مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۰، تیر ۱۴۰۰، ۴۰۴-۳۸۷

بررسی کارآیی نانو ذره اکسید روی سنتز شده در حذف نفت از پساب ساختگی: یک مطالعه آزمایشگاهی

نگین جاوید[۱]، محمدهادی ابوالحسنی[۲]

دریافت مقاله: ۹۹/۱۱/٤ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۹/۱۱/۲۰ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۱٤۰۰/۰۱/۲۱ پذیرش مقاله: ۱٤۰۰/۰۲/۲۲

چکیده

زمینه و هدف: آلوده شدن آب به ترکیبات نفتی موجب گسترش فناوری‌های جدید برای حذف آلودگی‌های نفتی گردیده است. هدف از انجام این پژوهش تعیین کارآیی نانو اکسید روی در جذب نفت از محیط آبی بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش آزمایشگاهی که در تابستان سال ۱۳۹۸ انجام گرفت، از نانواکسید روی به عنوان جاذب برای حذف آلودگی نفتی از پساب استفاده شد. خصوصیات جاذب با استفاده از آنالیز XRD ، FESEM FTIR و ICP-OES تعیین شد. آزمایشات جذب به صورت ناپیوسته با استفاده از محلول‌های آزمایشگاهی حاوی نفت انجام گرفت و شرایط بهینه جذب با تغییر فاکتورهای مؤثر بر جذب مانند pH، غلظت نفت، زمان تماس و مقدار جاذب در سطوح مختلف، مورد بررسی قرار گرفت. جهت پردازش داده‌ها از طرح بلوکی کاملاً تصادفی استفاده شد.

یافته‌ها: میزان جذب بعد از ۲۰ دقیقه و به مقدار ۷۴/۱ درصد و به صورت ثابت درآمد. بیش‌ترین میزان جذب در pH=۷ به‌میزان ۸۷/۲۵ درصد و کمترین مقدار آن در pH=۹ به‌میزان ۶۶/۹ درصد حاصل شد. میزان جذب نانو ذره با اختلاف معنی داری نسبت به سایرین در ۱/۵ گرم در لیتر بیش‌ترین (۷۹/۹ درصد) بود. در نهایت میزان جذب نفت در غلظت ۱۰۰ میلی-گرم/لیتر به میزان ۸۳/۵ درصد با اختلاف معنی‌داری بیش‌تر از دیگر غلظت‌ها دیده شد. جذب نفت توسط نانوذره اکسید روی با مدل Freundlich مطابقت داشت (R^2=۰/۹۹).

نتیجه‌گیری: جاذب نانواکسید روی کارآیی بالایی در جذب نفت از پساب دارد و می‌تواند در رفع آلودگی نفتی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی نفتی، ایزوترم جذب، نانو اکسید روی، فاکتورهای مؤثر بر جذب

[۱]- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران
۲- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران
تلفن: ۰۳۱-۳۵۳۵۴۱۱۷، دورنگار: ۰۳۱-۳۵۳۵۴۱۱۷، پست الکترونیکی: Hadi.mha2001@yahoo.com

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

مقدمه

با آگاهی از این حقیقت که آب تنها و مهم‌ترین ماده حیاتی است، متأسفانه در کنار کاهش تدریجی حجم ذخایر آب قابل استفاده، آلودگی‌های مختلف نیز پیوسته به مشکلات اضافه می‌شوند [۱]. آلودگی آب یکی از مشکلات و چالش‌های مهم دنیا و ایران است. یکی از علل اصلی بیماری‌ها و مرگ و میر در جهان آلودگی آب است. هیدروکربن‌های آلی، آلاینده‌های محیط زیستی گسترده‌ای هستند، که به‌دلیل سرطان‌زا و جهش‌زا بودن، نگرانی‌های زیادی را به‌وجود می‌آورند. با وجود اینکه بخش قابل ملاحظه‌ای از هیدروکربن‌های وارد شده به محیط آبی از راه تبخیر حذف می‌شوند، اما اکثر آن‌ها در آب توزیع می‌شوند و به‌دلیل خاصیت چربی دوستی در رسوب تجمع می‌یابند و از راه زنجیره غذایی منتقل می‌شوند و نهایتاً به انسان می‌رسند [۲]. قرارگیری در معرض این آلاینده‌ها می‌تواند منجر به مرگ موجودات زنده آبی شده و آثار مضری را موجب شود [۳]. با توجه به این‌که ریزش و نشت نفت به آب در اکثر مواقع اجتناب ناپذیر است و هم‌چنین نظر به عوارض نامطلوب آب آلوده به مشتقات نفتی بر روی انسان و محیط زیست، تاکنون روش‌های متعددی به منظور تصفیه آب‌ها و جداسازی این دو ماده مهم از یک‌دیگر پیشنهاد شده است [۴].

ترکیبات هیدروکربنی ممکن است به یکی از طرق زیر وارد محیط زیست شوند: تصادفات، انتشار از صنایع، محصولات جانبی حاصل از تجارت و یا استفاده‌های شخصی ورود مستقیم به آب در اثر نشت و یا ریزش [۵]. اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از ترکیبات نفتی سبب گردیده است تا ترکیبات نفتی به‌عنوان یکی از اولویت‌های حذف آلاینده‌ها در محیط زیست مطرح گردند. از این رو دستیابی به تکنیک‌های مؤثر در حذف این ترکیبات از آب یکی از مهم‌ترین مسایل زیست‌محیطی می‌باشد. در این راستا تاکنون مطالعات فراوانی انجام شده است و روش‌های مختلفی برای حذف این آلاینده‌ها به‌کار برده شده است. در این بین جذب سطحی به‌وسیله انواع جاذب‌ها به‌دلیل ظرفیت جذب بالا بیش از سایر روش‌ها مورد توجه قرار دارد [۱].

تبدیل مواد به مقیاس نانو، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و فعالیت‌های کاتالیزوری آن‌ها را تغییر می‌دهد و سبب افزایش فعالیت‌های شیمیایی و نفوذپذیری این ذرات به غشای سلولی می‌شود. نانو فناوری هم به‌دلیل گسترش و پیشرفت های چشم‌گیر آن و هم به‌دلیل عدم ایجاد خطرات زیست-محیطی و سابقه‌ی بسیار خوبی که در حوزه‌ی حذف فلزات سنگین دارد و توانایی خارق‌العاده‌ای که در اثر تبدیل مقیاس مواد به مقیاس نانو از خود نشان داده است، یکی از علومی به‌حساب می آید که در حوزه‌ی فناوری سبز جای می‌گیرد [۶].

در بین نانوذرات، نانو ذره اکسید روی به‌دلیل ارزانی، فراوانی، غیر سمی بودن، واکنش سریع، توانایی و بازده بالا در تجزیه آلاینده‌ها و حذف فلزات سنگین از آب‌های آلوده بیشتر مورد توجه بوده است. بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی جاذب‌ها همواره مورد توجه بوده‌است تا با بکارگیری تکنیک های نوین مانند اصلاح سطحی خواص ویژه‌ای را در جاذب

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

ایجاد نموده و ویژگی‌های آن‌ها را برای جذب ماده‌ای خاص بهبود بخشید [۷-۶].

