فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

۱۱۱-۱۲۶

بررسی میزان اثربخشی روش شستشوی کنده‌های حفاری روی میزان آلایندگی عناصر سنگین و هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای با مطالعه موردی در چاه شماره B میدان نفتی آزادگان جنوبی

حمید سرخیل [۱*]، میثم فتحی نوران[۲]، مجتبی کلهر[۳]، یوسف عظیمی[۴] و محمد طلائیان عراقی[۲]

[۱] گروه زمین شناسی کاربردی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

[۲] گروه محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران

[۳] شرکت سیالات حفاری پارس، تهران، ایران

[۴] گروه پژوهشی مهندسی محیط زیست و پایش آلاینده ها، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۳/۱۷

سرخیل، ح.، م. فتحی نوران، م. کلهر، ی. عظیمی، و م. طلائیان عراقی. ۱۴۰۰. بررسی میزان اثربخشی روش شستشوی کنده‌های حفاری روی میزان آلایندگی عناصر سنگین و هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای با مطالعه موردی در چاه شماره B میدان نفتی آزادگان جنوبی. فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۱): ۱۱۱-۱۲۶.

سابقه و هدف: فرآیند استخراج و بهره برداری از منابع نفت و گار به چرخه تولید، ارسال و بازیافت گل حفاری یا سیال حفاری نیاز دارد، بنابراین رسیدن به ترکیب مناسب گل حفاری و بازیافت مجدد آن به‌عنوان یک امر مهم و اساسی در صنعت نفت و محیط زیست به شمار می‌رود. که بدین منظور به‌طور معمول از روش‌های مدیریت پسماند استفاده می‌شود.

مواد و روش ها: در این تحقیق سعی شده است که یک روش جایگزین به جای روش مرسوم و متداول تثبیت/جامدسازی به‌عنوان فرآیند مدیریت پسماند حفاری انتخاب شود که از لحاظ محیط زیستی و همچنین از لحاظ اقتصادی به صرفه باشد. به‌طور کلی ۸۰ نمونه گرفته شد که از چهار بخش کنده شسته شده (سازند)، کنده به همراه سیال حفاری (گل برگشتی به سطح) و نمونه کنده تثبیت شده با سیمان (۱:۱۲) و نمونه کنده تثبیت شده با سیمان (۱:۱۲) و سدیم سیلیکات (۱:۴۰۰) تشکیل شده است.

نتایج و بحث: نمونه‌های تهیه شده در انواع مختلف شسته شده، همراه سیال حفاری، تثبیت شده، با سیمان و تثبیت شده با سیمان و سدیم سیلیکات به‌منظور ارزیابی میزان غلظت فلزهای سنگین، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و همچنین شوری مورد آزمایش قرار داده شد. غلظت فلزهای سنگین در نمونه‌ها نشان داد که به هیچ نوع فرآیند مدیریت پسماند برای کنترل یا کاهش فلزهای موجود در نمونه ها نیازی نیست اما شوری و هیدروکربن‌ها در عمق ۱۸۰۰ متر و بیشتر نیاز به تصفیه دارند.

* Corresponding Author: *Email Address.* Sarkheil@khu.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.33963

نتیجه‌گیری: جمع بندی نتایج آنالیزها نشان می‌دهد که فرآیند شستشو از لحاظ محیط زیستی نسبت به روش مرسوم تثبیت/جامدسازی نیز بهتر می‌باشد زیرا آلودگی‌ها از روی کنده حفاری پاک شده است که در نتیجه محصول نهایی این فرآیند قابل استفاده خواهد شد، اما در روش تثبیت/جامدسازی، آلاینده‌ها تصفیه نشده و فقط بدون حرکت می‌شوند. بنابراین فرآیند شستشو توانسته است عامل آلودگی را به خوبی از روی کنده‌های حفاری پاک کند، به‌طوریکه نمونه‌های شسته شده تا پایان عملیات حفاری استاندارد خاک ایران را رعایت نموده‌اند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت پسماند، سیال حفاری، شستشو، تثبیت/جامدسازی، فلزهای سنگین، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای.

مقدمه

صنعت حفاری یکی از بخش‌های اصلی صنعت نفت و یکی از تخصصی‌ترین فعالیت‌های صنعتی در سطح جهان می‌باشد. به‌طوریکه در این صنعت مرحله‌های عملیاتی همچون، اکتشاف مخازن هیدروکربنی (Sarkheil *et al.*, 2009; Sarkheil *et al.*, 2012; Sarkheil *et al.*, 2013)، استخراج نفت از طریق چاه‌های نفت (Hassani *et al.*, 2011)، حفاری چاه‌های توسعه‌ای؛ انتقال نفت برای فعالیت‌های پتروشیمی و پالایشگاهی (Jafarnejad and Jiang, 2019)، وجود دارد. این صنعت مانند هر فعالیت صنعتی دیگر در پایان عملیات، پسماندها و ضایعاتی را به محیط برمی‌گرداند که عمده‌ترین پسماندهای تولیدی از عملیات حفاری چاه‌های نفت و گاز، گل‌های حفاری برگشتی، کنده‌های حفاری که با سیال حفاری پوشیده شده‌اند، آب همراه تولیدی و مواد شیمیایی می‌باشند(Chen *et al.*, 2018) . باید در نظر داشت که بدون وجود سیالات حفاری، حفاری چاه‌های نفت و گاز میسر نخواهد بود و به‌دلیل شرایط خاص زمین‌شناسی از سیالات حفاری مختلف با ترکیب‌های شیمیایی متفاوت با توجه به شرایط عملیاتی استفاده می‌شود. این سیالات اگرچه دارای مزیت‌های گوناگونی از قبیل روانکاری مته حفاری، بلبرینگ‌ها و پمپ گل می‌باشند اما به‌طور متداول شامل ترکیبات ناخواسته‌ای مانند فلزهای سنگین، نمک‌ها و هیدروکربن‌ها هستند که غلظت آن‌ها در انواع گل به‌طور قابل توجهی متغیر می‌باشد. ترکیب‌های نام برده، عامل اصلی تغییر باروری خاک می‌باشند، به‌طور نمونه هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای که هم در گل مشاهده می‌شوند و هم در لایه‌های پایینتر در سازند، به خاطر خاصیت پایداری شان در محیط زیست، سمیت، توان آلایندگی و تجمع پذیری در محیط زیست بسیار خطرناک هستند (Zhang *et al.*, 2016).

