



مقاله مروری بیوجاذب ها (مروری بر انواع و مکانیسم و کاربردها)

مریم حلوایی^{*۱} متینه جلائیان^{*۲}، فاطمه لولاورپور^{*۳}، فاطمه جلالی فر^{*۴}

چکیده:

افزایش آلودگی آب ناشی از فعالیت های صنعتی و کشاورزی، نیاز به روش های کارآمد و مقرون به صرفه برای حذف آلاینده ها را افزایش داده است. بیوجاذب ها، موادی با منشاء زیستی هستند که به دلیل ویژگی های همچون فراوانی، قابلیت تجدیدپذیری، هزینه پایین و کارایی نسبتاً بالا، (۲۰۰۳؛ ۸(۲): ۱۹۰-۲۲۰ Persian) به عنوان جایگزینی مناسب برای روش های سنتی جذب مورد توجه قرار گرفته اند. این مقاله مروری به بررسی جامع انواع بیوجاذب های مورد استفاده در تصفیه آب و پساب می پردازد. بیوجاذب ها را می توان بر اساس منشاء به دسته های مختلفی از جمله زیست توده های گیاهی (مانند پوست درختان، کاه و کلش، ساقه ذرت)، زیست توده های جانوری (مانند کیتوسان و استخوان)، میکروارگانیسم ها (مانند باکتری ها، قارچ ها و جلبک ها) و همچنین بیوجاذب های اصلاح شده (شامل فعال سازی شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی) تقسیم بندی کرد. در این مقاله، به بررسی ویژگی های ساختاری، مکانیسم های جذب آلاینده ها و کاربردهای هر دسته از بیوجاذب ها پرداخته می شود. همچنین، به بررسی چالش ها و فرصت های پیش روی توسعه و تجاری سازی بیوجاذب ها در مقیاس صنعتی پرداخته و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی ارائه می شود.

کلمات کلیدی :

بیوجاذب، زیست توده های گیاهی، زیست توده های جانوری، بیوجاذب های اصلاح شده

۱. مقدمه

آلودگی زیست محیطی به یکی از بزرگترین چالش های جهانی در قرن بیست و یکم تبدیل شده است. آلاینده ها، از جمله فلزات سنگین، رنگ ها، داروها و آفت کش ها، به طور مداوم وارد محیط زیست می شوند و تهدیدی جدی برای سلامت انسان و اکوسیستم ها ایجاد می کنند. روش های مرسوم تصفیه فاضلاب، مانند رسوب گذاری شیمیایی، تبادل یونی و فیلتراسیون غشایی، اغلب گران قیمت هستند، مقدار زیادی لجن تولید می کنند و ممکن است در حذف برخی از آلاینده ها مؤثر نباشند. در سال های اخیر، توجه قابل توجهی به توسعه فناوری های مقرون به صرفه و پایدار برای حذف آلاینده ها از آب معطوف شده است. در میان این فناوری ها، زیست جذب به عنوان یک رویکرد امیدوارکننده ظاهر شده است. زیست جذب یک فرآیند فیزیکی-شیمیایی است که شامل استفاده از مواد بیولوژیکی، مانند میکروارگانیسم ها، جلبک ها، قارچ ها و ضایعات کشاورزی، برای جذب آلاینده ها از محلول های آبی است. بیوجاذب ها جایگزینی جذاب برای جاذب های سنتی هستند، زیرا فراوان، ارزان و تجدیدپذیر هستند. علاوه بر این، بیوجاذب ها می توانند با استفاده از روش های ساده، مانند اصلاح شیمیایی، برای افزایش ظرفیت جذب و گزینش پذیری آنها اصلاح شوند. این مقاله مروری مروری جامعی بر آخرین پیشرفت ها در استفاده از بیوجاذب ها برای حذف آلاینده های مختلف از آب ارائه می دهد. مکانیسم های جذب، انواع بیوجاذب ها، عوامل مؤثر بر عملکرد جذب و کاربردهای بالقوه بیوجاذب ها در تصفیه فاضلاب مورد بحث قرار خواهند گرفت.

بیوجاذب های گیاهی (Plant-based Biosorbents)

• بررسی آزمایشگاهی حذف یون کادمیوم از محلول های آبی توسط بیو جاذب کاه گندم بهبود یافته

کادمیوم از جمله فلزات سنگینی است که در پساب صنایع مختلف حضور داشته و به شدت برای انسان و محیط زیست سمی می باشد. لذا کاتیون های این فلز باید از پساب حذف شود و یا تا حد مجاز تقلیل یابد. پژوهش حاضر با هدف تعیین کارایی کاه گندم بهبود یافته در حذف کادمیوم از محلول آبی طراحی و اجرا گردید. روش بررسی: در ایتالعه، جاذب کاه گندم در شرایط آزمایشگاهی آماده و با استفاده از الک های استاندارد با اندازه های مش بین ۴۰-۱۲۰ دانه بندی شد. سپس کاه گندم با استفاده از محلول هیدروکسید سدیم ۰.۷ مولار عامل دار گردید. جهت شناسایی گروه های عاملی در جاذب تهیه شده، آزمون اسپکتروسکوپی مادون قرمز انجام شد. فرآیند جذب به صورت ناپیوسته و در شرایط آزمایشگاهی با تاکید بر اثرات پارامترهای مختلفی چون اندازه جاذب، pH، زمان تماس، غلظت اولیه کادمیوم، مقدار جاذب و سرعت اختلاط بر راندمان جذب مورد بررسی قرار گرفت. یافته ها: نتایج آزمون اسپکتروسکوپی مادون قرمز، نشانه از تقویت شدید گروه هیدروکسیل و کربوکسیل در طی فرآیند بهبود جاذب بود. بهینه های هر عامل که بیشترین میزان جذب را داشتند به ترتیب مش ۷۰، pH برابر با ۷، زمان تماس ۳۰ دقیقه، غلظت اولیه کادمیوم ۲۰ میلی گرم بر لیتر، ۱.۵ گرم جاذب و شدت همزن ۲۴۰ دور بر دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به دست آمد. بحث و نتیجه گیری: مقدار بیشینه بازده حذف کادمیوم با کاربرد کاه گندم عامل دار شده، در شرایط بهینه ۹۸.۵ درصد حاصل شد. به طور کلی نتایج نشان داد که کاه گندم بهبود یافته به عنوان یک جاذب بلا استفاده و ارزان می تواند جهت حذف یون کادمیوم موثر واقع شود تا جایی که می توان در شرایط بهینه به بازده حذف تقریباً کامل دست یافت. [۱]



• جذب رنگدانه متیلن بلو از محلول آبی با استفاده از گیاه ابریشم قرمز

استفاده ی گسترده مواد رنگی در صنایع منجر به تولید حجم قابل ملاحظه ای از پساب رنگی میشود که این امر مشکلات محیط زیستی فراوانی را در پی دارد. در بین روشه ای متعددی که برای پاکسازی چنین پساب هایی وجود دارد روش جذب، به خصوص زمانی که از جاذبه ای زیستی استفاده شود توجه فراوان را به خود جلب کرده است. در پژوهش حاضر استفاده از پودر ساقه و پودر برگ درخت ابریشم قرمز بعنوان جاذب در حذف رنگ متیلن بلو از محلول آبی مورد بررسی قرار گرفت. تاثیر پارامترهایی نظیر pH، دوز جاذب، زمان تماس و غلظت اولیهی آلاینده بررسی شد. نتایج حاکی از آن است که بیشترین جذب در شرایط $pH=8$ ، دوز جاذب $L/5g/1$ ، زمان تماس ۳ دقیقه و غلظت اولیه ی $5ppm$ رخ میدهد که در این شرایط برای جاذبهای پودر ساقه و پودر برگ به ترتیب درصد حذف $40/91\%$ و $60/88\%$ قابل مشاهده است. با توجه به نتایج حاصل، در هر دو جاذب، ایزوترم فروندلیچ توصیف کنندهی فرآیند جذب است و جذب انجام شده از سینتیک شبه مرتبه دوم تبعیت میکند. [۲]

• حذف رنگینه متیلن بلو توسط خاک اره پوشش دهی شده با نانوذرات منیزیم اکسید

در این مقاله نانو ذرات منیزیم اکسید پوشش داده شده بر روی خاک اره به عنوان یک جاذب کارا به منظور حذف رنگینه متیلن بلو گزارش شده است. نانوکامپوزیت معرفی شده از روش ساده همرسوبی با افزودن محلول سود به داخل محلول آبی منیزیم سولفات حاوی خاک اره تهیه شد. مطالعات جذب در دو سیستم پیوسته و ناپیوسته انجام گرفت. در مطالعات جذبی ناپیوسته رنگینه متیلن بلو توسط این نانوکامپوزیت، به منظور تعیین شرایط بهینه حذف رنگینه، تأثیر عواملی نظیر pH غلظت اولیه رنگینه، مقدار جاذب، زمان تماس، و دما بر روی راندمان جذب در یک سیستم بچ بررسی شدند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که نانوکامپوزیت SD/MgO میتواند برای حذف رنگینه متیلن بلو بطور موفقیت آمیزی عمل کند. طبق نتایج بدست آمده 0.20 گرم از این جاذب قادر به حذف بالای 95% رنگینه از $100ml$ محلول متیلن بلو با غلظت اولیه $100mg/L$ می باشد. برای مطالعه ایزوترم جذب، از معادالت النگمویر و فروندلیچ استفاده شد. بر اساس آنالیز رگرسیون، مشخص گردید که جذب رنگینه متیلن بلو توسط نانو کامپوزیت SD/MgO از ایزوترم فروندلیچ نسبت به ایزوترم النگمویر دارای تبعیت بهتری است. مقدار جذب بیشینه تک الیه رنگینه برای نانوجاذب SD/MgO برابر با $59.17mg/g$ بدست آمد. مطالعات سینتیکی نیز انجام گرفت و نتایج حاصل از این مطالعه، بیانگر تبعیت فرایند جذب متیلن بلو توسط SD/MgO از مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم میباشد. [۳]



• ارزیابی حذف آرسنیک از آب با استفاده از کربن فعال تولید شده از پسماندهای کشاورزی گردو و بادام

رشد مصرف آب در سالهای اخیر، باعث کاهش منابع آب شیرین تجدید پذیر در کشور شده است. از این رو تامین آب از منابع غیرمتعارف ی از از راهکارهای اساسی است. استفاده از آب های آلوده باید با تصفیه تکمیلی همراه بوده تا استانداردهای آب شرب تامین گردد. هدف از این پژوهش، بررسی میزان حذف آرسنیک با استفاده از یک جاذب در مقیاس آزمایشگاهی است. در این مطالعه نمونه محلول آرسنیک در غلظت های مختلف با رقیق سازی محلول تترازول استاندارد ppm1000 آرسنیک و آب دی یونیزه تهیه شده است و غلظت های ۵ و ۱۰ و ۲۰ و ۴۰ و ۸۰ و ۱۲۰ و ۱۶۰ و ۲۰۰ و ۴۰۰ و ۶۰۰ میکروگرم بر لیتر این محلول مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین از پودر زغال حاصل از پسماند پوست بادام و گردو به صورت حرارت دیده، به عنوان جاذب استفاده شده است. در ابتدا با اسید شویی، کارایی و مشخصه های زغال را بهبود داده و پس از انجام مراحل فعال سازی، حذف آرسنیک از نمونه های فوق با جذب سطحی با استفاده از زغال اسیدشویی شده بررسی شد. پارامترهای موثر در حذف مانند زمان تماس، pH و غلظت محلول با استفاده از فرآیند بهینه سازی گام به گام بررسی شد. پس از تحلیل نتایج، مشخص گردید حذف آرسنیک در شرایط بهینه برابر با ۱۰۰ درصد، ظرفیت جذب برابر ۱۲۰ میکروگرم بر لیتر و pH بهینه برابر ۵ است. زمان ماند تعادلی نیز ۱۰ دقیقه است که در مقایسه با مطالعات قبلی، کاهش چشمگیری دارد. همچنان با رسم نمودارهای هم دمایی جذب لانگمویر، فروندلیش و ردلیچ-پترسون مشخص شد که فرایند جذب از هم دمایی جذب لانگمویر تبعیت میکند. [۴]