تحقیقات فراوانی در زمینه استفاده از نانوجاذب‌ها به‌عنوان یکی از تکنولوژی‌های مطرح و کارآمد در حذف آلاینده‌ها انجام گرفته است. از بین نانوجاذب‌های مختلف، خصوصیاتی مانند غیر سمی بودن و مقرون به‌صرفه بودن پروسه سنتز نانو جاذب اکسید روی سبب گردیده تا این نانوجاذب به یکی از پرکاربردترین نانوجاذب‌ها در زمینه حذف آلاینده‌ها و تصفیه فاضلاب‌ها تبدیل گردد [۸].

در همین راستا مطالعات زیادی ور گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعه‌ای که توسط Bina و همکاران به منظور بررسی کارآیی نانو لوله‌های تک دیواره، چند دیواره و هیبرید کربنی در خذف بنزن و تولوئن از محلول‌های آبی صورت گرفت [۹] و مطالعه ای که توسط Salehi و همکاران برای بررسی حذف زایلن از آب به وسیله نانو اکسید روی به عنوان جاذب نفت انجام گرفت [۱۰]، اشاره نمود.

لذا هدف از انجام این تحقیق تعیین کارایی نانو ذره اکسید روی تحت تأثیر عوامل اصلی pH، مقدار جاذب، مقدار آلودگی نفتی و زمان در حذف آلودگی نفتی از آب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه آزمایشگاهی که در بهار سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان انجام شد، به بررسی کارایی جاذب در جذب آلاینده نفتی از سطح آب، با استفاده از ذرات نانو اکسید روی سنتز شده به عنوان جاذب و نفت خام به عنوان جذب شونده پرداخته شد.

جهت سنتز نانو جاذب از روش ته‌نشینی به عنوان یکی از مقرون به صرفه‌ترین روش‌ها استفاده شد زیرا ثابت شده است که روش ته نشینی برای سنتز انواع مختلف نانوذرات مثل نانو ذره اکسید روی بسیار مؤثر است [۱۱]. بنابراین برای تهیه نانو ذرات اکسید روی، عملیات به روش ته نشینی صورت گرفت. در این روش ۱۴/۸۵ گرم از پودر $Zn(NO_3)_2$، در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد. برای رسیدن به pH=۷ محلول ۰/۱ مولار NH_3 قطره قطره به محلول اضافه شد و در دمای اتاق هم زده شد. بعد از ۲ ساعت هم خوردن، دوغاب در pH=۷ فیلتر شد. نهایتاً رسوب ۲ ساعت در ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد [۱۰]. تمامی مواد آزمایشگاهی مورد استفاده ساخت شرکت مرک کشور آلمان بودند.

ویژگی‌های ساختاری نانو ذرات اکسید روی با استفاده از پراش اشعه ایکس و پرتو سنجی فروسرخ با تبدیل فوریه ۴ در محدوده۴۰۰-۴۰۰۰ نانومتر تعیین شد [۱۲]. جهت تعیین ترکیب شیمیایی نمونه مورد آزمایش از آنالیز اسپکتروسکپی نشری پلاسمای جفت شده القایی استفاده شد. برای تعیین ساختار جاذب‌ها، از دستگاه پراش اشعه ایکسXRD (X-Ray powder Diffraction)، مدلPW1800 ساخت کارخانه PHILIPS کشور هلند استفاده گردید [۱۳].

برای شناسایی مولکول‌ها و گروه‌های عاملی از دستگاه طیف سنجی مادون (Fourier-Transform InfraRed spectroscopy)، مدل Spectrum RX1 محصول شرکت Perkin Elmer کشور آمریکا استفاده شد [۱۴]. اندازه‌گیری عناصر موجود در پودر نانو ذره توسط آنالیز اسپکتروسکپی

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

نشری پلاسمای جفت شده القایی ICP-OES (Inductivity Coupled Plasma- OpticalEmission Spectrometry)با استفاده از دستگاه Agilent مدل ۵۱۰۰ ساخت کشور آمریکا انجام گرفت [۱۵]. تصویر برداری جهت ریخت‌شناسی و اندازه حفرات نانوذرات جاذب با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی FESEM (Field Emission Scanning Electron Microscope) مدل MIRA3 محصول شرکت TESCAN کشور جمهوری چک صورت گرفت [۱۰].

یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر در ساختار جاذب، تعیین نقطه بار صفرpH_{zpc} جاذب است. برای این منظور تغییرات pH جاذب در محلول‌هایی با pH برابر ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ بررسی شد. برای هر آزمایش مقدار ۰/۵ گرم از جاذب به محلول‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری سدیم کلرید ۰/۰۱ مولار با pHهای اولیه ذکر شده افزوده شد. جهت تنظیم pH از محلول‌های ۰/۱ نرمال HCl و NaOH استفاده گردید. نمونه‌ها داخل شیکر (مدل SK-300 محصول شرکت JEIO TECH کشور کره) با دور ۱۵۰ قرار داده شد و بعد از گذشت ۲۴ ساعت pH ثانویه آن‌ها اندازه گیری شد [۱۶].

در این مطالعه تجربی از پساب ساختگی استفاده شد. جهت تهیه پساب ساختگی، ۱۰۰میلی‌لیتر نفت به حجم یک لیتر (با آب مقطر) رسیده شد. سپس به منظور مخلوط شدن آب و نفت، به مدت ۳۰ دقیقه توسط دستگاه شیکر تکان داده شد [۱۳].

نهایتاً عملکرد جاذب در جذب آب و نفت به طور جداگانه مورد آزمایش قرار گرفت و تأثیر فاکتورهای مختلف زمان تماس، pH اولیه، غلظت آلاینده نفتی در پساب و مقدار جاذب بر روی میزان جذب توسط جاذب نانو اکسید روی، مطالعه شد.

از جمله فاکتورهای مورد بررسی بر روی جذب ترکیب نفتی، pH، مقدار جاذب، زمان تماس و مقدار غلظت آلاینده بود که اثر آن‌هادر مقادیر مختلف برای pH (۳، ۵، ۷ و ۹)، برای مقدار جاذب نانواکسید روی (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر)، برای زمان تماس (بازه‌های زمانی۳، ۱۰، ۲۰ و ۶۰ دقیقه) و برای مقادیر آلاینده نفت (حجم‌های ۶۰، ۱۰۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌لیتر) در نظر گرفته شد [۱۳].

در این مرحله از آزمایش، pH به عنوان متغیر و سایر پارامترها ثابت در نظر گرفته شد. محلول‌هایی با غلظت معین و با pHهای مختلف ۳، ۵، ۷ و ۹ تهیه شد. عمل تنظیم pH با دستگاه pH متر و با افزودن اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال به محلول بر روی همزن مغناطیسی انجام شد. مقادیر پارامترهای ثابت در اندازه گیری متغیر pH (مقدار ۰/۵ گرم جاذب نانو اکسید روی، زمان ۲۰ دقیقه و پساب ساختگی ۱۰۰ میلی‌لیتر نفت به حجم ۱ لیتر رسیده شد) بود که در دور rpm۱۸۰ محلول ساختگی به وسیله شیکر مخلوط شد [۱۷].

