

تزریق مجدد کنده های حفاری راهکار موثر جهت کاهش آسیب محیط زیست ناشی از عملیات حفاری در میدان آزادگان شمالی

مهدی شریفی¹، خلیل شهبازی²، بیژن هنرور³، علی نیسی⁴

- 1- دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه
- 2- دانشکده مهندسی نفت اهواز
- 3- دانشگاه علوم و تحقیقات فارس
- 4- دانشگاه علوم و تحقیقات فارس

چکیده

در حفاری میادین مختلف گازی و نفتی بدلیل شرایط خاص زمین شناسی از سیالات حفاری مختلف با ترکیبات شیمیایی متفاوت با توجه به شرایط عملیاتی استفاده می شود که اکثر این مواد آلوده کننده محیط زیست هستند که به ناچار حین عملیات و پس از اتمام عملیات حفاری به محیط اطراف دکل تخلیه می شوند و باعث آلودگی محیط زیست می شوند. در این مقاله تکنولوژی تزریق مجدد کنده های حفاری به درون یک سازند مناسب از نظر تراوایی و تخلخل به عنوان روش اقتصادی و سازگار با محیط زیست در عملیات حفاری در میدان آزادگان شمالی که موقعیت جغرافیایی این میدان در تالاب هورالعظیم واقع شده است ، باتکیه بر ارزش محیط زیست تالاب هورالعظیم مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: کنده های حفاری-، تراوایی - محیط زیست - سازند- سیالات حفاری

¹- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - مخازن هیدروکربوری- mahdi_13612@yahoo.com

²- استادیار گروه مهندسی نفت - دانشکده مهندسی نفت

³- استادیار گروه مهندسی نفت- دانشکده علوم و تحقیقات فارس

⁴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - مهندسی مخازن هیدروکربوری

مقدمه

در طی دهه اخیر حفاری چاههای نفت و گاز نسبت به دهه های قبل افزایش یافته اند که این افزایش عملیات منجر به تولید (ایجاد) میلیون ها بشکه از پسماند حفاری در هر سال میشوند.

در سال های اولیه صنعت حفاری هشدارهای کمی در خصوص آسیب های وارده به محیط زیست ناشی از پسماند حفاری به شرکت های حفاری داده می شد در حالی که امروزه آیین نامه های حفاظت از محیط زیست بخاطر اهمیت فوق العاده محیط زیست سخت گیر تر و محکم تر تدوین شده اند و با پیشرفت تکنولوژی های سیالات و پسماند حفاری ، بسیاری از شرکت های نفتی تکنیک هایی را که با محیط زیست سازگارتر میباشدند را اختیار کردند. (Veil et al.2003)

در میادین مختلف نفتی بدلیل شرایط خاص زمین شناسی از گل های حفاری مختلف با ترکیبات شیمیایی متفاوت با توجه به شرایط عملیاتی استفاده می شود که اکثر این مواد آلوده کننده محیط زیست هستند که به ناچار حین عملیات و پس از اتمام عملیات حفاری به محیط اطراف دکل تخلیه می شوند و باعث آلودگی محیط زیست می شوند.^[1]

امروزه توسعه روز افزون آگاهی عمومی درباره محیط زیست در صنعت حفاری چاههای نفت و گاز سبب توجه ارگان ها و خریداران مواد گل حفاری به این مهم شده است بطوری که مسائل زیست محیطی نقش تعیین کننده ای را در انتخاب ترکیب و ساخت سیالات حفاری و همچنین استفاده از تکنولوژی های جدید برای دفع این مواد و به حداقل رساندن آلودگی، ایفا میکند . از این رو روشهای مختلفی مثل :بکارگیری وسایل مختلف تصفیه فیزیکی و شیمیایی گل (SOLID CONTROL) ویا روش ZERO DISCHARGE و توسط شرکتهای مختلف اجرا شده است که تاثیر بسیار زیادی در کاهش آلودگی های محیط زیست داشته اند.