در عملیات حفاری گل حفاری به‌منظور کنترل فشار چاه، بیرون آوردن کنده‌ها، خنک کردن و روغن کاری رشته حفاری و غیره به‌کار می‌رود که چاره‌ای جز استفاده از آن وجود ندارد. گل حفاری ترکیبی از مواد مختلف آلی و غیر آلی است که به سه دسته پایه آبی، پایه روغنی و پایه ترکیبی تقسیم می‌شوند. حفاری شاید مهمترین بخش تأثیرگذار بر محیط زیست باشد که بیشتر به واسطه تخلیه مخلوط گل حفاری و خرده‌های ناشی از کندن لایه زمین بوده که شدت تأثیر آن به میزان سمّیت گل حفاری و ترکیب شیمیایی خرده‌ها بستگی دارد (Zhang *et al.*, 2016; Neff, 2005). مدیریت پسماند برای بیشتر عملیات بالادستی صنایع نفت و گاز، از فعالیت‌های لرزه نگاری، حفاری و گسترش فرآیندهای تولید تا تحویل فازهای عملیاتی به بخش بهره برداری، قابل اعمال می‌باشند (PPO, 2005; UNEP, 2008). اگر عملیات حفاری را شامل دو جزء عمده در نظر بگیریم، شامل سکوی حفاری و سیستم چرخش گل می‌باشند. پسماندهای تولید شده به‌وسیله سکوهای حفاری حاصل از عملیات به‌کارگیری و نگهداری تجهیزات سکو است که این پسماندها شامل آب‌های شستشو، فیلترها و روغن‌های روان کننده استفاده شده، حلال‌ها، مته و لوله‌های حفاری استفاده شده، محافظ رزوه‌های دور انداخته شده و ظروف خالی

گریس می‌باشد (Dariusz *et al.*, 2006).

تاکنون از روش‌های مختلفی بسته به نوع سیال حفاری، حجم آلودگی، غلظت آلاینده‌ها در پسماند و ... به‌عنوان فرآیند مدیریت پسماند حفاری استفاده شده است که روش تثبیت/جامدسازی (Kogbara *et al.*, 2016)، به‌دلیل سرعت بالا و سهولت استفاده، برای شرکت‌های حفاری جذابیت بیشتری داشته است (FactSheet–The First Step – Separation of Mud from Cuttings, 2008). در کشور ایران، از این روش برای کنترل آلودگی کنده‌های حفاری آغشته به انواع سیالات حفاری استفاده می‌شود، اما این روش برای کنده‌های حفاری آغشته به سیال حفاری پایه نفتی مناسب است (FactSheet–Solidification and Stabilization, 2008). از این رو در این تحقیق سعی شده است تا فرآیندی مناسب از لحاظ محیط زیستی و اقتصادی برای کنترل و تصفیه کنده‌های حفاری آغشته به سیالات پایه آبی معرفی شود.

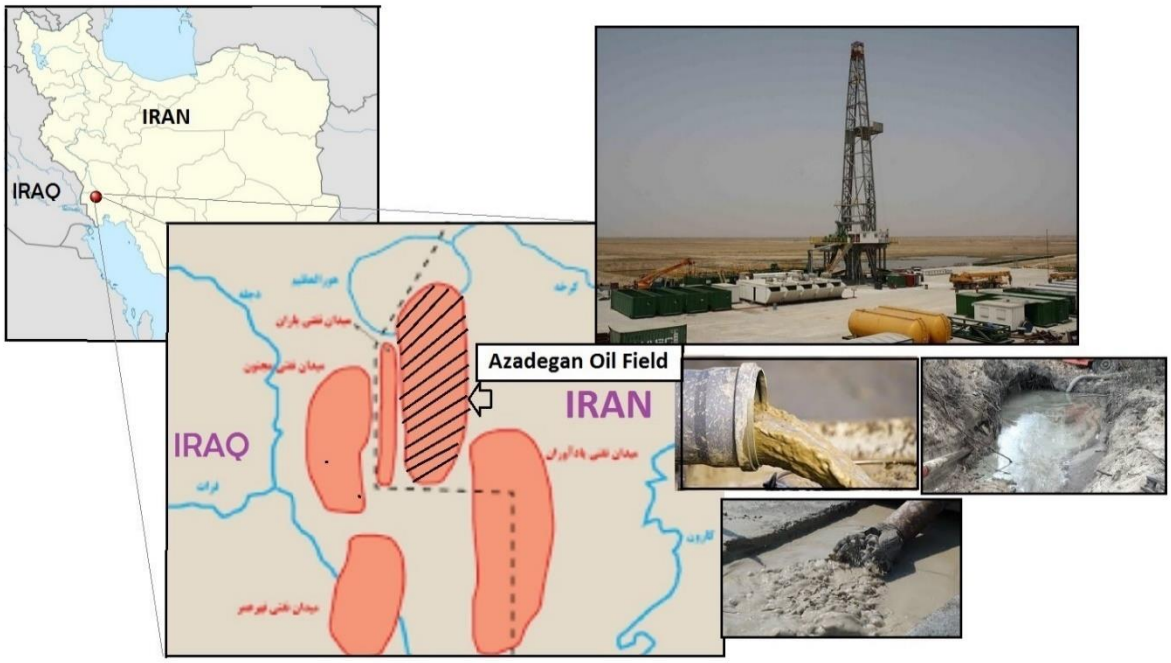
به‌کارگیری سیستم‌های کنترل ذرات جامد، یکی از روش‌های مؤثر در جدا سازی گل از کنده‌های حفاری است که امروزه در صنعت حفاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. کنترل مواد جامد مهمترین فاکتور در مدیریت پسماند می‌باشد. مهمترین مزایای کنترل مواد جامد شامل کاهش میزان دور ریزی و رقیق کردن، کاهش میزان تصفیه شیمیایی، کاهش حجم پسماندی که باید تصفیه شود و کاهش هزینه مدیریت پسماند می‌باشند(Weil, 2002; Jerry, 2005). فرآیند تثبیت سازی شامل اختلاط پسماندهای حفاری با یک ماده سیمانی (مانند گرد کوره، سیمان پرتلند یا سیلیکا) و خشک شدن مخلوط می‌باشد. فعل و انفعال شیمیایی منجر به تبدیل مصالح پسماند به یک پودر پایدار می‌شوند. جامدات بهبود یافته می‌توانند در یک لندفیل دفع شوند یا اینکه به‌عنوان جایگزینی برای مصالح ساختمانی مورد استفاده قرار گیرند (Trusell and Spence, 1994; Antemir *et al.*, 2010).

در این تحقیق، روش "شستشوی گل دفع شده به کورال" به‌عنوان روش جایگزین برای روش مرسوم "تثبیت/جامدسازی" معرفی شده است. بعد از تهیه نمونه‌های متعدد، روی آن‌ها آزمایش‌هایی از قبیل شیرابه[1]، اندازه گیری غلظت فلزهای سنگین، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و همچنین شوری صورت گرفته است. این نمونه‌ها از چهار بخش کنده شسته شده (سازند)، کنده به‌همراه سیال حفاری (گل برگشتی به سطح)، نمونه کنده تثبیت شده با سیمان با نسبت (۱:۱۲) و نمونه کنده تثبیت شده با سیمان (۱:۱۲) و سدیم سیلیکات (۱:۳۳۰) تشکیل شده است که به ترتیب با اسامی نوع ۱ الی نوع ۴ معرفی می‌شوند. همچنین در قسمتی از خاک منطقه که دور از فعالیت‌های حفاری و... بوده است، یک نمونه به‌عنوان نمونه خاک بکر منطقه برداشت شد.

