



## بررسی و مقایسه اثرات سوء زیست محیطی پسماندهای حفاری

۱- محسن هادی دهکردی، ۲- هاله قربانی، ۳- شهلا اشرفی

۱- دکتری، شرکت مهندسی مشاور پرآور

۲- دکتری، شرکت مهندسی مشاور پرآور

۳- دانشجوی دکتری، شرکت مهندسی مشاور پرآور

Email: M.HadiDehkordi@paravar.co

Email: H.Ghorbani@paravar.co

Email: S.Ashrafi@paravar.co

### چکیده

آلاینده های نفتی و پسماندهای حفاری معمولاً سمیت بالایی دارند و سبب بروز مشکلات فراوان و غیرقابل جبرانی برای موجودات زنده و محیط زیست می گردند. به کار گیری روش های بهینه و مناسب مانند استفاده از جاذب های مناسب مانند خاک دیاتومه جهت حذف رطوبت، جذب هر چه بیشتر و تثبیت کنده های حفاری و به کار گیری کنسرسیوم های میکروبی با توانایی تجزیه زیستی حداکثری هیدروکربن ها سبب کاهش اثرات سوء زیست محیطی و خسارت های ناشی از فعالیت های حفاری می گردد.

کلمات کلیدی: اثرات سوء زیست محیطی، پسماند حفاری، دیاتومه، کنسرسیوم میکروبی، هیدروکربن.

### ۱. مقدمه

اکتشاف و بهره برداری از منابع نفت و گاز به دلیل رشد جمعیت و توسعه جوامع در حال افزایش بوده که این مسئله سبب افزایش حجم بالای پسماند شده است [1-5]. طی حفاری یک حلقه چاه با عمق متوسط ۳۰۰۰ متر در حدود ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ تن پسماند تولید می شود. در اثر حفاری این چاه ها دو نوع پسماند حفاری تولید می شود که شامل کنده های حفاری و کنده های حفاری آغشته به سیال حفاری (گل حفاری) است [6-8]. بیش از ۵۵ نوع ماده مختلف به عنوان افزودنی گل حفاری شناخته شده است که در هر حفاری بسته به روش حفاری، مقاومت سنگ ها، میزان شکستگی، عمق، مواد گازی و ترکیب کانی شناسی سنگ های میزبان تنها ۱۵-۱۰ ماده مورد استفاده قرار می گیرد [9]. انجمن بین المللی تولید کننده نفت و گاز دو نوع گل حفاری اصلی را معرفی کرد که

شامل: گل پایه آبی و گل غیر پایه آبی است [10, 11]. در تقسیم بندی دیگری که توسط [12] صورت گرفت گل های غیر پایه آبی براساس غلظت آروماتیک ها به سه گروه طبقه بندی شدند. نوع I با غلظت آروماتیکی زیاد یا گل پایه نفتی، نوع II با غلظت آروماتیکی متوسط یا گل پایه روغنی معدنی، نوع III با غلظت آروماتیکی کم یا گل پایه مصنوعی. ترکیب گل پایه آبی شامل رس، مواد وزن افزا و دیگر مواد شیمیایی در فاز آبی است در حالیکه گل پایه روغنی و مصنوعی دارای فاز پیوسته هیدروکربنی با شورا به همراه با رس، مواد وزن افزا و دیگر افزودنی هاست. با توجه به اینکه کنده ها و پسماند حفاری حاوی مواد شیمیایی و عناصر مضر از لحاظ زیست محیطی هستند، دفع مناسب و ایمن آنها در محیط حائز اهمیت فراوان است [13]. پسماندهای حفاری و نفتی از سوی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا به عنوان آلاینده های اولویت دار جهت حذف از منابع طبیعی، طبقه بندی شدند. براساس گزارش های داده شده، بیش از ۱۵۰۰۰۰ مترمکعب از خاک های کشور با نفت و مشتقات نفتی آلوده شده اند و اثرات مخرب هیدروکربن های نفتی، ضرورت پاکسازی آلودگی های نفتی را بیش از پیش مورد توجه قرار داده است [14]. حذف این آلاینده ها، کمک شایان توجهی به حفظ اکوسیستم و بازیابی اراضی آلوده خواهد کرد.

