



سازمان انرژی اتمی ایران

مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور
دفتر امور حفاظت در برابر اشعه کشور

راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی
پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز

شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388

شماره بازنگری: صفر

تاریخ اجرا: فروردین ۱۳۸۸

شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	صفحه: ۰	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز
بازنگری: صفر	کل صفحات: ۱۷	

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
۱- هدف.....	۱
۲- دامنه کاربرد.....	۱
۳- تعاریف.....	۱
۴- مسئولیت‌ها.....	۴
۵- کمیت‌های دزیمتری.....	۵
۶- جنبه‌های ویژه برنامه مونیتورینگ در ارتباط با ارزیابی پرتوگیری داخلی.....	۶
۷- معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی.....	۷
۸- مستندات مرتبط.....	۹
۹- سوابق.....	۹
۱۰- تاریخچه.....	۱۰
۱۱- پیوست ۱.....	۱۱
۱۲- پیوست ۲.....	۱۸

شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	صفحه: ۱	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی
بازنگری:	کل صفحات: ۱۸	پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز

راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز

۱- هدف

هدف این مدرک، ارائه راهنمایی‌های لازم جهت تعیین مراکز است که با چشمه‌های باز فعالیت می‌کنند و تدوین برنامه مونیتورینگ و انجام مونیتورینگ دوره‌ای پرتوگیری داخلی کارکنان آن مراکز الزامی می‌باشد.

۲- دامنه کاربرد

این راهنما در مراکز که با چشمه‌های باز فعالیت می‌کنند و مشمول دریافت پروانه اشتغال هستند، قابل استفاده است.

۳- تعاریف

آستانه بررسی

۱-۳-

مقداری از یک کمیت مانند دز مؤثر، ورود مواد پرتوزا به بدن یا آلودگی در واحد سطح یا حجم است که برای مقادیر بیشتر از آن، باید بررسی لازم انجام گیرد.

آستانه ثبت

۲-۳-

مقداری از دز، پرتوگیری یا ورود مواد پرتوزا به بدن است که توسط واحد قانونی تعیین می‌گردد و اگر میزان دز، پرتوگیری و یا ورود مواد پرتوزا به بدن افراد بیش از آن باشد، مقادیر مربوطه باید در گزارش پرتوگیری هر فرد منعکس گردند.

آلودگی

۳-۳-

وجود ناخواسته مواد پرتوزا درون یا روی یک ماده یا بدن انسان یا هر جای دیگر که می‌تواند زیان‌آور باشد.

ابقا

۴-۳-

کمیت $m(t)$ کسری از ماده پرتوزای وارد شده به بدن است که در زمان t بعد از ورود ماده پرتوزا در بدن باقی می‌ماند (برای اندازه‌گیری با روش‌های مستقیم) یا از بدن دفع می‌شود (برای اندازه‌گیری با روش‌های غیرمستقیم)، که به نوع رادیونوکلئید، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و راه ورود ماده پرتوزا به بدن و زمان t بستگی دارد.

اندازه‌گیری با روش‌های غیرمستقیم

۵-۳-

اندازه‌گیری برای تعیین وجود ماده پرتوزا و یا تخمین مقدار ماده پرتوزای موجود در نمونه‌های دفعی و یا در سایر نمونه‌های بیولوژیکی خارج شده از بدن.

اندازه‌گیری با روش‌های مستقیم

۶-۳-

اندازه‌گیری مواد پرتوزا در بدن انسان با استفاده از ابزاری که پرتوهای ساطع شده از این مواد را در بدن آشکارسازی می‌کنند.

شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	صفحه: ۲	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز
بازنگری:	کل صفحات: ۱۸	

۷-۳- پرتوزایی

کمیت A، برای مقداری از رادیونوکلئید در تراز انرژی و زمان معین که به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$A = \frac{dN}{dt}$$

که در آن dN ارزش انتظاری تعداد واپاشی خودبه‌خود هسته در تراز انرژی معین و در زمان dt می باشد. یکای پرتوزایی در سیستم SI عکس ثانیه (1/s) است که بکرل (Bq) نامیده می شود.

۸-۳- پرتوگیری

عمل یا شرایط قراردادن یا قرارگرفتن در معرض تابش پرتو. پرتوگیری می‌تواند شامل پرتوگیری خارجی (از منابع خارج از بدن) یا پرتوگیری داخلی (از منابع داخل بدن) باشد. پرتوگیری را می‌توان به صورت پرتوگیری عادی یا پرتوگیری بالقوه، و یا به صورت پرتوگیری شغلی، پزشکی و مردم، و در شرایط مداخله، به صورت پرتوگیری اورژانس یا ممتد طبقه‌بندی نمود. عبارت پرتوگیری در دزیمتری پرتوها برای بیان میزان یونسازی توسط پرتوها در هوا به کار می‌رود.

۹-۳- پرتوگیری بالقوه

پرتوگیری که در شرایط عادی انتظار آن نمی‌رود، ولی ممکن است در اثر وقوع سانحه در منبع و یا پیامد وقایع مختلف نظیر نقص فنی تجهیزات یا اشتباه انسانی رخ دهد.

۱۰-۳- پرتوگیری شغلی

پرتوگیری کارکنان به‌هنگام کار، به‌جز مواردی که به موجب بندهای ۲-۷ و ۶-۱-۷ استانداردهای پایه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز و ایمنی منابع پرتو، مستثنی یا خارج از شمول باشند.

۱۱-۳- پرتوهای یونساز

از دیدگاه حفاظت در برابر اشعه به پرتوهایی اطلاق می‌گردد که بتوانند در مواد بیولوژیکی یونسازی کنند.

