تعیین میزان گاز رادون و تورون در خاک و بررسی تغییرات آن در عمق‌های مختلف

حسن ولی نژاد[۱]، داریوش رضائی[۱]، مرتضی عالیقدری[۲]

[۱]گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

[۲]گروه بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، اردبیل

چکیده

رادون یکی از عناصر رادیواکتیو است که بر اثر واپاشی طبیعی اورانیوم، توریم و رادیوم موجود در زمین تولید می‌شود اگرچه در آب و هوا نیز یافت می‌شود اما منبع عمده آن همان عناصر سنگین اورانیوم، توریم و رادیوم طبیعی موجود در خاک می‌باشد که در مواردی نیز در آب‌های زیر زمینی حل شده و در آنجا به واپاشی خود ادامه می‌دهند. بنابراین میزان بالای گاز رادون در هوای داخلی ساختمانها، منابع آبی و خاک بطور جدی سلامتی انسان را تحدید می‌کند. هدف از انجام این پژوه اندازه‌گیری میزان گاز رادون و تورون در خاک و بررسی تغییرات آن در عمق‌های مختلف در منطقه‌ای از شمال غربی ایران- اردبیل می‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری‌ها که در ۲٤ نمونه برای گاز رادون و در ۲۲ نمونه برای گاز تورون در خاک انجام گرفت، نشان داد که غلظت رادون در نمونه‌ها بین دو مقدار (۱٦٦۰Bq/m3 - ۱۱۰۰۰۰) و غلظت تورون بین دو مقدار (۶۲۷/۵۵Bq/m3 - ۷۳۹۲۰) تغییر می‌کنند و در ۹ تا از این نمونه‌ها مقدار بدست آمده بالاتر از میزان متوسط می‌باشد همچنین در بخش دیگری از این پروژه که تغییرات رادون و تورون در عمق‌های مختلف بررسی شد، همبستگی بسیار خوب (۰/۹۹٤۱٤۵)، بین افزایش میزان رادون و افزایش عمق خاک و همبستگی منفی (۰/۹۸۵۵۸-)، بین کاهش غلظت تورون و افزایش عمق خاک دیده می‌شود

***کلمات کلیدی**: رادون- تورون- خاک- RAD7*

Determination of radon and thoron gas in soil and investigation of their variation at different depths

[1]Hassan Valinezhad, [1]Daryush Rezay, [2]Mortaza Alighadri

[1]Department of physics, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil

[2]Department of hygiene, University of medicine science, Ardebil

Abstract

Radon is one of the radioactive elements that are produced naturally by fission of uranium, thorium and radium existing in the ground. However radon can be found in air and water, its main sources are the heavy elements such as uranium, thorium and radium in soil that sometimes by dissolving in ground water continues to its decay. So the high concentration of radon in air, water sources and soil seriously threats the human health. The aim of this research is measuring the radon and thoron concentration in soil samples and investigation of its variation at different depths in an area of north-west of Iran-Ardebil. The results of measured concentration that did in 24 samples for radon showed the fluctuation of values between (1660-110000 Bq/m^3) and in 22 samples for thoron showed the fluctuation of values between (627.55-73920 Bq/m^3) with 9 samples higher than mean value in both cases. Also in other part of this project a good correlation (0.994145) was reached between the increasing of radon concentration and increasing of ground depth and A negative correlation (-0.98558) was reached between the decreasing of thoron concentration and increasing of ground depth.

