

نشریه تابش و فناوری هسته‌ای، دوره ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶

تعیین پارامترهای رادیولوژیکی سنگ‌های آذرین منطقه الوند همدان

رضا پور ایمانی^{۱*}، سید محسن مرتضوی شاهرودی^۲، راحله قهری^۲

^۱ استادیار گروه فیزیک دانشکده علوم پایه، دانشگاه اراک، اراک، استان مرکزی، ایران

^۲ کارشناس ارشد فیزیک هسته‌ای، گروه فیزیک، دانشگاه اراک، اراک، مرکزی، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۱/۰۵ - تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۰)

چکیده

انسان‌ها همواره در معرض تابش‌های یون‌ساز قرار دارند. مقدار این تابش‌ها بستگی به نوع سنگ، خاک و منطقه جغرافیایی دارد. در این پژوهش پرتوزایی و پارامترهای رادیولوژیکی سنگ‌های آذرین منطق الوند همدان در سطح ۴۰۰ هکتار مورد بررسی قرار گرفت. دز معادل جذبی سالانه غدد برای نمونه‌ها از $۱۲۶/۱۱ \pm ۳/۴۵$ تا $۱۹۸۴/۲۵ \pm ۲۸/۴۳$ با میانگین $۶۳۹/۹۰$ بر حسب $\mu\text{Sv/y}$ تغییر می‌کند که بطور متوسط بیشتر از میانگین جهانی ($۴۱۶/۳۵$) است. خطر ابتلا به سرطان در طول عمر (ELCR) برای نمونه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید که در محدوده $۱۰^{-۳} \times (۱/۲۷ - ۰/۰۷)$ با میانگین $۰/۴۱ \times ۱۰^{-۳}$ قرار دارد. برای تمامی نمونه‌ها به جز نمونه با کد PGG(W) کمتر از حداکثر مقدار مجاز ($۱۰^{-۳}$) بدست آمد. میانگین ELCR برای نمونه‌ها بیش از میانگین جهانی ($۰/۲۹ \times ۱۰^{-۳}$) می‌باشد. مقدار شاخص گاما (I_γ) برای نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش از $۰/۲۷$ تا $۴/۵۳$ با میانگین $۱/۴۵$ متغیر است که مقدار این شاخص‌ها برای اکثر نمونه‌ها بیشتر از یک بدست آمد. برای ایمن بودن منطقه این کمیت باید کمتر از یک باشد که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد از نظر میزان پرتوهای گاما منطقه ایمن نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سنگ آذرین، پرتوزایی طبیعی، ELCR، AGDE

*مرکزی، اراک، دانشگاه اراک، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

پست الکترونیکی: r-pourimani@araku.ac.ir

۱. مقدمه

برخوردار باشند و در سنگ‌هایی مانند بازالت فراوانی آن به ۶٪ هم می‌رسد [۶ و ۵]. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که گرانیته‌ها یک غلظت بالایی از عناصر U و Th را در مقایسه با فراوانی خیلی کم این عناصر در پوسته‌های قاره‌ای دارند. زمین‌شناسان 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 گرانیته سنگ‌های آذرین غنی از عناصر U و Th می‌باشند (بطور میانگین 5ppm مقدار U و 15ppm مقدار Th)، در مقایسه با پوسته‌های زمینی (بطور میانگین 1.8 ppm مقدار U و 7.2 ppm مقدار Th) [۷]. مقدار اورانیوم، توریم و پتاسیم سنگ‌های گرانیته اساساً به ترکیبات کانی‌شناسی و ویژگی‌های پترولوژی سنگ‌های گرانیته (تأثیرات آب و هوایی) بستگی دارد [۸]. پرتوهای حاصل از وجود عناصر پرتوزا در مصالح ساختمانی می‌توانند باعث پرتوگیری داخلی و خارجی افراد گردند. پرتوگیری خارجی عمدتاً نتیجه گسیل پرتوهای گاما بوده و پرتوگیری داخلی در اثر استنشاق گاز رادن و دیگر محصولات زنجیره‌ای واپاشی اورانیوم و توریم با نیمه عمر کوتاه می‌باشد [۹]. از گرانیته معمولاً در ساختمان‌سازی به عنوان سنگ‌های زینتی، از جمله در پوشش‌های داخلی استفاده می‌شود. منطقه الوند همدان سکونتگاه دائمی جمعیت قابل ملاحظه‌ای از مردم و به عنوان یک منطقه توریستی هر ساله مورد بازدید افراد زیادی قرار می‌گیرد. بنابراین اندازه‌گیری سطح تابش پس زمینه ناشی از مواد پرتوزا و همچنین اثرات تابش بر بافت‌های مختلف بدن مردم موجود در منطقه مورد مطالعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۲. روش تحقیق

