ره‌آورد سلامت
دوره ۵ – ۴/۱۳۹۸
مقاله مروری
http://rsj.ums.ac.ir

انواع روش‌های زیست‌پالایی در حذف ترکیبات نفتی از آب: مطالعه مروری نظام‌مند

سعیده مرادعلیزاده [۱،۲]، فاطمه رحیمی [۱،۲*]

۱. مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

* نویسنده مسئول: فاطمه رحیمی، Email: rahiimii.fatemeh.r@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: امروزه آلودگی منابع آب به ترکیبات نفتی و اثرات بهداشتی آن روی سلامت انسان و محیط زیست یک موضوع مهم به‌شمار می‌رود. حذف این آلاینده‌ها توسط روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که از میان آن‌ها روش‌های زیستی به‌دلیل ارزان بودن، دسترسی آسان و غیره دارای برتری می‌باشند. در این مطالعه به بررسی انواع روش‌های زیستی جهت حذف ترکیبات نفتی از آب پرداخته شده است.

روش‌شناسی: برای یافتن مطالب مرتبط با مطالعه حاضر کلیدواژه‌ها و عبارات Bioremediation, Petroleum Compounds, Bio Absorbents, Removal of Petroleum Compounds from Water, Bioremediation of Petroleum Products, Phytoremediation of Petroleum Compounds from Water و معادل فارسی آن‌ها در منابع الکترونیک Google Scholar, PubMed, Science Direct, Magiran, Research Gate, SID, Wiley جستجو شد و پس از بررسی مطالعات موجود، ۲۸ مورد از مرتبط‌ترین مقالات در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ برای مطالعه مورد نظر بررسی شد.

یافته‌ها: باتوجه به تحقیقات انجام گرفته امروزه زیست‌پالایی و استفاده ازجاذب‌های طبیعی همراه با میکروارگانیسم‌های بومی تجزیه کننده هیدروکربن‌ها جهت حذف ترکیبات نفتی مورد توجه می‌باشند. اگرچه این روش‌ها مقداری زمان‌بر بوده و نیازمند سازگاری میکروارگانیسم‌ها با شرایط محیطی می‌باشند اما به دلایلی هم‌چون راندمان بالا، سازگاری زیستی، بی‌خطر بودن و ارزان و در دسترس بودن نسبت به سایر روش‌های موجود جهت حذف آلودگی نفتی آب توصیه می‌گردند. همچنین می‌توان جهت افزایش سرعت زیست‌پالایی توسط میکروارگانیسم‌ها از استراتژی‌های تحریک و تقویت زیستی استفاده کرد که این عمل باعث‌افزایش رشد تجزیه‌کننده‌های هیدروکربن‌های نفتی‌می‌گردد.

نتیجه‌گیری: باتوجه به اهمیت بهداشت و حفظ سلامت انسان و محیط زیست حذف آلاینده‌های نفتی از محیط آبی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. بررسی روش‌های زیستی انجام گرفته جهت حذف این آلاینده‌ها نشان می‌دهد استفاده از میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده ترکیبات نفتی که به مرور زمان با شرایط محیطی و پارامترهایی هم‌چون دما، pH و غیره سازگاری یافته و مولد بیوسورفکتانت می‌باشند، در طولانی مدت توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی

تخریب زیستی، زیست محیطی؛
آلودگی آب؛
آلاینده‌های نفتی؛
حذف زیستی.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۸/۲۱

شیوه استناد به این مقاله:

Rahimi F, Moradalizadeh S. Types of Bioremediation Methods in Removing Petroleum Compounds from Water: a systematic review. *Rahavard Salamat Journal.* 2019; 5 (1): 53-64.

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

مقدمه

حفظ سلامت آب به‌عنوان ضروری‌ترین جزء حیات از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد، از این‌رو از یک‌سو به‌دلیل افزایش جمعیت و به‌دنبال آن، افزایش تقاضا و از سوی دیگر کمبود منابع آب، توجه به منابع موجود درخور اهمیت ویژه است (۱). امروزه با پیشرفت تکنولوژی و صنعت و استفاده گسترده از نفت و ترکیبات آن، ورود آلاینده‌های نفتی به محیط زیست به امری اجتناب‌ناپذیر تبدیل گشته است (۲).

یکی از خطرات آلودگی منابع آب به‌خصوص آب‌های زیرزمینی به ترکیبات نفتی، مالچ پاشی نفتی می‌باشد؛ به‌گونه‌ای که بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از آلاینده‌های نفتی نشان داده است که میزان ترکیبات آروماتیک در آب‌های زیرزمینی بیش از حد مجاز بوده و برای شرب مناسب نیست و در طولانی‌مدت علاوه بر آلودگی منابع آب، موجب آلودگی منابع خاک نیز می‌گردند (۳). هم‌چنین از جمله مشکلات مهم محیط زیست دریایی، وجود لکه‌های نفتی می‌باشد که آسیب زیادی به آن وارد می‌کند (۴). پس از ترکیب شدن ترکیبات نفتی در آب، این آلاینده‌ها به‌دلیل ویسکوزیته پایین، به‌وسیله باد و جریانات آبی به بخش‌های دیگر منتقل می‌شوند و باعث انتشار سریع آلودگی می‌گردند (۲). قرارگرفتن در معرض این لکه‌های نفتی در محیط‌های دریایی با در نظر گرفتن زمان، مکان، غلظت و سمیت آن‌ها مشکلاتی همچون کاهش تولیدمثل، اختلال در رشد و مرگ آبزیان را باعث می‌شود (۴، ۵، ۶). لکه‌های نفتی با منشأ انسانی از طریق ترکیبات فرآوری شده نفت، احتراق ناقص، ورود و نشت نفت خام و هم‌چنین در طی فرآیندهای مختلف پالایش، انتقال، ذخیره‌سازی و پخش فرآورده‌های نفتی وارد محیط می‌گردند (۱، ۴، ۷). از مهم‌ترین آلاینده‌های نفت خام، ترکیبات آروماتیک می‌باشند که تأثیرات چشمگیری روی محیط زیست و سلامت انسان دارند، که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به بروز انواع مشکلات ژنتیکی و سرطان اشاره کرد (۴).

از جمله ترکیبات نفتی، ترکیبات BTEX می‌باشند؛ شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن که ترکیباتی هیدروکربنی و فرار می‌باشند و در صنعت مورد استفاده زیادی قرار می‌گیرند. این ترکیبات توسط سازمان جهانی بهداشت[1] به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مواد سمی طبقه‌بندی شده‌اند. براساس دستورالعمل‌های سازمان جهانی بهداشت حداکثر غلظت مجاز زایلن در آب آشامیدنی ۰.۵ mg/L است (۸). ترکیبات BTEX به‌سرعت در هوا تبخیر می‌شوند، این ترکیبات سرطان‌زا بوده و هنگام تنفس هوای آلوده به دود، گازهای گلخانه‌ای و فعالیت‌های صنعتی مواجهه اولیه رخ می‌دهد. در اغلب اوقات به‌عنوان یک راه‌حل مؤثر از فیلتراسیون کربن فعال برای رسیدن به غلظت قابل قبول استفاده می‌شود اما بعضی از ترکیبات BTEX در غلظت‌های بالا در محیط باقی می‌مانند (۹).