برای رسیدن به زمان تعادل فاکتور متغییر زمان و سایر فاکتورها ثابت می‌باشد. برای بررسی اثر زمان تعادل، محلول های ساختگی با دو تکرار در زمان‌های مختلف ۳، ۱۰، ۲۰ و ۶۰ دقیقه بر روی شیکر با دور rpm۱۸۰ مخلوط گردیدند. در اندازه گیری متغیر زمان تماس (pH برابر با ۵، مقدار جاذب

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

۰/۵ گرم و پساب ساختگی ۱۰۰ میلی‌لیتر نفت به حجم ۱ لیتر) بود [۱۶].

برای بررسی تأثیر مقدار جاذب بر میزان جذب نفت، محلول‌هایی با غلظت، pH و زمان ثابت و در مقادیر جاذب نانواکسید روی (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر و دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی شیکر قرار داده تا محلول یکنواختی به دست آید. انجام آزمایشات با دو تکرار صورت گرفت [۱۷]. مثادیر ثابت برای اندازه‌گیری پارامتر مقدار جاذب (pH برابر با ۵، زمان ۲۰ دقیقه و پساب ساختگی ۱۰۰ میلی‌لیتر نفت به حجم ۱ لیتر) بود [۱۴].

در نهایت برای مقادیر آلاینده نفت (حجم‌های ۶۰، ۱۰۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌لیتر نفت به حجم ۱ لیتر) در نظر گرفته شد و مقادیر ثابت در اندازه‌گیری این پارامتر (pH برابر با ۵، مقدار ۰/۵ گرم جاذب و زمان تماس ۲۰ دقیقه) در نظر گرفته شد [۱۴].

میزان روغن جذب شده از روش وزنی بر اساس رابطه (۱) به دست آمد [۱۸].

رابطه (۱) $a = 100(x - y)/z$

a= درصد جذب

x= وزن کل نمونه خشک شده جاذب و نفت (گرم)

y= وزن جاذب اولیه (گرم)

z= میزان اولیه نفت

در این تحقیق به‌منظور بررسی معادلات هم‌دمای جذب مقادیر مختلف جاذب نانواکسید روی ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر به حجم معین محلول حاوی نفت در غلظت ثابت در دمای محیط اضافه شده و سپس هم‌دماهای جذب تعین شد. به منظور تعیین ایزوترم‌های جذب نیز از شکل خطی مدل‌های ایزوترمی Langmuir و Freundlich استفاده گردید.

شکل خطی مدل Langmuir با استفاده از رابطه (۲) بیان می‌گردد:

رابطه (۲) $\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{ab} + (\frac{1}{a})(C_e)$

با ترسیم C_e/q_e (بر روی محور Y) نسبت به غلظت در نقطه تعادل یعنی C_e (بر روی محور X)، خط راستی حاصل خواهد شد که دارای شیب $1/n$ و عرض از مبدا $\frac{1}{ab}$ می‌باشد. شکل خطی رابطه فروندلیخ نیز با استفاده از رابطه (۳) بیان می گردد:

رابطه (۳) $\log q_e = \log K_f + 1/n (\log C_e)$

با رسم نمودار $Logq_e$ (بر روی محور Y) نسبت به مقادیر $LogC_e$ (بر روی محور X) خطی راستی حاصل خواهد شد که دارای شیب $1/n$ و عرض از مبدا $\log K_f$ می باشد [۱۹].

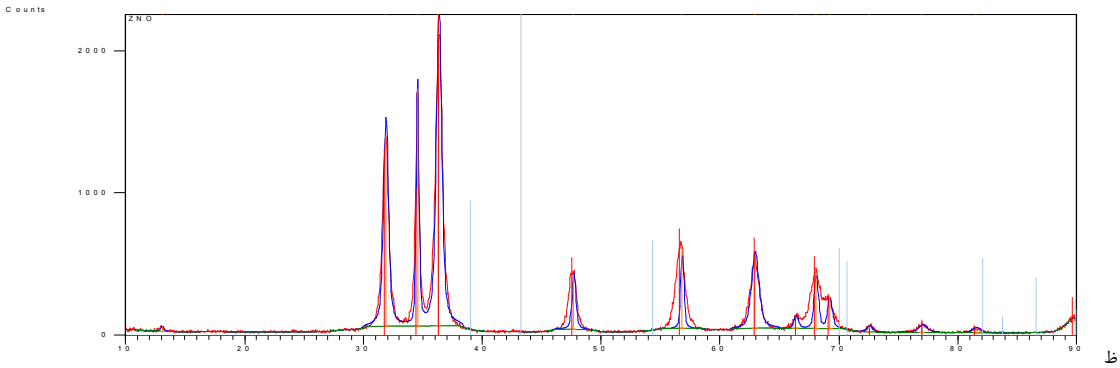
داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزارهای Excel 2016، SAS 9.4 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای رسم نمودارهای تأثیر pH، مقدار جاذب، غلظت و زمان تماس بر جذب نفت از محلول ساختگی از نرم‌افزارهای Excel2016 و جهت پردازش داده‌های حاصل در قالب طرح بلوک کاملا تصادفی در نرم‌افزار SAS9.4 استفاده شد. سپس هم دمای جذب و سینتیک جذب نفت از محلول ساختگی توسط مدل های Langmuir و Freundlich و شبه مرتبه اول و دوم مورد بررسی قرار گرفت. سطح معنی‌داری در آزمون‌ها ۰/۰۵ بود.

نتایج

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

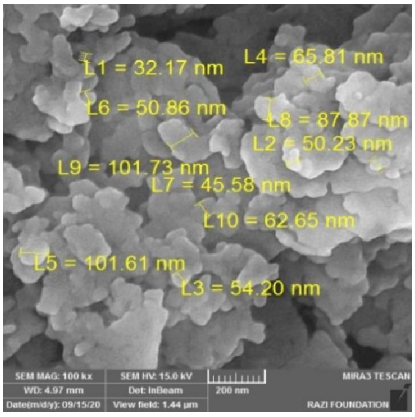
تحقیق حاضر با هدف تعیین جذب نفت با استفاده از نانو ذره اکسید روی سنتز شده از محلول آبی صورت گرفت. نتایج به صورت زیر ارائه شد.

برای تعیین ویژگی‌های جاذب مورد آزمایش از دستگاه پراش اشعه ایکس استفاده شد (شکل ۱). مشاهده شد که این جاذب به صورت غیر متبلور می‌باشد

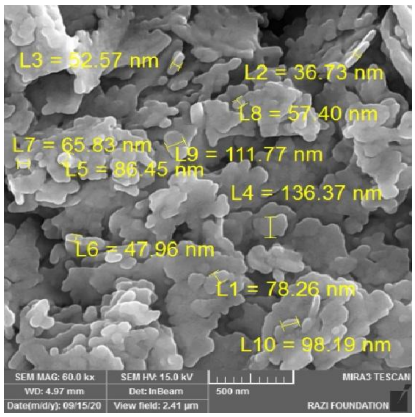


شکل ۱- نمودار حاصل از پراش پرتو ایکس به نانو ذره اکسید روی

شکل ۲ عکس‌های FESEM گرفته شده توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی رویشی نشر میدانی از جاذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده قبل و بعد از جذب را نشان می‌دهد (هر دو تصویر با بزرگ‌نمایی یکسان x۵۰۰ می‌باشند).