نتایج آزمایش‌ها نشان داده است که روش "شستشو" توانسته به‌خوبی عامل آلودگی را از روی کنده‌های حفاری پاک کند به‌طوریکه کنده‌های حاصل از این فرآیند توانسته است به‌خوبی استاندارد خاک ایران را در زمینه کشاورزی رعایت کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: میدان آزادگان درجنوب غربی ایران، در ۸۰ کیلومتری غرب اهواز و در نزدیکی شهر سوسنگرد و در مجاورت مرز ایران و عراق قراردارد (شکل ۱). اولین چاه اکتشافی در گستره این میدان نفتی در سال ۱۳۵۵ حفر و مجموعه مخازن عظیم این میدان با حفر دومین چاه در سال ۱۳۷۸ کشف گردید. روی نقشه همتراز سطحی، طول میدان در بخش ایرانی حدود ۴۵ الی ۶۰ کیلومتر، عرض آن حدود ۱۷ کیلومتر و مساحت آن به‌طور تقریبی ۹۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. مجموع نفت درجای مخازن بیش از ۳۴ میلیارد بشکه و نفت قابل استحصال آن در حدود ۲ میلیارد بشکه برآورد می‌شود.



شکل ۱-موقعیت قرارگیری میدان نفتی آزادگان و چاه شماره B روی این میدان، برای انجام آزمایش‌های مربوط به آلودگی محیط زیستی کنده‌های حفاری

Fig. 1 - Location of Azadegan oil field and well B for conducting experiments related to environmental pollution of drilling mud–cutting

مواد و روش ها

در این تحقیق از مواد اولیه همچون: سیمان پروتلند معمولی و سدیم سیلیکات مایع به‌عنوان مواد چسباننده برای تهیه نمونه‌های تثبیت شده، و برای تهیه نمونه‌های شستشه شده از آب منطقه هورالعظیم که در منطقه حفاری قابل دسترس بود، استفاده شد. کنده و سیالات حفاری مورد آزمایش نیز از سیال حفاری برگشتی به سطح در زمان حفاری چاه شماره B در منطقه آزادگان جنوبی استفاده شده است.

دستگاه‌ها و تجهیزات مورد نیاز: اندازه گیری غلظت فلزهای سنگین در نمونه‌های نوع ۱ و نوع ۲ با دستگاه طیف سنج پلاسمای جفت شده القایی[۲] مدل Optima 7300 DV که ساخت شرکت پرکین المر[۳] است، انجام گرفته است و برای این کار از متد استاندارد EPA 3050B استفاده شده است. برای اندازه گیری غلظت فلزهای سنگین در شیرابه نمونه‌های نوع ۳ و نوع ۴، بعد از تهیه شیرابه نمونه‌ها براساس استاندارد EPA 1311 از دستگاه طیف سنج پلاسمای جفت شده القایی مدل Vista Pro که ساخت شرکت ورین[۴] است، استفاده شد.

اندازه گیری غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در نمونه‌های نوع ۱ و نوع ۲ با دستگاه L-3000 HPLC که ساخت شرکت ریگول [۵] می‌باشد، صورت گرفته است و از متد استاندارد EPA 3550B برای استخراج، EPA 3630C برای پاکسازی و EPA 8310 برای اندازه گیری نمونه‌های خاکی و همچنین از متد استاندارد EPA 3510B برای استخراج، EPA 3630C برای پاکسازی و EPA 8310 برای اندازه گیری نمونه‌های آبی استفاده شده است. برای اندازه گیری غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در شیرابه نمونه‌های تثبیت شده (نوع ۳ و ۴)، بعد از تهیه شیرابه نمونه‌ها براساس استاندارد EPA 1311 از دستگاه کروماتوگرافی گازی/جرمی[۶] مدل Agilent 7890A استفاده شده است. در این تحقیق، ۱۶ مورد هیدروکربن که در آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا اولویت دارند (Julia and Sundays, 2010)، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

اندازه گیری شوری در نمونه‌های نوع ۱ و نوع ۲ با استفاده از دستگاه Metrohm 912 Conductometer صورت گرفته است و برای اندازه گیری شوری در شیرابه نمونه‌های تثبیت شده، میزان یون کلر موجود در آن‌ها براساس متد استاندارد API 13B-1 اندازه گیری شد.

نمونه گیری و آماده سازی نمونه‌ها

در این مطالعه، تعداد ۹ عمق به‌عنوان اعماق نمونه گیری در چاه مورد مطالعه، انتخاب گردید (جدول ۱) و نمونه‌ها از این اعماق برداشت شد. لازم به بیان است که این اعماق، براساس ورود به یک سازند جدید یا ضخامت زیاد سازند، تغییر در ترکیب‌های سیال حفاری، زمین شناسی لایه-های مختلف زمین و از این قبیل تعیین شده است. نمونه‌های نوع ۱ و نوع ۲ در تمام اعماق نمونه گیری، تهیه شده است. اما نمونه‌های تثبیت شده برای آزمایش شیرابه در ۴ عمق با حساسیت بیشتر، آماده شده است.

جدول ۱- اعماق نمونه گیری و جنس سازندهای زیر سطحی زمین
Table 1. Depth of sampling and material of underground subsurface formations

اعماق (متر) Depth (Meter)	سازند Formation	جنس (مواد تشکیل دهنده) سازند Material (ingredients) of the formation
75	آغاجاری Aghajari	مارن– ماسه – سنگ رس Marl - sand - clay
500	آغاجاری Aghajari	مارن – ماسه – سنگ رس Marl - sand - clay
1080	آغاجاری Aghajari	مارن – ماسه – سنگ رس Marl - sand - clay
1800	آسماری Asmari	سنگ آهک دولومیتی Dolomite limestone
2100	پابده Pabdeh	سنگ آهک رسی Clay limestone
2400	گورپی Gorpi	سنگ آهک رسی – مارن Clay limestone - marl
2600	ایلام Ilam	سنگ آهک – سنگ رس Limestone - clay
2700	سروَک Sarvak	سنگ آهک گچی – آهک دولومیتی – سنگ آهک رسی Gypsum limestone - Dolomite limestone - Clay limestone
2780	سروَک Sarvak	سنگ آهک گچی – آهک دولومیتی – سنگ آهک رسی Gypsum limestone - Dolomite limestone - Clay limestone

آماده سازی نمونه خاک بکر: این نمونه از عمق یک متری و به دور از فرآیندهای حفاری (حدوداً هزار متر) برداشت شده است تا به‌عنوان نمونه مرجع برای مقایسه نتایج آزمایش‌ها (بویژه آزمایش شوری) مورد استفاده قرار گیرد. لازم به بیان است که هیچ فرآیندی مانند تثبیت و یا شستشو روی نمونه خاک بکر صورت نگرفته است.