• حذف روی از پساب صنعتی به وسیله غلاف نخود فرنگی

در این مطالعه، حذف روی در محیط های آبی با استفاده از غلاف نخود فرنگی به عنوان ماده جاذب ارزان قیمت بررسی شد. غلاف نخود فرنگی، یک ماده زائد جامد آلی است که قابلیت بالایی در حذف یون فلزات سنگین از پساب دارد و می تواند در تصفیه پساب های صنعتی که از مهم ترین منابع آلاینده آب و خاک هستند، بسیار مفید و کارآمد باشد. مطالعات جذب به صورت تابعی از PH ، زمان تماس، مقدار جاذب و غلظت اولیه یون فلزی در سیستم ناپیوسته انجام گرفت. نتایج حاصل از آزمایش ها مشخص ساخت که با افزایش PH محلول، جذب روی توسط غلاف نخود سبز، افزایش یافت و ظرفیت جذب به مقدار حداکثر در $8pH$ رسید. علاوه بر این با افزایش زمان تماس، مقدار جذب شده یون روی، افزایش یافت و پس از ۶۰ دقیقه به تعادل رسید. در حالی که با افزایش مقدار جاذب به محلول، در مقدار جذب روی کاهش مشاهده گردید. همچنین با افزایش غلظت اولیه یون روی، درصد جذب کاهش در صورتی که برای ظرفیت جذب فلز افزایش مشاهده شد. مدل های ایزوترم جذب لانگمویر و فرنلچ برای تعیین کارایی غلاف نخود فرنگی به عنوان جاذب مورد استفاده قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی نشان داد که داده های آزمایشگاهی با مدل های ایزوترم لانگمویر و فرنلچ تطابق خوبی دارند. امروزه، توسعه روش کارآمد برای تصفیه فلزات سنگین از پساب های صنعتی، به دلیل افزایش فعالیت های صنعتی، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه، یک جاذب زیستی جدید تهیه شده توسط غلاف نخود فرنگی برای حذف یون روی از پساب، مورد استفاده قرار گرفت که در دسترس بود و می توان آن را به سادگی تهیه کرد. تأثیر عوامل مختلف بر روند جذب با استفاده از آزمایش های انجام شده، بررسی گردید. ظرفیت جذب جاذب زیستی استفاده شده با سایر گزارش ها ی قبلی، قابل مقایسه است. از همه مهم تر، جاذب پیشنهادی، خصوصیات جذب رضایت بخشی را برای جذب یون روی از پساب آب کاری نشان داد. در این مطالعه، از داده های تجربی جذب یون روی بر سطح پودر غلاف نخود فرنگی، نتایج زیر حاصل شده است. ظرفیت جذب یون های روی به PH ، زمان تماس، غلظت یون فلزی و مقدار جاذب، بستگی دارد. با افزایش PH از ۲ به ۸، جذب یون روی بر روی غلاف نخود افزایش و سپس با افزایش PH بیش از ۸ ظرفیت جذب روی کاهش می یابد. حداکثر جذب در $PH = 8$ رخ داد. همچنین مشخص شد که زمان تماس ۶۰ دقیقه برای رسیدن به میزان تعادل جذب کافی است. میزان حذف روی با افزایش مقدار جاذب، کاهش می یابد که می تواند ناشی از هم پوشانی مکان های جذب باشد و با افزایش غلظت یون روی اولیه، درصد جذب فلز، کاهش می یابد. حداکثر ظرفیت جذب غلاف نخود سبز برای حذف یون روی از نمونه واقعی فاضلاب ۸۴ درصد با ۰.۱ گرم پودر غلاف نخود فرنگی به عنوان جاذب در $PH=8$ و زمان تماس ۶۰ دقیقه بود. همچنین نتایج آزمایشگاهی برای این یون فلزی، به خوبی با معادلات لانگمویر و فرنلچ مطابقت داشت و این دو مدل ایزوترم، جذب یون روی را به خوبی توصیف کردند. بنابراین می توان پیشنهاد کرد که غلاف نخود فرنگی به عنوان یک پسماند کشاورزی، گزینه مناسبی برای حذف روی از پساب می باشد. [۵]



• استفاده از پوست برنج در حذف فلزات سنگین کروم و کادمیوم

استفاده از ضایعات کشاورزی به عنوان جاذب‌های طبیعی برای حذف آلاینده‌های محیط زیست از قبیل فلزات سنگین، یکی از رویکردهای پایدار و اقتصادی در مدیریت آلودگی آب می‌باشد. یکی از این ضایعات، پوست برنج است که به دلیل خاصیت جذب عالی و کم هزینه بودن، به عنوان یک بیو جاذب مؤثر برای حذف فلزات سنگین از آب و فاضلاب‌ها مورد توجه قرار گرفته است. پوست برنج به طور گسترده‌ای در فرآیندهای کشاورزی تولید می‌شود و با توجه به حجم بالای تولید برنج، جمع آوری آن به عنوان یک منبع تجدیدپذیر امکان پذیر است. مکانیسم جذب پوست برنج شامل دو نوع اصلی است: جذب فیزیکی و جذب شیمیایی. جذب فیزیکی به دلیل وجود منافذ و ساختار متخلخل پوست برنج رخ می‌دهد که باعث افزایش سطح تماس بین ماده جاذب و فلزات سنگین می‌شود. این جذب به واسطه نیروهای واندروالس و اثرات سطحی دیگر اتفاق می‌افتد. از سوی دیگر، جذب شیمیایی به علت وجود گروه‌های عاملی مانند هیدروکسیل، کربوکسیل و آمین در ساختار شیمیایی پوست برنج اتفاق می‌افتد. این گروه‌ها با یون‌های فلزی مانند کروم و کادمیوم واکنش نشان داده و کمپلکس‌های شیمیایی پیچیده‌ای تشکیل می‌دهند که باعث افزایش کارایی حذف این فلزات سنگین می‌شوند.

کارایی حذف فلزات سنگین

مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که پوست برنج می‌تواند به‌طور مؤثری فلزات سنگین مانند کروم (Cr) و کادمیوم (Cd) را از محیط‌های آبی حذف کند. در بسیاری از تحقیقات، میزان حذف این فلزات تا بیش از ۹۰ درصد گزارش شده است. عواملی که بر کارایی حذف این متال‌ها تأثیر می‌گذارند، شامل pH محیط، مدت زمان تماس، و مقدار پوست برنج می‌باشند. برای بهینه‌ترین حذف، شرایط pH بین ۵ تا ۷ پیشنهاد می‌شود. بالا یا پایین بودن pH می‌تواند بر اتهام سطحی و برهمکنش‌های شیمیایی تأثیر بگذارد. زمان تماس نیز به طور قابل ملاحظه‌ای بر کارایی جذب تأثیر دارد و معمولاً بهترین نتایج در زمان تماس ۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه‌ای مشاهده می‌شود. همچنین، افزایش مقدار پوست برنج به وفور به جذب بهتر کمک می‌کند، زیرا سطح تماس بیشتری برای برقراری واکنش فراهم می‌آورد. با وجود عملکرد مؤثر پوست برنج در حذف فلزات سنگین، هنوز چالش‌هایی وجود دارد که باید به آن‌ها توجه شود. کاهش کارایی در برابر غلظت بالای فلزات یکی از این چالش‌هاست. با گذشت زمان و افزایش سطح آلودگی، پوست برنج ممکن است کارایی خود را از دست بدهد و نیاز به بازیابی و بازسازی داشته باشد. استفاده از روش‌های جدید مانند عملیات حرارتی یا اصلاح شیمیایی می‌تواند به افزایش کارایی جذب و پایداری بیو جاذب‌ها کمک کند. همچنین، تأثیرات زیست‌محیطی و پایداری پوست برنج در شرایط مختلف آب و هوایی و مقادیر بالای فلزات در محلول‌ها باید مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد. این چالش‌ها تأکید بر نیاز به تحقیقات بیشتر و بهینه‌سازی شرایط جذب را نشان می‌دهند. استفاده از پوست برنج به عنوان یک بیو جاذب طبیعی و مؤثر برای حذف فلزات سنگین مانند کروم و کادمیوم در حال رشد است. این روش نه تنها به کاهش آلودگی‌های محیط زیست کمک می‌کند، بلکه به عنوان یک گزینه اقتصادی و پایدار برای مدیریت آلودگی آب محسوب می‌شود. با توسعه بیشتر و بهبود شرایط و فرایندهای جذب، ممکن است پوست برنج به یکی از گزینه‌های اصلی در پاک‌سازی آب‌های آلوده به فلزات سنگین تبدیل شود. تحقیقات آینده می‌تواند به درک عمیق‌تری از ویژگی‌ها و عملکردهای جذب پوست برنج کمک کرده و به بهبود روش‌های تصفیه آب منجر شود. [۶]



• استفاده از پوست موز در حذف فلزات سنگین کروم و کادمیوم

استفاده از ضایعات کشاورزی برای حذف فلزات سنگین از محیط‌های آبی، به‌ویژه در سال‌های اخیر به عنوان یک رویکرد پایدار و زیست‌محیطی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از این ضایعات که در این راستا مورد استفاده قرار می‌گیرد، پوست موز است. پوست موز دارای ویژگی‌های خاصی است که آن را به عنوان یک بیو جاذب مؤثر برای حذف فلزات سنگین مانند کروم (Cr) و کادمیوم (Cd) از آب و فاضلاب‌ها معرفی می‌کند. پوست موز حاوی ترکیبات بیوشیمیایی مختلفی از جمله پلی‌فنول‌ها، پروتئین‌ها، و فیبر است که می‌توانند با یون‌های فلزی واکنش نشان دهند. این ترکیبات باعث می‌شوند که پوست موز دارای خاصیت جذب بالایی باشد. به‌علاوه، بافت متخلخل پوست موز سطح تماس زیادی برای جذب فلزات سنگین فراهم می‌کند.

جذب فیزیکی: پوست موز به دلیل دارا بودن ساختار متخلخل و سطح ویژه بالا، به راحتی می‌تواند یون‌های فلزی را در سطح خود جذب کند. این عمل عمدتاً تحت تأثیر نیروهای واندروالس و پیوندهای هیدروژنی انجام می‌شود.

جذب شیمیایی: پوست موز حاوی انواع گروه‌های عاملی مانند گروه‌های هیدروکسیل، کربوکسیل، و آمین می‌باشد که می‌توانند با یون‌های فلزی واکنش دهند و کمپلکس‌های شیمیایی تشکیل دهند. این نوع جذب معمولاً مؤثرتر است و به ویژه در pHهای خاصی در محیط آبی اتفاق می‌افتد. کارایی حذف فلزات سنگین: تحقیقات علمی نشان می‌دهد که پوست موز می‌تواند کارایی بالایی در حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی داشته باشد. در مطالعات انجام شده، میزان حذف فلزات سنگین مانند کروم و کادمیوم با استفاده از پوست موز به بالای ۸۰ تا ۹۵ درصد گزارش شده است. عواملی که بر کارایی حذف تأثیرگذارند شامل:

pH محیط: pH محلول تأثیر زیادی بر کارایی جذب دارد. معمولاً pH بین ۵ تا ۷ برای جذب این فلزات بهینه است.

مدت زمان تماس: زمان تماس بین پوست موز و محلول آلوده نیز بر ظرفیت جذب تأثیر دارد. بیشتر مطالعات نشان می‌دهند که بهترین زمان تماس برای حذف مؤثر بین ۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه است.



مقدار جاذب: افزایش مقدار پوست موز در محلول می تواند به افزایش کارایی حذف کمک کند، زیرا سطح تماس بیشتری برای جذب فراهم می آورد. با وجود پتانسیل های بالا، استفاده از پوست موز در حذف فلزات سنگین ممکن است با چالش هایی نیز روبرو باشد: پایداری و کاهش کارایی: با گذشت زمان و افزایش غلظت فلزات سنگین در پوست موز، ممکن است کارایی آن کاهش یابد. بنابراین، نیاز به روش های بازیابی و بازسازی پوست موز وجود دارد. بررسی روش هایی برای اصلاح پوست موز، مانند عملیات حرارتی یا استفاده از روش های شیمیایی، می تواند به افزایش کارایی و پایداری آن کمک کند. تنوع در ویژگی های پوست: ویژگی های شیمیایی پوست موز ممکن است بسته به نوع موز و شرایط رشد متفاوت باشد. بنابراین، استانداردسازی و تحقیق در مورد انواع مختلف پوست موز و شرایط بهینه برای استفاده از آن ضرورتی قابل توجه است. استفاده از پوست موز به عنوان یک بیو جاذب مؤثر برای حذف فلزات سنگین مانند کروم و کادمیوم نشان دهنده یک روش پایدار و اقتصادی در مدیریت آلودگی آب است. این روش به عنوان یک راهکار طبیعی و قابل تجدید برای کاهش آلودگی های زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به نتایج مثبت تحقیقات، توسعه و بهینه سازی شرایط جذب می تواند به استفاده گسترده تر از پوست موز به عنوان یک جاذب مؤثر در تصفیه آب منجر شود. نیاز به تحقیقات بیشتر برای درک کامل مکانیزم های جذب و بهبود پایداری پوست موز در کاربردهای عملی احساس می شود [۷].

• استفاده از ساقه آفتابگردان به عنوان بیو جاذب

استفاده از ضایعات کشاورزی به عنوان بیو جاذب ها در حذف فلزات سنگین و آلاینده ها از محیط های آبی به یک رویکرد مهم و مورد توجه در سال های اخیر تبدیل شده است. یکی از این ضایعات که به طور گسترده ای برای این منظور مورد بررسی قرار گرفته، ساقه آفتابگردان است. ساقه آفتابگردان دارای ویژگی های خاصی است که آن را برای استفاده در فرآیندهای تصفیه آب ایده آل می کند. ساقه آفتابگردان غنی از ترکیبات شیمیایی طبیعی است که دارای خواص جذب بالایی هستند. این ساقه حاوی ترکیباتی مانند سلولز، همی سلولز، لیگنین و پروتئین ها می باشد. سلولز و لیگنین: این دو ترکیب ساختاری به عنوان مهم ترین اجزای ساقه آفتابگردان باعث ایجاد ساختار متخلخل و سطحی برای جذب فلزات سنگین می شوند. لیگنین به عنوان یک بیوپلیمر عمل کرده و به دلیل ویژگی های شیمیایی خود، می تواند با یون های فلزی واکنش نشان دهد. پروتئین ها: پروتئین های موجود در ساقه آفتابگردان دارای گروه های عاملی مانند گروه های آمینو و کربوکسیل هستند که می توانند با یون های فلزی تشکیل کمپلکس بدهند و منجر به افزایش کارایی جذب شوند. مکانیسم جذب فلزات سنگین با استفاده از ساقه آفتابگردان شامل دو مرحله اساسی است:

جذب فیزیکی: این فرآیند به ساختار متخلخل و سطح ویژه بالای ساقه آفتابگردان بستگی دارد. ساقه آفتابگردان به خوبی می تواند یون های فلزی را از طریق نیروهای واندروالس و اثرات سطحی جذب کند.

جذب شیمیایی: وجود گروه های عاملی بر روی سطوح ساقه آفتابگردان به جذب شیمیایی کمکی می کند. این جذب به تشکیل کمپلکس های شیمیایی بین یون های فلزی و گروه های عاملی موجود در ساقه آفتابگردان بستگی دارد. تحقیقات قبلی نشان داده است که این مکانیزم به طور ویژه در pH های معین مؤثر است.



