زمین شناسی و خطر زیست محیطی رادون 4
بررسی راه‌های کاهش اثرات زیست محیطی رادون بر پایه اندازه‌گیریهای انجام شده در شهرستان رفسنجان 11
اثرات زیست محیطی رادون وسنجش میزان رادون در منابع آبی 18
زمین شناسی رادون و نحوه حذف آن 25
صنعت فسفات و مشکل رادون 32
نسبت گازهای رادون و هلیم به عنوان نشانگر زلزله 39
نگاهی به پراکنش رادون در منابع آب تهران 45
پتانسیلهای تولید گاز رادون در گستره زرند: با نگرشی بر سازندها و فاکتورهای تولید آن 52
گاز رادون، محیطهای پرخطر و راههای مقابله با آن 59
بررسی سیستم های مختلف کاهش رادون در آب مصرفی در خانه 63
بررسی روشهای مختلف کاهش رادون در مناطق مسکونی 68
گاز رادون و اثرات زیست محیطی آن 76
بررسی اکتیویته رادن و دختران در بافت با مدل دو بخشی 83
چگونگی نفوذ گاز رادن از درون خاک به محیط زندگی بشر 90
رادون، کاربردهاو مخاطرات آن در زمین شناسی 97
اثرات زیست محیطی گاز رادون درگرانیت های بروجرد 103
نقشه های پتانسیل رادون و کاربرد آن در محیط زیست 108
راه های نفوذ رادون به درون ساختمان , بررسی سهم عوامل موثر در نفوذ رادون به درون ساختمان و ارائه راهکارهای عملی و قابل اجرا در کاهش دادن غلظت آن 114
اندازه گیری تراکم رادون در منابع آبی سوادکوه و قائمشهر 121
گاز رادون-222 و اثرات زیست محیطی آن 148
رادون و سندرم ساختمان بیمار 152
پایش پیوستهٔ تغییرات غلظت رادون محلول به‌عنوان پیش‌نشانگر زلزله در چشمهٔ آبگرم جوشان، جنوب‌شرق کرمان 156
اثرات بهداشتی گاز رادون 164
ارتباط رادون با سرطان ریه 169

مطالعه زمین شناسی رادون به عنوان ابزاری در پیشگویی زلزله 174
اهمیت توجه به گاز رادون 222 در محیط های مختلف 179
بررسی منشاءواثرگاز رادون در محیط زیست انسان و چشمه های رادون گسیل در آذربایجان 184
خطرات ناشی از تجمع گاز رادون-222 در ساختمانها 191
حفاظت ساختمانها در برابر رادون 199
رادون در پزشکی 206
بررسی اثرات مضر گاز رادون بر شاغلین صنایع استخراج و فرآوری اورانیوم 209
مقایسه روشهای نمونه برداری و سنجش نرخ آزاد سازی گاز رادون 216
اثرات زیست محیطی گاز رادون موجود در چشمه‌های آبگرم سرعین 223
رادون و نقش آن در ایجاد سرطان ریه در کارگران معادن زیر زمینی 230
اندازهگیری غلظت گاز رادون در آبهای منطقه شاندیز- مشهد ایران 238
مطالعه زمین پزشکی رادون و تاثیر آن بر بیماری MS 244
ارتباط رادون با سرطان ریه 250
بررسی اثرات مفید و مضر رادون بر سلامت در مناطق مختلف دنیا و بویژه رامسر 255
اندازهگیری میزان تراکم رادون و رادیوم درمنابع آبی منطقهی خضری شهرستان قاین 261
بررسی اثرات گاز رادون بر محیط زیست 272
کشف رادون و خواص ویژه آن 280
مطالعه زمین شناسی رادون به عنوان ابزاری در پیشگویی زلزله 285
منشإ گاز رادون در محیطهای بسته و راههای کاهش آن 290
ارزیابی ریسک سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن 298
کاربرد رادون در پیش بینی زمینلرزه و تعیین ذخایر 305
رادونتراپی 311
اندازه گیری غلظت گاز رادون در داخل منازل مسکونی شهرستان بردسیر جهت اندازه گیری میزان پرتوگیری میانگین مردم منطقه 315
جایگاه رادون از دیدگاه زمین شناسی اقتصادی و اثرات زیست محیطی آن 321
رادون و اثرات بیولوژیکی آن 327

