

تعیین فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا در برخی از سنگ‌های آذرین منطقه‌ی الوند همدان

رضا، پورایمانی*؛ راحله، قهری

دانشگاه اراک، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک، اراک

چکیده

در این کار فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا در ۶ نمونه سنگ گرانیات از منطقه الوند همدان تعیین شد و با سطح استاندارد جهانی مقایسه گردید. از نمونه‌های جمع آوری شده پس از آماده سازی و انجام عملیات مورد نیاز با استفاده از آشکارساز ژرمانیوم فوق خالص (HPGe) با بازدهی نسبی ۳۸/۵٪ طیف گیری بعمل آمد. مقادیر اندازه گیری شده رادیونوکلئیدهای طبیعی ^{232}Th ، ^{235}U و ^{40}K در نمونه سنگ‌ها بترتیب در رنجهای $19/432 \pm 0/501 \text{ Bq/kg}$ تا $37/22 \pm 0/17$ ، $26/13 \pm 1/15$ تا $98/05 \pm 2/15$ و $88/97 \pm 3/34$ تا $934/96 \pm 17/21$ بدست آمد. فعالیت ویژه ^{235}U و ^{137}Cs در همه نمونه‌ها کمتر از MDA سیستم بوده است.

کلمات کلیدی: ^{232}Th ، ^{235}U ، ^{40}K ، سنگ آذرین، آشکارساز HPGe

مقدمه

انسان همواره در معرض پرتوهای یون ساز حاصل از منابع پرتوزای طبیعی قرار دارد و این یک امر مداوم و غیر قابل اجتناب زندگی در روی کره زمین است. منابع پرتوزایی طبیعی شامل هسته‌های پرتوزایی که در اثر برهمکنش پرتوهای کیهانی با اتمسفر زمین بوجود می‌آیند و همچنین رادیونوکلئیدهای نخستین در برگیرنده رادیوایزوتوپ‌های منفرد مانند ^{40}K و سری‌های واپاشی ^{238}U ، ^{235}U و ^{232}Th و دختران آنها که به علت داشتن نیمه عمرهای طولانی قابل ملاحظه با عمر کره زمین تا به امروز دوام آورده‌اند می‌باشند. عناصر اورانیوم و توریم با غلظت‌های مختلف در پوسته زمین یافت می‌شوند این زنجیره‌های واپاشی شامل رادیوم (^{226}Ra)، رادن (^{222}Rn) و بیسموت (^{214}Bi) از محصولات واپاشی سری ^{238}U و دیگر نوکلئیدهای رادیواکتیو مانند ^{228}Ac ، ^{212}Pb و ^{212}Bi متعلق به زنجیره‌ی واپاشی سری ^{232}Th هستند [۱]. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که گرانیات‌ها یک غلظت بالایی از عناصر U و Th را در مقایسه با فراوانی خیلی کم این عناصر در پوسته‌های قاره‌ای دارند. زمین شناسان اعتقاد دارند که ذوب بخشی و تبلور تفریقی ماگما باعث می‌شود که اورانیوم و توریم در فاز ماگمایی غلیظ و در نهایت وارد محصولات غنی از سیلیس شوند و به این دلیل ترکیبات گرانیاتی سنگ‌های آذرین غنی از عناصر U و Th می‌باشند (بطور میانگین مقدار ۵ppm برای U و ۱۵ppm برای Th)، در مقایسه با پوسته‌های زمینی (بطور میانگین مقدار ۱٫۸ ppm برای U و ۷٫۲ ppm برای Th) [۲]. مقدار اورانیوم، توریم و پتاسیم سنگ‌های گرانیات اساساً به ترکیبات کانی‌شناسی و ویژگی‌های پترولوژی سنگ‌های گرانیات (تأثیرات



آب و هوایی) بستگی دارد[۳]. پرتوهای حاصل از وجود عناصر پرتوزا در مصالح ساختمانی می توانند باعث پرتوگیری داخلی و خارجی افراد گردند [۴]. هدف از این مطالعه تعیین نوع و مقدار فعالیت ویژه هسته های پرتوزا در نمونه مورد مطالعه است .