مطالعات علمی نشان می‌دهد که ساقه آفتابگردان می‌تواند در حذف فلزات سنگین مانند کادمیوم (Cd)، کروم (Cr) و سرب (Pb) از محیط‌های آبی عملکرد خوبی داشته باشد. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که ساقه آفتابگردان می‌تواند تا ۹۰ درصد فلزات سنگین را از محلول‌های آب حذف کند. عوامل مؤثر بر کارایی حذف شامل: pH محیط: معمولاً pH میان ۵ تا ۷ برای بیشترین کارایی جذب فلزات استفاده می‌شود. مدت زمان تماس: زمان مناسب بین ۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه به منظور به حداکثر رساندن حذف فلزات ارائه شده است. مقدار جاذب: افزایش مقدار ساقه آفتابگردان در محلول می‌تواند به افزایش کارایی حذف کمک کند هرچند که استفاده از ساقه آفتابگردان به عنوان یک بیو جاذب مؤثر دیده می‌شود، چالش‌هایی نیز وجود دارد: کاهش کارایی با افزایش غلظت فلزات: با افزایش غلظت فلزات سنگین در آب و گذشت زمان، ممکن است کارایی ساقه آفتابگردان کاهش یابد. انجام پژوهش‌هایی برای بهینه‌سازی فرآیند بازیابی و بهبود عملکرد ساقه آفتابگردان حیاتی است. تنوع در ویژگی‌ها: ویژگی‌های شیمیایی ساقه آفتابگردان ممکن است به نوع و شرایط رشد بستگی داشته باشد. بنابراین، استانداردسازی و بررسی ویژگی‌های مختلف ساقه آفتابگردان برای شناسایی بهترین شرایط تحت بررسی قرار گیرد. نتیجه‌گیری: استفاده از ساقه آفتابگردان به عنوان یک بیو جاذب طبیعی برای حذف فلزات سنگین نشان‌دهنده یک روش پایدار و اقتصادی در مدیریت آلودگی آب است. این روش نه تنها به کاهش مشکلات زیست‌محیطی کمک می‌کند بلکه به عنوان یک گزینه اقتصادی با پتانسیل بالا برای تصفیه آب آلوده تلقی می‌شود. با تحقیقات و بهینه‌سازی‌های بیشتر، می‌توان از ساقه آفتابگردان به عنوان یکی از راهکارهای مؤثر برای پاک‌سازی آب‌های آلوده به فلزات سنگین بهره‌برداری کرد. [۸]

• استفاده از پوست سیب به عنوان بیو جاذب

تصفیه آب و فاضلاب‌ها از فلزات سنگین و آلاینده‌های زیست‌محیطی یکی از معضلات بزرگ در عصر کنونی است. روش‌های متعددی برای حذف این آلاینده‌ها وجود دارد، اما استفاده از بیو جاذب‌ها به عنوان یک روش اقتصادی، مؤثر و پایدار به‌طور فزاینده‌ای در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. پوست سیب، به عنوان یک ضایعه کشاورزی با ویژگی‌های منحصر به فرد، به عنوان یک بیو جاذب طبیعی معرفی شده است که می‌تواند به‌طور مؤثر فلزات سنگین مانند کادمیوم (Cd)، کروم (Cr) و سرب (Pb) را از محلول‌های آبی حذف کند. این مقاله به بررسی ترکیبات شیمیایی، مکانیزم‌های جذب، کارایی حذف فلزات سنگین و چالش‌ها و راهکارهای استفاده از پوست سیب به عنوان بیو جاذب می‌پردازد. ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های پوست سیب پوست سیب به عنوان یکی از ضایعات کشاورزی دارای ترکیبات شیمیایی متنوعی است که قابلیت جذب بالایی دارد.

سلولز: این فیبر طبیعی به عنوان یکی از اجزای اصلی ساختار پوست سیب عمل کرده و باعث افزایش سطح جذب می‌شود. سلولز ترکیبی غیرحل‌شونده است که باعث ایجاد ساختار متخلخل و مناسب برای جذب می‌شود.

پکتین: پکتین، یکی از پلی‌ساکاریدها، به‌ویژه در پوست سیب موجود است و دارای خواص بافتی مناسب و گروه‌های عاملی است که می‌تواند با یون‌های فلزی تشکیل کمپلکس دهد.

آنتی‌اکسیدان‌ها: پوست سیب حاوی ترکیباتی مانند فلاونوئیدها و اسیدهای فنولی است که می‌توانند از اثرات اکسیدکننده یون‌های فلزی بکاهند و به افزایش کارایی جذب کمک کنند.



خواص فیزیکی: ساختار متخلخل: ساختار طبیعی و متخلخل پوست سیب کمک می‌کند که سطح جذب آن افزایش یابد و ظرفیت بالایی برای جذب آلاینده‌ها داشته باشد. سطح ویژه بالا: سطح ویژه بالای پوست سیب باعث جذب بیشتر یون‌های فلزی نسبت به دیگر مواد جاذب می‌شود. جذب فیزیکی: این نوع جذب به دلیل وجود ساختار متخلخل و سطح بزرگ پوست سیب اتفاق می‌افتد. در این صورت، انرژی سطحی و نیروهای واندروالس باعث جذب یون‌های فلزی می‌شوند. جذب شیمیایی: پوست سیب دارای گروه‌های عاملی مانند OH^- و COOH^- در ترکیب خود است که می‌توانند با یون‌های فلزی واکنش دهند و کمپلکس‌های محکم‌تری کنند. این مکانیزم باعث بهبود و افزایش ظرفیت جذب می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهند که پوست سیب می‌تواند در حذف فلزات سنگین دارای کارایی مثبتی باشد:

کارایی حذف: در شرایط بهینه، پوست سیب می‌تواند تا ۸۰-۹۰ درصد از فلزات سنگین را از محلول‌های آبی حذف کند. به‌طور خاص: کادمیوم (Cd) بیشترین جذب در شرایط pH 6-7 و زمان تماس ۱۲۰ دقیقه مشاهده شده است. کروم (Cr) پوست سیب می‌تواند کروم را با کارایی بالایی در pH‌های مشابه جذب کند. عوامل مؤثر بر کارایی حذف

pH محلول: pH بهینه برای جذب معمولاً بین ۵ تا ۷ گزارش شده و کارایی جذب در pH‌های کمتر یا بیشتر ممکن است کاهش یابد. مدت زمان تماس: زمان مناسب بین ۳۰ تا ۱۲۰ دقیقه به‌منظور حداکثر جذب پیشنهاد شده است. مقدار جاذب: افزایش مقدار پوست سیب در محلول می‌تواند به‌طور قابل توجهی به کارایی حذف کمک کند، به‌طوری که با افزایش مقدار پوست، ظرفیت جذب نیز افزایش می‌یابد. با وجود مزایای پوست سیب به عنوان بیو جاذب، چالش‌های متعددی نیز در استفاده از آن وجود دارد: کاهش کارایی با افزایش غلظت فلزات: در ایستگاه‌های با غلظت‌های بالای فلزات سنگین، کارایی ممکن است کم شود. به همین دلیل نیاز به بهینه‌سازی زمان و شرایط تماس برای بهبود عملکرد وجود دارد.

پایداری بیو جاذب: تولید و نگهداری پوست سیب باید به‌گونه‌ای باشد که دارای خواص فیزیکی و شیمیایی یکسانی باشد. شرایط نگهداری متفاوت می‌تواند بر روی ویژگی‌های جاذب پوست سیب تأثیر بگذارد.

تنوع در ویژگی‌ها: خصوصیات پوست سیب ممکن است بسته به نوع سیب و شرایط رشد تغییر کند. لذا نیاز به تحقیقات بیشتری برای ارزیابی و استانداردسازی این ویژگی‌ها وجود دارد. استفاده از پوست سیب به عنوان یک بیو جاذب مؤثر به‌منظور حذف فلزات سنگین از آب و فاضلاب‌ها روشی پایدار و اقتصادی است. این بیو جاذب به دلیل دسترسی آسان و هزینه پایین، می‌تواند به‌عنوان یک گزینه جاذب برای تصفیه آب‌های آلوده به فلزات سنگین مطرح شود. با ادامه تحقیقات و بهبود فرآیندها، می‌توان از پتانسیل بالای پوست سیب به‌عنوان یک بیو جاذب مؤثر بهره‌برداری کرد. [۹]

• بررسی حذف رنگ متیلن بلو از آب‌های آلوده توسط کاکل ذرت به عنوان یک بیو جاذب ارزان قیمت



این مقاله مطالعه ای بر حذف رنگ متیلن بلو از آب های الوده میباشد. این جداسازی به وسیله فرایند جذب به دسته ای انجام گردید. در این روش از جاذب ارزان قیمت کاکل ذرت که یکی از ضایعات کشاورزی میباشد استفاده شد اثر پارامترهای دما، زمان PH و حجم محلول بررسی گردید. در تصحیح جاذب بهترین فرایند انتخابی شستشو با اتیلن دی آمین ۱ مولار برای ۳۰ دقیقه بود. ایزوترم جذب نیز بررسی شد و نتایج حاصل از آزمایش تجربی با مدل لانگمویر بهترین هم خوانی را داشت. ماکزیمم جذب ۱۶۶.۶۷ میلی گرم رنگ متیلن بلو در هر گرم جاذب بود. همچنین بررسی های سینتیکی نشان داد که سینتیک جذب با مدل سینتیکی شبه درجه دو هماهنگی دارد. آلودگی آب یکی از مشکلات جدی محیط زیست است که به ویژه در کشورهای در حال توسعه به طور فزاینده ای به چشم می خورد. رنگ ها و مواد شیمیایی مختلف، مانند رنگ متیلن بلو، به راحتی در آب حل می شوند و می توانند به سلامت انسان و اکوسیستم آسیب برسانند.

به همین دلیل، یافتن روش های کارآمد و اقتصادی برای تصفیه آب از این آلاینده ها ضروری است. استفاده از بیوجاذب ها به عنوان روشی پایدار و مؤثر برای حذف رنگ های متیلن بلو از آب های آلوده به طور فزاینده ای مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا، کاکل ذرت به عنوان یک بیوجاذب ارزان قیمت و دوستدار محیط زیست به خوبی شناخته شده است. ترکیب شیمیایی و ویژگی های کاکل ذرت (Zea mays) که به آن «موهای ذرت» نیز گفته می شود، در واقع فیبرهای نازکی هستند که در اطراف دانه های ذرت قرار دارند. این ماده دارای ویژگی هایی است که آن را به یک گزینه مؤثر برای حذف رنگ ها و آلاینده ها از آب تبدیل می کند: ترکیبات اصلی: سلولز؛ کاکل ذرت حاوی مقدار قابل توجهی سلولز است که به عنوان اسکلت اصلی آن عمل می کند و به آن ساختار متخلخل و سطح جذب بالا می دهد. لیگنین: این ترکیب به خواص مکانیکی و شیمیایی کاکل ذرت کمک می کند و ظرفیت جذب آن را افزایش می دهد. پکتین و سایر عوامن شیمیایی: این ترکیبات به جذب شدن یون های فلزی و رنگ ها کمک می کنند. ویژگی های فیزیکی: ساختار متخلخل و سطح ویژه: وجود ساختار متخلخل در کاکل ذرت باعث می شود که این ماده ظرفیت بالایی برای جذب آلودگی ها داشته باشد. مکانیسم جذب رنگ متیلن بلو در کاکل ذرت به طور عمده به دو روش فیزیکی و شیمیایی انجام می شود:



جذب فیزیکی: این نوع جذب معمولاً نتیجه نیروهای واندروالس و پیوندهای هیدروژنی است. کاکل ذرت به سبب داشتن سطح بزرگ و ساختار متخلخل، قادر است رنگ متیلن بلو را از محلول حمایتی جذب کند. جذب شیمیایی: گروه‌های عاملی موجود در کاکل ذرت می‌توانند با رنگ متیلن بلو واکنش داده و کمپلکس‌های محکم‌تری تشکیل دهند. این فرآیند وابسته به pH محلول و شرایط تماس است. کارایی حذف رنگ متیلن بلو: تحقیقات نشان داده‌اند که کاکل ذرت می‌تواند کارایی بالایی در حذف رنگ متیلن بلو از آب‌های آلوده داشته باشد. کارایی حذف در شرایط بهینه، کاکل ذرت قادر است تا ۷۰-۹۰ درصد رنگ متیلن بلو را از محلول‌های آبی حذف کند. این کارایی معمولاً در pH های بین ۶ تا ۸ و با زمان تماس مناسب (حدود ۱۲۰ دقیقه) مشاهده می‌شود. عوامل مؤثر در کارایی حذف: pH محلول: pH بهینه برای جذب رنگ معمولاً بین ۶ تا ۸ است. مدت زمان تماس: زمان مناسب برای جذب مواد بین ۳۰ تا ۱۲۰ دقیقه است. مقدار بیوجاذب: افزایش مقدار کاکل ذرت در محلول می‌تواند به طور قابل توجهی ظرفیت جذب را افزایش دهد. گرچه کاکل ذرت به عنوان یک بیوجاذب کاربردی اثربخش است، اما چالش‌هایی نیز وجود دارد: کاهش کارایی در غلظت‌های بالا: در غلظت‌های بالا از رنگ متیلن بلو، ممکن است کارایی جذب کاهش یابد. احتیاج به پیش‌پردازش: انجام پیش‌پردازش روی کاکل ذرت، مانند خشک کردن یا آسیاب کردن، می‌تواند به بهبود کارایی جذب آن کمک کند. تنوع ویژگی‌ها: خصوصیات کاکل ذرت می‌تواند بسته به نوع ذرت و شرایط رشد متفاوت باشد. بنابراین، نیاز به تحقیقات بیشتری برای ارزیابی انواع مختلف کاکل ذرت و بهینه‌سازی کارایی حذف رنگ وجود دارد. استفاده از کاکل ذرت به عنوان یک بیوجاذب طبیعی و ارزان قیمت برای حذف رنگ متیلن بلو از آب‌های آلوده گزینه‌ای مؤثر و پایدار است. با توجه به هزینه پایین و دسترسی آسان به کاکل ذرت، این بیوجاذب می‌تواند یکی از راهکارهای مؤثر در تصفیه آب‌های آلوده به رنگ‌ها و مواد شیمیایی در نظر گرفته شود. ادامه تحقیقات و بهینه‌سازی فرآیندها می‌تواند به بهبود کارایی کاکل ذرت به عنوان یک بیوجاذب کمک کند و به حل مشکل آلودگی آب کمک نماید. [۱۰]

• پتانسیل بالای برگ درختان (کاج و اکالیپتوس) در تصفیه آب: بررسی جامع

آلودگی آب، به ویژه آلودگی ناشی از فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی، به یک چالش جهانی تبدیل شده است. در جستجوی راه‌حل‌های پایدار و اقتصادی، استفاده از بیوجاذب‌های مشتق از منابع طبیعی مورد استقبال فراوان قرار گرفته است. برگ درختان، به ویژه برگ کاج و برگ اکالیپتوس، به دلیل دسترسی آسان، هزینه پایین و ویژگی‌های منحصر به فرد جذبی، به عنوان یک گزینه امیدبخش برای حذف آلاینده‌ها مطرح هستند. این مقاله به بررسی ترکیبات شیمیایی، مکانیسم جذب، کارایی حذف و چالش‌های استفاده از برگ درختان به عنوان بیوجاذب می‌پردازد. ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های برگ درختان برگ درختان از جمله برگ کاج و برگ اکالیپتوس حاوی ترکیبات شیمیایی متنوعی است که آن‌ها را برای جذب دامنه‌ای از آلاینده‌ها مناسب می‌سازد: ترکیبات اصلی: لیگنین: این پلیمر پیچیده به برگ‌ها تقویت ساختاری می‌بخشد و توانایی جذب آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین را دارد. سلولز: این پلی‌ساکارید فراوان باعث ایجاد سطح ویژه‌ی برای جذب می‌شود.