الف

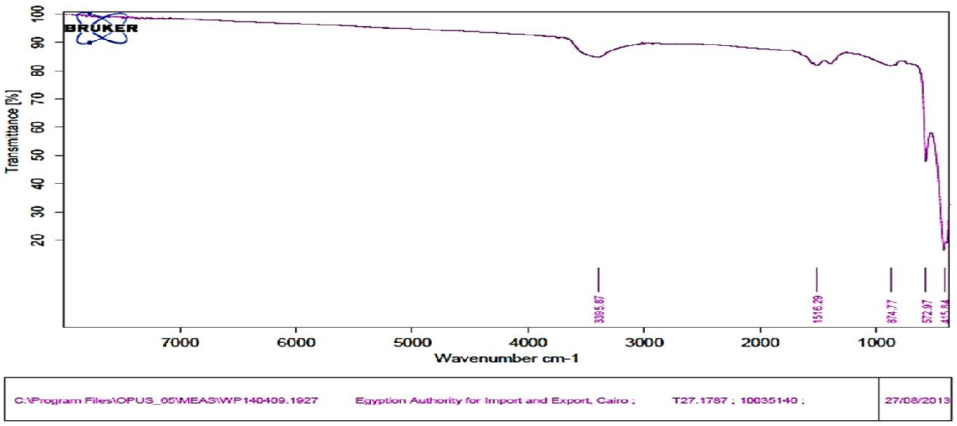


ب

شکل ۲- تصاویر FESEM تهیه شده از نانو ذره اکسید روی
(الف) نانو ذره اکسید روی قبل از جذب نفت (ب) نانو ذره اکسید روی بعد از جذب نفت

تغییر محل و شکل باندهای طیف FTIR همراه با تغییرات محیط مولکولی می‌تواند راهنمای مناسبی راجع به ساختمان مولکولی یک ترکیب باشد [۲۰]. نتایج آنالیز FTIR در شکل (۳) نشان داده شده است.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]



شکل ۳- نمودار حاصل از آنالیز FTIR گرفته شده از نانو ذره اکسید روی

جدول (۱) نتایج حاصل از آنالیز اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت شده القایی جاذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده را نشان می‌دهد. از این روش می‌توان برای اندازه‌گیری عناصر با حدود تشخیص در حد ppm در نمونه‌های مختلفی مانند نمونه‌های خاک، آب، فلزات، سرامیک‌ها و نمونه‌های آلی استفاده کرد. اساس این روش برانگیختگی الکترون‌های عناصر مختلف در محیطی به نام پلاسما و نشر نور بعد از حالت آسایش الکترونی است و به دلیل تطبیق پذیری و تکرارپذیری، می‌توان نتایجی با دقت و صحت بالا به دست آورد. یکی از مزایای مهم این روش تکرار پذیری بالا و نیز امکان اندازه‌گیری همزمان چند عنصر با هم می‌باشد [۲۱].

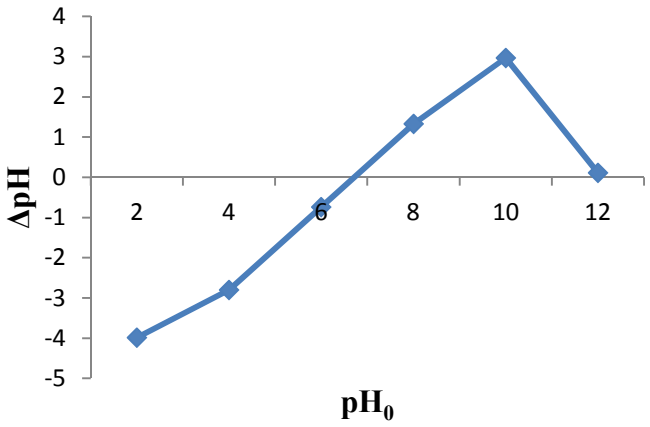
جدول ۱- آنالیز اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) نانو ذره اکسید روی ppm

Mg	Fe	Cd	Ca	Bi	Ba	B	Ag	Al	As	Cr	Cu	Pb
۱۱۶	۱۰/۵	<۰/۱	۴۳۴	<۱/۰	۰/۳	۱/۳	<۱/۸	۷۹	<۱/۰	۰/۶	<۰/۱۵	۷/۹

Co	Tl	Ga	Sr	Hg	K	Li	Mn	Mo	Na	Ni	Sb	
<۰/۲	۲/۱	<۱/۸	۰/۵	<۱/۲	۱۲	<۰/۱۵	۰/۳	<۰/۳	۷۱	<۰/۵	<۱/۰	

pH نقطه صفر الکتریکی (Ph_{PZC}) نانو ذره اکسید روی سنتز شده نیز حدودا مقدار ۶٫۵ می‌باشد. نمودار ۱ تغییرات pH بعد از گذشت مدت زمان ۴۸ ساعت نسبت به مقدار اولیه pH را نشان می‌دهد.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]



نمودار ۱- نمودار تغییرات pH بعد از گذشت مدت زمان ۲٤ ساعت نسبت به مقدار اولیه pH

طبق جدول ۲ بیش‌ترین میزان جذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده در pH=۷ به‌میزان ۸۷/۲۵ درصد دیده شد و کم ترین مقدار آن در pH=۹ به میزان ۶۶/۹۰ درصد دیده شد که این مقدار اختلاف معنی داری با pH=۳ نداشت (p<۰/۰۵)

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد جذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده در pHهای مختلف

pH	۳	۵	۷	۹
درصد	۶۶/۹۵ ± ۱/۳۴^{c}	۷۵/۱۵ ± ۰/۲۱^{b}	۸۷/۲۵ ± ۰/۳۵^{a}	۶۶/۹۰ ± ۱/۲۷^{c}

حروف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ =α است.

طبق جدول ۳ میزان جذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده در ۱/۵ گرم در لیتر بیش‌تر از دیگر مقدارهای این جاذب بود (به میزان ۷۹/۹۰ درصد). این میزان با مقدار ۱ گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت، اما با سایر مقادیر جاذب تفاوت معنی‌داری داشت و کم‌ترین مقدار آن با اختلاف معنی‌داری در ۰/۰۵ گرم در لیتر به میزان ۶۰/۴۵ درصد دیده شد (P<0/۰۵).

