

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و هفت، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۴ (۱۰۶-۸۷)

کاربرد نانو ذرات اکسید تیتانیوم- الیاف پلی پروپیلن، نانو لوله های کربنی چند دیواره، ترکیب گرافن اکساید- کیتوسان - بنتونیت و کاه غلات و ترکیب آن ها در حذف هیدروکربن های نفتی در محیط های آبی

شهرام آزاد زرآبادی^۱

آپتین راهنورد^{۲*}

Rahnvard_aptin@yahoo.com

فرید غلامرضا فهیمی^۳

کیوان صائب^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۵

چکیده

زمینه و هدف: مراحل تولید و انتقال نفت خام در نتیجه نشت مواد نفتی می تواند منجر به آلودگی آب با هیدروکربن های نفتی شود با توجه به اینکه ریزش و نشت نفت در آب در اکثر مواقع اجتناب ناپذیر است و نیز هیدروکربن های نفتی شامل ترکیبات پیچیده های هستند که تمام این ترکیبات به یک اندازه تخریب و تجزیه نمی شوند و میزان تخریب این مواد نفتی بستگی به غلظت و ساختار شیمیایی آنها دارد و همچنین نظر به عوارض نامطلوب آب آلوده به مشتقات نفتی بر روی انسان و محیط زیست، حذف آلاینده های نفتی از پساب ها از مهمترین مسائل روز در حوزه مهندسی محیط زیست میباشد. روشهای مختلفی برای حذف این آلاینده ها از پساب وجود دارد. یکی از جدیدترین فن آوری ها در جذب سطحی، کاربرد نانوکامپوزیت است.

روش بررسی: در این تحقیق از نانوکامپوزیتها و ترکیب آنها با مواد طبیعی و مصنوعی، جاذبهایی برای جذب PAHs تهیه شده است. نانوکامپوزیت اکسید تیتانیوم- الیاف پلی پروپیلن، نانو لوله های کربنی چند دیواره، ترکیب گرافن اکساید- کیتوسان - بنتونیت و کاه غلات و ترکیب آن ها برای حذف آلاینده های نفتی استفاده شدند. آزمایشات در اسیدپته های مختلف، غلظتهای مختلف پساب و جاذب، زمان های ماند مختلف انجام شدند. برای تعیین میزان جذب، تستهای FTIR، SEM، XRD و GC انجام شده است.

۱- گروه محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران

۲- گروه محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۳- گروه محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران

۴- گروه محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران

یافته‌ها: بررسی نتایج نشان می‌دهد که کلیه جاذبها توان حذف آلاینده های نفتی را از پساب دارند. اما نانو جاذب گرافن اکسید/ کیتوسان/ بنتونیت دارای درصد حذف ۸۰ می باشد، ترکیب نانو جاذب گرافن اکسید/ کیتوسان/ بنتونیت دارای درصد حذف ۸۰، نانو تیوب های کربنی چند دیواره دارای حذف هیدروکربن های نفتی با ۹۲ درصد جذب همچنین جاذب کاه ۹۳ درصد حذف هیدروکربن های نفتی را نشان داده است.

بحث و نتیجه گیری: کلیه جاذبها توان حذف آلاینده های نفتی را از پساب دارند و جاذب ترکیبی که از یک ماده قابل دسترس مثل کاه و همچنین مواد ارزان مثل پلی پروپیلن می توان نتیجه خوبی برای حذف هیدروکربن های نفتی به دست آورد.

واژه های کلیدی: نانو ذرات، هیدروکربن های نفتی، گرافن اکساید- کیتوسان – بنتونیت ، دی اکسید تیتانیوم، الیاف پلی پروپیلن.

Application of titanium oxide nanoparticles-polypropylene fibers, multi-walled carbon nanotubes, graphene oxide-chitosan-bentonite combination and cereal straw and their combination in the removal of petroleum hydrocarbons in aquatic environments.

Shahram Azadzarabadi¹

Aptin Rahnavard^{2*}

Rahnavard_aptin@yahoo.com

Farid Gholamreza Fahimi³

Keivan Saeb⁴

Date of Acceptance: December 4, 2024

Date of Submission: April 24, 2024

Abstract

Background and objective : The stages of production and transportation of crude oil as a result of the leakage of petroleum materials can lead to water pollution with petroleum hydrocarbons, considering that spillage and leakage of oil in water is inevitable in most cases, and petroleum hydrocarbons include complex compounds that all these compounds are a They do not degrade and decompose, and the degree of degradation of these petroleum substances depends on their concentration and chemical structure, and considering the adverse effects of water contaminated with petroleum derivatives on humans and the environment, the removal of petroleum pollutants from wastewater is one of the most important issues of the day in the field of It is environmental engineering. There are various methods to remove these pollutants from wastewater. One of the newest technologies in surface absorption is the use of nanocomposite.

Materials and Methods: In this research, adsorbents for absorbing PAHs were prepared from nanocomposites and their combination with natural and synthetic materials. titanium oxide nanocomposite-polypropylene fibers, multi-walled carbon nanotubes, graphene oxide-chitosan-bentonite combination and cereal straw and their combination were used to remove oil pollutants. Experiments in different acidity, different concentrations Effluent and absorbent, different retention times were performed. To determine the amount of absorption, FTIR, SEM, XRD and GC tests were performed.

Finding: Examining the results shows that all adsorbents have the ability to remove oil pollutants from wastewater. However, the graphene oxide/chitosan/bentonite nano-absorbent has a removal percentage of 80, the combination of graphene oxide/chitosan/bentonite nano-absorbent has a removal percentage of 80, multi-walled carbon nanotubes have the removal of petroleum hydrocarbons with 92% absorption, as well as the straw absorbent with 93% It has shown the removal of petroleum hydrocarbons.

1- Department of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, IRAN.

2-Department of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, IRAN.
**(Correspondence Author)*

3- Department of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, IRAN.

4- Department of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, IRAN.

Discussion and conclusion: A combined adsorbent made of an available material such as straw and also a cheap material such as polypropylene can achieve a good result for the removal of petroleum hydrocarbons.

Keywords: Nano particles, petroleum hydrocarbons, graphene oxide-chitosan-bentonite, titanium dioxide, polypropylene fibers.

مقدمه

۱۰۰ نانومتر باشد. (۷) امروزه نانو کامپوزیت‌های مختلفی با اهداف متفاوت استفاده می‌شوند که نانو کامپوزیت پلی پروپیلن و دی اکسید تیتانیوم یکی از آن‌هاست. پلی پروپیلن از پلیمریزاسیون پروپیلن در دما و فشار نسبتاً ملایم و در حضور کاتالیست تولید می‌شود. قابلیت‌هایی نظیر ساختار شیمیایی ساده، انعطاف زیاد، سبکی، عدم جذب آب و در نتیجه عدم تغییر در خواص مکانیکی بر اثر تماس با آب، این پلیمر را به عنوان یک جاذب مناسب برای حذف نفت از آب معرفی کرده است (۸). یکی دیگر از این مواد نانو لوله های کربنی بوده که استفاده از آنها به دلیل خواص مغناطیسی، مکانیکی و الکترونیکی منحصر به فرد و خواص برجسته نظیر هدایت حرارتی مناسب، انعطاف پذیری زیاد، چگالی کم، تخلخل و نیز نسبت سطح به حجم زیاد، ساختارهای کوچک و لایه‌بندی شده به عنوان جاذب‌های مناسب برای حذف انواع آلاینده‌ها در پژوهش‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته‌اند (۹) از دیگر جاذب‌ها، نانو ذرات گرافن اکساید به دلیل پتانسیل بالا، ظرفیت جذب و سطح ویژه بالایی که دارند، برای حذف آلاینده‌ها از آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. گرافن اکساید یکی از مهمترین مشتقات گرافن، دارای مساحت سطحی بالا، هدایت بسیار عالی و مقاومت مکانیکی قوی می‌باشد. ورقه‌های گرافن اکساید آب دوست تر بوده و می‌توانند به راحتی در حلال با ثبات بالایی پراکنده شوند. علاوه بر این، آنها می‌توانند به راحتی در مقادیر انبوه در مقایسه با نانو لوله های کربنی تولید شوند. (۱۰) جاذب دیگر بنتونیت اصلاح شده به عنوان یک ماده با قابلیت بالا برای حذف آلاینده های آبگریز از محلول آبی ارائه شده است و بنابراین یک عامل بسیار امیدوار کننده در کنترل محیط زیست و کاهش علفکش‌ها می‌باشد. اخیراً تولید پلیمرهای زیستی به دلیل عدم سمیت در محیط، در دسترس بودن و هزینه پایین آن‌ها به عنوان ابزاری برای جذب آلاینده‌ها مورد توجه اکثر

