ال ششم اشارہ اول اسلہ و تابستان 97

بررسی میزان رادیواکتیویته طبیعی گرانیتها به عنوان مصالح ساختمانی به کار رفته در فضاهای مسکونی در راستای آلودگی زیستمحیطی و توسعه پایدار ابوالفضل سلطانی¹و امین مرادی²

تاريخ دريافت: 97/03/13 تاريخ پذيرش: 97/08/01

چکیده: هدف از این تحقیق، تعیین شدت رادیواکتیویته طبیعی و شاخصهای خطر سنگهای گرانیتی ایران است که به عنوان مصالح ساختمانی به صورت نما و سنگ فرش کف و پلکان در فضاهای مسکونی استفاده میشود. به منظور تعیین کاربری سنگ های گرانیتی در راستای اهداف زیستمحیطی و توسعه پایدار، مقدار دوز مؤثر تشعشع این گرانیتها محاسبه شد. روش تحقیق براساس تعیین مقادیر ایزوتوپ های ²²²Th، ²²⁶Ra و ⁴⁰K توسط دستگاه اسپکترومتر جرم بر روی 62 نمونه از سنگهای گرانیتوئیدی که از 13 منطقه ایران جمع آوری شده، صورت گرفته است. بهمنظور صحت سنجی اطلاعات ایزوتوپی، مطالعات پتروگرافی شامل بافت، رنگ، نوع کانیهای اصلی و فرعی و تعیین نام دقیق گرانیت با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان بر روی نمونههای سنگی نیز انجام شد. یافتههای این تحقیق نشان میدهد که مشاهدات میکروسکوپی و دادههای ایزوتوپی با یکدیگر تطابق خوبی دارند. به عبارت دیگر هرچه نمونههای گرانیتی مورد مطالعه رنگ روشن تری دارند و از کانیهای فرعی (مانند زیرکن، آپاتیت و تیتانیت) غنی تر هستند، غلظت عناصر رادیواکتیو در آنها بالاتر است. بیشترین مقدار میانگین، فعالیت هستههای ²²²Th، ²²⁶Ra و ⁴⁰K بهترتیب عبارتند از 118/128،6 و 118/185/46 Bq kg⁻¹ و ²³²Th، ²²⁶Ra ايزوتوپ فوقالذكر براى ايران بهترتيب عبارت از 78.47, 60.39 و 884.72 Bq kg⁻¹ است. ضمن اينكه هريك از اين مقادير از حد استاندارد جهانی تعیین شده برای گرانیتها بالاتر است. با استفاده از نرمافزار Excel و فرمولهای استاندارد، مهمترین شاخصهای خطر برای 62 نمونه گرانیت محاسبه شد و میانگین اطلاعات تحت عناوین فعالیت معادل رادیوم (240.72 Bq kg⁻¹)، میزان دوز پرتوگیری خارجی و داخلی در هوای باز (0.0-32506.65012)، دوز پرتوگیری داخلی (0.81334)، نرخ دوز مؤثر سالانه (mSv/yr) (0.13759، دوز احتمال ابتلا به خطر سرطان (0.48155 Sv/yr) و شاخص تشعشع گاما (0.88856) محاسبه گردید. نتایج نشان میدهند که میانگین شاخصهای خطر در گرانیتهای مورد مطالعه برای اماکن عمومی کمتر از حد مجاز است که توسط استاندارد UNSCEAR تعیین شده است، اما به دلیل احتمال خطر تشعشع زیاد، کاربرد این گرانیتها در فضاهای داخلی ساختمان به ویژه برای فضاهای بسته مانند بیمارستانها، فضاهای آموزشی، زندانها، آسایشگاهها، دكوراسيون و تجهيزات زينتي جايز نيست. همچنين به دليل بالابودن شاخصهاي خطر به ترتيب اولويت در گرانيتهاي بيرجند، كردستان، زنجان، آذربایجان و تکاب، کاربری این نمونهها در فضاهای بسته و اماکن خصوصی جایز نیست و رعایت احتیاط جدی تری لازم است. باتوجه به اینکه محیط زیست یکی از شاخصهای اصلی توسعه پایدار است، رعایت استانداردهای این تحقیق در خصوص دوز پرتوگیر ی هریک از شاخصهای خطر، سبب کاهش بیماریهای ناشی از رادیواکتیویته طبیعی میشود و در جهت رسیدن به توسعه پایدار کمک قابل توجهی به ارکان توسعه (اقتصاد، جامعه و محیط زیست) خواهد بود.

واژگان كليدى: سنگ گرانيت، راديواكتيويته، شاخص خطر، مصالح ساختماني.

1- مقدمه

پال شمشم / شماره اول / بهارو تابتان ۶۶

2

مهمترین خطر رادیواکتیویته طبیعی در ساختمانها اشعه گاماست که در اثر واپاشی هستههای ناپایدار عناصری مانند اورانيوم 238 ، توريوم 232 Th مانند اورانيوم 238 U مانند اورانيوم می گیرد. محصولات واپاشی این هسته ها در اتمسفر به صورت ذرات کیهانی، در قسمت تحتانی تروپوسفر به صورت ریزگردها (سرخی، 1394)، در آب به صورت محلول، در خاک و سنگ به صورت کانی وجود دارد. بیشترین تراکم این عناصر در بسترهای زمین شناسی و مصالح ساختمانی به کار رفته در قسمتهای زیرین، درونی و بیرونی سازه است. به ویژه در برخی از سنگهای ساختمانی (مانند گرانیتها) کانیهای فرعی وجود دارند که اکثر آنها غنی از عناصر سنگین رادیواکتیو هستند (مانند زيركن، آياتيت، تيتانيت، پيروكلر، آلانيت، زينوتايم، اورانينيت و توريت). اما حقيقت اين است كه تمام مصالح ساختمانی، از جمله خاکهای زیر ساختمان-ها نیز مقادیر متفاوتی از عناصر رادیواکتیو دارند (جهانگیری و اشرفی، 1389). بنابراین، آگاهی از توزیع هستههای پرتوزا و سطح تشعشعات آنها در محیط و برای ارزیابی تأثیرات آنها در منازل، مجتمعهای مسکونی، انبارها، مراکز آموزشی، ادارات، فروشگاهها، فضاهای بسته و زندگی موجودات زنده بسیار حائز اهمیت است.

در سالهای اخیر افزایش انواع بیماریهای سرطانی به ویژه در سنین پایین، باعث نگرانی پژوهشگران شده است به گونهای که ارزیابی میزان تشعشعات رادیواکتیو در محیط ضرورت فراوانی یافته است. در این ارتباط استفاده بیرویه از سنگهای گرانیتی به صورت نما، پلکان، پی، کف، دیوارها و مصالح سنگی ساختمان بسیار مورد توجه است .(Asgharizadeh et al., 2012, Amanjeet et al., 2017) کف، دیوارها و مصالح سنگی ساختمان بسیار مورد توجه است .(Asgharizadeh et al., 2017, Prakash et al., 2017) پرتوزایی ایزوتوپها به دو صورت پرتوگیری خارجی و پرتوزایی ایزوتوپها به دو صورت پرتوگیری خارجی و خارجی نتیجه تابش مستقیم تشعشعات گاماست. پرتوگیری داخلی در اثر استنشاق ایزوتوپهای رادون به ویژه Pa²²² است. این عناصر سنگین درون که خود عمدتا نتیجه واپاشی هستههای عناصر سنگین پرتوزایU²³⁸ و T²²² است. این عناصر سنگین درون

کانیهای سازنده مصالح ساختمانی وجود دارد و رادون حاصل از واپاشی آنها به طور مستقیم و یا از طریق منافذ و درز و ترکها وارد فضاهای خالی مانند ساختمان می-شود. بنابراین، همه مصالح ساختمانی به ویژه سنگهای گرانیتی پیش از به کارگیری در ساختمان، به طور دقیق از نظر فعالیت رادیواکتیویته باید مورد آزمایش قرار گیرند (Al-Zahrani, 2017).

رادون یکی از عناصر شیمیایی در جدول تناوبی است که نماد آن Rn وعدد اتمي آن 86 است. اين عنصر از گازهای پرتوزاست که توسط رادیوم پدید میآید. رادون یکی از سنگینترین گازها و برای سلامتی زیانبار است. گاز رادون دارای 39 ایزوتوپ شناخته شده از ²³¹Rn تا ²³¹Rn است که پایدارترین آنها ²²²Rn با نیمه عمر 3.8235 روز است. رادون یک گاز پرتوزای بیرنگ، بیبو، بدون مزه و از نظر واکنش شیمیایی بی اثر، اما هسته آن از نظر رادیواکتیویته فعال است. رادون تولید شده نیز، ذرات پرتوزای دیگری تولید میکند که نسل جدید (دختران رادون) نامیده می شود. رادون موجود در هوا از طریق تنفس وارد ریه انسان می شود. سپس رادون در ریه واپاشی میکند و در نتیجه ذرات آلفا انتشار می دهد. ذرات آلفا دارای جرم سنگین و بار الکتریکی دو برابر الكترون با علامت مثبت دارند. ذرات آلفاي انتشار یافته در هوا وارد ریه می شود. این ذرات دارای انرژی هستند و این انرژی باعث حرکت آنها در بافتهای ریه می شود و به تدریج در مسیر حرکت و برخورد با سلول بافتهای ریوی، یونسازی میکنند تا زمانیکه انرژی خود را کاملا از دست بدهند و متوقف شوند. انرژی ذره آلفا که توسط بافتها جذب می شود و باعث آسیب به بافت یا مرگ آن ها می شود. بنابراین، در صورتی که هوای تنفسی حاوی رادون به مقدار زیاد باشد، بافتهای ریه به تدریج آسیب میبیند به گونهای که در دراز مدت میتواند باعث سرطانی شدن بافتهای ریه شود.

2- روش تحقيق

در این تحقیق اطلاعات پتروگرافی، میکروسکوپی، فعالیت ایزوتوپی و شاخصهای خطر رادیواکتیویته طبیعی برای 62 نمونه از سنگهای پلوتونیکی ایران

Maestro II Gamma Version32 محصول شركت E&G Ortec انجام شد. برای همه نمونهها تصحیحات مربوط به هم فرودی فوتونهای گاما لحاظ شده است. به منظور کاهش اثرات تابش زمینه، آشکارساز در مرکز یک حفاظ سربی به ضخامت 10 سانتیمتر با یک لایه درونی مسی به ضخامت 2 میلیمتر قرار دارد به گونهای که پرتوهای نرم کیهانی شامل فوتونهای کم انرژی و الكترونها با حفاظ سربي به سطح بسيار پاييني كاهش مییابند و لایه مسی فوتونهای مربوط به سرب را با انرژى 79.3 كيلو الكترون ولت حذف مىكند. تصحيح تابش زمینه با استفاده از طیف ثبت شده برای ظرف خالی در شرایط یکسان انجام شد. براساس طیف های 40 K ثبت شده، فعالیت ویژه هسته های 226 Rn (232 Th و بر حسب Bq/kg تعیین شد. بازدهی مطلق دتکتور (آشكارسازHPGe) طبق استاندارد جهانی (IAEA) $\epsilon(\%) = 100 \text{ N}_i/[\text{Act} \times P_n(E_i) \times t]$ 1003) محاسبه شده است که در آن، Ni شمارش خالص زیر قله فوتوپیک متناظر با انرژی Ei ، Act فعالیت نمونه بر حسب Pn(Ei) ،Bq احتمال انتشار فوتون گاما با انرژی Ei به ازای هر واپاشی و t زمان طیف گیری برای نمونه برحسب ثانيه است.