روش کار

توده پلوتونیک الوند یک کمپلکس آذرین با کشیدگی شمال غربی- جنوب شرقی می باشد که در غرب ایران با وسعت تقریبی ۴۰۰ کیلومتر مربع بر روی کمربند دگرگونی- پلوتونیک در شمال غربی زون سنندج-سیرجان قرار گرفته است[۵]. از این منطقه ۶ نمونه سنگ آذرین نمونه برداری و از آنها مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شد. در جدول (۱) نام علمی، مناطق نمونه برداری و ترکیب کانی شناسی سنگ های مورد مطالعه وارد شده است. نمونه سنگ های جمع آوری شده پس از آسیاب کردن و عبور دادن از مش ۵۰ به منظور حصول به یک نمونه همگن در ظرف های استاندارد نگین به مقدار ۲۹۳ گرم بسته بندی و آب بندی گردیدند. این کار به جهت جلوگیری از خروج گاز رادن حاصل از واپاشی زنجیره ی اورانیوم و توریم و رسیدن به تعادل ضروری میباشد. طیف نگاری از نمونه ها بعد از مدت ۵۰ روز انجام شد. برای طیف نگاری پرتوهای گاما از سیستم اسپکترومتری HPGe با بازدهی نسبی ۳۸/۵٪، در برگزیده تحلیل گر ۴۰۹۶ کاناله استفاده گردید. برای کاهش اثرات تابش زمینه، آشکارساز در یک حفاظ سربی با ضخامت ۱۰ cm و شامل دو لایه نازک از کادمیوم به ضخامت ۱/۵ mm برای جذب نوترون های حرارتی و مس به ضخامت ۲/۵ mm برای جذب اشعه X گسیل شده از حفاظ سربی قرار گرفته است. با این حفاظ نرخ شمارش زمینه تا حد ۲٫۵ CPS^۱ کاهش می یابد. کالیبراسیون انرژی با استفاده از چشمه های ^{۲۴۱}Am و ^{۲۲۶}Ra در بازه انرژی بین ۵۹/۵۴ keV تا ۲۰۰۰ keV کالیبره گردید. بازده مطلق آشکارساز به روش تجربی و با استفاده از نمونه های استاندارد نگین حاوی چشمه های ^{۲۴۱}Am، ^{۱۰۹}Cd، ^{۱۳۳}Ba، ^{۱۳۷}Cs، ^{۵۷}Co و ^{۶۰}Co با مقادیر اکتیویته مشخص تعیین گردید. برای داشتن شمارش های کافی و کاهش خطای آماری شمارش، طیف سنجی پرتو گاما برای هر نمونه بین ۲۲ تا ۴۸ ساعت، توسط نرم افزار AKWIN انجام گرفت و با استفاده از نرم افزار OMNIGAM سطح خالص زیر قله های فوتوپیک طیف ها مشخص شد. فعالیت ویژه ^{۲۲۶}Ra در نمونه ها از پرتوهای گاما با انرژی ۲۹۵/۲۲ keV و ۳۵۱/۹۳ keV (^{۲۱۴}Pb) و انرژی های ۶۰۹/۳۱ keV و ۱۱۲۰/۲۸ keV (^{۲۱۴}Bi)، فعالیت ویژه ^{۲۳۲}Th از پرتوهای گاما با انرژی ۳۳۸/۳۲ keV، ^{۲۲۸}Ac) ۹۶۸/۹۷ و ۹۱۱/۲ keV، فعالیت ویژه ^{۴۰}K از پرتو گاما با انرژی ۱۴۶۱ keV، فعالیت ویژه ^{۲۳۵}U از گامای ۱۴۳/۷۶ keV و برای تعیین فعالیت ویژه ^{۱۳۷}Cs در نمونه ها از پرتو گاما با انرژی ۶۶۱/۶۶ keV استفاده گردید. بدنبال آنالیز طیف، فعالیت ویژه هر نمونه طبق فرمول (۱) بر حسب Bq/kg محاسبه شده است [۶].