[15] در مطالعات خود بیان نمودند که پسماندهای حفاری پس از تخلیه بر پایه ی نیروی وزن، ثقل و نشت، این پسماندها در اعماق و لایه های مختلف خاک وارد شده و باعث آلودگی آن خواهند شد. در نهایت حجم بالای این آلاینده ها سبب صدمات جبران ناپذیری به آبهای سطحی و زیر سطحی و محیط های خاکی می شود. غالبا خاک های مناطق مجاور حفاری آلوده به فلزات سنگین بوده به وسیله ذرات گرد و غبار، جریان رواناب ها سبب آلودگی در محیط اطراف می شوند [16, 17]. اگرچه تاثیرات این پسماندها به نوع، غلظت و مدت زمان قرار گرفتن در معرض این آلودگی ها بستگی دارد [18, 19]. مدیریت پسماند به عنوان یک چالش مهم در سطح جهانی بوده، چرا که پسماندها تهدید کننده بهداشت عمومی و محیط زیست بوده و حتی در مواقعی به عنوان مانع بر سر توسعه اقتصادی تلقی می شوند [2, 3, 20, 21, 22]. روش های مختلفی جهت حذف و تثبیت کنده های حاصل از عملیات حفاری مطرح شده است [23, 24]. در برخی مراجع جهت حذف آلاینده ها و پردازش پسماند حفاری و تبدیل آن به منابع خاک مورد استفاده در کشاورزی روش هایی ارائه شده است [25] (Zha et al., 2018). بر طبق مطالعات صورت گرفته توسط [26] یکی از روش های تثبیت عملکرد کنده های حفاری، خاک دیاتومه بوده که قادر به جذب بسیاری از ذرات ریز جامد معلق مایعات است. ذرات بسیار ریزی که اکثرا از فیلترها عبور می کنند توسط خاک دیاتومه قابل جذب می باشد. با توجه به ویژگی های منحصر به فرد خاک دیاتومه، کاربردهای زیادی در صنایع مختلف از جمله به عنوان فیلتر، عایق، جاذب و ... دارد [27-30]. از سوی دیگر بسیاری از پژوهشگران پالایش زیستی را به علت هزینه ی مقرون به صرفه و ایجاد نکردن آلودگی ثانویه، تأیید کرده اند و مطالعات زیادی در زمینه ی پاکسازی پسماندهای حفاری با استفاده از میکروارگانیسم ها انجام شده است [31]. در حال حاضر، به طور کلی جامعه علمی پذیرفته است که هیچ تک گونه ای از میکروارگانیسم، نمی تواند به طور کامل بخشی از نفت را تجزیه کند. تجزیه ی نفت خام تصفیه شده و یا مشتقات آن ها نیاز به کنسرسیومی دارد [32]. از دیدگاه کاربردی، استفاده از یک کنسرسیوم میکروبی به جای کشت خالص با صرفه تر است؛ زیرا تنوع متابولیکی و توانمندی مورد نیاز برای کاربرد در محیط طبیعی را دارا است. از این رو در این پژوهش سعی شده است تا به بررسی و مقایسه روش های مختلف حذف، تثبیت آلاینده ها، فلزات سنگین پسماندهای حفاری که توسط پژوهشگران دیگر انجام شده پرداخته شود.

## ۲. کنده ها و گل های حفاری

گل و کنده های حفاری دو محصول جانبی سمی و غیر قابل اجتنابی هستند که در فرآیند حفاری وجود دارند. تقریباً ده درصد حجمی از پسماندهای حفاری را، کنده های حفاری تشکیل می دهند. در طی فرآیند حفاری، سیال همراه کنده های حفاری با آب، نفت و مواد شیمیایی دیگر ترکیب شده و مخلوطی سمی را به وجود می آورند که می تواند مواد شیمیایی سمی همچون نفت، روغن، جامدات سوسپانسیون فیل، آرسنیک، کروم، کادمیوم، سرب و جیوه و مواد رادیواکتیو طبیعی و باریم را با خود به همراه داشته باشد. این ترکیبات تحت شرایطی همچون موقعیت و عمق چاه و یا نوع سیمان استفاده شده در فرآیند حفاری، دست خوش تغییر می شوند. کنده های حفاری (drilling cutting) قطعات شکسته شده کوچکی از سنگ ها و صخره ها ناشی از عملیات حفاری هستند که در گل حفاری مخلوط شده و همراه گل دفعی خارج می شوند [33]. گل های حفاری با هدف دستیابی به تثبیت دیواره چاه، روانکاری طول مته و نوک آن، تامین و نگهداری توازن فشار در چاه، انتقال کنده های حفاری به سطح جهت دفع، خنک سازی و تمیزکاری مته، کاهش اصطکاک در درون چاه، درزگیری و آب بندی شیارها و حفره ها مورد استفاده قرار می گیرند [34-37]. این گل ها که از ته چاه تا سطح در چرخشند، حاوی ترکیبات خطرناکی مانند کادمیوم، آرسنیک، کروم، سرب، جیوه، مس و غیره و یا گازوییل گریس و دیگر هیدروکربن های آلی می باشند [38]. از این رو می توان گفت ماحصل انجام عملیات حفاری تولید پسماندهای حفاری است؛ که از اصلی ترین موارد حائز اهمیت در بروز آلودگی های سوء زیست محیطی می باشد [39]. از جمله آلودگی های زیست محیطی ناشی از این پسماندها می توان به اثرات سمی روی گیاهان، اختلال فعالیت های بیولوژیک خاک، اثرات زیان بار روی انسان در اثر ورود مواد به زنجیره غذایی اشاره کرد [40]. گل های حفاری دارای انواع متنوعی بوده که در ذیل به شرح هر یک پرداخته شده است [33, 38].

### – گل های پایه آبی (Water Base Fluids (WBFs))

آب متداول ترین و عمده ترین سیالی است که به عنوان پایه برای گل های حفاری به کار می رود. از آنجا که آب فاقد خصوصیات شیمیایی و فیزیکی مورد نیاز برای همه نیازهای گل حفاری است، چندین مواد افزودنی دیگر برای تغییر خصوصیات آن به کار گرفته می شود. آب مورد استفاده نیز می تواند آب شیرین یا آب شور باشد. سیالات حفاری پایه آبی نسبتاً ارزان و عموماً غیرسمی هستند. عموماً این سیالات شامل بیش از 90 درصد آب هستند که مواد افزودنی از قبیل بنتونیت، باریت، رس ها، لیگنوسولفونات، لیگنیت، کاستیک سودا، مواد جامد سازند و مواد ویژه افزودنی به آن اضافه می شود. سیالات حفاری پایه آبی، بسته به عمق چاه بین 10 هزار تا 30 هزار بشکه باطله، برای هر چاه تولید می کنند [33, 41].

