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

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

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

۱- هدف

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

۲- دامنه کاربرد

این راهنما در مراکزی که با چشمه‌های باز فعالیت می‌کنند و مشمول دریافت پروانه اشتغال هستند، قابل‌استفاده است.

۳- تعاریف

۳-۱- آستانه بررسی

مقداری ازیک کمیت مانند دزمؤثر، ورود مواد پرتوزا به بدن یا آلودگی در واحد سطح یا حجم است که برای مقادیر بیشتراز آن، باید بررسی لازم انجام گیرد.

۳-۲- آستانه ثبت

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

۳-۳- آلودگی

وجود ناخواسته مواد پرتوزا درون یا روی یک ماده یا بدن انسان یا هرجای دیگرکه می‌تواند زیان‌آور باشد.

۳-۴- ابقا

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 می شود (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.

۳-۵- اندازه‌گیری با روش‌های غیرمستقیم

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.

۳-۶- اندازه‌گیری با روش‌های مستقیم

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

۳-۷- پرتوزایی

کمیت A، برای مقداری از رادیونوکلئید درتراز انرژی و زمان معین که به‌صورت 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.

۳-۸- 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 به‌صورت پرتوگیری عادی یا پرتوگیری بالقوه، و یا به‌صورت 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.

۳-۹- پرتوگیری بالقوه

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

۳-۱۰- 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.

۳-۱۱- پرتوهای یونساز

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

۳-۱۲- تورن

منظور رادن ۲۲۰ است.

۳-۱۳- چشمه باز

موادپرتوزایی که تعریف چشمه بسته برای آن‌ها صدق نکند.

۳-۱۴- 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، موادپرتوزا در کاربرد مورد نظر نشت نکنند.

۳-۱۵- حد دز

مقدار دزمؤثر یا دزمعادل افراد ناشی از فعالیت‌پرتوی کنترل‌شده است که نباید از آن تجاوز شود.

۳-۱۶- 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.

۳-۱۷- دختران تورن

رادیونوکلیدهای با نیمه‌عمر کوتاه ناشی از واپاشی تورن.

۳-۱۸- دز

معیاری برای بیان دریافت یا جذب پرتو که برحسب مورد، توسط کمیت‌هایی نظیر دزجذبی، دزعضو، دز معادل، دز مؤثر، دز معادل اجباری یا دز مؤثر اجباری به‌کار می‌رود. در اغلب موارد، عبارات مکمل مربوط به دز درصورت غیرضروری بودن حذف می‌گردند.

۳-۱۹- دز معادل

کمیت $H_{T,R}$ که به‌صورت زیر تعریف می شود:

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

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. درصورتی 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.

۳-۲۰- دز موثر

کمیت E که به‌صورت 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 می شود:

$$E = \sum_T w_T \times \sum_R w_R \times D_{T,R}$$

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 می شود.

۳-۲۱- دز مؤثراجباری

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.

۳-۲۲- دفع

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

۳-۲۳- ضریب دز

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

۳-۲۴- عناصر ترانس اورانیوم

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

۳-۲۵- غلظت تعیین شده در هوا

این کمیت (DAC) مربوط به غلظت یک رادیونوکلئید معین در هوا است که به‌وسیله 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 تابش‌دهی هر اندام یا بافت تا حد معین بیانجامد نیز اطلاق می شود.

۳-۲۶- معدن یا آسیاب فرابری کانه‌های پرتوزا

تأسیسات معدن‌کاری، آسیاب‌کردن 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 به‌کار می‌روند.

۳-۲۷- مونیتورینگ

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

۳-۲۸- ناحیهٔ تحت نظارت

به هرناحیه‌ای که تحت‌کنترل نباشد لیکن شرایط پرتوگیری شغلی درآن تحت نظارت باشد، اطلاق می‌گردد. در این ناحیه معمولاً نیازی به اجرای مقررات ایمنی و اقدامات حفاظتی ویژه نیست.

