

## تعیین و اندازه گیری رادیواکتیویته طبیعی در نمونه های محیطی منطقه معدن سونگون ایران

بهاره آذروند<sup>۱</sup> \*

[Ba\\_azarvand@yahoo.com](mailto:Ba_azarvand@yahoo.com)

ستار انوریان<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۸۷/۷/۲۰

تاریخ دریافت: ۸۷/۴/۸

با توجه به اهمیت شناسایی عوامل آلاینده محیطی و حفاظت در برابر آن ها، هدف از انجام این طرح، تعیین میزان رادیواکتیویته طبیعی در منطقه معدن مس سونگون و مقایسه آن با سطح استاندارد جهانی است. در این کار پژوهشی میزان رادیواکتیویته طبیعی در خاک و سنگ مناطق مختلف معدن مس سونگون اندازه گیری شده است. اکتیویته ویژه رادیونوکلوئیدهای  $^{238}U$  و  $^{232}Th$  و  $^{40}K$  با به کار گیری سیستم طیف سنجی اشعه گاما و آشکارساز فوق خالص ژرمانیم ( $HPGe$ ) اندازه گیری شده و آنالیز طیف گامای به دست آمده توسط نرم افزار *Mastro* و بادر نظر گرفتن ضرایب خودجذبی نمونه ها، انجام یافته است. محاسبات نشان می دهند که میزان عناصر فوق به خصوص  $^{40}K$  در بسیاری از نقاط منطقه، از مقدار میانگین جهانی ارایه شده توسط *UNSCEAR, (2000)* بالاتر است.

با توجه به اثرات بیولوژیکی تشعشع در انسان نتایج به دست آمده به لحاظ حفاظت در برابر پرتوها و سلامتی افرادی که در معدن مشغول فعالیت هستند، بسیار حایز اهمیت است.

واژه های کلیدی: رادیو اکتیویته طبیعی، خاک، سنگ، پتاسیم، توریم، اورانیم، آشکار ساز  $HPGe$ .

۱- مربی، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور اردبیل\* (مسئول مکاتبات).

۲- دانشیار، گروه فیزیک هسته ای، دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز ایران

## مقدمه

منشأ اصلی رادیواکتیویته طبیعی موجود در پوسته زمین که سبب پرتوگیری وسیعی توسط موجودات زنده می شود، ناشی از رادیونوکلوئیدهای موجود در سری واپاشی  $^{238}U$  و  $^{232}Th$  و رادیونوکلوئید پرتوزای  $^{40}K$  می باشد (۱). مواد رادیواکتیویته طبیعی و پرتوهای گامای حاصل در نقاط مختلف، بستگی به شرایط زمین شناختی و جغرافیایی محیط داشته و در مقادیر متفاوت در هر منطقه از خاک جهان موجود است.

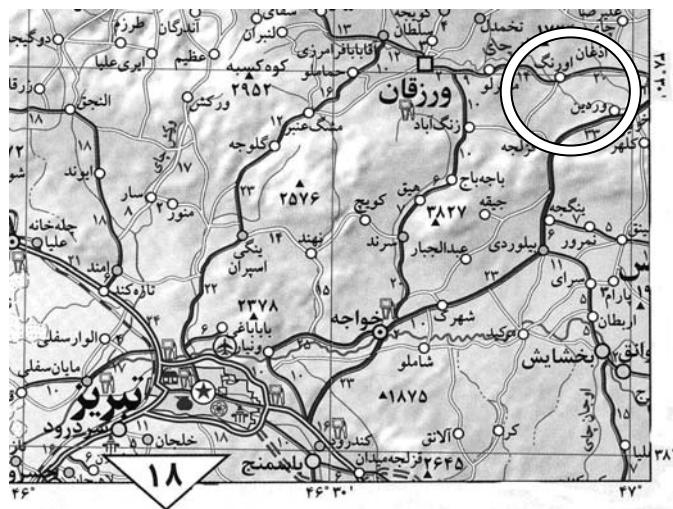
با توجه به این که جمعیت تحت تشعشع رادیواکتیویته طبیعی در نتیجه تابش گاما در هرناحیه از جهان سطوح مختلفی دارد، لذا توجه به روش های مختلف اندازه گیری تشعشعات، شناسایی و کنترل مداوم مناطقی که از لحاظ فعالیت مواد پرتوزا در سطح بالاتری قرار دارند، ضروری است. به همین منظور ارزیابی وسیعی در بسیاری از کشورهای جهان جهت تعیین سطوح رادیواکتیویته طبیعی در محیط و به

