

Conclusions i treballs futurs

En el laboratori LARA s'utilitzen detectors HPGe per a l'estudi d'espectrometria gamma de mostres ambientals. La determinació d'activitat de les mostres que els arriben es realitza a partir de les corbes d'eficiència en energia calibrades prèviament gràcies a les mostres patró.

La zona de baixes energies resulta la més complexa de calibrar de l'espectre, de manera que exigeix tenir a la font patró mostres de tots aquells radionúclids per als quals després se'n determinarà l'activitat a les mostres reals, i en totes les matrius possibles, ja que mateixos radionúclids presentaran diferents eficiències per a cada material, degut a què la composició d'aquest és determinant per l'atenuació que patiran les gammes en un determinat rang energètic. Davant el fet que no sempre es disposa d'aquests patrons, en el LARA s'utilitza un mètode aproximat semi-experimental per tal de poder determinar aquestes eficiències.

En el projecte realitzat s'ha desenvolupat una metodologia descrita que fa ús de l'experimentació i la simulació Montecarlo, amb l'objectiu de trobar un material que es comporti com la substància incògnita de la mostra i que permeti millorar l'estimació de les corbes d'eficiències a baixes energies.

En el mètode desenvolupat es fa ús d'una font puntual d'Am-241 que se situa sobre una mostra del material que es pretén caracteritzar, a partir de la comparació d'aquest espectre amb una plantilla de sòls simulats disponible, es determina aquell que té un comportament més semblant a l'experimental i se li apliquen les modificacions oportunes fins aconseguir la superposició d'espectre simulat i experimental.

Per poder obtenir les simulacions en el rang de baixes energies s'ha realitzat una ampliació del codi PENELOPE/penEasy que considera els pics suma i els raigs X. Aquesta ampliació s'ha denominat PENELOPE/penEasy-eXtended.

Els resultats obtinguts han mostrat que les estimacions de l'eficiència en el rang de baixes energies ha millorat respecte al mètode prèviament establert en el laboratori, el qual, en el cas de no disposar del radionúclid d'interès en el patró de la matriu que es mesura, cal fer l'estimació a partir de la corba d'eficiències. L'error amb aquest mètode és d'un 8,5%, mentre que amb el procediment determinat, s'ha aconseguit reduir a un 1,75% per la prova realitzada. Tot i així, aquests resultats s'han obtingut amb una sola mostra patró i, per tant, caldria realitzar unes activitats d'investigació aplicada que permetin assegurar la fiabilitat dels resultats obtinguts a d'altres matrius.

Així com s'ha comentat, en el projecte s'ha proposat un mètode i s'ha analitzat una mostra de sòl patró en la que es coneixien els radionúclids presents. Per tant com a activitats futures que permetrien millorar la metodologia proposada serien:

- 1) En sòls amb composició química coneguda validar les simulacions realitzades amb la font puntual d'Am-241 situada sobre la seva superfície. D'aquesta manera repetint el mètode que s'ha utilitzat per a un sòl desconegut, es podria comprovar que la composició que s'obté mitjançant la metodologia descrita proporciona un coeficient d'atenuació similar al real, el qual es podria comprovar perquè estaríem parlant d'un sòl en el qual se li ha fet un estudi químic previ per determinar-ne la composició.
- 2) Realitzar simulacions i mesures experimentals amb mostres de menor gruix que permetin analitzar els pics de molt baixes energies de l'Am-241 i, així, poder disposar de la resposta del material en tot el rang energètic. Això exigiria fer una segona preparació del material que s'analitza en un recipient més petit de tal manera que, en situar sobre la superfície la font puntual d'Am-241, es pogués treballar amb l'eficiència dels seus pics menys energètics. Amb els recipients utilitzats actualment, aquests pics s'atenuen per complet i només es pot treballar aproximant la forma d'espectres experimental i simulat, tal com s'ha fet.
- 3) Un altre treball a realitzar seria la implementació del procés de pile-up a PENELOPE/penEasy-eXtended, per tal de comprovar que l'efecte observat en les comparacions entre l'espectre simulat i experimental de la font puntual, que mostra una eficiència menor en la simulació a la zona que segueix al fotopic i pics que no es simulen, és deguda a aquest fenomen.
- 4) Com a futur treball, podria considerar-se l'opció de desenvolupar un programa capaç de determinar, a partir de l'espectre experimental, aquella composició capaç de fer una reproducció exacta del mateix. Per fer això caldria considerar els components més freqüents del material que s'està considerant, que en aquest treball és un sòl i, a partir dels coeficients d'atenuació, combinar totes les opcions possibles fins a trobar la mescla idònia. D'aquesta manera no caldria fer el procediment d'afegir diferents % de H (o Fe) per comprovar els seus efectes.