***Key words**: 1- radon, 2- thoron 3- soil, 4- RAD7*

مقدمه

رادون یک عنصر گازی شکل با نماد شیمیای Rn و عدد اتمی ۸۶ می‌باشد. رادون گازی رادیواکتیو و بی‌رنگ است که نمی‌توان آن را دید، بوئید و یا مزه کرد و به طور طبیعی از واپاشی اورانیوم، توریویم و رادیوم موجود در خاک به وجود می‌آید. این گاز ششمین عنصر از گروه گازهای نجیب است که با هیچ ماده یا عنصر واکنش نمی‌دهد این گاز به صورت طبیعی در خاک، آب و هوا یافت می‌شود[۱]. رادون ^{222}Rn با نیمه عمر ۳/۸۲ روز در مقایسه با ایزوتوپ‌های دیگر رادون پایداری بالای دارد و به طور طبیعی در طول زنجیره واپاشی اورانیوم ^{238}U آزاد می‌شود. تورون ^{220}Rn با نیمه عمر ٥٤/٥٣ ثانیه دیگر ایزوتوپ گاز رادون است که در طول زنجیره واپاشی توریوم طبیعی ^{232}Th آزاد شده و وارد محیط می‌شود. تحقیقات زیادی نشان می‌دهند که نه تنها میزان گاز تورون و محصولات واپاشی آن در مقایسه با رادون قابل اغماض نیست بلکه در مواقعی هم میزان آن از ایزوتوپ‌های دیگر رادون بیشتر است[۲]. بر اساس گزارش EPA[1] گاز رادون دومین عامل سرطان ریه بعد از سیگار و مواد مخدر می‌باشد همچنین براساس تحقیقات انجام شده در این خصوص گاز رادیواکتیو رادون از طریق استنشاق وارد ریه‌های انسان شده و با قرار گرفتن در کیسه‌های هوائی شش‌ها و تولید ذرات آلفا به بافت ریه آسیب می‌رساند. طولانی‌تر شدن مدت تنفس صدمات جبران ناپذیری به ریه وارد می‌کند و موجب بیماریهای آمفیزم (بزرگی ریه) و در نهایت بروز سرطان ریه می‌شود[۳]. اصلی‌ترین مشکلات رادونی از رادون موجود در خاک به وجود می‌آید. بنابراین بررسی میزان رادون، در مصالح ساختمانی تولید شده از خاک و سنگ‌های با میزان بالای رادون، ساختمانهای ساخته شده در مناطق نزدیک به معادن به خصوص معادن اورانیوم از اهمیت بالای برخوردار است. علاوه بر موارد ذکر شده، بررسی رادون فوایدی نیز دارد از جمله کمک به پیش بینی زلزله با استفاده از پایش پیوسته گاز رادون و کمک به اکتشاف معادن اورانیوم [٤].

روش مطالعه

در این پروژه یک آشکارساز بسیار پیشرفته RAD7، آشکارساز حالت جامد آلفا برای اندازه گیری میزان رادون و تورون در خاک مورد استفاده قرار گرفته است. سلول داخلی RAD7 نیمکره ای به حجم ۰/۷لیتر است که داخل آن با یک رسانا پوشیده شده است در مرکز این نیمکره یک آشکارساز آلفای سیلیکونی قرار گرفته است، سیستم الکترونی تعبیه شده درRAD7 آن را قادر به شناسایی ذرات آلفا با انرژیهای مختلف می کند و به این طریق ایزوتوپ های مختلف بر حسب انرژی آلفایشان ازهم تمیز داده می شوند[۵].

شکل (۱): چیدمان سیستم اندازه‌گیری میزان رادون

برای اندازه گیری میزان رادون در خاک نیزاز یک میله پروبی در کنار سیستم RAD7 استفاده می شود، به گونه ای که ابتدا یک سوراخی به عمق ۸۰ سانتی متر در زمین ایجاد می شود و سپس میله پروب در این سوراخ قرار داده می‌شود و برای اطمینان از اینکه گاز رادون از اطراف میله خارج نمی‌شود اطراف میله باید خوب محکم شود. با اتصال پروب به فیلتر گردوغبار و رطوبت گیر چیدمان سیستم برای آشکارسازی کامل می شود. بخاطر نیمه عمر پایین تورون درصد قابل توجهی از آن در هنگام حرکت و رسیدن به آشکارساز واپاشی می‌کند. به همین دلیل باید تصحیحاتی در نتیجه اندازه‌گیری‌ها انجام شود.

تصحیح غلظت تورون:

غلظت تورون در ورودی دستگاه RAD7، C_1 می‌تواند به صورت ریاضی از معادله زیر بدست آید

$$C_1 = C_0 \times \exp\left(-L \times \frac{V_1}{q}\right) \qquad (۱)$$

1-Environmental protection agency

که در آن C_0 غلظت اولیه نمونه (غلظت در دهانه پروب در زمین) وv، حجم لوله (لوله پروب و لوله انتقال گاز) + محفظه رطوبت گیر + فیلتر است (حدود ۵۸۰ میلی لیتر)، q فلوی گاز تورون در لوله (۶۵۰ml/min) و L، ثابت واپاشی برای تورون است (۰/۷۵۶/min). بنابراین مقدار زیر برای C_1/C_0 بدست میاید

$$C_1/C_0 = \exp\left(-0.756 \times \frac{580}{650}\right) = 0.509 = 50.9\% \quad (۲)$$