### – گل های پایه نفتی (Oil Base Fluids (OBFs))

سیال پایه نفتی دارای گازوئیل، نفت معدنی یا روغن های دیگر به عنوان فاز پیوسته، به همراه آب به عنوان فاز پراکنده است. دیگر اجزای ترکیب کننده: باریت ها، رس ها، امولسیفایر، کلرید کلسیم، لیگنیت و دیگر مواد افزودنی هستند. استفاده از گل حفاری پایه نفتی سبب کاهش فعل و انفعالات بین سیال حفاری و مواد معدنی سازند می شود. بدین ترتیب قطعات جدا شده کمتر به قطعات ریزتر تبدیل می شوند و در نتیجه کارایی جداسازی مواد گل حفاری افزایش می یابد. در گل های حفاری با پایه نفتی، سیال متداول

گازوئیل است که دارای ویسکوزیته قابل توجه بوده و دارای حلالیت کم در سیستم حفاری است، اما با این حال گازوئیل سمی است و اثرات مضر محیطی گل حفاری با پایه گازوئیل از گل حفاری با پایه آبی بیشتر است. حجم میانگین پسماند سیال پایه نفتی ۲ هزار تا ۸ هزار بشکه برای هر چاه تخمین زده می شود. در بسیاری از حالت های عملیات دریایی، این پسماند برای تخلیه در خشکی و یا چرخه مجدد به ساحل انتقال داده می شود [42, 43]. سیالات پایه نفتی، به علت فراوانی نسبی هیدروکربن های آروماتیک، سمیت بیشتری نسبت به سیالات پایه سنتزی دارند اما به علت روان کنندگی بهتر و نرخ حفاری بالاتر بر سایر سیالات ترجیح داده می شوند [44].

### – گل های پایه سنتتیک (Synthetic Base Fluids (SBFs))

سیالات پایه سنتتیک یا همان ترکیبی که به تازگی گسترش یافته اند، با همان کارایی سیالات نفتی ولی با اصلاحات در ترکیبات تجزیه ناپذیر و مواد سمی و آسیب رسان به محیط زیست توانسته اند کارنامه قابل قبولی در مقایسه با دیگر سیالات حفاری به دست آورند. ترکیب سیال سنتزی از هیدروکربن اشباع شده (غیر آروماتیک) با بیشتر ترکیب های مولکولی از قبیل استات ها، اترها و استرها، درجه بندی می شود. سیالات پایه سنتزی به عنوان یک امولسیون که در آن مایع سنتزی فاز پیوسته را شکل می دهد، در حالی که آب شور به عنوان فاز پراکنده مفید است، فرمول بندی می شود. سیستم های سیال پایه سنتزی احتیاج به حجم و رقت زیاد ندارد و در نتیجه حجم سیال مورد استفاده کاهش می یابد [45, 46].

### ۳. آثار زیان بار فلزات سنگین موجود در گل های حفاری

به عقیده [37] فلزات سنگین به دو شکل می توانند درون سیالات و گل های حفاری نفوذ کنند:

- (۱) فلزاتی که به طور طبیعی در چینه ها قرار داشته و در حین حفاری وارد سیال و گل مورد استفاده می گردند.
- (۲) فلزاتی که به عنوان افزودنی جهت ایجاد خواصی مطلوب به گل حفاری اضافه می گردند.

به طور طبیعی آلومینیوم، کلسیم، کروم، کبالت، مس، طلا، آهن، سرب، منیزیم، منگنز، نیکل، فسفر، پلاتین، سیلیکون، نقره، سدیم، استرانیوم، اورانیوم، قلع و بور که در این میان نیکل و وانادیوم در نفت خام بیشترین غلظت را به خود اختصاص می دهند [47]. علاوه بر این باریت که به عنوان یک ماده وزن افزا در عملیات حفاری مورد استفاده قرار می گیرد [48]. استفاده از باریت در گل حفاری سبب حضور مقادیر بالای باریت در پسماندهای حفاری شده است [49]. فلزات دیگری که ممکن است در باریت وجود داشته باشد و از نظر زیست محیطی نگران کننده هستند شامل: [50] Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn [52]. این فلزات در باریت اصولاً به صورت نمک های سولفیدی نامحلول هستند [53] و غلظت آن ها بستگی به منشأ باریت دارد. حضور هر یک از این عناصر در باریت سبب بروز خاصیتی در گل حفاری می گردد به عنوان مثال حضور جیوه و باریت در باریت سبب کنترل دانسیته می گردد [54]. بنتونیت نیز یکی دیگر از مواد اولیه گل حفاری بوده که دارای غلظت بالایی از چندین فلز سنگین می باشد [55]. ترکیبات گل حفاری بر اساس تاثیرات بوم سم شناختی به سه گروه تقسیم می گردند [56] (جدول ۱).

جدول ۱. ترکیبات گل حفاری بر اساس تأثیرات بوم سم شناختی [56].