۱۲-۳- تورن

منظور رادن ۲۲۰ است.

۱۳-۳- چشمه باز

مواد پرتوزایی که تعریف چشمه بسته برای آن‌ها صدق نکند.

۱۴-۳- چشمه بسته

ماده پرتوزایی که درون یک محفظه مسدود جای‌گرفته، یا ذرات آن کاملاً به‌هم متصل و جامد باشند، به‌طوری‌که در اثر فرسایش یا اشتباهات قابل پیش‌بینی، مواد پرتوزا در کاربرد مورد نظر نشت نکنند.

۱۵-۳- حد دز

مقدار دز مؤثر یا دزمعادل افراد ناشی از فعالیت پرتوی کنترل‌شده است که نباید از آن تجاوز شود.

۱۶-۳- حد سالانه ورود مواد پرتوزا به بدن

میزان ورود رادیونوکلئید به بدن شخص استاندارد از راه‌های تنفس، بلع و پوست در طول سال که منجر به دز اجباری برابر با حد دز مربوطه گردد. این میزان برحسب یکای پرتوزایی بیان می‌گردد.

۱۷-۳- دختران تورن

رادیونوکلیدهای با نیمه‌عمر کوتاه ناشی از واپاشی تورن.

شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	صفحه: ۳	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز
بازنگری:	کل صفحات: ۱۸	

۱۸-۳- دز

معیاری برای بیان دریافت یا جذب پرتو که برحسب مورد، توسط کمیت‌هایی نظیر دز جذبی، دز عضو، دز معادل، دز مؤثر، دز معادل اجباری یا دز مؤثر اجباری به کار می‌رود. در اغلب موارد، عبارات مکمل مربوط به دز در صورت غیرضروری بودن حذف می‌گردند.

۱۹-۳- دز معادل

کمیت $H_{T,R}$ که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$H_{T,R} = D_{T,R} \times W_R$$

که در آن $D_{T,R}$ میانگین دز جذبی از پرتو R در عضو یا بافت T و W_R ضریب وزنی پرتو R است. در صورتی که میدان پرتو ترکیبی از پرتوها با مقادیر مختلف W_R باشد، دز معادل برابر است با:

$$H_T = \sum_R D_{T,R} \times W_R$$

یکای دز معادل J/kg است که سیورت (Sv) نامیده می‌شود.

۲۰-۳- دز مؤثر

کمیت E که به صورت مجموع حاصلضرب دزهای معادل هر بافت در ضریب وزنی بافت مربوطه تعریف می‌شود:

$$E = \sum_T W_T \times H_T$$

که در آن H_T دز معادل در بافت T و W ضریب وزنی بافت T است. از تعریف دز معادل رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$E = \sum_T W_T \times \sum_R W_R \times D_{T,R}$$

که در آن $D_{T,R}$ میانگین دز جذبی از پرتو R در عضو یا بافت T و W_R ضریب وزنی پرتو R است. یکای دز مؤثر J/kg است که سیورت (Sv) نامیده می‌شود.

۲۱-۳- دز مؤثر اجباری

کمیت $E(\tau)$ که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E(\tau) = \sum_T W_T \times H_T(\tau)$$

که در آن $H_T(\tau)$ دز معادل اجباری در بافت T در مدت زمان τ و W_T ضریب وزنی بافت T است. اگر τ مشخص نباشد، مقدار آن را برای بزرگسالان ۵۰ سال و برای کودکان ۷۰ سال در نظر می‌گیرند.

۲۲-۳- دفع

خروج بیولوژیکی رادیونوکلیدها از بدن از راه ادرار و یا مدفوع.

۲۳-۳- ضریب دز

عبارتند از دز مؤثر اجباری بر واحد مقدار ماده پرتوزای وارد شده به بدن از طریق استنشاق ($e(g)_{inh}$) یا از طریق بلع ($e(g)_{ing}$).

صفحه: ۴	شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی
کل صفحات: ۱۸	صفر	پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز

عناصر ترانس اورانیوم - ۲۴-۳

عناصر با عدد اتمی بیشتر از عدد اتمی اورانیوم، یعنی بیشتر از ۹۲.

غلظت تعیین شده در هوا - ۲۵-۳

این کمیت (DAC) مربوط به غلظت یک رادیونوکلئید معین در هوا است که به وسیله یک مدل مناسب برای ثابت نگه داشتن غلظت اکتیویته آن رادیونوکلئید (بکرل بر متر مکعب) در هوا بدست آمده است، اگر این غلظت توسط انسان مرجع ظرف ۲۰۰۰ ساعت از کارسالانه تحت شرایط فعالیت بدنی سبک تنفس شود (با میزان تنفس ۱/۲ متر مکعب در ساعت)، به استنشاق حدسالانه درون جذب منجر می شود. به غلظتی که ظرف ۲۰۰۰ ساعت قرارگرفتن در هوا، به تابش دهی هر اندام یا بافت تا حد معین بیانجامد نیز اطلاق می شود.

معدن یا آسیاب فرابری کانه‌های پرتوزا - ۲۶-۳

تأسیسات معدن کاری، آسیاب کردن و فرابری کانه‌های حاوی رادیونوکلئیدهای زنجیره‌های اورانیم و توریم. معدن کانه‌های پرتوزا به معدنی اطلاق می‌شود که محصول آن شامل کانه‌های حاوی رادیونوکلئیدهای زنجیره اورانیم یا توریم باشد، خواه مقدار یا غلظت آن‌ها جهت استخراج کافی بوده و یا مقدار یا غلظت آن‌ها در کانه مورد نظر در حدی باشد که مستلزم رعایت معیارهای حفاظت در برابر اشعه واحد قانونی باشد. آسیاب فرابری کانه‌های پرتوزا به تجهیزاتی اطلاق می‌شود که بنا به تعریف، به‌منظور تهیه کنسانتره فیزیکی یا شیمیایی از معادن به کار می‌روند.

