

## استفاده از نانو تکنولوژی در از بین بردن آلودگی های محیط زیستی

◀ مهدی ندری پری<sup>۱</sup>، مهدی کاکاوندی<sup>۲</sup>، روح اله نعمت الهی<sup>۳</sup>

### چکیده

یکی از نگرانی های موجود در صنعت حفاری به خصوص حفاری در دریا، ایجاد آلودگی برای آب های زیرزمینی و محیط اطراف سکوی حفاری است.

امروزه برای مقابله با این موضوع شرکت های مختلف از روش تزریق گل حفاری زاید به همراه کنده ها به داخل برخی سازندها، از طریق شکست هیدرولیکی و از درون فضای بین دو لوله جداری استفاده می کنند.

روش دیگر مورد استفاده، انتقال کنده ها به همراه گل حفاری زاید به مکان مناسب و انجام تست های لازم است که در صورت مثبت بودن جواب تست ها، از این مواد زاید می توان مجدداً استفاده کرد، در غیر این صورت باید به نحوی که باعث آلودگی محیط نشوند از چرخه عملیاتی خارج شوند.

عملیات ترک چاه جهت جلوگیری از مهاجرت احتمالی نفت باقی مانده به سطح از قبیل برداشتن لوله های مغزی؛ سیمان کاری؛ گذاشتن پلاگ و دیگر موارد به زمان نسبتاً زیادی نیاز دارد؛ برخی مطالب این مقاله به شیوه مقایسه ای و با اقتباس از تحقیقات انجام شده در زمینه از بین بردن آلودگی محیط نوشته شده است.

در کنار بررسی کارهای انجام شده، ایده های توسط نویسندگان این مقاله در زمینه استفاده از نانو ذرات در عملیات ترک چاه ارائه شده است که می تواند راه گشای مطالعات بعدی باشد.

کلمات کلیدی: nZVI روش های رفع آلودگی، روش جذبی، روش واکنشی، عملیات ترک چاه، نانو تکنولوژی خارج از مکان و نانو تکنولوژی در مکان.

### مقدمه

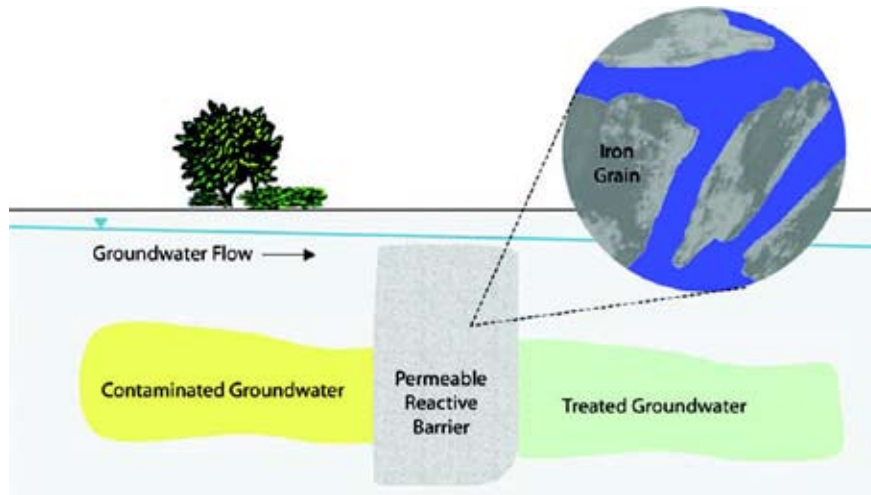
در صنعت حفاری به خصوص حفاری در دریا، ایجاد آلودگی برای آب های زیرزمینی و محیط اطراف سکوی حفاری یکی از مشکلاتی است که باید راه حلی برای رفع آن اتخاذ شود. این مسئله زمانی شدت می یابد که ما از گل های پایه روغنی جهت حفاری استفاده کنیم.