۳-۲۹- ناحیهٔ کنترل‌شده

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 محدودکردن گستره پرتوگیری‌های بالقوه.

۳-۳۰- ورود موادپرتوزا به بدن

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

۳-۳۱- Luminizing

صنعت شب‌نمادارکردن محصولات مصرفی بوسیله رادیوم و تریتیم.

۴- مسئولیت‌ها

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

۵- کمیت‌های دزیمتری

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 رادیونوکلئید 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 ماده‌پرتوزا 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 ماده‌پرتوزا به بدن ۵۰ سال است.

در مواردی که پرتوگیری، ناشی از استنشاق و یا بلع یک نوع رادیونوکلئید 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 $m(t)$ (ابقا) تقسیم گردد:

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

در صورتی‌که در محاسبات به‌جای میزان ماده‌پرتوزای واردشده به بدن[1]، از میزان ماده پرتوزای موجود در بدن (M) استفاده شود، دز موثر اجباری به میزان زیادی پایین‌تر تخمین زده خواهدشد.

در صورت لزوم، احتمال استنشاق رادیونوکلئیدها 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 رادیونوکلئید 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 می شود.

---

[1] Intake
[2] Derived Air Concentration

برای مثال برای استنشاق ^{137}Cs بصورت ذرات معلق با قطر متوسط آیرودینامیکی (AMAD) ۵ میکرومتر، $e(g)_{j,inh}$ برابر 6.7×۱۰^{-۹} Sv/Bq است، با فرض آنکه حد دز (L) ۲۰ میلی سیورت باشد:

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

و

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

که در عمل جزء اعشاری آن حذف و مقدار DAC ۱×۱۰^{۳} Bq/m^3 در نظر گرفته می شود.

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

۶-۱ 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 ماده‌پرتوزا به بدن هستند، بخش عمده‌ای از برنامه حفاظت در برابر اشعه را تشکیل می‌دهد.

۶-۲ ارزیابی دز فردی:

در بسیاری از مواقع، مونیتورینگ محل‌کار بخشی از برنامه حفاظت رادیولوژیکی است که برای اطمینان از رضایت‌بخش بودن شرایط محیط‌کار 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 ماده‌پرتوزا 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 برداشته‌شده 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 برآوردکرد. 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 جدول۳ این راهنما آورده شده است.

۶-۳ نیاز به مونیتورینگ:

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

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 داشته‌باشند، ولی لزوما 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 قابل‌توجهی 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 گازی‌شکل و یا مواد فرار مثل تریتیم و ترکیبات آن در فرآیندهای تولید در حجم زیاد، در رآکتورهای آب سنگین و یا در صنعت تولید محصولاتی که با استفاده از رادیوم و تریتیم 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 (Rn^{220}) 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 تعیین‌شده باشد؛*

۸- *کار با مقادیر زیاد رادیوداروها، مثل I^{131} 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 ممکن‌است به‌علت 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 تریتیم، 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 قرارگیرد. با افزایش تجربه در محل‌کار و بهبود روش‌های کاری، نیاز به مونیتورینگ فردی دوره‌ای می‌تواند مورد بازبینی قرارگیرد. 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 به‌منظور بررسی کارآیی سیستم‌های حفاظتی، ارزیابی مقدار ورود موادپرتوزا به بدن یا دز اجباری، برنامه مونیتورینگ مناسب اجرا نمایند.

به‌منظور تعیین لزوم مونیتورینگ فردی پرتوگیری داخلی باید عوامل متعددی از جمله میزان مادۀپرتوزای موجود، سمیت پرتوی آن و ماهیت عملیات در نظر گرفته شود.

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 مادۀپرتوزا تعیین می‌شود. در بیشتر موارد، f_{fs} برابر ۰/۰۱ در نظر گرفته می شود (برای اطلاعات بیشتر به مرجع ۲ در مدارک مرتبط رجوع شود).