خصوص خاک آن منطقه صورت گرفته و در نهایت استانداردهایی در این مورد وضع شده است (۲). انجام این مطالعات هم به لحاظ بررسی مقدار نرخ دوز تابشی و هم مطالعات محیطی بسیار مهم است و علاوه بر آن می تواند به عنوان یک مرجع اصلی جهت کنترل و مقایسه تغییرات محیطی ایجاد شده بعد از فعالیت های هسته ای، معدنی، صنعتی و سایر فعالیت های بشر استفاده قرار گیرد.

در این کار پژوهشی مقدار فعالیت رادیونوکلوئیدهای طبیعی در خاک و سنگ معدن مس سونگون اندازه گیری شده است.

## روش بررسی

منطقه مورد مطالعه، معدن مس سونگون در طول جغرافیایی  $30^{\circ} 34'$  و عرض جغرافیایی  $38^{\circ} 34'$  شهرستان ورزقان آذربایجان است. (شکل ۱)



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه، معدن مس سونگون شهرستان ورزقان آذربایجان

هسته ای و اندازه گیری کیفی و کمی تشعشعات گامای نمونه های محیطی با ساختار های متفاوت شامل خاک، آب، مواد غذایی، مصالح ساختمانی و غیره می باشد. (شکل ۲)

جهت بررسی عناصر رادیواکتیو موجود در محیط سیستم طیف سنجی پرتو گاما سیستم ULBS (۳) در دانشگاه تبریز راه اندازی شده است که وسیله بسیار خوبی در تحقیقات



شکل ۲- نمای سیستم ULBS در دانشگاه تبریز

### مشخصات حفاظ آشکار ساز

به منظور جلوگیری از ورود پرتوهای زمینه آشکار ساز فوق را مجهز به حفاظ غیر فعال شامل ۱۳۰ میلی متر سرب در لایه بیرونی حفاظ، با فعالیتی کمتر از ۵۰ Bq/kg و حفاظ داخلی از سربی به ضخامت ۲۰ mm با فعالیتی کمتر از Bq/kg ۱۰ کرده ایم. علاوه بر آن ۴ mm لگزان<sup>۱</sup> و ۴ mm مس در داخل حفاظ برای حفاظت در برابر اشعه های X ساطع شده توسط سرب به کار رفته است. ترتیب حفاظ های دستگاه در شکل ۳ نشان داده شده است.

حفاظ فعال آشکار ساز شامل ۶ دستگاه سنیتلاتور پلاستیکی به قطر ۵۰/۸ mm و یک دستگاه به اندازه ۲۸ mm است که در داخل پوشش آلومینیومی در اطراف آشکار ساز قرار دارند. این دستگاه ها در قسمت بیرونی حفاظ سرب در اطراف دستگاه جهت جلوگیری از ورود پرتوهای کیهانی تعبیه شده اند و دستگاه کلاً به زامپا به حجم ۳۰ لیتر متصل شده است، بدین ترتیب زمینه آشکار ساز به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرد.

سیستم طیف سنجی به کار رفته با قدرت تفکیک بالا، از یک آشکار ساز دیود محوری HPGe با درجه خلوص بالای ژرمانیوم و بازده نسبی ۶۰٪ با قدرت تفکیک انرژی ۲/۲۱ keV تشکیل شده است.

جهت انجام کار حدود ۵۰ نمونه در چندین مرحله از نقاط مختلف منطقه در عمق های معین و متفاوتی جمع آوری گردید که پس از انتقال به آزمایشگاه توسط آسیاب خرد شده و به صورت دانه هایی به ابعاد ۰/۵ میلی متر در آورده شدند. نمونه ها بعد از خشکاندن در هوای آزاد و وزن کردن در ظرف های پلی اتیلن استوانه ای شکل در حجم های ۵۰ ml ریخته شده و علامت گذاری شدند.

