

Lección 12

Monitorización del lugar de trabajo en reactores nucleares



IAEA

International Atomic Energy Agency

Contenido

- Impacto del tipo de reactor, edad y estado.
- Vector de radionucleidos.
- MLT y desafíos en el reactor operativo.
- Ejemplos concretos.

Importancia del tipo de reactor

Diferentes tipos de reactores presentan desafíos diferentes.

- Reactores de agua presurizada: son el tipo más común de reactores. Campos de neutrones durante la operación, productos de corrosión, generador de vapor.

Importancia del tipo de reactor

- Reactores de agua pesada. Altas concentraciones de tritio – se puede medir cientos de DACs en el lugar de trabajo y miles de DACs en el caso de un pequeño derrame de agua del moderador.
- Reactor de agua en ebullición (BWR). La contaminación se puede encontrar en la turbina, ya que es parte del circuito primario.

Importancia del tipo de reactor

- En los reactores de agua ligera (PWR y BWR), la activación neutrónica del oxígeno en el agua del refrigerante produce ^{16}N , un emisor gamma de muy alta energía y de vida media corta, que puede causar tasas de dosis muy altas cerca del sistema primario cuando el reactor está operando.
- En los BWRs, el ^{16}N se puede transportar al edificio de la turbina dando por resultado la reflexión de radiación gamma por el aire (“sky shine”) que puede afectar otras áreas.

Importancia de la historia operativa del reactor

- El ^{16}N tiene una vida media muy corta y decae rápidamente después de la parada reduciendo la tasa de dosis externa cerca del sistema primario.
- Los neutrones están presentes durante la criticidad solamente.

Importancia de la historia operativa del reactor

Los reactores más antiguos pueden haber tenido fugas de elementos de combustible que podrían ocasionar:

- partículas con altos niveles de radiactividad “partículas calientes” en la planta;
- contaminación alfa en el sistema primario que puede ser blindada por depósitos subsecuentes, y
- contaminación excesiva con productos de corrosión radiactiva debido a la incorrecta elección de los materiales utilizados en los componentes del sistema.