جدول ۳- مقایسه میانگین در صد جذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده در مقدارهای مختلف جاذب(g/L)

مقدار جاذب(گرم در لیتر)	۰/۵	۱	۱/۵	۲
درصد	۶۰/۴۵ ± ۰/۶۳ ^{c}	۷۹/۴ ± ۰/۲۸^{a}	۷۹/۹ ± ۰/۹۸^{ab}	۶۶/۵۰ ± ۰/۷۰^{b}

حروف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ =α است

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

طبق جدول ۴ بیش‌ترین میزان جذب در زمان ۶۰ دقیقه به میزان ۷۵/۱۰ درصد اتفاق افتاد. در میزان جذب نفت بین زمان‌های ۲۰ و ۶۰ دقیقه اختلاف معنی‌داری دیده نشد و هر دو این زمان‌ها بیش‌ترین میزان جذب را نشان دادند و بعد از زمان ۲۰ دقیقه میزان جذب تقریباً به صورت ثابت درآمد و کم‌ترین میزان جذب در زمان ۳ دقیقه به میزان ۵۱/۵۰ درصد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

جدول ٤- مقایسه میانگین درصد جذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده در زمان های مختلف(دقیقه)

زمان(دقیقه)	۳	۱۰	۲۰	۶۰
درصد	$۵۱/۵۰ \pm ۰/۷۰^{c}$	$۶۰/۴۰ \pm ۰/۵۶^{b}$	$۷۴/۱۰ \pm ۰/۱۴^{a}$	$۷۵/۱۰ \pm ۰/۱۴^{a}$

حروف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ =α است.

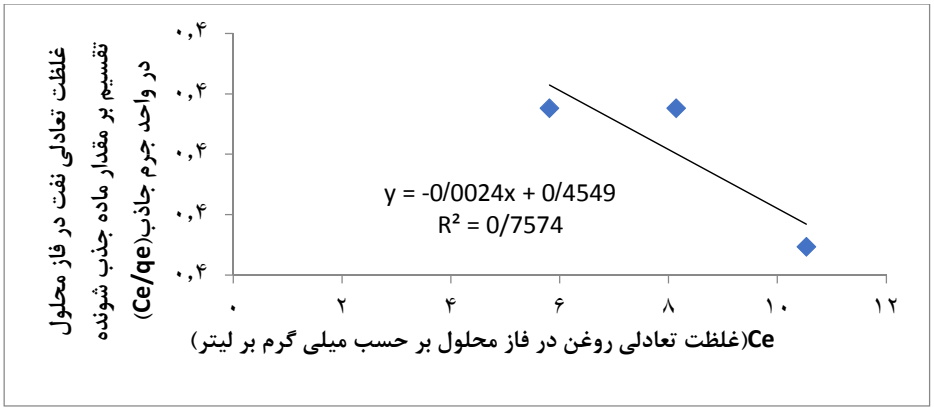
طبق جدول ۵ میزان جذب نفت در 10 میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۸۳/۵۰ درصد با اختلاف معنی‌داری بیش‌تر از دیگر غلظت‌ها بود و کم‌ترین مقدار آن با اختلاف معنی‌داری در 18 میلی‌گرم در لیتر به میزان ۴۹/۵۰ درصد دیده شد ($P<۰/۰۵$)

جدول ٥- مقایسه میانگین در صد جذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده در غلظت های مختلف(میلی لیتر)

غلظت آلوده کننده (میلی‌لیتر)	۶۰	۱۰۰	۱۴۰	۱۸۰
درصد	$۷۴/۵۰ \pm ۰/۷۰^{b}$	$۸۳/۵۰ \pm ۰/۷۰^{a}$	$۵۱/۷۰ \pm ۰/۹۸^{c}$	$۴۹/۵۰ \pm ۰/۷۰^{d}$

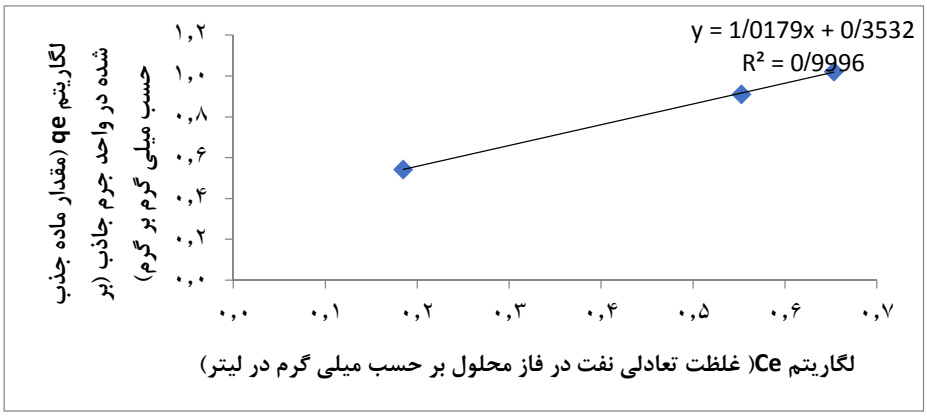
حروف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ =α است.

به منظور برازش مدل‌های جذبی بر روی هم‌دماهای جذب باید به این نکته اشاره کرد که این هم دماها در اصل جذب سطحی مواد حل شونده بر روی مواد جامد را در دمای ثابت بر اساس واحدهای کمی توصیف می‌نمایند. هم دماهای جذب سطحی نشان دهنده مقدار جذب به عنوان تابعی از غلظت تعادلی جذب شونده می‌باشند [۲۲]. به این منظور برازش نتایج به دست آمده با مدل‌های جذبی Langmuir و Freundlich برای نفت در نمودارهای ۲ و ۳ نشان داده شده است. پارامترهای این مدل‌ها در جدول ۷ ارائه شده است



نمودار ۲- هم دماهای جذبی Langmuir جذب جذب نفت به وسیله جاذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]



نمودار ۳- هم دماهای جذبی Freundlich جذب نفت به وسیله جاذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده

پس از مقایسه ضرایب تبیین هم دماهای خطی در جذب سطحی، مدل فروندولیچ به خاطر R^2 بالاتر برای نفت انتخاب شد. جذب نفت به وسیله جاذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده از مدل Freundlich به علت داشتن R^2 بالاتر (میزان۰/۹۹)، تبعیت می کند. ضریب K_f نیز که معیاری از قدرت جذب می‌باشد برابر 17/115 گرم بر لیتر بود.

جدول ۲- ثابت‌های هم دماهای جذبی Freundlich ،Langmuir برای جاذب نانو ذره اکسید روی سنتز شده

مدل	ضریب	مقدار
۱۷/۱۱۵	$K_f(L/mg)$	
۰/۲۶	1/n	Freundlich
۰/۹۹	R^2	$\text{Log } q_e = \text{Log } K_f + 1/n \text{ Log } C_e$
۱/۰۴۸	$K_L(L/g)$	
۱۱۶/۲۷	b(μg /g)	Langmuir
۰/۷۵	R^2	$C/Xm = 1/Kb + C/b$
۰/۰۲۹	R^1	

بحث

بررسی تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی نشر میدانی (FESEM) نشان داد که جاذب حالت متخلخل داشته که این امر سبب افزایش جذب در جاذب شد. در واقع، مهم‌ترین ویژگی یک جاذب خوب، ساختار متخلخل و در نتیجه سطح تماس بسیار بالای آن است که کمک فراوانی به عملکرد جاذب کرد. هم‌چنین اندازه نانوذرات در حد ۳۲-۱۰۲ نانومتر تعیین شد.

