بررسی و ارزیابی حفاظت در برابر اشعه در صنایع نفت و گاز

سیمین مهدی زاده[1] ، شهرزاد درخشان ، فاطمه نوروز علیزاده

مرکز تحقیقات تابش دانشگاه شیراز

siminmehdizadeh@yahoo.com

چکیده

در این بررسی غلظت مواد پرتوزا در نمونه های مختلف شامل رسوبات ، پساب ها ، آب خروجی ، لجن ها و محصولات نهائی در پالایشگاه شیراز ، مجتمع پتروشیمی شیراز ، حوضه بهره برداری آغار و دالان ، حوضه گازی نار و کنگان و در حوضه بهره برداری نفت و گاز گچساران اندازه گیری شد . در این رابطه غلظت رادیونوکلئید های Th -232 ، Ra-226 ، Ra-228 ، K-40 و Cs-137 در نمونه های جامد بر حسب Bq/Kg از وزن نمونه خشک شده و در نمونه های مایع بر حسب Bq/Lit توسط یک دستگاه طیف نگار گاما بدست آمد . از کل نمونه های جمع آوری شده ، بیشترین غلظت پرتوزایی ، مربوط به نمونه های جامد بوده است . بیشترین غلظت پرتوزایی رادیونوکلئید Ra^{226} در یک نمونه خاک گودال سوخت مرکز تفکیک در حوضه گازی نار و کنگان و برابر ۲۰۰ Bq/Kg بدست آمده که بالاتر از حد پاکسازی است . بیشترین مقدار غلظت پرتوزایی رادیونوکلئید K^{40} در یک نمونه رسوبات گودال سوخت مربوط به یک چاه در حوضه بهره برداری نار و کنگان برابر با ۶۰۰ Bq/Kg مشاهده گردیده است . بیشترین غلظت پرتوزایی رادیونوکلئید های Th^{228} و Ra^{228} نیز در حوضه گازی نار و کنگان در دو نمونه خاک گودال سوخت مربوط به دو چاه و به ترتیب برابر با ۳۷Bq/Kg و ۴۰Bq/Kg اندازه گیری گردیده است . در کلیه نمونه های مایع غلظتهای پرتوزایی بسیار پایین بوده است . با توجه به مقادیر غلظت پرتوزایی رادیونوکلئیدهای فوق به جز در یک نمونه در نار و کنگان ، در سایر مناطق غلظت رادیونوکلئیدها کمتر از حد پاکسازی آژانس محیط زیست آمریکا می باشد .

واژه‌های کلیدی: NORM _TENORM _ غلظت مواد پرتوزا _ صنایع نفت و گاز _حفاظت در برابر اشعه

۱-مقدمه

به مواد رادیواکتیوی که بطور طبیعی در محیط زیست وجود دارد NORM گفته می شود . این مواد رادیوایزوتوپهای با نیمه عمر بالا مانند اورانیوم ، توریوم ، پتاسیم و دختران آنها مانند رادیوم و رادون هستند . این رادیوایزوتوپها ، همواره در پوسته زمین و درون بافتهای هر موجود زنده اعم از گیاهان یا جانوران وجود دارد . امروزه در اثر کاربرد تکنولوژی های مختلف غلظت این مواد ، افزایش یافته است که به آن اصطلاحاً TENORM گفته می شود . برای مثال ، کلسیم ته نشین شده در آب شور حاصل از نفت می تواند حاوی رادیوایزوتوپ Ra-226 در غلظتهای بالا تر از معمول در آب باشد . رادیوم بصورت طبیعی به

۱- مسئول مرکز تحقیقات تابش دانشگاه شیراز

مقدار جزئی در نفت و زمینهای نفت خیز وجود دارد . آبی که همراه با نفت در میادین نفتی وجود دارد حاوی رادیوم و مواد شیمیایی مشابه با آن مانند استرانسیوم ، باریوم و کلسیم است که حلالیت این مواد در آب شور بیشتر از اورانیوم و توریم می باشد . ایزوتوپهای Ra-228 و Ra-226 نسبت به نمکهای باریوم و استرانسیوم در هنگام استخراج و جداسازی نفت و گاز (خصوصاً در Separator ها) خیلی سریع ته نشین می شوند که این باعث بالا رفتن غلظت رادیوم در رسوبات لوله ها و دیگر تجهیزات نفتی می شود [۱] .