IAEA

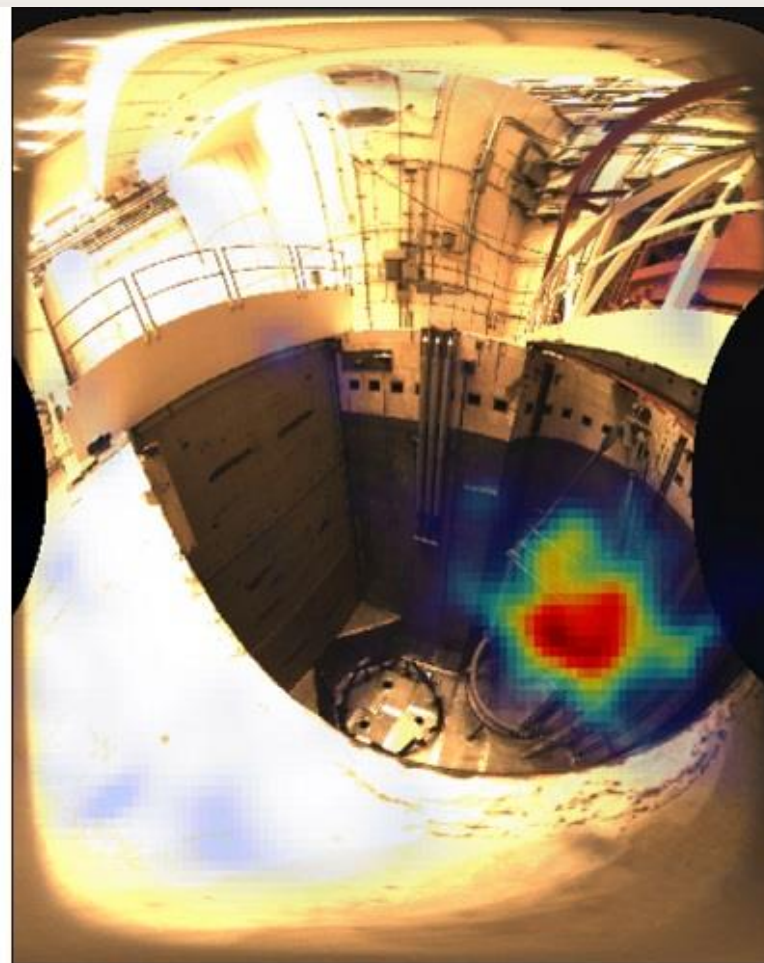
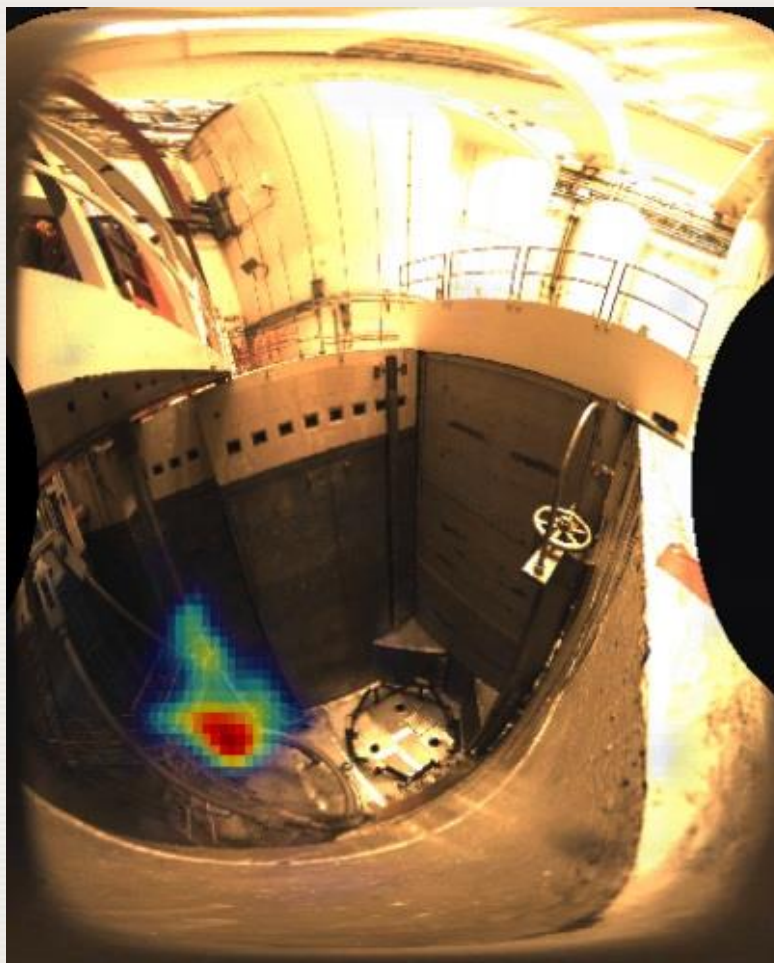
Campos de radiación gamma

Campos de radiación gamma se deben a:

- activación neutrónica de los sistemas y componentes del reactor: ^{60}Co , ^{54}Mn , y
- activación neutrónica y deposición de contaminantes (“*crud*” o incrustaciones de tuberías) en los sistemas primarios: productos de fisión en el sistema primario: ^{137}Cs .



Imagen de una gammacámara



Vector de contaminación

La caracterización debe utilizar espectrometría gamma y análisis radioquímico de muestras tomadas de todos los sistemas de la planta para identificar:

- el vector de radionucleidos en contaminantes típicos y la contribución a la dosis interna de radionucleidos no detectados normalmente por monitores de contaminación como ^{55}Fe , ^{14}C , y
- cualquier emisor alfa en la contaminación.