اکتشاف، استخراج و بهره‌برداری از منابع نفتی در کشورهای نفت خیز مانند ایران علی‌رغم فواید بسیار، موجب بروز مشکلات زیست محیطی متعددی شده است. یکی از مهمترین این معضلات آلودگی منابع آب با ترکیبات نفتی می‌باشد. (۱) نشت و ریزش عمدی یا تصادفی این ترکیبات به منابع آبی می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به دنبال داشته باشد. مصرف‌آب‌های آلوده به مشتقات نفتی، تهدیدی جدی برای سلامت محیط زیست، انسانها و سایر موجودات زنده به حساب می‌آید. با توجه به اینکه ریزش و نشت نفت در آب در اکثر مواقع اجتناب‌ناپذیر 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 شده‌اند. در طول مراحل تولید و انتقال نفت خام، نشت مواد نفتی میتواند منجر به آلودگی خاک با هیدروکربن های نفتی شود. (۲) حضور هیدروکربن های نفتی در خاک به دلیل سمیت آنها بر فرآیندهای زیستی که توسط ریز جانداران خاک صورت می‌گیرد. اثر منفی دارد و می‌تواند تاثیرات مخربی بر کیفیت خاک بگذارد. همچنین این ترکیبات می‌توانند بر ویژگیهای شیمیایی خاک نیز اثرات منفی داشته‌باشند. (۳) هیدروکربن های نفتی شامل ترکیبات پیچیده ای هستند که تمام این ترکیبات به یک اندازه تخریب و تجزیه نمی‌شوند. (۴) میزان تخریب این مواد نفتی بستگی به غلظت و ساختار شیمیایی آنها دارد. (۵) از زمانیکه مواد نفتی در داخل خاک رها می‌شوند، اغلب هیدروکربنهای سبک دچار فرآیندهای تبخیر، اکسیداسیون، انحلال و تغییر شکل زیستی می‌شوند. (۶) یکی از جدیدترین فناوری هادر جذب سطحی، کاربرد نانو کامپوزیت است. نانو کامپوزیت به ماده‌ای اطلاق میشود که از ترکیب مواد مختلف با ویژگیهای متفاوت تشکیل شده و حداقل قطریکی از مواد کم‌تر از

نانوکامپوزیت پلی پروپیلن و دی اکسید تیتانیوم در زمان تماس ۳۰ دقیقه بود. میانگین میزان جذب دو آلایندگی گازوئیل و بنزین به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۱۷ ± و ۰/۱ و ۴۹/۶ ± گرم به ازای هر گرم وزن جذب بود. میزان جذب ترکیبهای نفتی توسط نانوکامپوزیت ۳/۲۷ برابر بیشتر از الیاف فعالسازی نشده بود. نانوکامپوزیت در مقایسه با نمونه های تجاری وارداتی عملکرد مطلوبی داشت. نتایج این مطالعه میتواند به عنوان الگویی کاربردی برای ساخت جاذبهای مصنوعی مقابله کننده با انتشار ترکیبهای نفتی در منابع آب استفاده شود.

فضل الهی و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه ای با عنوان بررسی کارایی نانو لوله های کربنی چند دیواره در حذف هیدروکربنهای نفتی از محیط آبی انجام گردید. نتایج نشان داد، به دلیل اندازه کوچک، سطح مقطع زیاد، شکل کریستالی و نظم شبکه ای منحصر به فرد و در نتیجه واکنش پذیری بسیار زیاد و عملکرد قابل توجه نانو تیوپهای کربنی چند جداره به عنوان جاذب در حذف آلایندگی های آلی از محلولهای آب، این جاذب جهت حذف نفتالین از آب موثر است.

Karyab و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه های با عنوان حذف هیدروکربنهای نفتی سبک از منابع آب با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پروپیلن و دی اکسید تیتانیوم انجام گردید. با توجه به نتایج و در مقایسه با جاذبهای تجاری وارداتی، نانوکامپوزیت سنتز شده عملکرد مطلوبی داشت. نتایج نشان میدهد که نانوکامپوزیت پلی پروپیلن و تیتانیوم اکساید میتواند به طور موثر در حذف هیدروکربنهای نفتی سبک از منابع آب آلوده استفاده شود.

Kondratyuk و Yates (۲۰۰۷) در مطالعه ای ویژگیهای جذب سطحی توسط نانو لوله های کربنی مشخص کردند، سایتیهای مختلفی برای جذب بر روی نانو لوله های کربنی وجود دارد که عبارت اند از:

۱- سایتیهای داخلی که منافذ داخلی برخی نانو لوله های خاص هستند که تنها در صورتی که انتهای نانولوله ها باز باشد، قابل دستیابی هستند. ۲- کانالهای روزنه ای که کانالهای بین دسته- های نانو لوله ها هستند. ۳- شیارهای موجود در سطح خارجی

محققین قرار گرفته است. علاوه بر جاذب های فوق، استفاده از پلیمرهای زیستی مانند کیتین و کیتوزان یکی از روش های جذب و حذف آلایندگی ها حتی در غلظت های کم است (۱۱). از آنجایی که کیتوزان به واسطه جذب سطحی و تبادل یونی قادر است با ترکیبات آروماتیک ترکیب شود و نانو ذرات گرافن اکساید نیز دارای پتانسیل بالا، ظرفیت جذب و سطح ویژه بالایی می- باشند و همچنین بنتونیت نیز به عنوان یک ماده با قابلیت بالا برای حذف آلایندگی های آب گریز از محلول های آبی به کار می- رود؛ لذا انتظار می رود نانو جاذب گرافن اکساید- کیتوزان- بنتونیت بتواند جذب بهتر و بیشتری از ترکیبات نفتی داشته باشد. نتایج پژوهش زاهد نیا و قاضی طباطبایی (۲۰۱۸) نشان داد که نانولوله های کربنی تک دیواره پوشیده شده با اکسید روی به طور موثری بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن را از آب جذب می نماید و دارای پتانسیل خوبی برای تصفیه فاضلابهای آلوده به مواد نفتی است.

آریابد و همکاران، (۲۰۱۱) جذب کادمیم در سطح نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در سوسپانسیون های خاک را بررسی نمودند. در خاک آلوده به کادمیم در محیط سوسپانسیون، مقدار تثبیت کادمیم توسط نانو ذرات که به جذب کادمیم در سطح نانو ذرات نسبت داده می شود، به نسبت خاک به آب (۱:۲۰، ۱:۵)؛ میزان آلودگی خاک به کادمیم (۵ و ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم) کادمیم کل در خاک و مقدار کاربرد نانو ذرات (صفر، ۰/۵ و ۵ درصد) بستگی دارد. به طوری که کمترین میزان کادمیم استخراج شده با عامل کلات کننده DTPA (DTPA-Cd) در نسبت خاک به آب ۱:۵ و مقدار ۵ درصد نانو ذرات و در خاک با سطح آلودگی ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیم مشاهده شد. همچنین نتایج آزمایش های پایداری نشان داد که نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در سوسپانسیون های خاک طی گذشت ده روز از نتایج به دست آمده از مطالعه (۱۲) با عنوان حذف ترکیبهای نفتی سبک از منابع آبی با نانوکامپوزیت پلی پروپیلن و دی اکسید تیتانیوم، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی نشان دهنده توزیع یکنواخت نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم روی الیاف بود. بیشترین قابلیت جذب گازوئیل و بنزین توسط

پالایشگاه و استعمال و مصرف آن به وسیله مصرف کننده نهایی، آلودگی ایجاد می شود. این آلاینده ها می توانند در سطح ذرات خاک یا ذرات آلی موجود در خاک، جذب شده، به تدریج به غلظت آنها بیافزایند و همراه با جریان های سطحی به آب های سطحی وارد شوند. از سوی دیگر این ترکیبات، همراه با جریان های عمقی آب به آب های زیرزمینی نفوذ کرده و نهایتاً می توانند به زنجیره غذایی گیاه، حیوان و انسان وارد شوند و موجودات زنده را مسموم کنند. (۱۵) ترکیبات نفتی مجموعه ای از هیدروکربن های آلیفاتیک و آروماتیک هستند. آروماتیک ها جزء ترکیبات پایدار، سخت تجزیه پذیر، سمی و سرطان زا برای انسان می باشند. نشت ترکیبات نفتی تحت تأثیر نیروهای موئینگی و ثقلی منجر به حرکت عمودی در خاک های غیر اشباع شده و خلل و فرج خاک را پر می کنند. در صورت زیاد بودن مقدارنشتی، فاز مایع به سطح آب رسیده و از آنجا به همراه جریان آب های زیرزمینی حرکت کرده و به دلیل دانسیته کمتر نسبت به آب در سطح آب شناور باقی می ماند. انسان به روش های مختلف ممکن است در معرض آلودگی های ناشی از هیدروکربن های نفتی قرار بگیرد.

هدف از انجام این تحقیق بررسی کارایی نانو ذرات اکسید تیتانیوم- الیاف پلی پروپیلن، نانو لوله های کربنی چند دیواره، ترکیب گرافن اکساید- کیتوسان - بنتونیت و کاه غلات و ترکیب آن ها در حذف هیدروکربن های نفتی در محیط های آبی می- باشد.

مواد و روش ها

نانولوله ها ۴- سطح خارجی نانولوله ها که سطوح منحنی خارجی نانولوله هاستند.

- هدف اصلی انجام این تحقیق بررسی کارایی نانو جاذب های اکسید تیتانیوم، الیاف پلی پروپیلن، ترکیب گرافن اکساید- کیتوسان - بنتونیت، نانو لوله های کربنی چند دیواره و کاه در حذف هیدروکربن های نفتی در محیط های آبی می باشد. و اهداف فرعی این تحقیق شامل
- تعیین تاثیر زمان های تماس متفاوت بر راندمان حذف
- تعیین تاثیر تغییرات pH بر راندمان حذف
- تعیین تاثیر غلظت های مختلف هیدروکربن های نفتی
- تعیین تاثیر مقادیر مختلف کاه بر راندمان جذب
- تعیین بهترین جاذب هیدروکربن های نفتی از مقایسه راندمان حذف می باشد.

اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

رشد فعالیت های صنعتی باعث تخریب محیط زیست می شود، به عنوان مثال به دلیل تجمع بیش از حد مواد مضر مانند هیدروکربن های نفتی در اکوسیستم های آبی و خاکی سطح ذرات خاک با یک فیلم عایق نازک پوشیده می شود (۱۳) همچنین برخی از بخش های نفت ممکن است غشای سلولی را حل کند و در نتیجه ساختار ریشه گیاه را مختل نماید (۱۴) نفت یک فرآورده سمی برای سیستم های بیولوژیک است و آلوده کننده اصلی محیط زیست محسوب می شود. به علت ورود مستقیم نفت به اکوسیستم ها و به خاطر رهایی طبیعی آن از مخازن، فعالیت هایی انجام شده و به منظور استخراج آن از مخازن و انتقال از مخازن به محل مصرف، فرآوری بیشتر در

جدول ۱- دستگاه ها، روش نمونه برداری و آزمایش ها

Table 1. Devices, method Sample Vector and tests

Device model	Measurable items	device
TAT	Homogenize the solution	ultrasonic
Philips-pw1730	Available crystal phases, crystal size	(XRD) X-ray diffraction
FEI-Nova: SEM	Shapes and sizes of particles, particle composition	Electron microscope (SEM) along with XRF

Brucker	Types of chemical bonds available	Infrared spectroscopy (FTIR)
Perklin	absorption rate	Visible-ultraviolet spectroscopy (UV-Vis)
Agilent 6890	Identification of organic compounds	Gas chromatography (GC-FID)
shimaz	To dehumidify the sample	Oven

جدول ۲- فهرست مواد مورد استفاده در مطالعه

Table 2. List of materials used in the study

Manufacturer	chemical formula	Chemical name
Merc	C 140 H 42 O 20	Nano graphene oxide
Merc	C 6 H 11 NO 4	Nano chitosan
Merc	H 2 Al 2 O 6 Si	Bentonite nano clay
	H2SO4	sulfuric acid
		Merc
Merc	NaOH	Sodium hydroxide
Manufacturer	chemical formula	Chemical name
Merc	C 140 H 42 O 20	Nano graphene oxide

روش بررسی

دی اکسید تیتانیوم با قطر ۲۰ نانومتر (تهیه شده از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان) حاوی ۸۰ درصد حجمی آناتاز، ۲۰ درصد حجمی روتایل، سطح ویژه ۱۰ تا ۴۵ مترمربع در گرم، چگالی ۴ میلی گرم در لیتر و خلوص بیش از ۹۹ درصد استفاده می‌گردد. هم گذاری نانوکامپوزیت طی سه مرحله فعال سازی، پوشش دهی و خشک سازی انجام می‌گیرد. فعال سازی با هدف افزایش توان جذب و بهبود پوشش نانوذرات بر روی سطح جاذب انجام و اجرای آن در مطالعه های مختلف با روش های متفاوتی نظیر حرارت خشک و پلاسمایزاسیون شده است (۱۶) در این پژوهش از روش حرارت مرطوب برای فعال سازی استفاده خواهد شد. بدین صورت که الیاف پلی پروپیلن در زمان ۹۰ دقیقه و دمای بهینه ۶۴ درجه سانتی گراد تحت تاثیر حرارت مرطوب قرار گرفته و دما و زمان بهینه شرایطی خواهد بود که الیاف پلی پروپیلن ضمن حفظ ساختار طبیعی، حداکثر بازدهی جذب را داشته باشند. این مرحله در محفظه ای از جنس استیل انجام و برای تولید حرارت مرطوب از المنت های متصل به جریان متناوب برق شهری استفاده می‌گردد. پوشش دهی الیاف با استفاده از غوطه ورسازی در مجاورت امواج ما فوق صوت با توان ۱۰۰ وات و بسامد ۲۶ کیلو هرتز، در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد انجام

نمونه شاهد از فاضلاب سطحی منطقه ۱۸ تهران از داخل سیفون های منتهی به بزرگراه آزادگان در دو فصل کم بارش (تابستان ۱۴۰۱) و پر بارش (پاییز ۱۴۰۰) تهیه و مقدار آلودگی های نفتی در آن ها اندازه گیری گردید. و مشخص شد که فقط در فصل پر بارش دارای آلاینده های به هیدروکربن های نفتی می باشد. در پاییز ۱۴۰۱ نیز نمونه ها گرفته شد و میزان آلودگی پایین تر از حد نیاز برای پژوهش بود. لذا جهت برآورد دقیق توان جذب هر کدام از نانو ذرات، با استفاده از محلول ۱۶ هیدروکربن های آروماتیک چند هسته ای خریداری شده از شرکت سیگما آلدريج، اقدام به تهیه پساب آزمایشگاهی با غلظت های مورد نظر شد. محلول استاندارد با غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر برای هر هیدروکربن آروماتیک تهیه شد و استانداردهای کوچک تر در محلول آبی مورد استفاده قرار گرفت تا فاضلاب حاوی PAHs شبیه سازی شود.

۱- نانو جاذب های مورد استفاده و ساخته شده:

۲-۱- نانوکامپوزیت الیاف پلی پروپیلن و نانو ذرات دی

اکسید تیتانیوم

الیاف پلی پروپیلن با طول یک سانتی متر و قطر ۳۳۰ میکرومتر در نظر گرفته می‌شود. برای هم گذاری نانوکامپوزیت از نانو ذرات

اکساید و بنتونیت در ۵۰ سی سی آب مقطر ریخته و در داخل دستگاه اولترا سونیک به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده تا به طور کامل همگن شوند. در ادامه ی کار، محلول اول و دوم با هم مخلوط شده و به مدت ۳ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد تحت مبرد قرار می گیرد. بعد از مدت مذکور به محلول مورد نظر، سود ۱ نرمال قطره قطره اضافه تا محلول به فرم ژل حاصل شود، سپس محلول را از روی کاغذ صافی گذرانده و جهت خنثی سازی با آب شست و شو داده می شود. در نهایت محصول به دست آمده به مدت ۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در آون خشک شده و مورد بررسی های نهایی قرار خواهد گرفت.

۲-۴- جذب کاه

نمونه جذب کاه به عنوان جذب آلی از مزرعه اطراف محل نمونه گیری تهیه شده و نمونه های جذب بعد از تهیه، با آب مقطر چندین بار به منظور حذف گردوغبار به خوبی شسته و در آون در دمای 105°C به مدت ۱۴ ساعت خشک می گردند (۱۷) سپس نمونه های کاه با استفاده از دستگاه خردکن، خرد و با الک کوچکتر از ۲ میلی متر دانه بندی می شوند. (۱۸)

۲-۵- جذب ترکیبی

۰/۲ گرم از هر جذب در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ التراسونیک می کنیم و سپس آن را در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد در آون خشک می کنیم.

۳- کاربرد جذب ها برای حذف هیدروکربن های نفتی

جهت بررسی جذب های سنتز شده مقدار ۰/۰۱ گرم از آن را در ۵۰ میلی لیتر پساب حاوی ۱۰ میلی گرم بر لیتر PAHs ریخته و سپس بر روی شیکر با سرعت ۱۴۰ دور در دقیقه قرار می دهیم و پس از گذشت زمان ۱۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه، جذب را از محلول توسط سانتریفوژ در دور ۳۵۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه جدا می کنیم و بعد از صاف سازی میزان جذب محلول را با اسپکتروفوتومتر قرائت می کنیم تا زمان ماند بهینه مشخص شود. برای تعیین مقدار بهینه غلظت نانو ذرات، در ۴ ارلن به طور جداگانه ۵۰ میلی لیتر از محلول PAHs با غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر ریخته و در هر یک از ارلن ها به مقدار ۰/۰۰۰۵، ۰/۰۰۵، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵ گرم از نانو جذب اضافه شد. بعد از گذشت زمان ماند بهینه جداسازی و صاف سازی محلول انجام شد و میزان

می شود. قابلیت این روش توسط سزاوبا و همکاران (۲۰۰۹) ثابت شده است. برای بهینه سازی پوشش دهی، از محلول های ۰/۱/۵، ۰/۲ گرم در لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم استفاده می شود. پیش از این زارع دوست و رسولی (۲۰۱۱) صرفاً از محلول ۱ گرم در لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و سزاوبا و همکاران (۲۰۰۹) از سه غلظت ۰/۵ و ۰/۷۵ و ۱ گرم در لیتر استفاده کرده اند ۲ گرم از الیاف با یک گرم نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در داخل حمام مافوق صوت در حضور ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر ترکیب می شود. سپس نانوکامپوزیت الیاف پلی پروپیلن ودی اکسید تیتانیوم و خشک سازی با جریان هوای گرم و دمای ۴۰ درجه انجام می شود. در نهایت شست و شوی الیاف با استفاده از آب مقطر انجام و سپس در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد خشک به مدت ۴۸ ساعت خشک می گردند.

۲-۲- نانو تیوب های کربنی چند دیواره

نانو تیوب های کربنی چند دیواره از شرکت پیشگامان نانو مواد دارای سطح ویژه $233\text{ m}^2/\text{g}$ ، قطر داخلی ۳-۵ نانومتر، قطر خارجی ۵-۱۵ نانومتر و طول ۵۰ میکرومتر با درجه خلوص بیشتر از ۹۵٪ خریداری می گردد. جهت بررسی موقعیت قرارگیری گروه های عامل در سطح نانو تیوب از تصویر میکروسکوپ الکترونی، SEM (Scanning Electron Microscope) و اندازه و ساختار، از میکروسکوپ الکترونی عبور دهنده (Microscopy) TEM (Electron Transmission) و سطح مخصوص نانو تیوب ها توسط روش بت (Brunauer BET) (Emmett & Teller) استفاده می شود که در این راستا از داده های ارائه شده توسط شرکت مذکور بهره گیری می گردد.