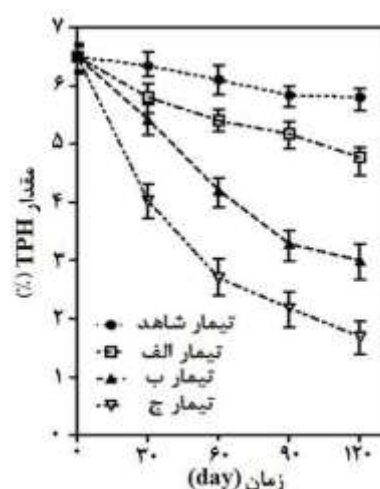
| گروه | مشخصات                                                                                                                                                                                                                                                      | سمیت        |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| اول  | - ترکیبات اصلی گل حفاری پایه آبی مانند بنتونیت و رس های دیگر، باریت و لیگنوسولفانات است. تأثیرات آن ها با افزایش فاصله از منطقه تخلیه ضایعات حفاری سریعاً کاهش می‌یابد.<br>- تأثیرات آن ها با افزایش فاصله از منطقه تخلیه ضایعات حفاری سریعاً کاهش می‌یابد. | کم تا متوسط |
| دوم  | - در مقادیر خیلی کم یافت می‌شوند.<br>- شامل صابون ها، روان کننده ها، نفت و فرآورده های نفتی، محلول ها، امولسیفایرها و تینرها هستند.                                                                                                                         | متوسط       |
| سوم  | - در مقادیر کم وجود دارند.<br>- شامل فلزات سنگین، کف کننده ها، مواد استفاده شده برای جلوگیری از خوردگی، مواد کشنده و باکتری کش ها هستند.                                                                                                                    | خیلی سمی    |

بنابراین برخی از ترکیبات فلزات سنگین، نمک و به ویژه هیدروکربن ها در اکثر گل های حفاری، می تواند آسیبی برای محیط زیست محسوب شود [57, 58]. این ترکیبات نه تنها باعث آلودگی خاک شده بلکه ارزش کشاورزی خاک را زایل کرده و به دلیل نفوذ در اعماق زمین باعث آلودگی شدید آب های زیرزمینی می گردند [59]. ترکیبات فوق به ویژه فلزات سنگین سبب اختلال در اکوسیستم و اثرات فیزیولوژیکی بر موجودات زنده حتی در غلظت های کم خواهد شد. با توجه به مطالعاتی که توسط [41] انجام شد برخی از این عناصر تأثیرات جبران ناپذیری بر سلامت انسان داشته که برای مثال آرسنیک سبب ضعف، بی اشتها، برونشیت بیماری های عصبی دوره ای، اختلالات پوستی و مشکلات گوارشی؛ باریم باعث سکنه و فلج در موجودات زنده؛ کروم سبب سوزش در سیستم تنفسی و آسیب به کلیه و نیز روی در مقادیر بالا سبب آسیب به شش ها گردد.

#### ۴. مدیریت پسماند

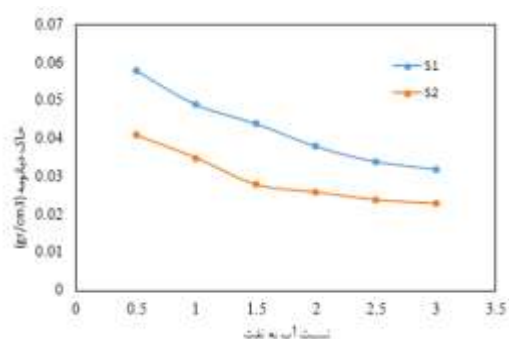
کنترل و مدیریت پسماند با استفاده از روش های مختلفی برای پالایش و پاکسازی خاک های آلوده به ترکیبات نفتی و دفع پسماندها صورت می گیرد، که از جمله آن ها حذف آلودگی نفتی خاک با استفاده از روش های گوناگون (فیزیکی، شیمیایی و زیستی) و یا تثبیت و جامدسازی کنده های حفاری می باشد. تثبیت و پایدارسازی کنده های حفاری شامل روش هایی است که پتانسیل خطر این پسماندها را به وسیله تبدیل ناخالصی ها به شکلی با کمترین سمیت، قابلیت حرکت و قابلیت انحلال کاهش می دهد. در این پژوهش سعی شد تا با بررسی روش های مختلف مطرح شده توسط پژوهشگران مناسب ترین و اقتصادی ترین روش ها به عنوان روش های حذف و کنترل آلاینده ها و حذف رطوبت و تثبیت کنده ها در پسماندهای حفاری مطرح گردد. یکی از مطالعات دقیق انجام شده توسط [60] بود که آن ها در پژوهش خود به بررسی تجزیه هیدروکربن ها به وسیله میکروب ها پرداختند و بیان نمودند که حذف آلاینده های نفتی از خاک با توجه به اثرات ناخوشایندی که بر انسان و سایر موجودات زنده می گذارند، یک ضرورت محیط زیستی است. پالایش زیستی یکی از بهترین روشهای تیمار به لحاظ ملاحظات محیط زیستی و اقتصادی، برای حذف درمحل هیدروکربن ها از خاک های آلوده است. نتایج این پژوهشگران نشان داد که در تیمار تحریک زیستی