۲-۱. نمونه برداری و نمونه سازی

آگاهی از توزیع هسته‌های پرتوزا و سطح تشعشعات آن‌ها در محیط زیست برای ارزیابی تأثیرات پرتوزایی در محیط زندگی انسان بسیار مهم است [۱]. حدود ۹۰ درصد از میزان پرتویی که یک انسان در طول عمر خود دریافت می‌کند از منابع پرتوزای طبیعی می‌باشد [۲]. تشعشعات طبیعی منشأ زمینی و کیهانی دارند. از جمله رادیونوکلیدهای طبیعی مهم که در پوسته زمینی وجود دارند می‌توان به ^{40}K و رادیونوکلیدهای موجود در سری‌های فروپاشی ^{238}U ، ^{232}Th و ^{235}U اشاره کرد. علاوه بر عناصر پرتوزای طبیعی، عناصر پرتوزای مصنوعی که توسط فرایندهای بشری مانند آزمایش سلاح‌های هسته‌ای، راکتورهای اتمی و حوادثی مانند حادثه چرنوبیل انتشار می‌یابند باعث افزایش پرتوزایی محیط زیست می‌گردند [۳]. رادیواکتیویته طبیعی اساساً به ویژگی‌های زمین‌شناسی و جغرافیایی منطقه بستگی داشته و با مقادیر مختلف در خاک هر منطقه از جهان یافت می‌شود. در بین عوامل طبیعی، خاک‌ها و سنگ‌ها نقش اصلی را در تشعشعات طبیعی دارند. در بین سنگ‌ها، سنگ‌های گرانیته دارای مواد پرتوزای بالایی هستند [۱]. مقدار میانگین اورانیوم در پوسته زمین 2.7 mg/kg تخمین زده شده است و در سنگ‌های فسفاته ممکن است این مقدار به 120 mg/kg و بالاتر هم برسد [۴]. در مورد توریم مقدار میانگین برآورد شده 9.6 mg/kg است در حالیکه مقدار پتاسیم به عنوان هشتمین عنصر از نظر فراوانی در پوسته زمین 2.8 درصد برآورد شده است و مقدار آن بستگی به نوع کانی‌های موجود در سنگ متغیر است [۵]. پتاسیم یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده بسیاری از سنگ‌های آذرین مانند گرانیته می‌باشد و در جریان تشکیل ماگماها و تشکیل انواع سنگ‌های آذرین ممکن است مقدار کانی‌های پتاسیم دار از تمرکز بیشتری

کمیت که بیانگر اثرات رادیولوژیکی مواد پرتوزا شامل ^{226}Ra ، ^{232}Th و ^{40}K است، از رابطه‌ی (۱) استفاده شده است [۱۴].

$$Ra_{eq} = A_{Ra} + 1/43A_{Th} + 0/077A_K \quad (1)$$

اکتیویته معادل رادیوم (Ra_{eq}) برای موادی که به عنوان مصالح ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید کمتر از 370 Bq/kg باشد [۹].

۲-۱-۲. شاخص خطرپذیری پرتوگیری داخلی (H_{in}) و خارجی (H_{ex})

برای افراد ساکن در منطقه امکان پرتوگیری خارجی از طریق فوتون‌های گامای گسیل شده از مواد پرتوزا و پرتوگیری داخلی از طریق اسنشاق گاز رادن وجود دارد به منظور ارزیابی مخاطرات ناشی از آن از کمیت‌های شاخص خطرپذیری پرتوگیری داخلی (H_{in}) و شاخص خطرپذیری پرتوگیری خارجی (H_{ex})، استفاده می‌گردد که به ترتیب طبق رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه می‌شود [۱۹].

$$H_{in} = A_{Ra}/185 + A_{Th}/259 + A_K/4810 \leq 1 \quad (2)$$

$$H_{ex} = A_{Ra}/370 + A_{Th}/259 + A_K/4810 \leq 1 \quad (3)$$

مقدار این شاخص‌ها برای ناچیز بودن مخاطرات و ایمن بودن محیط، باید کمتر از یک باشد [۱۵].

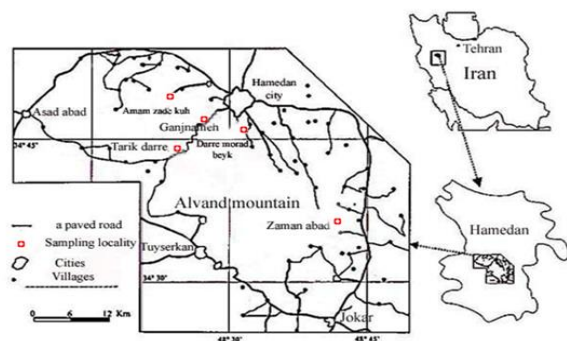
۲-۱-۳. شاخص گاما ($I\gamma$)

از شاخص گاما برای برآورد خطر تابش گامای مربوط به رادیونوکلئیدهای طبیعی موجود در نمونه‌های خاک و سنگ مورد مطالعه، استفاده می‌شود و طبق رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌گردد [۱۶].

$$I\gamma = A_{Ra}/150 + A_{Th}/100 + A_K/1500 \leq 1 \quad (4)$$

برای ایمن بودن محیط زیست می‌بایست این کمیت کوچکتر از یک باشد [۱۶].

توده پلوتونیک الوند یک کمپلکس آذرین با کشیدگی شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشد که در غرب ایران با وسعت تقریبی 400 کیلومتر مربع بر روی کمر بند دگرگونی- پلوتونیک در شمال غربی زون سندج-سیرجان قرار گرفته است [۱۰]. برای انجام این کار 30 نمونه سنگ آذرین بطور تصادفی از 5 منطقه این کوهستان جمع‌آوری شد. در این پروژه به دو روش نمونه برداری انجام گرفت. 15 نمونه سنگ از روی سطح به شکل واریزه [۱۱] و 15 تای دیگر از رخنمون و از مغز سنگ گرفته شده است. برای تعیین نام علمی و ترکیب کانی‌شناسی نمونه سنگ‌های جمع‌آوری شده از آنها مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شد و با میکروسکوپ پلاریزه مورد مطالعه قرار گرفتند [۱۲].



شکل ۱. منطقه نمونه برداری از سنگ‌های گرانیتی

موجود در توده پلوتونیک الوند در استان همدان

نتایج کانی‌شناسی و فعالیت ویژه ^{226}Ra ، ^{232}Th و ^{40}K در مقاله قبلی منتشر گردیده است [۱۳]. بر مبنای داده‌های بدست آمده پارامترهای مهم رادیولوژیکی برای کلیه نمونه‌ها و برای تعدادی از کشورها محاسبه و در نهایت مقایسه گردید.