تانن‌ها: این ترکیبات فنولی دارای خواص کمپلکس‌دهی با یون‌های فلزی هستند و کارایی جذب را بالا می‌برند. رزین‌ها: این ترکیبات به جذب هیدروکربن‌ها و ترکیبات آلی کمک می‌کنند.



ویژگی‌های فیزیکی: ساختار متخلخل و سطح ویژه بالا: این ویژگی‌ها به برگ‌ها توانایی استثنایی در جذب دامنه‌ای از آلاینده‌ها می‌دهند. پایداری حرارتی و شیمیایی: برگ‌ها تا دامنه‌ای از شرایط محیطی مقاومت خوبی نشان داده و کمک به حفظ کارایی جذب نمایند. مکانیسم‌های جذب آلاینده‌ها به دلیل وجود سطح بالا و حفره‌های فراوان در ساختار برگ، آلاینده‌ها به واسطه نیروهای واندروالس و یا بدون تشکیل پیوندهای شیمیایی جذب روی سطح برگ‌ها می‌شوند. جذب شیمیایی گروه‌های عاملی فعال مانند هیدروکسیل (OH^-) و کربوکسیل (COOH^-) موجود در لیگنین و تانن‌ها با یون‌های فلزی سنگین واکنش داده و کمپلکس‌های پایدار تشکیل می‌دهند. این فرایند می‌تواند بسته به شرایط محیطی و تغییرات pH تغییر کند. کارایی حذف آلاینده‌ها: کارایی حذف فلزات سنگین: سرب (Pb): برگ کاج و برگ اکالیپتوس به طور موثری توانایی حذف سرب از آب‌ها را دارند و درصد حذف معمولاً بین ۷۰ تا ۹۵ درصد گزارش شده است. کادمیم (Cd): کارایی حذف کادمیم نیز قابل توجه بوده و بسته به نوع برگ و شرایط آزمایشی بین ۶۰ تا ۸۵ درصد تخمین زده شده است. مس (Cu): برگ‌ها می‌توانند مس را نیز با کارایی بالا جذب نمایند. کارایی حذف آلاینده‌های آلی: برگ‌ها به دلیل ساختار متخلخل و ویژگی‌های جذبی، توانایی کاهش غلظت آلاینده‌های آلی مانند فنل و رنگ‌ها را نیز دارند. استفاده از برگ درختان به عنوان بیوجاذب یک رویکارزشمند و پایدار در حذف فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی ایجاد میکند. این منابع فراوان و ارزان قیمت قابلیت جذب هیدروکسید از برگ‌ها برای ارتقاء کیفیت آب می‌تواند اقتصادیسایر راه حل‌های مختلف تصفیه آب مواجه شود. تحقیقات آتی می‌تواند بهینه‌سازی‌های لازم را انجام دهد. [۱۱]

بیوجاذب‌های جانوری و گروه :

پوسته‌های نرم‌تن دریایی (*Meretrix lusoria*) به عنوان جاذب زیستی کم‌هزینه برای حذف یون‌های Cd^{2+} و Pb^{2+} از محلول‌های آبی: مطالعه سینتیک و تعادل



بر اساس این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که پوسته *Meretrix lusoria* یک جاذب زیستی مناسب برای یون‌های Cd^{2+} و Pb^{2+} است و می‌تواند به حذف آن‌ها از آب آلوده به محیط زیست کمک کند. صدف‌ها، به‌ویژه صدف‌های دریایی، دارای پوسته‌هایی هستند که عمدتاً از کلسیت و آرمور تشکیل شده‌اند. این ساختارهای معدنی متخلخل، سطح ویژه بالایی را ایجاد می‌کنند و امکان جذب بالای یون‌های فلزی را فراهم می‌کنند. به‌عنوان مثال، مطالعات نشان داده‌اند که صدف‌های آسیایی (*Oyster shells*) و صدف‌های سلتیک (*Clam shells*)، قادر به حذف فلزات سنگینی مانند سرب، کادمیوم و روی از آب هستند. فرایند بیو جاذبی صدف‌ها به صورتی است که به جای استفاده از مواد شیمیایی مضر، به‌طور طبیعی و با کمک فعالیت‌های فیزیکی و شیمیایی سطحی، یون‌های فلزی را به خود جذب می‌کنند. این ویژگی باعث می‌شود که صدف‌ها گزینه‌ای مناسب و دوستدار محیط زیست برای تصفیه آب‌های آلوده باشند. طی تحقیقات انجام‌شده، استفاده از پودر صدف در سیستم‌های تصفیه آب به‌ویژه در حذف رنگ‌ها و ترکیبات آلی نیز مؤثر گزارش شده است. این بیو جاذب‌ها به دلیل فراوانی در طبیعت و همچنین قابلیت تجدیدپذیری بالا، می‌توانند به عنوان یک راهکار اقتصادی و پایدار در مدیریت آلودگی آب‌ها محسوب شوند. علاوه بر این، بازیافت زباله‌های صدفی که در سایت‌های تولید آبریان یا رستوران‌ها به‌وفور وجود دارد، باعث می‌شود که این ماده به‌عنوان یک منبع ایده‌آل برای استفاده در فرآیندهای تصفیه آب مطرح شود. استفاده از صدف‌ها به عنوان بیو جاذب نه تنها به کاهش آلاینده‌ها کمک می‌کند، بلکه به حفظ منابع آبی و بهبود کیفیت محیط زیست نیز یاری می‌رساند. به طور کلی، استفاده از صدف‌ها به عنوان بیو جاذب‌ها رویکردی نوین و مؤثر در تصفیه آب‌های آلوده است که با توجه به ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی منحصر به فرد این جاذب‌ها، به حل مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی موجود کمک می‌کند. تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند به بهینه‌سازی روش‌ها و فرایندها برای استفاده از این منابع طبیعی در صنایع مختلف تصفیه آب، منجر شود. [۱۲]

- بررسی انباشت فلزات سنگین توسط کرم‌های خاکی و کاربرد بیوماس آن‌ها در کاهش آلودگی‌ها



بیو جاذب‌ها به عنوان مواد طبیعی یا مصنوعی شناخته می‌شوند که قادرند آلاینده‌ها را از محیط‌های آبی و خاکی جذب و از بین ببرند. در این راستا، کرم‌های خاکی به عنوان یک نوع بیو جاذب با ویژگی‌های منحصر به فرد، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته‌اند. این متن به بررسی نقش کرم‌ها به عنوان بیو جاذب‌ها و مزایای استفاده از آن‌ها در جذب آلاینده‌ها می‌پردازد. کرم‌های خاکی، به ویژه گونه‌هایی مانند *Eisenia fetida*، در جذب و تجزیه آلاینده‌های محیطی ویژگی‌های برجسته‌ای دارند. آن‌ها با مصرف مواد آلی و تجزیه آن‌ها به ترکیبات قابل استفاده، به بهبود کیفیت خاک و آب کمک می‌کنند. کرم‌ها به وسیله دستگاه گوارش خود، طی فرآیند تجزیه زیستی قادر به جذب فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها از خاک و مواد آلی هستند. این فرآیند شامل جذب فیزیکی و شیمیایی آلاینده‌ها و تبدیل آن‌ها به ترکیبات غیرسمی می‌باشد. کرم‌ها می‌توانند فرآیند تجزیه مواد ارگانیک را تسریع کنند و در نتیجه زمان لازم برای بهبود کیفیت خاک و آب را کاهش دهند. فراورده‌های نهایی ناشی از فعالیت کرم‌ها، مانند ورمی‌کمپوست، غنی از مواد مغذی است که به بهبود باروری خاک و افزایش تولید محصولات کشاورزی کمک می‌کند. استفاده از کرم‌ها به عنوان بیو جاذب نسبت به دیگر روش‌های تصفیه محیطی هزینه کمتری دارد و از نظر اقتصادی به صرفه‌تر است. با وجود مزایای متعدد استفاده از کرم‌ها به عنوان بیو جاذب، چالش‌هایی نظیر شناسایی گونه‌های مناسب، شرایط محیطی بهینه و مقیاس‌پذیری فرآیندها وجود دارد. تحقیقات آینده باید بر روی بهینه‌سازی این فرآیندها و بررسی اثرات طولانی‌مدت استفاده از کرم‌ها بر محیط زیست متمرکز شوند. کرم‌ها به عنوان بیو جاذب‌ها می‌توانند نقش مهمی در بهبود کیفیت محیط زیست ایفا کنند. استفاده از آن‌ها می‌تواند به عنوان یک روش پایدار و اقتصادی برای مدیریت آلودگی‌ها و بهبود وضعیت خاک و آب در نظر گرفته شود. تحقیق و توسعه در این زمینه می‌تواند به یافتن راه‌حل‌های مؤثرتری برای چالش‌های زیست‌محیطی کمک کند. [۱۳]

- استفاده از دو کفه‌ای‌ها به عنوان شاخص‌های زیستی:



آبزیان فیلترکننده، مانند نرم تنانی که در محیط‌های آبی زندگی می‌کنند، به طور طبیعی به عنوان بیو جاذب‌های مؤثر در پاک‌سازی آب‌های آلوده عمل می‌کنند. این موجودات به دلیل توانایی بالای خود در قریب به اتفاق آلاینده‌های آب، توجه زیادی را در زمینه فن‌آوری‌های پالایشی و مدیریت زیست‌محیطی جلب کرده‌اند. این متن به بررسی نقش آبزیان فیلترکننده به عنوان بیو جاذب، مکانیزم‌های جذب آلاینده‌ها و مزایای آن‌ها خواهد پرداخت. آبزیان فیلترکننده، از جمله صدف‌ها، حلزون‌ها، و گازهای آبی، موجوداتی هستند که با فیلتر کردن ذرات معلق در آب و تغذیه از آن‌ها، نقش مهمی در اکوسیستم‌های آبی ایفا می‌کنند. این موجودات طی فرآیند تغذیه خود، مواد آلی و غیرآلی موجود در آب را استخراج کرده و به کیفیت آب کمک می‌کنند. آبزیان فیلترکننده با استفاده از سیستم‌های فیلترکننده خاص خود، می‌توانند انواع مختلفی از ذرات و آلاینده‌ها مانند فلزات سنگین، مواد آلی و میکروبی‌ها را جذب کنند. این فرآیند شامل جذب فیزیکی و شیمیایی آلاینده‌ها به ویژه از طریق پوست و بافت‌های نرم آن‌ها می‌باشد. مزایای استفاده از آبزیان فیلترکننده به عنوان بیو جاذب حذف مؤثر آلاینده‌ها: آبزیان فیلترکننده قادرند ذرات معلق و آلاینده‌های محیطی را از آب حذف کنند و به بهبود کیفیت آب کمک کنند. توسعه پایدار استفاده از این موجودات به عنوان بیو جاذب در پروژه‌های پالایشی می‌تواند به کاهش نیاز به فناوری‌های پیچیده و هزینه‌بر منجر می‌شود. فرآورده‌های طبیعی: این موجودات می‌توانند به عنوان منبع غذایی و مواد خام در صنایع مختلف به کار روند و در عین حال محیط زیست را حفظ کنند. آبزیان فیلترکننده به عنوان بیو جاذب‌ها در تعدادی از کاربردها استفاده می‌شوند، از جمله پالایش آب‌های آلوده: استفاده از این موجودات برای حذف فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی از آب‌های صنعتی و کشاورزی. مدیریت آبی‌پروری: بهبود کیفیت آب در مزارع آبی‌پروری از طریق استفاده از آبزیان فیلترکننده به عنوان بخشی از روش‌های مدیریت بوم‌شناختی. بازسازی اکوسیستم: استفاده از این موجودات در پروژه‌های مرمت زیستگاه‌های آبی به منظور بهبود کیفیت آب و شرایط زندگی موجودات دیگر. چالش‌ها و آینده تحقیقات: وجود مزایای استفاده از آبزیان فیلترکننده، چالش‌هایی نظیر شناخت گونه‌های مناسب و شرایط محیطی بهینه وجود دارد. تحقیقات آینده باید بر روی بهینه‌سازی این فرآیندها و بررسی تأثیرات طولانی‌مدت استفاده از آبزیان فیلترکننده بر کیفیت آب و اکوسیستم‌ها متمرکز شود. آبزیان فیلترکننده به عنوان بیو جاذب‌ها قابلیت‌های فوق‌العاده‌ای در پاک‌سازی آب و بهبود کیفیت آن دارند. تحقیق و توسعه در این زمینه می‌تواند به یافتن راه‌حل‌های مؤثرتری برای چالش‌های زیست‌محیطی کمک کند و به حفظ اکوسیستم‌های آبی یاری رساند. [۱۴]