فنل یا هیدروکسی بنزن یکی دیگر از هیدروکربن‌های آروماتیک سمی است که از حلالیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد (۱۰). فنل خالص، جامدی سفید رنگ با دمای ذوب ۴۲ درجه سانتی‌گراد و قابلیت انحلال در آب دارای خاصیت اسیدی ضعیف می‌باشد (۱۱). فنل از طریق دفع غیر بهداشتی فاضلاب صنایع می‌تواند باعث آلودگی محیط زیست به‌خصوص منابع آب شود (۱۰). سازمان جهانی بهداشت غلظت بیشینه ۰.۰۰۱-۰.۰۰۲ mg/L را برای فنل در آب آشامیدنی درنظر گرفته است (۱۰، ۱۲).

روش‌های بیولوژیکی، شیمیایی و غشایی به‌عنوان متداول‌ترین روش‌های حذف آلاینده‌های نفتی مورد توجه می‌باشد (۵). امروزه روش‌های غشایی و شمیایی در حذف آلاینده‌های نفتی چندان توصیه نمی‌شوند. امروزه روش‌های تجزیه زیستی هیدروکربن‌های نفتی با استفاده از باکتری‌های بومی از جنبه محیط زیست و اقتصاد مورد

[1] World Health Organization (WHO)

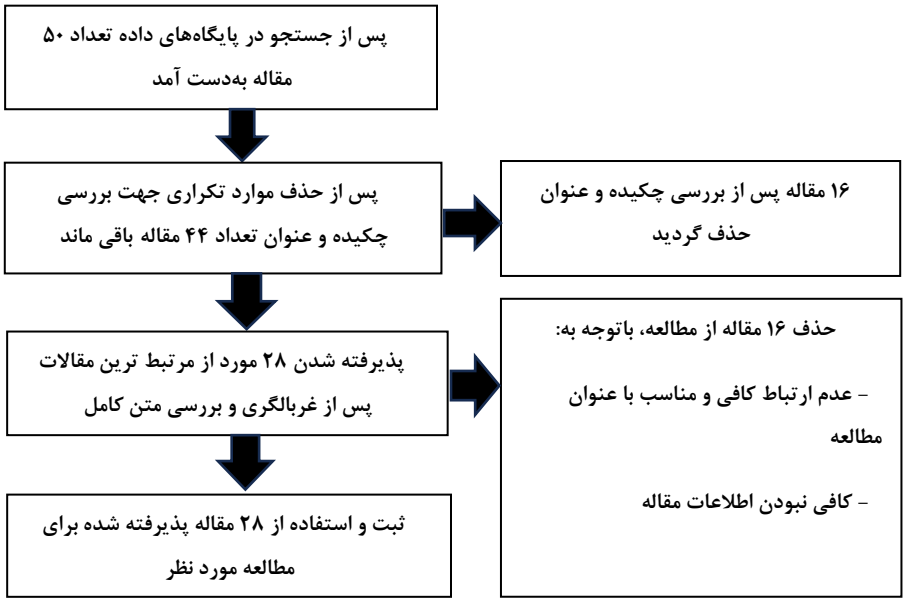
[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

توجه قرار گرفته‌اند (۴). استراتژی‌های زیادی مانند تحریک زیستی، تقویت زیستی و گیاه پالایی برای حذف آلودگی‌های نفتی استفاده می‌شوند (۱۳). زیست‌پالایی به‌عنوان فرآیندی با تکیه بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌های آن‌هاست که یک روش بیوتکنولوژی مقرون به‌صرفه، غیرسمی و سازگار با محیط زیست است (۱۴). استفاده ازمیکروارگانیسم‌ها برای رفع آلودگی محیطی به‌دلیل توانایی آن‌ها از نظر انعطاف‌پذیری و ایجاد مکانیسم قوی آن‌ها است که توسط آنزیم‌های درون سلولی و خارج سلولی تسهیل می‌شود و این امر باعث سازگاری آن‌ها در شرایط سخت می‌شود (۱۵). امروزه به‌منظور کمک به میکرو ارگانیسم‌ها و رفع محدودیت سازگاری طولانی‌مدتشان با شرایط محیطی از جاذب‌های زیستی نیز می‌توان استفاده کرد که به‌دلیل ظرفیت جذب بالا، دسترسی آسان، تطابق فراوان با محیط زیست، فراوانی، عدم سمیت و قیمت ارزان و هم‌چنین زیست تخریب‌پذیری نقش مهمی در حذف رنگ‌ها، آلاینده‌های نفتی، فلزات سنگین و غیره دارند (۵، ۱۶).

لذا باتوجه به مطالب فوق الذکر و محدودیت‌های روش‌های شیمیایی و غشایی در حذف ترکیبات نفتی، اهمیت روش‌های زیستی در حذف آلاینده‌های نفتی به‌دلیل سازگاری آن‌ها با محیط‌زیست و برتری نسبت به سایر روش‌های موجود از جمله بی‌خطر بودن برای محیط زیست، عدم استفاده از مواد شیمیایی و هم‌چنین مقرون به‌صرفه بودن از نظر اقتصادی مورد توجه جوامع قرار گرفته است، مطالعه حاضر به بررسی انواع روش‌های زیستی در حذف ترکیبات نفتی از آب پرداخته است.

روش‌شناسی

برای یافتن مطالب مرتبط با مطالعه حاضر کلید واژه‌های Bioremediation، Petroleum Compounds Removal of Petroleum ،Bio Absorbents Bioremediation of ،Compounds from Water Phytoremediation of ،Petroleum Products Petroleum Compounds from Water و معادل فارسی آن‌ها در منابع الکترونیک Google Scholar، PubMed، ScienceDirect، Magiran، Research Gate، SID، Wiley جستجو شد. از میان مطالعات موجود حدود ۵۰ مقاله در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ انتخاب گردید که بعد از حذف موارد تکراری و غربالگری آن‌ها در مجموع ۲۸ مورد از مرتبط‌ترین مقالات برای مطالعه موردنظر بررسی شد.



