محاسبه ی فعالیت ویژه هسته های پرتوزا در آب ، رسوبات و خاک اطراف چشمه های آب گرم محلات

رضا پورایمانی* ؛ مهدی آهنگری ؛ محمدرضا زارع

گروه فیزیک، دانشکده ی علوم، دانشگاه اراک، صندوق پستی ۸۷۹-۳۸۱۵۶

چکیده:

چشمه های آبگرم محلات در شمال شرقی شهرستان محلات از توابع استان مرکزی قرار دارند. در این ناحیه چهار چشمه با نامهای شفا ، سلیمانیه ، دمبه و سودا با دمای میانگین $46\ ^{\circ}C$ وجود دارند که هر ساله مورد استفاده عدهٔ کثیری از هموطنان قرار می گیرند.

سیستم های طیف نگاری پرتوهای گاما مورد استفاده متشکل از آشکارسازهای HPGe بوده است. این آشکارسازها قدرت تفکیک انرژی بالایی داشته و بازده های نسبی آنها 55% و 38.5% است. بازده های مطلق آشکارسازهای های HPGe برای پیکربندی های مختلف چشمه – آشکارساز با استفاده از محلول استاندارد شامل ^{152}Eu ، ^{241}Am ، ^{133}Ba و ^{137}Cs تعیین شده است. میانگین غلظتهای ^{226}Ra در آب چشمه های آبگرم سلیمانیه ، دمبه و شفا به ترتیب 1.09±0.15Bq/L ، 0.9±0.19Bq/L و 1.6±0.23Bq/L محاسبه شده است.

در نمونهٔ آب اراک (ناحیه پردیس- دانشکده علوم) تنها ویژه هسته پرتوزای ^{40}K وجود دارد که مقدار آن 5.32±0.99Bq/L محاسبه شده است

واژگان کلیدی: پرتوزایی، چشمه های آب گرم محلات ، آشکارساز HPGe ، کالیبراسیون بازدهی ، فعالیت ویژه

مقدمه:

بشر همواره در معرض پرتوهای یونساز قرار دارد. حدود 90% از این پرتوها شامل پرتوهای کیهانی، پرتوهای حاصل از رادیونوکلئیدهای نخستین که به طور عمده شامل سریهای اورانیوم (^{235}U و ^{238}U) و توریم (^{232}Th) و ویژه هسته های پرتوزا ی از قبیل پتاسیم(^{40}K) موجود در پوستهٔ زمین می شوند[۱،۲]. به علت اینکه این ویژه هسته ها به طور یکنواخت توزیع نشده اند، دانستن چگونگی توزیع آنها در خاکها و صخره ها، نقش مهمی در اندازه گیری وحفاظت در برابر تابشها دارد[۳]. مقادیر بالایی از اورانیوم و محصولات واپاشی آن در صخره ها وخاکها، همچنین توریم در شنهای منازیت وجود دارند و از مهمترین منشأهای پرتوزایی در مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا هستند[۴]. از جمله این مناطق می توان، یان جی یانگ در چین، رامسر در ایران و سواحل کرالا در هند را نام برد[۶،۷،۵]. بنابراین ،این قبیل مطالعات از نقطه نظر تعیین میزان پرتوگیری افراد وتاثیر آن بر سلامتی آنها حائز اهمیت میباشد.

*E-mail address:r-pourimani@araku.ac.ir

روش کار:

- نمونه برداری

نمونه های آب از دهانه های خروجی چشمه ها و با استفاده از روش غوطه وری جمع آوری شده اند. برای این کار از بطریهای پلی اتیلن 1.5 Lit استفاده گردید و بلافاصله پس از نمونه برداری با اضافه کردن اسید نیتریک به نمونه ها مقدار PH آنها به 2 کاهش داده شد، این کار به منظور جلوگیری از جذب هسته های پرتوزا روی دیواره های ظرف صورت گرفته است[۸]. نمونه های رسوبات از دهانه دو چشمه سلیمانیه و دمبه و از هر کدام به میزان 1.5 کیلوگرم با استفاده از یک بیلچه فلزی از کف آنها برداشت شد.

نمونهٔ خاک A از فاصله 50 متری از جنوب شرقی دهانه چشمهٔ دمبه و از عمق 5cm با استفاده از روش سامان یافتهٔ شبکه دایره ای با شعاع 1 متری صورت گرفته است. به منظور تهیهٔ نمونهٔ مرکب، یک نمونه از مرکز دایره و چهار نمونه از روی محیط دایره جمع آوری شده و با هم مخلوط شده است. نمونهٔ خاک B نیز به همین ترتیب واز فاصله 10 متری از غرب دهانهٔ چشمه سلیمانیه برداشت شده است.