Contaminantes típicos

- La contaminación podría contener una serie de productos de fisión y activación.
- Generalmente los emisores beta de energía media están presentes y contribuyen más a la dosis interna: ^{90}Sr , ^{137}Cs y ^{60}Co .

Contaminantes típicos

Se puede detectar contaminación en una mezcla de emisores beta/gamma mediante:

- medidores de tasa de dosis, en caso de altos niveles de contaminación ($\mu\text{Sv/h}$ a mSv/h);
- monitores de contaminación beta, en caso de niveles moderados de contaminación (decenas o centenas de Bq/cm^2), y
- tubos G-M de ventana delgada, en caso de niveles bajos de contaminación ($1\text{-}10 \text{ Bq/cm}^2$).

Algunos radionuclídeos no son fáciles de detectar

- Emisores de partículas beta, rayos X o radiación gamma de baja energía, p. ej. ^3H , ^{14}C , ^{55}Fe .
- Emisores alfa pueden contribuir significativamente a la dosis interna.
- La contaminación alfa se limita a los circuitos primarios, incluyendo los generadores de vapor, pero también a componentes del sistema primario que se han desmantelado y a áreas de desecho.

Algunos radionuclídeos no son fáciles de detectar

- La determinación de la proporción actividad beta/gamma a alfa puede ser un método útil para identificar la significación radiológica.
- En una proporción de 3000 Bq* beta/gamma a 1 Bq alfa, aproximadamente el 50% de la dosis de inhalación será de alfa y 50% de beta/gamma.
- La necesidad de la monitorización de la contaminación alfa de la superficie y del aire es determinada por la presencia de radionucleidos de emisión alfa y por la proporción de beta/gamma a la actividad alfa.

Radionucleidos específicos

- Radionucleidos que podrían ser liberados de los elementos de combustible averiados: gases nobles: kriptón y xenón. Estos gases de vida media corta pueden causar contaminación del aire.
- Yodo: amplia gama de isotopos de vida media corta.
- Tritio - importante en reactores de agua pesada. No suelen estar en cantidades significativas en otros tipos de reactores.

MLT en un reactor operativo

- Monitorización rutinaria: Contaminación, tasa de dosis, verificación de niveles permitidos y ALARA.
- Monitorización relacionada a la tarea: monitorización para asegurar que las dosis sean ALARA, tanto antes como durante el trabajo.
- Monitorización especial: identificar dónde se debe colocar blindajes o durante investigaciones después de incidentes.

MLT en un reactor operativo

- Tasa de dosis: gamma, beta y de neutrones.
- Contaminación radioactiva: alfa, beta y gamma.
- Actividad volumétrica:
 - Yodo
 - Gases nobles
 - ^3H y ^{14}C (en algunos casos).

Equipo fijo de MLT

Se proporcionará una variedad de monitores gamma y de neutrones instalados en todo el reactor para:

- identificar condiciones anormales, p.ej. en el reactor o cuando el nivel de agua en la piscina de combustible gastado sea bajo, y
- que el equipo fijo mida tasas de dosis y las envíe a la sala de control.

Equipo fijo de MLT

Se proporcionará una variedad de monitores gamma y de neutrones instalados en todo el reactor para:

- monitorización en tiempo real del aire para yodo, gases nobles y partículas en suspensión para identificar condiciones anormales, y
- el proyecto de la planta debe incluir la especificación y ubicación de equipos fijos de MLT.

Equipo fijo de MLT

Dependiendo del tipo de reactor:

- monitores de tritio en aire (reactores de agua pesada), y/o
- monitores de emisores alfa en aire.
- Monitores portátiles se utilizan para tareas específicas, p. ej., parada del reactor y trabajos de mantenimiento.