Agraïments

Al Dr. Arturo Vargas, director del projecte, per la confiança dipositada i l'ensenyament continuat al llarg d'aquests mesos.

A Isabel Vallès del LARA per l'oportunitat de treballar al laboratori i de descobrir les aplicacions industrials del món de la investigació.

A Isabel Serrano del LARA per la seva col·laboració i implicació en el projecte.

A tots els membres del Laboratori d'Anàlisi de Radioactivitat Ambiental i de l'Institut de Tècniques Energètiques de la Universitat Politècnica de Catalunya, per la seva ajuda durant aquests mesos.

Referències

- [1] V.P.Chechev & N.K.Kuzmenko. *Table de Radionucléides (²⁴¹Am)*. LNE – LNHB/CEA .
- [2] V.P.Chechev & N.K.Kuzmenko. *²⁴¹Am- Comments on evaluation of decay data*. LNE – LNHB/CEA .
- [3] Gordon R.Gilmore. *Practical Gamma-ray Spectrometry*. John Wiley & Sons, Inc, Warrington, UK, 2nd edition, 2008.
- [4] Marie-Martine Bé, Nelcy Coursol, Bernard Duchemin, Frédérick Lagoutine, Jean Legrand (CEA, LIST, LNE-LNHB), Klaus Debertin and Eckard Schönfield (PTB). *Table of Radionuclides – Introduction*. Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA). LNHB 2011/53.
- [5] Paula Salvador Castiñeira. *Caracterització de detectors de Germani amb mètodes Monte Carlo per a la implementació de l'anàlisi del pic suma en radioactivitat ambiental*. Màster Interuniversitari UB-UPC d'Enginyeria en Energia, 2010.
- [6] Ali Asghar Mowlavi, Mario de Denaro and Maria Rosa Fornasier. *Monte Carlo Simulation of Pile-up Effect in Gamma Simulation*. Applications of Monte Carlo Method in Science and Engineering. InTech, 2011.
- [7] Francesc Salvat, José M.Fernández-Varea and Josep Sempau. *PENELOPE, a code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport*. OECD/NEA, Barcelona, Spain, 2009.
- [8] Canberra (areva) - <http://www.canberra.com/products/496.asp>
- [9] Anna Coll. Tesis doctoral en l' *Aplicació de la distribució i migració dels radionúclids naturals i artificials a l'estudi dels processos erosius en conques hidrològiques catalanes*.
- [10] J. Carranza González and et al. *The effect of source chemical composition on the self-attenuation corrections for low-energy gamma-rays in soil samples*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 586:204{210, 2008.
- [11] National Nuclear Data Center - <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/chartNuc.jsp>
- [12] Glenn F.Knoll. *Radiation Detection and Measurement (3rd Edition)*. John Wiley & Sons, Inc, Michigan, EEUU, 3rd edition, 2000.
- [13] National Institute of Standards and Technology - <http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/index.cfm>

[14] Josep Sempau. Assignatura *Simulació Montecarlo*. UB-UPC, 2011.

[15] Radiochemistry Society -
http://www.radiochemistry.org/periodictable/gamma_spectra/pdf/am241.pdf

[16] NuclearLab. *Breve guía de uso de Genie-2000*.