۲-۱-۱. فعالیت ویژه معادل رادیوم (Ra_{eq})

به منظور تعیین پرتوزایی کلی نمونه از شاخصی به نام فعالیت معادل رادیوم (Ra_{eq}) استفاده می‌گردد. برای محاسبه این

۲-۱-۴. آهنگ دز جذبی در هوا (D)

استفاده می‌گردد [۱۴]. آهنگ دز موثر سالیانه در فضای بسته باید کوچکتر از یک mSv/y باشد [۹].

$$\text{AEDE indoor(mSv/y)} = \text{Dose rate(nGy/h)} \quad (۷)$$

$$\times 8766(\text{h/y}) \times 0.8 \times 0.7(\text{Sv/Gy}) \times 10^{-6}$$

$$\text{AEDE outdoor(mSv/y)} = \text{Dose rate(nGy/h)} \quad (۸)$$

$$\times 8766(\text{h/y}) \times 0.2 \times 0.7(\text{Sv/Gy}) \times 10^{-6}$$

که در این روابط عدد ۰/۲ و ۰/۸ به ترتیب ضریب قرارگیری در معرض پرتوها در فضای خارجی و داخلی محیط زندگی می‌باشد.

۲-۱-۷. خطر ابتلا به سرطان در طول عمر (ELCR^۴)

برای محاسبه خطر ابتلا به سرطان در طول عمر (ELCR) برای اشخاص در معرض پرتوهای گاما از رابطه (۹) استفاده شده است [۱۴].

$$\text{ELCR} = \text{AEDE(in-out door)} \times \text{DL} \times \text{RF} \quad (۹)$$

در این رابطه AEDE دز موثر سالیانه داخلی یا خارجی، DL طول عمر متوسط به مدت ۷۰ سال و RF فاکتور خطرپذیری به مقدار 0.05 Sv^{-1} می‌باشد [۱۸]. میانگین جهانی برای کمیت ELCR برابر $10^{-3} \times 0.29$ و حداکثر مقدار مجاز آن 10^{-3} می‌باشد [۱۴].

۳. نتایج

در جداول ۱ و ۲ نتایج محاسبات کمیت‌های پارامترهای رادیولوژیکی سنگ‌های آذرین منطقه الوند همدان درج شده است. همچنین نتایج محاسبه خطر ابتلا به سرطان در طول عمر در شکل ۲ به صورت نمودار مشاهده می‌گردد. در این جداول

برای محاسبه میزان آهنگ دز جذب شده (D) در هوا در ارتفاع یک متری از سطح خاک و سنگ ناشی از وجود ویژه هسته‌های پرتوزای طبیعی شامل ^{226}Ra ، ^{232}Th و ^{40}K در آنها از رابطه (۵) استفاده می‌شود [۱۷].

$$D = [0.427A_{\text{Ra}} + 0.662A_{\text{Th}} + 0.0432A_{\text{K}}] \text{ nGy/h} \quad (۵)$$

مقدار میانگین جهانی این کمیت برابر 55 nGy/h می‌باشد [۱۴].

۲-۱-۵. محاسبه میزان دز معادل دریافتی توسط غدد (AGDE^۲)

برای ارزیابی میزان دز معادل دریافتی توسط غده‌های مهم بدن انسان از جمله غدد جنسی، پستان‌ها، کبد، سلول‌های سطح مغز استخوان برای اشخاصی در معرض پرتوهای گاما طبیعی قرار دارند. رابطه (۶) توسط کمیته علمی سازمان ملل متحد در مورد اثرات تابش‌های اتمی پیشنهاد شده است [۱۴]. میانگین جهانی دز معادل دریافتی توسط غدد برابر $300 \mu\text{Sv/y}$ می‌باشد [۱۴].

$$\text{AGDE}(\mu\text{Sv/y}) = 3/09 A_{\text{Ra}} + 4/18 A_{\text{Th}} + 0/31 A_{\text{K}} \quad (۶)$$

در روابط (۱)، (۲)، (۳)، (۴)، (۵) و (۶) A_{Ra} ، A_{Th} و A_{K}

به ترتیب فعالیت ویژه ^{226}Ra ، ^{232}Th و ^{40}K بر حسب Bq/kg هستند.

۲-۱-۶. آهنگ دز موثر دریافتی سالیانه (AEDE^۳)

برای محاسبه آهنگ دز موثر سالیانه در ارتفاع یک متری از سطح خاک در فضای بسته و فضای باز، از رابطه‌های (۷) و (۸)

۴ Excess Lifetime Cancer Risk

۲ Annual Gonadal Dose Equivalent

۳ Annual effective dose Equivalent

حروف W و F در کنار کدهای نمونه‌ها به ترتیب مربوط به نوع نمونه‌های هوازده و مغز سنگ می‌باشد.