امروزه برای مقابله با این موضوع، شرکت های مختلف از روش تزریق گل حفاری زاید به همراه کنده ها به داخل سازندهای بی فایده از طریق شکست هیدرولیکی و از درون فضای بین دو لوله جداری استفاده می کنند که دارای مشکلات فراوانی است:

- ۱- ایجاد شکست در ناحیه کفشک لوله جداری قبلی؛
- ۲- ایجاد شکست تا مخزن و در نتیجه مهاجرت هیدروکربن و مچاله شدن احتمالی لوله جداری؛
- ۳- هزینه بسیار نمونه گیری و آزمایشات ژئومکانیکی [۱].

البته روش های دیگری برای مقابله با این موضوع وجود دارد ولی هزینه این روش ها بالا بوده و در برخی موارد از بازدهی کمتری برخوردار هستند و بعضاً ممکن است خود باعث آلودگی محیط شوند که از آن جمله می توان وا تراوش گرمایی (Thermal Desorption) را نام برد که در آن خاک آلوده شده را در یک فضای به خصوص گرما داده و آب و آلودگی های آلی و

شکل-۱: سد منفذ دار



بخش تقسیم می‌شود:

۱-۲- در مکان (In-situ)

۲-۲- خارج از مکان (Ex-situ)

روش «اصلاح جذبی»، آلودگی‌ها به خصوص فلزات را از طریق جداسازی حذف می‌کند در حالی که روش «واکنش شیمیایی» آلودگی‌ها را تجزیه کرده و تبدیل به مواد بی‌ضرر می‌کند (دی‌اکسید کربن و آب از تجزیه آلودگی‌های آلی).

روش «در مکان» آلودگی‌ها را در همان محل حذف می‌کند در حالی که روش «خارج از مکان» بعد از انتقال آلودگی به مکان مناسب آن را اصلاح می‌کند (انتقال آب زیرزمینی آلوده به سطح و انجام اصلاحات سطحی).

۱- نانو تکنولوژی خارج از مکان (Ex-situ):

یک مثال مهم برای رفع آلودگی به روش جذبی استفاده از SAMMS (Self-Assembled Monolayers on Mesoporous) است که دارای مساحت سطحی  $1000 \text{ m}^2/\text{gr}$  می‌باشد، خاصیت جذبی دارد و می‌توان آن را به سمت آلودگی‌های جیوه، کرومات، آرسنیت و غیره تنظیم کرد. پلیمرهای درختی (Dentritic) نوع دیگری از مواد نانوساختار

فلزات معینی را در آن تبخیر می‌کنند. [۲]

روش دیگر، انتقال کنده‌ها به همراه گل حفاری زاید به مکان مناسب و انجام تست‌های لازم است که در صورت مثبت بودن نتایج، از این مواد می‌توان مجدداً استفاده نمود در غیر این صورت باید به نحوی که باعث آلودگی محیط نشوند از چرخه عملیاتی خارج شوند.

در این مقاله به بررسی تحقیق انجام‌شده بر روی نانوذرات به منظور از بین بردن آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌پردازیم.

این ماده به nZVI (Zero-Valent Iron) معروف است. [۳]

بیشتر کاربردهای محیطی نانوتکنولوژی در سه زمینه زیر خلاصه می‌شود:

۱- تولیدات خوش خیم از لحاظ محیطی

(Green chemistry or pollution prevention)

۲- اصلاح موادی که توسط مواد خطرناک آلوده شده‌اند و

۳- سنسورهای محیطی.