این رسوبات بطور مرتب از لوله ها و تجهیزات نفتی با روشهای مختلف زدوده می گردد . بعضی لوله ها تعویض و بعضی با روشهایی خاص مانند سایش و مواد شیمیایی و غیره تمیز می گردند . هر ساله حجم زیادی از این رسوبات زائد نفتی تولید می گردد که حاوی مواد رادیواکتیو با غلظتهای بالاتر از زمینه می باشد . سازمان EPA [۲] تخمین می زند در حدود ۸ میلیون تن از مواد زائد NORM در صنایع نفت و گاز در ۲۰ سال آینده تولید خواهد شد [۲] . در استرالیا سکوهای نفتی سالانه $۲۰۰\ m^3$ لجن های ناشی از صنایع نفت و گاز و ۲-۱ تن رسوبات سخت تولید می کنند [۱]. حجم زیاد رسوبات و غلظتهای بالای مواد رادیواکتیو در بعضی از این رسوبات نیز، برای آینده مشکلاتی را ایجاد می کند . بخشی از مواد زائد مانند لوله ها ، بازیافت و دوباره مورد استفاده قرار می گیرند که این مواد بازیافت شده می تواند در اماکن عمومی مانند ساختمانها ، پارکها و یا در صنایع مورد استفاده مجدد قرار گیرد . بخشی از این مواد زائد نیز در طبیعت و محیط های صنعتی یا در آبها رها می گردند که ممکن است این اماکن بعدها برای مقاصد کشاورزی یا تفریحی مورد استفاده قرار گرفته و نهایتاً مشکلات جدیدی ایجاد گردد [۳] .

در این خصوص به منظور تامین سلامتی افراد و نیز جلوگیری از آلودگی محیط زیست به مواد پرتوزای متراکم شده ، در کشورهای مختلف ، از جمله آمریکا ، برزیل ، استرالیا ، ایتالیا و غیره تحقیقات وسیعی در خصوص روشهای کاهش تشکیل رسوبات ، ضایعات آلوده و کنترل و نظارت بر تجمع و تخلیه این مواد در محیط زیست انجام شده است . در برخی از کشورها از جمله برزیل غلظت پرتوزایی این رادیونوکلئیدها بسیار بالا بوده است [۵] . بالاترین غلظت رادیوم در نمونه های رسوبات سخت پیدا شده است .

ایران یکی از کشورهای عمده صادر کننده نفت و دومین کشور دارای ذخائر گاز طبیعی در جهان است و طی سالهای اخیر فعالیتهای چشمگیری در جهت اکتشاف و بهره برداری از میادین جدید نفتی و گازی به عمل آمده است . در ایران در سال ۱۳۸۲ تعدادی از مناطق نفت خیز خوزستان از جهت NORM مورد بررسی قرار گرفتند که برخی نمونه های مورد بررسی غلظتی بالاتر از آستانه اقدامات چاره ساز داشته اند[۷] .

۲-روش کار

در این بررسی میادین نفت و گاز استان فارس و استانهای همجوار شامل شرکت پالایش و پخش نفت شیراز (پالایشگاه) مجتمع پتروشیمی شیراز ، حوضه بهره برداری گاز نار و کنگان ، حوضه بهره برداری آغار و دالان و حوضه بهره برداری نفت و گاز کجساران از جهت TENORM , NORM مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت .

در این طرح ۱۶۰ نمونه شامل ۱۱۱ نمونه جامد مختلف و ۴۹ نمونه مایع توسط مرکز تحقیقات تابش دانشگاه شیراز جمع آوری و توسط یک دستگاه طیف نگار گامای ژرمانیم با خلوص بالا[۳] آنالیز گردید . نمونه ها شامل آب ، خاک ، رسوبات داخلی لوله ها ، رسوبات کف حوضچه ها و مخازن ، گل حفاری و لجن حوضچه ها می باشد .

