

## دفع پسماندهای آلوده به مواد رادیواکتیو طبیعی میدان نفتی

عاطفه بیدل<sup>۱</sup>، نسرين صادقی<sup>۲</sup>، سمیرا یآوری<sup>۳</sup>

خراسان رضوی، سبزوار، توحیدشهر، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده مهندسی نفت و پتروشیمی

Atefe1372@gmail.com

### چکیده

پسماندهای رادیواکتیویته ی طبیعی تحت عنوان نرم شناخته می شوند. منبع این مواد اکثرا ایزونوپ های اورانیوم، تریتیم، رادون و سایر می باشد. کنترل این پسماندها به علت پرتو دهی و آلودگی های زیست محیطی بسیار حائز اهمیت است. این پسماندها اغلب در لجن، رسوب و آب یافت می شود که برای دفع اولیه که معمولا قبل از دفع نهایی، صورت می گیرد نیازمند مکانی سازگار یا ساختار شیمیایی و گونه ی عملکرد این پسماندها می باشد به گونه ای که تهدیدی برای سلامت بشر محسوب نشوند. این مواد در صنعت نفت و گاز معمولا هنگام تولید و فرآورش، همراه تولیدات به سطح زمین منتقل می شوند که پس از دفع اولیه معمولا دفع دائمی آنها به صورت شیوه های متداول شامل: ۱- تخلیه در دریا ۲- لندفیل ۳- تزریق با شکاف هیدرولیکی ۴- دفع در مغارهای نمکی صورت می گیرد. طی حل شدن گنبد های نمکی - که از بالا آمدگی سنگ نمک ایجاد می گردد - مغارهای نمکی ایجاد می شوند که این مغارها به علت هدایتگر مایبیلا و تخلخل پایین نمک و عوامل متعدد دیگر از دیدگاه فزنی با اهمیت و نوین است. دفع در این مغارها به کمک پمپ آب شور یا دوغاب انجام می گیرد تا بدین طریق پسماندها وارد مغار شده و سیال از فضای آنولوس خارج گردد. این شیوه معایبی نیز همچون امکان خروج مواد آلوده، نفوذ مواد از خارج و یا ریزش سقف غار در بردارد. بدلیل وجود گنبد های نمکی بسیار در کشور و مقرون به صرفه و نوین بودن، دفع در مغارها بسیار سودمند بوده و امید است امکان این نوع دفع فراهم گردد.

واژه های کلیدی: نرم، مغارهای نمکی

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی نفت (بهره برداری از منابع نفت)  
 ۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی نفت (بهره برداری از منابع نفت)

## ۱- مقدمه

مواد رادیواکتیو طبیعی با پرتوهای مختلف در پوسته زمین موجودند و توسط واکنش‌های پیوند طی استحصال نفت و گاز شدت رادیواکتیویته آن‌ها افزایش می‌یابد. این تغییر در مواد نرم (NORM<sup>1</sup>) اغلب به عنوان تی نرم (TENORM<sup>2</sup>) شناخته شده است. لجن، گل حفاری و رسوب لوله‌ها می‌تواند مثال‌هایی از موادی که می‌توانند شامل موادی با سطح بالایی از نرم باشند. EPA<sup>3</sup> تخمین زده است که سالیانه ۲۵۰۰۰ تن رسوبات آلوده به نرم و ۲۲۵۰۰۰ تن لجن‌های آلوده به نرم توسط صنعت نفت تولید می‌شوند (EPA ۱۹۹۳). واکنش‌های پیوند همراه با افزایش سطح نرم که تحت کنترل نیستند، می‌توانند محیط زیست را آلوده کنند و تهدیدی برای سلامتی بشر باشند. این خطرات می‌توانند با اتخاذ کنترل‌هایی جهت شناسایی مکان‌هایی که مواد رادیواکتیو موجودند؛ توسط کنترل تجهیزات آلوده به نرمو پسماند کاهش یابند، تا کارگران محافظت شوند. [1]

## ۲- منشاء ایجاد طبیعی مواد رادیواکتیوی (Norm)

این مواد بطور معمول در غلظت کم در سنگها تشکیل شده اند:

از واپاشی این عناصر رادیواکتیویته بی ثبات و ناپایدار، دیگر اتم های رادیونوکلئیدی (پروتون، نوترون، الکترون) تحت شرایط خاص (فشار بالا، دما، تندی و اسیدی بودن و.....) که در سطح محیط قابل تحرک هستند و می‌توانند با تولیدات گاز و نفت از مخزن به سطح جابه‌جا شوند، بدست می‌آیند.

