خشک کردن در هوا برای ۲۴ ساعت → شستشو → برداشت ۷ ساعت ۷۰°C → خشک کردن در دمای ۱۰۰ mm → تبدیل به ذرات →
Masoumi et al ., 2016	-	Cartobacterium sp.Fmol: کشت در ۵۰۰ میلی لیتر محیط کشت LB در داخل شیکر انکوباتور در دمای ۳۰°C، ۱۸۰rpm و مدت زمان ۲۴ ساعت → شستشو → ده دقیقه سانتریفیوژ با دور ۵۰۰۰rpm → خشک کردن → پودر ریز →
Miljkovic et al ., 2016	-	Myriophyllum Spicatum : خشک کردن به مدت ۲ روز در دمای اتاق → قراردادن در معرض هوا → برداشت خرد کردن به اندازه 0.2mm → خشک کردن به مدت ۶ ساعت در دمای 60°C →
Yu et al ., 2016	این جاذب برای فاضلاب مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج نشان داد که ریش ذرت می تواند برای چند بار با راندمان بالا مورد استفاده قرار گیرد	Corn Silk (ریش ذرت) : ۱۵۰-۱۸۰mm و پودر کردن به اندازه ۱۵gr + ۱mL اسید HNO <sub>3</sub> 0.5m و اولتراسونیک به مدت ۴ ساعت خشک کردن در ۷۰°C به مدت ۴ ساعت → شستشو → سانتریفیوژ →
Jones et al ., 2016	هر دو جاذب اصلی و اصلاح شده نتایج موفقیت آمیزی داشتند.	Dicerocaryum eriocarpum Leaves : دهیدراته کردن در دمای ۲۵°C → آب جوش به مدت ۲۴ ساعت → خشک کردن خشک کردن → فیلتراسیون → NaCl یا KCl + → فیلتراسیون محصول
Nongmaithem et al ., 2016	می توان برای تصفیه خاک‌های آلوده به نیکل استفاده نمود	trichoderma : تبدیل به پودر → خشک کردن با هوا → جمع آوری → اصلاح → جداسازی از خاک
Giovanella et al ., 2017	-	: سودو مونس → گلیسرول استریل و همه گونه ها در ۸۰°C- نگهداری شده اند → جداسازی شده جیوه ۱۰ μm + → پیتون آگار و نوترینت آگار → رشد نگهداری در 4°C → رشد هوازی در دمای 30°C به مدت ۲۴ ساعت →
Suzaki et al ., 2017	سینتیک واکنش به وسیله مقاومت انتقال جرم کنترل می شود	Aliginat-extraction residue : شستشو → جمع آوری → جلبک دریایی قهوه ای ای filipendula 500 ml و 30Min و فرمالوئید+15gr → خشک کردن در دمای ۶۰°C برای ۲۴ ساعت تکان دادن و ساعت ۲-۱ و 500 ml و اسید هیدرولیک 0.1 m → شستشو با آب → 5h و 100 rpm و 60°C و 20g l <sup>-1</sup> کربنات سدیم+ فیلتر تحت خلاء → استخراج آلژینات
El Gendy and El Bondhly ., 2016	بیومس مرده کارایی بیشتری نسبت به سلول زنده دارد، همچنین اگر ۴٪ بیشتر از مقدار دوز بهینه استفاده شود جذب ۱۰۰٪ خواهد شد.	Nacardiopsis SP.and Nocardia SP : → انکوباسیون ۷ روز در دمای ۲۸°C → جداسازی شده و اکتینوماست ها انتخاب شد . morsy1948 و morsy2014 → 69 اکتینوماست جدا شده → شناسایی شده
Mahmud et al ., 2016	ظرفیت جذب نیکل در حد قابل قبول بوده است. برهمکنش کلسیم و منیزیم در محیط واکنش مقدار ظرفیت جذب را کاهش می دهد	: تثبیت استافیلوکوکوس آرتوس مرده → ۵ میلی لیتر آب + ۱۰ گرم نانو ذرات Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> + ۴ گرم سلول‌های باکتری پودر شده مخلوط و خشک کردن در دمای 60°C