۴. بحث

کد نمونه	Ra _{eq} (Bqkg ⁻¹)	Dose rate (nGyh ⁻¹)	AEDE _{in} (mSvy ⁻¹)	AEDE _{out} (mSvy ⁻¹)
GSG(W)	۱۴۷/۹۲±۸ ۲/۷	۸۰/۲۴±/۴۶ ۱	۰/۳۹±/۰۰۷ .	۰/۱۰±۰/۰۰۲
LUG(W)	۱۷۳/۱۴±۰ ۳/۵	۸۰/۳۲±/۴۲ ۱	۰/۴۰±/۰۰۷ .	۰/۱۰±۰/۰۰۲
LUG(F)	۹۳/۳۷±۸۵ ۱/	۴۲/۳۵±/۸۵ .	۰/۲۱±/۰۰۴ .	۰/۰۵±۰/۰۰۱
PGG(W)	۶۲۴/۱۷±۴ ۵/۷	۲۹۶/۵۵±۶۰ ۲/	۱/۴۵±/۰۱۰ .	۰/۳۶±۰/۰۰۰
MZG(W)	۳۰۸/۲۱±۵ ۲/۵	۱۴۸/۱۷±۲۳ ۱/	۰/۷۳±/۰۰۶ .	۰/۱۸±۰/۰۰۲
MZG(F)	۲۰۷/۴۲±۲ ۳/۷	۹۸/۸۱±/۵۳ ۱	۰/۴۸±/۰۰۸ .	۰/۱۲±۰/۰۰۲
GRG(W)	۴۶۲/۳۵±۴ ۴/۹	۲۱۹/۶۳±۱۲ ۲/	۱/۰۸±/۰۱۰ .	۰/۲۷±۰/۰۰۳
DTG(W)	۷۵/۶۴±۵۰ ۲/	۳۴/۳۱±/۱۶ ۱	۰/۱۷±/۰۰۶ .	۰/۰۴±۰/۰۰۲
DTG(F)	۳۹/۲۶±۷۸ ۰/	۱۷/۴۱±/۳۵ .	۰/۰۹±/۰۰۲ .	۰/۰۲±۰/۰۰۰
MDG(F)	۹۲/۶۵±۹۵ ۱/	۴۳/۳۳±/۹۱ .	۰/۲۱±/۰۰۴ .	۰/۰۵±۰/۰۰۱
TLG(F)	۱۹۵/۲۲±۹ ۲/۰	۹۵/۲۹±/۳۸ ۱	۰/۴۷±/۰۰۷ .	۰/۱۲±۰/۰۰۲
PGZ(F)	۴۵/۱۵±۰۳ ۱/	۲۴/۱۴±/۵۱ .	۰/۱۲±/۰۰۳ .	۰/۰۳±۰/۰۰۱

فعالیت ویژه معادل رادیوم برای نمونه‌های مورد مطالعه بین ۳۵/۶۵±۱/۳۷ تا ۶۲۴/۱۷±۵/۴۷ با میانگین ۱۹۷/۰۰ بکرل بر کیلوگرم تغییر می‌کند. برای تمامی نمونه‌ها به جز نمونه‌های با کد PGG(W) و GRG(W) کمتر از حداکثر مقدار مجاز میانگین آن بیشتر از میانگین جهانی (۱۲۸/۰۷ Bq/kg) است [۱۴]. نمونه پگماتیت از گنجانده دارای بالاترین سطح رادیواکتیویته در بین نمونه‌های مورد مطالعه است. این نمونه حاوی مواد معدنی غنی پتاسیوم دار بیوتیت، مسکویت و ارتوکلاز فراوان و مواد معدنی جانبی زیرکن، آپاتیت و اپیدوت می‌باشد که در نتیجه ترکیب شیمیایی آنها حاوی هسته‌های رادیواکتیو می‌شود که این مسئله به افزایش سطح رادیواکتیویته در نمونه کمک کرده است. نمونه سنگ پگماتیت تورمالین دار منطقه زمان‌آباد پایین‌ترین سطح فعالیت معادل ویژه رادیوم را بین تمامی نمونه‌های این پژوهش با مقدار ۳۵/۶۵±۱/۳۷ بکرل بر کیلوگرم دارا است.

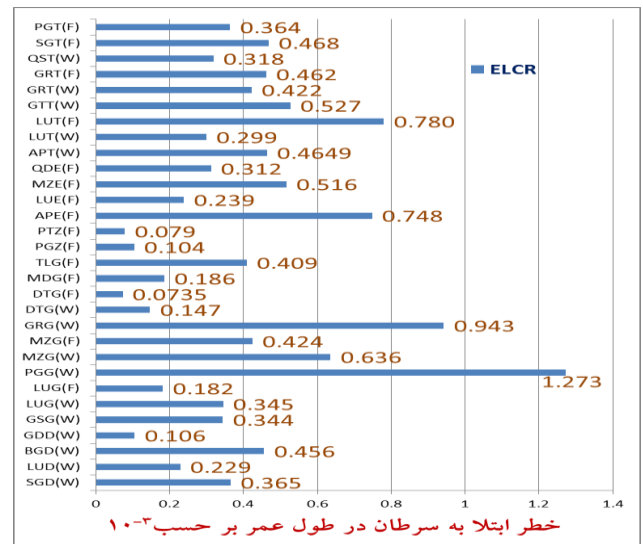
جدول ۱. فعالیت معادل رادیوم، دز جذبی و دز معادل سالیانه داخلی و خارجی مربوط به نمونه‌ها

کد نمونه	Ra _{eq} (Bqkg ⁻¹)	Dose rate (nGyh ⁻¹)	AEDE _{in} (mSvy ⁻¹)	AEDE _{out} (mSvy ⁻¹)
SGD(W)	۱۶۹/۹۸±۴ ۲/۲	۸۵/۱۲±/۱۹ ۱	۰/۴۲±/۰۰۶ .	۰/۱۰±۰/۰۰۲
LUD(W)	۱۱۵/۲۷±۶ ۱/۱	۵۳/۳۲±/۷۵ .	۰/۲۶±/۰۰۴ .	۰/۰۷±۰/۰۰۱
BGD(W)	۲۱۵/۶۰±۱ ۳/۰	۱۰۶/۲۳±/۴۹ ۱/	۰/۵۲±/۰۰۷ .	۰/۱۳±۰/۰۰۲
GDD(W)	۴۹/۷۸±۷۱ ۲/	۲۴/۵۹±/۲۶ ۱	۰/۱۲±/۰۰۶ .	۰/۰۳±۰/۰۰۱
APA(F)	۳۶۳/۸۸±۹ ۲/۶	۱۷۴/۲۸±/۴۳ ۱/	۰/۸۵±/۰۰۲ .	۰/۲۱±۰/۰۰۱
LUA(F)	۱۲۱/۱۹±۱ ۲/۹	۵۵/۶۱±/۰۲ ۱	۰/۲۷±/۰۰۵ .	۰/۰۷±۰/۰۰۱
MZA(F)	۲۴۶/۷۶±۵ ۲/۷	۱۲۰/۲۶±/۲۴ ۱/	۰/۵۹±/۰۰۶ .	۰/۱۵±۰/۰۰۲
QDA(F)	۱۴۷/۶۸±۲ ۲/۲	۷۲/۶۵±/۰۷ ۱	۰/۳۵±/۰۰۵ .	۰/۰۹±۰/۰۰۱
APT(W)	۲۱۷/۶۶±۵ ۲/۹	۱۰۸/۲۴±/۲۸ ۱/	۰/۵۳±/۰۰۶ .	۰/۱۳±۰/۰۰۲