به منظور ایجاد توازن بین  $^{232}Th$  و  $^{238}U$  با محصولات واپاشی آن ها، نمونه ها به مدت ۴ هفته در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شدند. سپس هر کدام از نمونه ها در داخل سیستم ULBS و بالای آشکار ساز HPGe قرار داده شده و به مدت ۳ ساعت داخل سیستم شمارش گردید.

ولتاژ اعمالی آشکار ساز HPGe ۲۸۰۰ ولت و آشکار سازهای سنیتلاتور در ۱۰۰۰ ولت است. هر کدام از نمونه ها به مدت ۳ ساعت شمارش شد. طیف گامای حاصل از نمونه از طیف زمینه شمارش شده در همان شرایط و مدت زمان، کسر شد که نمونه طیف خالص به دست آمده در شکل ۳ و نتایج حاصل در جدول ۲ نشان داده شده است.

$\varepsilon_E$ : بازده آشکارساز در انرژی E

t: زمان شمارش

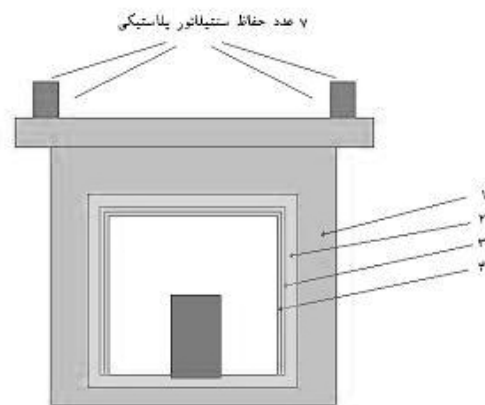
$\gamma_d$ : تعداد پرتو  $\gamma$  به ازای تجزیه هسته مربوط به آن

$M_s$ : جرم نمونه اندازه گیری شده بر حسب kg است.

به دلیل قدرت تفکیک بالای آشکارساز HPGe، پیک های مربوط به رادیونوکلئید های ذکر شده به صورت کاملاً واضح در طیف ظاهر می شوند. بنابراین سطح زیر پیک این رادیونوکلئیدها را مبنای محاسبات قرار می دهیم. از آن جا که فوتون های آشکار شده در محدوده زیرپیک نمایانگر تمام فوتون های گسیل شده از چشمه نیست لذا تصحیح صددرصد نبودن بازده آشکارساز، باید در محاسبات در نظر گرفته شود(۴).

بازده مطلق آشکارساز برای نمونه های حجمی از یک روش نیمه نظری با به کارگیری بازده چشمه های نقطه ای و محاسبه نسبت زوایای فضایی چشمه های حجمی و نقطه ای، با در نظر گرفتن ضرایب خود جذبی نمونه ها اندازه گیری و محاسبه شده است(۵).

در تعیین مقدار اکتیویته ویژه سری  $^{232}Th$  میانگین فعالیت رادیونوکلئیدهای  $^{228}Ac$  در انرژی ۳۳۸Kev و ۳۳۸Kev و ۹۱۱ و  $^{208}Tl$  در انرژی ۵۸۳/۳ Kev و  $^{212}Bi$  در انرژی ۷۲۷/۳ Kev و در مورد سری  $^{238}U$  رادیونوکلئیدهای  $^{214}Bi$  در انرژی ۶۰۹/۳ Kev و  $^{214}Pb$  در انرژی ۳۵۱/۹ و  $^{40}K$  در انرژی ۱۴۶۰ Kev انتخاب و محاسبه شده است.