مهمترین سیستم هایی که تاکنون در ایران برای تصفیه گل با حفظ رئولوژی و خصوصیات گل و بازگرداندن گل به سیستم بسته گردش گل استفاده می شود استفاده از الکهای لرزان (SHAKER) و (DE SANDER) و ماسه زدا (DE SILTER) کلی جکتور و اخیرا استفاده از سیستم های Centrifuge و روش تثبیت و پایدارسازی کنده ها که در این دستگاهها فقط تصفیه فیزیکی انجام شده و مواد جامد اضافی از گل جدا میشود و مواد شیمیایی محلول در گل همچنان در گل بر جای خواهد ماند. منابع اصلی آلوده کننده محیط زیست در عملیات حفاری شامل سیال حفاری و کنده های حفاری سازند میباشد که هر دو جزء آلوده کننده های محیط زیست میباشدند که شامل موارد ذیل میباشد:

1. در طبقات فوقانی زمین با توجه به سازندهای مورد حفاری عموماً از گل پایه آبی(آب شور) با غلظتهای مختلف یون های کلسیم ، کلر ، منیزیم و بنتونایت، پودر آهک ومیباشد .
2. در طبقات میانی زمین از گل آب شور اشباع از نمک با غلظت یون کلر بالا، نشاسته حفاری ، باریت ، فروبار ومیباشد.
3. در طبقات تحتانی زمین با توجه به میدان مورد حفاری و شرایط چاه از گلهای پایه آبی امولسیون و یا گل حفاری پایه روغنی استفاده می شود که مهمترین آلوده کننده های آن عبارتند از : گازوئیل، آب نمک اشباع، نشاسته حفاری، پلیمر ها، مواد مختلف افزایه های گل روغنی و ... میباشد.

در پایان عملیات حفاری در هر حفره گل حفره قبل دور ریخته می شود ولی گل روغنی در اکثر موارد به کارخانه منتقل می شود تا دوباره در چاه دیگری مورد استفاده قرار گیرد ولی در خیلی از موارد این گلهای به داخل پسابهای کنار دکل تخلیه می شوند .

تزریق مجدد کنده های حفاری

ایالت آلاسکا جهت تزریق پسماند نفتی اجرا شد. از آن موقع تا بحال این تکنولوژی در خلیج مکزیک، کانادا، دریای شمال و آفریقای جنوبی اجرا میشود. امروزه 30 درصد از دستگاههای مستقر در دریای شمال و 60 درصد از دستگاههای حفاری کشور نروژ از تکنولوژی تزریق مجدد پسماند حفاری جهت مدیریت پسماند عملیات حفاری استفاده میکنند.^[2]

تزریق پسماند (کنده های حفاری) شامل فرایندهای مستقیم مکانیکی مانند آسیاب کننده ها، مخلوط کننده ها و پمپ هاست. با این تکنولوژی از وسایل و تجهیزات دکل به طور مرسوم استفاده میشود. در مرحله اول جامدات ناشی از حفاری و شبه جامدات (که موادی اند به غیر از سیال فعال مورد استفاده در چاه)، که برای تزریق آماده میشوند، مواد پسماند آماده و سپس جمع آوری میشوند و با عبور از روی توری های تصفیه کننده ذرات درشت آن جمع آوری میگردد که ممکن است این ذرات باعث خراب شدن پمپ های تزریق کننده و نیز کور شدگی مشبک های دیواره چاه شده و بهره دهی پایین آورده شود. در مرحله بعدی موادی جهت دادن خواص ویژه رئولوژی مناسب به دوغاب سیال تزریقی به منظور دادن وزن و ویسکوزیته و دیگر پارامترها به دوغاب جهت تزریق اضافه میشوند. موقعی که دوغاب پسماند برای تزریق آماده شد، سازند زیر زمینی برای دریافت پسماند نیز به نحوی باید آماده شود. در مرحله اول آب تمیز به منظور تنظیم نمودن فشار سیستم و وارد نمودن فشار شکست به سازند سریعاً به چاه تزریق میشود. موقعی که آب به طور آزادانه در فشار شکست جریان یافت، شروع به تزریق دوغاب میکنیم به طور پیوسته این فرایند را ادامه میدهیم تا مقدار مشخص شده اولیه دوغاب حفاری به سازند تزریق گردد بعد از اتمام مقدار اولیه تزریق پسماندها دوباره شروع به تزریق آب میکنیم تا تمام جامداتی که باعث کورشدن دهانه چاه و کاهش بهره وری شده اند زدوده شوند در مرحله بعدی مجدداً شروع به تزریق دوغاب پسماند میکنیم.