۲-۳- نانو جذب گرافن اکساید- کیتوسان- بنتونیت :

در این سنتز از کیتوسان (شرکت سیگما ساخت کشور آمریکا) به مقدار ۰/۱، بنتونیت (شرکت مرک) ۰/۲ و نانوگرافن اکساید (شرکت اگری ساخت کشور هندوستان) ۰/۲ گرم در لیتر، اسید استیک (آزمایشگاهی) و آب دیونیزه استفاده می گردد. جهت سنتز نانو جذب، در مرحله اول مقدار ۰/۱ گرم در لیتر از کیتوسان در ۵۰ سی سی آب مقطر و اسید استیک (به نسبت ۲۴ به ۲) ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه تحت همزن جهت هموزن سازی قرار می دهیم. در مرحله بعد میزان ۰/۲ گرم بر لیتر از نانو گرافن

شد. بعد از مشخص نمودن بهترین زمان ماند، pH، غلظت نانوذره و غلظت آلاینده، تجزیه دستگاهی GC بر روی پساب انجام شده تا به درستی مشخص گردد کدام هیدروکربن و در چه مقدار جذب شده است. سپس اقدام به FTIR، SEM و XRD می نماییم. برای جذب کاه و مشخص نمودن نوع جاذب تست XRF انجام شد.

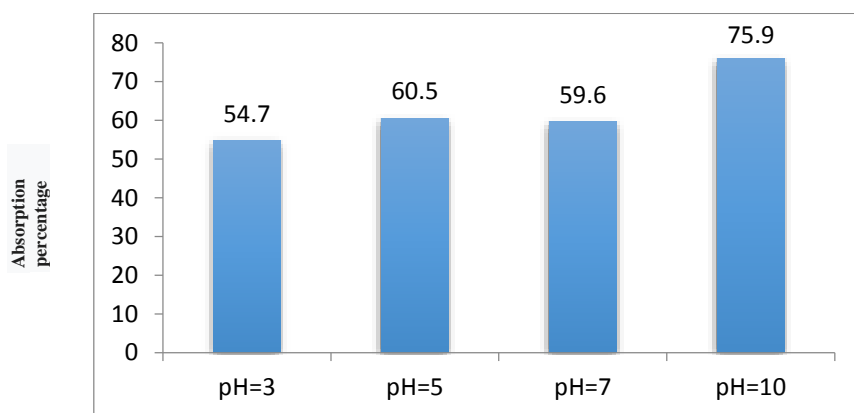
۴- بررسی اثر pH در فرآیند جذب هیدروکربن های نفتی و تعیین pH بهینه

جهت بررسی اثر pH در جذب سطحی هیدروکربن های نفتی، ۵۰ میلی لیتر از پساب نفتی با غلظت ۱۰ ppm تهیه شد و با استفاده از محلول اسیدسولفوریک و محلول سود ۰/۱ مولار، pH آن در محدوده ۳-۱۰ تنظیم گردید. سپس در زمان ۲۵ دقیقه مقدار ۲ میلی لیتر از محلول واکنش خارج شد و پس از سانتریفیوژ و جداسازی رسوبات، با دستگاه طیف سنجی فرابنفش- مرئی مورد آنالیز قرار گرفت.

جذب محلول برای تعیین غلظت بهینه نانو جاذب اندازه گیری شد.

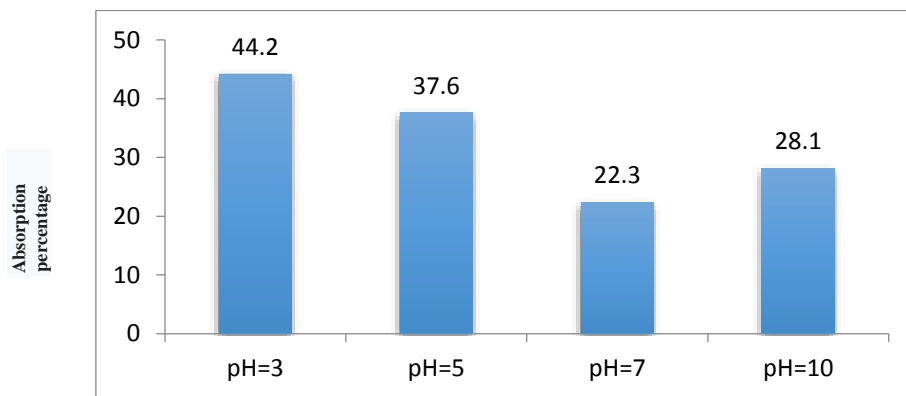
جهت بررسی تاثیر غلظت اولیه پساب نفتی بر روی کارایی فرایند جذب، محلول های PAHs با غلظت های ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی گرم بر لیتر ساخته شد. ۵۰ میلی لیتر از هر پساب داخل ارلن ریخته شد و سپس غلظت بهینه جاذب به هر ارلن اضافه و بعد از گذشت زمان ماند بهینه محلول ها جداسازی و صاف سازی شدند و سپس مقدار جذب محلول ها اندازه گیری می شود.

به منظور تعیین اثر pH بر میزان حذف آلاینده های نفتی از محلول توسط نانو ذره، برای هر نانو ذره ۵۰ میلی لیتر از محلول ۵ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر PAHs در ۴ ارلن ریخته شد و با استفاده از اسید سولفوریک و سود ۰/۱ نرمال، pH هر کدام از محلول ها را به ترتیب برابر ۳، ۵، ۷ و ۱۰ تنظیم می کنیم. غلظت بهینه نانو جاذب به هر ارلن اضافه و بعد از گذشت زمان بهینه، محلول جداسازی و صاف سازی و میزان جذب آن اندازه گیری



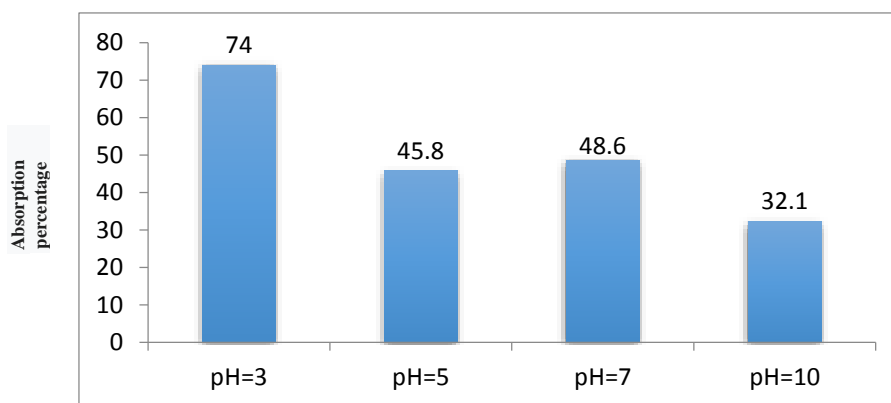
نمودار ۱- اثر pH در جذب هیدروکربن های نفتی توسط نانوکامپوزیت الیاف پلی پروپیلن و نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم

Figure 1. The effect of pH on the absorption of petroleum hydrocarbons by the nanocomposite of polypropylene fibers and titanium dioxide nanoparticles



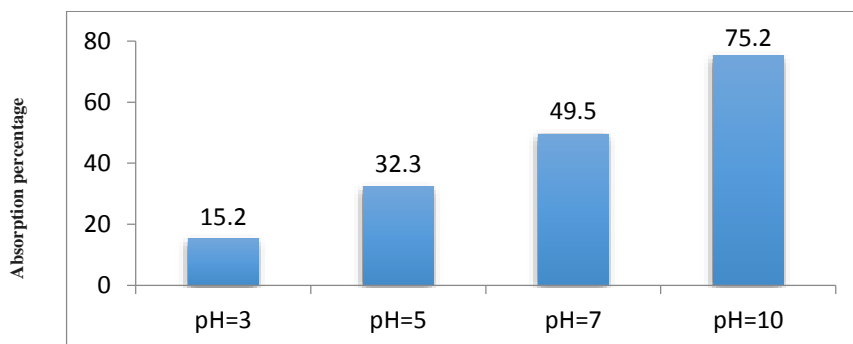
نمودار ۲- اثر pH در جذب هیدروکربن های نفتی توسط نانو جاذب گرافن اکساید- کیتوسان- بنتونیت

Figure 2. The effect of pH on the absorption of petroleum hydrocarbons by graphene oxide-chitosan-bentonite nano adsorbents



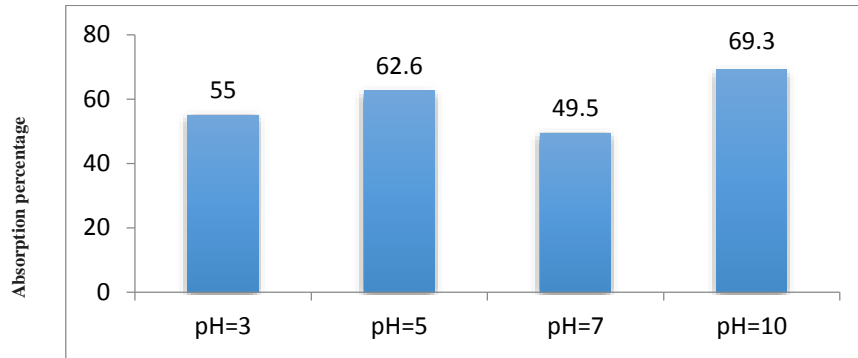
نمودار ۳- اثر pH در جذب هیدروکربن های نفتی توسط نانو تیوب های کربنی چند دیواره