میزان تجمع نرم بطور اساسی می‌تواند به تشکیلات زمین شناسی، گردش و کارایی فاکتورهای دیگر وابسته باشد.

## ۳- تشکیل پسماندهای نرم

گاهی اوقات تولید نفت و گاز و عملیات فرآورش منجر به انباشت سطح بالایی از مواد نرم در پسماندها می‌شود. منبع اکثر مواد پرتوزا ایزوتوپ‌های اورانیوم ۲۳۸ و تریتم ۳۳۲ طبیعی موجود در سازندهای زیرسطحی که نفت و گاز تولید کرده‌اند، می‌باشد. در میان پسماندهای نرم رادون ۲۲۶ از اورانیوم ۲۳۸ و رادون ۲۲۸ از تریتم ۳۳۲ در سری فروپاشی مهم‌تر هستند..

دیگر رادیونوکلئیدهای مهم شامل رادیونوکلئیدهای که از سری رادون ۲۲۶ و رادون ۲۲۸ تشکیل شده اند می‌باشد. به ترتیب پسماندها که شامل لجن، رسوب و آب تولیدی می‌باشد با محتوی رادیم بالاتر آلوده شده‌اند. ریختن یا رهاسازی عمدی این زباله‌ها درون زمین می‌تواند منجر به آلودگی خاک به مواد نرم شود که باید رادیم آن دفع شود، به علت این که رادیم کمی انحلال پذیر است، می‌تواند همراه مایعات سازند حرکت کند و به آب‌های سطحی انتقال داده شود. رادیم حل شده درون محلول آب تولیدی باقی مانده یا به صورت رسوب و یا لجن ته‌نشین می‌شود. شرایطی که انحلال پذیری و ته‌نشینی رادیم را تغییر می‌دهد شامل شیمی

<sup>1</sup> Naturally Occurring Radioactive Material

<sup>2</sup> Technologically-Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials

<sup>3</sup> U.S. Environmental Protection Agency

آب (میزان شوری اولیه) دما و فشار می‌باشد. رسوب و لجن آلوده به نرْم، وقتی که رادیم حل شده درون آن‌ها با دیگر عناصر قلیایی زمین همانند باریم، استرانسیم، یا کلسیم ته نشین شود می‌تواند ایجاد شود. در مورد رسوب، ابتدا رادیم با باریتمه‌نشین می‌شود، و تشکیل رسوبات سخت می‌دهد و نهایتاً سولفات غیرقابل انحلال رسوب می‌دهد. رسوبات معمولاً در اطراف لوله‌ها، فیلترها، تجهیزات سرچاهی تزریق و دیگر تجهیزات جابجاکننده آب تشکیل می‌شوند، هم‌چنین می‌توانند به عنوان پوشش روی ذرات شن تولیدی تشکیل شوند. در مورد لجن رادیم می‌تواند در شکل‌های مختلف وجود داشته باشد. لجن می‌تواند به همراه سیلیکات‌ها و کربنات‌ها تشکیل شده ته‌نشین شود، یا درون تکه‌ای از رسوب باریم سولفات که درون لجن ترکیب شده‌اند، وجود داشته باشد. لجن‌های آلوده به نرْم می‌توانند در اطراف لوله‌ها، جداکننده‌ها، گرم‌کننده‌ها، تانک‌های ذخیره و تولیدکننده‌های آب انباشته شوند. علاوه بر مشخصات رادیواکتیویته آن‌ها، پسماندهای نرْم ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی بارزتری از نُو (NOW)<sup>۱</sup> دارند. تومایسکو و همکاران اظهار داشتند که یک نمونه نُو (NOW) جهت دفن درون مغار، شامل انباشتی از هیدروکربن‌های سنگین، پارافین، جامدات معدنی و امولسیون سنگین است.