آماده سازی نمونه کنده به همراه گل حفاری: برای آماده سازی نمونه‌های این بخش باید سیال حفاری دفع شده از روی خروجی الک‌های لرزان جمع آوری شود، سپس بدون هیچ نوع افزودنی و یا فرآیندی، به‌عنوان نمونه‌های "کنده به همراه سیال حفاری" معرفی شوند. این نوع نمونه، نمونه نوع ۱ معرفی شده است.

آماده سازی نمونه کنده شسته شده (سازند): نمونه‌های شسته شده از شستشوی نمونه‌های نوع ۱ تهیه می‌شوند. برای تهیه نمونه‌های این بخش، کنده‌های دفع شده از روی الک‌های لرزان، از مش‌های شماره (۱۴، ۲۵ و ۱۰۰) توسط آب منطقه عبور داده می‌شوند سپس بعد از خروج سیال حفاری از ترکیب، کنده‌ها جمع آوری شده و به‌عنوان نمونه کنده شسته شده معرفی می‌شوند. این نوع نمونه، نمونه نوع ۲ معرفی شده است.

آماده سازی نمونه‌های تثبیت شده: نمونه‌های تثبیت شده از افزودن سیمان به تنهایی و یا همراه با سدیم سیلیکات به نمونه نوع ۱ به‌دست می‌آید. در این نمونه‌ها از نسبت‌های رایج سیمان و سدیم سیلیکات که در جهت مدیریت پسماند حفاری با روش تثبیت/جامدسازی در شرکت‌های حفاری در داخل کشور صورت می‌گیرد، استفاده شده است تا مطالعه صورت گرفته به خوبی با واقعیت تطابق داشته باشد. نمونه تثبیت شده با

سیمان، نوع ۳ و نمونه تثبیت شده با سیمان و سدیم سیلیکات، نوع ۴ معرفی شده است. جدول ۲ بیانگر مقادیر سیمان و سدیم سیلیکات افزوده شده در نمونه‌های تثبیت شده می‌باشد.

جدول ۲- ترکیبات نمونه‌های نوع ۳ و ۴
Table 2. Compounds of sample types 3 and 4

نمونه Sample	وزن نمونه Weight of sample	وزن سیمان weight of cement	وزن سیلیکا Weight of silica
type 3	500 g	42 g	0.0
type 4	500 g	42 g	1.5 cc

آلودگی خاک به‌عنوان یکی از چالش‌های محیط زیستی عمده در دنیا شناخته می‌شود. منابع مختلف ایجاد آلودگی مانند نشت از صنایع مختلف، لوله‌های انتقال به صورت انواع آلاینده‌ها شامل ترکیب‌های نفتی، فلزهای سنگین، ضایعات صنعتی و غیره، سبب کاهش کیفیت خاک، گسترش در سطح آب‌های زیرزمینی و بروز سایر مشکل‌های محیط زیستی می‌گردد(Badri *et al.*, 2010). در این مورد ب منظور جلوگیری از بروز آلودگی خاک، و یا رفع آلودگی از آن، وضع قوانین محیط زیستی مناسب از اهمیت به سزایی برخوردار است (Badri *et al.*, 2010). با توجه به اهمیت خاک در بقاء انسان و تأثیر مهم آن در انتقال آلودگی به سایر موجودات زنده و مهمتر از همه توجه به خاک و جلوگیری از آلودگی و از بین رفتن آن به‌عنوان محیط زندگی بشر و بسیاری از موجودات زنده، برخی از کشورهای پیشرفته جهان قوانینی را در جهت حفظ سلامت و جلوگیری از آلودگی خاک و همچنین پاکسازی خاک‌های آلوده تدوین نموده‌اند که از جمله این کشورها می‌توان به آمریکا، هلند، استرالیا، انگلستان، کانادا و نیوزلند اشاره نمود(Khaleghi *et al.*, 2016).

به‌دلیل ویژگی‌های اقلیمی و زمین شناسی متنوع در نقاط مختلف دنیا، غلظت‌های متفاوتی برای آلاینده‌ها در مناطق مختلف تعیین می‌شود، بنابراین تعیین حد غلظت هر آلاینده مستلزم تدوین معیارها و استانداردهای منطبق با شرایط همان منطقه می‌باشد. از این رو لزوم وضع قوانین جلوگیری از گسترش آلودگی از سوی بیشتر کشورها حس شده و دولت‌ها را بر آن داشته است که در مسیر تدوین این استانداردها گام بردارند (Yousefi *et al.*, 2013). در مجاورت چاه مورد مطالعه، تالاب هورالعظیم قرار دارد که با توجه به اینکه تالاب در هنگام مطالعه خشک می‌باشد، کاربری خاک منطقه کشاورزی فرض شده است. نتایج آزمایش‌ها با استاندارد خاک ایران مورد ارزیابی قرار داده شد.

نتایج و بحث

در سیالات حفاری برگشتی به سطح، آلودگی‌های مختلفی از قبیل هیدروکربن‌ها، فلزهای سنگین، شوری، ترکیبات فرار و نیمه و فرار و از این قبیل وجود دارند که از دو راه وارد سیالات حفاری برگشتی می‌شوند.این آلودگی‌ها که به‌طور طبیعی در چینه‌ها وجود دارند و ممکن است در طول حفاری وارد سیالات شوند و یا به‌عنوان افزودنی، به سیال حفاری اضافه می‌شوند تا خواص مطلوب را در سیالات ایجاد کنند مانند انواع روغن و باریم. نفت خام نیز به‌طور طبیعی شامل غلظت‌های بسیار متفاوتی از فلزهای مختلف است (Komaee and Alizadeh, 2016; ESfandiari *et al.*, 2015). در این تحقیق برای چاه شماره B آلاینده‌هایی از قبیل فلزهای سنگین، شوری و هیدروکربن ها مورد ارزیابی قرار گرفته است که در ادامه به شرح نتایج به‌دست آمده از این آزمایش‌ها پرداخته شده است.