Equipo fijo de MLT



Cortesía: Nucleonix

Monitor de aire en tiempo real



Monitor fijo de radiación gamma

Monitores portátiles - tasa de dosis gamma

Se necesitan equipos con un amplio rango de tasas de dosis gamma:

- tasas de dosis bajas: $\mu\text{Sv/h}$ (transporte de residuos);
- tasas de dosis durante las operaciones rutinarias, paradas y para mantener las dosis ALARA: $5 \mu\text{Sv/h}$ - 50 mSv/h , y
- tasas de dosis muy altas durante la operación de la planta en algunas partes no accesibles: $> \text{Sv/h}$.

Ejemplos de MLT para tasa de dosis

- Campos gamma isotrópicos uniformes; p.ej. alrededor de componentes del sistema del reactor o en una instalación de almacenamiento de residuos.
- Otras fuentes como tambores de desecho y tuberías (podrían ser visibles, aéreas o subterráneas).

Ejemplos de MLT para tasa de dosis

- Puntos calientes de contaminación atrapados en sistemas, componentes o en superficies, que son como fuentes puntuales.
- Tasas de dosis de neutrones a través de penetraciones.
- Tasas de dosis gamma bajo del agua en piscinas de combustible gastado.

Ejemplos de MLT para tasa de dosis

Tasas de dosis gamma se miden en sistemas durante la operación para identificar:

- fuentes de radiación para evitar la exposición;
- requisitos de blindaje temporario antes del trabajo de mantenimiento y para verificar las tasas de dosis después del blindaje temporario, y
- fuentes que deben eliminarse, por ejemplo, puntos calientes.

Ejemplos de MLT para tasa de dosis

- Tasa de dosis beta/gamma en la superficie interna de sistemas abiertos durante paradas o mantenimiento. Superficies internas pueden mostrar altas tasas de dosis (p. ej., después del drenaje de una cavidad).
- Altas tasas de dosis beta/gamma de fragmentos de combustible o contaminación después de un fallo de combustible.

Ejemplos de MLT para tasa de dosis

- Tasas de dosis beta/gamma muy altas de fuentes sumergidas (fragmentos de desechos/combustibles) en piscinas de combustible gastado.
- Tasa de dosis beta/gamma en la superficie de fuentes selladas utilizadas para verificación y calibración.

Monitores portátiles de tasa de dosis gamma



Cámara de ionización



Identificador



Teletector(*) -G-M



Espectrómetro gamma portátil



Monitor de tasa de dosis de neutrones

Desafíos en la medición de la tasa de dosis

- Monitorización remota de la tasa de dosis gamma.
- Medición de las tasas de dosis beta.
- Protección de los equipos contra la contaminación.
- Monitorización de la tasa de dosis gamma sumergido.



IAEA

Ejemplos de uso del teletector.

MLT para contaminación

Equipo para detectar la contaminación beta/gamma de energía moderada y alta:

- monitores de tasa de dosis de radiación beta/gamma para altos niveles de contaminación;
- centelleadores plásticos, contadores proporcionales y sondas G-M estándar para niveles moderados de contaminación, y
- contadores proporcionales o de centelleo para niveles bajos de contaminación, típicamente para la dispensa.

Equipo MLT para contaminación



Detector G-M "pancake"



Cámara de ionización



Detector "Pancake"



Sonda de centelleo para alfa

Desafíos en el MLT para contaminación

- Las altas tasas de dosis gamma de fondo alrededor de sistemas dentro del edificio de contención pueden impedir la monitorización directa de la contaminación beta/gamma,
- “Partículas calientes” deben detectarse lo antes posible.
- Partículas beta pueden ser fácilmente absorbidas, por lo tanto son difíciles de detectar.

Medición indirecta de contaminación

Hay una variedad de técnicas para medir contaminación radiactiva no fija:

- exploración para “partículas calientes” (p. ej. fragmentos de combustible o estellita activada), y
- frotador de área grande medida por un monitor de contaminación beta/gamma o monitor de tasa de dosis para confirmar (o no) la ausencia de contaminación no fija.