به‌منظور بررسی خواص ساختاری و شناسایی فازهای تشکیل شده از آنالیز XRD استفاده شد طبق استاندارد شماره ۱۴۵۱=۳۶JCPDS(Joint Committee on Powder Diffraction Standards) پیک‌های کریستالی کاملاً مشخصی از نانوذرات ZnO در زوایای 78-74-66-55-42-40-37=2□

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

قابل مشاهده بود که بیانگر ساختار شش وجهی نانوذرات است [۲۳]. بر اساس مطالعه Benhebal و همکاران، پیک‌های تیز روی نمودار نشان دهنده تبلور خوب نانوذرات ZnO بود [۲۴]. هم‌چنین نتایج حاصل از این آنالیز نشان دهنده غیر متبلور بودن جاذب بود.

براساس نتایج حاصل از تحقیق مشخص شد که بیشترین میزان جذب نانوذره اکسید روی سنتز شده در pH=۷ می‌باشد. مطالعات انجام شده در این راستا نشان داد که با توجه به این که بار سطحی مولکول‌های نفت و آلاینده‌های نفتی در آب خنثی می‌باشند (pH نقطه صفر الکتریکی (pH_{ZPC}) نانو ذره اکسید روی سنتز شده نیز برابر ۶ می‌باشد) در نتیجه بهترین pH برای جذب این مولکول‌ها توسط نانوجاذب در pH=۷ دیده شد [۲۵]. در مطالعه‌ای که توسط Fazlolahi و همکاران بر روی حذف زایلن از آب به‌وسیله نانو اکسید روی به‌عنوان جاذب نفت صورت گرفت، به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین میزان حذف زایلن در pH=۷ اتفاق افتاد [۲۵]. در مطالعه‌ی دیگری که توسط Salehi و همکاران بر روی جذب هیدروکربن‌های نفتی از آب توسط نانوذرات اکسید روی صورت گرفت، به این نتیجه رسیدند که بیشترین راندمان جذب در pH=۶ صورت گرفت [۱۰].

نتایج نشان داد بیشترین میزان جذب در زمان ۲۰ دقیقه اتفاق افتاد. در میزان جذب نفت بین زمان‌های ۲۰ و ۶۰ دقیقه اختلاف معنی‌داری دیده نشد و هر دو این زمان‌های بیش‌ترین میزان جذب را نشان دادند و بعد از زمان ۲۰ دقیقه میزان جذب تقریباً به صورت ثابت درآمد و کم‌ترین میزان جذب در زمان ۳ دقیقه مشاهده شد. مطالعات انجام شده در این راستا نشان داد با افزایش زمان، تماس بین جاذب و جذب شونده افزایش و راندمان جذب نیز افزایش می‌یابد و بعد از رسیدن به حالت تعادل و اشباع شدن، راندمان تقریبا ثابت شد [۲۷]. در مطالعه‌ای که توسط Khosravi و همکاران بر روی بررسی جذب فنول از محلول‌های آبی با استفاده از پوست کربنه شده درخت سنجد و اصلاح شده با نانو ذرات اکسید روی صورت گرفت، با افزایش زمان تماس از ۲ دقیقه به ۳۰ دقیقه راندمان جذب نیز افزایش و سپس راندمان تقریباً ثابت شد [۲۷]. در مطالعه‌ی دیگری که توسط Salehi و همکاران بر روی جذب هیدروکربن‌های نفتی از آب توسط نانوذرات اکسید روی صورت گرفت، به این نتیجه رسیدند که با افزایش زمان تماس، راندمان جذب افزایش یافت و بعد از رسیدن به حالت تعادل راندمان تقریباً ثابت شد [۱۰]. در آزمایشات Ewis و همکاران که بر روی حذف نفت از آب با استفاده از جاذب نانو اکسید آهن/ بنتونیت انجام گرفت، به این نتیجه رسیدند که بعد از گذشت ۹۰ دقیقه، راندمان جذب افزایش و به ۶۷ درصد رسید [۲۸].

با بررسی تغییرات غلظت اولیه نفت مشخص شد که با افزایش غلظت آلودگی و ثابت بودن دوز جاذب راندمان جذب تا حدی (۱۰ میلی‌گرم) افزایش یافته اما به‌دلیل اشباع شدن و نبودن فضا در جذب شونده برای جذب جاذب، راندمان جذب کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای که توسط Fazlolahi و همکاران بر روی حذف زایلن از آب به‌وسیله نانواکسید روی به‌عنوان جاذب نفت صورت گرفت، به این نتیجه رسیدند که با افزایش

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

غلظت، راندمان جذب افزایش یافت [۲۵]. طی مطالعه‌ای که توسط Hossini Asl و همکاران بر روی حذف بنزن و تولوئن از محلول‌های آبی توسط نانوزئولیت سنتز شده صورت گرفت، به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت، راندمان جذب ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت [۲۹]. در آزمایشات Moghadam و Qaderi بر روی حذف آلودگی نفتی از آب توسط نانوذره آهن/ روی، نتایج مشابهی حاصل گردید [۲۶].

با افزایش مقدار دوز جاذب نانو ذره اکسید روی، درصد جذب نفت افزایش یافت. علت این امر این است که با توجه به این‌که تعداد محل‌های جذب قابل دسترس که در عملیات جذب شرکت می‌کنند افزایش می‌یابد، لذا امکان برخورد افزایش یافته و راندمان جذب نیز افزایش می‌یابد. اما کاهش درصد جذب و راندمان در ۲ گرم بر لیتر میتواند به دلیل هم پوشانی شکل گرفته بین جاذب‌ها باشد که کارآیی را کاهش داده است. از دیگر دلایل کاهش راندمان شکل گرفته می‌توان به واجذبی و اشباع شدن محلول اشاره کرد که مانع انجام عمل جذب شد [۲۵]. Azari و همکاران در تحقیقی بر روی جذب کروم ۶ از محیط‌های آبی توسط کربن فعال مغناطیسی شده با نانو ذرات آهن صفر به نتایج مشابهی دست یافتند که با افزایش مقدار جاذب، کارآیی جذب به میزان ۹۱/۵۶ درصد افزایش یافت [۳۰]. در مطالعه ای که Hosseini Fard و همکاران بر روی حذف مس از محلول آبی با استفاده از نانو ذره دی اکسید منگنز انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار جاذب درصد جذب نیز افزایش یافت [۳۱].