۲- ضریب ایمنی نوع عملیات (f_{hs}) که براساس نوع عملیات و فرم مادۀپرتوزا 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 دربارۀ لزوم مونیتورینگ فردی در نظرگرفته نمی‌شوند

مقادیر پیشنهادی f_{hs} و f_{ps} به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و۲ داده شده‌است. فرم مادۀپرتوزا (به‌طور مثال مایع فرار و پودر) به‌طور مستقیم در f_{fs} و بطور غیرمستقیم در کارآیی وسایل حفاظتی (f_{hs} یا f_{ps}) درنظرگرفته می‌شود.

ضریب تصمیم‌گیری dj برای یک رادیونوکلئید معین در یک فعالیت مشخص به‌صورت زیرتعریف می‌شود:

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

که در آن A_j پرتوزایی‌کل رادیونوکلئید j است که در مدت یک سال در محیط کار وجود دارد، $e(g)_{j,inh}$ دزمؤثراجباری به ازای یکای پرتوزایی مادۀ واردشده 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 میکرومتردر نظرگرفته می‌شود) و ضریب ۰/۰۰۱ ضریب تبدیل سیورت به میلی‌سیورت است. اگرمقدار پیش‌فرض f_{fs} ، ۰/۱ باشد رابطه بالا به شکل سادۀ زیر تبدیل می‌شود:

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

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

$$D = \sum_j d_j$$

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

در صورتی‌که در محیط کار بیشتر از یک نوع مادۀپرتوزا وجود دارد، تصمیم‌گیری برای انجام مونیتورینگ فردی برطبق معیارهای زیرصورت می‌گیرد:

- برای مواد پرتوزایی که $d_j \geq ۱$ است مونیتورینگ فردی الزامی است.
- درصورتی که $D \geq ۱$ باشد برای مواد پرتوزایی که $d_j \geq ۰/۳$ است باید مونیتورینگ انجام شود.
- مونیتورینگ مادۀ پرتوزایی که d_j آن بسیار کوچکتر از ۰/۱ باشد الزامی نیست.

مثالی در این رابطه در پیوست ۲ آورده شده است.

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.

۱۰- تاریخچه

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

پیوست ۱ – جدول‌ها

جدول ۱- ضریب ایمنی نوع عملیات

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

جدول۲- ضریب ایمنی حفاظتی

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

جدول ۳- ضریب دز برای برخی رادیونوکلئیدها

Radionuclide	Type/Form	Inhalation		Ingestion	
		$e(g)_{inh}$ (Sv/Bq)		f_1	$e(g)_{ing}$ (Sv/Bq)
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm		
H-3	HTO OBT Gas	1.8×10^{-11b} 4.1×10^{-11b} 1.8×10^{-15b}		1 1	1.8×10^{-11} 4.2×10^{-11}
C-14	Vapour CO_2 CO	5.8×10^{-10b} 6.2×10^{-12b} 8.0×10^{-13b}		1	5.8×10^{-10}
P-32	F M	8.0×10^{-10} 3.2×10^{-9}	1.1×10^{-9} 2.9×10^{-9}	0.8	2.3×10^{-10}
Fe-55	F M	7.7×10^{-10} 3.7×10^{-10}	9.2×10^{-10} 3.3×10^{-10}	0.1	3.3×10^{-10}
Fe-59	F M	2.2×10^{-9} 3.5×10^{-9}	3.0×10^{-9} 3.2×10^{-9}	0.1	1.8×10^{-9}
Co-60	M S	9.6×10^{-9} 2.9×10^{-8}	7.1×10^{-9} 1.7×10^{-8}	0.1 0.05	3.4×10^{-9} 2.5×10^{-9}
Sr-85	F S	3.9×10^{-10} 7.7×10^{-10}	5.6×10^{-10} 6.4×10^{-10}	0.3 0.01	5.6×10^{-10} 3.3×10^{-10}
Sr-89	F S	1.0×10^{-9} 7.5×10^{-9}	1.4×10^{-9} 5.6×10^{-9}	0.3 0.01	2.6×10^{-9} 2.3×10^{-9}
Sr-90	F S	2.4×10^{-8} 1.5×10^{-7}	3.0×10^{-8} 7.7×10^{-8}	0.3 0.01	2.8×10^{-8} 2.7×10^{-9}
Zr-95	F M S	2.5×10^{-9} 4.5×10^{-9} 5.5×10^{-9}	3.0×10^{-9} 3.6×10^{-9} 4.2×10^{-9}	0.002	8.8×10^{-10}
Nb-95	M S	1.4×10^{-9} 1.6×10^{-9}	1.3×10^{-9} 1.3×10^{-9}	0.01	5.8×10^{-10}
Ru-106	F M S	8.0×10^{-9} 2.6×10^{-8} 6.2×10^{-8}	9.8×10^{-9} 1.7×10^{-8} 3.5×10^{-8}	0.05	7.0×10^{-9}
Sb-125	F M	1.4×10^{-9} 4.5×10^{-9}	1.7×10^{-9} 3.3×10^{-9}	0.1	1.1×10^{-9}
I-125	F V	5.3×10^{-9} 1.4×10^{-8b}	7.3×10^{-9}	1.0	1.5×10^{-8}