#### ۴- کنترل پسماندهای آلوده به NORM

قبل از مدیریت کارآمد و موثر پسماندهای NORM ضروریست منشا تولیداین پسماندها شناسایی گردد، برای این منظور نیاز به ارزیابی فرآیندهایی که عامل آلودگی شناخته شده اند داریم.

##### روش های کنترل پسماندها عبارتند از:

- ۱- ذخیره سازی پسماندها
- ۲- به حداقل رساندن پسماند در منبع
- ۳- کاهش حجم پسماندها
- ۴- دفع دائمی پسماندها

دفع پسماندهای نرْم بایستی مطابق با قوانین دفع پسماندهای پرتوزا صورت پذیرد.

در موارد بسیاری ممکن است قبل از دفع نهایی، این پسماندها به طور موقتی انبار شوند. محفظه‌های ذخیره پسماندهای نرْم بایستی ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

- ۱- بایستی در شرایطی مناسب و بدون هیچ آثار و نشانه‌های خوردگی درونی یا بیرونی باشد و از موادی با عمر طولانی ساخته شود تا در زمان انبار پسماندها را محصور کند.
- ۲- جهت جلوگیری از مخدوش شدن و یا آسیب دیدن محفظه‌ها باید از موادی ساخته شوند که با پسماندها واکنش ندهد و با آن‌ها سازگار باشد.
- ۳- باید در برابر تابش‌های فرابنفش مقاوم و پایدار باشند.
- ۴- در طول مدت انبار محصور و مهر و موم شده باشد و همچنین قابلیت باز شدن جهت اضافه کردن و یا جابه جایی پسماندها را داشته باشد.

<sup>۱</sup> nonhazardous oil field wastes

- ۵- دارای نمادهای پرتوزایی و برجسبهایی که نشانگر اینست که داخل این ظروف پسماندهای نرم وجود دارد، باشند.
- ۶- باید به مواد دیگری که در ماتریکس پسماندها ممکن است وجود داشته باشد توجه شود (مثل نفت/روغن گریس یا...)
- ۷- در برابر محدوده دمایی پیش‌بینی شده محیط انبار و نفوذ آب مقاوم باشد.

گزارشات مربوط به دفع شامل موارد زیر می باشد:

۱. توصیف جنس و نوع پسماند (لجن، پوسته بدن جانوران، تراشه و...) ۲. حجم مواد پسماند ۳. جرم ۴. سطح پرتوزایی نرم (اکتیویته در واحد وزن) ۵. روش‌های دفع ۶. محل دفع ۷. سازمان و تاسیسات تولیدکننده پسماند ۸. هراطلاعات وابسته‌ی دیگر [2]

## ۵- دفع پسماندها آلوده به NORM

روش‌های دفع پسماندهای نرم به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

- ۱- رقیق کردن و پراکنده سازی پسماندها در محیطزیست برای مثال تخلیه مایعات یا گازها
- ۲- متراکم و محدود کردن پسماندها در تاسیسات دفع پسماندهای مجاز
- ۳- فرآورش پسماند با دیگر پسماندهای شیمیایی به وسیله سوزاندن یا روش‌های دیگر
- ۴- دفع پسماندها به وسیله برگرداندن به منبع اولیه مواد (تزریق دوباره به مخزن)

روش‌های متداول دفع پسماندها که در صنعت نفت و گاز استفاده می‌شوند:

- ۱- تخلیه در دریا
- ۲- لندفیل
- ۳- تزریق با شکاف هیدرولیکی
- ۴- دفع در مغارهای نمکی [3]

## ۵- دفع در مغارهای نمک<sup>۱</sup>

۵-۱- نمک

<sup>1</sup>Salt cavern

سنگنمک در دو شکل، گنبد ها یا نمکیو بستر ها یا نمکدیده می شوند و اغلب بین لایه های بیاز سنگ های رسوبی همانند شیلیا سنگا هک قرار گرفته اند . سنگنمکها هستگیدرون لایه های زمینی به طر فبالا یا جانیچر یا نمی یابد و سنگ های یکهر و یا نقرار گرفتهر امی شکنند و گنبد ها یا نمکی یاد یا پیر ها را به وجود می آورد . اگر چه گر ماممکن است مقاومت سنگنمک را کاهش دهد اما هدا یتگر ما یتبیا لایه نمک و جباتا لافگر ما می - شود که از دیدگاه دفنز باله بسیار با اهمیت است .