مونیتورینگ - ۲۷-۳

اندازه‌گیری میزان دز یا آلودگی به‌منظور ارزیابی یا کنترل پرتوگیری از پرتوها یا مواد پرتوزا و تفسیر نتایج آن.

ناحیه تحت نظارت - ۲۸-۳

به هر ناحیه‌ای که تحت کنترل نباشد لیکن شرایط پرتوگیری شغلی در آن تحت نظارت باشد، اطلاق می‌گردد. در این ناحیه معمولاً نیازی به اجرای مقررات ایمنی و اقدامات حفاظتی ویژه نیست.

ناحیه کنترل شده - ۲۹-۳

هر ناحیه‌ای که در آن معیارهای حفاظتی ویژه و مقررات ایمنی به دلایل زیر انجام گرفته و یا مورد نیاز باشد به منظور:

الف- کنترل پرتوگیری یا جلوگیری از گسترش آلودگی در شرایط عادی کار.

ب- جلوگیری یا محدود کردن گستره پرتوگیری‌های بالقوه.

ورود مواد پرتوزا به بدن - ۳۰-۳

مقدار ماده پرتوزا که از راه تنفس یا بلع یا پوست وارد بدن شود. این اصطلاح به فرآیند مربوطه نیز اطلاق می‌گردد.

Luminizing - ۳۱-۳

صنعت شب‌نما دار کردن محصولات مصرفی بوسیله رادیوم و تریتمیم.

۴- مسئولیت‌ها

این راهنما در مراکزی که با چشمه‌های باز فعالیت می‌کنند، به کار می‌رود.

۵- کمیت‌های دزیمتری

شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	صفحه: ۵
بازنگری: صفر	کل صفحات: ۱۸

کمیت‌هایی که در استانداردهای پایه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز و ایمنی منابع پرتو برای بیان دز ناشی از ورود مواد پرتوزا به بدن برای اهداف حفاظت رادیولوژیکی استفاده می‌شوند، عبارتند از دز موثر E و دز معادل H_T در بافت یا عضو T . کمیت اولیه برای ارزیابی دز داخلی، مقدار ماده پرتوزایی است که از راه تنفس، بلع یا پوست وارد بدن می‌شود. با استفاده از ضریب دز رادیونوکلیئید j $e(g)_{j,ing}$ ضریب دز برای ورود ماده پرتوزا به بدن از طریق بلع و $e(g)_{j,inh}$ ضریب دز برای ورود ماده پرتوزا به بدن از طریق استنشاق است) می‌توان دز موثر اجباری را با استفاده از میزان ماده پرتوزای واردشده به بدن محاسبه کرد. دوره زمانی که در آن دز موثر اجباری ارزیابی می‌شود بدون توجه به سن پرتوکار در زمان ورود ماده پرتوزا به بدن ۵۰ سال است.

در مواردی که پرتوگیری، ناشی از استنشاق و یا بلع یک نوع رادیونوکلیئید است و هیچ‌گونه پرتوگیری خارجی وجود ندارد، حد متناظر با حد دز L برای ورود ماده پرتوزا به بدن که با نماد I_{jL} نمایش داده می‌شود به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{jL} = \frac{L}{e(g)_j}$$

دز موثر کل مجموع دز ناشی از پرتوگیری داخلی و همچنین پرتوگیری خارجی است. به‌منظور برآورد مقدار ماده پرتوزای واردشده به بدن جهت ارزیابی دز، لازم است میزان ماده پرتوزای موجود در بدن یا آهنگ دفع آن، M ، بر $m(t)$ (ابقاً) تقسیم گردد:

$$Intake = \frac{M}{m(t)}$$

در صورتی که در محاسبات به‌جای میزان ماده پرتوزای واردشده به بدن^۱، از میزان ماده پرتوزای موجود در بدن (M) استفاده شود، دز موثر اجباری به میزان زیادی پایین‌تر تخمین زده خواهد شد. در صورت لزوم، احتمال استنشاق رادیونوکلیئیدها باید به‌وسیله اندازه‌گیری میزان پرتوزایی در نمونه‌های هوا ارزیابی شود. غلظت تعیین‌شده در هوا $(DAC)^2$ عبارت است:

$$DAC = \frac{I_{j,inh,L}}{2000 \times 1.2}$$

که در آن $I_{j,inh,L}$ حد سالانه ورود ماده پرتوزا به بدن از طریق تنفس برای رادیونوکلیئید مشخص j است که منجر به دز اجباری برابر با حد دز مربوطه (L) می‌گردد. اگر این غلظت (DAC) توسط انسان مرجع ظرف ۲۰۰۰ ساعت از کار سالانه تحت شرایط فعالیت بدنی سبک تنفس شود (با میزان تنفس ۱/۲ متر مکعب در ساعت)، به استنشاق حد سالانه درون جذب منجر می‌شود.

¹ Intake

² Derived Air Concentration

شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	صفحه: ۶	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز
بازنگری:	کل صفحات: ۱۸	

برای مثال برای استنشاق ^{137}Cs بصورت ذرات معلق با قطر متوسط آیرودینامیکی (AMAD) $5 \mu\text{m}$ میکرومتر، $e(g)_{j,inh}$ برابر $6.7 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq}$ است، با فرض آنکه حد دز (L) 20 میلی سیورت باشد:

$$I_{j,inh,L} = \frac{0.02}{6.7 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^6 \text{ Bq}$$

9

$$DAC = \frac{3 \times 10^6}{2000 \times 1.2} = 1.3 \times 10^3 \text{ Bq} / m^3$$

که در عمل جزء اعشاری آن حذف و مقدار DAC $1 \times 10^3 \text{ Bq} / m^3$ در نظر گرفته می‌شود.