کد نمونه	AGDE (μSvy^{-1})	$I\gamma$	H_{in}	H_{ex}	کد نمونه	Ra_{eq} (Bqkg^{-1})	Dose rate (nGyh^{-1})	$AEDE_{in}$ (mSvy^{-1})	$AEDE_{out}$ (mSvy^{-1})
PGG(W)	۱۹۸۴/۲۵±۴ ۲۸/۳	۴/۵۳±۰/۰۶	۲/۰۱±۰/۰۲	۱/۶۹±۰/۰۱	LUT(W)	۱۴۶/۵۴±۵ ۲/۰	۶۹/۷۹±۱۷	۰/۳۴±۰/۰۰۶	۰/۰۹±۰/۰۰۲
MZG(W)	۹۸۵/۱۸±۹۳ ۱۲/	۲/۲۶±۰/۰۳	۰/۹۲±۰/۰۱	۰/۸۳±۰/۰۱	LUT(F)	۳۹۴/۳۶±۹ ۴/۴	۱۸۱/۷۴±۲۹	۰/۸۹±۰/۰۱۰	۰/۲۳±۰/۰۰۳
MZG(F)	۶۵۵/۸۲±۶۲ ۱۴/	۱/۵۱±۰/۰۳	۰/۶۴±۰/۰۱	۰/۵۶±۰/۰۱	GTT(W)	۲۵۱/۳۹±۱ ۳/۱	۱۲۲/۷۷±۴۹	۰/۶۰±۰/۰۰۷	۰/۱۵±۰/۰۰۲
GRG(W)	۱۴۳۸/۸۴±۲ ۲۱/۳	۳/۳۴±۰/۰۵	۱/۳۵±۰/۰۱	۱/۲۵±۰/۰۱	GRT(W)	۲۰۱/۹۳±۷ ۲/۱	۹۸/۲۹±۳۰	۰/۴۸±۰/۰۰۶	۰/۱۲±۰/۰۰۲
DTG(W)	۲۳۶/۲۰±۴۱ ۱۱/	۰/۵۳±۰/۰۲	۰/۳۱±۰/۰۱	۰/۲۰±۰/۰۱	GRT(F)	۲۲۷/۳۰±۹ ۲/۷	۱۰۷/۵۲±۳۹	۰/۵۳±۰/۰۰۷	۰/۱۳±۰/۰۰۲
DTG(F)	۱۲۶/۱۱±۴۵ ۳/	۰/۲۷±۰/۰۱	۰/۲۰±۰/۰۰	۰/۱۱±۰/۰۱	QST(W)	۱۴۶/۶۳±۵ ۲/۶	۷۴/۱۸±۲۴	۰/۳۶±۰/۰۰۶	۰/۰۹±۰/۰۰۲
MDG(F)	۲۹۷/۹۶±۹۹ ۹/	۰/۶۷±۰/۰۲	۰/۳۵±۰/۰۱	۰/۲۵±۰/۰۱	SGT(F)	۲۲۳/۵۱±۰ ۳/۳	۱۰۹/۰۸±۴۴	۰/۵۴±۰/۰۰۷	۰/۱۳±۰/۰۰۲
TLG(F)	۶۴۱/۷۵±۸۰ ۱۴/	۱/۴۵±۰/۰۳	۰/۵۹±۰/۰۱	۰/۵۳±۰/۰۱	PGT(F)	۱۷۱/۳۶±۷ ۲/۹	۸۴/۷۳±۳۴	۰/۴۱±۰/۰۰۷	۰/۱۰±۰/۰۰۲
PGZ(F)	۱۷۵/۵۰±۳۳ ۵/	۰/۳۷±۰/۰۱	۰/۱۵±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۰	جدول ۲. دز معادل دریافتی توسط غدد، شاخص گاما و شاخص خطرپذیری داخلی و خارجی مربوط به نمونه سنگ‌های آذرین از مجموعه پلوتونیک الوند همدان				
PTZ(F)	۱۳۰/۱۴±۱۱ ۷/	۰/۲۸±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۰	۰/۱۰±۰/۰۰					
APA(F)	۱۱۷۴/۱۸±۹ ۱۵/۲	۲/۶۶±۰/۰۴	۱/۱۷±۰/۰۱	۰/۹۸±۰/۰۱					
LUA(F)	۳۶۷/۱۱±۶۴ ۹/	۰/۸۵±۰/۰۲	۰/۴۱±۰/۰۱	۰/۳۳±۰/۰۱	کد نمونه	AGDE (μSvy^{-1})	$I\gamma$	H_{in}	H_{ex}
MZA(F)	۸۱۳/۸۱±۲۳ ۱۴/	۱/۸۴±۰/۰۳	۰/۷۷±۰/۰۱	۰/۶۷±۰/۰۱	SGD(W)	۵۸۸/۰۴±۷۴ ۱۳/	۱/۳۰±۰/۰۳	۰/۵۲±۰/۰۱	۰/۴۶±۰/۰۱
QDA(F)	۴۹۹/۸۴±۲۴ ۱۲/	۱/۱۱±۰/۰۳	۰/۴۸±۰/۰۱	۰/۴۰±۰/۰۱	LUD(W)	۳۴۸/۱۸±۱۸ ۷/	۰/۸۱±۰/۰۲	۰/۳۷±۰/۰۱	۰/۳۱±۰/۰۱
APT(W)	۷۴۵/۷۷±۲۵ ۱۴/	۱/۶۶±۰/۰۳	۰/۷۰±۰/۰۱	۰/۵۹±۰/۰۱	BGD(W)	۷۲۳/۸۸±۷۴ ۱۵/	۱/۶۳±۰/۰۴	۰/۶۷±۰/۰۱	۰/۵۸±۰/۰۱
LUT(W)	۴۶۷/۶۶±۲۶ ۱۲/	۱/۰۷±۰/۰۳	۰/۴۷±۰/۰۱	۰/۴۰±۰/۰۱	GDD(W)	۱۷۰/۲۴±۲۷ ۹/	۰/۳۸±۰/۰۲	۰/۱۶±۰/۰۱	۰/۱۳±۰/۰۱
LUT(F)	۱۱۶۸/۳۷±۷ ۱۹/۰	۲/۷۶±۰/۰۵	۱/۱۸±۰/۰۱	۱/۰۶±۰/۰۱	GSG(W)	۵۷۶/۴۶±۵۹ ۱۶/	۱/۲۴±۰/۰۴	۰/۴۳±۰/۰۱	۰/۴۰±۰/۰۱
GTT(W)	۸۳۳/۹۷±۵۳ ۱۶/	۱/۸۸±۰/۰۴	۰/۷۹±۰/۰۱	۰/۶۸±۰/۰۰۸	LUG(W)	۵۲۷/۸۵±۹۳ ۱۲/	۱/۲۲±۰/۰۳	۰/۵۶±۰/۰۱	۰/۴۷±۰/۰۱
					LUG(F)	۲۹۰/۱۱±۹۸ ۸/	۰/۶۵±۰/۰۲	۰/۳۸±۰/۰۱	۰/۲۵±۰/۰۱

