

32 Reunión Anual SNE. Tarragona 2006

17-08 ¿Es la dilución en formaciones naturales la solución para los desechos de material contaminado con óxidos de uranio enriquecido?

Guillermo Sánchez (gsl@fab.enusa.es) y Carlos Serrano
 ENUSA Industrias Avanzadas S.A. Fca. Juzbado. Apdo. 328. 37080 Salamanca

Resumen

El tratamiento final de los de desechos sólidos de material contaminado con sustancias radiactivas normalmente consiste en confinarlos de forma que tras un periodo de tiempo suficientemente largo, su actividad por desintegración radiactiva, decaiga a valores pequeños. Este criterio es lógico para los residuos radiactivos de media y baja actividad, RBMA, cuyos semiperiodos no exceden 30 años, para emisores beta-gamma, y que tras 300 años de almacenamiento reducirán su actividad a cantidades insignificantes. Sin embargo nos debemos plantear si este criterio es válido cuando nos referimos a contaminaciones por sustancias de periodos de semiperiodos extremadamente largos (millones de años). ¿Qué tipo de confinamiento garantiza que la sustancia permanecerá retenida un tiempo suficientemente largo para reducir su actividad a una fracción suficientemente pequeña? Por ejemplo: El U-235 tiene un semiperiodo de 700 millones años, para que su actividad se reduzca a la décima parte deberán transcurrir mas de 2300 millones de años. Parece obvio que ningún medio de confinamiento va permanecer estable tanto tiempo. Debemos explotar algunas de las ventajas de este tipo de isótopos: Su baja actividad específica y que existan lugares donde su presencia, de origen natural, es abundante. La dilución en este tipo de formaciones se presenta como la gestión más adecuada. Este criterio seria aplicable incluso al oxido de uranio enriquecido utilizado en la fabricación de elementos combustibles. Suele pensarse que el oxido de uranio enriquecido es sensiblemente más radiactivo que el uranio tal cual se presenta en la naturaleza, paradójicamente no es así, pues al oxido de uranio enriquecido se le han eliminado la mayoría de sus descendientes de las cadenas de la series naturales U-238 y U-235, responsables de gran parte de la actividad que se da en las formaciones naturales que contienen uranio.

Introducción

El tratamiento final de los de desechos sólidos de material contaminado con sustancias radiactivas normalmente consiste en confinarlos de forma que su actividad, tras un periodo de tiempo suficientemente largo, por desintegración radiactiva decaiga a valores pequeños. Un isótopo radiactivo de periodo de semidesintegración T reducirá su actividad a la milésima trascurrido un tiempo $10 T$, por ejemplo el ^{60}Co tiene un periodo de 5.3 años reducirá su actividad a la milésima parte trascurridos 53 años. Con esta idea los desechos radiactivos se procuran concentrar pues un volumen menor permitirá un confinamiento más fácil y más económico. Sin embargo nos debemos plantear si este criterio es

válido cuando nos referimos a sustancias de periodos de semidesintegración extremadamente largos (millones de años). ¿Qué tipo de confinamiento garantiza que la sustancia permanecerá retenida un tiempo suficientemente para reducir su actividad a una fracción suficientemente pequeña? Por ejemplo: El U-235 tiene un semiperiodo de 700 millones años, para que su actividad se reduzca, no ya a la milésima, sino a la décima parte deberán transcurrir mas de 2300 millones de años. Parece obvio que ningún medio de confinamiento va permanecer estable tanto tiempo.

Sin embargo, este tipo de isótopos tienen al menos dos ventajas: a) Por tener periodos tan largos su actividad es muy baja, b) Son isótopos que han existido en la naturaleza desde siempre (el hecho que aun existan es

atribuible a su larga vida, en la formación de la Tierra existían numerosos tipos de isótopos de vida mucho más corta que por esa razón ya no existen). De lo anterior parece que lo adecuado no es su confinamiento, si no su dispersión en un medio que previamente los contuviese. De hecho, esta es la idea que ya está siendo asumida por distintos organismos internacionales. Así la ICRP uno de los borradores de la nueva guía en materia de protección radiológica dice:

“The Commission notes that while the recommended approach for management of radioactive waste is the treatment, reduction in volume and containment of radionuclides, for some types of waste, however, dilution may be the optimum regulatory option. For instance, dilution of waste from minerals processing operations, in which the only radionuclides in significant concentrations are ^{40}K or those in the decay chains headed by ^{238}U , ^{235}U or ^{232}Th may be permitted on the grounds that this is nothing more than re-establishing the original natural concentration of the ore”.

En lo que sigue vamos a referirnos al caso particular de los desechos generados en instalaciones de fabricación de combustible, como es la Fábrica de Juzbado.

Isótopos de uranio presentes en el material contaminado de la fábrica

Los radisótopos presentes en los desechos de la fábrica de Juzbado son: ^{234}U , ^{238}U (y sus descendientes ^{234}Th y ^{234}Pa) y ^{235}U . Se almacenan en bidones de 220 L, con una concentración muy baja. La concentración alfa de la mayoría de ellos es comparable a la que tienen algunos lodos de la industria del petróleo y del gas.