جهت نمونه های مایع از ظرف پلی اتیلنی به حجم ۵ لیتر که قبلاً چند بار با آب گرم و ماده شوینده کاملاً تمیز گردیده بود استفاده می شد . ظرف نمونه را ابتدا ۳ بار با مایع نمونه پر و خالی کرده سپس تا ۹۰ درصد ظرف با مایع پر می شود و برای نمونه های آب بوسیله اسید نیتریک غلیظ ، PH محلول به زیر ۲ رسانده می شود . برای نمونه های مایع و لجن ظرف را ابتدا ۳ بار با مایع مورد نظر شستشو داده ، سپس تا ۹۰ درصد حجم ظرف از نمونه پر می شود . جهت نمونه های خاک مربعی به مساحت $۱\ m^2$ در نظر گرفته شده ، از چهار گوشه آن بوسیله بیلچه تمیز باغبانی نمونه هایی از عمق تقریبی ۱۰ الی ۱۵

2- Environmental Protection Agency
3- Coaxial High Purity Germanium Detector (GC 2020-7500)

سانتی متر برداشته و مخلوط می گردند . سپس هر نمونه به وزن تقریبی ۲ کیلوگرم درون کیسه پلاستیکی ریخته می شود . جهت رسوبات داخل حوضچه ها از یک دستگاه مخصوص نمونه گیر که دارای یک لوله بلند از جنس استیل ضد زنگ به قطر داخلی ۲/۵ سانتی متر می باشد استفاده می شود . نمونه ها از عمق تقریبی ۱۰ الی ۲۰ سانتی متری سطح رسوب گرفته می شود . حداقل تعداد سه نمونه و حتی الامکان تعداد بیشتری برداشته شده و در یک ظرف استیل بزرگ ریخته و پس از آنکه کاملاً مخلوط شدند ، حداقل به میزان یک کیلوگرم از آن در یک کیسه پلاستیکی جمع آوری می گردد . نمونه های رسوب داخل لوله ها و تجهیزات نیز از هر کدام به میزان یک کیلوگرم درون یک کیسه پلاستیکی ریخته می شود . بعد از هر نمونه گیری روی ظرف نمونه بر چسبی شامل کد محل ، نوع نمونه ، شماره نمونه و تاریخ نمونه زده می شود و جداگانه به دقت یادداشت می گردد .

۳-داده ها و نتایج

جداول ۱و۲ غلظت رادیونوکلئیدهای مختلف را به ترتیب در نمونه های جامد و مایع نشان می دهد . شکل های ۱و۲ غلظت این رادیونوکلئید ها را در جامدات و مایعات بیان می کند .

در نمونه های مایع جمع آوری شده از حوضه بهره برداری نار و کنگان بجز یک مورد،کلیه غلظتها پایین تر از LLD برای این رادیونوکلئیدها می باشد. در نمونه های جامد بیشترین غلظت برای Th-232 ، K-40 ، Ra-228 ،Ra-226 و Cs-137 به ترتیب برابر با 30 , 600 , 36 , 200 , 3 بکرل بر کیلوگرم بدست آمد. بیشترین غلظت رادیوم – ۲۲۶ مربوط به رسوب گودال سوخت مرکز تفکیک و بقیه حداکثر غلظتها مربوط به خاک گودال سوخت چند چاه مختلف است .

در نمونه های حوضه بهره برداری آغار حداکثر میزان غلظت در نمونه های جامد

^{137}Cs:7 $BqKg^{-1}$ ^{226}Ra: 40 $BqKg^{-1}$ ^{228} Ra: 19 $BqKg^{-1}$ ^{40} K: 465 $BqKg^{-1}$ ^{232}Th: 21 $BqKg^{-1}$ بدست آمده است . در نمونه های مایع بیشترین غلظت پرتوزایی مربوط به لجن و گل و لای گودال سوخت مرکز جمع آوری با مقادیر پرتوزایی :

^{226}Ra: 22 Bq/lit ^{228} Ra: 6 Bq/lit ^{40} K: 112 Bq/lit ^{232}Th: 9 Bq/lit بدست آمده است .