۱- حفاظ سرب با فعالیت کمتر از ۵۰ Bq/kg

۲- حفاظ سرب با فعالیت کمتر از ۱۰ Bq/kg

۳- لگزان ۴ mm

۴- مس ۴ mm

شکل ۳- ترتیب حفاظ های آشکارساز

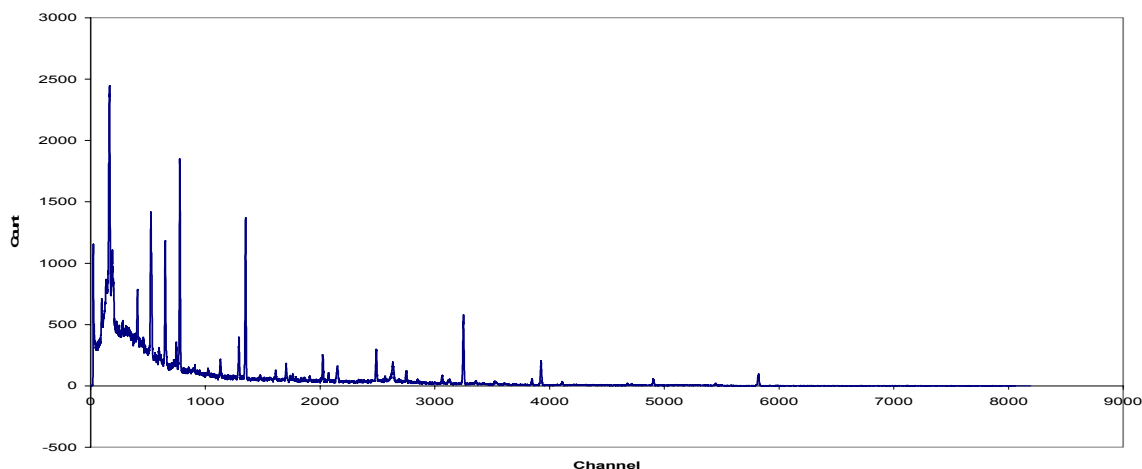
### آنالیز

برای آنالیز داده ها از نرم افزار Mastro و تشخیص فوتوپیک ها از روش "ROI" استفاده شده است. آنالیز ROI شامل تعیین نواحی انرژی از پیش تعیین شده برای هر رادیونوکلئید است. البته تعداد شمارش ها در هر ناحیه از خط زمینه مربوط به فوتون های با انرژی بالاتر از پیک مورد نظر، به صورت اتوماتیک از سطح زیر منحنی کسر شده است. یک نمونه طیف پرتو گامای آنالیز شده در شکل ۴ مشاهده می شود. به دنبال آنالیز طیف، اکتیویته ویژه هر نمونه با اندازه گیری تعداد شمارش هر فوتوپیک و فرمول (۱) بر حسب  $Bqkg^{-1}$  محاسبه شده است.

$$A_{Ei} = \frac{N_{Ei}}{\varepsilon_E \times t \times \gamma_d \times M_s} \quad (1)$$

که در آن:

$N_{Ei}$ : تعداد شمارش، مساحت زیر منحنی در انرژی E



شکل ۴-طیف پرتو گامای اندازه گیری شده برای نمونه شماره ۵

که در آن  $A_k$ ،  $A_U$  و  $A_{Th}$  به ترتیب میزان فعالیت رادیونوکلئیدهای  $^{40}k$ ،  $^{238}U$  و  $^{232}Th$  در نمونه ها بر حسب  $Bqkg^{-1}$  و ضرایب ثابت فاکتور تبدیل  $Bqkg^{-1}$  بر  $nGyh^{-1}$  می باشد. میانگین فعالیت و نرخ دوز جذبی درهوا یک متر بالای سطح زمین رادیونوکلئیدهای طبیعی در نمونه های معدن سونگون در جدول ۱ نشان داده شده است.

## محاسبه نرخ دوز جذبی

نرخ دوز جذبی تابش گاما ( $D(nGyh^{-1})$ ) درهوا ی آزاد، ۱ متر بالای سطح زمین با توجه به میزان فعالیت  $^{238}U$ ،  $^{40}k$  و  $^{232}Th$  در نمونه ها از رابطه زیر قابل محاسبه است. (۱۵و۱۴).

$$D(nGyh^{-1}) = 0.0417A_k + 0.462A_U + 0.604A_{Th} \quad (۲)$$

جدول ۱- میانگین فعالیت و نرخ دوز جذبی درهوا یک متر بالای سطح زمین رادیونوکلئیدهای طبیعی