شکل ۱- فلوچارت جست‌وجوی پریسما

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

یافته‌ها

یکی از روش‌های زیستی حذف ترکیبات نفتی استفاده از میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. امروزه زیست‌حسگرها و محصولات حاصل از این‌ها به کمک استفاده از اجزای زیستی مواد شیمیایی از جمله آلاینده‌های نفتی را اندازه می‌گیرند. از ریزموجوداتی که به‌عنوان زیست‌حسگر استفاده می‌شوند می‌توان به سودوموناس، موراکسلا و آرتروباکتر اشاره کرد. با سازگار کردن ریزموجودات با پیش‌ماده مورد سنجش میزان حساسیتشان نیز بیشتر می‌شود (۱۷). روش دیگر استفاده از صدف تابوت موجدار است که در آن غلظت و تجمع زیستی ترکیبات سبک‌تر PAH[1] بیشتر از ترکیبات سنگین‌تراست. از جمله عوامل تأثیرگذار روی تجمع و تغلیظ زیستی، شرایط محیطی، منابع PAH و مسیر جذب ترکیبات می‌باشند (۱۸).

ترکیبات نفتی شامل هیدروکربن‌های آلیفاتیک و آروماتیک می‌باشند. تجزیه هوازی و بی‌هوازی آن‌ها به غلظت مواد مغذی، دما، فشار، pH، سطوح اکسیژن، ماهیت نفت و غیره بستگی دارد که این عوامل روی سرعت تجزیه زیستی اثرگذار می‌باشند (۱۳، ۱۹، ۲۰). زیست‌پالایی ترکیبات نفتی از محیط‌های دریایی را می‌توان با کمک میکروارگانیسم‌های نمک دوست مانند هالوفراکس، هالوکوکوس و هالو باکتریوم انجام داد. از جنبه‌های مهم پاکسازی زیستی دریا حذف آلکان‌ها می‌باشد. باتوجه به داده‌ها، باکتری‌ها و آرکیاها توانایی تخریب آلکان‌ها و PAHها را دارند و می‌توانند در مقابله با شوری مقاومت کنند (۱۹). در واقع کنسرسیومی از میکروارگانیسم‌ها از هیدروکربن‌های موجود در ترکیبات نفتی به‌عنوان منبع کربن و انرژی استفاده می‌کنند و ترکیبات آلیفاتیک، تک آرومات و ترکیبات سبک PAH را تجزیه می‌کنند، اما ترکیبات پیچیده و آروماتیک‌ها به آرامی تجزیه می‌شوند. کنسرسیوم میکروبی در واقع گروهی از گونه‌های مختلف جمعیت‌های میکروبی تعریف می‌شود که با هم به‌عنوان یک جامعه عملکرد داشته و در برابر تغییرات محیطی مقاوم می‌باشند (۲، ۱۹).

ازجمله راسته باکتری‌هایی که در محیط‌های آلوده به نفت یافت می‌شود و به‌عنوان شاخص آلودگی نفتی به حساب می‌آید می‌توان به راسته آلتروموناس اشاره کرد (۲). به‌عنوان مثال سودوموناس در طیف وسیعی از محیط‌ها به‌عنوان عاملی در کانی‌سازی هیدروکربن‌ها توصیف شده است (۲۱). هم‌چنین گونه‌های جنس آنتروباکتر در پژوهش‌های بسیاری تحت‌عنوان باکتری‌هایی با قابلیت تجزیه زیستی ترکیبات نفتی شناخته شده اند. فعالیت این باکتری‌ها در جنوب کشور با افزایش دما افزایش خواهد داشت (۲۲). از بین باکتری‌های تجزیه‌کننده ترکیبات نفتی سویه‌های متعلق به جنس آلکانیوراکس از گونه‌های مهم می‌باشند که به‌دلیل تولید بیوسورفکتانت‌های خارج سلولی دارای قدرت امولسیون‌کنندگی قطرات نفت می‌باشند و با حفظ این توانایی خود می‌توان از هیدرولازها و اکسیژنازهای آن‌ها به‌عنوان کاتالیست استفاده کرد. با این‌کار سرعت زیست‌پالایی افزایش می‌یابد (۲۳). هم‌چنین پسودوموناس‌ها و باسیلوس سوبتلیس نیز به‌طور گسترده‌ای در رابطه با تولید بیوسورفکتانت‌ها و آمینولیپید و سورفاکتین مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۲۴). در واقع بیوسورفکتانت‌های میکروبی دارای منشاء لیپیدی با ساختمان دوگانه آبدوست و آبگریز هستند که به‌عنوان ترکیبات آمفی‌پاتیک شناخته می‌شوند و از دو طریق باعث بهبود و افزایش زیست‌پالایی می‌شوند (۴، ۱۹، ۲۴، ۲۵):
۱- کاهش کشش سطحی و افزایش حلالیت مواد نامحلول که حلالیت در فاز آبی، آن‌ها را مستعد تخریب زیادتر می‌کند. ۲- تسهیل تعامل سلول‌ها و بستر آبگریز و افزایش تصفیه زیستی هیدروکربن‌های نفتی با افزایش در دسترس بودن مواد مغذی میکروارگانیسم‌ها، که درنتیجه حلالیت نفت با بیوسورفکتانت استخراج شده افزایش می‌یابد (۲۵).

[1] Polycyclic Aromatic Hydrocarbon

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

از آن‌جایی‌که از روش‌های زیست‌پالایی درجا بیشتر استفاده می‌گردد، مولدترین تولیدکننده‌های بیوسورفکتانت‌ها، میکروارگانیسم‌ها هستند (۱۴).

گاهی برای افزایش سرعت زیست‌پالایی توسط میکروارگانیسم‌ها از استراتژی‌های تحریک و تقویت زیستی استفاده می‌گردد، تحریک زیستی شامل افزودن مواد مغذی است‌که باعث‌افزایش رشد تجزیه‌کننده‌های هیدروکربن‌های نفتی‌می‌شود و فعالیت‌های‌تجزیه زیستی را تحریک می‌کند، زیرا تجزیه زیستی بدون افزودن محرک زمان‌بر است. تقویت زیستی شامل افزودن میکروارگانیسم‌های قادر به تجزیه آلاینده‌های نفتی می‌شود (۱۳).

هم‌چنین برای بالارفتن نرخ زیست‌پالایی از دیسپرسنت‌ها[1] استفاده می‌گردد. این ترکیبات از جمله مخلوط‌های شیمیایی حاوی سورفکتانت‌ها و حلال‌ها هستند که کشش سطحی بین سطح مشترک آب و نفت را کاهش داده و نفت را به قطرات ریز که به راحتی در دسترس میکروارگانسیم‌ها قرار بگیرد، تبدیل می‌کنند. این فرآیند امولسیفاسیون نامیده می‌شود (۱۴).