• خون ماهی به عنوان یک بیو جاذب: بررسی جامع



در سال‌های اخیر، توجه ویژه‌ای به استفاده از مواد زیستی در فرآیندهای پالایش محیطی معطوف شده است. خون ماهی، به عنوان یک محصول جانبی از صنایع ماهیگیری و آبی‌پروری، به دلیل فراوانی و ترکیبات منحصر به فرد خود، به عنوان یک بیو جاذب بالقوه مورد توجه قرار گرفته است. این متن به بررسی جامع ویژگی‌ها، مکانیسم‌های جذب، کاربردها، مزایا و چالش‌های استفاده از خون ماهی به عنوان بیو جاذب می‌پردازد. خون ماهی، مانند خون سایر مهره‌داران، ترکیبی پیچیده از سلول‌ها و پلاسما است، اما ویژگی‌های منحصر به فردی دارد که آن را برای استفاده به عنوان بیو جاذب مناسب می‌سازد. پروتئین‌های فراوان: خون ماهی حاوی غلظت بالایی از پروتئین‌ها از جمله آلبومین و گلوبولین‌ها است که می‌توانند با آلاینده‌ها تعامل کرده و آن‌ها را جذب کنند. هموگلوبین: هموگلوبین، پروتئین حمل‌کننده اکسیژن در خون ماهی، دارای قابلیت بالایی در جذب فلزات سنگین و ترکیبات آلی است. لیپیدها: چربی‌ها و لیپیدهای موجود در خون ماهی می‌توانند در جذب ترکیبات آلی غیرقطبی مؤثر باشند. آنزیم‌ها: آنزیم‌های مختلف موجود در خون ماهی می‌توانند به تجزیه و تخریب برخی از آلاینده‌ها کمک کنند. خون ماهی از طریق مکانیسم‌های متعددی آلاینده‌ها را جذب می‌کند: جذب سطحی: پروتئین‌ها و لیپیدهای موجود در خون ماهی می‌توانند به سطح آلاینده‌ها چسبیده و آن‌ها را جذب کنند. این فرآیند به ویژه برای جذب فلزات سنگین و ترکیبات آلی مؤثر است. پیوندهای شیمیایی: گروه‌های عاملی موجود در پروتئین‌ها و سایر ترکیبات خون ماهی می‌توانند با آلاینده‌ها پیوندهای شیمیایی ایجاد کنند و آن‌ها را به خود متصل کنند. کمپلکس‌سازی: برخی از ترکیبات خون ماهی، مانند هموگلوبین، می‌توانند با فلزات سنگین کمپلکس تشکیل دهند.

و آن‌ها را از محلول جدا کنند. تجزیه زیستی: آنزیم‌های موجود در خون ماهی می‌توانند به تجزیه و تخریب برخی از آلاینده‌های آلی کمک کنند. خون ماهی می‌تواند در زمینه‌های مختلفی به عنوان بیو جاذب مورد استفاده قرار گیرد: تصفیه آب: حذف فلزات سنگین (مانند سرب، کادمیوم، و جیوه) از آب‌های آلوده. تصفیه فاضلاب: حذف رنگ‌ها، مواد شوینده، و سایر ترکیبات آلی از فاضلاب‌های صنعتی. تصفیه خاک: حذف آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین از خاک‌های آلوده. کاهش آلودگی هوا: جذب ترکیبات آلی فرار (VOCs) از هوا. خون ماهی به عنوان یک بیو جاذب بالقوه، دارای مزایای متعددی از جمله فراوانی، ارزان بودن، سازگاری با محیط زیست، و کارایی بالا در جذب آلاینده‌ها است. با این حال، چالش‌هایی مانند پایداری، خطر آلودگی، و نیاز به تحقیق بیشتر نیز وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرند. با توسعه روش‌های مناسب برای فرآوری و تثبیت خون ماهی، می‌توان از این ماده به طور مؤثر در فرآیندهای پالایش محیطی استفاده کرد و به کاهش آلودگی و حفظ محیط زیست کمک نمود. [۱۵]

- حذف آلاینده‌های کروم‌دیید گازی در هوا توسط خاکستراستخوان اصلاح شده



خاکستر استخوان به عنوان یک ماده معدنی سوزانده شده، از استخوان‌های حیوانات به دست می‌آید و دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است که آن را برای استفاده در صنایع مختلف مناسب می‌سازد. این ماده به‌ویژه در کشاورزی، صنایع ساختمانی و حتی در پزشکی و دندان‌پزشکی کاربرد دارد. مقاله حاضر به بررسی خواص، روش‌های تولید، کاربردها و مزایای خاکستر اصلاح شده استخوان می‌پردازد. خواص خاکستر اصلاح شده استخوان خاکستر عمدتاً از کلسیم فسفات ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) تشکیل شده است که منبع غنی از کلسیم و فسفر به شمار می‌رود. شامل مقادیر کمی از ترکیبات دیگر همچون منیزیم، فلزات سنگین، و عناصر ریزمغذی می‌باشد. خاکستر استخوان در شرایط خاصی دارای حلالیت بالایی در آب است که می‌تواند به عنوان منبعی برای ریشه‌های گیاهی عمل کند. این ماده پایداری معقولی دارد و در برابر تجزیه در شرایط محیطی مقاوم است. خاکستر استخوان از طریق سوزاندن استخوان‌های حیوانات در دماهای بالا تولید می‌شود. مراحل عمده تولید عبارت‌اند از: جمع‌آوری و آماده‌سازی استخوان‌ها؛ استخوان‌ها باید به دقت پاک‌سازی و از هرگونه چربی و بافت نرم برطرف شوند. سوزاندن: استخوان‌ها در کوره‌های مخصوص با دماهای بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده می‌شوند. این فرآیند باعث تبخیر تمامی بافت‌های آلی و باقی‌ماندن مواد معدنی خواهد شد. خرد کردن و الک کردن: خاکستر به دست آمده به صورت پودر در می‌آید و پس از الک شدن، آماده استفاده خواهد بود.

جذب سطحی: به دلیل سطح ویژه بالا و تخلخل، خاکستر استخوان می‌تواند آلاینده‌ها را بر روی سطح خود جذب کند.

تبادل یونی: ترکیبات کلسیم فسفاتی موجود در خاکستر استخوان می‌توانند با برخی از آلاینده‌های یونی تبادل شوند و آن‌ها را از محلول جدا کنند.

رسوب‌گذاری: خاکستر استخوان می‌تواند باعث رسوب‌گذاری برخی از آلاینده‌ها شود، به ویژه فلزات سنگین، با تشکیل ترکیبات نامحلول.

خاکستر اصلاح شده استخوان به عنوان یک ماده معدنی با ویژگی‌های منحصر به فرد، بخصوص در صنایع کشاورزی و ساختمانی، دارای کاربردهای وسیعی است. با توجه به مزایا و چالش‌ها، تحقیقات بیشتری برای بهینه‌سازی فرآیند تولید و ارتقاء کیفیت آن لازم است. به این ترتیب، خاکستر استخوان نه تنها می‌تواند به بهبود محصولات و مواد ساختمانی کمک کند بلکه یک راه‌کار پایدار برای مدیریت پسماندهای دامی نیز به شمار می‌رود. فرم الیید یکی از ترکیبات الی فرآر سمی است که بایستی از هوای الوده حذف شود یکی از روش‌های موجود برای حذف فرم الیید، فرایند جذب سطحی است هدف از این مطالعه تعیین تاثیر اصلاح سازی خاکستر استخوان بر ویژگی‌ها و ظرفیت جذبی اندر حذف گاز فرم الیید بود خاکستر استخوان به عنوان یک بیوجاذب می‌تواند یک گزینه مؤثر و پایدار برای حذف آلاینده‌های مختلف از محیط‌های آبی باشد. با توجه به مزایا و محدودیت‌های آن، تحقیقات بیشتری برای بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و استفاده از آن می‌تواند به توسعه روش‌های مؤثرتر و مقرون به صرفه‌تر برای تصفیه آب و پساب‌ها کمک کند. [۱۶]

- مروری بر جاذب‌ها و نانو جاذب‌های طبیعی کیتیو سان مورد استفاده در حذف آلاینده‌های فلزی آب



جاذب‌ها به عنوان مواد جامدی تعریف می‌شوند که می‌توانند یون‌ها یا مولکول‌های دیگر را از محلول جذب کنند. در تصفیه آب، جاذب‌ها برای حذف آلاینده‌های مختلف، از جمله فلزات سنگین سمی، به کار می‌روند. کیتوسان، یک پلی‌ساکارید طبیعی مشتق شده از کیتین، به دلیل ویژگی‌های منحصر بفرد خود، مانند زیست‌تخریب‌پذیری، زیست‌سازگاری، فراوانی و قیمت مناسب، به عنوان یک جاذب کارآمد برای فلزات سنگین شناخته می‌شود. با این حال، استفاده از کیتوسان به صورت خام به عنوان جاذب، دارای محدودیت‌هایی است که شامل سطح جذب پایین و سرعت جذب کند می‌باشد. به منظور بهبود کارایی کیتوسان، استفاده از نانو جاذب‌های کیتوسان مورد توجه قرار گرفته است. نانو جاذب‌ها با داشتن سطح بسیار بزرگ‌تر نسبت به جاذب‌های معمولی، سرعت جذب بالاتر و ظرفیت جذب بیشتر فلزات سنگین را ارائه می‌دهند. روش‌های مختلفی برای سنتز نانو جاذب‌های کیتوسان وجود دارد. از جمله می‌توان به روش‌های شیمیایی، فیزیکی و یا ترکیبی از هر دو روش اشاره کرد. برای مثال، نانو ذرات کیتوسان، نانوکامپوزیت‌های کیتوسان، و نانولوله‌های کیتوسان همگی نمونه‌هایی از نانو جاذب‌های کیتوسان می‌باشند. ویژگی‌های ساختاری نانو جاذب‌های کیتوسان، مانند اندازه ذرات، توزیع اندازه ذرات و مورفولوژی، بر روی کارایی جذب تأثیر می‌گذارند. مکانیسم جذب فلزات سنگین توسط نانو جاذب‌های کیتوسان، شامل مکانیسم‌های مختلفی مانند جذب شیمیایی، جذب فیزیکی، و تبادل یونی می‌باشد. عوامل مختلفی بر روی کارایی جذب تأثیر می‌گذارند از جمله pH محلول، غلظت فلز سنگین، دما، زمان تماس و میزان جاذب استفاده شده. به طور کلی، نانو جاذب‌های کیتوسان به دلیل ویژگی‌های منحصر بفرد خود، از جمله زیست‌تخریب‌پذیری، زیست‌سازگاری و کارایی جذب بالا، به عنوان یک گزینه امیدوار کننده برای حذف فلزات سنگین از آب‌های آلوده محسوب می‌شوند. با این حال، تحقیقات بیشتری برای بهینه‌سازی روش‌های سنتز و بهبود کارایی این نانو جاذب‌ها لازم است. مطالعات در حال انجام بر روی بهینه‌سازی عوامل مؤثر بر جذب و نیز ارائه مدل‌های ریاضی برای پیش‌بینی کارایی جذب با توجه به شرایط عملیاتی، کمک به پیشرفت و توسعه این فناوری می‌کند. همچنین بررسی هزینه‌ها و ارزیابی راندمان زیست‌محیطی این روش‌ها در مقیاس بزرگ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۱. روش‌های شیمیایی: روش سل-ژل: در این روش، کیتوسان در یک حلال مناسب حل شده و با افزودن عوامل شبکه‌ساز (مثل گلو تار آلدئید) به صورت ژل در می‌آید. سپس این ژل خشک شده و به پودر تبدیل می‌شود. با کنترل شرایط واکنش، می‌توان اندازه ذرات و خواص دیگر نانو جاذب را کنترل کرد.

روش رسوب‌دهی شیمیایی: در این روش، با استفاده از واکنش‌های شیمیایی، کیتوسان به صورت نانو ذرات رسوب داده می‌شود. برای مثال، می‌توان از واکنش کیتوسان با یک عامل کاهنده یا اکسید کننده برای ایجاد نانوذرات کیتوسان استفاده کرد.

روش اصلاح شیمیایی: در این روش، گروه‌های عاملی روی زنجیره کیتوسان اصلاح می‌شوند تا خواص جذب آن افزایش یابد. برای مثال، می‌توان از واکنش‌های شیمیایی برای افزودن گروه‌های عاملی جدید مانند کربوکسیل یا آمین به زنجیره کیتوسان استفاده کرد. این روش می‌تواند منجر به افزایش ظرفیت جذب فلزات سنگین شود. مواد اصلاح کننده شامل اسیدهای آلی، بازها، و سایر ترکیبات شیمیایی هستند.

۲. روش‌های فیزیکی: روش اولتراسونیکاسیون: در این روش، با استفاده از امواج فراصوت، کیتوسان به نانو ذرات با اندازه کوچک‌تر تبدیل می‌شود. این روش به دلیل سادگی و سرعت بالا، مورد توجه قرار گرفته است.



روش آسیاب گلوله‌ای: در این روش، کیتوسان توسط گلوله‌های کوچک در یک ظرف بسته آسیاب می‌شود تا به نانو ذرات تبدیل شود. این روش نیز می‌تواند در کنترل اندازه نانو ذرات مؤثر باشد.

روش الکترواسپینینگ: این روش برای تولید نانو الیاف کیتوسان به کار می‌رود. محلول کیتوسان از طریق یک نازل به سمت یک میدان الکتریکی پاشیده می‌شود و به دلیل نیروی الکترواستاتیک، الیاف نازک و پیوسته تولید می‌شوند.