سال ششم اشاره اول اسارو تابستان 97

3

به منظور تعیین و تفسیر محصولات ایزوتوپهای ²³²Th، و 40 K و 226 Rn و كليه شاخصهای 226 Rn خطر برای این ایزوتوپها براساس فرمولهای استانداردUNSCEAR توسط نرمافزار Excel محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تعیین ارتباط ژنتیکی بین رنگ سنگ، کانیهای اصلی تشکیل دهنده آن، کانیهای فرعى آن و شدت فعاليت راديواكتيويته، مهمترين نمونه-های سنگهای گرانیتوئیدی ایران توسط میکروسکوپ پلاریزان، ساخت آلمان مدل LeitzLaborlux 12 در آزمایشگاه مصالح ساختمانی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران به دقت مورد مطالعه قرار گرفت. به دلیل کاربرد زیاد سنگهای گرانیتوئیدی در بخشهای داخلی و خارجي ساختمانها، تعيين غلظت فعاليت تشعشعي آنها و رعایت استانداردهای مربوطه بسیار الزامی است. لذا در این مطالعه بر اساس محاسبه میزان رادیواکتیویته، ارزیابی میانگین دوز مؤثر و پارامترهای خطر تشعشع،

(عمدتا گرانیتوئید) که به طور گسترده در 13 منطقه از کشور بیرون زدگی دارند، مورد مطالعه و میزان فعالیت تشعشعی آنها مقایسه شده است. برخی از اطلاعات مبنا برای ایزوتوپ های Ra^{226} Ra و K^{40} با مجوز کتبی از برای ایزوتوپ ای K^{226} منابع موجود (جهانگیری و اشرفی 1389، عباسی و ميرافتخارى 2011، پورايمانى و ديگران 1395 و 2014) جمع آوری و در محاسبات این تحقیق مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته است. برای تعیین مقدار اکتیویته عناصر، ابتدا نمونه سنگ (فاقد آثار هوازدگی) در حد یک کیلوگرم از محل رخنمون گرانیت مورد نظر برداشت شده است. هریک از نمونهها توسط آسیاب به پودری نرم تبدیل شدند (اندازه دانه کمتر از یک میلیمتر). پودر حاصل توسط دستگاه همزن به صورت یکنواخت و همگن درآمد. نمونه پودر در دمایC°110 به مدت 6 ساعت قرار گرفت تا خشک شود. مقدار 293 گرم پودر خشک شده در استوانه پلاستیکی (پلی اتیلن) به حجم 300 میلی لیتر قرار گرفت و برای جلوگیری از فرار گاز رادون، در ظرف نمونه با چسب مخصوص بسته شد. این نمونه به مدت 50 روز در ظرف "مارينلي بكر" قرار گرفت تا تعادل ايزوتوپى بين Ra و ²³² و ²³² و نيز محصولات ايزوتوپى كوتاه مدت (كم عمر) آنها يعنى Rn و220 Rn واصل شود. پس از آن، شدت فعالیت ایزوتوپهای ²³²Th و 40 K و 226 Rn و 226 Rn و 226 Rn و 226 Rn دانشگاه اراک (30 نمونه) و دانشگاه تبریز (32 نمونه) تعیین شد. این دستگاه دارای آشکارساز فوق خالص جرمنيوم (HPGe) هممحور از نوع P مدل GCD30195BSI ساخت شركت GCD30195BSI Instruments با بازدهی نسبی 30٪ و مجهز به نرمافزار Lsrmbsi است. قدرت تفکیک انرژی آشکارساز 1.95كيلو الكترون ولت براي خط گاما ⁶⁰Co با انرژي 1332.520 كيلو الكترون ولت است كه در ولتاژ كارى 3000 ولت كار مىكند. هريك از نمونهها به مدت يك روز (86400 ثانيه) طيف نگارى شدەاند. كاليبراسيون انرژی و بازدهی سامانه با استفاده از چشمههای استاندارد دارای رادیونوکلوییدهای ⁵⁷Co، ⁶⁰Co، ¹³⁷Cs، ⁶⁰Co، و 152 Eu و 152 Eu و 133 Ba و 133 Ba تحلیل طیفهای ثبت شده با استفاده از نرمافزار



م اشمارہ اول اسارو تاستان 97

4

برحسب شاخصهای استاندارد بین المللی کاربری سنگ-های گرانیتوئیدی باتوجه به مخاطرات زیستمحیطی در جهت اهداف توسعه پایدار تعیین می گردد.

1-2- سنگهای گرانیتوئیدی

گرانیتوئیدها، سنگهای آذرین درونیاند که عمدتا شامل کانی های فلدسپار (تا 80%) و دامنه تغییرات کوارتز در آنها 20 تا 60% است. برحسب نوع و درصد فلدسپارهای Na-Ca و K، سری سنگهای گرانیتوئیدی (از رنگ تیره به روشن) به ترتيب شامل: توناليت، گرانوديوريت، مونزوگرانیت، سینوگرانیت و آلکالی فلدسیار گرانیت است (Streckeisen, 1976). مذاب تشكيل دهنده گرانيتها (ماگما) غنی از سیلیسیم (77%-70) و در اعماق زمین برای مدت طولانی به تدریج سرد و متبلور شده است، لذا کانیهای آنها روشن و درشت بلورند. به دلیل داشتن رنگ و بافت مناسب، استحکام در برابر نیروها و مقاومت در برابر عوامل محیطی، گرانیتها به طور گسترده در بخش-های درونی و بیرونی ساختمانها به کار میروند. از نظر منشأ، گرانیتها یا از ذوب سنگهای آذرین واقع در قسمتهای عمیق پوسته زمین (infracrustal) و یا در اثر ذوب سنگهای رسوبی ناشی از توسعه فرآیندهای دگرگونی در بخشهای فوقانیتر پوسته زمین (supracrustal) پدید آمدهاند، لذا supracrustal) (2001)از نظر ژنتیکی به ترتیب آنها را تحت عنوان -I type و S-type طبقهبندی کردهاند.

کانیهای اصلی در هر دو نوع گرانیت شامل کوارتز و فلدسپار وجود دارد و این کانیها دارای رنگ روشن هستند. تفاوت عمده دو نوع گرانیت در میزان آلومینیم آنهاست به گونهای که درجه اشباع AI در گرانیتهای نوع I کمتر از عدد 1 است و کانیهای فرعی آنها عمدتا آهن و منیزیم دارند (مانند مگنتیت، بیوتیت و آمفیبول). اما در گرانیتهای نوع S درجه اشباع AI بیشتر از عدد 1 و مسکویت، کوردیریت، آندالوزیت و سیلیمانیت). به همین منظور گرانیتهای نوع S رنگ روشن تر و گرانیتهای نوع منظور گرانیتهای نوع S رنگ روشن تر و گرانیتهای نوع منظور گرانیتهای نوع S رنگ روشن تر و گرانیتهای نوع منظور رانیتهای نوع S رنگ روشن تر و گرانیتهای نوع

مربوط به نوع و میزان کانیهای فرعی (مانند زیرکن و تیتانیت)، نوع کانیهای اصلی (مخصوصا فلدسپار پتاسیم) و رنگ سنگ (روشن بودن) است. البته رنگ گرانیت نشانه ترکیب شیمیایی آن است یعنی هرچه روشن تر باشد، نشانه بالابودن میزان اکسیدهای سیلیسیم، سدیم، پتاسیم، کلسیم، آلومینیم و پایین بودن میزان اکسیدهای آهن و منیزیم است. چنانچه رنگ گرانیت به سمت مشکی یا سبز میل کند، به گونهای که درصد مودال کانیهای آهن و منیزیمدار از درصد کانیهای کوارتز و فلدسپاری بیشتر شود، در این حالت اتلاق نام "گرانیت" بر سنگ جایز نیست.

توکلی و همکاران (1391) شاخص رنگ در سنگهای گرانیت و میزان رادیواکتیویته طبیعی آنها را بر روی 13 نمونه از گرانیتهای اصفهان به ترتیب با رنگهای سبز، مشکی، قرمز و سفید مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آنها (جدول 1) نشان داد که با افزایش شاخص روشنی رنگ سنگ از سبز به سفید، میانگین اکتیویته ویژه ایزوتوپ هایU³²⁸، Th²³² و 4⁰K به مقدار قابل توجهی افزایش مییابد. ضمنا آنها هیچ گونه تحلیلی در خصوص ارتباط نوع کانیهای تشکیل دهنده (ترکیب شیمیایی) در گرانیتهای مورد آزمایش و رنگ سنگ ارائه ننمودند.

جدول 1- متوسط غلظت پر توزایی در 13 نمونه از گرانیت-های اصفهان، برحسب ¹Bq,kg⁻¹ (توکلی و همکاران، 1391). Tab. 1- Average radioactivity concentration in 13 samples of granites from Isfehan in Bq.kg⁻¹

(Tavakoli et al., 1391).									
رنگ گرانیت و		Bq.kg ⁻¹							
(تعداد نمونه)	²³⁸ U	²³² Th	⁴⁰ K						
سبز(1)	<mda< td=""><td><mda< td=""><td>53.16</td></mda<></td></mda<>	<mda< td=""><td>53.16</td></mda<>	53.16						
مشکی(2)	24.31	34.28	525.82						
قرمز(4)	57.26	84.31	897.37						
سفيد(6)	65.72	113.36	1243.28						
<i>Note: MDA = minimum detectable absorption</i>									

لازم به توضیح است که گرانیت سبز که احتمالا از کانی-های منیزیمدار غنی بوده است (مانند سرپانتینیت)، کمترین مقدار متوسط اکتیویته پتاسیم را نشان میدهد و مقدار متوسط اکتیویته اورانیوم و توریوم در آن کمتر از حداقل اکتیویته قابل جذب (MDA>) بوده است. در

نمونههای مشکی که احتمالا از کانیهای آهندار (مانند اکسیدهای آهن، آمفیبول و بیوتیت) غنی بودهاند، ميانگين اكتيويته ويژه هر سه ايزوتوپ فوقالذكر در آنها پايينتر از ميانگين اكتيويته ويژه همين عناصر در نمونه-های گرانیت قرمز بوده است. با توجه به اینکه مقادیر اکتیویته هر سه ایزوتوپ در نمونههای سبز و سیاه بسیار ناچیز بوده است، احتمال غنی بودن این سنگها از کانی-های تیره (آهن + منیزیم) بسیار بالاست و اتلاق نام گرانیت بر آنها درست نیست. از سویی دیگر، در گرانیت-های قرمز که رنگ گوشتی آنها به دلیل میزان بالای فلدسیار یتاسیم است (شکل AA و 1B)، شدت رادیواکتیویته بالاست. همچنین، در گرانیت سفید که رنگ روشن آن به دلیل مقادیر زیادی فلدسپارسدیم (آلبیت) و کلسیم (آنورتیت) است (شکل1C)، اکتیویته ویژه ایزوتوپهای ²³²Th ،²³⁸U و ⁴⁰K بالاترین مقدار را نشان داده است. بنابراین، در گرانیتها با افزایش میزان کانیهای فلدسیاری، رنگ سنگ روشن تر و فعالیت پرتوزایی در آن بیشتر شده است. اگرچه روشنی رنگ در گرانیت نشانه شدت تفریق در مذاب تشکیل دهنده آن است، یعنی مقدار سیلیسیم در ماگما زیاد می شود و غلظت آن افزایش می یابد، به گونهای که عناصر سنگین

را به خوبی در خود نگه میدارد و محصول نهایی مذاب، به سمت تشکیل کانیهای کوارتز و فلدسپار پیش میرود، ولی فعالیت رادیواکتیویته سنگ صرفا به میزان و نوع فلدسپار آن بستگی ندارد، بلکه نوع و میزان کانیهای فرعی دارای عناصر رادیواکتیو که البته در گرانیتهای تفریق یافته بیشترند، مهمترین عامل تشعشع است (غنی آبادی، 1392، پورایمانی و دیگران، 2018). شکل 1

سال ششم اشمارہ اول اسارو تانسآن 97

5

همچنین، شدت فعالیت رادیواکتیویته گرانیتها به همچنین، شدت فعالیت رادیواکتیویته گرانیتها به گرانیتوئیدی در حالتی که سنگ فاقد آثار هوازدگی باشد، گرانیتوئیدی در حالتی که سنگ فاقد آثار هوازدگی باشد، بیشترین مقدار خود را دارد و میانگین آن از 2.65 تا 2.75 گرم بر سانتیمتر مکعب متغیر است. البته چگالی سنگ گرانیت با افزایش کانیهای آهن و منیزمدار در آن، گرانیت با افزایش کانیهای آهن و منیزمدار در آن، افزایش مییابد و رنگ سنگ تیره میشود ولی تیره شدن زنگ سنگ هیچ ارتباطی با افزایش شدت فعالیت تشعشع آن ندارد. چنانچه به دلیل حضور کانیهای آهن و منیزمدار، رنگ سنگ تیره یا سیاه باشد، اگر چه در این مانچگالی بیشتری را نشان خواهد داشت، ولی احتمال افزایش فعالیت تشعشعی آن بسیار کمتر است زیرا در این گونه سنگها، کانیهای فرعی دارای مواد رادیواکتیو حضور ندارند.



شکل 1-تغییرات رنگ گرانیت بر اثر تغییرات نوع کانیهای فلدسپاری تشکیل دهنده آن. در شکل A بلورهای درشت فلدسپار پتاسیم به رنگ گوشتی، در شکل B مخلوطی از فلدسپارهای سدیم و پتاسیم به رنگ صورتی روشن و در شکل C فلدسپار سدیم به رنگ سفید بیشترین کانیهای تشکیل دهنده گرانیت است.

Fig. 1- Variation in color of granite rocks due to the type of feldspar contents. Coarse-grained K-feldspars display red-meat color (A); mixing of K-feldspar and Na-feldspar displaying light pink color (B) and only Na-feldspars display white color (C).

به علاوه، اگر با افزایش آهن و منیزیم، با افزایش تیرگی رنگ سنگ و با افزایش چگالی آن شدت فعالیت رادیواکتیویته در آن بیشتر میشد، باید سنگهای پوسته اقیانوسی که از جنس بازالت با چگالی متوسط 3 gr/cm است، بیشترین فعالیت تشعشعی را نشان میدادند. حال آنکه گرانیتوئیدها بخشی مهمی از پوسته قارهای زمین را تشکیل میدهند و با چگالی کمتر بیشترین فعالیت تشعشعی را نشان دادهاند.