Figure 3. The effect of pH on the absorption of petroleum hydrocarbons by multi-walled carbon nanotubes



نمودار ۴- اثر pH در جذب هیدروکربن های نفتی توسط جاذب کاه

Figure 4. The effect of pH on the absorption of petroleum hydrocarbons by straw adsorbent

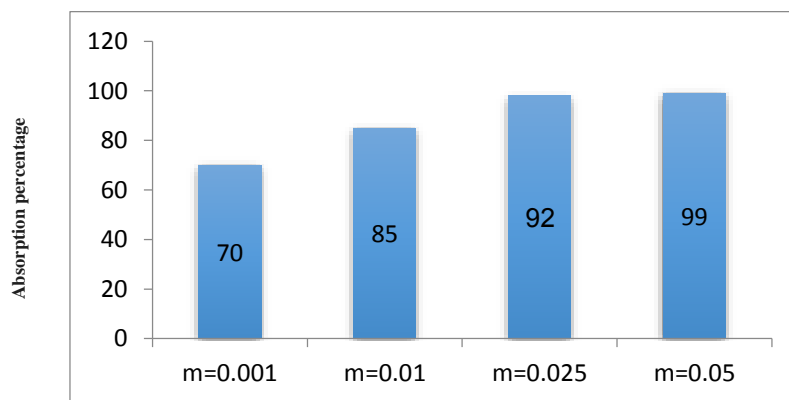


نمودار ۵- اثر pH در جذب هیدروکربن های نفتی توسط جاذب ترکیبی

Figure 5. The effect of pH on the absorption of petroleum hydrocarbons by the combined adsorbent

۰/۰۲۵ و ۰/۰۵ گرم از نانو جاذب اضافه شد. بعد از گذشت زمان ۳۰ دقیقه جداسازی و صاف سازی محلول انجام شد و میزان جذب محلول برای تعیین غلظت بهینه نانو جاذب اندازه گیری شد.

۵- بررسی اثر مقدار جاذب در فرآیند جذب هیدروکربن های نفتی و تعیین مقدار بهینه
برای تعیین مقدار بهینه غلظت نانو ذرات، در ۴ ارلن به طور جداگانه ۵۰ میلی لیتر از محلول PAHs با غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر ریخته و در هر یک از ارلن ها به مقدار ۰/۰۰۱ ، ۰/۰۱ ،

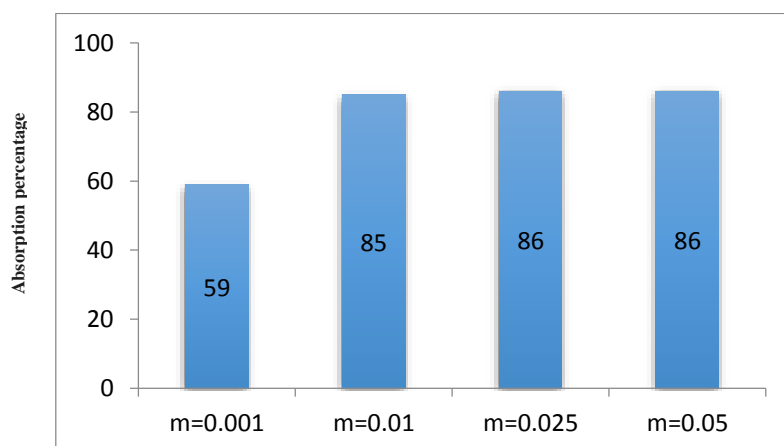


مقدار جاذب در ۵۰ میلی لیتر پساب نفتی ۱۰ میلی گرم بر لیتر PAHs (gr)

The amount of adsorbent in 50 ml of petroleum wastewater is 10 mg/liter of PAHs (gr)

نمودار ۶- اثر غلظت جاذب در جذب هیدروکربن های نفتی توسط نانوکامپوزیت الیاف پلی پروپیلن و نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم

Figure 6. The effect of adsorbent concentration on the absorption of petroleum hydrocarbons by nanocomposite of polypropylene fibers and titanium dioxide nanoparticles

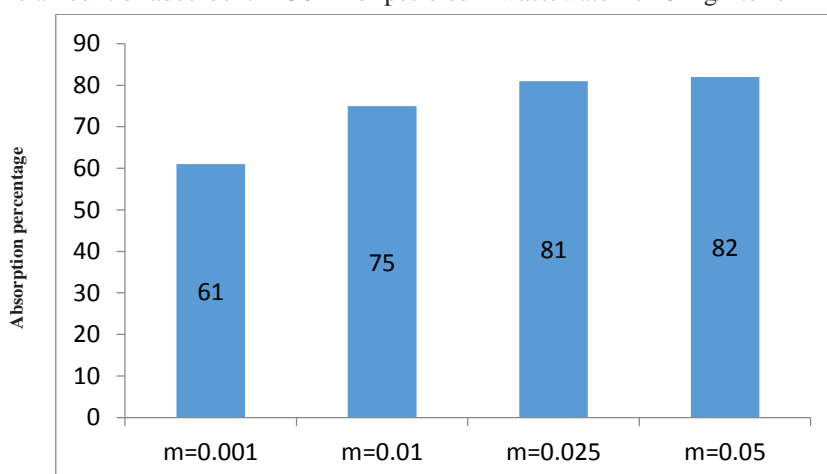


نمودار ۷- اثر غلظت جاذب در جذب هیدروکربن های نفتی توسط نانو جاذب گرافن اکساید- کیتوسان- بنتونیت

Figure 7. The effect of adsorbent concentration on the absorption of petroleum hydrocarbons by graphene oxide-chitosan-bentonite nano adsorbents

مقدار جاذب در ۵۰ میلی لیتر پساب نفتی ۱۰ میلی گرم بر لیتر (gr)PAHs

The amount of adsorbent in 50 ml of petroleum wastewater is 10 mg/liter of PAHs (gr)

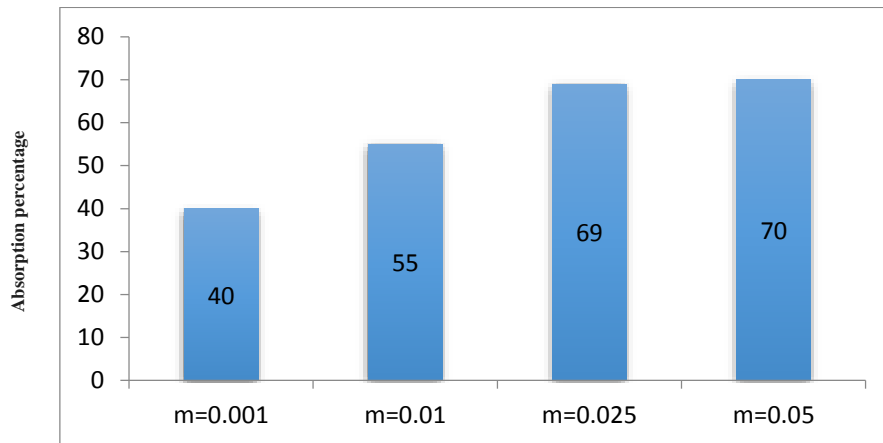


نمودار ۸- اثر غلظت جاذب در جذب هیدروکربن های نفتی توسط نانو تیوب های کربنی چند دیواره

Figure 8. The effect of adsorbent concentration on the absorption of petroleum hydrocarbons by multi-walled carbon nanotubes

مقدار جاذب در ۵۰ میلی لیتر پساب حاوی ۱۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکربن های نفتی (g)

The amount of adsorbent in 50 ml of petroleum wastewater is 10 mg/liter of PAHs (gr)

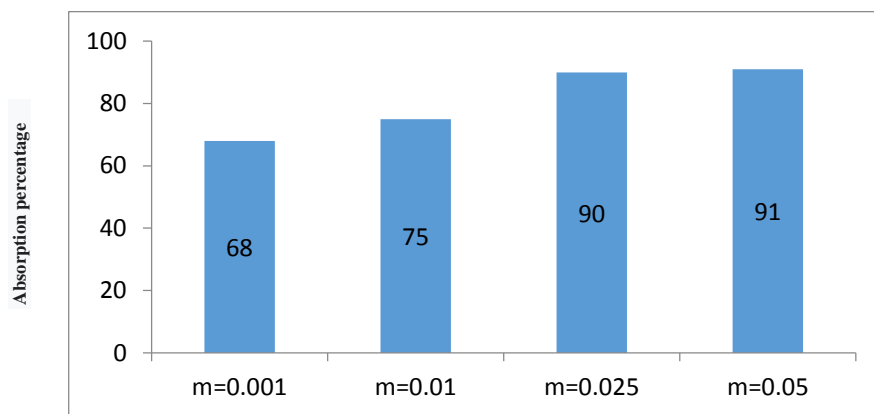


نمودار ۹- اثر غلظت جاذب در جذب هیدروکربن های نفتی توسط جاذب کاه

Figure 9. The effect of adsorbent concentration on the absorption of petroleum hydrocarbons by straw adsorbent

مقدار جاذب در ۵۰ میلی لیتر پساب حاوی ۱۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکربن های نفتی (g)