ماتریس آلزینات کلسیم با تثبیت جاذب ظرفیت جذب را بالا می برد همچنین تثبیت، پرشدن ستون را آسان اما تخلخل را کم می کند. جاذب های تثبیت شده آلتراتیو مناسبی برای ستونهای بستر ثابت هستند.	Barquilha et al ., 2017
این ترکیب قابل بازیافت است و نتایج نشان داده است که جذب در غلظت های بالای فلزات سنگین مطلوب تر است	Wa,S.-P. et al ., 2017
مخمر نانویی : مخلوط نمودن با Hcl 0.1N بمدت ۲۴ ساعت خشک کردن در آن در دمای ۶۰°C بمدت ۲۴ ساعت → چند بار شستشو با آب مقطر	V.Padmavathy et al., 2002
کشت میکروبی در محیط لاکتوزبراث با شیکرانکتور در دمای ۳۰°C در دور ۱۸۰rpm بمدت ۲۴ ساعت → سانتریفیوژ با دور ۵۰۰۰rpm بمدت ۱۰ دقیقه خشک کردن → شستشو با آب مقطر (۳بار)	Nadim Zafar et al ., 2006
تقاله نیشکر : آسیاب به اندازه کمتر از ۱ mm → خشک کردن در دمای اتاق → شستشو با آب مقطر	Masoumi et al ., 2015
Pseudomonas aeruginosa : کشت در محیط کشت مایع استامید در دمای ۳۷°C بمدت ۴۸ ساعت	I.Aloma et al ., 2011
Bacillus laterosporus : کشت در محیط کشت مایع در شرایط هوایی و همزدن در دمای 30°C بمدت ۲روز → سانتریفیوژ در دمای 4°C در دور 8000 rpm بمدت ۲ دقیقه ذخیره پودرها → خشک کردن در دمای 60°C بمدت ۲۴ ساعت → شستشو با آب مقطر	R.M.Gabr et al ., 2008
جلبک دریایی : تبدیل به اندازه 0.767 میلی متر → خشک کردن در نور آفتاب → شستشو با آب مقطر برداشت	K.Vigayarvaghavan et al ., 2004
کاه جو : غربال کردن → خرد کردن → خشک کردن در نور آفتاب → برداشت	Ayyasamy thevannan et al ., 2009
جلبک قهوه ای : خشک کردن در آفتاب بمدت ۴۸ ساعت → شستشو با آب → جمع آوری → شستشو با آب دوبار تقطیر → غربال کردن به سایز 1-0.5 میلی متر → خرد کردن خشک کردن در 80°C بمدت ۲۴ ساعت	Mohammad mehdi montazer-Rahmati et al ., 2010
جلبک اصلاح شده : خشک کردن در نور آفتاب بمدت ۳ روز در دمای 343k بمدت 40 دقیقه → شستشو با آب → جمع آوری مخلوط کردن با محلول اسید هیدروکلریک 0.1m بوسیله همزن با دور 200rpm به مدت ۸ساعت در دمای اتاق	Vinood k.Gupta et al ., 2010
جلبک قهوه ای ( Enteromorpha prolifera ) : دو بار شستشو با آب → برداشت → خشک کردن در نور آفتاب ۱-۲ روز و سپس خشک کردن در 105°C برای ۲۴ ساعت در آن ریختن در آب مقطر و استفاده از بلندر برای افزایش مساحت سطحی	Ayla Ozer et al ., 2007

## یافته‌ها

سطح جاذب زیستی و اصلاح داخلی سلول و ترکیب بیومس با سایر مواد، تاثیر به سزایی در بالا بردن راندمان جذب دارد. ۴. سایت های اتصالی جهت جذب نیکل روی سطح جاذب زیستی شامل گروه های عاملی اعم از هیدروکسیل، کربوکسیل، کربونیل، آمین و ... می باشند که نقش این گروه ها در تبادل یونی با نیکل تعیین کننده می باشد.