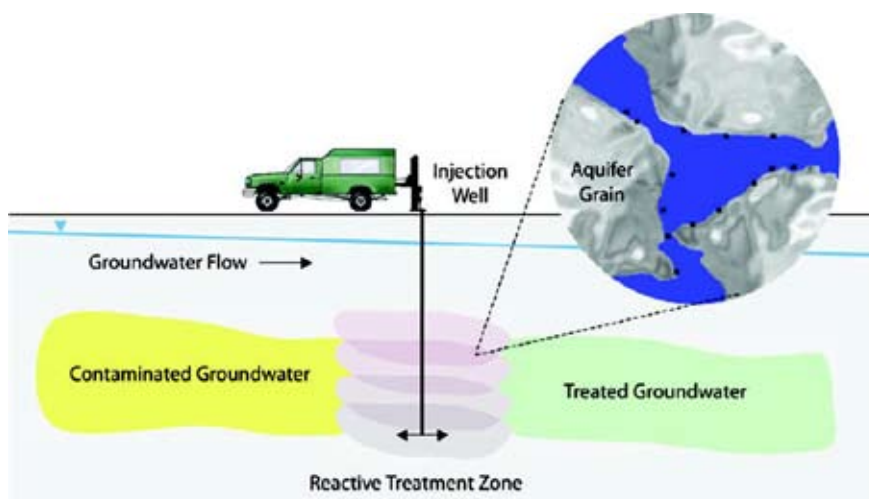
نانوتکنولوژی نقش مهمی را در توسعه روش‌های بهینه جهت آشکارسازی و رفع آلودگی‌ها ایفاء می‌کند.

جهت اصلاح محیط با استفاده از نانوتکنولوژی ۲ روش وجود دارد:

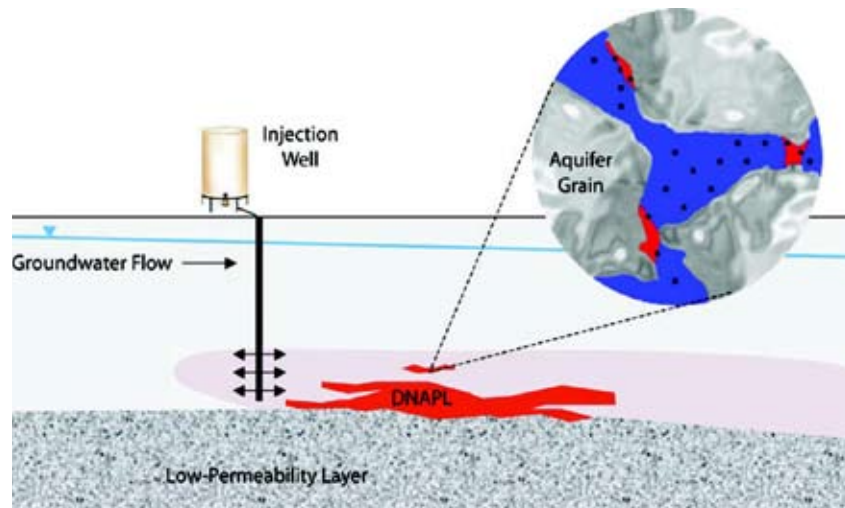
۱- روش جذب بر روی سطح جامد (Adsorption) و

۲- روش واکنش شیمیایی (Reactive) که براساس نوع کار به دو

شکل-۲: منطقه با قابلیت اصلاح واکنشی



### شکل-۳: نانوذرات و مناطق تحت تأثیر نانوذرات



در این قسمت نانوتکنولوژی پتانسیل تزریق ذرات «نانوسایز» به درون محیط متخلخل آلوده مانند خاک‌ها و رسوبات و لایه‌های آب‌زا را دارد، که در این مرحله موارد زیر قابل تأمل است:

- ۱- ایجاد مکان‌های واکنش‌پذیر در مکان به‌وسیله نانوذرات که به‌طور نسبی غیرسیال هستند؛
- ۲- ایجاد توده بزرگی از نانوذرات واکنش‌پذیر که به داخل نقاط آلوده‌شده مهاجرت می‌کنند (در صورت سیالیت مناسب ذرات).

اگرچه نانوذرات دارای انواع متنوعی هستند، امروزه تمایل به استفاده از نانو ذرات شامل  $nZVI$  بیشتر است.