^۱) Count Per Second

$$A_E = \frac{N_E}{\epsilon_E \times P_\gamma(E) \times t \times m} \quad (1)$$

که در این رابطه A_E : فعالیت ویژه نمونه بر حسب Bq/kg، N_E : سطح زیر قله با انرژی E ، ϵ_E : بازدهی آشکارساز در انرژی E ، $P_\gamma(E)$: احتمال تابش گاما با انرژی E ، t : زمان شمارش، m : جرم نمونه اندازه گیری شده بر حسب kg است.

جدول (۱) نام علمی و ترکیب کانی شناسی سنگ های گرانیت مورد مطالعه

کد نمونه	نام سنگ	نوع نمونه برداری	منطقه	کانی اصلی	کانی فرعی
Granitoid					
LOD	Leucogranite	واریزه	دره مرادبیک	Qtz+Pl	Or+Ms+Chl+Ap + Zrn+Bt+ Ep
MOG	Monzogranite	رخنمون	گنجانامه	Qtz+Or+Bt+Pl+Ms	Mc+Zrn+Tur+Ap
TNG	Tonalite	رخنمون	گنجانامه	Qtz+Bt+Pl+Ms	Or+Ap+Zrn
GRT	Granodiorite	واریزه	تاریک دره	Qtz+Pl+Or+Bt+Ms	Ap+Zrn+Grt
Acidic rock					
QST	Quartz syenite	واریزه	تاریک دره	Qtz+Pl+Or+ Ms + Ru + Prh	Zrn
Intermediate rock					
MOD	Monzodiorite	رخنمون	گنجانامه	Pl+Amp+Spn+Ap+C hl	Bt

نام اختصاری کانی ها: کوارتز Qtz، اورتوکلاز Or، پلاژیوکلاز Pl، بیوتیت Bt، موسکویت Ms، میکروکلین Mc، آمفیبول Amp، زیرکن Zrn، اسفن Spn، آپاتیت Ap، اپیدوت Ep، روتیل Ru، کلریت Chl، پرهیت Prh، گارنت Grt، کانی اوپک Opqu، تورمالین Tur. خلاصه نام کانی ها [۷]

نتایج

نتایج محاسبات مقدار فعالیت ویژه ^{238}U ، ^{40}K ، ^{232}Th ، ^{226}Ra و ^{137}Cs در نمونه سنگ های مختلف آذرین در جدول (۲) ارائه شده است.

بحث و نتیجه گیری

در نمودار (۱) مقدار فعالیت ویژه هسته های پرتوزا در ۶ نمونه سنگ آذرین جمع آوری شده از منطقه ی الوند نمایش داده شده است. نتایج نشان می دهد که رنج تغییرات فعالیت ^{226}Ra در تمام سنگ های این پروژه بسیار



اندک بوده و بیشترین مقدار Bq/kg $37/22 \pm 0/87$ در نمونه مونزودیوریت و کمترین مقدار Bq/kg $19/93 \pm 0/50$ در نمونه لوکوگرانیت یافت شد.