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای

بعد از آنالیز نمونه‌های گرفته شده از افق‌های مختلف، به این نتیجه دست یافته شده که از سطح زمین تا عمق ۱۰۸۰ متر، به‌دلیل اینکه هیچ نوع روغنی به‌عنوان افزودنی در سیال حفاری به‌کار نرفته است و همچنین به‌دلیل اینکه در این اعماق احتمال وجود هیدروکربن وجود نداشته است، غلظت هیدروکربن‌های اندازه گیری شده در نمونه-های نوع ۱ پایینتر از حدود مجاز در استاندارد خاک ایران بوده است، اما بعد از ورود روغن به سیال حفاری و همچنین افزایش احتمال وجود هیدروکربن در لایه‌های

پایینتر زمین، نمونه‌های نوع ۱ گرفته شده از عمق ۱۸۰۰ متر و پایینتر دارای مقادیر قابل توجهی از هیدروکربن بوده است. نوع و میزان غلظت هیدروکربن‌ها به‌طور معمول به نوع و میزان روغن‌های استفاده شده در سیال حفاری بستگی دارد. به‌طور کلی در نمونه‌های نوع ۱ گرفته شده از عمق ۱۸۰۰ متر و پایینتر، ۶ مورد از ۱۶ مورد هیدروکربن مورد بررسی، بیش از حد استاندارد بوده‌اند که عبارتند از (جدول۳): Benz [a] anthracene,Chrysene, Naphthalene, Pyrene Fluorene, Phenanthrene

نمونه‌های تثبیت شده به‌خوبی هیدروکربن‌ها را کپسوله کرده‌اند و خاصیت جابه جایی را از آن‌ها صلب نموده‌اند. اگرچه بهترین نتیجه در کاهش غلظت هیدروکربن‌ها در نمونه‌های نوع ۴ دیده شده است اما در نتایج آنالیز نمونه-های نوع ۲، مشاهده شد که تمام هیدروکربن‌های مورد ارزیابی از حدود مجاز مشخص شده در استاندارد خاک ایران برای کاربری کشاورزی پایینتر بوده است که در نتیجه فرآیند شستشو توانسته است به‌خوبی آلودگی را از روی کنده حفاری پاک نماید (جدول‌های ۴ و ۵).

جدول ۳- غلظت هیدروکربن‌ها در نمونه‌های نوع ۱ (ppb)

Table 3. Concentrations of hydrocarbons in type 1 samples (ppb)

نام هیدروکربن Hydrocarbon name	1	75	500	1080	استاندارد Standard
Benzo[g,h,i]perylene	ND	ND	ND	ND	50
Anthracene	ND	1.1	ND	1.7	500
Acenaphthylene	ND	ND	ND	ND	200
Acenaphthene	ND	ND	ND	ND	200
Benz[a]anthracene	1.5	2.9	ND	5.5	50
Pyrene	2.4	1.4	ND	2.2	150
Phenanthrene	4.3	8.5	0.6	16	400
Naphthalene	ND	2.5	ND	6	400
Benzo[b]fluoranthene	ND	ND	ND	ND	100
Fluorene	ND	1.8	ND	4.6	100
Benzo[a]pyrene	ND	ND	ND	ND	100
Dibenz[a,h]anthracen	ND	ND	ND	ND	100
Benzo[k]fluoranthene	ND	ND	ND	ND	100
Fluoranthene	2.8	ND	ND	ND	500
Chrysene	ND	2.4	ND	4	100
Indeno[1,2,3-c, d]pyren	ND	ND	ND	ND	70

ND = (Not detected)

جدول ۴- غلظت هیدروکربن‌ها درنمونه‌های نوع ۲ (ppb)

Table 4. Concentrations of hydrocarbons in type 2 samples (ppb)

نام هیدروکربن Hydrocarbon name	1	75	500	1080	استاندارد Standard
Benzo[g,h,i]perylene	ND	ND	ND	ND	50
Anthracene	ND	ND	ND	1.3	500
Acenaphthylene	ND	ND	ND	ND	200
Acenaphthene	ND	ND	ND	ND	200
Benz[a]anthracene	1.5	1.8	ND	1.7	50
Pyrene	2.4	ND	ND	1.3	150
Phenanthrene	4.3	1.3	ND	7.6	400
Naphthalene	ND	ND	ND	5.4	300
Benzo[b]fluoranthene	ND	ND	ND	ND	100
Fluorene	ND	ND	ND	2.6	100
Benzo[a]pyrene	ND	ND	ND	ND	100
Dibenz[a,h]anthracen	ND	ND	ND	ND	100
Benzo[k]fluoranthene	ND	ND	ND	ND	100
Fluoranthene	2.8	ND	ND	1.2	500
Chrysene	ND	1.8	ND	1.8	100
Indeno [1,2,3-c, d]pyren	ND	ND	ND	ND	70

ND = (Not detected)

جدول ۵- غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در شیرابه نمونه‌های تثبیت شده در عمق ۱۰۸۰ متری (ppb)

Table 5. Concentration of multi-ring aromatic hydrocarbons in leachate stabilized samples at a depth of 1080 m (ppb)

نام هیدروکربن Hydrocarbon name	نوع ۴ Type 4	نوع ۳ Type 3	استاندارد Standard
Benzo[g,h,i]perylene	<10	<10	50
Anthracene	<10	<10	500
Acenaphthylene	<10	<10	200
Acenaphthene	<10	<10	200
Benz[a] anthracene	<10	<10	50
Pyrene	<10	<10	150
Phenanthrene	<10	<10	400
Naphthalene	<10	<10	300
Benzo[b]fluoranthene	<10	<10	100
Fluorene	<10	<10	100
Benzo[a]pyrene	<10	<10	100
Dibenz[a,h]anthracen	<10	<10	100
Benzo[k]fluoranthene	<10	<10	100
Fluoranthene	<10	<10	500
Chrysene	<10	<10	100
Indeno [1,2,3-c,d] pyren	<10	<10	70

فلزهای سنگین

غلظت فلزهای سنگین در انواع نمونه‌های گرفته شده در تمام طول دارای نوسان بوده و از الگوی مشخصی پیروی نکرده است. دلیل این امر وجود فلزهای در چینه‌ها در سازندهای مختلف و همچنین افزودن و یا حذف فلز یا فلزهای در ترکیب‌های اولیه سیالات حفاری در عمق‌های مختلف می‌باشد. خوشبختانه غلظت هیچکدام از این فلزها در نمونه‌های مختلف، از حدود مجاز تعیین شده در استاندارد خاک ایران برای فلزهای سنگین، عبور نکرده است. بنابراین در این چاه فلزهای سنگین به‌عنوان آلاینده شناخته نمی‌شود که در نتیجه برای کنترل و یا کاهش غلظت فلزهای سنگین به هیچ فرآیند خاصی در مدیریت پسماند، نیازی نمی‌باشد.

بهترین نتیجه در کاهش غلظت فلزهای سنگین در نمونه‌های نوع ۴ دیده شده است (جدول‌های ۶، ۷ و ۸). فرآیند شستشو، سیال حفاری را از روی کنده‌های حفاری پاک کرده که بنابراین غلظت فلزهای سنگین در نمونه‌های شسته شده با تغییراتی همراه خواهد شد، به‌عنوان نمونه فلزهایی از قبیل باریم که در سیال حفاری وجود دارد، بعد از شستشو با کاهش غلظت روبرو می‌شود و غلظت فلزهایی که در سازند زمین قرار دارند، افزایش خواهند یافت.