### ۳- مشخصات نانوذرات:

#### ۱-۳- شکل‌شناسی:

با کاهش اندازه ذرات، Band Gap افزایش می‌یابد؛ این اثر در برخی از خواص کاتالیست‌های تابشی نیمه‌هادی نانوسایز دخالت دارد، این خاصیت موقعی که اندازه ذرات کمتر از  $10\text{ nm}$  باشد، بهبود چشمگیری می‌یابد.

خاصیت دیگری که به‌صورت قابل توجهی در اندازه‌های کمتر از  $10\text{ nm}$  تغییر می‌کند، «مساحت سطحی ویژه» است.

#### ۲-۳- واکنش‌پذیری:

واکنش‌پذیری بالا نتیجه سطح ویژه زیاد در نانوذرات است. نتیجه‌ای که برای  $nZVI$  دارد:

- ۱- تجزیه آلودگی‌ها که به‌طور آشکارا با ذرات بزرگ از مواد مشابه واکنش نمی‌دهند؛
۲. سرعت تجزیه بالا؛
۳. ایجاد تولیدات مناسب و مساعد از آلودگی‌ها.

نکته دوم بیشترین اثرگذاری را بر روی واکنش‌پذیری نانوذرات دارد.

#### ۳-۳ سیالیت:

شاید تصور شود که سیالیت نانوذرات در محیط‌های متخلخل، به‌دلیل اندازه آنها بسیار زیاد است، اما در واقع این‌طور نیست.

هستند که پتانسیل اصلاح آلودگی را دارند.

از موارد ذکرشده در سال‌های اخیر می‌توان به جداسازی مس II از آب و شستشوی خاک جهت جداسازی سرب II اشاره کرد. از مواد نانو ساختار ذکرشده بیشتر «خارج از مکان» استفاده می‌شود زیرا می‌توان آنها را بازیافت کرد.

از نانوتکنولوژی به روش تجزیه شیمیایی، بیشتر برای اصلاح آلودگی‌های ناشی از مواد آلی استفاده می‌شود، به‌طور مثال می‌توان به اصلاح این نوع آلودگی از طریق اکسیداسیون تابشی که توسط مواد شبه‌رسانا نیمه‌هادی مثل  $TiO_2$  کاتالیز شده است، اشاره کرد.

موارد ذکرشده باید «خارج از مکان» باشند تا تابش مؤثر جهت تجزیه‌شدن صورت پذیرد.

در شکل‌های ۱ تا ۳، سه روش استفاده از ذرات آهن جهت اصلاح آب زیرزمینی ذکر شده است:

شکل-۱: یک سد منفذدار را نشان می‌دهد که از ذرات آهن با اندازه‌های میلی‌متری تشکیل شده است.

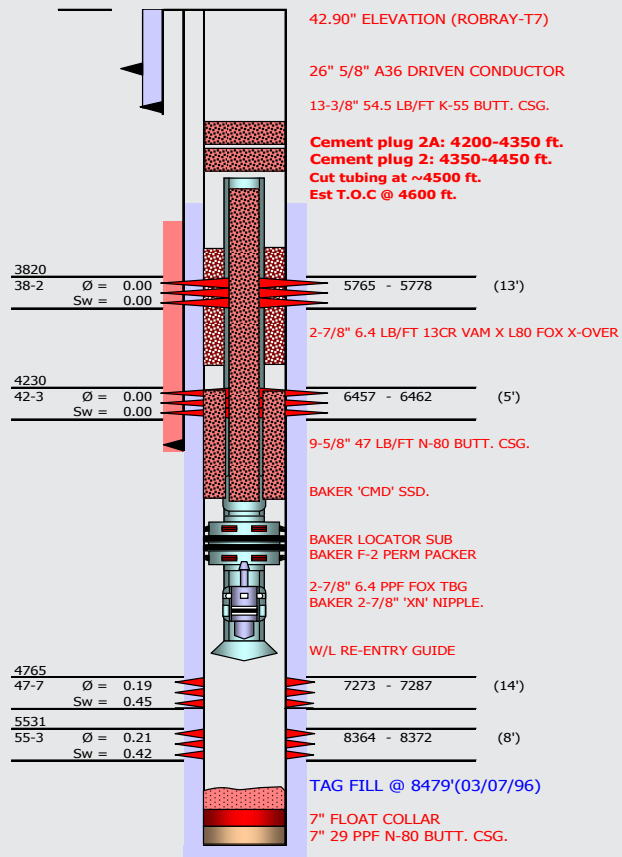
شکل-۲: یک منطقه با قابلیت اصلاح واکنشی را نشان می‌دهد که توسط تزریق متوالی ذرات آهن با اندازه‌های نانو برای ایجاد منطقه تطابق ذرات که توسط ذرات مواد منطقه آلوده بومی جذب می‌شوند- استفاده می‌شود- در این شکل فرض بر این است که نانوذرات از سیالیت پایینی برخوردار هستند.