2-2- مطالعات ميكروسكوپي

ال ستم الثماره اول ابهارو تابستان 97

6

وقتی هسته عنصر رادیواکتیو واپاشی میکند، ذرات آلفا به اطراف ساطع می شوند. مسیر عبور ذرات آلفا در برخی کانی های فرعی مانند زیرکن و آپاتیت (شکل 2) به صورت ترک و شکاف برجای می ماند. این اثر دائمی است مگر اینکه سنگ های دربرگیرنده این کانی ها در اثر فرایندهای دگر گونی، تحت تأثیر حرارت بالا (حداقل 300 فرایندهای دگر گونی، تحت تأثیر حرارت بالا (حداقل 300 درجه سانتیگراد) قرار گیرند. برای اولین بار مطالعات ترک ها تحت عنوان "شکافت ترک ها" (Fission Tracks) توسط دستگاه الکترون

مايكروپروب Sensitive High Resolution Ion) مايكروپروب Microprobe) SHRIMP بسیار حساس در دانشگاه ملی استراليا توسط دانشمند زمين شناس معروف بهنام .B.W Chappell با هدف تعيين سن ايزوتوپي سنگها انجام شد. به دلیل شدت بالای رادیواکتیویته و طولانی بودن سن کانی، تمرکز این شکافها گاهی در اطراف کانی به-صورت هالهای تیره تا سیاهرنگ شکل می گیرد که به آن هاله پلی کروئیک(Polychroic Hallow) می گویند. چنانچه تعداد هالههای پلی کروئیک در گرانیت زیاد باشد، ميزان فعاليت تشعشعي أن سنگ بسيار بالاست. به همین منظور کانیهای فرعی مشاهده شده در برخی گرانیتهای ایران در این تحقیق به تفصیل مورد مطالعات ميكروسكوپى قرار گرفت. براساس اطلاعات ايزوتوپى، نمونههایی از گرانیتوئیدهای ایران که دارای کانیهای فرعی بیشتری هستند (به ویژه حضور کانیهای زیرکن، تیتانیت و آپاتیت)، فعالیت تشعشعی بیشتری را نشان میدهند. در شکل 3 تصاویر میکروسکویی 12 نمونه از گرانیتهای ایران جهت مشاهده فعالیت ایزوتوپی كانى هاى فرعى با شرح مفصل قابل ملاحظه است.



شکل 2- (A) تشکیل هاله پلی کروئیک به رنگ سیاه بهصورت حلقهای در اطراف بلور زیرکن که خود در داخل کانی بیوتیت جای گرفته است و نشانه فعالیت شدید تشعشعی زیرکن است (نور ساده، میکروسکوپ پلاریزان، درشت نمایی 60X)، (B) ترکهای شکافتی ناشی از حرکت ذرات آلفا در بلور آپاتیت که توسط میکروسکوپ الکترونی SHRIMP گرفته شده است. (C) ترکهای شکافتی ناشی از حرکت ذرات آلفا در بلور زیرکن که توسط میکروسکوپ الکترونی SHRIMP گرفته شده است. (D) نمونه دستی شکافتی ناشی از حرکت ذرات آلفا در بلور زیرکن که توسط میکروسکوپ الکترونی SHRIMP گرفته شده است. (C) ترکهای

Fig. 2- Formation of dark polychroic hallow around zircon crystal within the bitotite (A) indicates the intensity of radioactivity (PPL, 60X); Fission tracks due to the emission of alpha particles in apatite crystals (B) and zircon grains (C) taken by sensitive high resolution ion microprobe (SHRIMP); Zircon crystal specimen (D) and Apatite crystal specimen (E).



بال ششم اشاره اول اسارو تاستان 97 م

شکل 3- تصاویر میکروسکوپی حاکی از شدت رادیواکتیویته در نمونههایی از گرانیتوئیدهای مهم ایران. توضیحات شکل 3 به شرح زیر است:

(A)گرانیت تایباد: فراوانی ادخالهایی از کانیهای آپاتیت (بلورهای باریک طویل شده، سمت راست) و مگنتیت (مربع ناقص سیاه رنگ، سمت چپ) بر روی کانی بیوتیت (تصویر با بزرگنمایی شیئی 25 X و در حالت XPL گرفته شده است).

(B)گرانیت زاهدان: بلور اسفن و انکلزیون های هسته دار در مرکز تصویر، (تصویر با عدسی شئ X 52 و درحالت XPL گرفته شده است). (C)گرانیت مشهد: هاله پلی کروئیک سیاه رنگ اطراف بلور زیرکن نشانه فعالیت رادیواکتیویته در این گرانیت است. شدت رادیواکتیویته بر روی کانی بیوتیت با دایرههای سیاه رنگ مشخص است که آثار عبور اشعه گاماست. واپاشی کامل اورانیوم در زیرکن با هالههای کاملا تیره رنگ بر روی بیوتیت با دایرههای سیاه رنگ مشخص است که آثار عبور اشعه گاماست. واپاشی کامل اورانیوم در زیرکن با هالههای کاملا تیره

(D) گرانیت یزد: گسترش هالههای پلی کروئیک اطراف زیرکن بر روی کانی بیوتیت نشانه شدت رادیواکتیویته است. ضمنا در اثر این واپاشی، ناپدید شدن کامل بلور زیرکن مشحص است. (تصویر با عدسی شئ X40 و در حالت XPL گرفته شده است). (E) گرانیت بیرجند: بلور زیرکن در مرکز شکل و بالا گوشه سمت راست، هاله پلی کروئیک کامل شده در منتهیالیه سمت چپ در گرانیت

بیرجند، (تصویر با عدسی شئX 00 و در حالت XPLگرفته شده است).

(F)گرانیت همدان (منطقه بروجرد): تراکم بلورهای گوهای شکل اسفن که بر روی کانی آلبیت تشکیل شدهاند. شدت فعالیت رادیو اکتیویته در مرز بلورهای گوهای شکل اسفن با رنگ سیاه مشخص است (تصویر با بزرگنمایی شئی X10 و در حالت XPL گرفته شده است).

(G) گرانیت الوند: شدت و گسترش هاله پلی کروئیک بر روی کانی بیوتیت و محو کامل بلورهای زیرکن. (تصویر با بزرگنمایی شیئی X 10 و در حالت XPL گرفته شده است).

(H) گرانیت نطنز: تراکمی از کانیهای اوپاک (Fe-Ti oxides) بر روی فلدسپارهای آلکالن غنی از پتاسیم (تصویر با بزرگنمایی شئ X 10 و در حالت PPLگرفته شده است).

(I) گرانیت آذربایجان: تبدیل اسفن (تیتانیت) به مگنتیت (تصویر با بزرگنمایی شئ 10 Xو در حالتPPL گرفته شده است).
 (J) گرانیت تکاب: تبدیل اسفن به مگنتیت. (تصویر با بزرگ نمایی شئ 10 X و در حالت XPL گرفته شده است).

(K)گرانیت کردستان: رشد توام کوار تز و فلدسپار نشانه تشکیل گرانیت در دمای پایین و فراوانی فلدسپار پتاسیم در آن است. در این گرانیت زیرکن و دیگر کانیهای رادیواکتیو مشاهده نشد (تصویر با عدسی شئ 25 X و در حالت XPL گرفته شده است).

(L) گرانیت زنجان: گسترش هاله پلی کروئیک سیاه رنگ در اطراف بلور زیرکن که بر روی کانی بیوتیت قرار دارد، نشانه آثار عبور اشعه گاما است. (تصویر با عدسی شئ 25 X و در حالت XPL گرفته شده است).

ل ستم الشاره اول ابهارو ثابتان 97

8

(A) Tiebad Granite: the abundant inclusions of apatite crystals (right side, the slender crystals) and magnetite (black semi-rectangles in left side of the image); (XPL, X25).
 (B) Zahedan granite: Titanite crystal and nucleoid inclusions in the center of image, (XPL, X25).
 (C) Mashhad Granite: Dark polychroic hallow arround the zircon crystal indicates radioactivity in the granite. The intensity of radioactive minerals caused a dark circle resulted from gamma emisiiiion paths. Some zircon crystals completely radiated by gamma thus the hallows are black in cores and rims, locted on biotite crystals. (XPL, X25).

(D) Yazd Granite: Extended poly chroic hallows around zircon grains on biotite indicates strong radiation. Due to the intensity of radiation, zircon grains are completely disappeared. (XPL, X40).

Fig. 3- Microscopic images (A to L) indicating intense radioactive decay in important Iranian granitoids as follow:

(E) Birjand Granite: Zircon grains are observed in the center of image and the top right corner of the image. Polychroic hallow is completed in the most left limit of the sample. (XPL, X40).

(F) Hamedan granite (Boroujerd Area): Density of large vedge-shaped crystals of titanite formed above the albite crystals. The intensity of radioactive materials is observed by dark areas in the crystal borders of titanite. (XPL, X10).

(G) Alvand Granite: The extended polychroic hallow on biotite mineral and complete disappearing of zircon crystals (XPL, X10).

(H) Natanz Granite: Dense opaque minerals (Fe-Ti oxides) on alkali feldspars riched in K (PPL, X10).

(I) Azarbayejan Granite: Changing titanite to magnetite (PPL, X10).

(J) Takab Granite: changing titanite to magnetite (XPL, X10).

(K) Kordestan Granite: Intergrowth of Quartz and K-feldspar crystals, representing low-temperature and high K-feldspar

melt. In this sample, zircon and other radioactive minerals are not observed (XPL, X25). (L) Zanjan Granite: Extended black plychroic around the zircon crystals grown on the biotite crystal indicating gamma ray

path (XPL, X25).

2-3- محاسبات میزان فعالیت پر توزایی محاسبات میزان فعالیت پر توزایی بر اساس شدت فعالیت ایزوتوپهای عناصر توریوم، پتاسیم و فعالیت معادل رادون انجام میشود. از آنجا که توریوم و رادون محصولات واپاشی اورانیوم محسوب میشوند، در این محاسبات غلظت اورانیوم²³⁸ اعمال نشده است. نتایج محاسبات فعالیت تشعشعی عناصر و شاخصهای خطر برای 62 نمونه از سنگهای گرانیتوئیدی ایران در جدول 2 ضمیمه ارائه شده است.

فعالیت پرتوزایی(radioactivity) برای هر عنصر در نمونههای مورد مطالعه براساس فرمول (1) برحسب Bq/kg محاسبه و در جدول شماره 2 ارائه شده است.

A —	Ν	1
A	$e \times \eta \times m$	

در فرمول فوق، A مقدار فعالیت تشعشعی برحسب N Bq/kg N برابر است با نرخ شمارش گاما بر حسب ثانیه، P کارآیی جذب انرژی معین، p احتمال قطعی واپاشی گاما و m جرم نمونه برحسب kg است ... (Uosif et al., است kg است ... 2015) نظر به اینکه محصول واپاشی هستههای U²³⁸ (2015) نظر به اینکه محصول واپاشی هستههای U²³⁸ (2015) میزاد به اینکه محصول واپاشی هستههای u میزان سهم تولید هر ایزوتوپ در نمونه معین متفاوت است که بهدلیل تفاوت تراکم عناصر، تفاوت نیمه عمر عناصر و تصادفی بودن فرایند واپاشی است، لذا برای

Ra_{eq}) مطابق فرمول زیر غلظت معادل رادون (Ra_{eq}) تعریف میشود (Al-Zahrani, 2017). میزان فعالیتهای ایزوتوپی هریک از عناصر پرتوزای موجود در نمونهای معین (Ae_{eq}) و شاخصهای ایزوتوپی موارد بحث با استفاده از معادلات زیر محاسبه گردید.