جدول (۲) مقدار فعالیت ویژه نمونه سنگ‌های آذرین از مجموعه پلوتونیک الوند همدان

کد نمونه	Activity concentration(Bq/kg)					Th/U
	^{226}Ra	^{232}Th	^{235}U	^{40}K	^{137}Cs	
LOD	$19,93 \pm 0,50$	$61,91 \pm 1,06$	<MDA	$88,97 \pm 3,34$	<MDA	9,38
MOG	$28,38 \pm 0,69$	$98,05 \pm 2,15$	<MDA	$503,21 \pm 10,42$	<MDA	10,67
TNG	$22,53 \pm 0,85$	$79,66 \pm 1,78$	<MDA	$757,35 \pm 14,34$	<MDA	11,26
MOD	$37,22 \pm 0,87$	$26,13 \pm 1,15$	<MDA	$235,04 \pm 6,96$	<MDA	2,16
GRT	$35,059 \pm 0,884$	$72,894 \pm 1,591$	<MDA	$806,32 \pm 15,308$	<MDA	6,32
QST	$21,26 \pm 0,96$	$37,26 \pm 1,37$	<MDA	$934,96 \pm 17,21$	<MDA	5,41
Worldwide	32	45	-	412	-	-

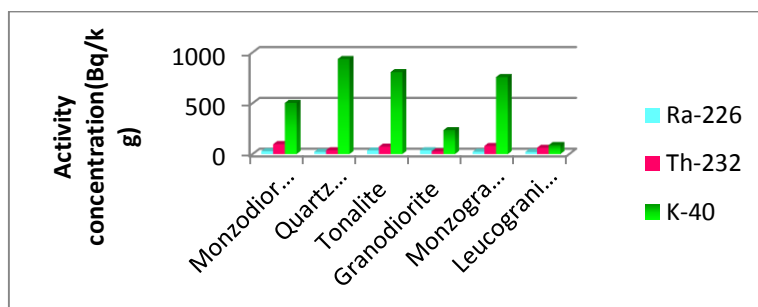
کمترین فعالیت ویژه ^{232}Th با مقدار Bq/kg $26/13 \pm 1/15$ در سنگ حدواسط این پروژه (مونزودیوریت) و بیشترین فعالیت ویژه ^{232}Th با مقدار Bq/kg $98/05 \pm 2/15$ در نمونه سنگ مونزوگرانیت مشاهده گردید. در نهایت کمترین فعالیت ویژه ^{40}K با مقدار Bq/kg $88/97 \pm 3/34$ در نمونه لوکوگرانیت و بیشترین مقدار Bq/kg $934/96 \pm 17/21$ در نمونه کوارتز سینیت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که فعالیت توریم و پتاسیم با افزایش روند تفریق ماگمایی و خاصیت اسیدی سنگ‌ها همواره افزایش می‌یابد البته به استثنا نمونه سنگ لوکوگرانیت که کمترین مقدار فعالیت پتاسیم را نشان می‌دهد. فعالیت ^{235}U و ^{137}Cs در همه نمونه‌ها کمتر از MDA دستگاه می‌باشد. در این پروژه بیشترین مقادیر فعالیت ویژه برای رادیونوکلید ^{40}K پس از آن برای ^{232}Th و در نهایت کمترین مقادیر برای ^{226}Ra اندازه‌گیری شده است. در جدول (۳) مقدار فعالیت ویژه رادیو ایزوتوپ‌ها در نمونه سنگ‌های این پروژه با نتایج کشورهای مصر، عربستان سعودی و یمن مقایسه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار فعالیت ویژه رادیوم و پتاسیم در این کار نسبت به سایر کشورها کمتر بوده در حالیکه فعالیت توریم برابر با مقدار اندازه‌گیری شده برای نمونه‌های کشور عربستان و از مقادیر کشور مصر و یمن کمتر است. مقایسه نتایج این پروژه با مقدار میانگین جهانی [۱۱] نشان می‌دهد که فعالیت ویژه ^{226}Ra در نمونه‌های این کار در رنج میانگین جهانی Bq/kg ۳۲ بوده در حالیکه فعالیت توریم به استثنا دو نمونه کوارتز سینیت و مونزودیوریت بیشتر از مقدار میانگین جهانی Bq/kg ۴۵ می‌باشد و فعالیت ^{40}K فقط در دو نمونه لوکوگرانیت و مونزودیوریت کمتر از مقدار میانگین جهانی Bq/kg ۴۱۲ بوده و مابقی بیشتر از این مقدار می‌باشند. نسبت Th/U شاخصی برای کاهش غنای رادیوایزوتوپ‌ها بوده و برای پوسته‌های قاره‌ای $3/84 - 4/2$ تغییر می‌کند [۱۲]. در نمونه‌های این پروژه این نسبت از $2/16$ تا $11/26$ تغییر می‌کند و مقادیر آن در جدول (۲) وارد شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش روند تفریق ماگمایی همواره این نسبت از سنگ‌های حدواسط