تحقیقات بسیاری روی میکروارگانیسم‌ها انجام گرفته است که نقش مهم آن‌ها را در زیست‌پالایی تأیید می‌کند. به‌عنوان مثال راشدی و همکاران به ارزیابی مقایسه‌ای تجزیه زیستی نفت خام با استفاده از میکروارگانیسم آسینتوباکتر کالکواستیکوس در شرایط حضور و عدم حضور نانوذرات مغناطیسی زیست عمل‌گرا شده پرداختند. این میکروارگانیسم کمک به حذف ترکیبات پارافینی دارای طول زنجیر متوسط از نفت خام کرده و در این زمینه موفق بوده است. به‌طوری‌که میزان تجزیه زیستی ترکیبات نرمال دکان و هگزادکان توسط این میکروارگانیسم به ترتیب ۸۵ و ۸۶ درصد گزارش گردیده است که در نتیجه استفاده از نانو ذره زیست عمل‌گرا شده این میزان به ۹۱٪ و ۸۹٪ افزایش یافت که این به‌دلیل افزایش بیوسورفکتانت بوده و روشی ارزان و سازگار با محیط زیست است. تأثیر نانوذره در زیست تخریب‌پذیری نرمال دکان بیشتر بوده که این به‌دلیل سنگین بودن هگزا دکان و کاهش قابلیت امولسان می‌باشد. در این روش زمان حذف آلودگی نفتی طولانی بوده و باید مکانیسم برهم‌کنش نانوذره و میکروارگانیسم مورد بررسی قرار گیرد (۲۶).

خدایی و همکاران نیزاستفاده از نانو پراکسید کلسیم در سد بیولوژیکی برای حذف آلودگی ترکیبات نفتی آب‌های زیرزمینی را مورد بررسی قرار دادند که در واقع در این منطقه واکنش، فعالیت میکروارگانیسم‌ها بهبود داده می‌شود.

PBB[2] می‌تواند هوازی یا بی‌هوازی باشد. نتایج تحقیقات در این مطالعه نشان داد که در روز اول غلظت تولوئن ورودی و خروجی به سد بیولوژیکی اختلاف چندانی نداشته اما در روز دوم این اختلاف قابل‌توجه شد و پس از نُه روز این سد در برابر تنش‌های افزایش و کاهش غلظت ورودی پاسخ مناسبی از خود نشان داد. به‌طوری‌که با غلظت تولوئن ورودی به میزان ppm ۱۰، میزان غلظت خروجی صفر گزارش شد و عملکرد بهینه سد بیولوژیکی در غلظت ورودی ppm ۳۰ بود که راندمان خوبی حاصل شد و ۵۰٪ از غلظت ورودی حذف گردید. عملکرد این سد به پارامترهای دما، pH، مواد مغذی و پذیرنده‌های الکترون هم‌چون اکسیژن، نیترات و سولفات بستگی دارد و هم‌چنین سازگاری میکروارگانیسم‌ها با شرایط محیط مقداری زمان‌بر است. در صورتی نرخ زیست‌پالایی افزایش می‌یابد که پذیرنده الکترون، اکسیژن باشد. در واقع نرخ زیست‌پالایی در روش هوازی نسبت به روش بی‌هوازی بیشتر می‌باشد و میزان اکسیژن در آب‌های زیرزمینی از ۱۲میلی‌گرم بر لیتر فراتر نمی‌رود. از آن‌جایی که اکسیژن محلول در آب‌های زیرزمینی کم می‌باشد این کمبود را می‌توان با مواد

[1] Dispersants

[2] Permeable Bio Barrier

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

آزادکننده اکسیژن (ORC[1]) جبران کرد. یکی از موادی که به‌خوبی اکسیژن مورد نیاز را برای فعالیت باکتری‌ها فراهم می‌کند، نانو پودر پراکسید کلسیم می‌باشد (۷). در شرایط بی‌هوازی نیز تجزیه آروماتیک‌ها می‌تواند به‌وسیله باکتری‌های احیاکننده نیترات و سولفات انجام گیرد (۲).

در مطالعه‌ای دیگر Xin و همکاران افزایش حلالیت و تجزیه‌زیستی نفت توسط بیوسورفکتانت ردوکوکوس اریتروپلیس HX-2 را مورد بررسی قرار دادند (۲۵). بیوسورفکتانت NK که در این مطالعه مورد بررسی قرارگرفت، قدرت امولسیون‌کنندگی بالایی داشت و پایداری زیادی در شرایط مختلف از نظر دما، pH و شوری داشت به طوری که قابلیت انحلال‌پذیری بالایی برای نفت از جمله هیدروکربن‌های چند حلقه ای دارا بود. این بیوسورفکتانت کشش سطحی را از ۵۴.۹۹ به ۲۸.۸۹میلی نیوتن بر متر کاهش داده و پایداری امولسیون خوبی در pH (۱۰-۳)، دما (۲۰-۱۰۰) سانتی‌گراد و شوری (۲۰-۵) گرم در لیتر را از خود نشان داد. میزان سورفکتانت در pH اسیدی کاهش داشت و pH بهینه محدوده ۱۰-۵ گزارش گردیده است که این میزان ۹۰٪ گزارش شد. اثر حل‌کنندگی خوب در دمای ۲۵ یا ۳۵ درجه سانتی‌گراد و مقدار نفت محلول ۱۱.۴و ۸.۳ درصد گزارش گردید. دمای بهینه نیز ۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شد. یکی از محدودیت‌های این روش افزایش غلظت هیدروکربن می‌باشد که اثر انحلال بیوسورفکتانت با این افزایش، کاهش می‌یابد (۲۵). برای تولید بیوسورفکتانت توسط میکروب‌ها از بسترهایی مانند نفت خام و روغن زیتون استفاده می‌شود (۴).

از آن‌جایی که میکروارگانیسم‌ها دارای محدودیت‌هایی هم‌چون زمان‌بر بودن، سازگاری با شرایط محیطی و عدم حذف مؤثر ترکیبات نفتی را دارا می‌باشند، یکی از روش‌های کمک‌کننده جهت از بین بردن این محدودیت استفاده از جاذب‌های طبیعی می‌باشد که تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است (۵، ۲۶). به‌عنوان مثال ابوالحسنی و همکاران کارایی جاذب پوست برنج را در حذف آلودگی نفتی آب مورد بررسی قرار دادند، در این تحقیق فاکتورهای مؤثر در جذب نفت هم‌چون pH، میزان جاذب، زمان تماس و غلظت اولیه آلاینده مورد بررسی قرارگرفت. بیش‌ترین میزان جذب در ۱۵ دقیقه اول (۷۹.۷۷ درصد) و کم‌ترین میزان در ۳ دقیقه (۶۵.۹۳ درصد) گزارش شد. هم‌چنین با افزایش زمان تماس راندمان جذب افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در ۳۰ دقیقه این راندمان ۹۰ درصد گزارش گردید. بیش‌ترین میزان جذب در pH = ۵ برابر ۷۶.۵۷ درصد و کم‌ترین میزان جذب در pH=۹ برابر ۵۸.۹۳ درصد گزارش گردید که دلیل آن ساختار آنیونی جذب‌شونده است که در pH بالا، بار سطحی غالب جاذب منفی بوده و در نتیجه نیروی جاذبه الکترواستاتیک بین جاذب و آلاینده کاهش یافته و راندمان کم می‌شود. با افزودن میزان جاذب پوست برنج تا ۱.۵گرم بر لیتر راندمان به ۸۴.۱۱ درصد افزایش یافت اما با افزودن بیش‌تر جاذب تا ۲ گرم برلیتر راندمان کاهش یافت.کم‌ترین میزان جذب نیز در ۰.۲۵گرم گزارش گردید (۶۲.۵۸ درصد). میزان جذب در غلظت‌های بالای آلاینده نیز کاهش داشت. درصد جذب نفت با استفاده از پوست برنج راندمان بالای ۶۰ درصد را در اکثر حجم‌ها داشته است و جاذب مناسبی به‌شمار می‌آید (۵).