فعالیت معادل رادیوم = Radium equivalent activity) (Uosif et al., 2015, Al- از رابطه 2 محاسبه شد Ra_{eq}) (Zahrani, 2017)

 $\begin{array}{c|c} Ra_{eq} = A_{Ra} + 1.43A_{Th} + 0.077A_{K}, [Ra_{eq} \le 370] \\ Bq/kg, UNSCEAR(2008)] \end{array} 2 \\ \end{array}$

كه در آن، A_{Ra} و A_{Th} ب A_{K} و A_{Th} ب A_{Ra} است. ايزوتوپهای A_{Th} ، A_{Ra} (خ. 10, 226 م A_{Th} ، A_{Ra} (خ. 226 م Bq/kg است. لازم به ذكر Bq/kg است. لازم به ذكر Bq/kg است. كه غلظت معادل راديوم (Ra_{eq}) براساس Bq/kg (Bq/kg برای Bq/kg و Bq/kg برای Bq/kg برای Bq/kg این مقادیر پرتوزایی معادل همان نرخ تولید دوز گاما این مقادیر پرتوزایی معادل همان نرخ الدیوم معادل باشد. به عبارتی دیگر، مقدار Bq/kg رادیوم معادل در مصالح ساختمانی می تواند هر سال برای ساکنین (Onargan ...) مقدار Bq/kg برای 212; Uosif et al., 2012; Uosif et al., 2015)

(external hazard شاخص خطر پرتوگیری خارجی (external hazard) index = H_{ex}) (3) مخصوص فضاهای بدون در و پنجره، و فرمول (4)

مخصوص فضاهای دارای در و پنجره به شرح زیر محاسبه

	ىسود.	مى
	$H_{ex1} = A_{Ra}/370 + A_{Th}/259 + A_K/4810, (H_{ex1} \le 1)$	3
	$H_{ex2} = A_{ra}/740 + A_{Th}/518 + A_{K}/9620, (H_{ex2} \le 1)$	4
	، در آنها، A _{Ra} ، A _{Ra} و A _K بترتیب فعالیت عناصر ²²⁶ Rn	که
	${ m H}_{ex}$ و $^{40}{ m K}$ برحسب Bq/kg است. مقدار استاندارد $^{40}{ m K}$	Гh
	د در هر دو محیط فوقالذکر بصورت $\mathrm{H}_{\mathrm{ex}} \leq 1$ باشد	باي
	.(Darwish et al., 201	5)
	خص خطر پرتوگیری داخلی internal hazard index)	شا
	H = برای اشعه ²²² Rn توسط فرمول 5 محاسبه	in)
	ىشود:	مى
	$H_{in} = A_{Ra}/185 + A_{Th}/259 + A_K/4810, (Hin \le 1)$	5
	در آن، A _{Th} ، A _{Ra} و A _K به ترتیب فعالیت عناصر	که
	و 40 K و 232 Th 226 F و 232 Th 226 F	Rn
	یتاندارد برای رعایت ایمنی در داخل ساختمانها باید	اس
	(Al- این شاخص به صورت H _{in} \leq 1 اسر (Al- این شاخص به صورت ا	مق
	Zahrani, 201	7)
1	خص دوز مؤثر جذب شده تشعشع گاما (absorbed)	شا
J	در هوا و در فاصله یک dose rate in air = ADR	A)
	ری از سطح زمین در حالت توزیع یک نواخت واپاشی	مت
	6 و 40 K و 232 th 226 Rn بيعى هستەھاى هستەھاى 20	طب
	عاسبه میشود (UNSCEAR, 2000, 2008) که در آن	مح
	ظت ایزوتوپهای رادیوم، توریوم و پتاسیم برحسب	غلغ
	Bq/l است. مقدار این شاخص براساس استاندارد	kg
	UNCSEA باید کمتر از nGy/h باشد.	R

ADRA $(nGy/h) = 0.462A_{Ra} + 0.604A_{Th} +$ 0.0417Ak (UNSCEAR, طبق استاندارد ADRA< 59 nGy/h 2000, 2008)

شاخص دوز مؤثر جذب سالانه annual effective dose) rate = AEDR) بر اساس مقررات مربوط به مصالح ساختمانی مصوبات استاندارد جهانی (UNSCEAR) 2000, 2008) برای فضاهای باز و بسته مطابق رابطه 7 تعیین می شود. برای تخمین دوز مؤثر سالانه باید ضریب تبدیل از دوز هوای آزاد به دوز مؤثر و عامل سکونت در داخل ساختمان را در معادله 6 اعمال کرد و مطابق

فرمول زير محاسبه صورت گيرد ,UNSCEAR, 2000, :2008)

$\begin{array}{llllllllllllllllllllllllllllllllllll$	7
فضاهای باز AEDR (mSv/yr)= ADRA (nGyh	برای

¹) \times 0/7 \times 0/2 \times 8760 \times 10⁻⁶ AEDR (mSv/yr) = ADRA برای فضاهای بسته

بال شهر اشده اول اببارو تابتان ۶۷ 🗸

$$(nGyh^{-1}) \times 0/7 \times 0/8 \times 8760 \times 10^{-6}$$

که در آن ADRA (absorbed dose rate in air) دوز مؤثر جذب در هوای آزاد برحسب nGyh⁻¹ است. مقدار فاکتور تبديل دوز (dose conversion factor = DCF) برابر با0.7 Sv/Gy، فاكتور زمان عدم حضور ساكنان در محل 0.2 سكونت(outdoor occupancy factor =OF) برابر با برای فضاهای باز و 0.8 برای فضاهای بسته، و مقدار T برحسب زمان برابر با 8760 h/y است. مقدار استاندارد شاخص AEDR برای فضاهای باز کمتر از AEDR و برای فضاهای بسته 0.48 در نظر گرفته می شود (UNSCEAR, 2008)

شاخص احتمال ابتلا به خطر سرطان که به آن میزان دوز مؤثر نیز می گویند، توسط رابطه زیر (فرمول 8) D_{eff} ، که در آن (Alzahrani, 2017) تعیین می شود مقدار دوز مؤثر سالانه در فضای بسته برای هر فرد برحسب OF .mSv/y فاكتور زمان حضور در محل سکونت و DCF فاکتور تبدیل دوز است.

 D_{eff} (mSv/y) = ADRA (nGy/h) × 8760 h/year \times 0.8 (OF) \times 0.7Sv/Gy DCF \times 10 $^{-6}$ روش دیگری برای تعیین شاخص احتمال ابتلا به سرطان براساس فرمول زیر (شماره 9) تخمین زده می شود و ELCR نام دارد که مخفف کلمات ELCR cancer risk است (Darwish et al., 2015). در این روش معادل دوز مؤثر سالانه، برحسب mSvy⁻¹ تعیین می شود و در آن مقدار Duration of life) DL) به طور متوسط 70 سال در نظر گرفته می شود و مقدار فاکتور خطر یا RF (risk factor) طبق آييننامه ICRP-106 برابر با برای اماکن عمومی است.

ELCR $(mSvy^{-1}) = AEDR (mSvy^{-1}) \times DL$	9
\times Kr	

شاخص اشعه گاما ($_{\rm I}$) در مصالح ساختمانی براساس کمیسیون اروپا (EC) مطابق فرمول زیر (شماره 10) تعیین میشود. این کمیسیون پیشنهاد کرده است که اگر رادیواکتیویته مصالح ساختمانی موجبات نگرانی را فراهم کند، باید از هرگونه محدودیتی اجتناب شود. چنانچه تشعشع بیش از حد مجاز گامای ناشی از آنها موجب افزایش دوز مؤثر سالانه به مقدار بیش از 20.3 mSv (برای افراد عمومی) شود، باید محدودیت اعمال شود. برای مصالح ساختمانی با دوزهای مؤثر گاما که بالاتر از برای مصالح ساختمانی با دوزهای مؤثر گاما که بالاتر از نقاط موضعی (محلی) مجاز است. در فرمول زیر (شماره نقاط موضعی (محلی) مجاز است. در فرمول زیر (شماره (10) مقادیر $C_{\rm Th}$, $C_{\rm Ra}$ یر ایزوتوپ های Bq/kg در مصالح ساختمانی است.

بال شمير اشاره اول اببارو تابتان 97 🗸 🗸

 $I_{\gamma} = C_{Ra}/300 + C_{Th}/200 + C_K/3000$ 10

3- نتايج و بحث

نتایج آنالیزهای ایزوتوپی 62 نمونه از سنگهای 20 هرانیتوئیدی ایران برای عناصر Th 225 ه 226 Ra 22 Ra 22 Th 226 s Ra 22 Ra 22 Th 22 Ra 22

جدول 2- میانگین (به جز موارد تک نمونهای) فعالیت تشعشعی ایزوتوپهای Ra،²³²Th، ²³² و ⁴⁰K برای 62 نمونه سنگهای پلوتونیکی (عمدتا گرانیتوئید) که از 13 منطقه ایران انتخاب شده است، را نشان میدهد. جزئیات اطلاعات نمونهها در جدول شماره 1 (ضمیمه) قابل مشاهده است.

		5			- 01 46	pendini				
مناطق مورد مطالعه	تعداد	طول جغرافيايی (شرقی)			عرض جغرافیایی (شمالی)			فعالیت تشعشعی (Bq.kg ⁻¹)		
	موته	درجه	دقيقه	ثانيه	درجه	دقيقه	ثانيه	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K
مشهد	3	59	43	09	36	43	14	50.97	21.9	1028.37
تربت حيدريه	1	59	13	16	35	16	56	33.6	27.1	623.9
بيرجند	2	59	48	10	32	34	36	118.6	109.3	1322.7
يزد	1	54	24	05	31	44	46	59.5	41.1	1077.8
زاهدان	4	60	56	57	29	07	56	56.6	98.25	1148.23
زنجان	5	48	28	47	36	20	40	103.16	103.94	1385.46
تكاب	2	47	06	44	36	24	02	99.05	92.9	996.95
آذربايجان	3	46	21	34	38	17	21	84.9	106.7	1096.8
كردستان	3	46	59	52	35	18	56	96	12	1286.33
لرستان	2	48	09	40	33	04	54	31	24.15	422.75
نطنز	1	51	55	02	33	30	35	84.8	71.8	848.1
همدان	5	48	30	54	34	47	55	81.18	85.64	1102.56
الوند	30	48	17	35	35	02	50	78.21	34.7	651.7
جمع کل (ایران)	62		-		-			78.47	60.39	884.72
*پوسته زمين	-		-			-		30	35	400
*سنگهای ساختمانی	-		-		-			60	60	640
*(UNSCEAR, 2008)	-		-		-			50	50	500

Tab. 2- Average (except those of one sample) radioactivity of 232Th, 226Ra and 40K isotopes obtained for 62 plutonic samples (mainly granitoid) taken from 13 outcrops in Iran. Detail information of samples are shown in Table 1 of appendix.

از میان 62 نمونه گرانیت مورد مطالعه در این تحقیق که در جدول 1 ضميمه نشان داده شده است، فقط در 20 نمونه از آنها فعالیت ویژه ²²⁶Ra پایین ر از استاندارد جهانی است (مانند گرانیت مشهد) ولی در بقیه نمونه ها (42 نمونه) فعالیت ویژه ²²⁶Ra به شدت از استاندارد جهانی (Bq/kg) بالاتر است (مانند گرانیتهای زنجان، بیرجند و همدان). دامنه تغییرات رادون از 8.4 تا 160 Bq/kg تغییر می کند و میانگین کل آن برای ایران 60.39 Bq/kg است که تقریبا دو برابر مقدار تعیین شده توسط استاندارد جهانی است. همچنین فعالیت ویژه عنصر Th فقط در 18 مورد از مجموع 62 نمونه مطالعه شده پایین تر از مقدار استاندارد جهانی (Bq/kg) 45 است. تغییرات میزان فعالیت این عنصر از صفر تا Bq/kg 268.4 است و میانگین آن برای 62 نمونه ایران برابر با 78.4 Bq/kg است که این مقدار نیز بیشتر از حد تعیین شده توسط استاندارد بین المللی است. بیشترین میزان فعالیت تشعشع برای عناصر ²³²Ra ،²³²Th و ⁴⁰K در گرانیت بیرجند مشاهده می شود و پس از آن گرانیت زنجان در مقام دوم پرتوزایی قرار می گیرد (جدول 2). شكل 5 براساس ترتيب ميانگين فعاليت تشعشعي عنصر پتاسیم ترسیم گردید و نشان میدهد که گرانیتهای زنجان، بیرجند و کردستان به ترتیب بیشترین مقدار تشعشعات پتاسیم را دارند. البته در یک روند عمومی، هرچه گرانیت دارای مقادیر توریوم و رادون بیشتری باشد، مقادیر پتاسیم آن نیز بیشتر است و این روند در شكل 3 تحت عنوان همبستگى ايزوتوپى قابل ملاحظه است. بالا بودن اكتيويته پتاسيم به رنگ سنگ (روشن بودن) و حضور فلدسپار پتاسیم و مقدار کانی فرعی مانند بیوتیت بستگی دارد. مثلا گرانیتهای زنجان، بیرجند و کردستان همگی دارای فلدسپار پتاسیم و بیوتیت فراوانند و اکثر بیوتیتهای آنها همراه با کانیهای زیرکنند و همه بلورهای زیرکن در آنها هاله پلی کروئیک نشان مىدهد (شكل 3، تصاوير E, L, K). بنابراين، فعالیت تشعشعی گرانیتها به ترتیب تابعی از فراوانی حضور کانی های فرعی (مخصوصا زیرکن)، حضور فلدسپارها (به ویژه فلدسپار پتاسیم) و میزان سیلیسیم بالا (روشن بودن رنگ سنگ) است. در بیشتر مقاطع

میکروسکوپی بلورهای زیرکن در داخل کانی بیوتیت قرار گرفته است و بیوتیت نقش به تله انداختن کانیهای فرعی حاوی عناصر سنگین مخصوصا برای زیرکن را ایفا میکند. بنابراین، قبل از استفاده از گرانیتها به عنوان مصالح ساختمانی باید مطالعات میکروسکوپی جهت شناسایی کانی های فرعی آنها با دقت انجام شود و از نمونههای دارای بیوتیت، زیرکن و آپاتیت در فضاهای داخلی ساختمان استفاده نشود.