El uranio de la fábrica tiene un enriquecimiento medio entorno al 4.2 % en ^{235}U , y nunca excede el 5 %, en U-235). Se suele creer que el uranio enriquecido es sustancialmente más radiactivo que el uranio existente en la naturaleza. Paradójicamente esto no es así pues el uranio en la naturaleza nunca se presenta conteniendo sólo sus isótopos padres (^{238}U y ^{235}U), sino que aparece asociado a los isótopos de sus largas cadenas de desintegración (Fig. 1).

El uranio natural, en equilibrio con los isótopos de sus cadenas de desintegración, tiene una actividad por gramo comparable a la que tiene el uranio enriquecido al 4.25 %, con las características en las que se presenta en la fábrica. La razón es que el uranio llega a la fábrica conteniendo: ^{238}U (y sus descendientes ^{234}Th y ^{234}Pa), ^{235}U y ^{234}U , sin que estén presentes los descendientes que siguen al U-234 (Fig. 2) y para que se generen cantidades apreciables deberán transcurrir milenios, por tanto la actividad del uranio enriquecido prácticamente no varía en miles de años.

Si consideramos el riesgo radiológico por ingestión, el asociado al uranio natural (asumiendo en equilibrio su cadena de desintegración) es sustancialmente mayor que la del uranio enriquecido. Así en la tabla 1 se muestra la dosis producida en un adulto por la ingestión de 1 gU-nat y 1 gU enriquecido al 4.25%. La dosis producida por el uranio natural es más de 6 veces mayor.

Otra característica del uranio enriquecido es que la relación de actividades $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > 1$, (para el uranio natural en condiciones de equilibrio secular $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 1$), sin embargo hay numerosos lugares en la naturaleza donde esto también ocurre.

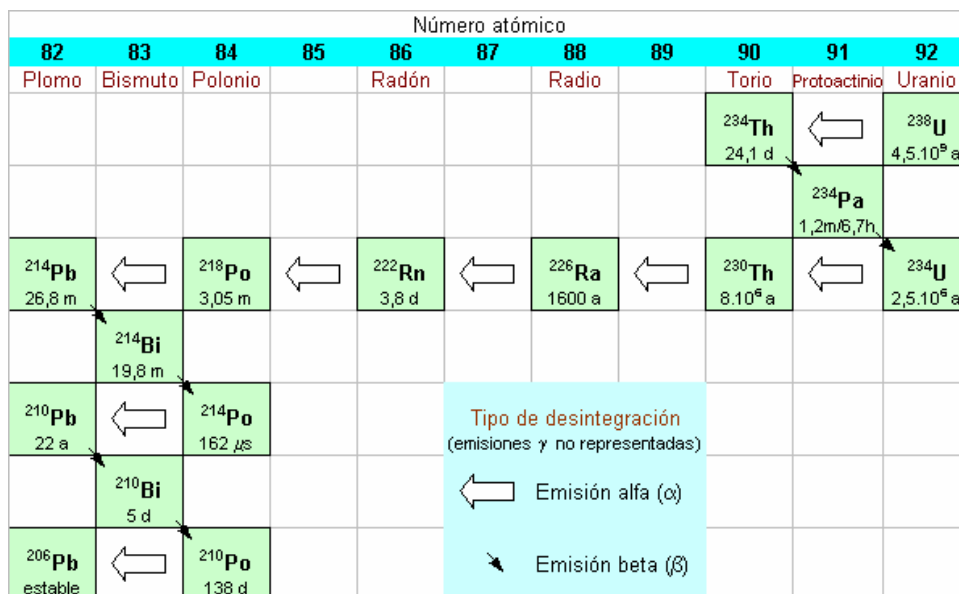


Figura 1.- Cadena de desintegración del U-238. El uranio de la fábrica no contiene cantidades apreciables de los isótopos de la cadena a partir del U-234.

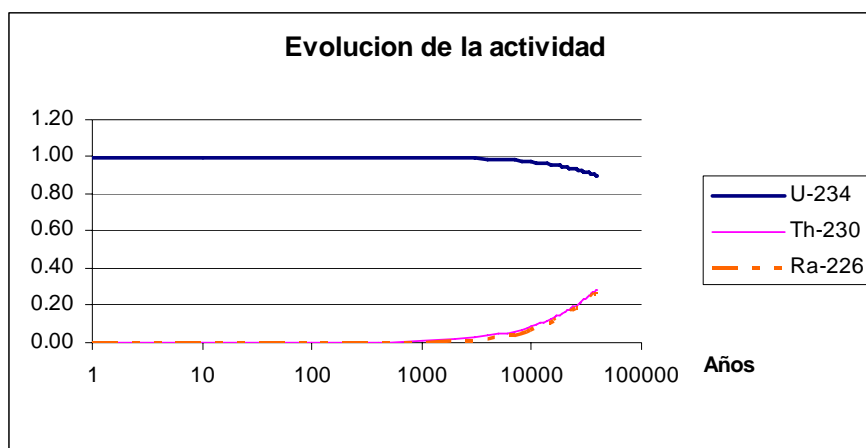


Figura 2.- La formación de los descendientes del U-234 tarda milenios en empezar a aparecer en cantidades significativas.