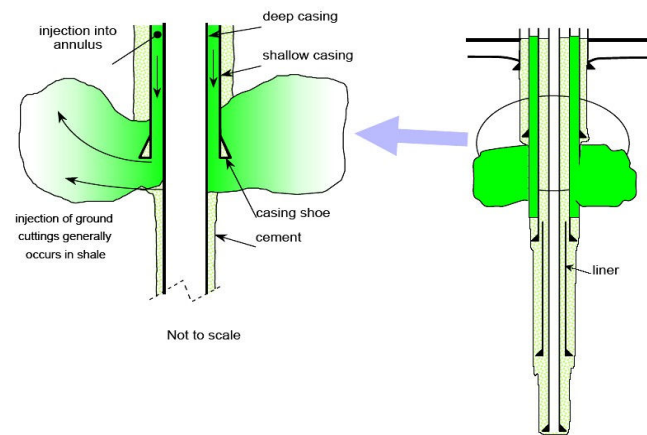
در حین تزریق دوغاب پسماند برای چند ساعت ممکن است جامدات در مکانی در داخل سازند به دام افتند و در نتیجه فشار سازند بیافتد. تزریق دوغاب پسماند میتواند یک فرایند دائمی باشد و یا اینکه به طور مداوم ولی با تزریق مقادیر مشخصی انجام پذیرد. که این فرایند بستگی به مکان حفاری چاه و تعداد چاههای حفاری شده و یا در حال حفاری و غیره دارد. اگر چه امتیازات ویژه و مهمی در تکنولوژی تزریق دوغاب پسماند حفاری وجود دارد، اما تعداد زیادی از خطرات و ریسکها در این فرایند نیز به چشم میخورد که اغلب به علت عدم مهندسی عملیات این فرایند به وجود می آید.

روش های مرسوم تزریق پسماند بدرون سازند دوروش میباشد که عبارتند از:

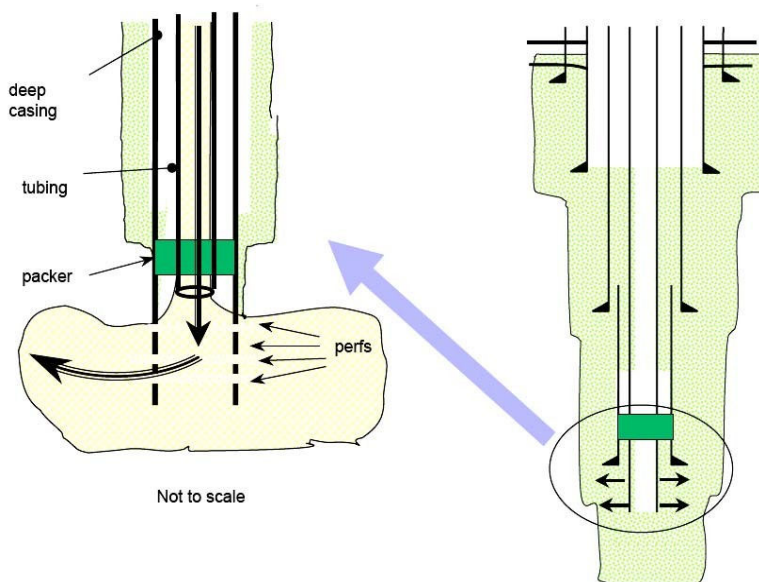
1) تزریق درون فضای حلقوی: بیشتر عملیتهای تزریق فضای حلقوی، تزریق به درون شیل هاست و یا دیگر سازندهایی که دارای تراوایی کم باشند به نحوی که پس از طراحی و تهیه دوغاب مورد نظر و شناسایی سازند مناسب از نظر تراوایی و ظرفیت دوغاب پسماند وهم چنین توجه به عمق آب های سطحی دوغاب را در فضای حلقوی بین دوجداره و بصورت عملیات TOP JOB انجام داده و سپس پشت سر آن دوغاب پسماند را پمپ کره و فضای بین جداره و سازند سیمان میشود.