سال ششم اشماره اول اسارو تاستان 97

11

به طور كلى همبستگى مثبت بين فعاليت تشعشعى ايزوتوپهاى ²²⁶Ra ،²³²Th و ⁴⁰Kبراى همه نمونههاى مورد مطالعه در حد بسیار خوبی دیده می شود (شکل 5). ${
m R}^2$ وابستگی فعالیت ایزوتوپی این سه عنصر با مقدار مشخص می شود که همواره بین 0.49 تا 0.61 تغییر 5 می کند (شکل 5). علت پایین بودن R^2 در شکل (مخصوصا 5A و 5B) به دلیل تغییرات زیاد عنصر پتاسیم است که از منابع مختلف مانند کانیهای فلدسپار و بيوتيت تأمين مي شود و درصد حضور اين كاني ها در انواع گرانیت متفاوت است. در اکثر موارد برای هریک از نمونه-های گرانیتی درجه فعالیت پتاسیم تقریبا 7 برابر مجموع توريوم و رادون است و با كاهش مجموع توريوم و رادون، درجه فعالیت پتاسیم کمتر می شود. بنابراین، تعادل خوبی بین فعالیت هستههای این سری از عناصر برقرار است. در شکل 5A فعالیت ویژه ایزوتوپ پتاسیم نسبت به توريوم به طور منظم با ضريب 7.508 افزايش مىيابد که بیانگر غنیتر شدن نمونههای گرانیتی از سیلیس (SiO₂) است. با افزایش سیلیس در مذاب گرانیتی غلظت مذاب افزایش می یابد و کانی های فرعی که دارای عناصر سنگین هستند در سیستم باقی می مانند و به همین خاطر گرانیت های تفریق یافته (مانند تیپ S) از کانیهای زيركن، آپاتيت، مگنتيت، ايلمنيت غنى مىشود Breiter et al., 2014). آنچه باعث افزایش غلظت سیلیس در مذاب گرانیتی می شود، درجه ذوب بخشی سنگهای اولیه (منشأ) و یا درجه تفریق مذاب است. بنابراین، هرچه گرانیت تفریق یافتهتر باشد، احتمال حضور عناصر سنگین مانند (Hf, Th, U, Sc, Nb, Ta, (W, F, As در کانیهای فرعی آن بیشتر است.



شکل 4- مقایسه متوسط شدت فعالیت تشعشعی ایزوتوپهای ²²⁶Ra ،²³²Th و ⁴⁰K ، برحسب¹-Bq.kg برای انواع سنگهای پلوتونیکی (عمدتا گرانیتوئید) از 13 منطقه ایران که به عنوان مصالح ساختمانی در قسمتهای درونی و بیرونی ساختمانها به کار رفته است. اعداد داخل پرانتز تعداد نمونه است.

Fig. 4- Comparison of the average activity of ²³²Th, ²²⁶Ra and ⁴⁰K isotopes in Bq.kg⁻¹ for different plutonic rocks (mainly granitoid) from 13 areas of Iran, the rocks have been used for internal and external parts of buildings. (Numbers in the brackets indicate the number of samples).

در شکلSB همبستگی مثبت بین X⁴⁰ و Ra²²⁶ قابل ملاحظه است و نشان میدهد که هرچه میزان فلدسپار پتاسیم در گرانیت بیشتر باشد، احتمال پرتوزایی آن بیشتر میشود. بنابراین گرانیتهایی که دارای رنگ صورتی یا قرمز گوشتی دارند، (مانند تصاویر A و B در شکل 1) پرتوزایی قابل توجهی از خود نشان میدهند. در شکل 25 همبستگی مثبت بین ایزوتوپهای Ra²²⁶ و در شکل SD همبستگی مثبت بین ایزوتوپهای محصول در شکل 20 همبستگی مثبت بین ایزوتوپهای که دارای واپاشی اورانیوم است، بنابراین گرانیتهایی که دارای توریوم بالا باشند، احتمال بالابودن غلظت اورانیوم در آنها بیشتر است.

این نوع گرانیت ها معمولا از کانی های فرعی مانند زیر کن، بیوتیت و آپاتیت غنی هستند. در این نوع گرانیت ها بلورهای زیر کن در اطراف خود هاله تیره رنگ پلی کروئیک ایجاد می کنند که حاکی از شدت واپاشی است. همچنین بلورهای زیر کن موجود در آنها ترک خورده است که محل ترک نشانه مسیر ذرات آلفا است و شکافت ترک (Fission track) نام دارد. شکل 5

3 –1– شاخصهای خطر رادیواکتیویته

در این مطالعه شاخصهای خطر رادیواکتیویته برای هر یک از نمونههای گرانیتوئیدی (62 نمونه) محاسبه و در جدول شماره 2 ضميمه ارائه شده است. به منظور جمع بندی و تسهیل در مقایسه اطلاعات، میانگین شاخصهای محاسبه شده برای هر منطقه (13 مورد) در جدول شماره 3 نشان داده شده است. بیشترین فعالیت معادل رادون به ترتیب در گرانیتهای بیرجند 380.7 Bq/kg، كردستان 364.3 Bq/kg، زنجان Bq/kg آذربايجان Bq/kg 11.3 و تكاب Bq/kg ديده می شود. این گرانیت ها دارای کانی های فراوان پتاسیم فلدسپار، بیوتیت، مسکویت، زیرکن و آپاتیت هستند که باعث افزایش شدت فعالیت تشعشعی آنها شده است. کمترین مقدار فعالیت معادل رادون به ترتیب در گرانیت های تربت حیدریه و لرستان دیده می شود که به دلیل پایین بودن یا عدم حضور کانی های فرعی مانند بیوتیت، زيركن و آپاتيت در آنهاست.

میانگین دوز پرتوگیری خارجی برای فضاهای باز بدون درب و پنجره (H_{ex1}) و برای فضاهای باز دارای درب و پنجره (Hex2) محاسبه و در جدول شماره 3 نشان داده شده است. میانگین مقدار دوز مؤثر محاسبه شده برای همه نمونههای این مطالعه در هر دو محیط فوق الذکر پایین تر از حداکثر مقدار تعیین شده توسط استاندارد جهانی است. حداکثر میانگین محاسبه شده شاخص Hex1 برابر با 1.02831 برای گرانیت بیرجند محاسبه شده است که با توجه به مقدار ماکزیمم استاندارد (H_{ex1} ≤1)، نیز قابل قبول است. میانگین شاخص پرتوگیری داخلی برای فضاهای بسته (Hin) در بیشتر نمونهها در حد استاندارد است (H_{in} ≤1). میانگین این شاخص برای فضاهای بسته فقط در گرانیتهای بیرجند، زنجان، آذربایجان و كردستان اندكى بالاتر از 1 است. همچنين از ميان 62 نمونه مورد مطالعه جمعا 5 نمونه (جدول 2 ضميمه) از گرانیتهای بیرجند، زنجان، آذربایجان و الوند شاخص پرتوگیری خارجی آنها اندکی بالاتر از حد مجاز است که از 1.1 تا 1.68 متغیر است. بنابراین، بهترین کاربرد این گرانیتهادر فضاهای باز ساختمان مانند فضاهای عمومی، نماهای خارجی، سنگفرش تراسها، پشت بامها، دیوارها، پلکان اضطراری و راهروهای باز است. ضمنا چنانچه نمونههای ذکر شده در داخل ساختمانها استفاده شوند، استاندارد جهانی تأکید دارد که این گونه نمونهها علاوه بر اینکه نباید ضخیم باشند، بلکه باید حداقل پوشش سطوح را نسبت به سایر نمونههای مجاز استفاده شده در همان محیط، داشته باشند.

پال ششم اشارہ اول اسارو تاسآن ۶۶

13

شاخص دوز مؤثر جذب شده اشعه گاما در هوای آزاد (ADRA) برحسب nGy/h برای نمونههای گرانیتوئیدی مناطق مختلف در جدول 3 نشان میدهد که دامنه تغییرات آن از 47.5 nGy/h در گرانیت لرستان، تا nGy/h میانگین 26 نمونه ایران برابر nGy/h 112.19 است که از مقدارمیانگین ارائه شده توسط استاندارد جهانی 59 مقدارمیانگین ارائه شده توسط استاندارد جهانی (Gy/h) بالاتر است. به جز گرانیت تربت حیدریه که بسیار به حداکثر مقدار مجاز (استاندارد) نزدیک است، سایر نمونهها شاخص دوز مؤثر بالایی را نشان می دهد.



⁴⁰K همبستگی مثبت بین میانگین شدت فعالیت تشعشعی ایزوتوپهای⁴⁰K و ⁴⁰K (تصویر A)، ایزوتوپهای R³²² و ⁴⁰K (تصویر B)، ایزوتوپهای (C)، ایزوتوپهای (C)، ایزوتوپهای B) (تصویر B) و ایزوتوپهای 226Ra (تصویر B) برای سنگهای پلوتونیکی (عمدتا گرانیتوئید) که در 13 منطقه از ایران رخنمون دارند.

Fig. 5- Positive correlation between the average of radioactivity decay for isotopes of ²³²Th and ⁴⁰K (A); ²²⁶Ra and ⁴⁰K (B) and ²²⁶Ra and ²³²Th (C) for plutonic rocks (mostly granitoids) cropped out in 13 areas of Iran.

بال شمهم الثماره اول ابهارو تابتان 97 <

14

با اعمال ضرایب تبدیل دوز از هوای آزاد به دوز مؤثر و عامل سکونت در داخل ساختمان، مقدار دوز مؤثر سالانه (AEDR) محاسبه شده (جدول 3) نشان میدهد که مقدار متوسط این دوز همواره کمتر از mSv/yr 1 است، لذا کاربرد این گرانیتها در فضاهای آزاد و اماکن عمومی فاقد هر گونه اشکال است.

شاخص احتمال ابتلا به خطر سرطان (Deff) در فضاهای بسته اماکن عمومی برای هر فرد مقدار 0.48 mSv/yr توسط استاندارد پیشنهاد شده است. مقادیر محاسبه شده این شاخص برای گرانیتهای ایران (به جز گرانیت مشهد، تربت حیدریه، یزد، لرستان و الوند) بالاتر از حد استاندارد است (جدول 3).

به دلیل بالا بودن مقدار دوز مؤثر این شاخص، جلوگیری از تشعشع آنها ضروری است و تنها راه پیشگیری از خطرات آنها عدم استفاده در فضاهای بسته و اماکن اختصاصی است. به ویژه استفاده از این گرانیتها برای اتاق خوابها، بیمارستانها، کودکستانها و سنگفرش اماکن آموزشی بدون داشتن سیستم تهویه توصیه نمی-شود.

برای دقت بیشتر در تعیین شاخص احتمال ابتلا به سرطان، معادل دوز مؤثر جذب سالانه (ELCR) برحسب mSv/yr برای هوای آزاد محاسبه گردید (جدول 3) که این مقدار از 0.2 تا 0.76 در این نمونهها متغیر است.