معدن سونگون		میانگین جهانی		رادیو نوکلئید
نرخ دوز جذبی ( $nGy h^{-1}$ )	غلظت ( $Bq Kg^{-1}$ )	نرخ دوز جذبی ( $nGy h^{-1}$ )	غلظت ( $Bq Kg^{-1}$ )	
۳۳/۰۱	۵۴/۶۵	۱۸/۱۲	۳۰	$^{232}Th$
۳۳/۴	۷۲/۳۹	۱۶/۱۷	۳۵	$^{238}U$
۳۰/۲۱	۷۲۱/۱۴	۱۶/۶۸	۴۰۰	$^{40}K$
۹۶/۶۷		۶۰		مجموع

## بحث و نتیجه گیری

سنگ منطقه معدن مس سونگون، در جدول ۲ نشان می دهد که مقدار فعالیت سری  $^{232}Th$  از ۲۴/۵۵ تا  $100 Bq/kg$  با مقدار میانگین  $54/65 Bq/kg$  و سری  $^{238}U$  از ۱۴/۶۵ تا

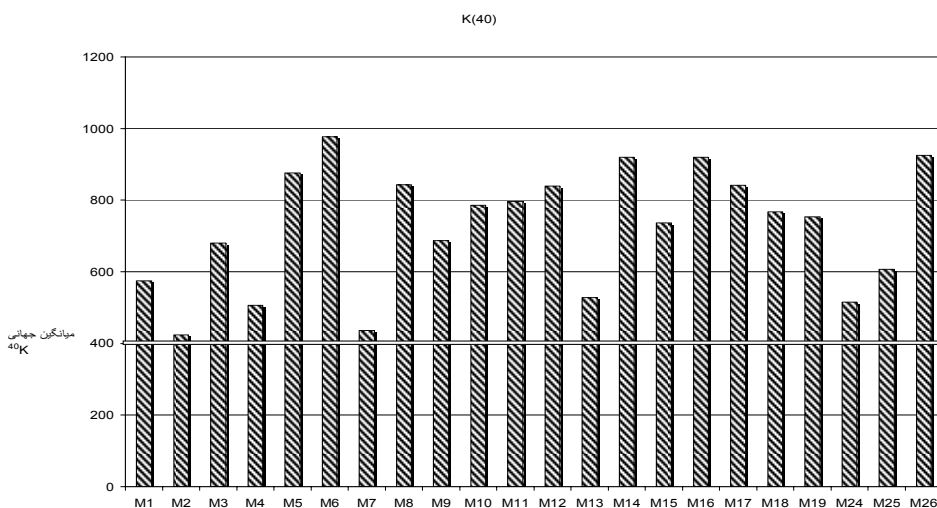
نتایج بررسی مقدار اکتیویته ویژه رادیونوکلئیدهای طبیعی  $^{238}U$ ،  $^{232}Th$  و  $^{40}k$  با به کارگیری سیستم طیف سنجی- گاما آشکارساز HPGe در نمونه های مختلف خاک و

۲۰۳/۸۵ Bq/kg با مقدار میانگین ۷۲/۳۹ Bq/kg و پتاسیم  $^{40}k$  از ۴۲۳/۴۹ تا ۹۷۷/۰۲ Bq/kg با مقدار میانگین ۷۲۱/۱۴ Bq/kg متغیر است (شکل ۵).