-آماده سازی نمونه ها

نمونه های رسوبات را به مدت ۱۲ ساعت در کوره ای با دمای$200^{\circ}C$ قرار داده شد تا کاملاً خشک شوند. به منظور بدست آوردن نمونه های کاملاً همگن و با چگالی یکنواخت، ابتدا نمونه ها توسط آسیاب فکی و سپس با استفاده از آسیاب گلوله ای سیاره ای خرد شده تا کاملاً پودر شوند. پس از مش بندی، نمونه های کاملاً ریز دانه و یکنواخت را در ظروف اندازه گیری بسته بندی و آب بندی گردید تا نمونه ها به تعادل رادیواکتیو برسند[۹].

-اندازه گیری فعالیت ویژه

اندازه گیری طیف های نمونه های مختلف توسط دو آشکارساز HPGe هم محور از نوع p و با بازده های نسبی 38.5% و55% صورت گرفته است. قدرت تفکیک انرژی این آشکارسازها به ترتیب 1.95keV و1.8keV برای پرتو گامای Co^{60} با انرژی 1332keV است.

- طیف گیری از نمونه ها

ما برای اندازه گیری فعالیت ویژه نمونه ها از دو ظرف مارینلی بیکر و نگین استفاده کرده ایم. قطرخارجی ظرف مارینلی بیکر (با حجم 800cc) 14cm و ارتفاع آن 11cm و قطر داخلی آن 10cm و ارتفاع داخلی آن 7.5cm هستند. ظرف نگین با حجم 300cc دارای قطر 9cm و ارتفاع 5cm است. طیف گیری از نمونه های آبی، نمونه های رسوبی و همچنین نمونه خاک A در ظرف مارینلی بیکر و نمونه خاک B در ظرف نگین صورت گرفته است. اندازه گیری فعالیت نمونه ها یک ماه پس از آب بندی کردن نمونه ها صورت گرفت تا نمونه ها به تعادل رادیواکتیو برسند. بعنوان نمونه در شکل(۱) طیف نمونه رسوبی چشمه سلیمانیه آورده شده است.

- کالیبراسیون بازدهی آشکارسازها

برای اندازه گیریهای دقیق فعالیت هسته های پرتوزا ، شناخت منحنی بازدهٔ مطلق آشکارسازها در شرایط شمارش برای پیکربندیهای مختلف چشمه – آشکارساز از ضروریات می باشد. برای تعیین دقیق بازدهی آشکارسازهای ژرمانیومی که در طیف نگاری پرتو های گاما بکار برده شدند،از چشمه های استاندارد استفاده گردید.

بازده تجربی در انرژی E_i برای یک مجموعهٔ معینی از شرایط اندازه گیری با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شده است :

$$\varepsilon_i = \frac{N_i}{P_n(E_i).A_n.T} \qquad (۱)$$

که در آن N_i شمارش خالص زیر پیک تمام انرژی متناظر با انرژی E_i، A_n فعالیت هستهٔ پرتوزای گسیل کننده ی فوتون E_i، $P_n(E_i)$ احتمال گسیل فوتون E_i و T زمان شمارش می باشد[۱۰].

ساخت چشمه استاندارد جهت کالیبراسیون بازدهی آشکارسازها

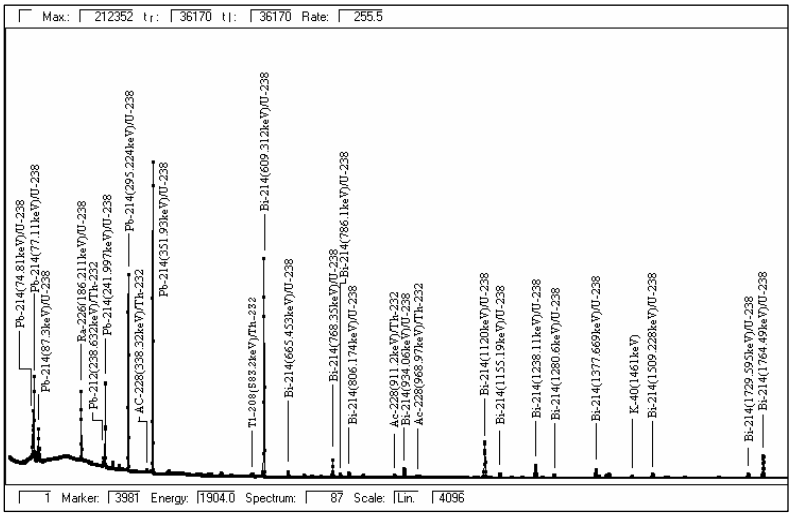
به منظور تهیه چشمه استاندارد جهت کالیبراسیون انرژی آشکارسازها HPGe برای نمونه های خاکی ، محلولهای ^{241}Am، ^{152}E ، ^{131}Ba و ^{137}Cs را در 50 گرم پودر Al_2o_3 که به صورت محلول در آورده شده مخلوط و همگن می نماییم و پس از خشک کردن در کوره با 900 و 243 خاک به ترتیب مخلوط وکاملاً همگن کرده و سپس آن ها را در ظرف های مارینلی و نگین بسته بندی میکنیم