سال ششم اشمارہ اول اسارو تابشان 97

15

جدول 3- میانگین (به جز تک نمونهها) شاخصهای فعالیت پر توزایی محاسبه شده برای 62 نمونه از گرانیتوئیدهای ایران. جزئیات اطلاعات نمونهها در جداول شماره 1 و 2 ضمیمه نشان داده شده است. (شاخص های Hex، Hex، Hex، و IV دارای واحد نیستند). Tab. 3- Average (except single samples) of radioactivity indices calculated for 62 samples of Iranian granitoids. Detail

mormation of samples are shown in Tables 1 and 2 of Appendix. (The mucces of Hex), they and 1y have not dimentions).											
مناطق مورد مطالعه	Ra _{eq} (Bq/kg)	Hex1	Hex2	\mathbf{H}_{in}	ADRA (D)	AEDR (mSv/yr)	D _{eff} (mSv/yr)	ELCR (mSv/yr	Iy		
(تعداد نمونه)					(nGy/h))			
(3) مشهد	173.9716	0.46987	0.234891	0.52897	83.78671	0.102756	0.41102	0.35965	0.67064		
(1) تربت حيدريه	123.1883	0.32268	0.166341	0.40593	58.83123	0.072151	0.28860	0.25253	0.4663		
(2)بيرجند	380.7459	1.02831	0.514155	1.32372	177.2876	0.21743	0.86970	0.76099	1.39823		
(1)يزد	209.1756	0.56489	0.282443	0.67597	99.87046	0.12248	0.48992	0.42868	0.79377		
(4)زاهدان	267.6017	0.72279	0.361395	0.98833	127.4591	0.15632	0.62526	0.54711	0.99324		
(5)زنجان	358.1392	0.96726	0.483629	1.24818	168.1026	0.20616	0.82464	0.72156	1.32409		
(2)تكاب	311.3067	0.84078	0.42039	1.09186	144.3188	0.17699	0.70797	0.61948	1.13723		
(3)آذربايجان	312.5606	0.84420	0.422101	1.13258	146.3116	0.17944	0.71775	0.62803	1.14577		
(3)كردستان	364.3274	0.98403	0.492015	1.329977	170.76	0.20942	0.83768	0.73297	1.33544		
(2)لرستان	101.0318	0.27285	0.136426	0.33812	47.50998	0.05827	0.23306	0.20393	0.37642		
(1)نطنز	258.3677	0.69779	0.348894	0.89184	96.68525	0.11858	0.58748	0.41501	0.94603		
(5)ھمدان	286.6245	0.77412	0.387059	0.00558	105.1119	0.12891	0.66017	0.45118	1.05889		
(30)الوند	196.7212	0.53124	0.265621	0.62503	90.44613	0.11092	0.44369	0.38823	0.72395		
(62 نمونه) ايران	240.7255	0.65012	0.325061	0.81334	112.1889	0.13759	0.55035	0.48155	0.88856		
*پوسته زمين	108.7	0.29359	0.146792	0.38818	50.97	0.06251	0.25004	0.21879	0.4		
سنگهای	195.08	0.52688	0.263439	0.68904	90.648	0.11117	0.44468	0.38909	0.71333		
*ساختمانی											
*UNSCEAR (2000, 2008)	370	≤1	≤1	≤1	≤59	1.1	0.48	<1.45	≤ 1		

مقدار شاخص ELCR در اکثر نمونههای مورد مطالعه از مقدار شاخص Surce در اکثر نمونههای مورد مطالعه از سالانه این شاخص خطر در مجموع برای فضاهای باز و بسته نباید از RSv/yr 1.45 بیشتر باشد. محاسبه مجموع شاخصهای ELCR و Deff برای هریک از نمونهها نشان میدهد که فقط در گرانیت بیرجند، زنجان و کردستان مقدار این شاخص کمی بالاتر از حد استاندارد (RSv/yr) مه منطقه دقت لازم باید به عمل آید و برای سایر گرانیتهای مورد مطاله بهترین کاربرد آنها در فضاهای باز بدون محدودیت است.

برای حصول اطمینان از محاسبات و تحلیل دادههای این تحقیق، شاخص اشعه گاما (I_γ) براساس کمیسیون اروپا (EC) محاسبه و در جدول 3 ارائه شده است.

مقدار استاندارد این شاخص نباید از 1 بیشتر باشد. از میان تمام نمونههای مورد مطالعه به ترتیب گرانیتهای بیرجند، کردستان، زنجان، آذربایجان و تکاب مقادیر شاخص اشعه گامای آنها از 1.3982.1تا 1.13723 متغیر است که این میزان بالاتر از حد مجاز است و کاربرد آنها در فضاهای بسته ممنوع است، اما کاربرد بقیه نمونهها به عنوان مصالح ساختمانی تا حدودی فاقد اشکال است. باتوجه به اینکه در برخی نمونههای مورد تأیید مقدار شاخص اشعه گاما نسبت به استاندارد فاصله زیادی ندارد، لذا استفاده از آنها نیز مستلزم رعایت حداقل دوز مناسب، لذا استفاده از آنها نیز مستلزم رعایت حداقل دوز مناسب، انتخاب روش صحیح به کارگیری، تعیین حداقل ضخامت ممکن برای سنگ و کاهش مقدار استفاده از آنها باید رعایت شود.

4- نتیجه گیری

بال ششم اشاره اول ابهارو تابتان ۶۷

16

براساس مشاهدات میکروسکوپی و محاسبات غلظت عناصر رادیواکتیو و شاخصهای خطر تشعشعات طبیعی در 62 نمونه از سنگهای گرانیتوئیدی که از 13 نقطه ایران تهیه شده است، نتایج حاصل از این مطالعه به شرح زیر ارائه می گردد:

 ۱- ارتباط رنگ گرانیت و فعالیت تشعشعی آن بدین صورت است که هرچه رنگ گرانیت روشنتر باشد (متمایل به سفید) ، حضور کانیهای فرعی دارای عناصر

رادیواکتیو و احتمال فعالیت تشعشعی در آن گرانیت بیشتر است. عمدهترین رنگها در گرانیتهای روشن شامل سفید، صورتی و قرمز گوشتی است. در گرانیتهای سفید به دلیل میزان بالای غلظت (سیلیسیم بالا) در مذاب اولیه، احتمال حضور عناصر سنگین پرتوزا زیاد است. در گرانیتهای صورتی و قرمز گوشتی به دلیل حضور فلدسپار پتاسیم زیاد، میزان فعالیت ⁴⁰K بسیار بالاست. چنانچه بر اثر فراوانی حضور کانیهای آهن و منیزیم رنگ گرانیت به سمت سبز یا سیاه میل کند، شده، احتمال حصوز کانیهای دارای عناصر سنگین کم میشود و پرتوزایی سنگ کاهش مییابد. علت حضور بیشتر عناصر پرتوزا در گرانیتهای روشن به دلیل غلظت بیشتر عناصر پرتوزا در گرانیتهای روشن به دلیل غلظت

2- حضور کانی های فرعی به ویژه زیر کن، آپاتیت و تیتانیت (اسفن) با شدت رادیواکتیویته کل سنگ گرانیت رابطه مستقیم دارد. به ویژه اگر در مطالعات میکروسکوپی آثار تشعشع به صورت هاله پلی کروئیک در اطراف زیر کن یا به صورت تر کهایی بر روی کانی های زیر کن، آپاتیت و تیتانیت دیده شود، در چنین گرانیتی شاخصهای خطر رادیواکتیویته بالاست (مانند گرانیت بیرجند).

²¹ میانگین بیشترین مقدار غلظت فعالیت تشعشعی 3- میانگین بیشترین مقدار غلظت فعالیت تشعشعی هستههای ²³²Ra ²³² و ⁴⁰K به ترتیب عبارتند از 3-26Ra و ²³²Th ²²⁶Ra برای گرانیتهای 3-26 بالار و زنجان. مقدار استاندارد غلظت 3-27 تشعشعی برای سه ایزوتوپ فوق به ترتیب برابر با 50 50 بکیورل بر کیلوگرم است. بنابراین میانگین 26 50 بنونه گرانیت در این مطالعه از مقدار استاندارد جهانی 50 بالاتر است. در این مطالعه از مقدار استاندارد جهانی 50 بالاتر است. در مقیاس محلی، فقط گرانیتهای تربت 50 مشهد، تربت حیدریه، یزد و الوند از نظر رادیوم پایین تر 51 مشهد، بالاتر از حد استاندارد است.

4- به منظور تعیین مقدار دوز خطرات فعالیت تشعشعی
 4- به منظور تعیین مقدار دوز خطرات فعالیت تشعشعی
 4 ناشی از نمونههای گرانیتی، فعالیت معادل رادیوم ⁻¹ Bq.kg
 7 (240.72) میزان دوز پرتوگیری خارجی (0.65012) و
 داخلی (0.65012) در هوای باز، دوز پرتوگیری داخلی در



17

Breiter K., Lamarão C. N., Borges R. M. K. & Dall'Agnol R. (2014). Chemical characteristics of zircon from A-type granites and comparison to zircon of S-type granites. *Lithos*, 192–195 (2014) 208–225.

Chappell B. W. & White A. J. R. (2001). Two contrasting granite types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Sciences*, 48, 489–499.

Darwish D. A. E., Abul-Nasr K. T. M & El-Khayatt A. M. (2015). The assessment of natural radioactivity and its associated radiological hazards and dose parameters in granite samples from South Sinai, Egypt. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8, 17-25.

European Commission (EC). (1999). Radiological protection principals concerning the natural radioactivity of building materials. *Radiation Protection*, 112, (Brussels: EC).

Ghani-Abadi T. (2013). Radioactivity major Iranian granitoid rocks and their environmental impacts, Iran. MSc Thesis, Faculty of Science, Shahid Rajaee Teacher Training University.

Jahangiri A. & Ashrafi S. (2011). Natural Radioactivity in granites used as building materials in Iran. *Journal of Environmental Studies*, 36 (56), 55-60.

Onargan T., Gür F., Kaya E. & Güneri S. (2012). Assessment of Nnatural radioactivity in commercial granites used in Turkey. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, Vol. 47, Issue 12, pp. 1825-1830.

Pourimani R., Ghahri R. & Zare M. R. (2014). Natural radioactivity concentrations in Alvand granitic rocks in Hamadan, Iran.*Radiation Protection and Environment*, Vol. 37, Issue 3, pp. 132-142.

Pourimani R., Zahedi M. & Mirzaei M. (2017). Estimation of heat rate generation of natural radioactivity of magma surrounding hot sperings of Mahallat, Iran. *Quarterly Journal of Geosciences, Geological Survey of Iran,* 26 (103), 237-248.

Prakash M. M., Kaliprasad C. S. & Narayana Y. (2017). Studies on natural radioactivity in rocks of Coorg district, Karnataka state, India. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 10, 128-134.

فضاهای بسته (0.81334) ، نرخ دوز مؤثر سالانه برابر با فضاهای بسته (0.13759) ، دوز احتمال ابتلا به خطر سرطان (0.13759 mSv/yr) و شاخص تشعشع گاما (0.88856) محاسبه شد. میانگین شاخصهای خطر در گرانیتهای مورد مطالعه برای اماکن عمومی کمتر از حد مجاز است که توسط UNSCEAR تعیین شده است، فضاهای داخلی ساختمان و به عنوان دکوراسیون و فضاهای داخلی ساختمان و به عنوان دکوراسیون و بودن شاخصهای خطر به ترتیب در گرانیتهای بیرجند، بودن شاخصهای خطر به ترتیب در گرانیتهای بیرجند، نمونهها در اماکن خصوصی، بیمارستانها، کودکستانها، زندانها، آسایشگاهها و مراکز آموزشی رعایت احتیاط جدی تری لازم است که صورت گیرد.

منابع

Abbasi A. (2013). Calculation of gamma radiation dose rate and radon concentration due to granites used as building materials in Iran. *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 155, Issue 3, pp. 335–342.

Abbasi A. &Mireftekhari F. (2011). Survey gamma radiation measurements in commerciallyused natural tiling rocks in Iran. World Academy of Science, Engineering and Technology, *International Journal of Mathematical, Computational, physical, Electrical and Computer Engineering*, Vol. 5, No. 4, 561-567.

Al-Zahrani J. H. (2017). Estimation of natural radioactivity in local and imported polished granite used as building materials in Saudi Arabia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 10, 241-245.

Amanjeet P., Kumar A., Kumar S., Singh J., Singh P. &Bajwa B. S. (2017). Assessment of natural radioactivity levels and associated dose rates in soil samples from historical city Panipat, India. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 10 (3), 283-288.

Asgharzadeh F., Abbasi A., Hochaghani O. & Gooya E. S. (2012). Natural radioactivity in granite stones used as building materials in Iran. *Journal of Radiation Protection Dosimetry*, 149 (3), 321-326.



بال شتم الثماره اول اببارو تابتان 97 🖌

18

Abbreviations and Notations

(in alphabetic order): ADRA = absorbed dose rate in air. AEDE = annual effective dose equivalent. AEDR = annual effective dose rate. Alibite = Na-plagioclase ($NaAlSi_3O_8$). Anortite = Ca-plagioclase ($CaAl_2Si_2O_8$). A_{Ra} , A_{Th} , A_K = activity of Ra, Th and K (in Bq/kg), respectively. DCF = dose convection factor. D_{eff} = annual effective outdoor dose (human effective dose equivalent). DL = duration of life. EC = European Commission. ELCR = excess lifetime cancer risk. استنشاق= Exhalation پرتوگیری خارجی= External exposure سنگ آذرین درونی، روشن و درشت بلور که بیشترین کانی- = Granite های آن کوارتز (حداقل 20٪) و فلدسپار است انواع سنگهای گرانیتی شامل: تونالیت، گرانودیوریت، = Granitoids مونزوگرانیت، سینوگرانیت و آلکالی فلدسپار گرانیت $H_{ex} = external hazard index.$ H_{in} = internal hazard index. HPGe = High purity Germanium detector IAEA = International Atomic Energy Agency منشأ آذرين= Igneous source مادون پوستهای = Infracrustal پرتوگیری داخلی= Internal exposure MDA = minimum detectable absorption. تشعشع طبيعي = Natural radioactivity OF = outdoor occupancy factor. $Orthoclase = K-feldspar (KAlSi_3O_8)$ یک (شاخص ترکھای ناشی از Polychroic Hallow تشعشع کانی) = ppm = parts per million.Raeq = Radium equivalent activity. RF = risk factor.منشأ پوستەاى= Sedimentary source Sensitive High Resolution Ion Microprobe = SHRIMP پوسته فوقانی= Supracrustal

UNSCEAR = United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

Sorkhi A. (2015). Geochemical studies and environmental impact of areosoles in Khozestan Province, Iran. MSc Thesis, Faculty of Science, Shahid Rajaee Teacher Training University.