The amount of adsorbent in 50 ml of petroleum wastewater is 10 mg/liter of PAHs (gr)



نمودار ۱۰- اثر غلظت جاذب در جذب هیدروکربن های نفتی توسط جاذب ترکیبی

Figure 10. The effect of adsorbent concentration on the absorption of petroleum hydrocarbons by a combined adsorbent

مقدار جاذب در ۵۰ میلی لیتر پساب حاوی ۱۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکربن های نفتی (g)

The amount of adsorbent in 50 ml of petroleum wastewater is 10 mg/liter of PAHs (gr)

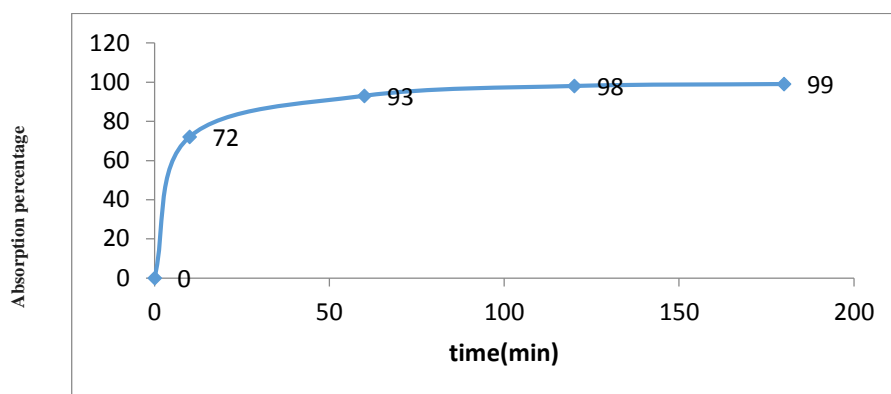
۶- بررسی اثر زمان تماس در فرآیند جذب هیدروکربن-

های نفتی و تعیین زمان بهینه

نتایج حاصل از بررسی اثر زمان در فرآیند جذب هیدروکربن های

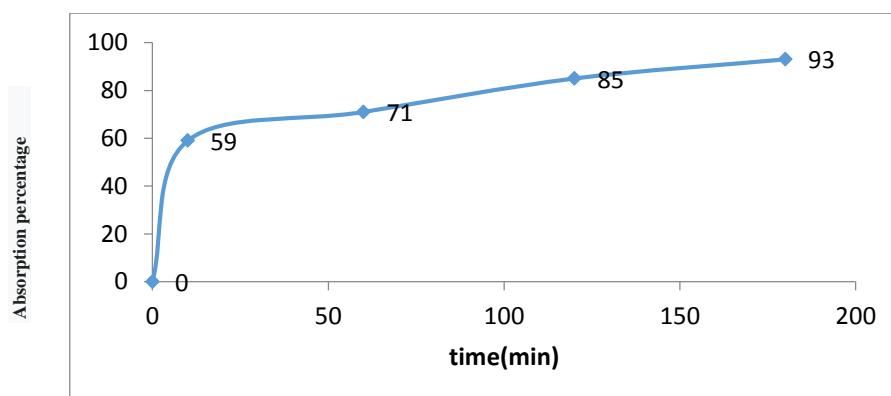
نفتی توسط نانو جاذب ها در نمودار های ذیل مورد بررسی قرار

گرفت.



نمودار ۱۱- اثر زمان تماس در جذب سطحی هیدروکربن های نفتی توسط نانوکامپوزیت الیاف پلی پروپیلن و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم (غلظت هیدروکربن نفتی ۱۰ppm، مقدار جاذب ۰/۲ گرم در لیتر و pH خنثی)

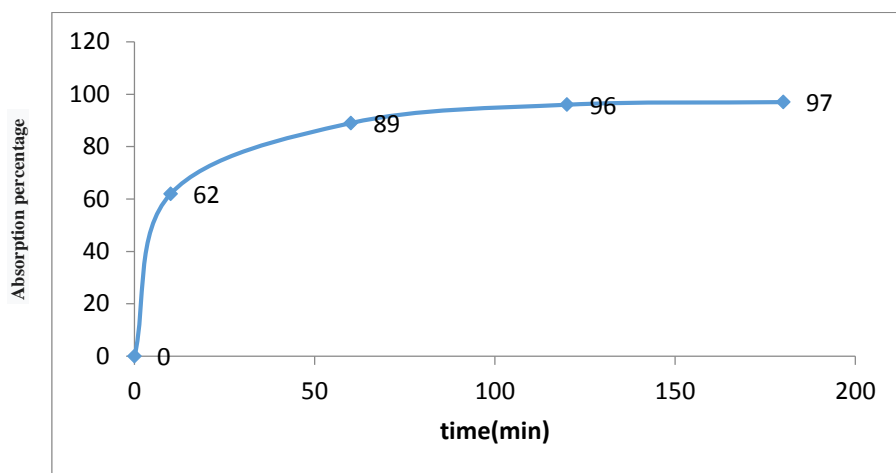
Figure 11. The effect of contact time on surface absorption of petroleum hydrocarbons by nanocomposite of polypropylene fibers and titanium dioxide nanoparticles (concentration of petroleum hydrocarbon 10ppm, amount of adsorbent 0.2g/liter and neutral pH)



نمودار ۱۲- اثر زمان تماس در جذب سطحی هیدروکربن های نفتی توسط نانو جاذب گرافن اکساید- کیتوسان- بنتونیت (غلظت هیدروکربن نفتی ۱۰ppm، مقدار جاذب ۰/۲ گرم در لیتر و pH خنثی)

Figure 12. The effect of contact time on the surface absorption of petroleum hydrocarbons by graphene oxide-chitosan-bentonite nano adsorbents

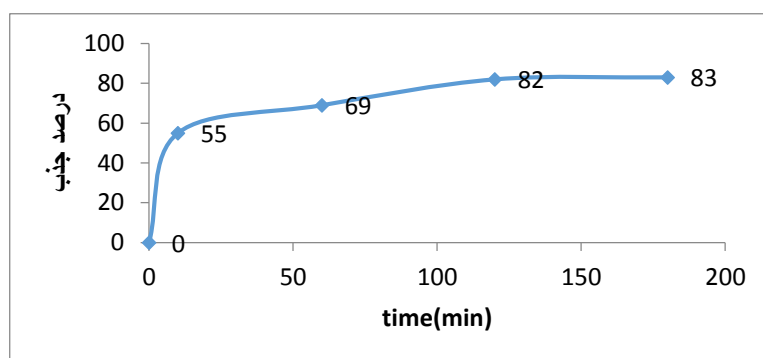
(concentration of petroleum hydrocarbon 10 ppm, amount of adsorbent 0.2 g/liter and neutral pH)



نمودار ۱۳- اثر زمان تماس در جذب سطحی هیدروکربن های نفتی توسط نانو تیوپ های کربنی چند دیواره (غلظت

هیدروکربن نفتی ۱۰ ppm، مقدار جاذب ۰/۲ گرم در لیتر و pH خنثی)

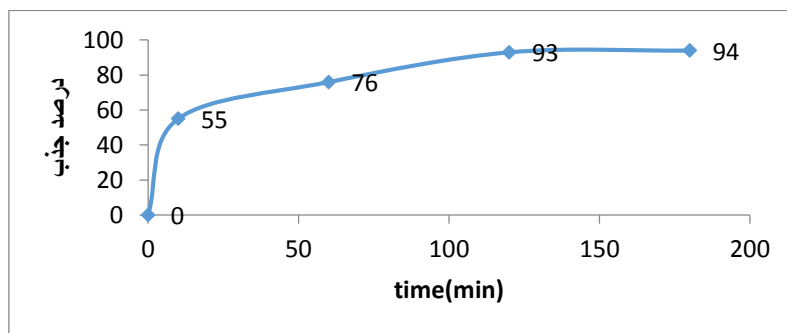
Figure 13. The effect of contact time on the surface absorption of petroleum hydrocarbons by multi-walled concentration of petroleum hydrocarbon 10 ppm, amount of adsorbent 0.2 g/liter and neutral) carbon nanotubes (pH



نمودار ۱۴- اثر زمان تماس در جذب سطحی هیدروکربن های نفتی توسط جاذب کاه (غلظت هیدروکربن نفتی ۱۰ ppm، مقدار

جاذب ۰/۲ گرم در لیتر و pH خنثی)

Figure 14. The effect of contact time on the surface absorption of petroleum hydrocarbons by straw adsorbent (concentration of petroleum hydrocarbon 10 ppm, amount of adsorbent 0.2 g/liter and neutral pH)



نمودار ۱۵- اثر زمان تماس در جذب سطحی هیدروکربن های نفتی توسط جاذب ترکیبی (غلظت هیدروکربن نفتی ۱۰ ppm، مقدار جاذب ۰/۲ گرم در لیتر و pH خنثی)

Figure 15. The effect of contact time on the surface absorption of petroleum hydrocarbons by the combined adsorbent (concentration of petroleum hydrocarbon 10 ppm, amount of adsorbent 0.2 g/liter and neutral pH)

بحث و نتیجه گیری

۱-نانو کامپوزیت الیاف پلی پروپیلن/دی اکسید تیتانیوم

الیاف پلی پروپیلن از به هم پیوستن پلیمرهای پلی پروپیلن به شکل خطی تولید میشود. این الیاف در واقع به عنوان یک افزودنی به شمار میرود. این الیاف از به هم پیوستن پلیمرهای پلی پروپیلن و تحت شرایطی با فشار و رطوبت ملایم، با روش ذوب ریسی به وجود می آید. کاتالیست زیگلر-ناتا، پلیمری ایزوتاکتیک است و حدود ۹۰ درصد متبلور میشود و در تولید این الیاف حضور داشته باشد. این پلیمر گرمانرم در گستره های از کاربردها و مصارف، قرار میگیرد. ساختار شیمیایی PP نامتقارن است. از این رو فرایند پلیمریزاسیون آن میتواند به سه نوع توالی در ساختار پلیمر حاصل منجر شود. تیتانیوم دی اکسید، یک ترکیب معدنی به فرمول TiO_2 است. این ماده یک رنگدانه جامد سفید با کاربردهای گسترده در صنایع مختلف است. این ماده مهمترین زمینه های کاربردی اش در صنعت رنگ، لاک، همچنین کاغذ و پلاستیک است که حدود ۸۰٪ مصرف دی اکسید تیتانیوم در جهان را تشکیل می دهد. سایر کاربردهای آن به عنوان رنگدانه مانند جوهر چاپ، الیاف، لاستیک، محصولات آرایشی و بهداشتی و مواد غذایی ۸٪ دیگر را تشکیل می دهند.