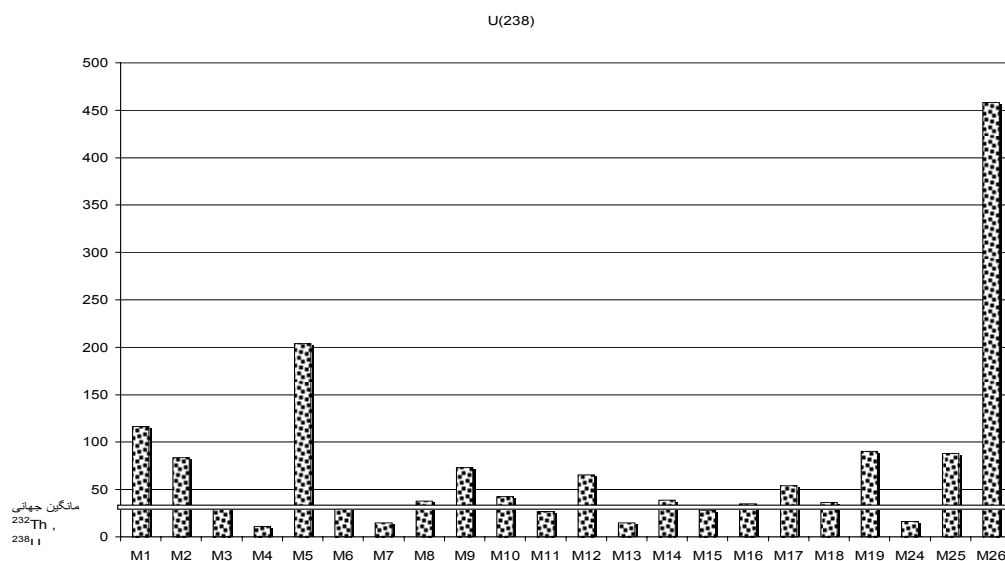
جدول ۲- رادیواکتیویته ویژه رادیونوکلوئیدهای  $^{238}U$  و  $^{232}Th$  و  $^{40}k$  در نمونه های

خاک و سنگ معدن سونگون (Bq/kg)

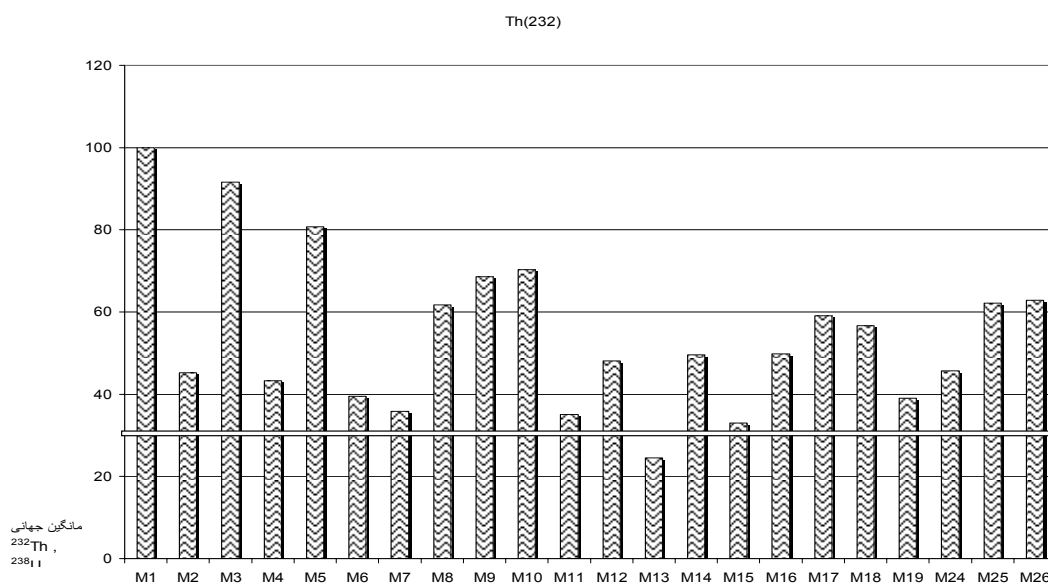
SOIL SASPLE	$^{40}K$	$^{238}U$	$^{232}Th$	SOIL SASPLE	$^{40}K$	$^{238}U$	$^{232}Th$
S۱	۵۷۴/۶۲±۱۲	۱۱۶/۱۸±۳/۱	۱۰۰±۸/۶	S۱۲	۸۳۸/۸۴±۳۶/۸	۶۵/۵۴±۰/۶	۴۸/۰۴±۳/۱
S۲	۴۲۳/۴۹±۱۱/۱	۸۳/۳۶±۲/۳	۴۵/۱۹±۴/۲	S۱۳	۵۲۷/۸۲±۱۳/۰۷	۱۴/۶۵±۹/۰	۲۴/۵۵±۲/۰
S۳	۶۸۰/۴۲±۱۳/۵۶	۲۹/۷۷±۱/۲۹	۹۱/۶۲±۶/۲	S۱۴	۹۲۰/۰۱±۵۲/۱	۳۸/۴۹±۴/۰۳	۴۹/۵۸±۳/۳