ادامه جدول ۳- ضریب دز برای برخی رادیونوکلئیدها

Radionuclide	Type/Form	Inhalation		Ingestion	
		$e(g)_{inh}$ (Sv/Bq)		f_1	$e(g)_{ing}$ (Sv/Bq)
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm		
I-131	F V	7.6×10^{-9} 2.0×10^{-8b}	1.1×10^{-8}	1.0	2.2×10^{-8}
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 S	3.4×10^{-8} 4.9×10^{-8}	2.3×10^{-8} 2.9×10^{-8}	5×10^{-4}	5.2×10^{-9}
Po-210	F M	6.0×10^{-7} 3.0×10^{-6}	7.1×10^{-7} 2.2×10^{-6}	0.1	2.4×10^{-7}
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 S	3.1×10^{-5} 3.9×10^{-5}	2.3×10^{-5} 3.2×10^{-5}	5×10^{-4} 2×10^{-4}	7.0×10^{-8} 3.5×10^{-8}
Th-232	M S	4.2×10^{-5} 2.3×10^{-5}	2.9×10^{-5} 1.2×10^{-5}	5×10^{-4} 2×10^{-4}	2.2×10^{-7} 9.2×10^{-8}
U-234	F M S	5.5×10^{-7} 3.1×10^{-6} 8.5×10^{-6}	6.4×10^{-7} 2.1×10^{-6} 6.8×10^{-6}	0.02 0.002	4.9×10^{-8} 8.3×10^{-9}
U-235	F M S	5.1×10^{-7} 2.8×10^{-6} 7.7×10^{-6}	6.0×10^{-7} 1.8×10^{-6} 6.1×10^{-6}	0.02 0.002	4.6×10^{-8} 8.3×10^{-9}
U-238	F M S	4.9×10^{-7} 2.6×10^{-6} 7.3×10^{-6}	5.8×10^{-7} 1.6×10^{-6} 5.7×10^{-6}	0.02 0.002	4.4×10^{-8} 7.6×10^{-9}
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 S	4.3×10^{-5} 1.5×10^{-5}	3.0×10^{-5} 1.1×10^{-5}	5×10^{-4} 1×10^{-5} 1×10^{-4}	2.3×10^{-7} 8.8×10^{-9} 4.9×10^{-8}