Streckeisen A. (1976). To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Review*, 12, 1-33.

Tavakoli M B., Abdi M R., Moghadam H N., Hajialiani G. & Mousavi S A. (2013). The effect of the color of granite on its natural radioactivity. *Journal of Isfahan Medical School, Year 30, Number 220, Second Week, Esfand 1391 (2013).*

UNSCEAR United Nations, & Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2000). *Sources and effects of ionizing radiation: Sources* (Vol. 1), United Nation Publications.

UNSCEAR United Nations, & Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2008). Report of the United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation: Fifty-sixth Session. United Nations Publications (10-18 July 2008), No. 46.

جدول 1 (ضمیمه)- مشخصات و شدت رادیواکتیویته طبیعی تعداد 62 نمونه از گرانیتوئیدهای مهم ایران بر حسب Bq.kg ^{.1} .
Tab. 1- (Appendix). Characteristics and concentration of natural radioactivity for 62 samples of important
Iranian granitoids (Bq.kg ⁻¹).

شماره	نام منطقه	نام نمونه	رنگ	مكان	شدت و میانگین فعالیت رادیواکتیویته			مرجع
				نمونه		(Bq.kg ⁻¹)		
					²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	
1	مشهد	گرانیت	تيره	وكيل آباد	71.6 ± 0.4	28.4 ± 0.7	1451.3 ± 0.9	А
2		گرانیت	قرمز	سنگ بست	38.6 ± 0.4	18.4 ± 0.9	259.4 ± 0.5	
3		گرانیت	سفيد مرواريدي	خواجه مراد	42.7 ± 0.5	18.9 ± 0.1	1374.4 ± 0.5	
4	تربت حيدريه	گرانیت	نسبتا روشن	تربت	33.6 ± 0.4	27.1 ± 0.5	623.9 ± 0.8	
				حيدريه				
5	بيرجند	گرانیت	تيره	نهبندان	172.2 ± 0.5	91.6 ± 0.3	1385.4 ± 0.2	
6		گرانیت	تيره	11	65	127	1260	J
7	يزد	گرانیت	سفيد	يزد	59.5 ± 0.1	41.1 ± 0.7	1077.8 ± 0.2	А
8	زاهدان	گرانیت	صورتى-سبز	زاهدان	72.7 ± 0.8	32.5 ± 0.4	1121.7 ± 0.5	
9		گرانیت	تيره	پيرانشهر	62.7 ± 0.2	39.5 ± 0.7	1539.2 ± 0.4	
10		گرانیت	تيره	//	51	116	968	J
11		گرانیت	سبز تيره	//	40	85	964	
12	زنجان	گرانیت	سفيد	دوران	135.4 ± 0.8	67.8 ± 0.6	1239.7 ± 0.4	А
13		گرانیت	صورتى	خرمدره	131.6 ± 0.7	94.2 ± 0.2	1506.2 ± 0.7	
14		گرانیت	صورتى		88	152	1296	J
15		گرانیت	كرم روشن		101	160	1500	
16		گرانیت	سعيد	قزوين -	59.8 ± 0.2	45.7 ± 0.3	1385.4 ± 0.3	А
				الموت				
17	تكاب	گرانیت	سفيد-صورتي	تكاب	95.1 ± 0.4	51.8 ± 0.1	69.9 ± 0.2	
18		گرانیت	روشن	11	103	134	1303	J
19	آذربايجان	گرانیت	سفيد	تبريز	43.7 ± 0.5	22.1 ± 0.7	1010.4 ± 0.7	Α
20		گرانیت	صورتی	اروميه-	79	154	865	J
				قوشجى				
21		گرانیت	صورتى	اهر	132	153	1415	
22	كردستان	گرانیت	تيره	مهاباد	101	113	1258	
23		گرانیت	سفيد مرواريدي	//	102	140	1328	
24		گرانیت	خاكسترى	بوكان	85	131	1273	
25	لرستان	گرانیت	قهوه ای روشن	لرستان	38.6 ± 0.4	32.6 ± 0.8	288.6 ± 0.6	Α
26		گرانیت	صورتی-گوشتی	چايان	23.4 ± 0.1	15.7 ± 0.2	556.9 ± 0.5	
27	نطنز	گرانیت	صورتی-گوشتی	كركس	84.8 ± 0.2	71.8 ± 0.3	484.1 ± 0.9	
28	همدان	گرانیت	تيرہ	هگمتانه	91.6 ± 0.2	40.9 ± 0.2	922.3 ± 0.2	
29		گرانیت	گل پنبه ای	اكباتان	98.3 ± 0.4	24.3 ± 0.7	1319.5 ± 0.8	
30		گرانیت	سفيد	همدان	108	134	1210	J

🔷 بال شمر اشارهاول ابباروتابتان ۲و 👌

	Continued Table 1 (Appendix):										
	گرانیت	روشن	بروجرد-	64	127	1399					
			جوكار								
	گرانیت	سبز	بروجرد	44	102	592					
الوند	سينوگرانيت	صورتی کمرنگ	دره	48.1 ± 0.2	21.9 ± 0.9	1016.9 ± 18.9	Р				
			مرادبیگ	<i></i>	10.0 0.7						
	لوكوگرانيت	روشن	11	61.9 ± 1.1	19.9 ± 0.5	89 ± 3.3					
	بيوتيت گرانيت	نيمه روشن	11	75.7 ± 1.8	30.7 ± 0.8	995.5 ± 18.3					
	گابرو ديوريت	تيره تا سبز	11	13.2 ± 1.3	11.1 ± 0.6	257.2 ± 6.3					
	گارنت برینگ سینوگرانیت	روشن	//	10.5 ± 1.2	9.5 ± 0.9	1602.6 ± 28					
	لوكوگرانيت	روشن	گنج نامه	87.8 ± 2	33.6 ± 0.9	181.6 ± 5.7					
	لوكوگرانيت	روشن	//	27 ± 1.1	46.6 ± 1	105.9 ± 4.1					
	پگماتیت	نيمه روشن	11	268.4 ± 3.3	119.3 ± 1.9	1572.3 ± 27.9					
	مونزوگرانيت	شكلاتى	//	144.6 ± 1.5	33.3 ± 0.6	884.9 ± 15.3					
	مونزوگرانیت	شكلاتى	//	98.1 ± 2.2	28.4 ± 0.7	503.2 ± 10.4					
	گرانوديوريت	تيره	//	248.6 ± 2.9	35.6 ± 2.1	319.7 ± 17.2					
	ديوريت	تيره		20 ± 1.6	39.7 ± 1	95.3 ± 5.2					
·	ديوريت	تيره		<mda< td=""><td>34.4 ± 0.7</td><td>62.9 ± 4.1</td><td></td></mda<>	34.4 ± 0.7	62.9 ± 4.1					
	مونزوديوريت	تيره متوسط	//	26.1 ± 1.2	37.2 ± 0.9	235.4 ± 7					
	توناليت	تیرہ تا سیاہ		80 ± 1.8	22.5 ± 0.9	775.4 ± 14.3					
	پگماتیت	روشن	زمان آباد	<mda< td=""><td>8.7 ± 0.7</td><td>473 ± 10.1</td><td></td></mda<>	8.7 ± 0.7	473 ± 10.1					
	نورمالين برينگ پگماتيت	روشن	11	4.5 ± 0.8	8.4 ± 0.6	271.9 ± 6.1					
	نورمالین برینگ پگماتیت	روشن	امامزاده	145 ± 1.7	71.1 ± 0.9	1109.5 ± 19.2					
	ت. بالحمحما	نشور بالفرير	يوه	58 ± 1.4	31.7 ± 0.8	85.1 ± 4.2					
	بو تو تراییت	سعيد روس	11	94.7 + 1.3	36.5 + 1.1	971.9 + 17.2					
	کولرو کردیدی	میں میں	//	44 ± 1.3	30.1 ± 0.8	709.9 ± 13.8					
	تورمالین برینگ آپلیت	یری روشن تا آبی	" تاریک دره	61.2 ± 1.3	41.4 ± 0.8	1154.3 ±					
	لەكەگرانىت	د شرن	//	62.1 ± 1.6	27.7 ± 0.9	20.2 390.1 ± 8.9					
	لەكەگرانىت	رو ن		240.7 ± 3.4	42.8 ± 1.3	95.5 ± 4.7					
	و تو تربیع گرانیت	مور تہ کم نگ		91.6 ± 1.7	40.4 ± 1.1	1039 ± 19.2					
	گ انودیو، یت	نسبتا تېرە		72.9 ± 1.6	35.6 ± 0.9	806.3 ± 15.3					
	گ انودیو، یت	نسبتا تېرە		97 ± 1.9	47.7 ± 1	531 ± 11.3					
	کوار تزسینیت	ر صور تی		37.3 ± 1.4	21.3 ± 1	935 ± 17.2					
	سينوگرانيت	رر ی صور تی		78.6 ± 1.8	39.5 ± 1	830 ± 15.5					
				40.2 + 1.6	22.5 + 1	974.9 16.6					
	الوند	گرانیت الوند سینوگرانیت الوند الوکوگرانیت الوکوگرانیت گابرو دیوریت گرانیت گارت برینگ سینوگرانیت الوکوگرانیت گرانو دیوریت مونزوگرانیت مونزوگرانیت مونزوگرانیت نورمالین برینگ پگماتیت مونزوگرانیت نورمالین برینگ پگماتیت مونزوگرانیت مونزوگرانیت مونزوگرانیت لوکوگرانیت مونزوگرانیت لوکوگرانیت مونزوگرانیت لوکوگرانیت مونزوگرانیت مونزوگرانیت مونزوگرانیت موزوگرانیت مونزوگرانیت <tr tr="" موزوگرانیت<="" وی=""> <t< td=""><td>سبز گرائیت صورتی کمرنگ سینوگرائیت روشن لوکوگرائیت اتیمه روشن بیوتیت گرائیت اتیمه روشن گارو دیوریت اروشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن لوکوگرائیت شکلاتی مونزوگرائیت شکلاتی مونزوگرائیت شکلاتی مونزوگرائیت تیره مونزوگرائیت تیره مونزوگرائیت تیره متوسط مونزودیوریت تیره متوسط مونزودیوریت تیره متوسط مونزودیوریت تیره متوسط مونزودیوریت روشن نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین برینگ پگماتیت سیفورگرائیت سیفورگرائیت روشن تا آیی نورمالین برینگ پگماتیت روشن تا آیی نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین</td><td>جوکار سز گرانیت بروجرد سیز گرانیت اوند مرادبیگ سینوگرانیت اوند ا روشن لوکوگرانیت ا نیمه روشن بیوتیت گرانیت ا روشن گابرو دیوریت ا روشن لوکوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکره موزوذیوریت ا تیره مونزوگرانیت ا روشن نورمالین برینگ پگماتیت ا تیره گرانودیوریت نورهارین برینگ پگماتیت ا تیره گرانودیوریت نورهارین برینگ پگماتیت ا روشن نورهاری برینگ پگماتیت</td><td>جوکار سبز گرائیت مرادیک مورتی کمرنگ سینوگرائیت الوند مرادیک مرادیک مرادیک مرادیک الوند مرادیک سینوگرائیت الوند الوند الوند مرادیک سینوگرائیت الوند الوند الوند مرادیک روشن گرائیت الد 1.1 مرادیک الوند گرائیت الد 1.1 مرادین گرائیت الد 1.1 1.1 مرادین گرائیت الد 1.1 1.1 مرادی گرائیت الد 1.1 1.1 مرادین گرائیت الد 2.1 1.1 مرادین گرائیت سینوگرائیت 1.1 1.1 مرادین گرائیت مرادین لار گرائیت 1.1 مرادین گرائیت مرادی گرائیت الد 1.1 مرادی گرائیت مرادی گرائیت مراد گرائیت 1.1 1.1 مرادی گرائیت مراد گرائیت<td>بوکار بروجرد سیز گرافت مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوند الوكوگرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرفت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الولي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت</td><td>اونان العام العام العام الحريم العام الحريم الحيم الحيم الحريم الحيم الحريم</td></td></t<></tr>	سبز گرائیت صورتی کمرنگ سینوگرائیت روشن لوکوگرائیت اتیمه روشن بیوتیت گرائیت اتیمه روشن گارو دیوریت اروشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن لوکوگرائیت شکلاتی مونزوگرائیت شکلاتی مونزوگرائیت شکلاتی مونزوگرائیت تیره مونزوگرائیت تیره مونزوگرائیت تیره متوسط مونزودیوریت تیره متوسط مونزودیوریت تیره متوسط مونزودیوریت تیره متوسط مونزودیوریت روشن نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین برینگ پگماتیت سیفورگرائیت سیفورگرائیت روشن تا آیی نورمالین برینگ پگماتیت روشن تا آیی نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین	جوکار سز گرانیت بروجرد سیز گرانیت اوند مرادبیگ سینوگرانیت اوند ا روشن لوکوگرانیت ا نیمه روشن بیوتیت گرانیت ا روشن گابرو دیوریت ا روشن لوکوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکره موزوذیوریت ا تیره مونزوگرانیت ا روشن نورمالین برینگ پگماتیت ا تیره گرانودیوریت نورهارین برینگ پگماتیت ا تیره گرانودیوریت نورهارین برینگ پگماتیت ا روشن نورهاری برینگ پگماتیت	جوکار سبز گرائیت مرادیک مورتی کمرنگ سینوگرائیت الوند مرادیک مرادیک مرادیک مرادیک الوند مرادیک سینوگرائیت الوند الوند الوند مرادیک سینوگرائیت الوند الوند الوند مرادیک روشن گرائیت الد 1.1 مرادیک الوند گرائیت الد 1.1 مرادین گرائیت الد 1.1 1.1 مرادین گرائیت الد 1.1 1.1 مرادی گرائیت الد 1.1 1.1 مرادین گرائیت الد 2.1 1.1 مرادین گرائیت سینوگرائیت 1.1 1.1 مرادین گرائیت مرادین لار گرائیت 1.1 مرادین گرائیت مرادی گرائیت الد 1.1 مرادی گرائیت مرادی گرائیت مراد گرائیت 1.1 1.1 مرادی گرائیت مراد گرائیت <td>بوکار بروجرد سیز گرافت مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوند الوكوگرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرفت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الولي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت</td> <td>اونان العام العام العام الحريم العام الحريم الحيم الحيم الحريم الحيم الحريم</td>	بوکار بروجرد سیز گرافت مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوند الوكوگرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرفت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الولي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت	اونان العام العام العام الحريم العام الحريم الحيم الحيم الحريم الحيم الحريم				
سبز گرائیت صورتی کمرنگ سینوگرائیت روشن لوکوگرائیت اتیمه روشن بیوتیت گرائیت اتیمه روشن گارو دیوریت اروشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن گارت برینگ سینوگرائیت روشن لوکوگرائیت شکلاتی مونزوگرائیت شکلاتی مونزوگرائیت شکلاتی مونزوگرائیت تیره مونزوگرائیت تیره مونزوگرائیت تیره متوسط مونزودیوریت تیره متوسط مونزودیوریت تیره متوسط مونزودیوریت تیره متوسط مونزودیوریت روشن نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین برینگ پگماتیت سیفورگرائیت سیفورگرائیت روشن تا آیی نورمالین برینگ پگماتیت روشن تا آیی نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین برینگ پگماتیت روشن نورمالین	جوکار سز گرانیت بروجرد سیز گرانیت اوند مرادبیگ سینوگرانیت اوند ا روشن لوکوگرانیت ا نیمه روشن بیوتیت گرانیت ا روشن گابرو دیوریت ا روشن لوکوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکلاتی مونزوگرانیت ا شکره موزوذیوریت ا تیره مونزوگرانیت ا روشن نورمالین برینگ پگماتیت ا تیره گرانودیوریت نورهارین برینگ پگماتیت ا تیره گرانودیوریت نورهارین برینگ پگماتیت ا روشن نورهاری برینگ پگماتیت	جوکار سبز گرائیت مرادیک مورتی کمرنگ سینوگرائیت الوند مرادیک مرادیک مرادیک مرادیک الوند مرادیک سینوگرائیت الوند الوند الوند مرادیک سینوگرائیت الوند الوند الوند مرادیک روشن گرائیت الد 1.1 مرادیک الوند گرائیت الد 1.1 مرادین گرائیت الد 1.1 1.1 مرادین گرائیت الد 1.1 1.1 مرادی گرائیت الد 1.1 1.1 مرادین گرائیت الد 2.1 1.1 مرادین گرائیت سینوگرائیت 1.1 1.1 مرادین گرائیت مرادین لار گرائیت 1.1 مرادین گرائیت مرادی گرائیت الد 1.1 مرادی گرائیت مرادی گرائیت مراد گرائیت 1.1 1.1 مرادی گرائیت مراد گرائیت <td>بوکار بروجرد سیز گرافت مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوند الوكوگرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرفت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الولي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت</td> <td>اونان العام العام العام الحريم العام الحريم الحيم الحيم الحريم الحيم الحريم</td>	بوکار بروجرد سیز گرافت مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند مرادبیک مرادبیک مرادبیک سینو گرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوند الوكوگرافت الوند العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي الولي گرفت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الولي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت العام الحالي العام الحالي الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت الوكوگرافت	اونان العام العام العام الحريم العام الحريم الحيم الحيم الحريم الحيم الحريم							