. روش‌های ترکیبی:

روش‌های ترکیبی، شامل استفاده از روش‌های شیمیایی و فیزیکی به طور همزمان است. برای مثال، می‌توان از روش سل-ژل همراه با سونیکاسیون استفاده کرد تا به نانو ذرات کیتوسان با اندازه و خواص دلخواه دست یافت.

عوامل مؤثر بر انتخاب روش سنتز: هزینه: برخی روش‌ها نسبت به روش‌های دیگر هزینه بیشتری دارند.

کنترل اندازه ذرات: هر روش در کنترل اندازه ذرات نانو جاذب، کارایی متفاوتی دارد.

خواص نانو جاذب: روش انتخابی باید منجر به تولید نانو جاذبی با خواص مطلوب شود.

پیچیدگی فرآیند: برخی روش‌ها پیچیدگی بیشتری نسبت به سایر روش‌ها دارند.

مکانیسم جذب فلزات سنگین توسط جاذب‌های کیتوسان، پیچیده و اغلب ترکیبی از چند مکانیسم است. با این حال، می‌توان مکانیسم‌های اصلی را به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

۱. جذب فیزیکی (فیزیکو سورپشن): نیروهای واندروالس: در این مکانیسم، یون‌های فلزی به سطح جاذب کیتوسان به دلیل نیروهای واندروالس ضعیف جذب می‌شوند. این نوع جذب، به‌طور معمول، برگشت‌پذیر است و با افزایش دما کاهش می‌یابد.

جذب چند لایه: در این مکانیسم، یون‌های فلزی می‌توانند در چند لایه روی سطح جاذب کیتوسان جذب شوند. این نوع جذب به‌طور معمول، در غلظت‌های بالای فلزات سنگین و در جاذب‌هایی با سطح ویژه بالا اتفاق می‌افتد.

۲. جذب شیمیایی (کمی سورپشن): تشکیل کمپلکس: در این مکانیسم، یون‌های فلزی با گروه‌های عاملی موجود در ساختار کیتوسان (مانند گروه‌های آمینو و هیدروکسیل) پیوندهای شیمیایی قوی‌تر تشکیل می‌دهند. این نوع جذب، غالباً برگشت‌ناپذیر است و به شدت تحت تأثیر pH محلول قرار می‌گیرد. پیوندهای تشکیل شده می‌توانند از نوع کوئوردیناسیونی، یونی یا هیدروژنی باشند.



تبادل یونی: در این مکانیسم، یون‌های فلزی با یون‌های موجود در ساختار جاذب کیتوسان (یا اصلاحات انجام شده بر روی کیتوسان) تبادل می‌شوند. برای مثال، یون‌های فلزی ممکن است با یون‌های هیدروژن موجود در گروه‌های آمینو تبادل شوند. این مکانیسم به‌ویژه در جاذب‌هایی که با گروه‌های عاملی اسیدی یا بازی اصلاح شده‌اند، اهمیت بیشتری دارد.

تشکیل پیوندهای کووالانسی: این نوع از پیوندهای قوی‌تر از پیوندهای یونی هستند و در برخی موارد خاص، مثلاً با اصلاح شیمیایی مناسب کیتوسان، می‌توانند تشکیل شوند.

تأثیر اصلاحات شیمیایی بر مکانیسم جذب: اصلاحات شیمیایی کیتوسان، نقش مهمی در تعیین مکانیسم جذب و افزایش ظرفیت آن دارد. برای مثال، اصلاح کیتوسان با گروه‌های کربوکسیل، امکان تبادل یونی با یون‌های فلزی را افزایش می‌دهد، در حالی که افزودن گروه‌های آمینو، امکان تشکیل کمپلکس‌های قوی‌تر را فراهم می‌کند. همچنین، اصلاح کیتوسان با نانوذرات یا پلیمرهای دیگر، می‌تواند منجر به افزایش سطح ویژه و در نتیجه افزایش ظرفیت جذب فیزیکی شود.

مقایسه جذب فیزیکی: به‌طور معمول ظرفیت جذب کمتری نسبت به جذب شیمیایی دارد، برگشت‌پذیر است و به دما وابسته است.

جذب شیمیایی: به‌طور معمول ظرفیت جذب بالاتری دارد، غالباً برگشت‌ناپذیر است و به pH محلول وابستگی قوی دارد.

به‌طور خلاصه، مکانیسم جذب در جاذب‌های کیتوسان پیچیده است و اغلب ترکیبی از مکانیسم‌های فیزیکی و شیمیایی است. نوع و قدرت پیوندها بین یون‌های فلزی و جاذب، به عوامل مختلفی مانند نوع جاذب کیتوسان، روش سنتز آن، pH محلول، دما، و غلظت فلز بستگی دارد. تحقیقات بیشتری برای درک کامل مکانیسم‌های جذب در سیستم‌های مختلف لازم است. برای مقایسه بيو جاذب‌های کیتوسان بر حسب مطالعات انجام شده، می‌توان جنبه‌های مختلفی از جمله نوع اصلاحات، کارایی در حذف فلزات سنگین، روش‌های سنتز، و مکانیزم‌های جذب را بررسی کرد. در ادامه به برخی از مطالعات مهم در این زمینه و مقایسه ویژگی‌های مختلف بيو جاذب‌های کیتوسان پرداخته می‌شود:

۱. اصلاحات شیمیایی و فیزیکی بيو جاذب‌های کیتوسان

اصلاح با گروه‌های عاملی: به عنوان مثال، اضافه کردن گروه‌های کربوکسیل یا آمینو می‌تواند ظرفیت جذب فلزات سنگین را افزایش دهد. مطالعات نشان داده‌اند که کیتوسان اصلاح شده با گروه‌های عاملی می‌تواند جذب بهتری از یون‌های فلزی مانند Pb^{2+} ، Cu^{2+} و Ni^{2+} داشته باشد.

کربن‌سازی: مطالعه‌ای نشان داد که نانو جاذب‌های کیتوسان کربن‌سازی شده می‌توانند ظرفیت جذب بالاتری دارند و ذرات کربنی تولید شده در این فرایند باعث افزایش سطح خاص و در نتیجه افزایش جذب می‌شوند.



هیبریدسازی با نانوذرات: ترکیب کیتوسان با نانوذرات مانند اکسید آهن، کارایی جذب را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد. تحقیقات نشان می دهد که این نوع بیو جاذب ها قادر به حذف مؤثر یون های فلزی و همچنین بهبود جداسازی آن ها هستند.

۲. کارایی در حذف فلزات سنگین

مطالعات متعددی به بررسی کارایی کیتوسان به عنوان بیو جاذب پرداخته اند:

نرخ جذب: بسیاری از مطالعات نشان داده اند که کیتوسان می تواند میزان بالایی از فلزات سنگین را در زمان کوتاه حذف کند. به طور خاص، نرخ جذب Pb^{2+} و Cu^{2+} در برخی از مطالعات بالای ۹۰٪ گزارش شده است.

تأثیر pH: جذب فلزات سنگین به pH محلول بستگی دارد. تحقیقات نشان داده است که در pH بین ۴ تا ۶، کارایی جذب کیتوسان به اوج خود می رسد.

مدت زمان تماس: زمان بهینه برای جذب نیز در مطالعات مختلف متفاوت بوده است، اما اکثر آن ها نشان می دهند که جذب در ۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه به ثبات می رسد.

۳. مکانیسم های جذب

مکانیسم های جذب در بیو جاذب های کیتوسان از جمله موارد زیر است:

تبادل یونی: برخی از تحقیقات نشان می دهند که جذب فلزات سنگین از طریق تبادل یونی بین یون های فلز و یون های موجود در کیتوسان انجام می شود.

تشکیل کمپلکس: گروه های آمین و هیدروکسیل در ساختار کیتوسان به تشکیل کمپلکس های قوی با یون های فلز کمک می کنند. تحقیقات نشان داده است که این مکانیسم به ویژه در حذف آهن، منگنز و کادمیوم مؤثر است.

جذب فیزیکی: قدرت جذب فیزیکی بخصوص در کیتوسان های غیر اصلاح شده نیز قابل توجه است، اما با اصلاحات شیمیایی می توان به کارایی بالاتری دست یافت.

۴. هزینه ها و پایداری

مطالعات همچنین به بررسی هزینه های تولید و پایداری بیو جاذب های کیتوسان پرداخته اند:



مقرون به صرفه بودن: کیتوسان به عنوان یک بیو جاذب از نظر اقتصادی به صرفه است، به خصوص وقتی با ضایعات کشاورزی ترکیب شود. مطالعات نشان دادند که استفاده از ضایعات کیتوسان در مقایسه با جاذب‌های شیمیایی هزینه کمتری دارد. دوام و پایداری: برخی مطالعات بر روی پایداری بیو جاذب‌های کیتوسان در شرایط مختلف تأکید کرده‌اند. به عنوان مثال، فناوری‌های جدید در بهینه‌سازی استحکام و دوام بیو جاذب‌ها نتایج مثبتی به همراه داشته‌اند.[۱۷]

بیوجاذب اصلاح شده:

نانو ذرات آهن صفر: نانوذرات آهن صفر (nZVI) یکی از مبتکرانه‌ترین مواد جاذب در علم تصفیه آب و محیط زیست هستند که به دلیل خواص منحصر به فرد خود، به طور گسترده‌ای در حذف آلاینده‌های مختلف به کار گرفته می‌شوند. با توجه به افزایش آلودگی‌های صنعتی و محیطی، نانوذرات آهن صفر به عنوان یک راهکار مؤثر و پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند. نانوذرات آهن صفر اندازه‌ای بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند و به دلیل سطح ویژه بالا و واکنش پذیری زیاد، توانایی بالایی در جذب آلاینده‌ها دارند. ویژگی‌های کلیدی این نانوذرات عبارتند از: سطح ویژه بالا: سطح بزرگ نانوذرات به آن‌ها اجازه می‌دهد که به طور مؤثرتر با مولکول‌های آلاینده واکنش نشان دهند. فعالیت شیمیایی: آهن صفر به دلیل حالت عنصر خود، به راحتی می‌تواند با بسیاری از ترکیبات شیمیایی واکنش دهد و آلاینده‌ها را کاهش دهد. قابلیت تجزیه بیومواد: nZVI می‌تواند برخی از ترکیبات آلی و نمک‌های فلزات سنگین را به شکلی پایدار تجزیه کرده و حذف کند. دوستدار محیط زیست: این نانوذرات آهن صفر به عنوان یکی از نوآورانه‌ترین و مؤثرترین بیوجاذب‌ها شناخته می‌شوند و توانایی بالایی در حذف آلاینده‌ها از محیط طبیعی دارند. با توجه به پتانسیل‌های این نانوذرات، تحقیقات بیشتری برای بهبود ویژگی‌ها و فرآیندهای به کارگیری آن‌ها می‌تواند به پایداری بیشتر و افزایش کارایی در تصفیه آب و خاک منجر شود.

گرافن و اکسید گرافن

گرافن و اکسید گرافن دو ماده نوآورانه‌ای هستند که به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد خود، توجه زیادی را در زمینه‌های مختلف علمی و صنعتی جلب کرده‌اند. گرافن به عنوان یک ماده‌ی دو بعدی، ساختار کربنی با دوام و خواص الکتریکی عالی دارد. اکسید گرافن به عنوان یک ماده‌ی مرکب از گرافن با گروه‌های اکسیژن دارایی ویژگی‌های شیمیایی متفاوت و کاربردهای گسترده‌تری است. گرافن یک لایه از اتم‌های کربن است که به شکل یک شبکه دو بعدی با ساختار شش ضلعی (hexagonal) قرار گرفته‌اند. این ساختار باعث می‌شود که گرافن دارای خواص منحصر به فردی باشد. مقاومت مکانیکی بالا: گرافن یکی از قوی‌ترین مواد شناخته شده است و مقاومت کششی آن تا ۲۰۰ برابر فولاد می‌باشد. هدایت الکتریکی بالا: الکترون‌ها در گرافن به راحتی حرکت کرده و بنابراین گرافن یک ابررسانا (superconductor) محسوب می‌شود. هدایت حرارتی: گرافن دارای رسانایی حرارتی بسیار بالا است، که آن را به یک ماده مطلوب برای کاربردهای حرارتی تبدیل می‌کند.



اکسید گرافن، فرم اکسید شده گرافن است که حاوی گروه‌های اکسیژن (مانند هیدروکسیل، کربونیل و اپوکسید) می‌باشد. این گروه‌ها، ویژگی‌های شیمیایی گرافن را تغییر داده و اکسید گرافن را به یک ماده قابل حل در آب تبدیل می‌کنند.

خاصیت آماده‌سازی: اکسید گرافن در آب به راحتی معلق می‌شود، که این ویژگی باعث می‌شود که در کاربردهای مختلف به راحتی مورد استفاده قرار گیرد.

قابلیت تغییر شیمیایی: گروه‌های اکسیژن بر روی سطح اکسید گرافن قابلیت‌های شیمیایی متنوعی فراهم می‌آورند، که امکان ساخت مواد مرکب جدید و ترکیب‌های شیمیایی را فراهم می‌کنند.

۲.۲. کاربردها

اکسید گرافن برای طیف گسترده‌ای از کاربردها مناسب است:

حسگرها: به دلیل ویژگی‌های الکتروشیمیایی، اکسید گرافن در تولید حسگرهای بسیار حساس برای تشخیص مواد شیمیایی و بیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تصفیه آب: به عنوان یک جاذب مؤثر در حذف فلزات سنگین و مواد آلی مضر از آب، اکسید گرافن می‌تواند به عنوان یک گزینه مؤثر در تصفیه آب مدنظر قرار گیرد.

مواد نانوکامپوزیتی: ترکیب اکسید گرافن با پلیمرها یا مواد دیگر می‌تواند خواص مکانیکی و الکتریکی این نانوکامپوزیت‌ها را بهبود ببخشد.