را نشان میدهد. اکسید تیتانیوم یا به اختصار تیتانیا یک ماده موثر برای حذف آلاینده ها در فاضلاب است (۱۹)

۲-جاذب نانو تیوپهای کربنی چند دیواره

چنانچه در نمودار ۳-۴ مشهود است حذف آلاینده های نفتی توسط نانو جاذب نانو تیوپهای کربنی چند دیواره در ۴ اسیدیتته مختلف بررسی شده است. حداکثر ظرفیت جذب برای جاذب نانو تیوپهای کربنی چند دیواره در pH اسیدی ۳ می باشد. با افزایش pH از ۳ به ۱۰ از میزان جذب کاسته شده است Chen و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی بیان کردند که با افزایش اسیدیتته میزان حلالیت یا آبدوستی افزایش یافت و میزان جذب کاهش می یابد و یا نانوتیوب توان جذب کمتری برای مواد شیمیایی قابل یونیزاسیون، تغییر pH در محلول منجر به تغییر در گونه زایی شیمیایی، حلالیت و آب دوستی می شود و در نتیجه ویژگی های جذب را تحت تاثیر قرار می دهد. نمودار ۳-۶ مقایسه جذب نانوتیوپهای کربنی چند دیواره در زمان های ماند مختلف را نشان میدهد. ویژگیهای فیزیکی مانند منافذ استوانه ای با اندازه مناسب، نسبت سطح به حجم بالا، دیواره های آبگریز و سطحی با قابلیت عملکرد آسان، تعداد زیادی از تحقیقات را در مورد استفاده از نانو مواد کربنی به عنوان جاذب های بالقوه برای تصفیه آب جدا از چندین کاربرد دیگر مورد توجه قرار داده (۲۰) با افزایش زمان تا ۱۲۰ دقیقه میزان جذب افزایش می یابد اما بیشتر از این مقدار تاثیر خاصی ندارد که به نظر میرسد در زمان های بالاتر

چنانچه در نمودار ۴-۱ مشهود است حذف آلاینده های نفتی توسط نانو کامپوزیت الیاف پلی پروپیلن /دی اکسید تیتانیوم در ۴ اسیدیتته مختلف بررسی شده است. pH= ۱۰ بهترین میزان حذف

است. این ویژگی های فیزیکوشیمیایی برجسته به خواص جذب ویژه آن برای فلزات سنگین ومواد آلی کمک می کند(۲۴)

۴-جاذب کاه و کلش

نمودار ۴-۴ به مقایسه جذب جاذب کاه در اسیدیته مختلف میپردازد. در شکل مشخص شده است که با افزایش pH میزان جذب افزایش می یابد و در pH قلیایی ۱۰ به حداکثر خود رسیده است، در برخی پژوهشها با افزایش pH بالاتر از ۷ میزان جذب کاهش یافته است(۲۵) نمودار ۴-۶ مقایسه جذب جاذب کاه در زمانهای ماند مختلف را نشان میدهد. با افزایش زمان ماند بر میزان جذب افزوده میشود که میتوان نتیجه گرفت که زمان بر میزان جذب کاه و کلش رابطه مستقیم دارد. نمودار ۴-۵ مقایسه جذب جاذب کاه با غلظتهای متفاوت جاذب را نشان میدهد. با افزایش غلظت کاه، جذب تا حدی احتمالاً به دلیل افزایش مکان های اتصال آزاد افزایش یافت. در غلظتهای بالاتر از ۰/۵ گرم بر لیتر بهبودی در جذب حاصل نشد. همی سلولز و سلولز تخریب شده در کاه زیاد است از این رو آبدوست تر بوده و نفوذ پذیرتر میباشد (۲۶) در تحقیقی که در مورد حذف رنگ با کمک کاه صورت گرفته است تجزیه و تحلیل سینتیک جذب و ایزوترم تأیید کرد که فرآیند جذب به شدت به اثراتی مانند: زمان تماس، دوز جاذب، غلظت اولیه رنگ و اندازه ذرات جاذب بستگی دارد (۲۷)

جاذب مخلوط تمامی جاذبها

نمودار ۴-۵ مقایسه جذب توسط مخلوط همه جاذبها در اسیدیته های مختلف را نشان میدهد. PH قلیایی ۱۰ بیشترین میزان جذب را نشان میدهد. با افزایش pH میزان جذب افزایش می یابد که این امر در سایر پژوهشها نیز دیده شده است (۲۸). نمودار ۴-۵ مقایسه غلظتهای مختلف جاذب در مخلوط همه جاذبها میباشد. تبدیل مواد به مقیاس نانو، ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی، زیستی و فعالیتهای کاتالیزوری آن-ها را تغییر میدهد و سبب افزایش فعالیتهای شیمیایی و نفوذپذیری این ذرات به غشای سلولی می-شود(۲۹). غلظت جاذب ترکیبی با مقدار ۱ گرم در لیتر بهترین نتیجه جذب را دارد. شکل ۵-۵ مقایسه زمانهای مختلف ماند جاذب در مخلوط همه جاذبها را نشان میدهد. با افزایش زمان تا ۱۸۰ دقیقه میزان جذب افزایش می یابد. این

بخاطر پر شدن خلل وفرج جذب نانوتیوپهای کربنی دیگر فضایی برای جذب باقی نمی ماند. تحقیقات پیشین نیز اثر زمان را موثر می داند.

۳-نانو جاذب گرافن اکسید/ کیتوسان/ بنتونیت

چنانچه در نمودار ۴-۲ مشهود است حذف آلاینده های نفتی توسط نانو جاذب گرافن اکسید/ کیتوسان/ بنتونیت در ۴ اسیدیته مختلف بررسی شده است. $pH=3$ بهترین میزان حذف را نشان میدهد. در PH بالا سطح جاذب دارای بار مثبت میگردد و یونیزاسیون ترکیبات نفتی نیز کاهش می یابد. جدید و همکاران (۲۰۲۰) با نانو جاذب گرافن اکسید/ کیتوسان/ بنتونیت حذف فنل از پساب را بررسی نمودند و $pH=5$ را بهینه دانستند. نمودار ۲-۶ حذف آلاینده های نفتی توسط نانو جاذب گرافن اکسید/ کیتوسان/ بنتونیت در زمانهای مختلف را نشان میدهد. با افزایش زمان میزان جذب افزایش می یابد که در ۱۶۰ دقیقه بیشترین میزان حذف اتفاق می افتد. به نظر میرسد زمان بیشتری برای جذب نیاز میباشد تا مواد بتوانند در خلل و فرج جاذب قرار گیرند. در دیگر یافته ها زمان کمتری حدود ۴۵ دقیقه برای حذف با این جاذب مشاهده شده است(۲۱) با توجه به نمودارهای ۲-۵ غلظت بهینه نانو جاذب گرافن اکسید/ کیتوسان/ بنتونیت در یک لیتر مقدار ۰/۵ گرم می باشد. به نظر میرسد با افزایش میزان جاذب، فضای مورد نیاز برای جذب توسط جاذب افزایش می یابد و جاذب و آلاینده بیشتر با یکدیگر ارتباط یافته و حذف بهتری صورت میگیرد(۲۲) کیتوسان جذب سطحی و تبادل یونی بالایی در جذب ترکیبات آروماتیک دارد. نانو ذرات گرافن دارای سطح ویژه بالایی میباشد. بنتونیت توانایی بالایی در جذب عناصر آگریز دارد. گرافن اکساید آبدوست میباشد و به راحتی در محلول پراکنده میشود. با افزایش غلظت تا ۰/۵ گرم در لیتر میزان جذب افزایش یافته است، اما با افزایش غلظت میزان جذب تغییری نداشته است. در تحقیقی که در سال ۲۰۲۱ انجام شده، بیان کرده اند که فیلم های کامپوزیت کیتوزان/بنتونیت حداکثر ظرفیت جذب آب در حدود ۱۷۰ درصد را دارند(۲۳) بنتونیت دارای سطح بزرگ، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و بار سطحی منفی