Tabla 1.- Composición isotópica y dosis producida por la ingestión de 1 gU de uranio natural (en equilibrio secular con los descendientes) y uranio enriquecido al 4.25 %.

Isótopo	Natural (Bq/g)	Enriq. (Bq/g)	FCD (mSv/Bq)	Natural (mSv/gU)	Enriq. (mSv/gU)
U-234	12356	84584	4.90E-05	6.05E-01	4.14E+00
U-235	568	3307.6	4.70E-05	2.67E-02	1.55E-01
U-238	12356	12108	4.50E-05	5.56E-01	5.45E-01
Th-230	12356		2.10E-04	2.59E+00	0.00E+00
Th-234	12356	12108	3.40E-06	4.20E-02	4.12E-02
Pa-234	12356	12108	5.10E-07	6.30E-03	6.18E-03
Ra-226	12356		2.80E-04	3.46E+00	0.00E+00
Pb-210	12356		6.90E-04	8.53E+00	0.00E+00
Bi-210	12356		1.30E-06	1.61E-02	0.00E+00
Po-210	12356		1.20E-03	1.48E+01	0.00E+00
Total	111.7 kBq	124.2 kBq		30.7	4.9

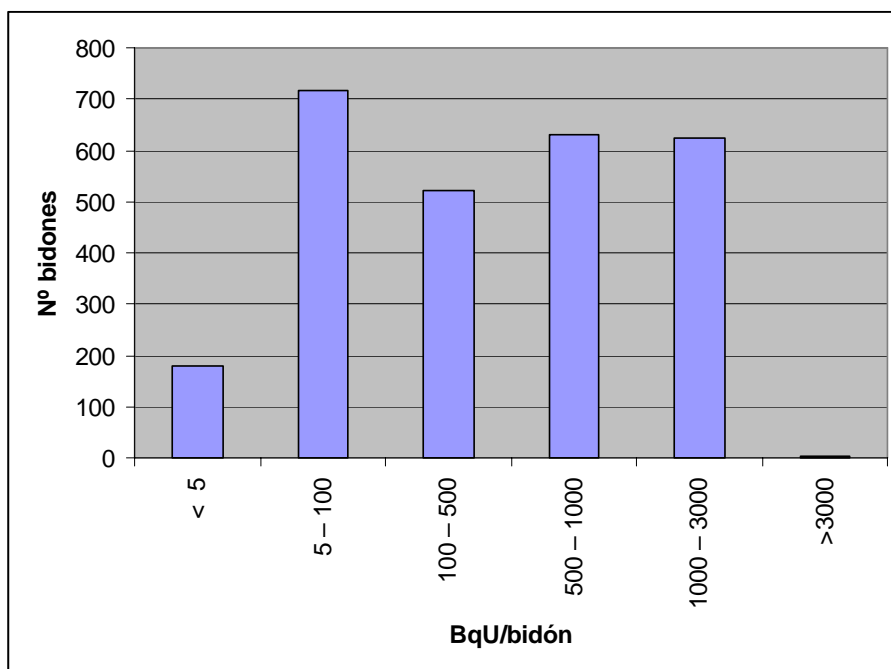


Figura 3.- Distribución de la actividad alfa en los bidones de 220 L de los desechos de uranio de la fábrica.

¿Qué hacer?

La solución ambiental más razonable con el material contaminado de la fábrica sería su desclasificación para ser diluido entre los estériles mina o en lugares donde la concentración de isótopos de la serie del uranio sea alta. En España existen varias minas clausuradas o en proceso de clausura (Ejemplos: Mina Beta de El Cabril, La Haba, Saelices y otras) Ventajas:

Sostenibilidad: Se estima que de la Mina de Saelices se han obtenido más de 4000 tU, con una actividad total superior a 100 000 GBq. La cantidad total de material contaminado almacenada en Fábrica de Juzbado en bidones de 220 L (con el mismo tipo de isótopos que los extraídos de Saelices) es de 140 GBq. Su enterramiento en la Mina aportaría una actividad sustancialmente menor (~1000 veces) que la extraída. Un razamiento similar es aplicable a otras minas de uranio abandonadas.

El uranio enriquecido con el tiempo se dispersaría en el medio y el enriquecimiento medio del conjunto del

emplazamiento tendería a aproximarse a la del uranio natural

La concentración típica en U en los estériles de la mina es de 5 kBqU/kg, la dispersión del material contaminado permitiría alcanzar una concentración similar.

Referencias

Esta propuesta de actuación esta en línea con las actuaciones emprendidas en otros países de la UE y con lo Radiation Protection 122 y IAEA RS-G-1.7, ICRP 2006 (borrador)