۱. جذب زیستی با میکروارگانیسم های غیرزنده و مواد زیستی فواید بیشتری نسبت به جاذب زنده دارد.
۲. فراوانی و کم ارزش بودن جاذب های زیستی استفاده از آن ها را از لحاظ اقتصادی توجیه می کند.
۳. استفاده از روش های فیزیکی و شیمیایی جهت اصلاح

جدول (۲): گروه‌های عاملی مهم در جاذب‌های زیستی

جاذب	C-O	C=O	O-H	COOH	N-H	-CH	-CN	C=C	Ref.
پودر پوست بادام زمینی	-	*	*	-	*	-	-	*	Abdelfattah et al., 2016
Dyclosorus interruptus	-	*	*	-	-	*	-	-	Zhou ke et al., 2015
پوست میوه کاج	*	-	*	-	-	*	-	*	Shanmagapraka sh & sivak amar., 2015
سایکرومایس سروسیه	-	-	*	*	*	-	-	-	Ma et al., 2015
پوست نارگیل	*	-	-	-	-	*	-	*	Malik and Dahiya., 2017
Curtobaeterium sp	*	*	*	*	*	*	-	-	Masoumi et al., 2016
باسیلوس سابتلیس	*	*	-	*	-	*	-	*	Yao et al., 2016
Cladophora hatchinsiae چلبک سبز	*	-	-	*	-	*	-	-	Bagda et al., 2017
Algae gelatinous Colonies	*	*	*	-	*	*	-	-	Ttan et al., 2016
Bacillus cereus	-	*	*	-	*	-	-	-	Hasan et al., 2016
Psychrotrophic strain pseudomonas sp.13	-	*	-	-	*	-	*	-	Li,D.et al., 2017
Anaerobic granular sludge	*	-	*	-	*	*	*	-	Shi et al., 2015
Corn silk	*	*	*	-	-	-	-	-	Yu et al., 2016
Aspergillus niger treated rice straw	-	*	*	-	-	-	-	*	Podstawczyk et al., 2015
Dead and living Arthrobacter viscosus	-	-	*	-	*	*	*	-	Hlihor et al., 2017
Marin macroalgae	*	*	*	-	-	*	-	-	Deniz and Karabulat., 2017
Escherichia and coli supported on waste tea biomass	*	-	*	-	*	*	-	*	Gupta & Balomajumder., 2015
Chitosan and alginate nano composites	-	*	*	-	*	*	*	-	Putro et al 2017

### نتیجه‌گیری

داخلی و ایجاد پیوند بین جزء حل شونده و سایت‌های فعال که نسبتاً پروسه کندی می‌باشد. سایت‌های اتصالی جهت جذب نیکل روی سطح جاذب زیستی شامل گروه‌های عاملی اعم از هیدروکسیل، کربوکسیل، کربونیل، آمین و ... می‌باشند که نقش این گروه‌ها در تبادل یونی با نیکل تعیین‌کننده می‌باشد.

### تقدیر و تشکر

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن برای حمایت از انجام این پژوهش قدردانی به عمل آوریم.

در مقیاس صنعتی، طراحی یک راکتور با جاذب‌زیستی ارزان قیمت و در صورت نیاز با اصلاحات شیمیایی توام با لحاظ نمودن شرایط عملیاتی بهینه مطابق با داده‌های تجربی، می‌تواند نتایج قابل قبولی به همراه داشته باشد. فرآیند جذب زیستی یون فلز بوسیله جاذب می‌تواند در دو مرحله توضیح داده شود. مرحله اول حرکت توده حل شونده شامل یون که به سطح جاذب می‌رسد که پروسه به نسبت سریعی است و می‌توان به وسیله هم زدن محلول به آن سرعت بخشید. دومین مرحله انتقال جزء حل شونده از سطح جاذب به سایت‌های فعال