شکل-۳: شامل نانوذرات (نقاط سیاه) و مناطق تحت تأثیر نانوذرات (منطقه صورتی) است. در این شکل فرض بر این است که نانوذرات از سیالیت بالایی برخوردار هستند و واکنش زمانی صورت می‌گیرد که یا آلودگی‌ها در آب حل شده باشند یا به‌صورت  $DNAPL$  (Nonaqueous Phase Liquid) در تماس با سطح آهن قرار بگیرند.

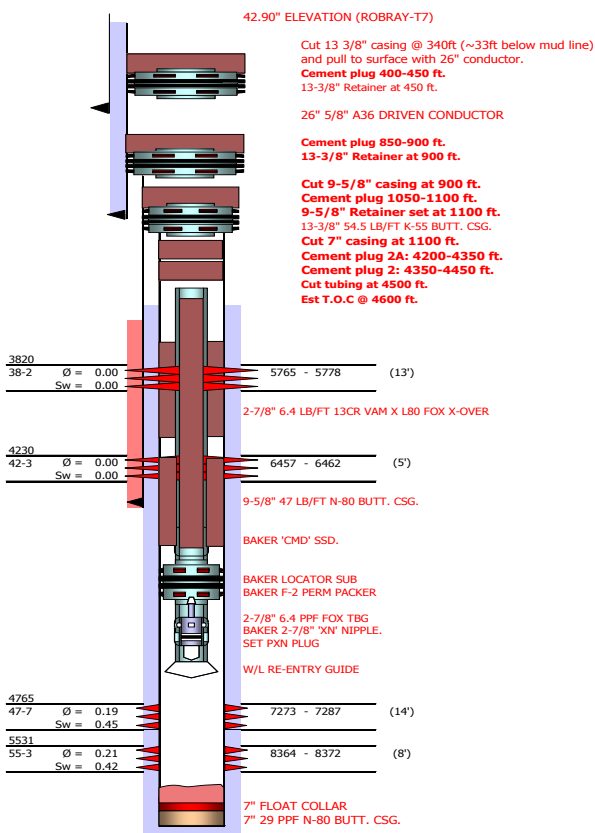
### ۲- نانوتکنولوژی در مکان:

تجزیه آلودگی‌ها در مکان، زمانی که عملی باشد به روش‌های دیگر ترجیح داده می‌شود، زیرا هزینه آن کمتر است اما باید اطمینان حاصل شود که مواد استفاده‌شده برای اصلاح به مکان آلودگی خواهد رسید. همین موضوع از توسعه گسترده اصلاح در مکان جلوگیری می‌نماید.

شکل-۴: تصویر مراحل پلاگ و ترک کردن یک چاه



شکل-۵: مراحل پلاگ و ترک کردن یک چاه



### ۵- طرح تسریع مراحل انجام ترک چاه با استفاده از نانوتکنولوژی: [۴]

امروزه می‌دانیم که انجام مراحل ترک چاه با صرف هزینه و زمان همراه است به‌علاوه اینکه شرکت‌ها برای انجام هر عملی انتظار تولید سرمایه داشته و در تمام طول عمر چاه این تنها مرحله‌ای است که بعد از آن شرکت‌های نفتی انتظار تولید سرمایه از چاه مورد نظر را ندارند.