ادامه جدول ۳- ضریب دز برای برخی رادیونوکلئیدها

Radionuclide	Type/Form	Inhalation		Ingestion	
		$e(g)_{inh}$ (Sv/Bq)		f_1	$e(g)_{ing}$ (Sv/Bq)
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm		
Pu-239	M S	4.7×10^{-5} 1.5×10^{-5}	3.2×10^{-5} 8.3×10^{-6}	5×10^{-4} 1×10^{-5} 1×10^{-4}	2.5×10^{-7} 9.0×10^{-9} 5.3×10^{-8}
Pu-240	M S	4.7×10^{-5} 1.5×10^{-5}	3.2×10^{-5} 8.3×10^{-6}	5×10^{-4} 1×10^{-5} 1×10^{-4}	2.5×10^{-7} 9.0×10^{-9} 5.3×10^{-8}
Pu-241	M S	8.5×10^{-7} 1.6×10^{-7}	5.8×10^{-7} 8.4×10^{-8}	5×10^{-4} 1×10^{-5} 1×10^{-4}	4.7×10^{-9} 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 رادیونوکلئیدها

Radionuclide	Type/Form	DAC (Bq/m^3)		
		AMAD = 1 μm	AMAD = 5 μm	Gas/Vapour
H-3	HTO OBT Gas			5×10^5 2×10^5 5×10^9
C-14	Vapour CO_2 CO			1×10^4 1×10^6 1×10^7
P-32	F M	1×10^4 3×10^3	8×10^3 3×10^3	
Fe-55	F M	1×10^4 2×10^4	9×10^3 3×10^4	
Fe-59	F M	4×10^3 2×10^3	3×10^3 3×10^3	
Co-60	M S	9×10^2 3×10^2	1×10^3 5×10^2	
Sr-85	F S	2×10^4 1×10^4	1×10^4 1×10^4	
Sr-89	F S	8×10^3 1×10^3	6×10^3 1×10^3	
Sr-90	F S	3×10^2 6×10^1	3×10^2 1×10^2	
Zr-95	F M S	3×10^3 2×10^3 2×10^3	3×10^3 2×10^3 2×10^3	
Nb-95	M S	6×10^3 5×10^3	6×10^3 6×10^3	
Ru-106	F M S	1×10^3 3×10^2 1×10^2	9×10^2 5×10^2 2×10^2	
Sb-125	F M	6×10^3 2×10^3	5×10^3 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 V	2×10^3	1×10^3	 6×10^2
I-131	F V	1×10^3	8×10^2	 4×10^2
Cs-134	F	1×10^3	9×10^2	
Cs-137	F	2×10^3	1×10^3	
Ce-144	M S	2×10^2 2×10^2	4×10^2 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 S	3×10^{-1} 2×10^{-1}	4×10^{-1} 3×10^{-1}	
Th-232	M S	2×10^{-1} 4×10^{-1}	3×10^{-1} 7×10^{-1}	
U-234	F M S	2×10^1 3×10^0 1×10^0	1×10^1 4×10^0 1×10^0	
U-235	F M S	2×10^1 3×10^0 1×10^0	1×10^1 5×10^0 1×10^0	
U-238	F M S	2×10^1 3×10^0 1×10^0	1×10^1 5×10^0 1×10^0	
Np-237	M	4×10^{-1}	6×10^{-1}	
Np-239	M	9×10^3	8×10^3	
Pu-238	M S	2×10^{-1} 6×10^{-1}	3×10^{-1} 8×10^{-1}	
Pu-239	M S	2×10^{-1} 6×10^{-1}	3×10^{-1} 1×10^0	

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 S	2×10^{-1} 6×10^{-1}	3×10^{-1} 1×10^{0}	
Pu-241	M S	1×10^{1} 5×10^{1}	1×10^{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}	

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 این‌صورت d برابر است با:

$$d_{Pu239} = 10A_{Pu239} \times 8.3\times10^{-6} \times 1 \times 0.1 = 8.3\times10^{-6} A_{Pu239}$$

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

$$d_{Pu239} = 1 \Rightarrow \frac{1}{8.3\times10^{-6}} = 1.2\times10^{5}\ Bq$$

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

$$d_{137Cs} = 6.7\times10^{-9} A_{Cs137}$$

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

$$D = 8.3\times10^{-6} A_{Pu239} + 6.7\times10^{-9} A_{Cs137} \geq 1$$

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