## منابع

- عکس برگرفته شده از سایت: <https://www.iribnews.ir/fa/news/2599994>.
- Rowe, R. K., Caers, C. J., Booker, J. R. & Crooks, V. E. 1985. Pollutant migration through clay soils. Proceedings Eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (1293-1298). San Francisco.
- Kuo, J., Chi, C., & Kao, S. 2002. A decision support system for selecting convenience store location through integration of Fuzzy- AHP and artificial neural network. Computers in Industry, 47, 199-214.
- Wang, J. & Can Chen, C. 2006. Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*: A review. Biotechnology Advances 24 (2006) 427–451.
- Abdelfattah, I.; Ismail, A.A.F.; Almedolab, A. & Aboelghait, K. .2016. Biosorption of heavy metals ions in real industrial wastewater using peanut husk as efficient and cost effective adsorbent". *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. vol (6). pp. 176-183.
- Malik, R. & Dahiya, S .2017. An experimental and quantum chemical study of removal of utmostly quantified heavy metals in wastewater using coconut husk: A novel approach to mechanism". *International journal of biological macromolecules* vol( 98). pp. 139-149.
- Masoumi, F.; Khadivinia, E. Alidoust, L.; Mansourinejad, Z.; Shahryari, S. Safaei, M.; Mousavi, A.; Salmanian, A.-H.; Zahiri, H.S. & Vali, H. 2016. Nickel and lead biosorption by *Curtobacterium* sp. FM01, an indigenou bacterium isolated from farmland soils of northeast Iran". *Journal of environmental chemical engineering*. Vol. 4(1). pp. 950-957.
- Milojković, J.; Pezo, L.; Stojanović, M.; Mihajlović, M.; Lopičić, Z.; Petrović, J.; Stanojević, M.; & Kragović, M. 2016. Selected heavy metal biosorption by compost of *Myriophyllum spicatum*—a chemometric approach". *Ecological Engineering* vol (93). pp. 112-119.
- Yu, H.; Pang, J.; Ai, T. & Liu, L. 2016. Biosorption of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Ni}^{2+}$  from aqueous solution by modified corn silk: Equilibrium, kinetics, and thermodynamic studies. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. vol (62). pp. 21-30.
- Jones, B.O.; John, O.O.; Luke, C.; Ochieng, A. & Bassey, B.J. 2016. Application of mucilage from *Dicerocaryum eriocarpum* plant as biosorption medium in the removal of selected heavy metal ions". *Journal of environmental management*. vol (177). pp. 365-372.
- Nongmaithem, N.; Roy, A. & Bhattacharya, P.M. 2016. Screening of *Trichoderma* isolates for their potential of biosorption of nickel and cadmium. *brazilian journal of microbiology*. vol 47(2). pp. 305-313.
- Giovanella, P.; Cabral, L. Costa, A.P.; de Oliveira Camargo, F.A.; Gianello, C. & Bento, F.M. 2017. Metal resistance mechanisms in Gram-negative bacteria and their potential to remove Hg in the presence of other metals". *Ecotoxicology and environmental safety* vol (140). pp. 162-169.
- Suzaki, P.Y.R.; Munaro, M.T.; Triques, C.C.; Kleinübing, S.J.; Klen, M.R.F. de Matos Jorge, L.M. & Bergamasco, R. 2017. Biosorption of binary heavy metal systems: Phenomenological mathematical modeling". *Chemical Engineering Journal* vol (313). pp. 364-373.
- El-Gendy, M.M.A.A. & El-Bondkly, A.M.A. 2016. Evaluation and enhancement of heavy metals bioremediation in aqueous solutions by *Nocardiosis* sp. MORSY1948, and *Nocardia* sp. MORSY2014". *brazilian journal of microbiology* vol 47(3). pp. 571-586.
- Mahmoud, M.E.; Abdou, A.E.; Mohamed, S.M. & Osman, M.M. 2016. Engineered *staphylococcus aureus* via immobilization on magnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -phthalate nanoparticles for biosorption of divalent ions from aqueous solutions". *Journal of Environmental Chemical Engineering* vol 4(4). pp. 3810-3824.