به‌طور معمول و استاندارد، انجام مراحل ترک چاه تقریباً ۶ روز طول خواهد کشید تا کلیه مراحل: از قبیل بریدن لوله مغزی، تزریق سیمان به داخل مشبک کاری‌ها، ایجاد پلاگ از طریق تزریق سیمان، بریدن لوله جدار میانی و سطحی و قراردادن پلاگ تا ۵ متر زیر سطح زمین به‌منظور جلوگیری کامل از هرگونه نشتی و مهاجرت هیدروکربن به سطح، به‌طور کامل انجام گیرد.

این طرح جدید که با استفاده از سیال دارای نانوذرات صورت می‌گیرد زمان انجام عملیات ترک چاه را کاهش می‌دهد و اگر به تمام تحقیقات و آزمایشات از لحاظ امکان‌سنجی و عملی بودن و همچنین هزینه، پاسخ مثبت دهد نسبت به روش کنونی از اعتبار بیشتری برخوردار است.

شکل ۴ و ۵ مراحل پلاگ و ترک چاه را به روش کنونی نشان می‌دهند.

به‌طور کلی سیالیت نانوذرات در محیط‌های متخلخل از حاصل ضرب دو عامل زیر به دست می‌آید:

- تعداد برخوردهای نانوذرات با محیط متخلخل برحسب فاصله انتقالی بین ذرات (Transport Distance) ضریب
- احتمال خارج شدن نانوذره از سیستم جریان (ضریب برخورد) (Sticking Coefficient).

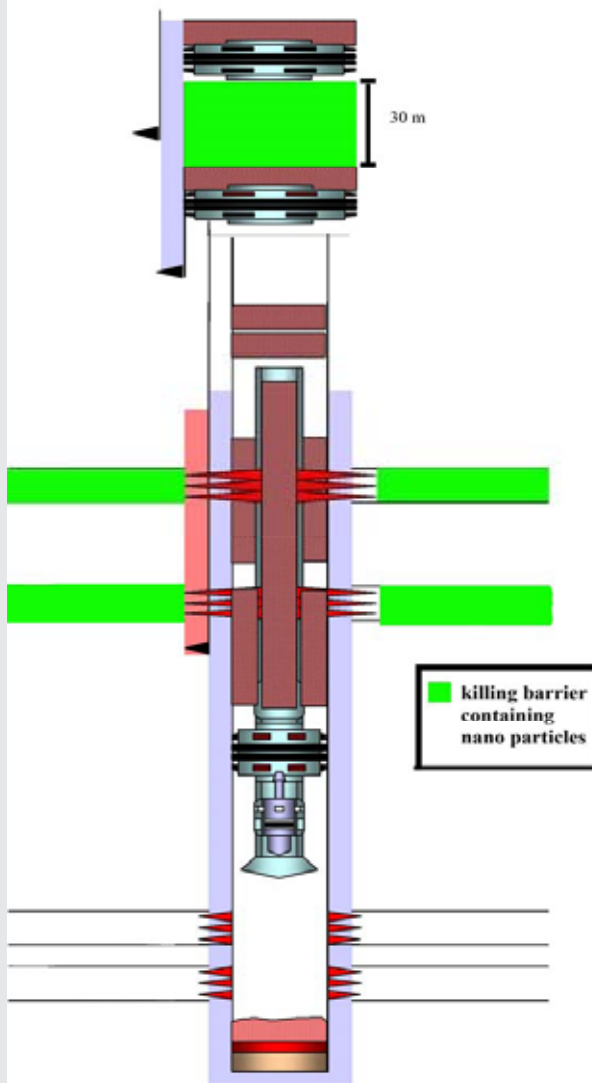
### ۳-۴ بررسی ریسک:

ارزیابی ریسک در اینجا به معنای بررسی خواص خطرناک مواد و گستردگی تعارض این مواد با انسان و محیط است. نتیجه این ارزیابی این است که آیا انسان و محیط توسط این مواد آسیب خواهند دید یا خیر و در صورت مثبت بودن پاسخ، میزان آن تا چه اندازه‌ای است.