جدول ۶- غلظت فلزهای سنگین در شیرابه نمونه‌های تثبیت شده در عمق ۱۰۸۰ متری (ppm)

Table 6. Concentration of heavy metals in leachate of stabilized samples at a depth of 1080 m (ppm)

فلز Metal	نماد Symbol	نوع ۳ Type 3	نوع ۴ Type 4	استانداردStandard
آرسنیک Arsenic	As	<0.05	<0.05	40
باریم Barium	Ba	1.14	0.82	600
کادمیم Cadmium	Cd	<0.02	<0.02	5
کروم Chrome	Cr	<0.05	<0.05	112
جیوه Mercury	Hg	<0.05	<0.05	7
سرب Lead	Pb	<0.05	<0.05	75
سلنیوم Selenium	Se	<0.05	<0.05	4
نقره Silver	Ag	<0.02	<0.02	10

جدول ۷- غلظت فلزهای سنگین در نمونه‌های نوع ۱ (ppm)

Table 7. Concentration of heavy metals in Type 1 samples (ppm)

استاندارد Standard	1080	500	75	1	نماد Symbol	فلز Metal
10	<4	<4	<4	<4	Sb	آنتیموانAntimoan
40	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	As	آرسنیکArsenic
600	38	47	21	41	Ba	باریم Barium
5	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	Be	بریلیومBeryllium
5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Cd	کادمیمCadmium
112	18	17	7	18	Cr	کرومChrome
50	<0.1	<0.1	<0.1	1.3	Co	کبالتCobalt
200	14	15	5.4	16	Cu	مسCopper
7	<10	<10	<10	<10	Hg	جیوهMercury
75	7.5	8.6	1.3	11	Pb	سربLead
40	<3	<3	<3	<3	Mo	مولیبدنMolybdenum
110	24	25	7	25	Ni	نیکلNikelen
4	<1	<1	<1	<1	Se	سلنیومSelenium
10	0.8	1.2	0.2	1.9	Ag	نقرهSilver
5	<2	<2	<2	<2	Tl	تالیوم Thallium
50	<5	<5	<5	<5	Sn	قلعCassitrite
200	6.4	10	2.6	11	V	وانادیمVanadium
500	6	4	<0.1	9	Zn	رویZink

جدول ۸- غلظت فلزهای سنگین در نمونه‌های نوع ۲ (ppm)

Table 8. Concentration of heavy metals in type 2 samples (ppm)

استاندارد Standard	1080	500	75	1	نماد Symbol	فلز Metal
10	<4	<4	<4	<4	Sb	آنتیموانAntimoan
40	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	As	آرسنیکArsenic
600	28	36	12	41	Ba	باریم Barium
5	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	Be	بریلیومBeryllium
۵۵	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Cd	کادمیمCadmium
112	21	22	12	18	Cr	کروم Chrome
50	<0.1	<0.1	<0.1	1.3	Co	کبالت Cobalt
200	12	18	5.8	16	Cu	مس Copper
7	<10	<10	<10	<10	Hg	جیوه Mercury
75	9.4	15	3.5	11	Pb	سرب Lead
40	<3	<3	<3	<3	Mo	مولیبدنMolybdenum
110	24	28	9	25	Ni	نیکل Nikelen
4	<1	<1	<1	<1	Se	سلنیومSelenium
10	1.8	0.5	1.2	1.9	Ag	نقره Silver
5	<2	<2	<2	<2	Tl	تالیوم Thallium
50	<5	<5	<5	<5	Sn	قلع Cassitrite
200	7.8	7.7	5.6	11	V	وانادیمVanadium
500	14	10	<0.1	9	Zn	زینک zink

شوری

شوری نیز همانند دو آلاینده قبلی، یا در زمان فرآیند چرخه گل[۷] از سازند زمین وارد سیالات حفاری می‌شود و یا برای افزایش وزن گل در زمان تهیه سیالات حفاری به‌عنوان افزودنی به سیالات اضافه می‌شوند. با توجه به اینکه سازند زمین شوری قابل توجهی نداشته است، بنابراین عامل اصلی شوری در سیالات، نمک‌هایی مانند کلراید است که در تهیه سیالات حفاری استفاده می‌شوند. با افزایش عمق، افزایش شوری در نمونه‌های نوع ۱ دیده شد که دلیل این افزایش غلظت، افزایش استفاده از کلراید در سیالات حفاری در اعماق پایینتر می‌باشد که از ppm ۱۰۰۰ تا ppm ۱۸۲۰۰۰ متغیر بوده است.

با توجه به اینکه استانداردی مشخص، در داخل کشور و به‌صورت منطقه‌ای در مورد شوری خاک وجود ندارد، مقدار شوری در نمونه‌ها با غلظت شوری در نمونه‌ی خاک بکر مقایسه شده است تا از خطر شور شدن خاک منطقه توسط پسماند اطمینان حاصل شود.

نتایج آزمایش شوری در نمونه‌های مختلف نشان داده است که تا عمق ۱۰۸۰ متر، شوری در نمونه‌ها کمتر از شوری در خاک منطقه (نمونه خاک بکر) بوده است که دلیل این امر، غلظت پایینِ یون کلر در سیالات حفاری می‌باشد. با اندازه گیری یون کلر در شیرابه نمونه‌های نوع ۳ و ۴، مشاهده شده است که غلظت شوری در این نمونه‌ها به‌خوبی کاهش یافته است، به‌طوریکه پایینترین مقدار شوری در نمونه نوع ۴ دیده شده است. بنابراین بهترین نتیجه را در بین نمونه‌ها، نمونه‌های بخش ۴ داشته‌اند. فرآیند شستشو نیز توانسته است تا پایینترین عمق، عامل شوری را از روی کنده‌ها پاک کند که در نتیجه شوری نمونه‌های نوع ۲ نیز از شوری خاک منطقه کمتر شده است. از این رو بعد از فرآیند شستشو، شوری کنده‌های حفاری، عامل بازدارنده برای تخلیه کنده‌های حاصل از این فرآیند به خاک منطقه نمی‌باشد. غلظت نمونه تهیه شده از عمق ۱ متری در جدول (۹) به‌عنوان نمونه مرجع مشخص شده است.