S۴	۵۰۹/۰۹±۱۰/۹	۱۰/۸۹±۰/۶۱	۴۳/۲۸±۴/۱	S۱۵	۷۳۶±۲۳/۶	۲۸/۱۶±۱/۰۹	۳۲/۹۹±۲/۸
S۵	۸۷۶/۴۶±۳۲	۲۰۳/۸۵±۵/۶	۸۰/۷۱±۴/۱	S۱۶	۹۱۸/۹۸±۵۳/۱	۳۴/۹۹±۲/۶	۴۹/۸۰±۴/۰
S۶	۹۷۷/۰۲±۴۲	۲۹/۶۸±۱/۲۲	۳۹/۵۴±۲/۶	S۱۷	۸۴۱/۲۰±۴۰	۵۳/۹۰±۲/۸	۵۹/۱۰±۴/۶
S۷	۴۳۵/۶۹±۱۲/۳	۱۴/۹۰±۰/۹	۳۵/۸۰±۲/۱	S۱۸	۷۶۷/۲۴±۲۰/۲۴	۳۶/۴۸±۳/۰	۵۶/۶۷±۳/۱
S۸	۸۴۳/۰۸±۳۹	۳۷/۶۴±۲/۱	۶۱/۷۶±۵/۴	S۱۹	۷۵۲/۹۹±۱۹/۹	۹۰/۱۴±۴/۰۲	۳۹/۰۴±۲/۳
S۹	۶۸۷/۱۳±۱۵/۲۳	۲۷/۸۴±۵/۳	۶۸/۵۴±۶/۰	S۲۴	۵۱۵/۷۹±۱۴/۱	۱۶/۰۸±۱/۱	۴۵/۷۲±۲/۵
S۱۰	۷۸۵/۷۰±۱۹/۴۵	۴۲/۶۷±۳/۰۱	۷۰/۲۹±۶/۴	S۲۵	۶۰۶/۷۱±۱۷/۳	۸۷/۶۸±۴/۶	۶۲/۱۸±۵/۶
S۱۱	۷۹۵/۹۹±۲۳/۱۵	۲۶/۵۹±۲/۳	۳۵/۰۹±۲/۳	S۲۶	۹۲۵/۶۳±۶۲/۱	۴۵۸±۹/۲	۶۲/۸۷±۷/۵