2) تزریق از طریق چاه تزریقی: بیشتر چاههایی که صرفاً تزریقی حفر میشوند تزریق پسماندهای حفاری به درون لایه های شنی که دارای تراوایی زیاد است صورت میگیرد. یک چاه را که با لوله

مغزی (TUBING) و پکر تکمیل شده باشد و امکان دسترسی به حفره باز و یا ناحیه مشبک کاری شده در عمق مورد نظر راداشته باشد، دوغاب سیمان را پس از طراحی و تهیه آن بعد از راندن آخرین لوله جداری بدرون سازند موردنظر تزریق میکنیم.



شکل شماره 1 - شکل تزریق کننده های حفاری از طریق فضای آنالوسی (Veil et al. 2003)



شکل شماره 2 - تزریق کننده های حفاری درون چاه تزریقی (Veil et al. 2003)

تزریق دوغاب پسماند را میتوان هم بصورت آنی وهم بصورت متناوب در چند سری انجام داد.^[3] در برخی دکل های دریایی که عملیات حفاری بصورت مستمر در آن ها صورت میگیرد بدلیل کمبود فضا، تزریق بصورت آنی صورت میگیرد که در این موارد فشارهای تزریق میبایست بطور صحیح و بادقت بالایی کنترل

شوند در حالیکه در تزریق بصورت متناوب (تزریق برای چندین ساعت در روز، مهلت دادن به پسماند های تزریق شده جهت پراکنده شدن درون سازند و سپس ادامه عملیات تزریق در چندین سری) میزان تزریق به میزان پسماند تولید شده دارد. در روش تزریق متناوب بدلیل تزریق در چندین سری احتمال بوجود آمدن شکاف های سازندی نسبت به حالت اولیه بسیار بالا میباشد.

تزریق مجدد کنده های حفاری در میدان نفتی آزادگان شمالی

کشور ایران با دارا بودن ذخایر عظیم نفت و گاز به عنوان یکی کشور صادر کننده نفت تاثیر بسزایی در تنظیم بازار جهانی دارد. با توجه به روند روبه رشد تقاضای سوخت در جهان اکتشاف منابع جدید هیدروکربنی و توسعه منابع موجود یک ضرورت انکار ناپذیر میباشد. وجود زمین های حاصلخیز کشاورزی و منابع آبی دریایی و خشکی در کنار میادین عظیم نفتی را میبایست از تهدید ناشی از آلودگی زیست محیطی ناشی از پسماندهای عملیات حفاری به فرصتی جهت توسعه این منابع خدادادی تبدیل نمود. لذا مدیریت پسماند حفاری در بسیاری از میادین نفتی و گازی ایران یک ضرورت انکار ناپذیر است.