قنادزاده و همکاران نیز به بررسی حذف فنل از محلول‌های آبی با استفاده از کربن هسته انار پرداختند. میزان جذب فنل با افزایش زمان تماس، افزایش میزان ماده جاذب وکاهش غلظت اولیه فنل افزایش یافت در صورتی‌که با افزایش دما، pH و غلظت اولیه فنل درصد جذب فنل کاهش یافت. این فرآیند جذب گرمازا بوده و در دماهای بالا درصد جذب کاهش داشت. بیش‌ترین میزان جذب این جاذب در pH بهینه ۲، میزان جاذب ۱.۵گرم، غلظت اولیه فنل ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و زمان ۳۰ دقیقه برابر ۹۴ درصد

[1] Oxygen Releasing Compounds

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

گزارش گردید که باتوجه به فراوانی و سازگاری زیستی جاذب مناسبی می‌باشد (۱۲).

در مطالعه‌ای دیگر که پیرستانی و همکاران برای حذف آلودگی نفتی آب توسط کاه و کلش انجام دادند نیز نشان داده شد که بیش‌ترین میزان جذب در ۱۵ دقیقه و کم‌ترین میزان آن در ۳ دقیقه بود (۲۸.۸۵ و ۱۷.۸۲درصد) و بیش‌ترین میزان جذب در pH=۷ و کم‌ترین میزان در pH=۹ گزارش گردید (۳۶.۹۵ و ۱۹.۰۹درصد) و با افزایش میزان جاذب نیز درصد جذب افزایش یافت (۲۷).

مطلبی و همکاران نیز کارایی نانوکیتوزان استخراج شده از پوسته میگو را جهت حذف بنزن و تولوئن مورد بررسی قرار دادند. کیتین و کیتوزان به‌عنوان یک آمینو پلی ساکارید دارای خصوصیاتی هم‌چون زیست تخریب‌پذیری بالا، خاصیت آنتی‌باکتریال و سازگاری زیستی بالا به‌عنوان جاذب ترکیبات آروماتیک به‌کار می‌روند. نانو کیتوزان وابسته به عواملی مثل pH، مدت زمان و سایر پارامترها می‌باشد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی و فناوری نانومواد، سلولز و کیتوزان در ابعاد نانو افزایش یافته‌اند. pH بهینه در این شرایط ۴ گزارش گردید و راندمان حذف در زمان ۵ تا۱۲۰ دقیقه از ۹۶.۸۵ به ۸۹.۲۸ درصد کاهش یافت زیرا با گذشت زمان سایت‌های پذیرنده جاذب اشغال شد و اصطلاحاً اشباع گردید. بیش‌ترین درصد حذف در دوز جاذب ۰.۰۱ گرم بود که میزان ۸۲.۸۵ درصد گزارش شده است. در شرایط بهینه میزان جذب نیز به ۹۶.۸۵ درصد افزایش یافت. مدت زمان رسیدن به حالت تعادل با استفاده از نانوکیتوزان ۳۵ دقیقه گزارش شد (۱).

در تحقیقاتی دیگر که توسط ابوالحسنی و همکاران جهت حذف آلودگی‌های نفتی آب توسط پسماند پشم سنگ انجام گرفت، با افزایش میزان زمان تماس و دوز جاذب و هم‌چنین کاهش pH میزان جذب افزایش یافت و با افزایش غلظت اولیه نفت در پساب نیز میزان جذب نفت افزایش یافت. از مزایای این جاذب ارزان بودن آن می‌باشد (۲۸).

روش‌های زیستی دیگری نیز برای حذف ترکیبات نفتی از آب مورد بررسی قرارگرفته است که در ذیل اشاره‌ای به آن‌ها خواهیم داشت.

جان قمصری و همکاران نیز کارایی جاذب‌های آیروژلی پلیمری بر پایه الیاف پلی آکریلونیتریل را جهت حذف آلاینده‌های نفتی دریا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که به‌دلیل پیوند شیمیایی بین الیاف و PVA[1] (پلی وینیل الکل) ساختار شبکه‌ای به وجود می‌آید به طوری که در شرایط ۳٪ وزنی و طول الیاف ۵ میلی‌متر PAN[2] (پلی آکریلونیتریل) و ۱٪ وزنی PVA قابلیت جذب ۱۲۹۴٪ گزارش شد. درصد PVA مؤثرترین عامل در جذب بود. ظرفیت این جاذب از نمونه‌های مشابه دیگر کمتر می‌باشد اما باتوجه به این‌که پلی وینیل الکل پلیمری زیست سازگار و زیست تخریب‌پذیر می‌باشد، خواص مکانیکی خوبی در حذف آلاینده‌های نفتی در آب را دارا می‌باشد (۲۹).

از دیگر روش‌های زیستی جهت حذف ترکیبات نفتی استفاده از ریزجلبک‌ها و گیاه‌پالایی می‌باشد. گیاه‌پالایی برای حذف آلودگی نفتی خاک استفاده می‌شود اما برای محیط‌های دریایی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌دلیل پایداری بالای سلول‌های باکتریایی بی‌حرکت در سطوح ماکروجلبک‌ها جذب ترکیبات نفتی توسط سلول‌های جلبک و سیانوباکتری‌ها نیز انجام می‌گیرد (۱۳). بیشتر ریزجلبک‌ها فتوسنتزی می‌باشند و از انرژی نور خورشید برای تولید زیست توده و O_2 خود استفاده می‌کنند و برای تکثیر به نیتروژن، فسفر و کربن دی اکسید محلول نیاز دارند. بعضی از گونه‌های ریزجلبک‌ها توانایی تحمل مواد سمی را داشته و برای پاکسازی زیستی دارای اهمیت می‌باشند (۳۰). ازجمله محدودیت‌های این روش ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت این جلبک‌ها می‌باشد که

[1] Poly Vinyl Alcohol

[2] Polyacrylonitrile

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

افزودن مواد مغذی به نوبه خود باعث ایجاد پدیده شکوفایی جلبکی می‌گردد (۱۳).