مطالعه به ترتیب از ۰/۰۹ تا ۰/۳۶ و از ۰/۱ تا ۱/۴۵ میلی سیورت بر سال متغیر است که مقدار این شاخص‌ها برای تمامی نمونه‌ها به جز نمونه‌های با کد PGG(W) و GRG(W) کمتر از یک میلی سیورت بر سال می‌باشد. شاخص‌های خطرپذیری خارجی و داخلی در نمونه‌های گرانیته مورد مطالعه به ترتیب در محدوده ۰/۱۰ - ۱/۶۹ و ۰/۱۲ - ۲/۰۱ با میانگین های ۰/۴۳ و ۰/۳۵ متغیر است که مقدار این شاخص‌ها برای تمامی نمونه‌ها به جز نمونه‌های با کد PGG(W), GRG(W), APA(F) و LUT(F) کمتر از یک می‌باشد. میزان دز معادل دریافتی توسط غدد مهم بدن انسان برای نمونه‌های مورد مطالعه از ۱۲۶/۱۱±۳/۴۵ تا ۱۹۸۴/۲۵±۲۸/۴۳ با میانگین ۶۳۹/۹۰ میکروسیورت بر سال متغیر است که مقدار این شاخص‌ها برای ۹ عدد از نمونه‌ها کمتر از میانگین جهانی (۱۶۳/۳۵) و برای بقیه بیشتر بدست آمد. این به معنی این است میزان دز جذب شده توسط غدد مهم بدن انسان این بافت‌ها را مورد تهدید قرار می‌دهد. شاخص گاما برای نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش از ۰/۲۷ تا ۴/۵۳ با میانگین ۱/۴۵ متغیر است که مقدار این شاخص‌ها برای اکثر نمونه‌ها بیشتر از یک بدست آمد. خطر ابتلا به سرطان طول عمر (ELCR) برای نمونه‌های این پژوهش در محدوده $10^{-3} \times (0.07 - 1/27)$ با میانگین $10^{-3} \times 0.41$ متغیر است که میزان این کمیت برای تمامی نمونه‌ها به جز نمونه با کد PGG(W) کمتر از حداکثر مقدار مجاز 10^{-3} بدست آمد. مقدار متوسط برای نمونه‌های مورد مطالعه شده بیش از متوسط جهانی ($10^{-3} \times 0.29$) [۱۴] است. نتایج این پژوهش بیانگر این است که میزان پرتوزایی طبیعی ناشی از سنگ‌های پلوتونیک مورد مطالعه در این تحقیق، سازگار با ترکیبات معدنی سنگ-های آن منطقه به ویژه پتاسیوم فلدسپات (ارتوکلاز، میکروکلین)، میکا (بیوتیت و مسکویت) و همچنین مواد معدنی جانبی پرتوزا

کد نمونه	AGDE (μSvy^{-1})	$I\gamma$	H_{in}	H_{ex}
GRT(W)	۶۶۷/۹۰±۲۷ ۱۴/	۱/۵۰±۰/۰۳	۰/۶۴±۰/۰۱	۰/۵۵±۰/۰۱
GRT(F)	۷۱۹/۵۹±۵۸ ۱۴/	۱/۶۴±۰/۰۳	۰/۷۴±۰/۰۱	۰/۶۱±۰/۰۱
QST(W)	۵۱۵/۳۲±۳۴ ۱۴/	۱/۱۴±۰/۰۳	۰/۴۵±۰/۰۱	۰/۴۰±۰/۰۱
SGT(F)	۷۴۲/۶۲±۴۸ ۱۵/	۱/۶۷±۰/۰۴	۰/۶۹±۰/۰۱	۰/۵۸±۰/۰۱
PGT(F)	۵۸۴/۲۸±۹۹ ۱۴/	۱/۳۰±۰/۰۳	۰/۵۵±۰/۰۱	۰/۴۶±۰/۰۱