مزایا یا صلی ساختار نمک عبارتند از : قابلیت نفوذ پذیر بسیار پایین با آب و گاز، در صدر طوبت بسیار پایین نسبت به دیگر ساختار های معدنی، نداشتن بلور ها یا بدار (یا طرز قرار گرفتن در آن نسبت به هم)

(وجود حجم خلی کم محتوای سیالات، (پلاستیسیته نسبتاً بالا که با افزایش دما و فشار افزایش می یابد) و امکان تر میمضاها یا خلیوشکستگی - ها را توسط خود نمک فراهم می کند . محتوا یا بونفوذ پذیر بیابین، ناشی از تخلخل بسیار کم و ناپیوسته سنگنمک می باشد . دیگر ویژگی های دلخواه سنگنمک شامل رسانندگی گرمایی و ویژگی های عالی مکانیکی که به حفار یا سانو تولید گودال های بزرگ کمک می کنند می باشد. علاوه بر این ویژگیها یتبیا جذا با کثر ساختمان ها یا نمک در نواحیا یتبیا دار زمین شناسیا فعالیت های زلزله ای بسیار پایین به وجود آمده اند . ضخامت قابل ملاحظه ای از نهشته ها یا نمک همچنین گواها یا نمک طلب است که هر سو بگذارید در شرایط ایدار ژئودینامیکی چندین میلیون سالر خداده است. [4]

### ۵-۲- مغارهای نمک

غارهای نمکی نتیجه انحلال گنبد های نمکی است بنابراین برای دفع نرم یا باید از غارهای موجود استفاده نمود و یا غارهای جدید طی مکانیسم Solution mining به وجود آوریم . در این روش آب از طریق لوله مغزی به درون رسوبات نمک تزریق می شود و آب نمک از طریق آنالوس به سطح بازگردانده می شود و بالعکس. [5]

### ۵-۳- قرارگیری پسماندها در مغارهای نمک

زباله ها در غالب دوغایی از پسماند و آب و یا آب نمک تزریق می شوند.

### ۶- نتیجه گیری

نتایج تحقیقات صورت گرفته بر روی چاه های جنوبی ایران به عنوان چهارمین تولیدکننده نفت و گاز در جهان نشان می دهد که غلظت نرم در این ناحیه در مقایسه با سطح معمول غلظت ها در میداین نفت و گاز کمتر است. [6] با این وجود به منظور به حداقل رساندن تاثیرات محیطی مواد رادیواکتیویته باید اقدامات لازم صورت گیرد. با توجه به تکنولوژی های موجود و هزینه ها، مشکلات و خطرات یکی از روش ها باید انتخاب شود. به نظر می رسد بدلیل وجود گنبد های نمکی بسیار در کشور، دفع در مغارها بسیار سودمند بوده و امید است امکان این نوع دفع فراهم گردد.

## منابع

[۱]- John A. Veil, Disposal of NORM-Contaminated Oil Field Wastes in Salt Caverns; August 1998

[۲]- International Association of Oil & Gas Producers (OGP); Guidelines for the management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil & gas industry; Report No. 412; September 2008

[3] SNIFFER UKRSR07 Identification and assessment of alternative disposal options for radioactive oilfield wastes. November 2004, Phase II Technical Report

[4]- صادقی، نسرین، روش های نوین دفع زباله های ناشی از فعالیت های هسته ای، آذر ۱۳۹۰

[5]- Argonne National Laboratory; An Introduction to Salt Caverns & Their Use for Disposal of Oil Field Wastes, September 1999

[6]- Evaluation of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) in the South Western Oil Wells of Iran