۶- جنبه‌های ویژه برنامه مونیتورینگ در ارتباط با ارزیابی پرتوگیری داخلی

۱-۶ اهداف کلی:

هدف کلی برنامه‌های مونیتورینگ، ارزیابی شرایط محل کار و پرتوگیری‌های فردی است. ارزیابی دز پرتوکارانی که به‌طور مداوم و یا بالقوه در معرض پرتوگیری ناشی از ورود ماده پرتوزا به بدن هستند، بخش عمده‌ای از برنامه حفاظت در برابر اشعه را تشکیل می‌دهد.

۲-۶ ارزیابی دز فردی:

در بسیاری از مواقع، مونیتورینگ محل کار بخشی از برنامه حفاظت رادیولوژیکی است که برای اطمینان از رضایت‌بخش بودن شرایط محیط کار و به‌عنوان تکمیل‌کننده مونیتورینگ فردی لازم است اجرا شود. این روش در مکان‌هایی که میزان آلودگی کم است نیز استفاده می‌گردد، به‌عنوان مثال در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی که از مقادیر کم ردیاب پرتوزا (tracer) استفاده می‌کنند. مونیتورینگ فردی برای تخمین دز ناشی از ورود ماده پرتوزا به بدن شامل یک و یا تعدادی از روش‌های زیر است:

- ۱- اندازه‌گیری‌های مداوم رادیونوکلئیدها در کل بدن یا در یک اندام خاص،
- ۲- اندازه‌گیری رادیونوکلئیدها در نمونه‌های بیولوژیکی مثل نمونه‌های دفعی و یا تنفسی،
- ۳- اندازه‌گیری رادیونوکلئیدها در نمونه‌های فیزیکی مثل فیلتر نمونه‌گیرهای ثابت هوا یا فردی یا نمونه‌های برداشته شده از سطوح (smear).

این اندازه‌گیری‌ها برای محاسبه ورود ماده پرتوزا به بدن استفاده می‌شود که با ضرب این مقدار در ضریب دز مناسب، می‌توان دز موثر اجباری را برآورد کرد. ضریب دز برای محدوده وسیعی از رادیونوکلئیدها در استانداردهای پایه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز و ایمنی منابع پرتو داده شده است و برای تعدادی از رادیونوکلئیدها نیز در جدول ۳ این راهنما آورده شده است.

۳-۶ نیاز به مونیتورینگ:

نیاز به مونیتورینگ فردی و یا مونیتورینگ محیطی برای پرتوگیری داخلی، براساس عواملی مانند مقدار و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی ماده پرتوزا، نوع محفظه‌های پوششی به کار رفته، عملیات انجام شده، شرایط عمومی محل کار و احتمال فراتر رفتن ورود ماده پرتوزا به بدن از حدود از پیش تعیین شده مشخص می‌شود. به‌عنوان

صفحه: ۷	شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی
کل صفحات: ۱۸	صفر	پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز

مثال، پرتوکارانی که با چشمه‌های بسته و یا چشمه‌های باز در محفظه‌های مطمئن، نظیر جعبه‌های دستکش‌دار و هات‌سل، سر و کار دارند، ممکن است به مونیتورینگ پرتوگیری خارجی نیاز داشته باشند، ولی لزوماً به مونیتورینگ پرتوگیری داخلی نیاز ندارند. برعکس، پرتوکارانی که با رادیونوکلئیدهایی مانند ^{125}I ، تریتیوم و ^{239}Pu کار می‌کنند، ممکن است به مونیتورینگ پرتوگیری خارجی نیاز نداشته ولی به مونیتورینگ پرتوگیری داخلی نیاز داشته باشند.

مونیتورینگ دوره‌ای برای افرادی که در مناطق کنترل شده کار می‌کنند و احتمال ورود مقدار قابل توجهی ماده پرتوزا به بدن آن‌ها وجود دارد، انجام می‌شود. در صورتی که امکان فراتر رفتن دز موثر اجباری در اثر ورود سالانه مواد پرتوزا، از میزان ۱ میلی‌سیورت وجود نداشته باشد، می‌توان از دزیمتری محل کار برای ارزیابی پرتوگیری داخلی استفاده کرد.

اهم مواردی که برطبق تجربیات، لازم است به مونیتورینگ دوره‌ای افراد برای پرتوگیری داخلی توجه گردد، به شرح زیر است:

- ۱- کارکردن با مواد گازی شکل و یا مواد فرار مثل تریتیوم و ترکیبات آن در فرآیندهای تولید در حجم زیاد، در رآکتورهای آب سنگین و یا در صنعت تولید محصولات که با استفاده از رادیوم و تریتیوم شب‌نما هستند؛
 - ۲- فرآوری پلوتونیوم و سایر عناصر ترانس اورانیوم؛
 - ۳- معدن‌کاری، آسیاب و فرآوری کانه‌های توریم و استفاده از توریم و ترکیبات آن (توریم هم در نتیجه گرد و غبار پرتوزا منجر به پرتوگیری داخلی می‌شود و هم در نتیجه تورن (^{220}Rn) و دخترهایش)؛
 - ۴- معدن‌کاری، آسیاب و بازیافت کانه اورانیوم با درجه‌های خلوص بالا؛
 - ۵- فرآوری اورانیوم طبیعی و یا با درجه غنای کم و تولید سوخت رآکتور؛
 - ۶- تولید رادیوایزوتوپ‌ها در حجم زیاد؛
 - ۷- کار در معادن و یا سایر مکان‌هایی که میزان رادن بیش از آستانه اقدام تعیین شده باشد؛
 - ۸- کار با مقادیر زیاد رادیوداروها، مثل ^{131}I در ید درمانی؛
 - ۹- تعمیر و نگهداری رآکتورها که می‌تواند منجر به پرتوگیری ناشی از محصولات شکافت و فعال سازی شود.
- مونیتورینگ فردی برای برخی از رادیونوکلئیدها ممکن است به علت نوع تابش ساطع شده و همچنین کم بودن حساسیت آشکارسازی روش‌های مونیتورینگ، امکان‌پذیر نباشد. در چنین مواقعی باید از مونیتورینگ محیطی استفاده شود. برای رادیونوکلئیدهایی مانند تریتیوم، مونیتورینگ فردی از حساسیت بیشتری نسبت به مونیتورینگ محیطی برخوردار است.
- در فعالیت‌های جدید نیز ممکن است مونیتورینگ فردی نیاز باشد و باید مورد توجه قرار گیرد. با افزایش تجربه در محل کار و بهبود روش‌های کاری، نیاز به مونیتورینگ فردی دوره‌ای می‌تواند مورد بازبینی قرار گیرد. مونیتورینگ محیطی ممکن است برای اهداف حفاظت رادیولوژیکی کافی باشد.

۷- معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی

بر اساس بند ۶-۲-۷-۵ استانداردهای پایه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز و ایمنی منابع پرتو، کارفرمایان باید کارکنانی که در معرض پرتوگیری داخلی هستند (حتی آن‌هایی که ماسک تنفسی دارند) را مشخص کنند و به منظور بررسی کارایی سیستم‌های حفاظتی، ارزیابی مقدار ورود مواد پرتوزا به بدن یا دز اجباری، برنامه مونیتورینگ مناسب اجرا نمایند. به منظور تعیین لزوم مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی باید عوامل متعددی از جمله میزان ماده پرتوزای موجود، سمیت پرتوی آن و ماهیت عملیات در نظر گرفته شود.

صفحه: ۸	شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی
کل صفحات: ۱۸	صفر	پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز

جهت برآورد لزوم مونیتورینگ فردی براساس احتمال دز مؤثر اجباری یک میلی‌سیورت یا بیشتر از آن در سال، باید ضرایب متعددی شامل موارد زیر در نظر گرفته شود:

۱- ضریب ایمنی فرم فیزیکی (f_{fs}) که براساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ماده پرتوزا تعیین می‌شود. در بیشتر موارد، f_{fs} برابر ۰/۰۱ در نظر گرفته می‌شود (برای اطلاعات بیشتر به مرجع ۲ در مدارک مرتبط رجوع شود).

۲- ضریب ایمنی نوع عملیات (f_{hs}) که براساس نوع عملیات و فرم ماده پرتوزا تعیین می‌گردد.

۳- ضریب ایمنی حفاظتی (f_{ps}) که براساس تجهیزات حفاظتی دائمی آزمایشگاه (مانند جعبه دستکش‌دار و هود خلأ) تعیین می‌شود.

با وجود آن‌که وسایل حفاظت فردی مانند ماسک‌های صورت از تجهیزات ایمنی می‌باشند، در تصمیم‌گیری درباره لزوم مونیتورینگ فردی در نظر گرفته نمی‌شوند

مقادیر پیشنهادی f_{ps} و f_{hs} به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ داده شده‌است. فرم ماده پرتوزا (به‌طور مثال مایع فرار و پودر) به‌طور مستقیم در f_{fs} و به‌طور غیرمستقیم در کارایی وسایل حفاظتی (f_{ps} یا f_{hs}) در نظر گرفته می‌شود.

ضریب تصمیم‌گیری d_j برای یک رادیونوکلئید معین در یک فعالیت مشخص به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_j = \frac{A_j e(g)_{j.inh} f_{fs} f_{hs} f_{ps}}{0.001}$$

که در آن A_j پرتوزایی کل رادیونوکلئید j است که در مدت یک سال در محیط کار وجود دارد، $e(g)_{j.inh}$ دز مؤثر اجباری به ازای یکای پرتوزایی ماده وارد شده به بدن از طریق استنشاق رادیونوکلئید j (Sv/Bq) (جدول ۴ استانداردهای پایه حفاظت در برابر پرتوهای یونساز و ایمنی منابع پرتو، به‌طور معمول برای محل کار $AMAD$ ، ۵ میکرومتر در نظر گرفته می‌شود) و ضریب ۰/۰۰۱ ضریب تبدیل سیورت به میلی‌سیورت است. اگر مقدار پیش‌فرض f_{fs} ، ۰/۱ باشد رابطه بالا به شکل ساده زیر تبدیل می‌شود:

$$d_j = 10 A_j e(g)_{j.inh} f_{hs} f_{ps}$$

ضریب تصمیم‌گیری D برای تمام رادیونوکلئیدها در محل کار برابر خواهد بود با:

$$D = \sum_j d_j$$

اگر D برابر یا بزرگتر از یک باشد، نشان‌دهنده نیاز به مونیتورینگ فردی است. در صورتی که D کوچکتر از یک باشد احتمالاً مونیتورینگ فردی نیاز نخواهد بود.