پس از مقایسه ضرایب تبیین هم دماهای خطی در جذب سطحی نتایج بدست آمده نشان داد که جذب نفت به وسیله جاذب نانوذره اکسید روی سنتز شده از مدل Freundlich به علت داشتن R^2 بالاتر (میزان۰/۹۹)، تبعیت می کند. ضریب K_f نیز که معیاری از قدرت جذب می‌باشد برابر ۱۷/۱۱۵ لیتر بر گرم بود. طی مطالعه‌ای که توسط Hosseini Asl و همکاران بر روی حذف بنزن و تولوئن از محلول‌های آبی توسط نانوزئولیت سنتز شده صورت گرفت، به این نتیجه رسیدند که از بین مدل‌های Langmuir و Freundlich، داده‌های آزمایش با مدل Freundlich مطابقت بیشتری داشت [۲۹]. در مطالعه ی دیگری که توسط Salehi و همکاران بر روی جذب هیدروکربن‌های نفتی از آب توسط نانوذرات اکسید روی صورت گرفت، به این نتیجه رسیدند که از بین مدل‌های Langmuir و Freundlich، داده‌های آزمایش با مدل Langmuir مطابقت بیشتری داشت [۱۰].

از آنجایی که حذف نفت با استفاده از نانواکسید روی بدلیل سادگی و مقرون به صرفه بودن فرآیند سنتز می‌تواند به عنوان روش مناسبی مطرح شود، بنابراین زمینه مطالعات دیگری در این خصوص وجود داردکه به تعدادی از این موارد اشاره می گردد.

۱- فاضلاب‌های صنعتی دارای انواع مختلفی از ترکیبات آلاینده هستند که طی فرایند جذب سطحی ممکن است نسبتا مستقل عمل کرده یا با یکدیگر در تداخل باشند. بنابراین انجام آزمایشات در ارتباط با تعیین تأثیر حضور سایر آلاینده‌ها ضروری است.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

۲- جذب سایر ترکیبات نفتی موجود در پساب بر روی این نوع جاذب مورد آزمایش قرار گیرد.

۳- استفاده از نانوذره اکسید روی از نظر اقتصادی و میزان کارایی با سایر روش‌های معمول مقایسه شود و هم‌چنین مطالعاتی در جهت سازگاری آن با روش‌های دیگر به عمل آید.

۴- به منظور بررسی امکان استفاده از این جاذب در حذف نفت در حجم زیاد فاضلاب، لازم است مطالعه در مقیاس صنعتی نیز انجام گیرد.

۵- در مورد مکانیسم جذب نفت با استفاده از این نوع جاذب تحقیقات بیش‌تری صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که بهترین pH برای جذب مولکول‌های نفت توسط نانوجاذب در pH=۷ می باشد. بیش ترین جذب در زمان ۲۰ دقیقه اتفاق می افتد و با افزایش زمان تماس میزان جذب تقریباً به صورت ثابت باقی می‌ماند. با افزایش مقدار جاذب میزان جذب افزایش یافته و افزایش غلظت اولیه نفت در پساب ساختگی، سبب افزایش میزان جذب می‌شود. پس از مقایسه ضرایب تبیین هم دماهای خطی در جذب سطحی، نتایج نشان دادند که جذب نفت توسط نانو ذره اکسید روی با مدل Freundlich مطابقت دارد. در نهایت مشخص گردید که نانو ذره اکسید روی می تواند کارآیی بالایی در جذب نفت از پساب داشته باشد و به عنوان جاذب در رفع آلودگی نفتی در تصفیه فاضلاب‌های صنعتی مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسنده مقاله از کارکنان بخش آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان به جهت قرار دادن امکانات برای انجام این پژوهش کمال تشکر را دارد.

References

[1] NazarZade A, Lakroj M, Alizade M, Removal of rhodamine B dye from aqueous solutions using biocompatible poly (N-vinylpyrrolidone-co-maleic anhydride) nanocomposite - Rice bran: isothermal, kinetic and thermodynamic studies *Environ Sci Technol* 2018; 31 (1): 81-92. [Farsi]

[2] Guo Z, Su Y, Li YX, Li G, Huang XJ. Porous single crystalline CdSe nanobelts: cation exchange synthesis and highly selective photoelectric sensing toward Cu2+. *Chem. Eur. J* 2018, 24(39): 9877-83.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

[3] Bícego MC, Taniguchi S, Yogui GT, Montone RC, Da Silva DAM, Lourenco RA, et al. Assessment of contamination by polychlorinated bipHenyls and alipHatic and aromatic hydrocarbons in sediments of the Santos and Sao Vicente Estuary System, Sao Paulo, Brazil. *Mar Pollut Bull* 2006,52(12):1804-16.

[4] Ariharasudhan S, Dhurai B. Adsorption of oil from water surfaces using fibrous material-An overview. *Man-Made Textiles in India.* 2019 Apr 1;47(4).

[5] Xia Z, Baird L, Zimmerman N, Yeager M. Heavy metal ion removal by thiol functionalized aluminum oxidehydroxide nanowhiskers. *Appl Surf Sci* 2017, 416: 565–73.

[6] Amar IA, Alshibani ZM, AbdulQadir MA, Abdalsamed IA, Altohami FA. Oil spill removal from water by absorption on zinc-doped cobalt ferrite magnetic nanoparticles. *Adv J Chem A* 2019; 2(4, pp. 266-385), pp.365-76.

[7] Panahi HA, Soltani E, Moniri E, Tamadon A. Synthesis and characterization of poly [1-(N,N-bis-carboxymethyl)amino-3-allylglycerol-co-dimethylacrylamide] grafted to magnetic nano-particles for extraction and determination of letrozole in biological and pharmaceutical samples. *J.Talanta.* 2013; 117: 511-17.

[8] Zhanga H, Huanga F, Lick DL, Shia P. Highly efficient removal of Cr(VI) from wastewater via adsorption with novel magnetic Fe3O4@C@MgAl-layered double-hydroxide. *CCL.* 2015 , 26(۹) :1137–43

[9] Bina B, Amin MM, Rashidi A, Pourzamani H. Benzene and Toluene Removal by Single Wall, Multi Wall, and Hybrid Carbon Nano Tubes from Aqueous Solutions. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab* 2013; 24(3): 12-21. .[Farsi]

[10] Salehi B, Hasani A, Ahmadpanahi H, Barghaei M, Investigation of xylene removal from water by nano zinc oxide as oil adsorbent . *Environ Sci Technol* 2019, 20 (3): 35-27. [Farsi]

[11] Kripal R, Gupta A, Srivastava K, Mishra S. Photoconductivity and photoluminescence of ZnO nanoparticles synthesized via co-

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]

[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

precipitation method. Spectrochim. *Acta Part A* 2011; 79: 1605-12.

[12] Kumar S, Nair R, Pillai P, Gupta S, Iyengar M, Sood A. Graphene Oxide−MnFe2O4 Magnetic Nanohybrids for Efficient Removal of Lead and Arsenic from Water. *ACS Appl Mater Interfaces* 2015; 6(20): 17426-36.

[13] Abolhasani M, Pirestani N, Amini H, Investigation of rock wool waste efficiency in adsorption of oil (kerosene) pollutants in water. *J Environ Health Res* 2018; 3 (4): 300-11. [farsi]

[14] Ahmadi nasab R, Aghaei S, Ghasem zade MA, Synthesis of oxidized nanoparticles with antimicrobial and antibiotic activity against Klebsiella pneumoniae. *J Appl Biol* 2019; 31 (8): 107-19. [Farsi]

[15] Zhang X, Wei X, Men X, Jiang Z, Ye WQ, Chen ML, Yang T, Xu ZR, Wang JH. Inertial-force-assisted, high-throughput, droplet-free, single-cell sampling coupled with ICP-MS for real-time cell analysis. *Anal Chem* 2020,92(9), pp.6604-12.