- Barquilha, C.; Cossich, E.; Tavares, C. & Silva, E. 2017. Biosorption of nickel (II) and copper (II) ions in batch and fixed-bed columns by free and immobilized marine algae *Sargassum sp*". *Journal of Cleaner Production vol (150)*, pp. 58-64.
- Wu, S.P.; Dai, X.Z.; Kan, J.R.; Shilong, F.D. & Zhu, M.Y. 2017. Fabrication of carboxymethyl chitosan-hemicellulose resin for adsorptive removal of heavy metals from wastewater". *Chinese Chemical Letters. vol 28(3)*. pp. 625-632
- Aksu, Z. 2002. Determination of the equilibrium, kinetic and thermodynamic parameters of the batch biosorption of Nickel (II) ions onto *Chlorella vulgaris*". *Process Biochemistry. Vol(38)*. pp. 89-99.
- Padmavathy, V.; Vasudevan, P. & Dhingra, S.C. 2002. Biosorption of nickel(II) ions on Baker's yeast. *Process Biochemistry. vol (38)*. pp. 1389-1395.
- Aloma, I.; Marti'n-Lara, M.A.; Rodri'guez, I.L.; Bla'zquez, G. & Calero. M. 2012. Removal of nickel (II) ions from aqueous solutions by biosorption on sugarcane bagasse". *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. vol (43)* pp. 275-281.
- Gabr, R.M.; Hassan, S.H.A. & Shoreit, A.A.M. 2008. Biosorption of lead and nickel by living and non-living cells of *Pseudomonas aeruginosa ASU 6a*". *International Biodeterioration & Biodegradation. Vol(62)*. pp. 195-203.
- Rajeswari, M.; Kulkarni, K.; Vidya Shetty, K. & Srinikethan, G. 2013. Cadmium (II) and nickel (II) biosorption by *Bacillus laterosporus* (MTCC 1628). *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. vol 45(4)*. pp.1628-1635.
- Vijayaraghavan, K.; Rangabhashiyam, S.; Ashokkumar, T. & Arockiaraj, J. 2017. Assessment of samarium biosorption from aqueous solution by brown macroalga *Turbinaria conoides*". *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. Vol( 74)*. pp. 113-120.
- Thevannan, A.; Mungroo, R.; & Niu, C.H. 2010, Biosorption of nickel with barley straw. *Bioresource Technology. vol (101)*. 1776-1780.
- Montazer-Rahmati, M.M.; Rabbani, P.; Abdolali, A. & Keshtkar, A.R. 2011. Kinetics and equilibrium studies on biosorption of cadmium, lead, and nickel ions from aqueous solutions by intact and chemically modified brown algae". *Journal of Hazardous Materials. vol (185)*. pp. 401-407.
- Gupta, V. K.; Rastogi, A. & Nayak, A. 2010. Biosorption of nickel onto treated alga (*Oedogonium hatei*): Application of isotherm and kinetic models". *Journal of Colloid and Interface Science* 342. 533-539.
- Ozer, A.; Gurbuz, G.; Calimli, A. & Korbahti, B.K., 2007. Investigation of nickel(II) biosorption on *Enteromorpha prolifera*: Optimization using response surface analysis. *Journal of Hazardous Materials* 152 (2008) 778-788.
- Zhou, K.; Yang, Z.; Liu, Y. & Kong, X. 2015. Kinetics and equilibrium studies on biosorption of Pb (II) from aqueous solution by a novel biosorbent: *Cyclosoorus interruptus*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*.
- Shanmugaparakash, M. & Sivakumar, V. 2015. Batch and fixed-bed column studies for biosorption of Zn (II) ions onto pongamia oil cake (*Pongamia pinnata*) from biodiesel oil extraction. *Journal of environmental management* 164, 161-170.
- Mahmoud, M.E.; Abdou, A.E.; Mohamed, S.M. & Osman, M.M. 2016. Engineered staphylococcus aureus via immobilization on magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-phthalate nanoparticles for biosorption of divalent ions from aqueous solutions. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 4(4), 3810-3824.
- Bağda, E.; Tuzen, M. & Sari, A. 2017. Equilibrium, thermodynamic and kinetic investigations for biosorption of uranium with green algae (*Cladophora hutchinsiae*). *Journal of environmental radioactivity* 175, 7-14.
- Tran, H.T.; Vu, N.D.; Matsukawa, M.; Okajima, M.; Kaneko, T.; Ohki, K. & Yoshikawa, S. 2016. Heavy metal biosorption from aqueous solutions by algae inhabiting rice paddies in Vietnam. *Journal of environmental chemical engineering* 4(2), 2529-2535.