برای تهیه چشمه استاندارد آبی محلولهای ^{241}Am ، ^{152}Eu ،^{131}Baو^{137}Cs را در ظرف مارینلی بیکر قرار داده و سپس بااضافه کردن آب مقطر حجم آن را به 800 cc رسانده شد.

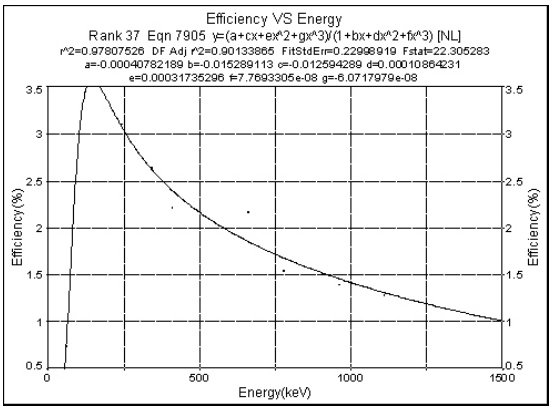
پس از تعیین بازدهی آشکارساز در انرژیهای مختلف،به منظور آنالیز نمونه های محیطی لازم است که منحنی بازدهی آشکار ساز محاسبه و رسم شود. بعنوان نمونه شکل(۲) و(۳) به ترتیب منحنیهای کالیبراسیون بازدهی برای پیکر بندی مارینلی خاکی و آبی با آشکارساز 55% را نشان می دهد.

محاسبه ی فعالیت ویژه نمونه ها

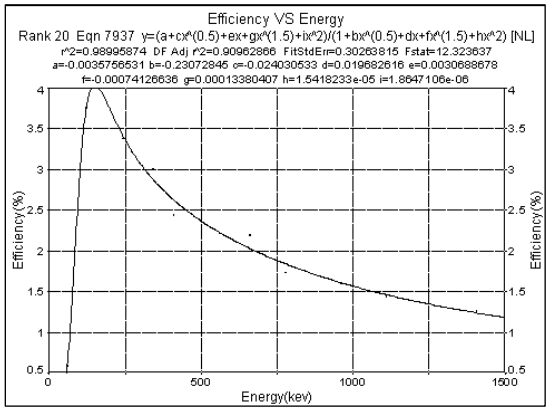
برای محاسبه ی فعالیت ویژه ^{226}Ra در نمونه ها از پرتوهای گاما با انرژیهای 241.99keV(^{214}Pb) , 295.22keV(^{214}Pb), 351.93keV(^{214}Pb), 609.31keV(^{214}Bi), 1120.28keV(^{214}Bi), 1764.47keV(^{214}Bi) و برای تعیین فعالیت ویژه ^{232}Th در نمونه ها از پرتوها ی گاما با انرژیهای 238.63keV(^{212}Pb) , 338.32keV(^{228}Ac), 911.2keV(^{228}Ac), 968.97keV(^{228}Ac) استفاده شده است. برای تعیین فعالیت ^{40}K ازگامای با انرژی 1461keV و برای تعیین ^{137}Cs از گامای با انرژی 661.66keV استفاده گردید.



شکل(۱) طیف نمونه رسوبی چشمه سلیمانیه



شکل(۲)



شکل(۳)

نتایج

در جدول (۲) مقدار فعالیت ویژه هسته های پرتوزای موجود در آب چشمه ها درج شده است. در جدول (۳) مقدار فعالیت هسته های پرتوزا در رسوبات وخاک اطراف چشمه های آب گرم محلات آورده شده است.