در صورتی که در محیط کار بیشتر از یک نوع ماده پرتوزا وجود دارد، تصمیم‌گیری برای انجام مونیتورینگ فردی برطبق معیارهای زیر صورت می‌گیرد:

- برای مواد پرتوزایی که $d_j \geq 1$ است مونیتورینگ فردی الزامی است.
 - در صورتی که $D \geq 1$ باشد برای مواد پرتوزایی که $d_j \geq 0.3$ است باید مونیتورینگ انجام شود.
 - مونیتورینگ ماده پرتوزایی که d_j آن بسیار کوچکتر از ۰/۱ باشد الزامی نیست.
- مثالی در این رابطه در پیوست ۲ آورده شده است.

شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	صفحه: ۹	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز
بازنگری: صفر	کل صفحات: ۱۸	

۸- مستندات مرتبط

- 1) Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides, Safety Standards Series, No.RS-G-1.2, IAEA, Vienna (1999).
- 2) HUDSON, A.P., SHAW, J., Categorization and Designation of Working Areas in which Unsealed Radioactive Materials are Used, NRPB-M443, National Radiation Protection Board, Chilton (1993).

۳) حفاظت در برابر پرتوهای یونساز و ایمنی منابع پرتو - استانداردهای پایه ، استاندارد ملی ایران.

۹- سوابق

مورد ندارد.

صفحه: ۱۰	شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی
کل صفحات: ۱۸	صفر	پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز
	بازنگری:	

۱۰- تاریخچه

ردیف	تغییر از ویرایش... به ویرایش...	شرح تغییرات (صفحه/پاراگراف/تغییر)	تاریخ اجرا

صفحه: ۱۱	شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی
کل صفحات: ۱۷	بازنگری: صفر	پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز

پیوست ۱ - جدول‌ها

جدول ۱- ضریب ایمنی نوع عملیات

ضریب ایمنی نوع عملیات (f_{hs})	فرآیند
۰/۰۱	نگهداری (ذخیره کردن محلول‌ها)
۰/۱	عملیات ساده‌ای که در آن از مواد مرطوب استفاده می‌شود
۱	عملیات شیمیایی عادی
۱۰	عملیات شیمیایی که در آن از مواد مرطوب استفاده می‌شود و احتمال پخش این مواد وجود دارد
۱۰	عملیات ساده‌ای که در آن از مواد خشک استفاده می‌شود
۱۰۰	به‌کارگیری ترکیب‌های فرار
۱۰۰	عملیاتی که در آن از مواد خشک و پودرمانند استفاده می‌شود

جدول ۲- ضریب ایمنی حفاظتی

ضریب ایمنی حفاظتی (f_{ps})	وسایل حفاظتی
۱	عملیاتی که بر روی میزهای آزمایشگاهی انجام می‌شود
۰/۱	هود خلأ
۰/۰۱	جعبه دستکش‌دار

جدول ۳- ضریب دز برای برخی رادیونوکلئیدها

Radionuclide	Type/Form	Inhalation		Ingestion	
		e(g) _{inh} (Sv/Bq)		f _i	e(g) _{ing} (Sv/Bq)
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm		
H-3	HTO	1.8×10^{-11b}		1	1.8×10^{-11}
	OBT	4.1×10^{-11b}		1	4.2×10^{-11}
	Gas	1.8×10^{-15b}			
C-14	Vapour	5.8×10^{-10b}		1	5.8×10^{-10}
	CO ₂	6.2×10^{-12b}			
	CO	8.0×10^{-13b}			
P-32	F	8.0×10^{-10}	1.1×10^{-9}	0.8	2.3×10^{-10}
	M	3.2×10^{-9}	2.9×10^{-9}		
Fe-55	F	7.7×10^{-10}	9.2×10^{-10}	0.1	3.3×10^{-10}
	M	3.7×10^{-10}	3.3×10^{-10}		
Fe-59	F	2.2×10^{-9}	3.0×10^{-9}	0.1	1.8×10^{-9}
	M	3.5×10^{-9}	3.2×10^{-9}		
Co-60	M	9.6×10^{-9}	7.1×10^{-9}	0.1	3.4×10^{-9}
	S	2.9×10^{-8}	1.7×10^{-8}	0.05	2.5×10^{-9}
Sr-85	F	3.9×10^{-10}	5.6×10^{-10}	0.3	5.6×10^{-10}
	S	7.7×10^{-10}	6.4×10^{-10}	0.01	3.3×10^{-10}
Sr-89	F	1.0×10^{-9}	1.4×10^{-9}	0.3	2.6×10^{-9}
	S	7.5×10^{-9}	5.6×10^{-9}	0.01	2.3×10^{-9}
Sr-90	F	2.4×10^{-8}	3.0×10^{-8}	0.3	2.8×10^{-8}
	S	1.5×10^{-7}	7.7×10^{-8}	0.01	2.7×10^{-9}
Zr-95	F	2.5×10^{-9}	3.0×10^{-9}	0.002	8.8×10^{-10}
	M	4.5×10^{-9}	3.6×10^{-9}		
	S	5.5×10^{-9}	4.2×10^{-9}		
Nb-95	M	1.4×10^{-9}	1.3×10^{-9}	0.01	5.8×10^{-10}
	S	1.6×10^{-9}	1.3×10^{-9}		
Ru-106	F	8.0×10^{-9}	9.8×10^{-9}	0.05	7.0×10^{-9}
	M	2.6×10^{-8}	1.7×10^{-8}		
	S	6.2×10^{-8}	3.5×10^{-8}		
Sb-125	F	1.4×10^{-9}	1.7×10^{-9}	0.1	1.1×10^{-9}
	M	4.5×10^{-9}	3.3×10^{-9}		
I-125	F	5.3×10^{-9}	7.3×10^{-9}	1.0	1.5×10^{-8}
	V	1.4×10^{-8b}			