با انجام شخم زدن و افزودن اوره در مقایسه با شاهد، درصد حذف هیدروکربن‌های نفتی از  $10/73\%$  به  $53/83\%$  طی مدت ۱۲۰ روز افزایش می‌یابد. همچنین فرآیند تشدید زیستی توانست در حذف مؤثر ترکیبات نفتی به میزان  $74\%$  طی مدت مشابه مؤثر باشد. حذف قسمت عمده هیدروکربن‌های سنگین و سرعت تجزیه زیستی بالاتر از مزایای استفاده از فرآیند تشدید زیستی توسط کنسرسیوم میکروبی بود (شکل ۱) [60]. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد، امکان تجزیه زیستی هیدروکربن‌های نفتی به روش درمحل با استفاده از تشدید زیستی توسط کنسرسیوم میکروبی بومی توانست تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش سرعت تجزیه زیستی این مواد از خاک در منطقه خشک و گرمسیری داشته باشد. آن‌ها در مقایسه با تیمار تشدید زیستی میکروارگانیسم‌های بومی خاک، افزایش  $38\%$  در حذف کل محتوای هیدروکربن‌ها مشاهده نمودند. این افزایش عملکرد حذف در تیمار تشدید زیستی نشان می‌دهد که گونه‌های استفاده شده در کنسرسیوم توانسته‌اند ضمن تحمل شرایط محیطی، از هیدروکربن‌های خاک به عنوان منبع کربن و انرژی استفاده نمایند و آن‌ها را به میزان مطلوبی طی مدت ۱۲۰ روز کاهش دهند. براین اساس، پیش‌بینی می‌شود که بتوان با استفاده کنسرسیوم میکروبی، هیدروکربن‌های آلاینده خاک در میداین نفتی را به شکل محسوسی حذف نمود (شکل ۱) [60]. باکتری‌ها با سرعت رشد بالا، می‌توانند در ادامه فرآیند تجزیه زیستی نقش مؤثری داشته باشند و ترکیبات حدواسط تولید شده را با سرعت مناسبی از محیط حذف نمایند. در بسیاری از مطالعات دیده شده است که افزودن میکروارگانیسم به منظور تشدید تجزیه زیستی، موجب تحریک و فعال شدن سلول‌های طبیعی خاک شوند زیرا ممکن است این میکروارگانیسم‌های طبیعی، توانایی حذف ترکیبات سنگین اولیه را نداشته باشند و یا غلظت بالای آلاینده‌ها موجب بازدارندگی عملکرد آنها شده باشد. اما با آغاز فرآیند تجزیه زیستی توسط گونه‌هایی که با عملیات تشدید زیستی به خاک افزوده شدند، غلظت کل آلاینده‌ها کاهش یافته و به مرور گونه‌های محتمل به صورت فعالی در فرآیند تجزیه زیستی نقش خود را ایفا می‌کنند [61]. انتظار می‌رود که با ادامه فرآیند تجزیه زیستی، بخش زیادی از ترکیبات هیدروکربنی باقیمانده در خاک تیمار شده، همچون هگزان‌ها و هپتان‌ها توسط جمعیت باکتریایی خاک حذف شوند [62].



شکل ۱. روند زمانی کاهش مقدار TPH (تعیین محتوای کل هیدروکربن‌های نفتی: Total Petroleum Hydrocarbons) از خاک آلوده در تیمارهای اعمال شده [60].

علاوه بر این [26] در پژوهش خود بیان نمود که عملیات حفاری یکی از عملیات های دشوار و پرهزینه در صنعت نفت به شمار می رود. یکی از مشکلاتی که صنایع نفت و گاز با آن مواجه هستند آلودگی های ناشی از پسماند حفاری میباشد. آن ها در پژوهش خود خاک دیاتومه را به عنوان ماده ای طبیعی جهت تثبیت و پایدارسازی کنده های حفاری در نمونه های پسماند حفاری بیان نمودند. در این روش نه تنها آلودگی ناشی از پسماند حفاری از محیط زیست حذف شده بلکه امکان احیای خاک نیز میسر می شود. نتایج نشان داد که خاک دیاتومه دارای پتانسیل بسیار خوبی جهت حذف رطوبت و پایدارسازی پسماندهای حفاری است. یکی از پارامترهای موثر بر مقدار مورد نیاز خاک دیاتومه نسبت آب به نفت در پسماند حفاری می باشد. با تغییر نسبت آب به نفت در نمونه های کنده های حفاری، مقدار مورد نیاز خاک دیاتومه محاسبه شده و در شکل ۲ نشان داده شد [26].



شکل ۲. مقدار مورد نیاز خاک دیاتومه جهت پایدارسازی کنده ها [26].

## ۵. نتیجه گیری

انتشار آلاینده های نفتی و دفع پسماندهای حفاری به خاک در مراحل استخراج، فرآوری، انتقال و نیز نگهداری، امری شایع و اغلب گریزناپذیر است. مواد نفتی با وزن مولکولی بالا اغلب به دلیل تعامل اندک با محیط آبی برای مدت طولانی در خاک منطقه آلوده شده باقی میمانند و به لایه های زیرین نفوذ می کنند. این مواد هرچه در عمق بیشتری از خاک نفوذ کنند، از بین بردن آن ها سخت تر خواهد بود. به طور کلی پسماندهای حفاری (گل حفاری، کنده حفاری و ...) یکی از متداول ترین آلودگی های موجود در صنعت حفاری به شمار می روند. این مواد اغلب به علت دارا بودن ترکیباتی مضر و شیمیایی همچون آهک، باریت و بنتونایت سلامت موجودات زنده و منابع با ارزشی همچون آب، خاک، هوا، گیاه و... را تحت تاثیر قرار خواهند داد. از این رو عدم مدیریت صحیح و تخلیه نامناسب پسماندهای حفاری خسارت های فراوانی را به بار خواهد آورد. از این رو استفاده از روش های بهینه برای دفع این مواد از محیط سبب کاهش اثرات سوء زیست محیطی و هزینه های اقتصادی می گردد. در این پژوهش با بررسی عوامل ایجاد آلودگی های ناشی از فعالیت های برداشت منابع نفتی دو مورد از مناسب ترین روش ها برای حذف و تقلیل این پسماندها بیان شده است:

- عملیات تثبیت و پایدارسازی کنده های حفاری یکی از مهمترین روش های مدیریت پسماند قبل از رهاسازی آن در محیط می باشد. بخصوص زمانی که به دلایل مختلف جهت کنترل پایداری چاه از سیالات پایه روغنی استفاده می شود، اهمیت این موضوع دو



چندان می شود. به کار بردن گل پایه روغنی علاوه بر ایجاد آلودگی های زیست محیطی و تهدید چرخه حیات گیاهان و جانوران در نواحی اطراف دکل حفاری، می تواند سلامت نیروی انسانی که در محل عملیات حضور دارند را به خطر بیندازد در میان روش های متعددی که در دهه های اخیر جهت تصفیه و جداسازی پسماندهای صنعتی به کار برده شده است، جاذب های جامد سازگار با محیط زیست یکی از پرکاربردترین روش ها می باشد. مطالعات و پژوهش های بسیاری بر توسعه جاذب های جدید صورت گرفته که از میان آن ها پژوهشگرانی که از خاک دیاتومه جهت حذف رطوبت و تثبیت کننده های حفاری استفاده نمودند و به نتایج بهتری در خصوص افزایش تثبیت و پایداری پسماندهای جامد، حذف فلزات سنگین مانند کادمیوم ... و دارا بودن صرفه اقتصادی دست یافتند. - افزون بر این پژوهش دیگری با استفاده از کنسرسیوم های میکروبی برای حذف آلاینده های نفتی صورت گرفته است این کنسرسیوم ها بهتر و کارآمدتر از بسیاری از روش ها می باشند. نتایج استفاده از این کنسرسیوم های میکروبی نشان داد که این روش توانایی حذف قسمت عمده ی هیدروکربن های سنگین با سرعت تجزیه زیستی بالا را دارا می باشد.

## ۶. مراجع

1. Takdastan, A., Eslami, A., "Application of energy spilling mechanism by para-nitrophenol in biological excess sludge reduction in batch-activated sludge reactor", *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 4(1), 2013, pp.1-7.
2. Mokhtarani, B., Moghaddam, M.R.A., Mokhtarani, N., Khaledi, H.J. Report: future industrial solid waste management in pars special economic energy zone (PSEEZ), Iran. *J Waste management research*, Vol. 24(3), 2006, pp.283-8.
3. Lodungi, J.F., Alfred, D., Khirulthzam, A., Adnan, F., Tellichandran, S., A review in oil exploration and production waste discharges according to legislative and waste management practices perspective in Malaysia. *International Journal of Waste Resources*, Vol. 7(1), 2016, pp. 260.
4. Mahmoudi, P., Takdastan, A., Alavi, N., Mosavi, A.A.J., Kaydi, N., Study of excess sludge reduction in conventional activated sludge process by heating returned sludge, *Asian Journal of Chemistry*, 25(5), 2013, pp. 2627-2630.
5. Sinha, R.K., Soni, B.K., Experimental studies on treatment of petroleum-contaminated wastewater from automobile industry in Brisbane", *Griffith University, Brisbane*, 2012.
6. Kardani, M., Takdastan, A., Removal of total petroleum hydrocarbons using vetiveria zizanioides and microbial population changes in soil contaminated with oil in Ahvaz", *Journal of Mazandaran University of Medical Science*, 25(131), 2015, pp. 87-97.
7. Hajsardar, M., Takdastan, A., Ahmadi, M., Hasani, A.H., Study of reducing waste biosolids in sequencing batch reactor by ozonation to waste biosolids, *Asian Journal of Chemistry*, 23(8), 2011, pp. 3615-3619.
8. Takdastan, A., Pazoki, M., Study of biological excess sludge reduction in sequencing batch reactor by heating the reactor, *Asian Journal of Chemistry*, 23(1), 2011, pp. 29-33.
17. Lee, C.G., Chon, H.T., Jung, M.C., Heavy metal contamination in the vicinity of the Daduk Au-Ag-Pb- Zn mine in Korea. *Appl Geochem*, Vol. 16, 2001, pp.1377-1386.