میدان نفتی آزادگان به عنوان یکی از عظیم ترین میادین نفتی با مساحت $20*60$ کیلومتر مربع در غرب اهواز و هم مرز با کشور عراق میباشد. با توجه به اینکه قسمت شمالی این میدان (میدان آزادگان شمالی) در تالاب هورالعظیم واقع شده است و این تالاب یکی از مهمترین پناهگاه های حیات وحش و اکوسیستم های آبی مشترک بین کشور ایران (جنوب غرب) و کشور عراق است که تغییرات مختلف در دو دهه اخیر تأثیرات مهمی بر ساختار و کارکرد این مجموعه گذاشته است. این هور تنها تالابی است که بر اساس بررسی های کارشناسی از 100 نمره، نمره 100 را کسب کرده و هیچ تالابی تاکنون چنین نمره ای را به دست نیاورده است و بیشترین تعداد پرنده های در معرض خطر در این تالاب به سر می برند و این تالاب از نظر حجم و انواع پرنده نیز بسیار قابل توجه است یکی از کارکردهای مهم تالاب، جلوگیری از طوفان شن و گرد و خاک است. در برنامه توسعه میدان نفتی آزادگان شمالی جهت تولید زود هنگام از این میدان تعداد 58 چاه در فاز اول توسعه این میدان میبایست حفاری و تکمیل گردند.

حال با توجه به این تعداد چاه مورد نیاز جهت توسعه این میدان و حاصل شدن مقدار زیادی از پسماند حفاری و مجاورت این میدان در کنار یکی از نادرترین تالاب های جهان، مدیریت پسماند عملیات حفاری را در این میدان الزامی کرده است بنابراین تزریق مجدد کنده های حفاری با تاکید بر صرفه اقتصادی میتواند آسیب های محیط زیست ناشی از پسماند عملیات حفاری این تعداد چاه را به حداقل برساند.

جدول شماره 1- حجم گل پیش بینی شده در یک چاه نمونه در میدان آزادگان شمالی

حفره	حجم گل (بشکه)	نوع گل
26"	650	Saturation Hi- Vis Pill
17 1/2"	2900	KCL Polymer
12 1/4"	3700	Salt Saturated
8 3/8"	1230	KCL Polymer
5 7/8"	1320	KCL Polymer
کل حجم سیال	9800 BBL	

جدول شماره

2: حجم

پسماند

تولیدی

سایز حفره	سایز لوله جداری	محل لوله جداری (متر)	سازند	حجم پسماند (بشکه)
26"	20"	103.5	آغاچاری	130
17 1/2"	13 3/8"	1320	آغاچاری گچساران	2250
12 1/4"	9 5/8"	1860.5	گچساران	1450
8 3/8"	7"	3622	آسماری پابده گورپی ایلام لافان سروک کژدمی	765
5 7/8"	4 1/2"	4167	داربان گدوان	65
مجموع پسماند تولید شده ناشی از عملیات حفاری				4660 BBL

طراحی دوغاب پسماند جهت تزریق :

طراحی دوغاب پسماند بستگی به خواص زمین شناسی کنده های خارج از شده از چاه ، نوع اختلاط مواد تشکیل دهنده مواد گل حفاری و رئولوژی گل حفاری دارد.

بهترین روش حمل ذرات در دوغاب پسماند به منظور تزریق در سازند استفاده از پارامتر سرعت نسبی ذرات است بطوریکه با افزایش در ویسکوزیته سیال پایه تشکیل دهنده پسماند و غلظت ذرات، سرعت ذرات پایین می آید. در حالی که با افزایش اندازه ذرات ، سرعت ذرات افزایش خواهد یافت. نتیجه ای که از شرایط دوغاب پسماند چه در حالت استاتیکی و چه دینامیکی نشان میدهد ، پسماند دوغابی با ویسکوزیته سیال پایه 66.7 سانتی پواز مورد نیاز است که بهترین شرایط را برای حمل 30 درصد حجمی از ذرات شن که در اندازه 424 تا 500 میکرون اند جهت انتقال به درون سازند فراهم نماید.^[4]

مراحل انجام عملیات تزریق پسماند از طریق دالیز:

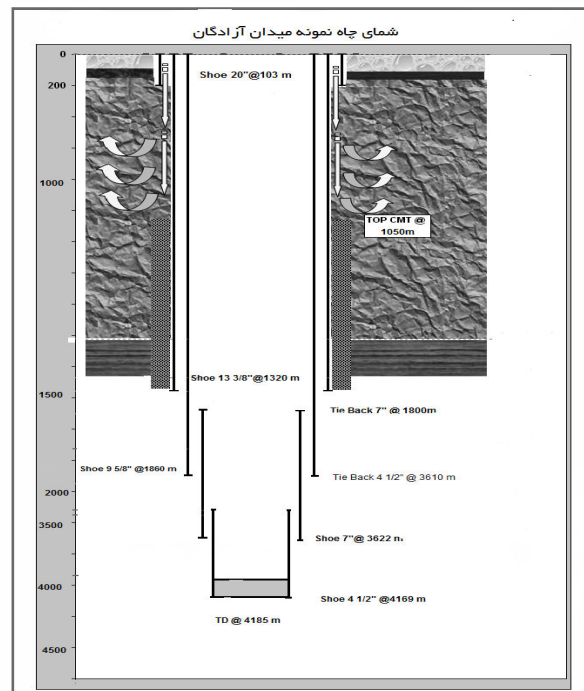
در حین اجرای عملیات حفاری چاههای نفت و گاز برای بالا آوردن کنده های حفاری ، خنک و روان کردن مته حفاری ، پایداری دیواره چاه حفاری شده و ایجاد فشار هیدرواستاتیکی لازم برای غلبه بر هرگونه فشار احتمالی سازندهای در حال حفاری گردش سیال حفاری بطور پیوسته انجام میشود.

کنده های خارج شده بوسیله سیال حفاری پس از خروج از چاه و انجام تصفیه لازم روی آن ، کنده های اضافی به گودال پساب کنار دستگاه حفاری درو ریخته شده و سیال تصفیه شده دوباره به سیستم سیال حفاری جهت تزریق به درون چاه به سیستم گردش گل برگشت داده میشود . در طی چند سال اخیر با توجه به افزایش اهمیت حفاظت محیط زیست انسانی و غیرانسانی استفاده از سیستم Solid Control و تثبیت و پایداری سازی کنده های حفاری که جهت کاهش آلودگی کنده های حفاری قبل از وارد شدن به محیط زیست میباشند در دستور کار شرکت های حفاری ایرانی قرار گرفته است . حال با توجه به اینکه این سیستم ها علاوه بر تحمیل هزینه های اضافی و گزاف به شرکت ها جهت نیروی انسانی ، تهیه و راه اندازی مواد و ماشین آلات ، نمیتواند همه آسیب های وارده به محیط زیست را از بین ببرد. بنابراین تکنولوژی تزریق مجدد کنده های حفاری (تزریق پسماند – Waste Injection) به عنوان روشی اقتصادی که میتواند آسیب های ناشی از عملیات حفاری میدان آزادگان شمالی را به حداقل برساند ، پیشنهاد میگردد .

در این روش جهت جلوگیری از آلودگی آب های زیرزمینی کم عمق میبایست عمق آب های سطحی در میدان آزادگان شمالی مشخص گردد. طبق برنامه حفاری طراحی شده پس از حفاری حفره 26" که شامل سازند آسماری میباشد لوله جداری سطحی 20" تا عمق 103 متری رانده میشود و سپس سیمانکاری میگردد . سپس در ادامه حفاری و طبق برنامه حفاری اقدام به حفاری حفره سایز 17 1/2" که شامل سازند آسماری میباشد لوله جداری میانی 13 3/8" تا عمق 1320 متری که سرسازند گچساران (بخش 7) رانده میشود و سپس لوله جداری سیمانکاری میگردد ولی سیمانکاری آن مطابق معمول انجام نمیشود بلکه حجم سیمان به مقداری پمپ میشود که سازند مورد نظر کامل سیمان نشود یعنی سطح سیمان تاجائیکه یک لایه نفوذناپذیر وجود داشته باشد و بتواند لایه های نفوذپذیر بالایی را از پایینی جدا کند و یا در حدود 300-400 متر سطح سیمان تا بالای کفشک جداری 13 3/8" سیمانکاری شود و مابقی دالیز تا سطح زمین جهت