۳. مقایسه گرافن و اکسید گرافن

هدایت الکتریکی: گرافن به دلیل عدم وجود گروه‌های اکسیژن، هدایت الکتریکی بسیار بالاتری نسبت به اکسید گرافن دارد. اکسید گرافن به‌طور معمول از این نظر ضعیف‌تر است.

قابلیت انتشار: اکسید گرافن به دلیل محتوای اکسیژن و امکان حل شدن در آب، می‌تواند برای کاربردهای بیولوژیکی و شیمیایی مناسب‌تر باشد.



آسانی در اصلاح: اکسید گرافن به آسانی می تواند تحت فرآیندهای شیمیایی مختلف قرار گیرد و به مواد جدید تبدیل شود.

نتیجه گیری: گرافن و اکسید گرافن به عنوان دو ماده کلیدی در علم مواد و فناوری های نوین شناخته می شوند. ویژگی های برجسته آنها، پتانسیل بهبود خواص و ویژگی های مواد می توانند در زمینه های مختلف از جمله الکترونیک، پزشکی، و تصفیه آب استفاده شوند. با وجود چالش های موجود در تولید و استفاده از این مواد، تحقیقات بیشتر می تواند به توسعه کاربردهای جدید و بهبود فرآیندهای موجود کمک کند و پتانسیل های این مواد را در صنعت و علم به حداکثر برساند. [۱۸]

- بکارگیری سلول های اصلاح شده شیمیایی آسپرژیلوس نایجر به عنوان بیو جاذب بالقوه برای حذف مس از پساب های صنعتی

یکی از چالش های عمده در حوزه مهندسی محیط زیست، آلودگی آب و خاک توسط فلزات سنگین است که تهدیدی جدی برای سلامت انسان و محیط زیست به شمار می رود. مس یکی از فلزات سنگینی است که در صنایع مختلف مانند معدن کاری، تولید باتری، رنگ ها و الکترونیک تولید می شود و در نتیجه، در پساب های صنعتی یافت می شود. این فلز به ویژه برای اکوسیستم های آبی خطرناک است زیرا می تواند به سرعت در زنجیره غذایی تجمع یابد و اثرات منفی بر موجودات آبی و انسان ها بگذارد. از این رو، حذف موثر مس از پساب ها، یکی از نیازهای ضروری در تصفیه آب صنعتی است. در این راستا، بیو جاذب ها به عنوان یکی از روش های سبز و مقرون به صرفه برای حذف آلاینده ها از پساب های صنعتی شناخته می شوند.



بیو جاذب‌ها معمولاً از مواد زیستی طبیعی مانند مواد زائد کشاورزی یا میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شوند که به طور طبیعی توانایی جذب آلاینده‌ها از محیط‌های آبی را دارند. یکی از نمونه‌های مورد توجه، سلول‌های اصلاح‌شده آسپرژیلوس نایجر است که به‌طور خاص برای حذف مس از پساب‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. آسپرژیلوس نایجر یک قارچ رشته‌ای است که به‌طور طبیعی قادر به جذب برخی فلزات سنگین از محیط است. با این حال، استفاده از این جاذب‌های طبیعی به‌طور محدود در تصفیه پساب‌های صنعتی به دلیل سطح جذب نسبی پایین آنها با محدودیت‌هایی مواجه است. بنابراین، برای افزایش کارایی این بیو جاذب‌ها، اصلاحات شیمیایی بر روی سلول‌های آسپرژیلوس نایجر انجام می‌شود تا ویژگی‌های آنها برای جذب مس بهبود یابد. در تحقیقات مختلف، سلول‌های آسپرژیلوس نایجر با استفاده از روش‌های شیمیایی مختلف، از جمله کراس لینکینگ یا افزودن گروه‌های عاملی، اصلاح شده‌اند. این اصلاحات باعث افزایش سطح تماس و فعالیت شیمیایی سلول‌ها می‌شود و به این ترتیب، ظرفیت جذب آنها برای مس به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. علاوه بر این، برخی از اصلاحات شیمیایی می‌تواند پایداری بیو جاذب‌ها را در شرایط محیطی مختلف، مانند pH متفاوت و دما، تقویت کند. مطالعات آزمایشگاهی نشان داده است که سلول‌های اصلاح‌شده آسپرژیلوس نایجر قادر به جذب مقادیر زیادی مس از پساب‌های صنعتی هستند. این بیو جاذب‌ها نه تنها در مدت زمان کوتاه‌تری مس را از محیط‌های آبی حذف می‌کنند، بلکه به دلیل استفاده از مواد طبیعی در فرآیند تولیدشان، اثرات منفی کمتری بر محیط‌زیست دارند. از طرفی دیگر، این فرآیند به‌طور اقتصادی مقرون‌به‌صرفه‌تر از روش‌های شیمیایی است و امکان استفاده مجدد از بیو جاذب‌های اصلاح‌شده پس از بازیابی مس را فراهم می‌آورد. در نهایت، سلول‌های اصلاح‌شده آسپرژیلوس نایجر به‌عنوان بیو جاذب‌هایی با توان جذب بالا، یک روش نوآورانه و کارآمد برای حذف مس از پساب‌های صنعتی به شمار می‌روند که می‌تواند در کاهش آلودگی‌های فلزات سنگین در آب‌های صنعتی نقش مؤثری ایفا کند. جداسازی و پیش تغلیظ فلزات سنگین با استفاده از نانو ذرات اصلاح‌شده بیو جاذب‌ها و اسپکترومتری آلودگی فلزات سنگین در منابع آبی و خاک، یک چالش زیست‌محیطی جدی است که نیازمند راهکارهای مؤثر و پایدار برای حذف و یا کاهش غلظت این آلاینده‌ها است. فلزات سنگین از طریق فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و شهری وارد محیط زیست می‌شوند و به دلیل سمیت بالا، قابلیت تجمع زیستی و پایداری، خطرات قابل توجهی برای سلامتی انسان و اکوسیستم‌ها ایجاد می‌کنند. از این رو، توسعه روش‌های کارآمد برای جداسازی، پیش تغلیظ و اندازه‌گیری دقیق این فلزات در نمونه‌های مختلف زیست‌محیطی از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این میان، استفاده از بیو جاذب‌ها به عنوان یک روش سبز و اقتصادی برای حذف فلزات سنگین مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. بیو جاذب‌ها موادی هستند که از منابع زیستی مانند بقایای گیاهی، جلبک‌ها، قارچ‌ها و باکتری‌ها به دست می‌آیند و توانایی جذب فلزات سنگین از محلول‌های آبی را دارند. با این حال، بیو جاذب‌های طبیعی اغلب دارای ظرفیت جذب پایین، گزینش‌پذیری محدود و پایداری کم هستند که استفاده از آنها را در مقیاس صنعتی محدود می‌کند. برای بهبود کارایی بیو جاذب‌ها، روش‌های مختلفی برای اصلاح آنها به کار گرفته شده است. یکی از این روش‌ها، استفاده از نانو ذرات است. نانو ذرات به دلیل سطح ویژه بالا، اندازه کوچک و خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد، می‌توانند به طور قابل توجهی ظرفیت جذب، گزینش‌پذیری و پایداری بیو جاذب‌ها را افزایش دهند. اصلاح بیو جاذب‌ها با نانو ذرات می‌تواند از طریق روش‌های مختلفی انجام شود، از جمله: نشان دادن نانو ذرات بر روی سطح بیو جاذب؛ در این روش، نانو ذرات فلزی، اکسید فلزی یا کربنی بر روی سطح بیو جاذب قرار داده می‌شوند تا سطح تماس و تعداد جایگاه‌های فعال برای جذب فلزات سنگین افزایش یابد. آمیختن نانو ذرات در ساختار بیو جاذب؛ در این روش، نانو ذرات به صورت همگن در ساختار بیو جاذب توزیع می‌شوند تا خواص مکانیکی، حرارتی و شیمیایی بیو جاذب بهبود یابد. عاملی کردن سطح نانو ذرات با لیگاندهای خاص؛ در این روش، سطح نانو ذرات با مولکول‌های آلی که دارای گروه‌های عاملی خاص هستند، پوشانده می‌شود تا گزینش‌پذیری بیو جاذب برای فلزات سنگین خاص افزایش یابد. استفاده از نانو ذرات اصلاح‌شده بیو جاذب‌ها



به عنوان یک روش پیش تغلیظ، به ویژه برای نمونه‌های آبی با غلظت پایین فلزات سنگین، بسیار مفید است. در این روش، ابتدا فلزات سنگین موجود در نمونه آبی توسط نانو ذرات اصلاح‌شده بیو جاذب جذب می‌شوند و سپس بیو جاذب از محلول جدا شده و فلزات سنگین جذب شده از آن استخراج می‌شوند. این فرآیند باعث افزایش غلظت فلزات سنگین و تسهیل اندازه‌گیری آن‌ها با استفاده از روش‌های تجزیه‌ای مختلف می‌شود. یکی از روش‌های تجزیه‌ای رایج برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین، اسپکترومتری است. روش‌های اسپکترومتری، مانند اسپکترومتری جذب اتمی (AAS)، اسپکترومتری نشر اتمی با پلاسما جفت‌شده القایی (ICP-AES) و اسپکترومتری جرمی با پلاسما جفت‌شده القایی (ICP-MS)، از جمله روش‌های حساس، دقیق و پرکاربرد برای تعیین کمی فلزات سنگین در نمونه‌های مختلف هستند. استفاده از نانو ذرات اصلاح‌شده بیو جاذب‌ها به عنوان یک روش پیش تغلیظ قبل از اندازه‌گیری با اسپکترومتری، می‌تواند حد تشخیص و دقت اندازه‌گیری را بهبود بخشد و امکان تعیین غلظت‌های بسیار پایین فلزات سنگین را فراهم کند. در نهایت، ترکیب روش‌های جداسازی و پیش تغلیظ با استفاده از نانو ذرات اصلاح‌شده بیو جاذب‌ها و اندازه‌گیری با اسپکترومتری یک راهکار قدرتمند و کارآمد برای پایش و کنترل آلودگی فلزات سنگین در محیط زیست ارائه می‌دهد. این روش می‌تواند در زمینه‌های مختلفی از جمله تصفیه آب و فاضلاب، پایش کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، ارزیابی آلودگی خاک و رسوبات، و تعیین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های زیستی مورد استفاده قرار گیرد. [۱۹]

• تصفیه پساب‌های صنعتی با استفاده از غشا‌های مایع امولسیون

پیشرفت روزافزون صنعت و مسائل اقتصادی جهان امروز منجر به تولید و انتشار پساب‌های صنعتی با درصد سمیت و خواص مختلف گردیده است. فرآیندهایی که در حال حاضر برای تصفیه پساب‌ها بکار می‌روند شامل فرآیندهای فیزیکی همچون جذب سطحی یا فیلتراسیون با استفاده از فیلترشنی؛ فرآیندهای شیمیایی همچون لخته‌سازی به کمک افزودن نمک‌های آلومینیوم به پساب یا استفاده از نمک‌های آهن و مواد پلیمری و فرآیند بیولوژیکی همچون فرایند لجن فعال و تجزیه بی‌هوازی می‌باشد. هر کدام از فرآیندهای نام برده برای انواع خاصی از پساب صنعتی کارایی داشته و الزامات مختص به خود را دارا می‌باشند. با این وجود هنوز هم در تصفیه آلاینده‌های آلی و یا فلزات سنگین موجود در پساب مشکلاتی مشاهده می‌گردد. این ترکیبات باعث کاهش کارایی روش‌های تصفیه پساب مانند فرآیند بیولوژیکی می‌گردند. فرایند غشای مایع تمام مزایای فرایند بیولوژیکی را دارا بوده و و عین حالبا استفاده از آنها می‌توان ترکیبات موجود در پساب را ساده تر و بسیار ارزان تر استخراج نمود.



واژه کلیدی: تصویه پساب، غشای مایع امولسیون، فلزات سنگین، آلاینده های الینوذرات به عنوان یک راهکار پایدار تلقی می شوند، زیرا ترکیباتی که تولید می کنند معمولاً غیرسمی هستند. مکانیزم جذب و حذف آلاینده ها نانوذرات آهن صفر به چندین روش قادر به حذف آلاینده ها از محیط های آبی و خاکی هستند: کاهش شیمیایی: nZVI می تواند با آلاینده های آلی و فلزات سنگین واکنش داده و آن ها را به اشکالی غیرسمی تبدیل کند. برای مثال، این نانوذرات قادرند ترکیبات آلی کلردار (مانند TCE و PCE) را به اشکال غیرسمی کاهش دهند. تبادل یونی: نانوذرات آهن صفر می توانند با یون های موجود در محلول آب تبادل کنند و این عمل به حذف آلاینده های یونی کمک می کند. جذب سطحی: به دلیل مقدار بالای سطح ویژه، این نانوذرات می توانند ترکیبات مختلف را روی سطح خود جذب کنند. نانوذرات آهن صفر در چندین حوزه کاربرد دارد و به عنوان یک راهکار مؤثر شناخته می شود: تصفیه آب: nZVI به عنوان یک جاذب اساسی در تصفیه آب های آلوده به فلزات سنگین و مواد آلی به کار می رود. این مشخصات آن ها باعث می شود که در تصفیه پساب های صنعتی و آبیاری کشاورزی مؤثر باشند. تجزیه ترکیبات آلی: nZVI برای تجزیه ترکیبات آلی مضر مانند هیدروکربن های کلردار و ترکیبات آلی سمی کاربرد دارد. این خاصیت می تواند به کاهش آلودگی در آب های سطحی و زیرزمینی کمک کند. محیط زیست: این نانوذرات به خاطر قابلیت های خود، در بهبود کیفیت خاک و آب های زیرزمینی و همچنین پسماندهای صنعتی استفاده می شوند. هر چند نانوذرات آهن صفر دارای ویژگی های مزیت آور زیادی هستند، اما چالش ها و محدودیت هایی نیز دارند: پایداری در محیط: یکی از مشکلات nZVI پایداری آن ها در محیط های مختلف است. این نانوذرات ممکن است به سرعت اکسید نانوذرات آهن صفر به عنوان یکی از نوآورانه ترین و مؤثرترین بیوجاذب ها شناخته می شوند و توانایی بالایی در حذف آلاینده ها از محیط طبیعی دارند. با توجه به پتانسیل های این نانوذرات، تحقیقات بیشتری برای بهبود ویژگی ها و فرآیندهای به کارگیری آن ها می تواند به پایداری بیشتر و افزایش کارایی در تصفیه آب و خاک منجر شود.