9. Gettleson, D.A., Effects of oil and gas drilling operations on the marine environment. in *Marine Environmental Pollution, 1: Hydrocarbons* (R. A. Geyer, Ed.), 1980, pp. 371–411, Elsevier Scientific, Amsterdam.
10. OGP (International Association of oil & Gas Producers), *Environmental aspects of the use and disposal of non aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations*. Report 342 from OGP, London, England. 2003, pp. 103.
11. Neff, J.M., Mckelvie, S., Ayers, R.C., *Environmental Impacts of Synthetic Based Drilling Fluids*. OCS Study MMS 2000-64. U.S.Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Program, New Orleans, LA, LA. 2000, pp. 118.
12. Darley, H.C.H., Gray, G.G., *Composition and properties of drilling and completion fluids*. Fifth Edition. Gulf Publishing Co., Houston, TX. 1988, pp. 643.
13. Kheirizadeh, O., Abbaszadeh Shahri, A., Ghaderi, A., *Drilling Mud Engineering*, Ketab Ava Publication, Tehran, 2013, pp. 176.
14. Hassanshahian, M., Emtiazi, G., Cappello, S., *Isolation and characterization of crude-oildegrading bacteria from the Persian Gulf and the Caspian Sea*. *Marine Pollution Bulletin* 64(1), 2012, pp. 7-12.
15. Bacon, J.R., Hewitt, I.J., *Heavy metals deposited from the atmosphere on upland scottish soils:chemical and lead isotope studies of the association of metals with soil components*. *Geochimica cosmochimica acta*, Vol. 68 (8), 2005, pp. 19-33.
16. Bech, j., Poschenrieder, C., Ilugany, M., Barcelo', J., Tume, P., Tobias, F.J., Barranzuela, J.L., Va'squez, E.R., *Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in northern peru*. *Sci total environ*, Vol. 203, 1997, pp.83–91.
18. API (American Petroleum Institute), 1978, *API recommended practice. Standard procedure for testing drilling mud*, API, Washington D.C, pp. 35.
19. Hastings, L., Cooper, G.P., Burg, W., *Human sensory response to selected petroleum hydrocarbons*. In: *Advances in modern environmental toxicology*. 1984.
20. Abdel-Aal, H.K., Zohdy, K., Abdelkreem, M., *Waste management in crude oil processing: crude oil dehydration and desalting*. *International Journal of Waste Resources*, Vol. 8(1). 2018.
21. Tadayoni, M., *waste management of drilling operations in oil and gas fields*. *Scientific- Propagative Journal of Oil & Gas Exploration & Productoin*, 72. 2010, pp. 69 – 65.
22. Karimpour Zahraei, S., Jalili Ghazizadeh, M., Jalili Qazizadeh, M., *Feasibility of using waste Molecular sieve and Ceramic ball in hot asphalt mixtures*. *Journal of Behdasht Dar Arseh (i.E., Health in the Field)*, 5(2), 2017, pp.46-54.
23. Phillips, L., Morris, A., Innes, G., Clark, A., Hinden, P.M., *Drilling Waste Management – Solutions that Optimise Drilling, Reduce Well Cost and Improve Environmental Performance*. SPE-192793, *International Petroleum Exhibition & Conference*, Abu Dhabi. 2018.



24. Yudistira, B., *Best Practicable Environmental Options Assessment for Drilled Cuttings and Fluids Waste Management Strategy*. Offshore Technology Conference Asia, Malaysia. 2018.

25. Zha, X., Liao, X., Zhao, X., Liu, F., He, A.Q., Xiong, W.X., *Turning Waste Drilling Fluids into a New, Sustainable Soil Resources for Landscaping*. Ecological Engineering 121, 2018, pp. 130-136.

۲۶. حاجی پور، مستانه و ایران نژاد، فراز، بررسی آزمایشگاهی کاربرد خاک دیاتومه در پایدارسازی پسماند حفاری، نشریه محیط زیست دانشگاه تهران، دوره ۷۳، شماره ۱، فروردین ۱۳۹۹، صفحه ۱۳-۲۲.

27. Fields, P., Korunic, Z., *The Effect of Grain Moisture Content and Temperature on the Efficacy of Diatomaceous Earth from Different Geographical Locations*. Journal of Stored Products Research 36(1), 2000. pp. 1-13.

28. Morsy Heg. M.B., *Diatomite: Its Characterization, Modifications and Applications*. Asian Journal of Materials Science 2, 2010, pp. 121-136.

29. Aivalioti, M., Vamvasakis, L., Gidaracos, E., *BTEX and MTBE Adsorption onto Raw and Thermally Modified Diatomite*. Journal of Hazardous Materials 178, 2010, pp.136-143.

30. Korunic, Z., *Diatomaceous Earths-Natural Insecticides*. (Belgrade), Pesticides & Phytomedicine, 28(2), 2013, pp. 77-95.

31. Chang, Y., Wang, X., Han, Y., Wang, M., Zheng, C., Wang, Y., *The Removal of Crude Oil in Waste Drilling Muds by a Constructed Microbial Consortium*, Proceedings of the 2012 International Conference on Applied Biotechnology (ICAB 2012). Berlin Heidelberg: Springer; 2014.

32. Balba, M., Al-Awadhi, N., Al-Daher, R., *Bioremediation of oil-contaminated soil: microbiological methods for feasibility assessment and field evaluation*. Journal of microbiological methods. 32(2), 1998, pp. 155-64.

33. Apaleke, Adeleye Sanmi., Abdulaziz Al-Majed, M., Enamul, Hossain., *Drilling fluid: state of the art and future trend*. North Africa technical conference and exhibition. OnePetro, Cairo, Egypt, February 2012.

34. Steiner, R., *Background document on offshore oil for Stakeholders of Baltic Sea region*. Unpublished report available via the authors. 2003.

35. Wills, J.W.G., *Muddied Waters A Survey of Offshore Oilfield Drilling Wastes and Disposal Techniques to Reduce the Ecological Impact of Sea Dumping*. Ekologicheskaya Vahkta Sakhalina. Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, 2000. 139 p.

36. Kloff, S., Wick, C., *Environmental management of offshore oil development and maritime oil transport, A background document for stakeholders of the West African Marine Eco Region*. 2004.

37. Burke, C. J., Veil, J.A., *Potential environmental benefits from regulatory consideration of synthetic drilling muds*. No. ANL—EAD/TM-43. Argonne National Lab, 1995.



۳۸. گلستانی فر. حافظ و بهشتی. علی، مدیریت پسماندهای حفاری در چاه های اکتشافی نفت و گاز، نشر دانشگاهی  
فرهمنده، ۱۳۹۳.