تزریق پسماند حفاری سیمانکاری نمیشود و دوغاب پسماند طبق برنامه طراحی شده با استفاده از عملیات TOP JOB همانگونه که در شکل 1 نمایش داده شده است تزریق میگردد و در آخر کار بعد از اتمام عملیات تزریق سیمانکاری جداری انجام میشود . باانجام عملیات تزریق مجدد پسماند حفاری از سرازیر شدن 14500 بشکه به ازای هرچاه به محیط اطرف جلوگیری میشود . طبق برنامه نمودار گیری میبایست نمودار GR / SONIC / CDR در این حفره رانده شود که میتواند مشخص کننده نفوذپذیری و تخلخل سازند آغاچاری باشد در حالیکه طبق اطلاعاتی که از چاههای 3 و 7 آزادگان که قبلا در این میدان حفاری شده بودند سازند آغاچاری محل مناسبی جهت تزریق پسماند حفاری در آن میباشد .

سپس ادامه عملیات حفاری تا عمق نهایی طبق برنامه انجام شده و چاه طبق نمای نمایش داده شده طبق شکل زیر تکمیل میگردد.



شکل شماره 3- نمای چاه نمونه میدان آزادگان شمالی پس از تزریق پسماند و تکمیل چاه

نتایج:

- 1) تجربه اجرای عملیات تزریق مجدد پسماند حفاری در سراسر جهان نشان از اقتصادی بودن وسازگاری با محیط زیست این تکنولوژی میباشد.
- 2) درروش های دیگر مدیریت پسماند حفاری ،از وسایل مختلف فیزیکی و شیمیایی جهت مدیریت پسماند حفاری استفاده میگردد که بسیار هزینه بر میباشد در حالی که در روش تزریق مجدد پسماند حفاری بدون صرف هیچ گونه هزینه اضافی از همان وسایل مرسوم و موجود سردستگاه حفاری استفاده میشود.
- 3) با توجه به اینکه طبق برنامه توسعه میبایست تعداد 55 چاه در میدان آزادگان شمالی حفاری شود و هم چنین حفره چاه منجر به تولید تقریبا 14500 بشکه پسماند حفاری میشود میتوان با این تکنولوژی از رها شدن تقریبا 80000 بشکه پسماند به محیط اطراف جلوگیری نمود .
- 4) با توجه به اینکه سازند آغاچاری دارای ضخامت زیاد ،تراوایی و تخلخل مناسبی میباشد میتوان محل مناسبی جهت عملیات تزریق مجدد پسماند حفاری باشد.
- 5) باتوجه به قرارگرفتن میدان نفتی آزادگان شمالی در تالاب هورالعظیم میتوان علاوه بر کاهش آسیب به این تالاب منجر به احیاء آن نیز بشویم.

فهرست منابع و مآخذ:

- 1) شرکاء ، سید علی رضا ، علی محمدی ، عبدالکریم ، دشت بزرگی ، جاسم، " تزریق پسماند حفاری از طریق دالیز"، اولین کنگره ملی صنعت حفاری ایران ،اهواز، اردیبهشت 1387
- 2) Saeed Majidaie, Seyyed R. Shadizadeh ., " Feasibility Study of Drill Cutting Re- Injection in the Ahwaz Field Iran , " SPE Asia Pacific Health , Safety , and Environment conference and Exhibition held in Jakarta,Indonesia 4-6 August 2009 ,122580
- 3) Al-Duaillej , Yaser K , Al – Khaldi , Mohammad H., Ibrahim Al - Yami., " Fluid Re - Injection (FRI) A Waste Management Technique " , SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition held in Jakarta , Indonesia , 20 - 22 September 2011 , 145915
- 4) R . Ezell , F . Quinn . , " First successful Field Utilization of Cutting Re – Injection (CRI) in the Offshore Manifa field of Saudi Arabiya as Environmentally Friendly and cost effective Waste Disposal Method,"SPE Annual Technical and Exhibition held in Denver , USA , 30 October - 2November 2011 , 147171