ادامه جدول 1 (ضميمه).
Continued Table 1 (Appendix)

www.SID.ii

🔷 بال شرشم الثاره اول ابنارو تابتان ۶۶ 🎸

جدول 2 (ضمیمه) – شاخصهای تشعشعی ایزوتوپهای Ra²²، Th²² و ²⁰² برای 62 نمونه از سنگهای پلوتونیکی (عمدتا گرانیتوئید) ایران. (ترتیب شماره نمونهها مطابق جدول 1 ضمیمه است. شاخصهای H_{in} ، H_{ex2} ، H_{ex1} و J دارای واحد نیستند). Tab. 2-(Appendix). Radioactivity indices of 226Ra, 232Th and 40K isotopes for 62 samples of plutonic rocks (mainly granitoids) from Iran. (The sample numbers are arranged according to the Tab. 1- Appendix, the indices for Have Have August and Iv are without dimentions).

بال شهر الثاره اول/ببارو تابتان 97 🔰

		mulcesi	of mexi, mex	2, 11in anu 13 a	it without	uninentions).		
Sample	Raeq	Hex 1	Hex 2	H_{in}	ADRA	AEDR	Deff	ELCR
Number	(Bq/kg)				(D)	(mSv/yr)	(mSv/yr)	(mSv/yr)
					(nGv/h)			· • /
1	242.5381	0.65493	0.327465	0.731687	116.8864	0.143349	0.189895	0.50172323
2	93.5718	0.252694	0.126347	0.302424	42.63218	0.052284	0.459026	0.18299437
3	185.7898	0.501684	0.250842	0.552865	91.83508	0.112627	0.91141	0.3941929
4	123.1883	0.332682	0.166341	0.405925	58.83123	0.072151	0.604313	0.25252717
5	444.5218	1.200457	0.600229	1.448025	204.0992	0.250307	2.180646	0.87607532
6	316.97	0.856163	0.428081	1.199406	150.476	0.184544	1.554928	0.64590318
7	209.1756	0.564886	0.282443	0.675967	99.87046	0.122481	1.026132	0.42868396
8	222.8319	0.601734	0.300867	0.689572	105.707	0.129631	1.093124	0.45370964
9	247.6794	0.668842	0.334421	0.775598	120.3044	0.147541	1.215016	0.51639478
10	263.466	0.711672	0.355836	1.025186	124.7616	0.153008	0.292459	0.53552669
11	216.428	0.584586	0.292293	0.814315	103.6288	0.12709	1.061709	0.44481626
12	356.8789	0.963757	0.481879	1.147	164.8007	0.202112	1.750705	0.70739048
13	398.3645	1.075842	0.537921	1.330437	185.8153	0.227884	1.954221	0.79759377
14	377.632	1.020018	0.51009	1.430829	177.4192	0.217587	1.852512	0.76155417
15	419.93	1.134244	0.567122	1.566677	197.474	0.242182	2.060009	0.8476374
16	237.8897	0.642426	0.321213	0.76594	115.0038	0.141041	1.166992	0.49364223
17	240.9923	0.65082	0.32541	0.79082	110.1825	0.135128	1.182212	0.47294749
18	381.621	1.03074	0.51537	1.392902	1/8.4551	0.218857	1.8/208	0.76600067
19	162.3918	0.438518	0.219259	0.498248	/8./3868	0.096565	0.796629	0.33/9//91
20	324.575	0.8/6/45	0.438372	0.268637	150.7765	0.184912	1.592255	0.64/19305
21	450.715	1.21/345	0.008072	1.030858	209.4195	0.250852	2.211028	0.89891220
22	354.296	0.956905	0.478453	1.262311	165.6686	0.203176	1.738034	0.7111159
23	388.116	1.048292	0.524146	1.426671	181.6656	0.222795	1.903942	0.77978142
24	350.571	0.946896	0.4/3448	0.295251	164.9461	0.20229	0.520715	0.70801464
25	02.0466	0.29/145	0.12428	0.385251	50.41022	0.001825	0.559715	0.21038083
20	92.0400	0.24850	0.12428	0.290992	44.00975	0.54709	0.451528	0.19148281
27	238.3077	0.670508	0.346694	0.891841	119.7300	0.140809	1.20/449	0.3140431
20	246.2931	0.710537	0.350768	0.781048	125 623	0.141773	1.218050	0.4902002
30	61 381	1 03071	0.539700	1 397872	177 507	0.134004	1.30/190	0.55922595
30	326.243	0.8812	0.313333	1.372072	155 6683	0.210705	1.600/18	0.66810061
32	210 504	0.568637	0.284318	0.844312	98,3864	0.120661	1.032648	0.42231378
33	168,9843	0.456317	0.228159	0.515506	81.57493	0.100043	0.828969	0.35015223
34	115.27	0.311283	0.155642	0.365067	50.2927	0.061679	0.565469	0.21587639
35	215.6045	0.582216	0.291108	0.665189	101.4186	0.12438	1.057669	0.43532898

Continued Tab. 2-(Appendix):								
36	49.7804	0.134437	0.067219	0.164437	23.82624	0.029221	0.244203	0.10227175
37	147.9152	0.399397	0.199699	0.425073	77.55942	0.095119	0.725613	0.33291605
38	173.1372	0.467562	0.233781	0.558372	76.12712	0.093362	0.849342	0.32676805
39	93.3646	0.25221	0.126105	0.378156	42.25323	0.051819	0.458008	0.1836786
40	624.1791	1.685607	0.842804	2.00804	282.7951	0.34682	3.061973	1.21386973
41	308.2153	0.832272	0.416136	0.922272	139.6233	0.171234	1.511981	0.59931918
42	207.4294	0.560137	0.280068	0.636893	93.35664	0.114493	1.017566	0.40072404
43	462.3529	1.248453	0.624226	0.347101	205.1187	0.251558	2.268118	0.88045146
44	75.6381	0.20433	0.102165	0.311628	34.39541	0.042183	0.37105	0.14763886
45	39.2433	0.10605	0.053025	0.199023	18.51573	0.022708	0.192512	0.07947692
46	92.6488	0.250252	0.1251266	0.330793	42.76698	0.052449	0.454498	0.18357298
47	195.2198	0.527155	0.263577	0.587966	90.29858	0.110742	0.95768	0.38759762
48	45.121	0.12185	0.060925	0.145364	23.7435	0.029119	0.221346	0.1019166
49	35.7713	0.096605	0.048303	0.119308	17.93701	0.021998	0.17548	0.07699291
50	363.8815	0.982673	0.491337	1.174835	166.6944	0.204434	1.785057	0.71551873
51	121.1927	0.327306	0.163653	0.412982	53.22607	0.065276	0.594523	0.22846758
52	246.7573	0.666344	0.333172	0.764993	114.59	0.140533	1.210493	0.49186624
53	147.6823	0.398824	0.199412	0.480175	70.08503	0.085952	0.72447	0.30083298
54	217.7971	0.588165	0.294082	0.700056	104.2259	0.127823	1.068425	0.4473793
55	146.5407	0.395735	0.197868	0.4706	66.57297	0.081645	0.71887	0.28575782
56	394.3545	1.064874	0.532437	1.180549	169.1388	0.207432	0.934545	0.72601117
57	251.391	0.678865	0.339433	0.788055	117.3175	0.143878	1.233224	0.50357364
58	201.9321	0.545313	0.272657	0.64153	94.10151	0.115406	0.990598	0.40392132
59	227.297	0.613831	0.306916	0.74275	102.7681	0.126035	1.115028	0.44112179
60	146.634	0.39597	0.197985	0.453537	71.3593	0.087515	0.719328	0.30630266
61	215.808	0.582759	0.261394	0.689546	100.3344	0.12305	1.058668	0.43067538
62	171.3586	0.462759	0.23138	0.5553	81.7336	0.100238	0.840617	0.35083227

ادامه جدول 2 (ضميمه).

بال شمر الثماره اول اببار و تابتان ۶۶