جدول (۲) مقدار فعالیت ویژه هسته های پرتوزای موجود در آب چشمه ها

ناحیه نمونه برداری	Specific activity(kBqm^{-3})		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
چشمه دنبه	0.90±0.19	...	5.72±1.20
چشمه شفا	1.62±0.24	...	...
چشمه سلیمانیه	1.09±0.15	0.64±0.20	...
آب آشامیدنی اراک	...	...	5.32±0.99

جدول (۳) مقدار فعالیت ویژه هسته های پرتوزای موجود در رسوبات وخاک اطراف چشمه های آب گرم

ناحیه نمونه برداری	Specific Activity (Bq.kg^{-1})			
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs
نمونه رسوبی دمبه	1405.9±34.30	26.29±2.26	137.33±7.99	3.53±0.53
نمونه رسوبی سلیمانیه	1630.56±20.85	40±2.39	125.4±6.23	...
نمونه خاک (A)	12.98±0.46	18.15±0.77	257.48±13.2	0.11±0.08
نمونه خاک (B)	38.03±1.32	27.65±1.58	359.98±19.49	1.59±0.55

بحث ونتیجه گیری

با توجه به نمونه برداریهای انجام شده و مطالعهٔ دقیق نمونه ها به این نتیجه رسیده ایم که منشأ هسته های پرتوزا از جمله ^{226}Ra و ^{222}Rn جریان آبهای گرم زیر زمینی هستند، این جریان آبهای گرم که حاوی هسته های پرتوزای رادیوم به صورتهای فسفات(وکلرت) بوده به سطح زمین رسیده و به سرعت خنک می شوند و تولید رسوب در دهانه های چشمه ها می نماید، همین امر باعث بالا رفتن میزان پرتوزایی در رسوبات دهانهٔ چشمه ها شده است. منطقهٔ محلات به عنوان یکی از منابع تأمین کننده سنگهای ساختمانی کشور است که سالیانه مقدار زیادی از آنها به کشورهای دیگر صادر می شود . نوع بیشتر این سنگها Travertine است، که منشأ به وجود آمدن این سنگها همین چشمه های آب گرم بوده و می توانند حاوی مقادیر زیادی رادیوم باشند، که موجب پرتودهی استفاده کنندگان از این سنگها می شوند. آب این چشمه های آب گرم به علت داشتن مقادیر بالایی از ^{226}Ra و ^{222}Rn قابل شرب نمی باشد. وجود تهویه های مناسب در حمامهای این منطقه که دارای ^{222}Rn بسیار بالایی است ضروری می باشد.

منابع

[۱] - United Nations on Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2000), 2000. Effects and Risks of Ionizing Radiation. UN, New York.

[۲] - Khan, K., Khan, H.M., Tufail, M., Ahmed, N., 1998. Radiometric analysis of Hazara phosphate rock and fertilizers. Journal of Environmental Radioactivity 38, 77–83.
[۳] -A.Abbadi, N.K.Ahmed, A.M.EL-Arabi, R.Michel, A.H.EL.Kamel, A.G.E.Abbadi. Estimation of radiation hazard indices from natural radioactivity of some rocks. Journal of Nuclear Science and Techniques, Vol.17, No.2 (2006)118-122
[٤] -A. rani, S. Singh, 2005. Natural radioactivity levels in soil samples from some areas Of Himachal Pradesh, India using γ-ray spectrometry. Journal of Atmospheric Environment 39, 6306–6314.
[٥] -Zhu, H., Huang, H., Song, J., Zhang, J., Huang, J., Zha, Y.,Guo, Y., 1993. Gamma radiation levels around the highest background area in Poland. In: Sohrabi, M., Ahmed, J.U.,Durrani, S.A. (Eds.), Proceedings of the International Conference on High Levels of Natural Radiation, Rasmar,1990. IAEA, Vienna.
[٦] - Sohrabi, M., 1993. Recent radiological studies of high level natural radiation areas of Rasmar. In: Sohrabi, M., Ahmad,J.U., Durrani, S.A. (Eds.), Proceedings of the International Conference on High Levels of Natural Radiation, Rasmar, 1990. IAEA, Vienna.
[۷] - Sunta, C.M., 1993. A review ofthe studies of high background areas of the S–W coast of India. In: Sohrabi, M., Ahmad,J.U., Durrani, S.A. (Eds.), Proceedings of the International Conference on High levels of Natural Radiation, Rasmar, 1990. IAEA, Vienna.
[۸]-J.P.Perez-moreno et al. / Radiation physics and chemistry 61 (2001) 437-438, "A simple method for efficiency calibration of HPGe detectors in γ-spectrometric measurements".
[۹] - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY , Collection and preparation of bottom sediment samples for analysis of radionuclides and trace elements , IAEA-TECDOC-360 , IAEA,Vienna(2003).
[۱۰]- M.J.Daza et al. / Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 470 (2001) 520-532, "Efficiency calibration of a HPGe detector in the [46.54-2000] keV energy range for the measurement of environmental samples".