به اسیدی افزایش می‌یابد. نسبت‌های کوچکتر از ۲ بر غنای نسبی اورانیوم و شرایط احیا دلالت می‌کند در حالیکه نسبت‌های بزرگتر از ۷ شاخصی برای کاهش اورانیوم بخاطر افزایش انحلال پذیری آن و در نتیجه تصفیه از ماگما و ساختار کانی‌های سنگ است [۱۳]. طبق بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که هر دو عنصر اورانیوم و توریم در مراحل نهایی تبلور ماگما افزایش یافته اما توریم نسبت به اورانیوم غنی‌تر شده و برای سنگ‌های مراحل نهایی تبلور ماگما بطور میانگین در حدود ۷/۵ می‌باشد که علت غنی شدن توریم در سنگ‌های مراحل نهایی تبلور را در نتیجه خارج شدن اورانیوم از ماگما به خاطر اکسید شدن و افزایش انحلال پذیری آن بیان می‌کنند [۱۴]. بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد منابعی که ماگما از آنها نشأت می‌گیرند نسبتاً همگن بوده و انواع رسوبات و سنگ‌های مختلف که مقدار اورانیوم و توریم اولیه آنها متفاوت است می‌توانند ماگماهای گرانیته فراهم کنند. احتمال اضافه شدن توریم به سنگ‌های گرانیته تحت شرایط هیدروترمال بخاطر فراوانی غیرمعمول توریم در سنگ‌های پورفیری و آلانیت دار نیز می‌تواند تأیید شود [۳].

جدول (۳): مقایسه نتایج این کار با نتایج گزارش شده از کشورهای عربستان سعودی، مصر و یمن

Country		Activity concentration (Bq/kg)		
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Saudi Arabia [۸]	Range	۱۱,۹-۱۹۸	۱,۴-۲۰۷,۶	۴۷۵-۱۲۹۱
	Mean	(۶۶,۲۰)	(۶۵,۵)	(۱۰۶۲,۲۱)
Egypt [۹]	Range	۵۵-۲۱۱,۶	۲۰,۷-۱۷۰,۵	۲۰۶۸-۲۳۴۴
	Mean	(۱۱۸)	(۹۰,۵)	(۲۲۰,۸)
Yemen Juban [۱۰]	Range	۳۵,۵-۶۹,۵	۷۰,۶-۱۷۹,۴	۱۲۹۳,۴-۲۲۵۳
	Mean	(۵۳,۶)	(۱۲۷)	(۱۷۴۲,۸)
Iran (Present work)	Range	۱۹,۹۳۲-۳۷,۲۲	۲۶,۱۳-۹۸,۰۵	۸۸,۹۷-۹۳۴,۹۶
	Mean	(۲۷,۴۷±۰,۳۲)	(۶۲,۶۴±۰,۶۳)	(۵۵۴,۳۹±۵,۰۱)



نمودار (۱): مقایسه فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا در ۶ نمونه سنگ آذرین منطقه‌ی الوند همدان

تمام این عوامل می‌توانند سبب شوند تا در نهایت Th/U در نمونه سنگ‌های این پروژه مقدار بالایی اندازه‌گیری شود. در نهایت به کاهش ثانویه اورانیوم بعد از شکل‌گیری سنگ‌ها در نتیجه هوازدگی و فرسایش آنها نیز می‌توان اشاره کرد.