شکل ۵-۱- مقایسه میزان فعالیت رادیونوکلوئید های  $^{40}k$  با مقادیر میانگین جهانی



شکل (۵-۲) - مقایسه میزان فعالیت رادیونوکلئید های  $^{238}\text{U}$  با مقادیر میانگین جهانی



شکل (۵-۳) - مقایسه میزان فعالیت رادیونوکلئید های  $^{232}\text{Th}$  با مقادیر میانگین جهان

میانگین جهانی (UNSCEAR Report, 2000) <sup>۱</sup> بالاتر است.

با توجه به مقادیر به دست آمده به طور کلی میزان فعالیت رادیونوکلئید های طبیعی در منطقه از مقادیر

۱ -  $\text{Bq/kg}$  ۳۰، ۳۵ و ۴۰۰ به ترتیب برای  $^{232}\text{Th}$ ،  $^{238}\text{U}$  و  $^{40}\text{K}$  گزارش شده است.

4. Debertin, K., Helmer, R.G. 1988. Gamma- and X-Ray spectrometry With semiconductor detectors, North-Holland Amsterdam
۵. آذروند ب. انوریان س. ۱۳۸۶، "محاسبه بازده آشکارساز HPGe برای منابع استوانه ای با در نظر گرفتن ضریب خود جذبی"، همایش تخصصی علمی فیزیک دانشگاه پیام نور
6. Ahmad, N., Matiullah, L. and Khataibeh, A. H. Indoor radon levels and natural radioactivity in Jordan
7. Karahan, G. and Bayulken, A. Assessment of gamma dose rates around Istanbul. J. Environ. Radioactiv. 47, 213–221 (2000).
8. Örgün, Y., Altınsoy, N., Gültekin, A. H., Karahan, G. and Celebi, N. Natural radioactivity levels in granitic plutons and groundwaters in Southeast part of Eskisehir, Turkey. Appl. Radiat. Isot. 63/2, 267–275 (2005).
9. Bellia, S., Brai, M., Hauser, S., Puccio, P. and Rizzo, S. Natural radioactivity in a volcanic island Ustica, Southern Italy. Appl. Radiat. Isot. 48, 287–293 (1997).
10. Martinez-Aguirre, A. and Garcia-Leon, M. Radioactivity impact of phosphate ore processing in a wet marshland in southwestern Spain. J. Environ. Radioact. 34, 45–57 (1997).
11. Harb, S. Natural radioactivity and External Gamma radiation exposure at the coastal red sea in Egypt. Radiat. Prot. Dosim. doi:10.1093/rpd/ncn064 (2008).
12. Fernandez, J. C., Robayna, B., Allende, A., Pojin, A. and Hernandez-Armas, J. Natural radiation in Tenerife (Canary Islands). Radiat. Prot. Dosim. 45(1/4), 545–548 (1992).
13. Tzortzis, M., Svoukis, E. and Tsertos, H. A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose

البته توزیع تمامی رادیونوکلوئیدها در تمام نقاط منطقه یکسان نیست، بیشترین میزان فعالیت برای  $^{238}U$  برابر  $203/85$  Bq/kg مربوط به نمونه شماره ۵ و برای  $^{40}K$   $977/02$  Bq/kg مربوط به نمونه شماره ۶ و برای  $^{232}Th$   $100$  Bq/kg مربوط به نمونه شماره ۱ است.

نرخ دوز جذبی تابش گاما ( $D(nGy h^{-1})$ ) در هوای آزاد، ۱ متر بالای سطح زمین با توجه به میزان فعالیت  $^{238}U$ ،  $^{232}Th$  و  $^{40}K$  در نمونه ها از  $61/43$  تا  $288/17$   $nGy h^{-1}$  مقدار میانگین  $96/67$   $nGy h^{-1}$  متغیر است که در مقایسه با مقدار میانگین جهانی  $60$   $nGy h^{-1}$  گزارش شده توسط UNSCEAR بالاتر است.

اگرچه اطلاعات آماری در مورد نشانه های بیماری، طول عمر کارگران، سرطان و غیره از منطقه در دسترس نیست، ولی به علت نبود دوز آستانه ای که در پایین تر از آن هیچ خطری برای سلامتی وجود نداشته باشد، دوز دریافتی کارگران نباید از حد دوز مجاز بالاتر شود و با توجه به فعالیت بالای رادیونوکلوئیدهای طبیعی در خاک و سنگ منطقه لازم است اقدامات امنیتی برای کارگرانی که به مدت های طولانی در معدن مشغول فعالیت هستند، در نظر گرفته شود و مقدار تابش زمینه به طور مداوم و سالانه توسط کارشناسان کنترل گردد.

#### تشکر و قدردانی

در خاتمه وظیفه خود می دانیم از همکاری ها و امکاناتی که مسئولان منطقه معدن سونگون و دانشگاه تبریز در این مورد در اختیار ما قرار داده اند تشکر کنیم.

#### منابع

1. J.E. Martin, "Physics for Radiation Protection", Wiley, New York, 2000.
2. United National Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (1993) New York: UNSCEAR
3. ULBS. FAST Comtec GmbH. Germany



- from natural radiation sources.(NY: UNSCEAR) (2000).
15. Yu, K.N., Guan, Z.J.,Stoks,M.J.,Young, E. C.,1992.Theassessment natural radiation dose committed to the Hong Kong people .J.Environ. Radioact. 17,931.
- rates from surface soils in Cyprus. Radiate. Prot. Dosim. 109, 217–224 (2004).
14. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to the general assembly. Annex B: exposures