شکل ۲. نمودار کمیت ELCR برای نمونه‌های سنگ-های الوند همدان

این نمونه از مواد معدنی پتاسیوم‌دار ارتوکلاز و مسکویت و همچنین مواد معدنی جانبی آپاتیت تشکیل شده و فقد زیرکن است. مقدار دز جذبی در هوا در ارتفاع یک متری از سطح زمین در محدوده ۲۴/۳۴ تا ۱۸۲/۶۹ با میانگین ۹۴/۹۱ برحسب nGy/h تغییر می‌کند که تقریباً دوبرابر میانگین جهانی (۵۵ nGy/h) است. نرخ دز موثر سالانه در فضای خارجی و داخلی به ترتیب در نرخ دز موثر سالانه داخلی نمونه‌های مورد

مرجع	AGDE (μSvy^{-1})	I_{γ}	$\text{ELCR}_{\text{out}} \times 10^{-3}$	کد نمونه
این پژوهش	۲۹۸/۱۸	۰/۶۷	۰/۱۸۶	مونزودیوریت
[۱۵]	۱۱۵/۰۶	۰/۲۵	۰/۰۷۰	دیوریت / آلمان
[۱۵]	۱۹۱/۰۱	۰/۴۲	۰/۱۱۶	دیوریت / بئر السید مصر
این پژوهش	۶۹۳/۷۰	۱/۵۷	۰/۴۴۲	گرانودیوریت (۱) / تاریک دره
این پژوهش	۱۴۳۸/۸۳	۳/۳۴	۰/۹۴۳	گرانودیوریت (۲) / گنجنامه
[۱۹]	۱۲۸۶/۵۵	۲/۷۵	۰/۷۶۴	گرانودیوریت / ام تقیر مصر
[۱۵]	۳۶۴/۹۸	۰/۸۳	۰/۲۳۱	گرانودیوریت / بئرالسید مصر
[۱]	۱۲۷۵/۹۵	۲/۸۴	۰/۷۹۳	گرانودیوریت / مهاباد ایران
این پژوهش	-۱۹۹۳/۷۱	-۴/۵۵	-۱/۲۷۹	گرانیتیک
[۱۲]	۲۵۸۳/۷۰	-۶/۴۴	-۱/۸۰۴	گرانیتیک / ترکیه
[۱۵]	۹۵۱/۳۱	۲/۱۵	۰/۶۰۴	گرانیتیک / آلمان
[۷]	-۷۸۹/۰۴	-۱/۷۸	-۰/۴۹۸	گرانیت / مالزی
[۱۹]	۴۷۳۱۷/۱۷	۱۰۵/۷۴	-۲/۹۴۶	گرانیت / بیابان شرقی مصر
[۱]	-۲۱۰۲/۵۵	-۴/۶۸	-۱/۳۰۸	گرانیت / مصر
[۱]	۳۱۸/۴۶	۰/۷۱	۰/۱۹۷	
[۱۹]	۵۶۲۶-	۰/۱۲-	۰/۰۳۳	
[۱]	۹۰۵/۸۳	۱/۹۵	۰/۵۴۳	

(اسفن، زیرکن، آپاتیت و اپیدوت) که عمدتاً در سنگ‌های گرانیتی یافت می‌شود، می‌باشد. مقایسه نتایج محاسبات پارامترهای رادیولوژیکی ELCR ، AGDE و I_{γ} با نتایج محاسبه شده برای تعدادی از کشورهای دیگر در جدول ۳ آمده است که بیانگر سازگاری خوبی بین نتایج این پژوهش و مطالعات انجام شده در سایر کشورها می‌باشد.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش فعالیت ویژه ^{226}Ra ، ^{232}Th و ^{40}K برای ۳۰ نمونه از سنگ‌های آذرین منطقه الوند همدان در سطح ۴۰۰ هکتار با استفاده از روش اسپکترومتری گاما انجام گردید. برای کلیه نمونه‌ها پارامترهای رادیولوژیکی محاسبه و با میانگین جهانی مقایسه شد نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که این پارامترها برای اکثر نمونه‌ها بیش از میانگین جهانی و کمتر از حداکثر مقدار مجاز می‌باشد.

جدول ۳. مقایسه نتایج محاسبات پارامترهای رادیولوژیکی این پژوهش با نتایج محاسبه شده برای کشورهای دیگر

مرجع	AGDE (μSvy^{-1})	I_{γ}	$\text{ELCR}_{\text{out}} \times 10^{-3}$	کد نمونه
این پژوهش	۱۷۰/۲۴	۰/۳۸	۰/۱۰۶	گرانودیوریت (۱)
[۱]	۸۷۵/۵۷	۱/۹۳	۰/۵۳۷	گرانودیوریت / بیرانشهر ایران
این پژوهش	۴۹۹/۹۹	۱/۱۱	۰/۳۱۲	کوارتزدیوریت (۱)
این پژوهش	۱۸۱/۱۸	۰/۴۰	۰/۱۱۱	دیوریت (۲)

thorium and uranium contents of some granitic rocks. *Cosmochim Acta*, 17, 248-271, 1959.