در نمونه های حوضه بهره برداری دالان حداکثر میزان غلظت در نمونه های جامد

^{137}Cs:34 $BqKg^{-1}$ ^{226}Ra: 90 $BqKg^{-1}$ ^{228} Ra: 26 $BqKg^{-1}$ ^{40} K: 609 $BqKg^{-1}$ ^{232}Th: 26 $BqKg^{-1}$ بدست آمده است . در نمونه های مایع مقادیر حداکثر غلظت پرتوزایی چنین بدست آمده است :

^{137}Cs:1.2 Bq/lit ^{226}Ra: 23 Bq/lit ^{228} Ra: 6 Bq/lit ^{40} K: 74 Bq/lit ^{232}Th: 6 Bq/lit در نمونه های مربوط حوضه بهره برداری نفت و گاز گچساران حداکثر مقادیر پرتوزایی در نمونه های جامد به ترتیب زیر بدست آمد:

^{226}Ra: 29 $BqKg^{-1}$ ^{228} Ra: 17 $BqKg^{-1}$ ^{40} K: 342 $BqKg^{-1}$ ^{232}Th: 17 $BqKg^{-1}$ همچنین غلظت ^{137}Cs پایین تر از LLD بوده است . در نمونه های مایع بیشترین مقدار پرتوزایی Ra-226 ، مقدار10 Bq/lit که در آب همراه (Formation) بدست آمده است . بیشترین مقدار Ra-226 در نمونه های جامد مربوط به رسوبات خشک شده مخزن آب شور و همچنین لجن ته نشین شده یکی از مخازن بود .

در نمونه های جامد جمع آوری شده از پالایشگاه شیراز ، حداکثر غلظت پرتوزایی Th-232 ، 15.50 $BqKg^{-1}$ ، حداکثر غلظت پرتوزایی Ra-226 ، 24.8 $BqKg^{-1}$ ، حداکثر غلظت پرتوزایی Ra-228 ، 16.1 $BqKg^{-1}$ ، حداکثر غلظت پرتوزایی K-40 ، 26.4 $BqKg^{-1}$ و حداکثر غلظت پرتوزایی Cs-137 ، 2.01 $BqKg^{-1}$ بدست آمد . در نمونه های مایع کلیه غلظتها پایین تر از LLD است .

در نمونه های جمع آوری شده از مجتمع پتروشیمی شیراز ، در نمونه های جامد حداکثر پرتوزایی رادیونوکلئیدهای Ra-226 برابر 16.1 $BqKg^{-1}$، رادیونوکلئید Th-232 ، 4.7 $BqKg^{-1}$ و رادیونوکلئید Ra-228 ، 7.03 $BqKg^{-1}$ اندازه گیری شد . غلظتK-40 و Cs-137 در کلیه نمونه ها کمتر از LLD بود . همچنین غلظت رادیونوکلئیدهای فوق در کلیه نمونه های مایع کمتر از LLD بدست امد .

بیشترین مقادیر غلظت پرتوزایی Ra-226 در نمونه های جمع آوری شده در نمونه های جامد مربوط به یک نمونه خاک گودال سوخت مرکز تفکیک در حوضه بهره برداری نار و کنگان و پس از آن در یک نمونه خاک حفاری در حوضه دالان مشاهده گردیده است . بیشترین غلظت پرتوزایی K-40 در یک نمونه خاک گودال سوخت در منطقه نار و همچنین یک نمونه خاک متعلق به حوضه بهره برداری دالان می باشد .

۴-بحث در نتایج

آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا حد پاکسازی [۴] برای Ra-226 در پسمانهای ناشی از آسیاب اورانیوم را مقدار PCi/g ۵ (معادل Bq/Kg ۱۸۵) در ضخامت ۱۵ سانتی متری لایه سطحی خاک و مقدار PCi/g ۱۵ (معادل Bq/Kg ۵۵۵) در عمقهای زیرین لایه سطحی خاک ذکر نموده است . همچنین حد اقدامات چاره ساز[۵] برای Ra-226 میزان PCi/g ۶ (معادل Bq/Kg ۲۲۲) اعلام گردیده است [۶].

بر این اساس نمونه های مورد بررسی در این تحقیق دارای غلظت پرتوزایی کمتر از این آستانه می باشند و اقدامات چاره ساز خاصی لازم نمی باشد . NORM در صنایع نفت و گاز در زمان بهره برداری و در هنگام جابجایی قطعات ، تمیز کردن و غیره باعث پرتوگیری داخلی و خارجی کارگران و آغشتگی محیط زیست به مواد پرتوزا می شود . بخشی از مساله NORM به علت جدید بودن مفهوم آن و آشنا نبودن عموم مردم با آن می باشد که در کشور ما نیز متاسفانه به آن توجه خاصی نگردیده است . لذا جهت آموزش و بررسی مشکلات NORM یک برنامه با سرفصلهای زیر پیشنهاد می گردد :