- Hasan, H.A.; Abdullah, S.R.S.; Kofli, N.T. & Yeoh, S.J. 2016. Interaction of environmental factors on simultaneous biosorption of lead and manganese ions by locally isolated *Bacillus cereus*. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 37, 295-305.
- Li, D.; Xu, X.; Yu, H. & Han, X. 2017. Characterization of Pb<sup>2+</sup> biosorption by psychrotrophic strain *Pseudomonas* sp. I3 isolated from permafrost soil of Mohe wetland in Northeast China. *Journal of environmental management* 196, 8-15.
- Shi, L.; Wei, D.; Ngo, H.H.; Guo, W.; Du, B. & Wei, Q. 2015. Application of anaerobic granular sludge for competitive biosorption of methylene blue and Pb (II): fluorescence and response surface methodology. *Bioresource technology* 194, 297-304.
- Podstawczyk, D.; Witek-Krowiak, A.; Dawiec, A. & Bhatnagar, A. 2015. Biosorption of copper (II) ions by flax meal: empirical modeling and process optimization by response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN) simulation. *Ecological Engineering* 83, 364-379.
- Hlihor, R.M.; Figueiredo, H.; Tavares, T. & Gavrilescu, M. 2017. Biosorption potential of dead and living *Arthrobacter viscosus* biomass in the removal of Cr (VI): batch and column studies. *Process Safety and Environmental Protection* 108, 44-56.
- Deniz, F. & Karabulut, A. 2017. Biosorption of heavy metal ions by chemically modified biomass of coastal seaweed community: studies on phycoremediation system modeling and design. *Ecological Engineering* 106, 101-108
- Gupta, A. & Balomajumder, C. 2015. Biosorptive performance of *Escherichia coli* supported on Waste tea biomass (WTB) for removal of Cr (VI) to avoid the contamination of ground water: a comparative study between biosorption and SBB system. *Groundwater for Sustainable Development* 1(1-2), 12-22.
- Putro, J.N.; Santoso, S.P.; Ismadji, S. & Ju, Y.H. 2017. Investigation of heavy metal adsorption in binary system by nanocrystalline cellulose–bentonite nanocomposite: improvement on extended Langmuir isotherm model. *Microporous and Mesoporous Materials* 246, 166-177.

## Investigation of Heavy Metal Pollution in Leachate from Tonekabon Municipal Landfill and Important Functional Groups of Bio- Attractions in Nickel Removal

Navid Mohammad Hoseini<sup>1</sup>, Ahmad Tavana<sup>2\*</sup>, Masoud Kiadaliri<sup>3</sup>, Farid Gholamreza Fahimi<sup>4</sup>, Aptin Rahnavard<sup>5</sup>, Mehdi Nezhadnaderi<sup>6</sup>

1-5. Department of Environmental Science and Engineering, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran

6. Department of Civil Engineering, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran

(Received: 2022/06/09)

Accepted: 2023/11/01)

### Abstract

Leachate collected under landfills contains several chemical ions that can pass through the soil layers under the landfill and reach groundwater sources by kinetic factors such as molecular diffusion and advection. Pollution of water resources by non-degradable wastewater of heavy metals has caused great concern in recent decades. The most common concerns about toxic heavy metals in industrial wastes based on WHO include nickel, cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, mercury and zinc. These metals enter as a solution in water and soil and while polluting surface water, groundwater and soil, they disrupt the ecosystems that enter it. In a monitoring program from the collection of leachate from landfills in Tonekabon city, chemical and physical factors were investigated. Sampling was performed for 24 hours in 5 stages in July 2017. According to the results, the amount of heavy metal nickel exceeded the standard. In the continuation of this research, with the aim of introducing different types of microbial and plant-derived biological adsorbents in order to remove nickel from aqueous solution and reveal the adsorption capacity of each adsorbent, articles found between 2001 and 2020 have been used. Research has shown that the use of these biomass as a biological adsorbent for the removal of nickel in aqueous solution is a promising and environmentally friendly prospect. Binding sites for adsorption of nickel on the surface of the biosorbent include functional groups including hydroxyl, carboxyl, carbonyl, amine, etc. The role of these groups in ion exchange with nickel is decisive.

**Keywords:** Biosorption, Nickel, Heavy metals, Biological adsorbent, Leachate, Landfill.

\* Corresponding author:

DOI: 10.22034/eiat.2025.217688

Email: Ahmad.Tavana200@yahoo.com