گاز تورون به صورت پیوسته از ورودی RAD7 تا سلول داخلی آن در لوله‌ها و فیلتر داخلی RAD7 به واپاشی خود ادامه می‌هد و این تقریب همانند معادله(۲) می‌تواند بدست آید بطوریکه C_2 غلظت در دهانه سلول داخلی حدود $C_2=0.95C_1$ است. مقدار غلظت تعادلی C_3 در درون سلول داخلی از فرمول زیر بدست می‌آید

$$C_3 = C_2/\left(1 + L \times \frac{V_2}{q}\right) \quad (۳)$$

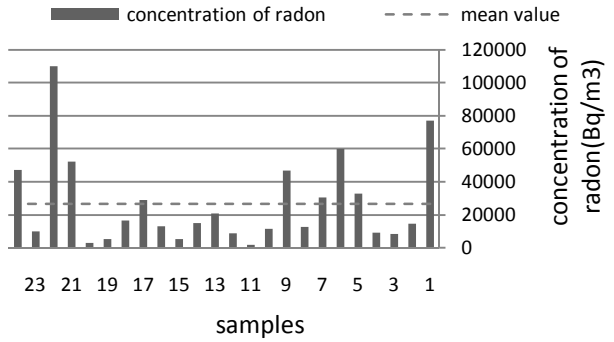
در معادله (۳)، q و L همانند بالاست و v_2 حجم سلول داخلی که برابر است با $v_2=750ml$، بنابراین بدست می‌آوریم:

$$C_3/C_2 = 1/(1 + 0.756 \times \tfrac{750}{650}) = 0.534 = 53.4\% \quad (۴)$$

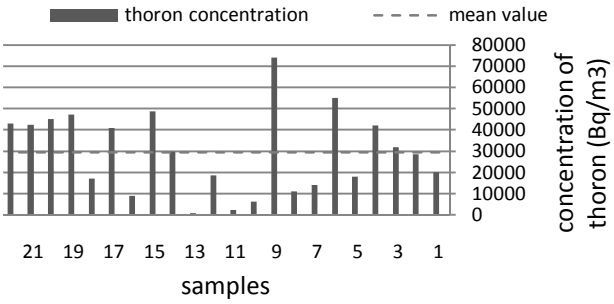
حال با قرار دادن $C_2=0.95C_1$ و معادله(۲) در معادله(٤) به تقریب $C_3=0.2595C_0$ می‌رسیم. چون سیستم RAD7، C_3 را اندازه می‌گیرد، با اعمال این تقریب در داده‌های بدست آمده از RAD7 می‌توان به غلظت اولیه C_0 دست پیدا کرد.

نتایج تجربی

نتایج و آنالیز غلظت رادون در محل مورد مطالعه برای نمونه‌های مختلف در شکل‌های ۲و۳ نشان داده شده است. هیچ مقدار استاندارد جهانی برای رادون خاک وجود ندارد زیرا میزان رادون در خاک به شرایط زمین شناسی و شرایط محیطی منطقه بستگی دارد. چندین روش برای ارزیابی غلظت رادون در خاک وجود دارد که معمولا در آنها از مقدار متوسط تمام داده‌ها به عنوان مقدار استاندارد یا پس زمینه استفاده می‌شود که نشان دهنده شرایط عادی در متصاعد شدن است و مقادیر بالای این مقدار متوسط را به عنوان مقدار غیر متعارف رادون می‌نامیم. متصاد شدن رادون یا تورون بالاتر از حد متوسط می‌تواند حاکی از نزدیکی به گسل‌های فعال باشد[٦]. در این پروژه نیز از مقدار متوسط داده‌ها به عنوان مقدار پس زمینه استفاده شده است. مقدار متوسط برای رادون ۲٦/۵۷ kBq/m^3 و برای تورون kBq/m^3 ۲۹/۲ بدست آمده است و همانطور که در شکل (۲) دیده می‌شود ۹ عدد از این نمونه‌ها مقدار بالاتر از حد متوسط دارند.