جدول ۹ - غلظت شوری در نمونه‌ها (ppm)

Table 9. Salinity concentration of samples

عمق Depth	Cl^-*	نوع ۱ Type 1	نوع ۲ Type 2	نوع ۳ Type 3	نوع ۴ Type 4
1	1000	---	22000	---	---
75	1000	10000	3400	---	---
500	188000	20000	11000	---	---
1080	180000	130000	20000	4160	3600

مقدار یون کلر در سیال حفاری که در عمق مشخص شده است.Cl^- :*

Cl^* :The amount of chlorine ions in the drilling fluid, which is specified in depth

بنابراین با توجه به نتایج آزمایش‌ها، بهتر است از فرآیند تثبیت/جامدسازی برای مدیریت پسماند کنده‌های حفاری آغشته به سیالات پایه آبی استفاده نشود. با احداث یونیت-های آزمایشگاه محیط زیستی در محل به اندازه گیری غلظت آلاینده‌ها در پسماند پرداخته شود و تا زمانی که مخلوط گل و کنده حفاری استاندارد خاک را رعایت می-نماید، هیچ فرآیند مدیریتی روی آن‌ها صورت نگیرد. از سیستم آبکشی[۸] برای حل معضل آب خروجی از فرآیند شستشو استفاده شود.

با توجه به بررسی‌های انجام شده در این تحقیق، پیشنهادات پژوهشی زیر داده می‌شود:

-احداث آزمایشگاه در محل و انجام آزمایش‌های محیط زیستی مانند اندازه‌گیری غلظت فلزهای سنگین و شوری به‌منظور تعیین پارامترهای آلاینده پسماند حفاری و در صورت رعایت استاندارد خاک براساس نوع کاربری محل دفن پسماند، به تخلیه آن‌ها در محل (بدون انجام هیچ نوع فرآیندی مانند شستشو یا تثبیت)

- استفاده از فرآیند شستشو به‌جای فرآیند تثبیت/جامدسازی

- استفاده از سیستم آبگیری، برای حل معضل آب خروجی از فرآیند شستشو

- استفاده از روش‌های زیست پالایی و یا کشاورزی
- استفاده از روش‌هایی مانند دفع حرارتی در صورت عدم وجود وقت کافی و همچنین وجود مقادیر بسیار زیاد گل برگشتی غیر قابل استفاده که نیاز به تصفیه دارند.
- استفاده از هوش مصنوعی (Sarkheil *et al.*, 2009)، برای پیش‌بینی میزان غلظت آلودگی و تنظیم برنامه مدیریت پسماند چاه.

نتیجه گیری

همانگونه که پیشتر اشاره شد، فرآیند شستشو، توانست به گونه‌ای مناسب تا بخش‌های انتهایی چاه، کنده‌های حفاری را از عامل آلودگی پاکسازی کند که در نتیجه به هیچ فرآیند دیگری در جهت کاهش و کنترل (شوری، هیدروکربن‌ها و فلزهای سنگین) برای کنده‌های حفاری نیازی نمی‌باشد. با توجه به اینکه غلظت فلزهای سنگین در تمام طول چاه، استاندارد خاک ایران را برای کاربری کشاورزی رعایت نموده است، برای محیط زیست تهدیدی محسوب نمی‌شود، بنابراین در این بخش نیازی به هیچ فرآیند مدیریت پسماند برای کنترل فلزهای سنگین دیده نمی‌شود.

فرآیند شستشو از لحاظ اقتصادی نسبت به روش مرسوم تثبیت/جامدسازی بهتر می‌باشد، زیرا از کنده نهایی حاصل از این روش می‌توان در مصارف ساخت و ساز، اساس و زیر اساس راه و غیره استفاده نمود به‌طوریکه در نتیجه نیاز به لندفیل برای دپوی کنده‌های تثبیت شده حذف خواهد شد. لازم به بیان است که در روش شستشو نیاز به مواد اولیه گران قیمت مانند سیمان و سیلیکا از بین رفته و فقط به آب و پمپ برای شستشو نیاز می‌باشد. همچنین نیاز به ماشین آلات سنگین برای حمل و نقل و مخلوط نمودن سیمان با پسماند حفاری کمتر می‌شود. این روش به نیروی انسانی کمتری احتیاج دارد. فرآیند شستشو از لحاظ محیط زیستی نسبت به روش مرسوم تثبیت/جامدسازی نیز بهتر می‌باشد، زیرا آلودگی‌ها از روی کنده حفاری پاک شده است که در نتیجه محصول نهایی این فرآیند قابل استفاده خواهد شد، اما در روش تثبیت/جامدسازی، آلاینده‌ها تصفیه نشده و فقط بدون حرکت می‌شوند. فعالیت‌های انسانی نظیر ساخت پلتفرم، خشک کردن تالاب، پخش شدن مواد اولیه سیال حفاری مانند پتاسیم کلراید و یا پخش شدن مواد اولیه فرآیند مدیریت پسماند مانند سیمان، نشت آب پسماند تخلیه شده در کورال به محیط اطراف کورال، شستشوی ادوات دکل و پاشش نفت[9] منشا آلودگی‌های موجود در سطح زمین هستند. عوامل طبیعی مانند گرمای شدید و گرد و غبار نیز روی غلظت شوری تأثیرگذار می‌باشد، به‌طوریکه تأثیر فعالیت‌های انسانی در آلودگی‌های سطح زمین بسیار قابل ملاحظه‌تر می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از شرکت سیالات حفاری پارس[10] به خاطر حمایت های مالی و معنوی پژوهش حاضر تشکر می‌نمایند.

پی نوشت‌ها

[1] Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)
[2] ICP-OES
[3] PerkinElmer
[4] Varian
[5] Rigol
[6] GC/MS
[7] Mud circulation
[8] Dewatering
[9] Oil Spill
[10] PDF

منابع

Heidarnia, B.A. and Karimi, H., 2010. Study of Soil Pollution Standards in the World and Iran. In the 4th Specialized Conference on Environmental Engineering. Autumn 2010. Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Antemir, A., Hills, C.D., Carey, P.J., Magni_E.M.C. and Polettini, A., 2010. Investigation of 4-year-old stabilised/solidified and accelerated carbonated contaminated soil. Journal of Hazardous Materials. 181, 543-555.

Chen, Z., Zhou, J., Chen, Z., Chen, H. and Yuanjian, X., 2018. A laboratory evaluation of superheated steam extraction process for decontamination of oil based drill cuttings, Journal of Environmental Chemical Engineering.6, 6691-6699.

Dariusz, K., Andrzej, G., Jerzy, F. and Lucyna, C., 2006. Trends in the Waste Management, Acta Montanistica Slovaca. 1, 80-83.

Esfandiari, M., Yahaqi, A. and Nabhani, N., 2015. Environmental effects of drilling flowers and drilling waste management methods, 4th Scientific Conference on Hydrocarbon Reservoirs and Upstream Industries and Related Industries, Kimia Energy, January 2015. Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

FactSheet – The First Step – Separation of Mud from Cuttings, 2008.

FactSheet – Solidification and Stabilization, 2008.