مطالعات انجام گرفته در زمینه استفاده از روش‌های زیستی نشان می‌دهد که جاذب‌های طبیعی راندمان بالایی در حذف آلاینده‌های نفتی را در کوتاه‌مدت داشته‌اند. این جاذب‌ها در بازه زمانی ۱۵ الی ۳۰ دقیقه بیش‌ترین راندمان را داشتند و به‌دلیل فراوانی، سازگاری زیستی و هم‌چنین قابلیت جذب بالا نسبت به سایر جاذب‌ها برتری دارند و می‌توانند همراه با میکروارگانیسم‌ها جهت رفع محدودیت سازگاری طولانی‌مدتشان با شرایط محیطی استفاده گردند، هم‌چنین درصورت وجود شرایط مناسب می‌توان از گیاه‌پالایی و ریزجلبک‌ها برای حذف این ترکیبات استفاده کرد (۵، ۱۳، ۲۵). جدول "۱" نمایانگر انواع روش‌های زیستی استفاده شده جهت حذف ترکیبات نفتی از آب می‌باشد.

جدول ۱- مقایسه انواع روش‌های زیستی استفاده شده جهت حذف ترکیبات نفتی از آب

روش مورد استفاده	مزایا (شرایط و بیش‌ترین راندمان)	محدودیت ها	منبع
استفاده از میکروارگانیسم آسینتوباکترکالکواستیکوس	- تولید بیوسورفکتانت و در صورت استفاده از نانوذره زیست عملگراشده بیش‌ترین راندمان را داراست؛ - برای نرمال دکان و هگزادکان به ترتیب ۹۱ و ۸۹ درصد.	- کاهش زیست تخریب‌پذیری هگزا دکان نسبت به نرمال دکان به علت سنگین بودن و کاهش قابلیت امولسان؛ - زمان‌بر بودن؛ -بررسی‌برهم‌کنش نانوذره‌و میکروارگانیسم.	(۲۶)
استفاده از سد بیولوژیکی PBB	- بیش‌ترین راندمان در غلظت ppm ۳۰ به میزان ۵۰ درصد؛ - بالا بودن نرخ زیست‌پالایی در صورت وجود اکسیژن.	- میزان اکسیژن درآب‌های زیرزمینی از ۱۲ میلی‌گرم برلیتر فراتر نمی‌رود؛ - سازگاری میکروارگانیسم‌ها با شرایط محیطی زمان‌بر است.	(۷)
استفاده از ردوکوکوس اریتروپلیس HX-2	- بیش‌ترین راندمان در pH (۵ تا ۱۰) به میزان ۹۰ درصد؛ - پایداری زیاد بیوسورفکتانت NK به دما، اسیدی یا قلیایی بودن و شوری و کاهش قابل توجه کشش سطحی.	- میزان سورفکتانت درpH اسیدی کاهش داشته و با افزایش غلظت هیدروکربن اثر انحلال بیوسورفکتانت کاهش می‌یابد.	(۲۵)
استفاده از جاذب پوست برنج	- بیش‌ترین میزان جذب در ۱۵ دقیقه اول (۷۹.۷۷ درصد)؛ - در ۳۰ دقیقه راندمان ۹۰ درصد؛ - راندمان بالای ۶۰ درصد در اکثر حجم‌ها؛ - سازگاری زیستی، ارزان و در دسترس بودن.	- در pH بالا، بار سطحی غالب جاذب بار منفی بوده که در نتیجه نیروی جاذبه الکترواستاتیک بین جاذب و آلاینده کاهش یافته و راندمان کم می‌شود.	(۵)
استفاده از جاذب کربن هسته انار	- میزان جذب در۳۰ دقیقه برابر ۹۴ درصد؛ - سازگاری زیستی، ارزان و در دسترس بودن.	- در دماهای بالا درصد جذب کاهش دارد.	(۱۲)
استفاده از کاه و کلش	- بیش‌ترین میزان جذب در ۱۵ دقیقه و pH=۷؛ - افزایش درصد جذب به‌دنبال افزایش میزان جاذب.	- در pH بالا میزان جذب کاهش دارد.	(۲۷)
استفاده از نانو کیتوزان استخراج شده از پوسته میگو	- در شرایط بهینه میزان جذب ۹۶.۸۵ درصد؛ - رسیدن به حالت تعادل با استفاده از نانوکیتوزان به مدت ۳۵ دقیقه؛ - زیست تخریب‌پذیری بالا، خاصیت آنتی باکتریال و سازگاری زیستی بالا.	- نانو کیتوزان وابسته به عواملی مثل pH، مدت زمان و سایر پارامترها می‌باشد. - با گذشت زمان سایت‌های پذیرنده جاذب اشغال شده و اصطلاحاً اشباع می‌گردد.	(۱)
استفاده از پسماند پشم سنگ	- افزایش جذب به دنبال میزان زمان تماس، دوز جاذب و کاهش pH.	- در pH بالا میزان جذب کاهش دارد.	(۲۸)
استفاده جاذب‌های آیروژلی پلیمری بر پایه الیاف پلی آکریلونیتریل	- پلی وینیل الکل PVA به‌عنوان پلیمری زیست‌سازگار و زیست‌تخریب پذیر؛ - راندمان بالای درصد جذب.	- ظرفیت این جاذب از از نمونه‌های مشابه دیگر کمتر می‌باشد.	(۲۹)
استفاده از ریزجلبک‌ها و گیاه‌پالایی	- بعضی از گونه‌های ریز جلبک‌ها توانایی تحمل موادسمی را داشته و برای پاکسازی زیستی دارای اهمیت می‌باشند؛ - فراوانی، سازگاری زیستی، بی‌خطر بودن.	- افزودن مواد مغذی برای فعالیت جلبک‌ها؛ به نوبه خود باعث ایجاد پدیده شکوفایی جلبکی می‌گردد.	(۱۳، ۳۰)

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به اهمیت حفظ محیط، بهداشت منابع و در نهایت تأمین سلامت انسان؛ حذف ترکیبات نفتی از منابع آب ضرورت دارد که از بین روش‌های موجود، روش‌های زیستی باتوجه به مزایای ذکر شده از اهمیت بیشتری برخوردار هست. توصیه می‌شود در صورتی‌که حذف آلاینده نفتی در کوتاه‌مدت مدنظر می‌باشد از جاذب‌های زیستی درکنار میکروارگانیسم‌ها استفاده گردد زیرا سازگاری این ریزموجودات با شرایط محیطی مقداری زمان‌بر است. هم‌چنین در بلندمدت می‌توان از میکروارگانیسم‌هایی که توانایی تجزیه هیدروکربن‌های نفتی را دارند، بومی منطقه می‌باشند و نسبت به شرایط محیطی در طولانی‌مدت سازگاری و مقاومت یافته‌اند، استفاده نمود. بررسی روش‌های زیستی انجام گرفته جهت حذف ترکیبات نفتی از آب نشان می‌دهد که باتوجه به مشکلاتی که جاذب‌های زیستی دارند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها اشباع شدنشان در طولانی‌مدت می‌باشد و هم‌چنین پدیده شکوفایی جلبکی ناشی از گیاه‌پالایی و استفاده از جلبک‌ها، استفاده از میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده ترکیبات نفتی که به مرور زمان با شرایط محیطی و سایر پارامترها هم‌چون دما، pH و غیره سازگاری پیدا کرده‌اند و در طولانی‌مدت دارای بازدهی بالایی جهت حذف این ترکیبات به‌خصوص در نواحی نفت‌خیز جنوب کشورمان ایران می‌باشند توصیه می‌گردد که برای افزایش راندمان حذف در ابتدای کار می‌توان با روش تقویت زیستی به جمعیت این میکروارگانیسم‌ها افزود. لذا باتوجه به نوین بودن این روش و اطلاعات کم هنوز نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه می‌باشد.