گرافن و اکسید گرافن

گرافن و اکسید گرافن دو ماده نوآورانه ای هستند که به دلیل ویژگی های فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد خود، توجه زیادی را در زمینه های مختلف علمی و صنعتی جلب کرده اند. گرافن به عنوان یک ماده ی دو بعدی، ساختار کربنی با دوام و خواص الکتریکی عالی دارد. اکسید گرافن به عنوان یک ماده ی مرکب از گرافن با گروه های اکسیژن دارایی ویژگی های شیمیایی متفاوت و کاربردهای گسترده تری است. گرافن یک لایه از اتم های کربن است که به شکل یک شبکه دو بعدی با ساختار شش ضلعی (hexagonal) قرار گرفته اند. این ساختار باعث می شود که گرافن دارای خواص منحصر به فردی باشد. مقاومت مکانیکی بالا: گرافن یکی از قوی ترین مواد شناخته شده است و مقاومت کششی آن تا ۲۰۰ برابر فولاد می باشد. هدایت الکتریکی بالا: الکترون ها در گرافن به راحتی حرکت کرده و بنابراین گرافن یک ابررسانا (superconductor) محسوب می شود. هدایت حرارتی: گرافن دارای رسانایی حرارتی بسیار بالا است، که آن را به یک ماده مطلوب برای کاربردهای حرارتی تبدیل می کند. اکسید گرافن، فرم اکسید شده گرافن است که حاوی گروه های اکسیژن (مانند هیدروکسیل، کربونیل و اپوکسید) می باشد. این گروه ها، ویژگی های شیمیایی گرافن را تغییر داده و اکسید گرافن را به یک ماده قابل حل در آب تبدیل می کنند.

خاصیت آماده سازی: اکسید گرافن در آب به راحتی معلق می شود، که این ویژگی باعث می شود که در کاربردهای مختلف به راحتی مورد استفاده قرار گیرد.



قابلیت تغییر شیمیایی: گروه‌های اکسیژن بر روی سطح اکسید گرافن قابلیت‌های شیمیایی متنوعی فراهم می‌آورند، که امکان ساخت مواد مرکب جدید و ترکیب‌های شیمیایی را فراهم می‌کنند.

اکسید گرافن برای طیف گسترده‌ای از کاربردها مناسب است:

حسگرها: به دلیل ویژگی‌های الکتروشیمیایی، اکسید گرافن در تولید حسگرهای بسیار حساس برای تشخیص مواد شیمیایی و بیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تصفیه آب: به عنوان یک جاذب مؤثر در حذف فلزات سنگین و مواد آلی مضر از آب، اکسید گرافن می‌تواند به عنوان یک گزینه مؤثر در تصفیه آب مدنظر قرار گیرد.

مواد نانوکامپوزیتی: ترکیب اکسید گرافن با پلیمرها یا مواد دیگر می‌تواند خواص مکانیکی و الکتریکی این نانوکامپوزیت‌ها را بهبود ببخشد.

۳. مقایسه گرافن و اکسید گرافن

هدایت الکتریکی: گرافن به دلیل عدم وجود گروه‌های اکسیژن، هدایت الکتریکی بسیار بالاتری نسبت به اکسید گرافن دارد. اکسید گرافن به‌طور معمول از این نظر ضعیف‌تر است.

قابلیت انتشار: اکسید گرافن به دلیل محتوای اکسیژن و امکان حل شدن در آب، می‌تواند برای کاربردهای بیولوژیکی و شیمیایی مناسب‌تر باشد.

آسانی در اصلاح: اکسید گرافن به آسانی می‌تواند تحت فرآیندهای شیمیایی مختلف قرار گیرد و به مواد جدید تبدیل شود.

گرافن و اکسید گرافن به عنوان دو ماده کلیدی در علم مواد و فناوری‌های نوین شناخته می‌شوند. ویژگی‌های برجسته آن‌ها، پتانسیل بهبود خواص و ویژگی‌های مواد می‌توانند در زمینه‌های مختلف از جمله الکترونیک، پزشکی، و تصفیه آب استفاده شوند. با وجود چالش‌های موجود در تولید و استفاده از این مواد، تحقیقات بیشتر می‌تواند به توسعه کاربردهای جدید و بهبود فرآیندهای موجود کمک کند و پتانسیل‌های این مواد را در صنعت و علم به حداکثر برساند. [۲۰]

نتیجه گیری:



در این مقاله، به بررسی جامع بیوجاذب‌ها، با تمرکز ویژه بر انواع گیاهی، جانوری و اصلاح‌شده آن‌ها پرداخته شد. بیوجاذب‌ها به عنوان جایگزینی پایدار و اقتصادی برای جاذب‌های سنتزی در فرآیندهای تصفیه آب و پساب، توجه روزافزونی را به خود جلب کرده‌اند. یافته‌ها نشان داد که بیوجاذب‌های گیاهی و جانوری، با منشأ طبیعی و تجدیدپذیر خود، گزینه‌های جذابی برای کاهش آلودگی محیط‌زیست ارائه می‌دهند. فراوانی، هزینه پایین و زیست‌تخریب‌پذیری این مواد، آن‌ها را به راهکارهای مقرون‌به‌صرفه و دوستدار محیط‌زیست تبدیل کرده است. با این حال، ظرفیت جذب نسبتاً پایین‌تر و حساسیت به شرایط محیطی، از جمله محدودیت‌های این دسته از بیوجاذب‌ها محسوب می‌شود. در مقابل، بیوجاذب‌های اصلاح‌شده، با بهره‌گیری از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، بهبود قابل توجهی در عملکرد جذب، گزینش‌پذیری و پایداری از خود نشان داده‌اند. این اصلاحات، امکان استفاده از بیوجاذب‌ها را در شرایط سخت‌تر و برای حذف آلاینده‌های خاص فراهم آورده است. اگرچه هزینه تولید این بیوجاذب‌ها ممکن است بیشتر باشد، اما کارایی بالاتر و قابلیت بازیافت آن‌ها، می‌تواند این هزینه را توجیه کند. به طور کلی، انتخاب نوع بیوجاذب مناسب بستگی به عوامل متعددی از جمله نوع آلاینده، شرایط محیطی، هزینه و ملاحظات زیست‌محیطی دارد. توسعه و بهینه‌سازی بیوجاذب‌های اصلاح‌شده، به ویژه با استفاده از فناوری‌های نوین مانند نانومواد، می‌تواند نقش مهمی در ارتقای فرآیندهای تصفیه آب و پساب ایفا کند.



10th International Congress
on Development of
Agricultural and Environment
with emphasis on the UN
Development Program

دهمین کنفرانس توسعه کشاورزی و
محیط زیست با تاکید
بر برنامه توسعه ملل

ویژگی ها	سوجاناب گیاهی	سوجاناب جانوری	سوجاناب اصلاح شده
متنوع	بقایای گیاهی (پوسته برنج ساقه گندم و ...)	گیتین/گیتوزان (از پوست سخت پوستان) استخوان و پشم	مشتق شده از منابع گیاهی و جانوری با تغییرات فیزیکی و شیمیایی و سولوزیکی
ساختار اصلی	سلولان، همی سلولز، لیگنین، نشاسته	پروتئین ها (گراتین)، کلاترن)، گیتین/گیتوزان، مواد معدنی (کلسیم فسفات)	بستگی به نوع اصلاح (نانوذرات، پلیمرها، گروه های عاملی و غیره)
مزایا	فراوانی، ارزان، تجدید پذیر، زیست تخریب پذیر	در دسترس بودن (به خصوص ضایعات صنایع غذایی و کشاورزی)، برخی دارای گروه های فعال طبیعی	زیبود گارایی جذب، گزینش پذیری بالا، پایداری بیشتر، قابلیت بازیافت
معایب	ظرفیت جذب پایین تر نسبت به جاذب های سنتزی، حساسیت به pH و دما، نیاز به پیش پردازش	ظرفیت جذب متغیر، نگرانی های بهداشتی (در صورت استفاده از منابع آلوده)، پایداری کمتر نسبت به اصلاح شده ها	هزینه بالاتر تولید، ممکن است نیاز به فرآیندهای پیچیده تر داشته باشد، پایداری اصلاح در شرایط مختلف
اصلاحات رایج	فعال سازی شیمیایی (اسید، باز)، کربن سازی، اصلاح سطحی با مواد شیمیایی	اتصال عرضی (Crosslinking)، اصلاح با اسید/باز، استفاده از نانوذرات	(وابسته به نوع ماده اولیه و هدف اصلاح)
کاربردها	حذف فلزات سنگین، رنگ ها، مواد آلی از آب و پساب	حذف فلزات سنگین، رنگ ها، چربی ها و روغن ها	حذف آلاینده های خاص (فلزات سنگین، داروها، آفت کش ها)، کاربردهای تخصصی در تصفیه آب و پساب
مثال ها	پوست پرتقال، قهقه چای، سیوس گندم	گیتوزان، استخوان فعال شده، پشم گوسفند اصلاح شده	سوجاناب گیاهی اصلاح شده با نانوذرات متناظری، گیتوزان اصلاح شده با پلیمرهای رسانا
پایداری زیست محیطی	بسیار بالا، کمک به کاهش ضایعات	بالا، استفاده از پسماندهای کشاورزی و دامی	متوسط تا بالا (بسته به نوع اصلاح و مواد استفاده شده)، کاهش مصرف مواد شیمیایی سنتزی



منابع:

1. Choo, C., and Lee, G. (2010). "Membrane with improved character is ties for desalination and concentration pfreactive dyes." Indian J. of Chem Techonl, 137, 131-135.
- 2.Yari A. R. Majidi G. Reshvanloo M. T. Nazari S. Emami Kale Sar M. Khazaei M. and Tabatabai-Majd M. S. (2015) "Using Eggshell in Acid Orange 2 Dye Removal from Aqueous Solution " Iranian Journal of Health Sciences. 3, pp 38-45
3. Y. Zhengji, J. Yao, et al., Springerplus, 5 (2016)1160
4. Saqib A.N.S., Waseem A., Khan A.F., Mahmood Q., Khan A., Habib A., and Khan A.R. 2013. Arsenic bioremediation by low cost materials derived from Blue Pine (Pinus wallichiana) and Walnut (Juglans regia).Elcological Engineering 51:88-94
5. Renu, Agarwal, M., & Singh, K. (2016). "Heavy metal removal from wastewater using various adsorbents". Journal of Water Reuse and Desalination,7(4),387-419
- ۷/۶. Sud D, Mahajan G, Kaur MP. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions – A review. Bioresource Technology 2008. 60 17 99 -27
- ۸ . Freundlich HMF. uber die adsoption in losungen, . Zeitschrift fur physikslische Chemie.1906 ; 470 _57:385
- ۹ . Freundlich HMF. uber die adsoption in losungen, . Zeitschrift fur physikslische Chemie.1906 ; 470 _57:385
10. Q. Fei, W. Bei, Single and multi component adsorption of Pb, Cu and Cd on peat, Bull. Environ. Contam. Toxicol.78(2007)265-290
11. زوار موسی، ح۱۳۹۲ حذف یون کادمیوم، کبالت، نیکل از محلول های ابی توسط خاکستر برگ اکالیپتوس
۱۲. تجلی پور م. ۱۳۷۳. بررسی سیستماتیک و انتشار نرم تنان سواحل ایرانی خلیج فارس .موسسه مطالعات و تحقیقات فرهنگی تهران انتشارات خبیر
۱۳. سای، ن. م.، بیابانی، ع.، قلیزاده، ع.، وفایی تبار، م . ا.، واعتصامی، م.، ۱۳۹۵. مطالعه کرم خاکی و اثرات آن بر ویژگیهای شیمیایی ورمی کمپوست . تولیدی دربسترهای مختلف گیاهی، مجله پژوهشهای جانوری، (مجله زیست شناسی ایران)۲۹(۲) ، صفحات۱۸۵-۱۷
۱۴. پیغان، ر. محمدیان، ت. زارع، ر. بیتا، س ۱۳۹۳ بیولوژی و تکثیر دوکفهای ها. انتشاراتدانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۱۵ Bagni, M., L. Archetti, M. Amadori and G.Marino(۲۰۰۰) . "Effect of long-term oraladministration of an immunostimulant dieton innate immunity in sea bass(Dicentrarchus labrax)." Journal ofVeterinary Medicine, Series B 47(10): 745-.751
- ۱۶ -Namane A, Hellal A. The dynamic adsorption characteristics of phenol by granular activated carbon. J Hazard Mater 2006; 137: 618-625



۱۷. Aliabadi, M., Irani, M., Ismaeili, J., and Najafzadeh, S. (2014), "Design and evaluation of chitosan/hydroxyapatite composite nanofiber membrane for the removal of heavy metal ions from aqueous solution", Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 45(2), 518-526.

۱۸. Bina B, Abtahi M, Vahiddasjerdi M. The use of sawdust in the removal of heavy metals from industrial wastewater. Journal of Research in Medical Sciences.(persian); ۲۲-۱۹: (۲) ۸ 2003

۱۹. ضیایی فر ۲۰۲۴ بهینه سازی فرایند جذب رنگ کاتیونی مالاشیت سبز توسط بیوجاذب پلیمری کیتوسان - اتیل آکریلات با استفاده از مدل تاگوچی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

۲۰. Vladimir.S.Kislik(2009).Liquid membranes.Principles and application in chemical separations & waste water treatment