39. Zareimahmoodabadi, H., *Environmental impacts of drilling mud on drilling operations in oil wells*, 2012.
40. Gbadebo, A., Taiwo, A., Eghele, U., *Environmental impacts of drilling mud and cutting wastes from the Igbokoda onshore oil wells, Southwestern Nigeria. Indian Journal of Science and Technology*, VOL. 3.5, 2010. pp. 504-150 .
41. Chenevert, M.E., J.T. Dewan., 2001. *A model for filtration of water-base mud during drilling: determination of mudcake parameters. PetrophysicsThe SPWLA Journal of Formation Evaluation and Reservoir Description*, VOL. 42.03.
42. Dobrokhleb, P., Kozyrev, A., Mishin, A., Voitenko, D., Kireev, V., Krepostnov, D., *New Technologies for Effective Recycling of Oil Based Mud. Experience of Prirazlomnoye Field. SPE Russian Petroleum Technology Conference. OnePetro, Moscow, Russia, October 2017.*
43. Hadibeik, H., Proett, M., Torres-Verdín, C., Sepehrnoori, K., Angeles, R., *Sampling with new focused, oval, and conventional probe-type formation-tester in the presence of water-and oil-base mud-filtrate invasion for vertical and high-angle wells. Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 118 . 2014, pp. 114-125.
45. Pan, D., Vipulanandan, C., Amani, N., Reddy, S. A., Chockalingam, C. G. *Effects of nanoclay on the rheological properties and resistivity of synthetic based drilling fluids under high temperature. Offshore technology conference. OnePetro, Texas, USA, April . 2018.*
46. Herman, D., Roberts, D.J., *A marine anaerobic biodegradation test applied to the biodegradation of synthetic drilling mud base fluids. Soil & Sediment Contamination*, VOL. 14.5 2005. pp. 433-447.
44. Souza, F., Salgueiro, A., Albuquerque, C., *Production of bioemulsifiers by Yarrowia lipolytica in sea water using diesel oil as the carbon source. Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 29(1), 2012, pp.61-7.
47. Galitskova, Y. M., *Use of Drilling Muds. ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Vol. 1. 2019.*
48. Monaghan, P.H., McAuliffe, C.D., *Environmental aspects of drilling fluids and cuttings from oil and gas operation in offshore and coastal waters. Marine Environmental Pollution 1: Hydrocarbons. Elsevier Scientific*. 1980.
49. Scholten, M.C.Th., Karman, C.C., Huwer. S., *Exotoxicological risk assessment related to chemicals and pollutants in off-shore oil production. Toxicology Letters* 112-113, 2000, pp. 283-288.
50. Crecelius, E., Trefry, J., McKinley, J., Lasorsa, B., Trocine, R., *Study of barite solubility and the release of trace components to the marine environment. New Orleans (LA): US Department of the Interior Minerals Management Service, Mexico Region. OCS Study MMS, 2007, pp. 061.*
51. Nelson, D.W., Liu, S.L., Sommers, L.E., *Extractability and plant uptake of trace elements from drilling fluids. J. Environ. Qual.* 13, 1984, pp. 562-566.



52. WHO (World Health Organization), Concise International Chemical Assessment Document 33, Barium and Barium Compounds. 2001.

53. Trefry, J.H., Smith, J.P., Forms of mercury in drilling fluid barite and their fate in the marine environment. A review and synthesis. SPE 80571. SPE/EPA/DOE exploration and production Environmental conference, San Antonio, TX. Richardson(TX): Society of petroleum Engineers. 2003, pp. 1-10.

54. Siddique, S., Kwoffie, L., Addae-Afoakwa, K., Yates, K., Njuguna, J., Oil based drilling fluid waste: an overview on environmentally persistent pollutants. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 195, 1. 2017, IOP Publishing.

55. NRC (National Research Council), Drilling Discharges in the Marine Environment. National Academy Press, Washington. 1983, pp. 180 .

56. Patin, S.A., Environmental Impact of Offshore Oil & Gas Industry. New York: Eco Monitor Publishing. 1999.

57. Dashtian, H., Bakhshian, S., Paiaman, A. M., Al-Anazi, B.D., A review on impacts of drilling mud disposal on environment and underground water resources in south of Iran. Middle East Drilling Technology Conference & Exhibition. OnePetro, Manama, Bahrain, October 2009.

58. Ning, F., Zhang, K., Wu, N., Zhang, L., Li, G., Jiang, G., Qin, Y., Invasion of drilling mud into gas-hydrate-bearing sediments. Part I: effect of drilling mud properties. Geophysical journal international, VOL. 193.3 2013, pp. 1370-1384.

59. Yalcin, M.G., Battaloglu, R., Ilhan, S., Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey. Environ Geol, Vol. 53, 2007, pp. 399-415.

62. Haque, S., Sirvastava, N., Bahadur Pal, D., Alkhanani, M.F., Almalki, A.H., Areeshi, M.Y., Naidu, R., Gupta, V.K., Functional microbiome strategies for the bioremediation of petroleumhydrocarbon and heavy metal contaminated soils: a review. Science of The Total Environment 833, 2022, pp. 155-222.

۶۰. هژبری، زهرا، حبیبی، علیرضا، بهشتی آل آقا، علی و شریفی، روح الله، تشدید زیستی تجزیه ی هیدروکربن های نفتی خاک به روش در محل با استفاده از کنسرسیون میکروبی بومی، مجله محیط زیست طبیعی (انتشارات دانشگاه تهران)، دوره ۷۶، شماره ۱، ۱۴۰۲، صفحات ۹۳-۱۰۳.

61. Sun, S., Su, Y., Chen, S., Cui, W., Zhao C., Liu Q., Bioremediation of oil-contaminated soil: exploring the potential of endogenous hydrocarbon degrader *Enterobacter* sp. SAVR S-1. Applied Soil Ecology 173, 2022, pp. 104-387.