تعارض منافع

از دیدگاه نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافعی در این مطالعه وجود ندارد.

پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

باتوجه به اهمیت روش‌های زیستی و مزایای متعدد آن‌ها پیشنهاد می‌گردد کارایی روش‌های زیستی جهت حذف دیگر آلاینده‌ها هم‌چون سموم کشاورزی نیز مورد بررسی قرارگیرد، هم‌چنین بررسی کارایی بیوسنسورها جهت شناسایی آلاینده‌های گوناگون محیط‌های آبی در خور اهمیت ویژه‌ای می‌باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان در پایان برخود لازم می‌دانند از کلیه بزرگوارانی که در تهیه این مقاله یاری نمودند، به‌ویژه استاد راهنمای محترم جناب آقای دکتر مجید هاشمی، عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت کرمان تشکر و قدردانی نمایند.

فهرست منابع

1. Motallebi R, Rezaei H, Hedayati AA, Kord Rostami A. Evaluation of Nano Chitosan Efficiency in Removal of Benzene from Aqueous Solutions. *Journal of Water and Soil Conservation*. 2019; 26 (4): 255-267. doi: 10.22069/JWSC.2019.16203.3150. [In Persian].

2. Harirforoush M, Amoozegar MA, Shavandi M, Saffarian P. Investigation of Microbial Diversity and Prediction of Functional Genes Involved in Aromatic Hydrocarbon Degradation in Nyband Gulf. *Journal of Microbial World*. 2022; 15 (3): 207-219. doi: 10.30495/JMW.2022.1958743.2019. [In Persian].

3. Salehi Mourkani M, Zare S, Mombani M, Ghoohestani G, Ahmadaali K, Khalili Moghadam B. Investigation of the Effect of Mulching with Petroleum Products on Water Quality. *Journal of Range and Watershed Management*. 2022; 75 (2): 197-211. doi: 10.22059/jrwm.2022.341545.1655. [In Persian].

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

4. Tan Zadeh J, Faezi Ghasemi M, Anvari M, Isazadeh Kh. Biosurfactant Production and Biological Removal of Bulk Oil Using Native Strains Isolated from the Southern Shore Lines of Caspian Sea. *Biological Journal of Microorganisms*. 2018; 7 (27): 113-128. doi: 10.22108/BJM.2018.109256.1105. [In Persian].

5. Abolhasani MH, Pirestani N, Tahmasabi F. Investigating the Efficiency of Rice Organic Absorbents for Absorption Oil Pollutants from Water. *Environmental Researches*. 2021; 12 (23): 161-170. doi: 20.1001.1.20089597.1400.12.23.13.3. [In Persian].

6. Mohajeri L, Zahed MA, Pakravan M. Unconventional Hydrocarbon Resources: Environmental Impact and Future Challenges. *Sustainability, Development and Environment*. 2021; 2 (2): 1-19. doi: 20.1001.1.24233846.1400.2.2.1.4. [In Persian].

7. Khodaei K, Nassery H, Tabani H, Kazemizadeh Z. Application of Calcium Peroxide Nano-Powder in a Bio-Barrier for Remediation of Groundwater Oil Pollution. *Environmental Science Quarterly.* 2020; 18 (2): 151-164. doi: 10.29252/envs.18.2.15. [In Persian].

8. Salehi B, Hassani AH, Ahmad Panahi H, Barqaei SM. Investigating the Removal of Xylene from Water by ZnO Nanoparticles as an Adsorbent for Petroleum. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2018; 20 (3): 27-35. doi: 10.22034/JEST.2018.13253. [In Persian].

9. Yavas A, Icgen B. Aerobic Bacterial Degraders with Their Relative Pathways for Efficient Removal of Individual BTEX Compounds. *CLEAN–Soil, Air, Water*. 2018; 46 (11): 1800068. doi: https://doi.org/10.1002/clen.201800068.

10. Khodabakhsh S, Taghavi L, Alaie E, Samiee L. Removal of polluting Phenol out of aqueous solutions with the aide of nanocomposites of TiO2/SBA-15 and using Response Surface Methodology. *Journal of Environmental Science and Technology Quarterly*. 2021; 22 (10): 237-250. doi: 10.22034/JEST.2020.26389.3537. [In Persian].

11. Mohammadrezaei E, Rezaei Kalantari R, Lotfi MR. Investigation of Hybrid Process of Fenton Oxidation and Adsorption in Phenol Removal from Water. *Water and Wastewater Science and Engineering*. 2018; 3 (1): 4-12. doi: 10.22112/JWWSE.2018.89441.1025. [In Persian].

12. Ghannadzadeh Gilani H, Ghannadzadeh Gilani A, Azmoon P. Investigating the Absorption of Phenol from Aqueous Solutions Using Pomegranate Seed Carbon. *Nashrieh Shimi Va Mohandesi Shimi Iran.* 2017; 36 (4): 145-159. [In Persian].

13. Hazaimeh MD, Ahmed ES. Bioremediation Perspectives and Progress in Petroleum Pollution in the Marine Environment: a review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021; 28 (39): 54238-54259. doi: 10.1007/s11356-021-15598-4.

14. Zahed MA, Matinvafa MA ,Azari A, Mohajeri L. Biosurfactant, a Green and Effective Solution for Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons in the Aquatic Environment. *Discover Water*. 2022; 2 (1): 5. doi: 10.1007/s43832-022-00013-x.

15. Hassan SH, Sabreena, Khurshid Z, Bhat SA, Kumar V, Ameen F, et al. Marine Bacteria and Omic Approaches: a novel and potential repository for bioremediation assessment. *Journal of Applied Microbiology*. 2022; 133 (4): 2299-2313.

16. Shams S, Salehi E. A review on renewable biosorbents for the removal of pollutants by the adsorption process. *Mechanics of advanced and Smart Material Journals*. 2022; 2 (3): 258-298. doi: 10.52547/masm.2.3.257. [In Persian].