سیاسگزاری: در خاتمه از معاونت پژوهشی دانشگاه اراک و بخش زمین شناسی دانشگاه بوعلی همدان به ترتیب به خاطر تامین مالی پروژه و همکاری صمیمانه آنها در تعیین نوع کانی ها تشکر و قدر دانی به عمل می آید.

مراجع

- [۱] Stoulos S., Manolopoulo M., Papastefanou C., Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation from building materials in Greece, Journal of Environmental Radioactivity, ۶۹(۳): ۲۲۵-۲۴۰, (۲۰۰۳).
- [۲] Alnour I.A., Wagiran H., Ibrahim N., Laili Z., Omar M., Hamzah S., Idi Bello.Y, Natural radioactivity measurement in the granite rock of quarry sites, Johor, Malaysia, Radiation Physics and Chemistry, ۸۱, ۱۸۴۲-۱۸۴۷, (۲۰۱۲).
- [۳] Whitfield, J.M., Rogers, J.J.W., Adams, J. A.S., The relationship between the petrology and the thorium and uranium contents of some granitic rocks. (Cosmochim. Acta ۱۷, ۲۴۸-۲۷۱, (۱۹۵۹).
- [۴] European Commission (Ec), Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials. Radiation Protection ۱۱۲, ۱۹۹۹.
- [۵] Stöckline J., Structural history and tectonics of Iran, a review. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., Vol. ۵۲: ۱۲۲۹-۱۲۸۵, (۱۹۶۸).
- [۶] Wahl A.C., Systematics of fission product yields, bfl, A-۱۳۹۲۸, Los Alamos National Laboratory, (۲۰۰۲).
- [۷] Kertz, R., Symbol for rock-forming minerals. Am. Miner., Vol. ۶۵, ۲۷۷-۲۷۹, (۱۹۸۳).
- [۸] Alharbi, W.R., AlZahrani, J.H., and Abbady, Adel G.E., Assessment of Radiation Hazard Indices from Granites Rocks of the Southeastern Arabian Shield, Kingdom of Saudi Arabia, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, ۵(۶): ۶۷۲-۶۸۲, (۲۰۱۱).
- [۹] Harb, Sh., Abbady, A.E.B., El-Kamel, A.E.H., Saleh, I.I., El-Mageed, A.I.A., Natural radioactivity and their radiological effects for different types of rocks from Egypt. Radiation Physics and Chemistry. ۸۱, ۲۲۱-۲۲۵, (۲۰۱۲).
- [۱۰] El-Mageed, A.I., El-Kamel, A.H., Abbady, A., Herb, S., Youssef, A.M.M., Saleh, I.I., Assessment of natural and anthropogenic radioactivity levels in rocks and soil in the environments of Juban town in Yemen, Radiat. Phys. Chem, ۸۰, ۷۱۰-۷۱۵, (۲۰۱۰).
- [۱۱] UNSCEAR, Report to General Assembly. Annex B: Report to General Assembly with Scientific Annexes. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Sales Publications No. E.۱۰.Xi.۳ Volume I. United Nations, New York, P. ۱۲۲۰, (۲۰۰۸).
- [۱۲] Plant, J.A., Saunders, A.D., The radioactive earth. Radia. Prot. Dosim. ۶۸ (۱/۲), ۲۵- ۳۶, (۱۹۹۶).
- [۱۳] Adams, J.A.S., Weaver, C.E., Thorium to uranium ratios as indications of sedimentary processes: example of concept of geochemical facies: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. ۴۲, pp. ۳۸۷-۴۳۰, (۱۹۵۸).
- [۱۴] Phair, George., Radioactive Tertiary porphyries in the central city district, Colorado, and their bearing upon pitchblende deposition: U. S. Geol. Survey TEI. ۲۴۷, ۵۳ P., issued by U.S. Atomic Energy comm. Tech. Inf. Service Ext., Oak Ridge, Tenn, (۱۹۵۲).