[16] Wang Y, Tran HD, Liao L, Duan X, Kaner RB. Nanoscale morphology, dimensional control, and electrical properties of oligoanilines *J ACS* 2010; 132(30): 10365-73.

[17] Mobasherpour I, Salahi E, Pazouki M. Removal of nickel (II) from aqueous solutions by using nanocrystallin calcium hydroxypatite. J Saudi Chem Society. 2011; 15: 105-12.

[18] Anbia, M. Moradi, S.E. Adsorption of napHthalenederived compounds from water by chemically oxidized nanoporous carbon. *Chem Eng J* 2009; 148(2-3): 452-58.

[19] Rahmani A, Asgari G, Barjasteh Asgari F, Hedayati Kamran E, Alijani F. Investigation of phenol removal from aqueous solutions using copper-impregnated pumice. *Avicenna J Clin Medic* 2011 Mar 15;17(4):50-6.[Farsi]

[20] Razmi FA, Ngadi N, Wong S, Inuwa IM, Opotu LA. Kinetics, thermodynamics, isotherm and regeneration analysis of chitosan modified pandan adsorbent. *J clean prod* 2019; 231: 98-109.

[21] Chen S, Yan J, Li J, Lu D. Dispersive micro-solid phase extraction using magnetic ZnFe2O4

nanotubes as adsorbent for preconcentration of Co (II), Ni (II), Mn (II) and Cd (II) followed by ICP-MS determination. *Microchem J* 2019; 147: 232-8.

[22] Jafarzadeh Haghighi fard N, Mangolizadeh N, Takdast A, Dinari MA. Adsorption of zinc(Zn^{+2}) from water by chitin of Portunus pelagicus. *Environ Sci Technol* 2015; 16(1): 529-42.[farsi]

[23] Rajaboopathi S, Thambidurai S. Green synthesis of seaweed surfactant based CdO-ZnO nanoparticles for better thermal and photocatalytic activity. *Current Applied Physics* 2017; 17(12): 1622-38.

[24] Benhebal H, Chaib M, Salmon T, Geens J, Leonard A, Lambert SD, et al. Photocatalytic degradation of phenol and benzoic acid using zinc oxide powders prepared by the sol–gel process. *AEJ* 2013; 52(3): 517-23.

[25] Fazlolahi S, Hasani AH, Barghaei M, Poorzamani HR, Investigation of the efficiency of multi-walled carbon nanotubes in the removal of petroleum hydrocarbons from the aqueous medium (Case study of naphthalene). *Environ Sci Technol* 2019; 19 (3): 129-41. [Farsi].

[26] Moghadam MT, Qaderi F. Modeling of petroleum wastewater treatment by Fe/Zn nanoparticles using the response surface methodology and enhancing the efficiency by scavenger. *Results in Physics* 2019; 15: 102566.

[27] Khosravi R, Fazlzade M, Samadi Z, Mostafavi H, Taghizade A, Dari H, Investigation of phenol adsorption from aqueous solutions using carbonated bark of elm tree and modified with zinc oxide nanoparticles. *J Health and Care* 2014; 4 (1): 21-30. [Farsi]

[28] Ewis D, Benamor A, Ba-Abbad MM, Nasser M, El-Naas M, Qiblawey H. Removal of Oil Content from Oil-Water Emulsions Using Iron Oxide/Bentonite Nano Adsorbents. *Water Proc Eng* 2020; 38: 101583.

[29] Hossini Asl SM, Masomi M, Tajbakhsh M, Hybrid adaptive neuro-fuzzy inference systems for forecasting benzene, toluene & m-xylene removal from aqueous solutions by HZSM-5

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

nano-zeolite synthesized from coal fly ash, *J Clean Prod*. 2020.

[30] Azari A, Gholami M, Mokhtari M, Kakavand B, Ahmadi A, Sattari Tabrizi M. Removal of six volumes of chromium from aqueous medium using activated carbon with zero iron nanoparticles (CMFeO): Study of kinetics, isotherms and thermodynamics. *JHD* 2014; 3(1).

[31] Hosseinifard M, Ghorbani H, Aghazadeh M, Hosseinifard M. Synthesis of Manganese Dioxide Nano-particles (MnO2) and Their Copper Removal Efficiency from Aqueous Solutions. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab* 2016; 27(3): 2-11. [Farsi]

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]
[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]

Evaluation of the Efficiency of Synthesized Zinc Oxide Nanoparticles in the Removal of Oil from SyntheticWastewater: A Laboratory Study

N. Javid[۱], M. H. Abolhasani[۲]

Received: 23/01/21 Sent for Revision: 08/02/21 Received Revised Manuscript: 10/04/21 Accepted: 12/05/21

Background and Objectives: Water pollution with oil compounds causes the development of new technologies to eliminate oil pollution. The purpose of this study was to determine the efficiency of synthesized zinc oxide nanoparticles in the adsorption of oil from aqueous media.

Materials and Methods: In this laboratory study performed in the summer of 2019, zinc oxide nanoparticles were used as adsorbent to remove oil pollution from wastewater. The adsorbent specifications were determined using XRD, FTIR, FESEM and ICP analysis. Adsorption tests were discontinuously done using laboratory solutions containing oil. The optimum conditions for adsorption was examined through changing facors affecting adsorption such as the concentration of the contaminant, the contact time and the amount of adsorbent at different levels. A completely randomized block design was used for data processing.

Results: Adsorption rate was 74.1% and fixed after 20 minutes. The highest adsorption was observed at pH=7 at 85.27% and the lowest value was observed at pH=9 at 66.90%. The adsorption rate of zinc oxide nanoparticles at 1.5 g/l was 79.90% with a significant difference higher than the other concentrations**.** Finaly, the rate of oil adsorption in 100 mg/l concentration was 83.50% with a significant difference with the other concentrations. The adsorption of oil by zinc oxide nanoparticles was consistent with the Freundwich model (R^2=0.99).

Conclution: Zinc oxide nanoparticles adsorbent has a high efficiency in adsorbing oil from wastewater and can be used to remove oil pollution.

Key words: Oil pollution, Adsorption isotherm, Zinc nano oxide, Factors affecting adsorption

Funding: This study did not have any funds.

Conflict of interest: None declared.

How to cite this article: Javid N**,** Abolhasani M H. Evaluation of the Efficiency of Synthesized Zinc Oxide Nanoparticles in the Removal of Oil from Synthetic Wastewater: A Laboratory Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2021; 20 (4): 387-404. [Farsi]

۱- MSc in Environmental Engineering, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran, ORCID: 0000-0002-3257-2770

۲- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran, ORCID: 0000-0003-0780-7256

(Corresponding Author) Tel: (031) 35354117, Fax: (031) 35354117, E-mail: Hadi.mha2001@yahoo.com

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1400.20.4.4.0]

[DOI: 10.52547/jrums.20.4.387]