- منابع و خصوصیات NORM
- یک دوره راهنمایی های قابل اجرا برای NORM
- بازرسی و ردیابی NORM
- آموزش ایمنی تشعشعات [۴]

همچنین در گزارش آژانس بین المللی انرژی محیط زیست در ارتباط با کاهش پرتوگیریهای ناشی از NORM قوانین و توصیه هایی به شرح زیر آمده است [۴] :

کاهش پرتوگیری خارجی از طریق :

- کاهش مدت زمان سر و کار داشتن افراد با رسوبات
- رعایت فاصله مناسب افراد از رسوبات
- استفاده از حفاظهای مناسب

کاهش پرتوگیری درونی از طریق :

- استفاده از لباسهای محافظ جهت کاهش خطرات انتقال آلودگی به داخل بدن
- خودداری از سیگار کشدن ، آشامیدن ، خوردن ، جویدن (مانند آدامس) ، استفاده از مواد آرایشی (اعم از طبی یا کرمهای حفاظتی) یا هر نوع فعالیت دیگر که خطر انتقال آلودگی مواد رادیواکتیو بدن در هنگام کار داشته باشد .
- استفاده از ماسکهای مناسب جهت جلوگیری از استنشاق مواد رادیواکتیو به بدن
- ایجاد دریاچه های مصنوعی برای پسمانها جهت جلوگیری از پخش مواد خشک آلوده در هوا

4- Clean up limit

5- Remidial Action

- مکانهای مناسب جهت نگهداری NORM و جلوگیری از رهاشدن و پخش آنها در طبیعت
- حاکم کردن دقیق قوانین بهداشتی جهت شستن دستها و تعویض لباسها بعد از اتمام کار

۵- جدول

Table 1 . Activity concentration of natural and artificial radionuclide in solid samples

	(Min – Max) Mean (Bq/Kg)			
	Nar& Kangan	Aghar&Dalan	Gachsaran	Shiraz Refinery and Petrochemical Companies
Th-232	---	---	---	(<۴-۱۵/۵) ۵/۳
Th-228	(۴-۳۷)۱۲/۳	(۶/۲۶-۱۴) ۱۲/۷	(<۴-۱۷) ۷/۳	---
Ra-226	(۱۴-۲۰۰)۴۳/۱	(۴-۹۰) ۲۵/۵	(<۵-۳۹) ۱۸/۷	(<۳-۲۴/۸) ۶/۷
Ra-228	(۲-۴۰)۱۲/۴	(۳۹۲۶) ۱۱/۹	(<۲-۱۷) ۶/۱	(<۲-۱۶/۱) ۵/۱
K-40	(۳۹-۶۰۰)۱۶۰/۲	۲۰۱/۹(۴۴-۶۰۹)	(<۴۰-۳۴۲) ۱۴۴/۴	(<۴۰-۲۶۴) ۵۶/۸
Cs-137	<۱/۵-۱۰	(۲-۳۴)¼	<۱/۵	< ۱/۵-۲

LLD (K-40) : 40.00 Bq/Kg , LLD(Th-232 , Th-228):4.00 Bq/Kg , LLD (Ra-226): 3.00 Bq/Kg , LLD(Ra-228), 2:00 Bq/Kg , LLD (Cs-137): 1.50 Bq/Kg

Table 2. Activity concentration of natural and artificial radionuclide in Liquid samples

	Nar& Kangan	Aghar&Dalan	Gachsaran	Shiraz Refinery and Petrochemical Companies
Th-232	—	---	---	<LLD
Th-228	<LLD[a]	<LLD-9	<LLD	---
Ra-226	<LLD[b]	<LLD-23	<LLD-10	<LLD
Ra-228	<LLD[c]	<LLD-6	<LLD	<LLD
K-40	<LLD[d]	<LLD-112	<LLD-14	<LLD
Cs-137	<LLD[e]	<LLD-0.3	<LLD	<LLD