ادامه جدول ۳- ضریب دز برای برخی رادیونوکلئیدها

Radionuclide	Type/Form	Inhalation		Ingestion	
		e(g) _{inh} (Sv/Bq)		f _i	e(g) _{ing} (Sv/Bq)
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm		
I-131	F	7.6×10^{-9}	1.1×10^{-8}	1.0	2.2×10^{-8}
	V	2.0×10^{-8b}			
Cs-134	F	6.8×10^{-9}	9.6×10^{-9}	1.0	1.9×10^{-8}
Cs-137	F	4.8×10^{-9}	6.7×10^{-9}	1.0	1.3×10^{-8}
Ce-144	M	3.4×10^{-8}	2.3×10^{-8}	5×10^{-4}	5.2×10^{-9}
	S	4.9×10^{-8}	2.9×10^{-8}		
Po-210	F	6.0×10^{-7}	7.1×10^{-7}	0.1	2.4×10^{-7}
	M	3.0×10^{-6}	2.2×10^{-6}		
Pb-210	F	8.9×10^{-7}	1.1×10^{-6}	0.2	6.8×10^{-7}
Ra-226	M	3.2×10^{-6}	2.2×10^{-6}	0.2	2.8×10^{-7}
Ra-228	M	2.6×10^{-6}	1.7×10^{-6}	0.2	6.7×10^{-7}
Th-228	M	3.1×10^{-5}	2.3×10^{-5}	5×10^{-4}	7.0×10^{-8}
	S	3.9×10^{-5}	3.2×10^{-5}	2×10^{-4}	3.5×10^{-8}
Th-232	M	4.2×10^{-5}	2.9×10^{-5}	5×10^{-4}	2.2×10^{-7}
	S	2.3×10^{-5}	1.2×10^{-5}	2×10^{-4}	9.2×10^{-8}
U-234	F	5.5×10^{-7}	6.4×10^{-7}	0.02	4.9×10^{-8}
	M	3.1×10^{-6}	2.1×10^{-6}	0.002	8.3×10^{-9}
	S	8.5×10^{-6}	6.8×10^{-6}		
U-235	F	5.1×10^{-7}	6.0×10^{-7}	0.02	4.6×10^{-8}
	M	2.8×10^{-6}	1.8×10^{-6}	0.002	8.3×10^{-9}
	S	7.7×10^{-6}	6.1×10^{-6}		
U-238	F	4.9×10^{-7}	5.8×10^{-7}	0.02	4.4×10^{-8}
	M	2.6×10^{-6}	1.6×10^{-6}	0.002	7.6×10^{-9}
	S	7.3×10^{-6}	5.7×10^{-6}		
Np-237	M	2.1×10^{-5}	1.5×10^{-5}	5×10^{-4}	1.1×10^{-7}
Np-239	M	9.0×10^{-10}	1.1×10^{-9}	5×10^{-4}	8.0×10^{-10}
Pu-238	M	4.3×10^{-5}	3.0×10^{-5}	5×10^{-4}	2.3×10^{-7}
	S	1.5×10^{-5}	1.1×10^{-5}	1×10^{-5}	8.8×10^{-9}
				1×10^{-4}	4.9×10^{-8}

ادامه جدول ۳ - ضریب دز برای برخی رادیونوکلئیدها

Radionuclide	Type/Form	Inhalation		Ingestion	
		e(g) _{inh} (Sv/Bq)		f _i	e(g) _{ing} (Sv/Bq)
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm		
Pu-239	M	4.7×10^{-5}	3.2×10^{-5}	5×10^{-4}	2.5×10^{-7}
	S	1.5×10^{-5}	8.3×10^{-6}	1×10^{-5} 1×10^{-4}	9.0×10^{-9} 5.3×10^{-8}
Pu-240	M	4.7×10^{-5}	3.2×10^{-5}	5×10^{-4}	2.5×10^{-7}
	S	1.5×10^{-5}	8.3×10^{-6}	1×10^{-5} 1×10^{-4}	9.0×10^{-9} 5.3×10^{-8}
Pu-241	M	8.5×10^{-7}	5.8×10^{-7}	5×10^{-4}	4.7×10^{-9}
	S	1.6×10^{-7}	8.4×10^{-8}	1×10^{-5} 1×10^{-4}	1.1×10^{-10} 9.6×10^{-10}
Am-241	M	3.9×10^{-5}	2.7×10^{-5}	5×10^{-4}	2.0×10^{-7}
Cm-242	M	4.8×10^{-6}	3.7×10^{-6}	5×10^{-4}	1.2×10^{-8}
Cm-244	M	2.5×10^{-5}	1.7×10^{-5}	5×10^{-4}	1.2×10^{-7}