Medición indirecta de contaminación

- Frotador de área pequeña medida por monitor de contaminación beta/gamma o monitor de tasa de dosis para estimar los niveles de contaminación.
- Los frotadores pueden ser monitoreados para verificar también contaminación alfa.
- Los frotadores de área pequeña se pueden medir usando el equipo de conteo en el laboratorio si la actividad es suficientemente baja para evitar contaminar el equipo.

Medición indirecta de contaminación

Frotadores de área pequeña y grande son utilizados en objetos y superficies, especialmente pisos:

- antes de trabajar para comprobar los niveles de contaminación no fija;
- durante el trabajo para comprobar el nivel y la propagación de la contaminación, y
- después del trabajo para confirmar la ausencia de contaminación no fija.

Medición indirecta de contaminación

- Antes del envío, la superficie exterior de los envases debe ser monitoreada para confirmar la ausencia de contaminación no fija. El resultado de la monitorización debe registrarse.
- Herramientas y equipos que salen del área controlada deben ser monitoreados para confirmar la ausencia de contaminación no fija.
- La monitorización directa se puede realizar dondequiera que los niveles de radiación de fondo lo permitan.

Medición indirecta de contaminación

- Materiales de limpieza utilizados para limpieza y descontaminación de áreas grandes se pueden medir para verificar si hay contaminación.
- Las estereras pegajosas se pueden utilizar para capturar y medir partículas.
- Detectores G-M “*pancake*” pueden ser utilizados para identificar contaminación en las herramientas y en el equipo.

Ejemplos de medición indirecta



Ejemplos de como tomar muestras con frotador



Estera pegajosa



Monitor para medir frotadores

Espectrometría gamma y alfa

- La espectrometría gamma es necesaria para identificación de radionucleidos: para identificar la fuente de contaminación y para determinar las implicaciones dosimétricas.
- La espectrometría alfa se requiere para la identificación de emisores alfa - generalmente un servicio externo.



Espectrómetro gamma

MLT del aire

Beta/gamma:

- Muestreadores de aire fijos de medio a alto volumen son utilizados para el MLT rutinario.
- Muestreadores de aire portátiles de pequeño volumen son utilizados para tareas específicas y/o en áreas específicas (se detectan fácilmente DACs relativamente altos).
- Los filtros y cartuchos pueden ser medidos utilizando un monitor de contaminación portátil para indicar inmediatamente la contaminación.



MLT del aire

Alfa:

- Monitorización alfa requiere grandes volúmenes de aire y el uso de un contador para medir fracciones de valores de DAC.
- La interferencia de radón se discutió en la lección 6.

Ejemplos de equipos de MLT del aire



Monitor de aerosol portátil



Equipo de recuento



Filtros de aire - nuevos y usados

MLT del aire

Fallas de combustible pueden dar lugar a la liberación de gases nobles y radioisótopos de yodo que requieren una MLT adicional incluyendo:

- monitorización de aire adicional para gases nobles y yodo, y
- monitorización de aire para emisores alfa.

MLT del aire para ^3H

- El tritio puede propagarse fácilmente y dispersarse a partir de derrames de agua pesada.
- Los monitores portátiles de ^3H y los muestreadores pasivos se utilizan durante el trabajo con líquidos para identificar la presencia de tritio en el lugar de trabajo.
- Los monitores de ^3H fijos se utilizan para medir los niveles ambientales ^3H y detectar condiciones anormales.

MLT del aire para ^3H



Monitor ^3H fijo



Monitores portátiles de ^3H

Resumen

Discutimos:

- la importancia del tipo del reactor, edad y condición del sistema primario;
- el vector de radionucleidos;
- monitores fijos de tasa de dosis gamma y de aire, y
- tipos de equipos portátiles de monitorización para tasas de dosis, contaminación y actividad volumétrica.

Resumen

Discutimos:

- desafíos: radiación de fondo, partículas calientes, partículas beta blindadas, monitoreo remoto;
- monitorización del aire alfa, beta/gamma.
- Gases nobles, yodo y ^3H cuando sea necesario.

Muchas gracias por
vuestra atención y...

SE ABRE EL DEBATE