شکل (۲): غلظت رادون در نمونه‌های مختلف

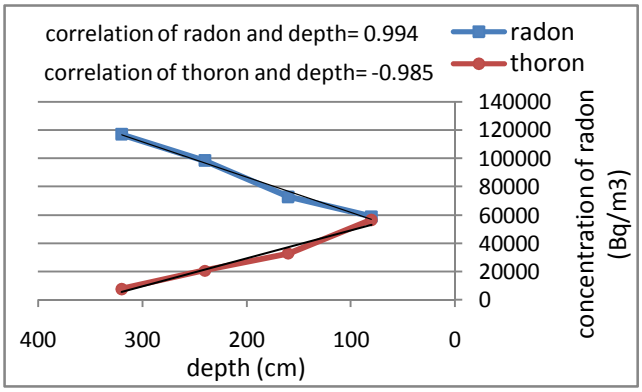


شکل (۳): غلظت تورون در نمونه‌های مختلف

بررسی تغییرات غلظت رادون در عمق‌های مختلف

منابع اصلی رادون عناصر سنگین اورانیوم، توریوم و رادیوم طبیعی موجود در خاک می‌باشد. در طول واپاشی این عناصر در عمق خاک و تا رسیدن به عنصر پایدار سرب، رادون به سبب گازی شکل بودن و تعلق به گروه گازهای نجیب که با هیچ ماده‌ای واکنش نمی‌دهند، به راحتی می‌تواند در طول این زنجیره‌های واپاشی از عمق زمین فرار کرده و به سطح آن برسد و وارد هوا شود[۱]. میزان آزادسازی رادون و تورون از خاک، به مولفه‌های مختلفی همچون رطوبت و فشار خاک، شکل و سایز دانه‌های خاک بستگی دارد به عبارت دیگر نفوذ پذیری یا تراوایی خاک در میزان غلظت بدست آمده برای رادون و تورون دخیل خواهد

بود[۷]. حال با توجه به اینکه این مولفه‌ها در عمق‌های مختلف تغییر می‌کند در این بخش از پروژه سعی شده است تا میزان غلظت رادون و تورون با افزایش عمق بررسی شود و برای این منظور چاهی حفر گردید بطوریکه در هر عمق ۸۰ سانتی‌متری از این چاه یک اندازه گیری انجام می‌شد و نتایج اندازه‌گیری‌ها و همچنین همبستگی بین عمق زمین و غلظت‌های رادون و تورون در نمودار شکل (٤) رسم گردیده است.



شکل (٤): نمودار تغییرات رادون و تورون در عمق‌های مختلف

نتیجه گیری

همچنانکه در متن گفته شد در این پروژه غلظت رادون و تورون به وسیله رادونمتر پیشرفته RAD7 اندازه‌گیری شد و با آنالیز داده‌ها مشخص شد که ۹ عدد از نمونه‌ها دارای غلظت بالاتر از مقدار متوسط یا مقدار نرمال است همچنین مقدار متوسط تورن بیشتر از مقدار متوسط رادون بدست آمده است.

همچنین در قسمت دیگری از این پروژه تغییرات غلظت رادون و تورون در عمق‌های مختلف بررسی شد و نتایج داده‌های بدست آمده نشان داد که یک همبستگی بسیار خوب بین افزایش غلظت رادون و کاهش غلظت تورون با افزایش عمق وجود دارد. باتوجه به اینکه میزان غلظت رادون در آب و هوا به رادون موجود در خاک بستگی دارد ضرورت این موضوع احساس می‌شود که باید در قسمت‌های که میزان رادون بالای را داده است، هوای داخلی اماکن و ساختمانها و همچنین آب چاه‌ها نیز مورد بررسی قرار گیرد. همچنین باتوجه به نتایج بدست آمده در قسمت تغییرات رادون در عمق‌های مختلف به این نتیجه می‌رسیم که باید خطرات رادونی در زیر زمین‌ها و یا طبقات پایین ساختمان‌ها زیادتر باشد و این الزام وجود تهویه مناسب در این مکانها را نشان می‌دهد.

مرجع‌ها

1. Jalili-Majareshin, A., Behtash, A., Rezaei-Ochbelagh, D. (2012). Radon concentration in hot springs of the touristic city of Sarein and methods to reduce radon in water. Radiation Physics and Chemistry.

2. Guo Q, Shimo M, Ikebe Y, Minato S (1992). The study of thoron and radon progeny concentrations in dwellings in Japan. *Radiat Prot Dosim, 45: 357-359.*

3. A physician's Guide-Radon,The health " ,1993 .United State Enviromental Protection Agency, Office of Air And radiation , EPA Document, sep.9. threat with a simple solution.

4. Surinder-Sing.(2009).Radon Monitorig in Soil Gas and Grand water for Earthquake Prediction Studies in north west Himalia , India.Terr.Atmos.Sci

5. Durridge Company Inc. 2000. RAD7 Radon Detector. In: User Manual (ver. 7.0), Bedford, MA, US.

6. A.B. Asumadu-Sakyi, J.J. Fletcher, O.C. Oppon, F.K. Quashie, D.A. Wordson, C.A. Adjei,E.O. Amartey. (2011**).** Preliminary Studies on Geological Fault Location Using Solid State Nuclear Track Detection**.** Research Journal of Environmental and Earth Sciences 3(1): 24-31, 2011. Maxwell Scientific Organization.

7. D.k. Sharma, Ajaykumar, Mukesh kumar, Surinder Sing. (2003). Study of uranium, radium and radon exhalation rate in soil samples from some areas of Kangra district, Himachal Pradesh, India using solid-state nuclear track detectors. Radiation Measurements 36 (2003) 363 – 366.