a= 0.8 Bq/Lit b=0.9 Bq/Lit c=1.0 Bq/Lit d=9.00 Bq/Lit e=0.8 Bq/Lit

۶-نمودار

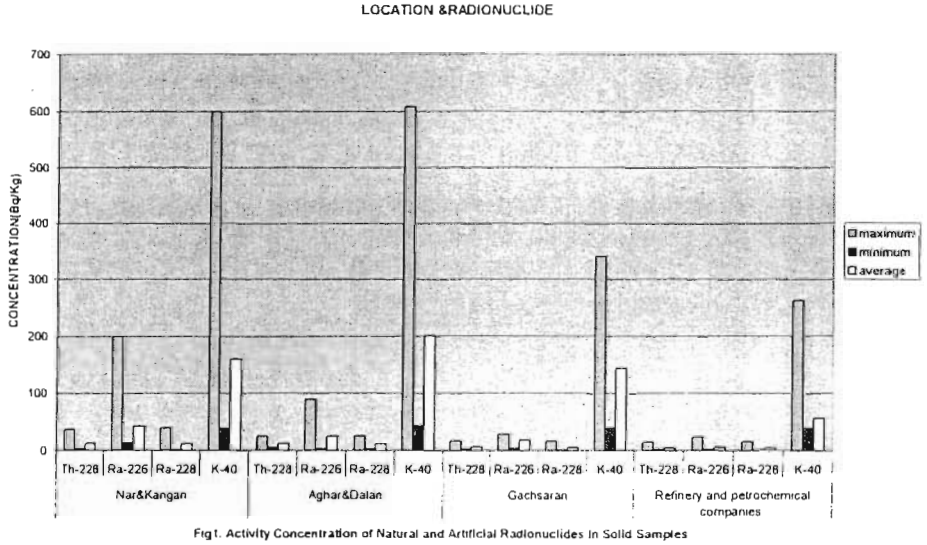

Fig1. Activity Concentration of Natural and Artificial Radionuclides in Solid Samples

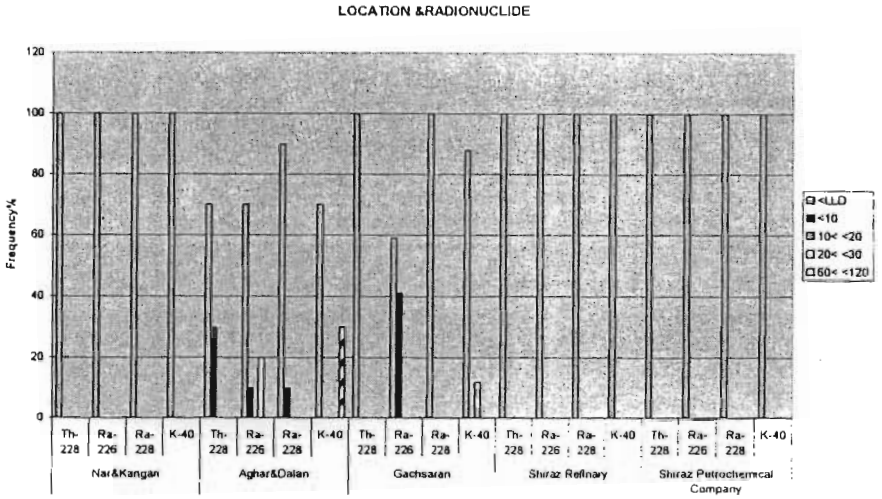

Fig2. Activity Concentration of Natural and Artificial Radionuclides in Liquid Samples

مراجع

1- "Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) in Australian Industries ", Malcolm B. Cooper, EnviroRad Services Pty .Ltd. Revision of September 2005.

2- Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) , Fact sheet , 1997 , WWW.hps1.org/glassary / norm.htm.

3- " Dose Assessment Associated with Landspreding of Petroleum-Industry Naturally Occurring Radioactive Material" , John J.Arnish , Kam P.Smith , and Deborah L.Blunt,2002 American Society of civil Engine.

4- Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry, Safety Reports Series, No.34, IAEA, 2003.

5- "Natural Radioactivity in Petroleum Residues" , Maria Helena P.Gazineu , Clovis A . Hazin , Department Energy Nuclear Brazil , Second European IRPA congress on Radiation Protection ,15-19 May 2006 Paris – France .

6- Natural Radioactivity Contamination Problem, U.S. Environmental Protection Agency, 1978.

۷- گزارش بررسی مقدماتی مواد پرتوزای طبیعی (NORM) در چاههای نفت و گاز کشور ایران ، نظام ایمنی هسته ای امور حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی ، مرداد ۱۳۸۲