- [9] ECRP 112. European Commission Report on Radiological Protection Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials. Radiation Protection 112; 1999
- [10] J. Stöckline, Structural history and tectonics of Iran, a review. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull*, 52, 1229-1285, 1968.
- [11] N. Walley El-Dine, Study of natural radioactivity and the state of radioactive disequilibrium in U-series for rock samples, North Eastern Desert, Egypt, *Applied Radiation and Isotopes*, 66, 80-85, 2008.
- [12] Y. Örgün, N. Altinsoy, S. Y. Şahin, Y. Güngör, A. H. Gültekin, G. Karahan, Z. Karack, Natural and anthropogenic radionuclides in rocks and beach sands from Ezine region (Çanakkale), Western Anatolia, Turkey. *Applied Radiation and Isotopes*, 65, 739-747, 2007.
- [13] R. Pourimani, R. Ghahri, M.R. Zare. Natural radioactivity concentrations in Alvand plutonic rocks in Hamadan, Iran, *Radiation Protection and Environment*, 37(3-4), 132-141, 2014.
- [14] UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2008. Exposure from natural sources of radiation. United Nations publication sales No. 10.IX.3, United Nations, United Nations Office at Vienna.
- [15] N. K. Ahmed, A. Abbady, A. M. El-arabi, R. Michel, A.H. El-Kamel, A. G. E. abbady, Comparative study of the natural Radioactivity of some selected rocks from Egypt and Germany. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 44, 209-215, 2006.
- [16] G. O. Avwiri, C. P. Ononugbo, I. E. Nwokeoji, Radiation hazard indices and excess lifetime cancer risk in soil, sediment and water around mini-okoro/oginigba creek, port harcourt, rivers state, Nigeria. *Comprehensive Journal of Environment and Earth Sciences*, 3(1), 38-50, 2014
- [17] UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation. UN, 2000.

مرجع	AGDE (μSvy^{-1})	I_{γ}	$\text{ELCR}_{\text{out}} \times 10^{-3}$	کد نمونه
[1]	۱۲۴۵/۴۴	۲/۷۸	۰/۷۷۷	بیوتیت گرانیت / همدان ایران

تشکر و قدردانی

این پژوهش توسط معاونت پژوهشی دانشگاه اراک تامین مالی گردیده است و نویسندگان کمال سپاسگزاری را دارند.

مراجع:

- [۱] جهانگیری، ص. اشرفی، پرتوژیایی طبیعی در نمونه‌های گرانیتی استفاده شده به عنوان مصالح ساختمانی در ایران. *مجله محیط شناسی*، سال سی و ششم، ۵۶، ۵۵-۶۰، ۱۳۸۹.
- [۲] د. شهبازی گهرویی، اندازه‌گیری تشعشعات زمینه استان چهار محال بختیاری، *مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد*، ۱۳۸۱.
- [۳] س. قاسمی، م. وهابی مقدم، ت. حسینی، م. صدقاتی زاده، سنجش میزان رادیونوکلئیدهای طبیعی پتاسیم ۴۰، رادیوم ۲۲۶، توریم ۲۳۲ و رادیونوکلئید مصنوعی ^{137}Cs در برنج محصولات استان گیلان، *مجله علوم و فنون هسته‌ای*، ۴۳، ۶۱-۶۶، ۱۳۸۷.
- [4] P. Singh, N. Rana, A. Azam, A. Naqvi, D. Srivastava, Levels of uranium in waters from some Indian cities determined by fission track analysis, *Radiation Measurements*, 26(5), 7-683, 1996.
- [5] KH. Wedepohl, The composition of the continental crust, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 39 - 1217, 1995.
- [6] BR. Fireston, SV. Shirley, MC. Baglin, Chu. SY. Frank, J. Zipkin, The eighth Edition of Table of Isotopes. 1996. CD-ROM, John Wiley & Sons Inc.
- [7] I.A. Alnour, H. Wagiran, N. Ibrahim, Z. Laili, M. Omar, S. Hamzah, Y. Idi. Bello, Natural radioactivity measurement in the granite rock of quarry sites, Johor, Malaysia, *Radiation Physics and Chemistry*, 81, 1842-1847, 2012
- [8] J.M. Whitfield, J. J. W. Rogers, J. A. S. Adams, The relationship between the petrology and the

- [18] ICRP Publication 119, Compendium of dose coefficient based on ICRP Publication 60, 41(1), 2012.
- [19] A. M. El-Arabi, ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K concentrations in igneous rocks from eastern desert, Egypt and its radiological implications. *Radiat. Meas.* 42, 94-100, 2007.

Journal of Radiation and Nuclear Technology / Vol. 04/ No. 02 / Summer 2017

Determination of radiological parameters of igneous rocks of Alvand zone of Hamadan, Iran

R. Pourimani^{*1}, S. M. Mortazavi Shahroodi², R. Ghahri²

1. Assistant professor, Department of Physics, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran
2. MSc student, Department of Physics, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran

* Corresponding author's E-mail: r-pourimani@araku.ac.ir

(Received: 25/03/2017- Accepted: 10/05/2017)

Abstract

Humans are usually exposed to ionizing radiations. Quantity of this radiation depends on kind of rocks, soils and geographical zone. In this research investigated radioactivity and radiological parameters of igneous rocks of Alvand zone in Hamadan in 400 hectares area. Annual Gonadal Dose Equivalent (AGDE) for samples varied from 126.11 ± 3.45 to 1984.25 ± 28.43 with average 639.90 in $\mu\text{Sv/y}$ that is more than world average (416.35). Excess Lifetime Cancer Risk (ELCR) for samples calculated which are in range $(1.27-0.07) \times 10^{-3}$ with average of 0.41×10^{-3} . For all samples except sample with PGG(W) code are less than maximum acceptable value. Mean of ELCR for samples is more than world average. The I_{γ} value for studied samples in this research varied from 0.27 to 4.53 with mean 1.45 which for most samples are more than unity. For safety the region, this quantity should be less than one. The results of this study show that the amount of gamma rays is not safe for population.

Keywords: *Igneous rocks, Natural radioactivity, AGDE, ELCR*