جهت بررسی ریسک، نیازمند اطلاعاتی در زمینه تعارض محیط با چنین موادی هستیم تا تصمیم لازم برای اداره ریسک صورت پذیرد. فرآیندهایی جهت از بین بردن آلودگی‌های محیطی توسط این تکنولوژی در حال پیشرفت است. به‌علاوه احتمال خطر استفاده از این تکنولوژی برای سلامت انسانی و محیط زیست، بررسی ریسک را مشکل کرده است.

در مورد کاربرد nVZI «در مکان» هنوز هیچ تحقیقی انجام نشده تا براساس آن پارامترهای وابسته جهت بررسی ریسک آن به دست آید.

شکل-۶: استفاده از نانوتکنولوژی در مراحل پلاگ و ترک کردن چاه



در این روش بعد از تزریق سیمان به داخل مشبک کاری‌ها و بریدن لوله مغزی و لوله جداری تولید و میانی از ناحیه مناسب در عمقی که با لوله جداری سطحی در یک امتداد هستند، پلاگ مکانیکی را تثبیت کرده و روی آن سیمان تزریق می‌کنیم، سپس به اندازه ۳۰ متر در بالای این پلاگ، سیال همراه با نانوذرات و در نهایت پلاگ نهایی را قرار می‌دهیم.

این طرح در حقیقت نانوتکنولوژی در مکان است که ما منطقه‌ای را به صورت Killing Barrier ایجاد می‌کنیم. (شکل-۶) در این رابطه چند مسئله قابل تأمل می‌باشد:

۱. از آنجاکه ما از روی داده‌های قبلی میزان چگالی کنونی نفت باقی‌مانده در مخزن را می‌دانیم این سیال نانوذره باید از چگالی کمتری برخوردار باشد.

۲. میزان عمر این نانوذرات و اینکه تا چه زمانی قابلیت عمل دارند؛

۳. مسئله مهم دیگر این است که آیا خود این نانوذرات برای محیط و انسان جزء موارد آلوده‌کننده محسوب می‌شوند یا خیر که یافتن جواب این سؤال نیاز به انجام آزمایشات و تحقیقات دارد.

### نتیجه‌گیری

یکی از کاربردهای ویژه نانوتکنولوژی، اصلاح محیط می‌باشد که نیاز به توسعه، آزمایشات و تحقیقات بیشتر دارد. امروزه فقط در بحث ازدیاد برداشت در صنایع نفت بحث نانوتکنولوژی در حال پیشروی است اما با نگاه به سایر علوم و تحقیقات و با مقایسه و انجام آزمایشات لازم می‌توان به کاربردهای قابل قبول در دیگر بخش‌های صنعت نفت و گاز در زمینه نانوتکنولوژی دست یافت.

### منابع:

- [1]. Guo.Q., Geehan T.,: "Managing Uncertainties and Risks in Drill-Cuttings Reinjection in Challenging Environments: Field Experience from Sakhalin",SPE93781, SPE/EPA/DOE Exploration and Production Environmental Conference, 7-9 March2005, Galveston, Texas,
- [2].Ntukidem, J., Omonigho, R., Anighoro, S., "Thermal Desorption as an Alternative to Cutting Reinjection in Niger Delta Waste Management Operations",SPE77556, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 29 Sep.-2oct., 2002, San Antonio, Texas.
- [3].Tratnyek,P.G., Johnson,R.L.: "Nanotechnology for Environmental Clean up",Nanotoday, USA ,May 2006.
- [4]. "Advanced Well Technique, Intervention and Workover", WA,2005