- M. (2013). Bioremediation of crude oil contaminated tea plantation soil using two *Pseudomonas aeruginosa* strains AS 03 and NA 108. *African Journal of Biotechnology*, 12(19).
4. Boll, E. S., Nejrup, J., Jensen, J. K., & Christensen, J. H. (2015). Chemical fingerprinting of hydrocarbon-contamination in soil. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17(3), 606-618.
 5. Khan, S. R., Nirmal Kumar, J. I., Nirmal Kumar, R., & Patel, J. (2015). Enzymatic evaluation during biodegradation of kerosene and diesel by locally isolated fungi from petroleum-contaminated soils of western India. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 24(5), 514-525.
 6. Riccardi, C., Di Filippo, P., Pomata, D., Incoronato, F., Di Basilio, M., Papini, M. P., & Spicaglia, S. (2008). Characterization and distribution of petroleum hydrocarbons and heavy metals in groundwater from three Italian tank farms. *Science of the total Environment*, 393(1), 50-63.
 7. Mazrouaa, A. M. (2012). Polypropylene Nanocomposites, Polypropylene. Available at: 49T <http://www.intechopen.com/books/polypropylene/polypropylene-nanocomposite-49T>.
 8. Akinci, A. (2009). Mechanical and structural properties of polypropylene composites filled with graphite flakes. *Archives of Materials Science and Engineering*, 35(2), 91-94.
 9. Ma, P. C., Siddiqui, N. A., Marom, G., & Kim, J. K. (2010). Dispersion and functionalization of carbon nanotubes for polymer-based nanocomposites: A review. *Composites Part A: Applied*

امربه سبب افزایش زمان اختلاط جاذب با پساب نفتی است و در سایر پژوهشها نیز نتایج مشابه است (۳۰)

نتیجه گیری

جاذب نانوکامپوزیت الیاف پلی پروپیلن و تیتانیوم دی اکساید و جاذب ترکیبی حذف بالای ۹۷ درصد داشتند که نشان دهنده عملکرد خوب الیاف پلی پروپیلن و اکسید تیتانیوم و همچنین مخلوط همه جاذبها با آنها می باشد. درگزارشات قبلی نشان داده شده است که نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم به تنهایی در حذف ترکیبات پایه نفتی جذب مناسبی را نشان داده اند. (۳۱)

نانوتیوب های کربنی چنددیواره دارای حذف هیدروکربن های نفتی با ۹۲ درصد کاهش هستند. نانو جاذب گرافن اکسید/ کیتوسان/ بنتونیت دارای درصد حذف ۸۰ می باشد که نشان دهنده عملکرد ضعیف این نانو جاذب می باشد. جاذب کاه ۹۳ درصد حذف هیدروکربن های نفتی نشان داده است. کاه جذب مناسبی در مورد هیدروکربن های نفتی نشان میدهد این امر در پژوهش های دیگر نیز دیده شده است (۳۲). در مورد حذف نیترات نیز استفاده از کاه و کلش جذب مناسبی نشان داده است (۳۳). این تحقیق نشان داد جاذب ترکیبی که از یک ماده قابل دسترس مثل کاه و همچنین مواد ارزان مثل پلی پروپیلن می توان نتیجه خوبی برای حذف هیدروکربن های نفتی به دست آورد.

References

1. Fox et al., 2016 Fox, C. H., O'hara, P. D., Bertazzon, S., Morgan, K., Underwood, F. E., & Paquet, P. C. (2016). A preliminary spatial assessment of risk: Marine birds and chronic oil pollution on Canada's Pacific coast. *Science of the Total Environment*, 573, 799-809.
2. Farrow, K., Brinson, A., Wallmo, K., & Lew, D. K. (2016). Environmental attitudes in the aftermath of the Gulf Oil Spill. *Ocean & Coastal Management*, 119, 128-134.
3. Roy, A. S., Yenn, R., Singh, A. K., Boruah, H. P. D., Saikia, N., & Deka,

17. Rahmani A., Asgari G. H., Barjeste asgari D. and Hedaiati K. (2010). Investigation of removal of phenol from aqueous solutions using copper modified pumice. *Scientific Journal of Hamedan University of Medical Sciences & Health Services*, 17(4), 50-56. (In Persian)
18. Ahmad A. L., Sumathi S. and Hameed B. H. (2005). Adsorption of residue oil from palm oil mill effluent using powder and flake chitosan: Equilibrium and kinetic studies, *Water Research* 39, 2483-2494.
19. Makertihartha, I.; Rizki, Z.; Zunita, M.; Dharmawijaya, P. Dyes removal from textile wastewater using graphene based nanofiltration. In *AIP Conference Proceedings*; AIP Publishing LLC: Melville, NY, USA, 2017; p. 110006.
20. Vuono, D., Catizzone, E., Aloise, A., Policicchio, A., Agostino, R. G., Migliori, M., & Giordano, G. (2017). Modelling of adsorption of textile dyes over multi-walled carbon nanotubes: Equilibrium and kinetic. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 25(4), 523-532.
21. Jadid, A., Shahsavari, S., Seifkordi, A., & Yazdi, A. V. (2021). Adsorption of Phenol in Wastewater Using Nano Grapheme Oxide-Chitosan-Bentonite Absorbent. *Depiction of Health*, 11(4), 368-380.
22. Nouri Shamsi, Mohammad Hossein, Jafari, Mostafa, & Shahin, Mohammad. (2017). A review of chitosan natural adsorbents and nanoabsorbents used in the removal of metal pollutants from water. *Water and Wastewater Science and Engineering*, 3(2), 44-60.
- Science and Manufacturing, 41(10), 1345-1367.
10. Sheshmani, S. H., ARAB, F. M., & Amini, R. (2013). Iron (iii) hydroxide/graphene Shokry, H., Elkady, M. & Salama, E. Eco-friendly magnetic activated carbon nano-hybrid for facile oil spills separation. *Sci Rep* 10, 10265 (2020).
11. Crini, G. (2006). Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. *Bioresource technology*, 97(9), 1061-1085.
12. Karyab, H. A. M. I. D., Mirhoseini, M., Moradi, S., & Karimi, F. (2016). Removal of light petroleum hydrocarbons from water sources using polypropylene and titanium dioxide nano-composite. *Journal of Inflammatory Diseases*, 20(3), 32-26.
13. Cheng, G., Zhao, Y., Pan, S., Wang, X., & Dong, C. (2020). A comparative life cycle analysis of wheat straw utilization modes in China. *Energy*, 194, 116914.
14. Akinci, A. (2009). Mechanical and structural properties of polypropylene composites filled with graphite flakes. *Archives of Materials Science and Engineering*, 35(2), 91-94.
15. Basalt Pour, Aliasghar, Haj Abbas Mohammad Ali, Khoshgovtar Manesh Amir Hossein, Afioni Majid. (2008). Investigating soil contaminated with petroleum hydrocarbons around Tehran refinery by plant stimulation method. 15(4), *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 1-15.
16. Szabová, R., Černáková, Ľ., Wolfová, M., & Černák, M. (2009). Coating of TiO₂ nanoparticles on the plasma activated polypropylene fibers. *Acta Chimica Slovaca*, 2(1), 70-76.

- efficacy of synthesized zinc oxide nanoparticles in removing oil from simulated wastewater: a laboratory study. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 1400; 20 (4)
29. Kaith, B. S., Jindal, R., Mittal, H., & Kumar, K. (2012). Synthesis, characterization, and swelling behavior evaluation of hydrogels based on gum ghatti and acrylamide for selective absorption of saline from different petroleum fraction-saline emulsions. *Journal of applied polymer science*, 124(3), 2037-2047.
30. Mehrjo et al., (1400) Mehrjo, Rahmani, Akbari Sane, & Rojjar. (2022). Preparation and characterization of clinoptilolite impregnated with titanium dioxide nanoparticles for the removal of agricultural toxic pollutants. *Journal of Mineral Resources Engineering*, 7(4), 141-154.
31. Abolhasani, Mohammad Hadi, Piristani, Nilofar, Ahmadi, Parinaz. (2018). Investigating the efficiency of straw and stubble organic adsorbent in the absorption of diesel from simulated wastewater (diesel absorption by straw and stubble). *Journal of Environmental Health Research*, 5(3), 249-262.
32. Babli, Neda, Bafkar, Ali. (1400). Investigating the removal of nitrate from aqueous solutions by straw and wheat stubble nanosorbents. *Journal of Natural Environment*, 74(3), 572-587.
23. Najafi Esfad Morteza, Darabinia Morteza. Investigating the trend of oil pollution despite the international conventions to prevent and eliminate them. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences* 2009; 20 (1): 101-
24. Anirudhan, T. S., Lekshmi, G. S., & Shainy, F. (2019). Synthesis and characterization of amidoxime modified chitosan/bentonite composite for the adsorptive removal and recovery of uranium from seawater. *Journal of colloid and interface science*, 534, 248-261.
25. Pirestani, Nilofer, Abolhassan, Mohammad Hadi, and Amin Javaher, Fatemeh Al - Sadat. (2017). Investigating the use of straw and stubble in removing oil pollution from water. *Environment and Water Engineering*, 4 (1), 12-22.
26. Saraiyan, Ahmad Reza, Karimi Farahel Shahi, Ali Naghi, and Jahan Latibari, Ahmad. (1382). Evaluation of chemical compounds of wheat straw (Khorasan) and comparison of these compounds in the main components of the stem. *Natural resources of Iran*, 56(4), 447-458.
27. pudza, M.; Abidin, Z.Z. Ecofriendly Approach to Adsorption of Congo Red from Aqueous Media Using Chaff Powder from *Jatropha curcas* Seed (Isotherm and Kinetic Model). Preprints 2019,
28. Javaid Negin, Abolhassan Mohammadhad. Investigating the