17. Kolahchi N, Ebrahimipour GH, Ranaei Siadat SO, Renault NJ. Application of Pseudomonas.GSN23 bacterium and electrochemical methods for the identification of phenol contaminant. *Biological Journal of microorganisms*. 2019;

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

8 (31): 19-32. doi: 10.22108/BJM.2019.113064.1159. [In Persian].

18. Mahmoodi M, Safahieh A. Investigation on Bio-concentration factor (BCF) and Bio-accumulation factor (BAF) of aromatic compounds in the Ark Clam. *Journal of Natural Environment*. 2018; 71 (2): 227-236. [In Persian].

19. Paniagua-Michel J, Fathepure BZ. Microbial Consortia and Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons in Marine Environments. *Microbial Action on Hydrocarbons*. 2018: 1-20. doi: 10.1007/978-981-13-1840-5_1.

20. Soroush F, Ganjidoust H, Ayati b. Removal of Petroleum Hydrocarbons from Contaminated Waters Using a Solar Photocatalytic Process. *Imran Ferdowsi Engineering Journal*. 2018; 29 (1). doi: 10.22067/CIVIL.V29I1.42661. [In Persian].

21. Villela HD, Peixoto RS, Soriano AU, Carmo FL. Microbial Bioremediation of Oil Contaminated Seawater: a survey of patent deposits and the characterization of the top genera applied. *Science of the Total Environment*. 2019; 666: 743-758.

22. Mojarrad M, Alem Zadeh A, Ghoreyshi G, Javaheri M. Evaluation of the Growth Ability and Biodegradation of Kerosene by Several Bacteria Isolated from Oil-Contaminated Soil and Water. *Journal of natural environment*. 2017; 70 (1): 161-172. doi: 10.22059/JNE.2017.126684.940. [In Persian].

23. Shahriyari Moghaddam M, Abduli T, Ebrahimipour GH. Biodegradation of Crude Oil by Biosurfactant-Producing Bacteria Isolated from the Coasts of Bandar Abbas. *Journal of Marine Biology*. 2018; 10 (2): 53-64. [In Persian].

24. Pineda PAL, Demeestere K, Toledo M, Van Langenhove H, Walgraeve C. Enhanced removal of hydrophobic volatile organic compounds in biofilters and biotrickling filters: A review on the use of surfactants and the addition of hydrophilic compounds. *Chemosphere*. 2021; 279: 130757. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130757.

25. Hu X, Qiao Y, Chen L-Q, Du J-F, Fu Y-Y, Wu S, et al. Enhancement of Solubilization and Biodegradation of Petroleum by Biosurfactant from Rhodococcus Erythropolis HX-2. *Geomicrobiology Journal*. 2020; 37 (2): 159-169. doi: 10.1080/01490451.2019.1678702.

26. Rashedi H, Farmani F, Yazdian F, Motevaselin M. Comparative Assessment of Crude Oil Biodegradation by Acinetobacter Calcoaceticus RAG-1 in the Presence and Absence of Biofunctional Magnetic Nanoparticles. *Biotech*. 2018; 9 (2): 309-315. [In Persian].

27. Pirestani N, Abolhasani MH, Amin Javaheri FS. Investigating the Use of Straw in Removing Oil Pollution from Water. *Journal of Environment and water engineering*. 2018; 4 (1): 12-22. [In Persian].

28. Abolhasani MH, Pirestani N, Amini H. Study on the efficacy of mineral wool wastes in adsorption of waterborne oil contamination (Kerosene). *Journal of Research in Environmental Health*. 2018; 3 (4): 299-310. doi: 10.22038/jreh.2018.30092.1204. [In Persian].

29. Janghamsari Y, Kafi MR, Nematei Lay E, Ashjari M. Preparation and Evaluation of Polymer Aerogel Adsorbents Based on Polyacrylonitrile Fibers to Remove Oil Contaminants from Seawater. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology*. 2021; 34 (3): 299-311. doi: 10.22063/JIPST.2021.1825. [In Persian].

30. Das P, AbdulQuadir M, Thaher M, Khan S, Chaudhary AK, Alghasal G, et al. Microalgal Bioremediation of Petroleum-Derived Low Salinity and Low pH Produced Water. *Journal of Applied Phycology*. 2019; 31: 435-444. doi: 10.1007/s10811-018-1571-6.

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]

Rahavard Salamat Journal
5 – 2019/4

Review Article
http://rsj.iums.ac.ir

Types of Bioremediation Methods in Removing Petroleum Compounds from Water: a systematic review

Saeideh Moradalizadeh [1,2], Fatemeh Rahimi [1,2*]

1. Environmental Health Engineering Research Center, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
2. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

*Corresponding Author: Fatemeh Rahimi, Email: rahiimii.fatemeh.r@gmail.com

Keywords

Biodegradation, Environmental; Water Pollution; Petroleum Pollutants; Biological Removal.

Received: 12 Oct 2023
Accepted: 6 Nov 2023
Published: 12 Nov 2023

Abstract

Background & Objectives: Today, the water resources contamination due to petroleum compounds and its health effects on human and the environment is considered as an important issue. The removal of these pollutants is done by various methods among which, biological methods are superior due to their cost effectiveness, easy access, etc. In this study, a variety of biological methods have been investigated to remove petroleum compounds from water.

Materials & Methods: Keywords and phrases such as Bioremediation, petroleum compounds, Bio adsorbents, petroleum removal, petroleum bioremediation, petroleum phytoremediation and their Persian equivalents were searched in the databases include; Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, Magiran, ResearchGate, SID, Wiley to find content related to the current study and after reviewing the available studies, 28 of the most relevant articles from 2018 to 2023 were reviewed for the intended study.

Results: According to the research carried out, bioremediation and the use of natural adsorbents along with native microorganisms that decompose hydrocarbons are noted to remove petroleum compounds. Although these methods require to long time and adaptation of microorganisms to environmental conditions but due to benefits such as high efficiency, biocompatibility, safety, cheapness and availability, they are recommended over other existing methods to remove petroleum pollution from water. Furthermore, to increase the speed of bioremediation by microorganisms, strategies of biological stimulation and reinforcement can be used, which increases the growth of petroleum hydrocarbon decomposers.

Conclusion: Considering the importance of health and preserving human health and the environment, the removal of petroleum pollutants from the aquatic environment is very important. A review of the biological methods used to remove these pollutants shows the use of microorganisms that decompose petroleum compounds, that adapted to environmental conditions and parameters such as temperature, pH, etc. over time and generate biosurfactant, is recommended in the long term.

Cite as:

Rahimi F, Moradalizadeh S. Types of Bioremediation Methods in Removing Petroleum Compounds from Water: a systematic review. *Rahavard Salamat Journal*. 2019; 5 (1): 53-64.

[Downloaded from rsj.iums.ac.ir on 2024-07-17]