جدول ۴- غلظت تعیین شده در هوا برای برخی رادیونوکلیدها

Radionuclide	Type/Form	DAC (Bq/m ³)		
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm	Gas/Vapour
H-3	HTO			5 × 10 ⁵
	OBT			2 × 10 ⁵
	Gas			5 × 10 ⁹
C-14	Vapour			1 × 10 ⁴
	CO ₂			1 × 10 ⁶
	CO			1 × 10 ⁷
P-32	F	1 × 10 ⁴	8 × 10 ³	
	M	3 × 10 ³	3 × 10 ³	
Fe-55	F	1 × 10 ⁴	9 × 10 ³	
	M	2 × 10 ⁴	3 × 10 ⁴	
Fe-59	F	4 × 10 ³	3 × 10 ³	
	M	2 × 10 ³	3 × 10 ³	
Co-60	M	9 × 10 ²	1 × 10 ³	
	S	3 × 10 ²	5 × 10 ²	
Sr-85	F	2 × 10 ⁴	1 × 10 ⁴	
	S	1 × 10 ⁴	1 × 10 ⁴	
Sr-89	F	8 × 10 ³	6 × 10 ³	
	S	1 × 10 ³	1 × 10 ³	
Sr-90	F	3 × 10 ²	3 × 10 ²	
	S	6 × 10 ¹	1 × 10 ²	
Zr-95	F	3 × 10 ³	3 × 10 ³	
	M	2 × 10 ³	2 × 10 ³	
	S	2 × 10 ³	2 × 10 ³	
Nb-95	M	6 × 10 ³	6 × 10 ³	
	S	5 × 10 ³	6 × 10 ³	
Ru-106	F	1 × 10 ³	9 × 10 ²	
	M	3 × 10 ²	5 × 10 ²	
	S	1 × 10 ²	2 × 10 ²	
Sb-125	F	6 × 10 ³	5 × 10 ³	
	M	2 × 10 ³	3 × 10 ³	

ادامه جدول ۴ - غلظت تعیین شده در هوا برای برخی رادیونوکلئیدها

Radionuclide	Type/Form	DAC (Bq/m ³)		
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm	Gas/Vapour
I-125	F	2×10^3	1×10^3	6×10^2
	V			
I-131	F	1×10^3	8×10^2	4×10^2
	V			
Cs-134	F	1×10^3	9×10^2	
Cs-137	F	2×10^3	1×10^3	
Ce-144	M	2×10^2	4×10^2	
	S	2×10^2	3×10^2	
Pb-210	F	9×10^0	8×10^0	
Ra-226	M	3×10^0	4×10^0	
Ra-228	M	3×10^0	5×10^0	
Th-228	M	3×10^{-1}	4×10^{-1}	
	S	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
Th-232	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
	S	4×10^{-1}	7×10^{-1}	
U-234	F	2×10^1	1×10^1	
	M	3×10^0	4×10^0	
	S	1×10^0	1×10^0	
U-235	F	2×10^1	1×10^1	
	M	3×10^0	5×10^0	
	S	1×10^0	1×10^0	
U-238	F	2×10^1	1×10^1	
	M	3×10^0	5×10^0	
	S	1×10^0	1×10^0	
Np-237	M	4×10^{-1}	6×10^{-1}	
Np-239	M	9×10^3	8×10^3	
Pu-238	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
	S	6×10^{-1}	8×10^{-1}	
Pu-239	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
	S	6×10^{-1}	1×10^0	

صفحه: ۱۷	شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی
کل صفحات: ۱۸	بازنگری: صفر	پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز

ادامه جدول ۴ - غلظت تعیین شده در هوا برای برخی رادیونوکلئیدها

Radionuclide	Type/Form	DAC (Bq/m ³)		
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm	Gas/Vapour
Pu-240	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
	S	6×10^{-1}	1×10^0	
Pu-241	M	1×10^1	1×10^1	
	S	5×10^1	1×10^2	
Am-241	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
Cm-242	M	2×10^0	1×10^0	
Cm-244	M	3×10^{-1}	5×10^{-1}	

صفحه: ۱۸	شماره شناسه: INRA-RP-RG-100-71/4-0-Far.1388	راهنمای ارزیابی نیاز به مونیتورینگ فردی
کل صفحات: ۱۸	صفر	پرتوگیری داخلی در کار با چشمه‌های باز

پیوست ۲ - مثال

در یک محل کار، عملیات شیمیایی عادی روی اکسید ^{239}Pu در هود خلأ انجام می‌شود. مقدار پیش فرض AMAD، ۵ میکرومتر و مقادیر f_{fs} ، f_{hs} و f_{ps} به ترتیب ۰،۰۱، ۱ و ۰،۱ در نظر گرفته می‌شود، در این صورت d برابر است با:

$$d_{Pu239} = 10A_{Pu239} \times 8.3 \times 10^{-6} \times 1 \times 0.1 = 8.3 \times 10^{-6} A_{Pu239}$$

اگر $d_{Pu239} \geq 1$ باشد مونیتورینگ فردی الزامی است. با فرض این که d_{Pu239} مساوی یک است می‌توان مقدار پرتوگیری که برای مقادیر بزرگتر از آن مونیتورینگ فردی الزامی است را محاسبه کرد:

$$d_{Pu239} = 1 \Rightarrow \frac{1}{8.3 \times 10^{-6}} = 1.2 \times 10^5 \text{ Bq}$$

در صورت کار با ^{137}Cs علاوه بر ^{239}Pu ، فاکتور تصمیم‌گیری آن برابر خواهد بود با:

$$d_{137Cs} = 6.7 \times 10^{-9} A_{Cs137}$$

که A_{Cs137} پرتوگیری ^{137}Cs در محل کار است. اگر شرط زیر برقرار باشد:

$$D = 8.3 \times 10^{-6} A_{Pu239} + 6.7 \times 10^{-9} A_{Cs137} \geq 1$$

مونیتورینگ فردی برای رادیونوکلئیدهایی که $d_j \geq 0.3$ است باید انجام شود که در این مثال باید A_{Pu239} بزرگتر از ۳۶ کیلوپیکرل و A_{Cs137} بزرگتر از ۴۵ مگابیکرل باشد. در صورتی که $D \geq 1$ باشد، برای A_{Pu239} کمتر از ۱۲ کیلوپیکرل و برای A_{Cs137} کمتر از ۱۵ مگابیکرل مونیتورینگ فردی نیاز نیست.