Hassani, H., Sarkheil, H., Foroud, T. and Karimpooli, S., 2011. A proxy modeling approach to optimization horizontal well placement. Paper presented at the 45th U.S. Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, San Francisco, California.

Jafarinejad, Sh. and C.Jianga, S., 2019. Current technologies and future directions for treating petroleum refineries and petrochemical plants (PRPP) wastewaters, Journal of Environmental Chemical Engineering,7,103326.https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103326.

Jerry, M., 2005. Composition, Environmental Fates, and Biological Effects of Water Base Muds and Cuttings Discharged to the Marine Environment: A synthesis and Annotated Bibliography. Report prepared for the Petroleum Environmental Research Forum (PERF) and American Petroleum Institute, Washington, DC, USA.

Khaleghi, F., Shojaei, S., Soleimani, Gh. and Amiri, N., 2016. Soil Pollution and Related Laws and Regulations, at the Second National Conference on Sustainable Soil and Environmental Resource Management, 2016. (In Persian with English abstract).

Kogbara, B.R., Ayotamuno, M.J., Onuomah, I., Ehio, V. and Damka, D.T.G., 2016. Stabilisation/solidification and bioaugmentation treatment of petroleum drill cuttings, Applied Geochemistry.71,1-8. https:// doi .org /10.1016/j.apgeochem.2016.05.010.

Komaee, A. and Alizadeh, M., 2016. The Impact of Environmental Pollution of Drilling Flowers in Upstream Oil Industries and Strategies to Deal with It, 3rd International Conference on Oil, Gas, Refining and Petrochemical with the Approach to Government-Industrial Relations, University and Industry Development, Tehran, Narun Expert Managers Institute, 2016. (In Persian with English abstract).

Neff, J.M., 2005. Composition, Environmental, Fates, and Biological Effects of Water Based Drilling Muds and Cuttings Discharged to the Marine Environment, Prepared for Petroleum Environmental Research Forum and American Petroleum Institute, pp.83.

Pollution Prevention Opportunities (PPO), in Oil and Gas Production, Drilling, And Exploration, Pacific Northwest Pollution Prevention Research Center, 2005.

Sarkheil, H., Hassani, H. and Alinia, F., 2009. The fracture network modeling in naturally fractured reservoirs using artificial neural network based on image loges and core measurements. Australian Journal of Basic Applied Sciences. 3, 3297-3306.

Sarkheil, H., Hassani, H., Alinia, F., Enayati, A. and Nikandish, A., 2012. Fracture analysis in Tabnak

hydrocarbon field of Iran by using fractal geometry and multi-fractal analysis. Arabian Journal of Geosciences. 5, 579-586.

Sarkheil, H., Hassani, H. and Alinia, F., 2013. Fractures distribution modeling using fractal and multi-fractal–neural network analysis in Tabnak hydrocarbon field, Fars, Iran. Arabian Journal of Geosciences. 6, 945-956.

Sarkheil, St., Hassani, H., Alinya, F., Enayati, A.A. and Motamedi, H., 2009. A forecasting system of reservoir fractures based on artificial neural network and borehole images information-exemplified by reservoir fractures in Tabnak field, International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM; Sofia, Vol. 1: 563570. Sofia: Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM).

Sunday, A.L. and Julia, A.S., 2010. Stabilization/solidification of petroleum drill cuttings. Journal of Hazardous Materials. 174, 463–472.

Trusell, S. and Spence, R.D., 1994. A review of solidification/ stabilisation interferences, Waste Manage. 14 - 507.

UNEP and E & P, 2008. Environmental Management in Oil and Gas Exploration and Production.

Yousefi, M., Ehteshami, M. and Sadrnejad, A., 2013. A Study of Lead Pollution Standards in Soil and the Process of Procurement of Standard in accordance with the Conditions of Iran," at the 7th National Congress of Civil Engineering, May 2013. (In Persian with English abstract).

Veil, J.A., 2002. Drilling Waste Management: Past, Present, and Future, SPE 77388, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, September, 2002.San Antonio, TX.

Zhang, A., Li, M., Lv, P., Zhu, X., Zhao, L. and Zhang, X., 2016. Disposal and reuse of drilling solid waste from a massive gas field. Procedia Environmental Sciences. 31, 577 - 581.

Environmental Sciences Vol.19 / No.2 / Summer 2021

111-126

Investigating the effect of drilling mud-cutting on the contamination level of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (case study: Well B of Azadegan South Oil Field)

Hamid Sarkheil [1*], Meysam Fathi Nooran [2], Mojtaba Kalhor [3], Yousef Azimi [4] and Mohammad Talaian Araqi [2]

[1] Department of Applied Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
[2] Department of Human Environment, College of Environment, Karaj, Iran
[3] Pars Drilling Fluids Company, Tehran, Iran
[4] Environmental Engineering and Pollutant Monitoring Research Group, Environment and Sustainable Development Research Institute, Tehran, Iran

Received: 2020.04.24 Accepted: 2020.06.06

Sarkheil, H., Fathi Nooran, M., Kalhor, M., Azimi, Y. and Talaeian Araghi, M., 2021. Investigating the effect of drilling mud-cutting on the contamination level of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (case study: Well B of Azadegan South Oil Field). Environmental Sciences. 19(2): 111-126.

Introduction: The process of extracting and exploiting oil and gas resources requires a cycle of production, delivery, and recycling of drilling mud or drilling fluid to achieve the right composition of drilling mud and recycling it as a fundamental issue in the oil industry and also, the environment. For this purpose, waste management methods are usually used.

Material and methods: In this study, an alternative method was chosen instead of the conventional method of stabilization/solidification as a drilling waste management process that is environmentally and economically viable. A total of 80 samples were taken from four types of samples taken from nine levels in an oil well in the south Azadegan field, including mud-cutting mixture, washed cutting, fixed mud-cutting mixture by cement (1:12 portion), and fixed mud-cutting mixture by cement and silica (1:12 and 1:400 portion).

Results and discussion: Samples were prepared in different types of washed, with drilling fluid, stabilized, with cement, and stabilized with cement and sodium silicate to assess the concentration of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), as well as the salinity. The concentration of heavy metals in the samples showed

[*] Corresponding Author: *Email Address.* Sarkheil@khu.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.33963

that no waste management process is required to control or reduce the metals in the samples, but salinity and PAHs require treatment at a depth of 1800 m and more.

Conclusion: Summarizing the results of the analyzes showed that the washing process is better from the environmental point of view than the conventional method of stabilization/solidification because the contaminants have been removed from the drill bit, which will be utilized as the final product of this process. However, in the stabilization/solidification method, the pollutants are not purified. Therefore, the washing process was able to remove the contaminant from the excavation wells, so that the washed samples were according to the standard soil of Iran until the end of the standard drilling operation.

Keywords: Waste management, Drilling fluid, Stabilization/Solidification, Heavy metals, Polycyclic aromatic hydrocarbons