بررسی روشهای سنجش غلظت رادون در منازل مسکونی..... 333
و مقایسه آن با رادون سنج ذغال فعال..... 333
کاهش گاز رادون در منازل با استفاده از سیستمHVAC 340
*قاسم سوری 340
بررسی میزان گاز رادون و دز جذبی ناشی از آن در ساکنین خانه های شهر تویسرکان..... 344
بررسی اثرات دختران رادون(^{210}Bi , ^{210}Po, ^{210}pb) در پروتئین مغز در بیماری الزایمر و لیپید مغز در بیماری پارکینسون..... 350
اندازهگیری میزان تراکم گاز رادون در آبهای منطقه تویسرکان و برآورد دز مؤثر سالانه..... 357
اندازه گیری رادون در آبهای محدوده گرانیت شیرکوه، جنوب شرقی یزد..... 365
روش های ساده برای کاهش یا حذف رادون در آب آشامیدنی شهر مشهد..... 370

زمین شناسی و خطر زیست محیطی رادون

***جعفریان، عبدلرضا[1] و جعفریان، سوسن[2]**
1- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود، گروه زمین شناسی
2- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود، دانشکده پزشکی
r.jafarian@gmail.com

چکیده

رادون گازی است بدون بو، بدون رنگ، و بدون مزه که بصورت طبیعی رادیواکتیو است. این گاز عضو زنجیره تلاشی رادیواکتیو U 238 است که به Pb ۲۰۶ منتهی میشود. Ra 222 با نیمه عمر 3.8 روز از تلاشی Ra 222 تولید میشود. سنگهای آذرین فلسیک مانند گرانیت و همچنین خاکهای مرتبط با آنها دارای قابلیت بالای تولید رادون هستند. گاز رادون رادیوژن میتواند به مکانهای مسقف نفوذ کرده و تمرکزش بالا رود. بر اساس تخمین آژانس حفظ محیط زیست (EPA)، سالانه 14000 مرگ بر اثر سرطان ریه بعلت گاز رادون و Po 218 در آمریکا گزارش شده است. در ایران خانه های شهر رامسر به دلیل واقع شدن بر روی پی سنگ گرانیتی و خاک ناشی از آن در معرض سرطان ریه قرار دارند. لذا با روشهایی نظیر تهویه، عایق بندی پی، و تاخیر در استفاده آب مصرفی، میتوان سطح رادون را در منازل کاهش داد.

واژگان کلیدی: خطر رادون، *آلودگی هوای* داخل ساختمان، تلاشی U، تلاشی Ra، رادون در آب، رادون در خاک، رادون در سنگها، رامسر

Abstract

Radon is a naturally occurring radioactive gas that is colorless, odorless, and tasteless. It is a member of the naturally occurring radioactive decay chain from ^{238}U to stable ^{206}Pb. ^{222}Rn, which has a half-life of 3.8 days, is the product of radioactive decay of ^{226}Ra. some rocks including Granites and other felsic igneous rocks as well as related soil, have high potential of radon generation. Radon, a radiogenic gas, can penetrate and pollute indoor air, so its concentration become more than outdoor air. The Environmental Protection Agency (EPA) estimates that 14000 lung cancer deaths per year in the United States are related to exposure to radon gas and its daughter products, primarily ^{218}Po. In Iran, some indoor air especially Ramsar's houses, has basement rocks and soil which contain high U minerals, high radon pollution, and high lung cancer risk. There are well-known ways to reduce concentration of indoor radon gas including additional ventilation, isolation of foundations, delay of water consumption, avoiding granitic rocks at indoor places. Since these ways can prevent high indoor air radon pollution at Ramsar and other similar locations in Iran.

Keywords: Radon hazardous, indoor air pollution, U decay, Ra decay, Radon in water, Radon in soil, Radon in rocks, Ramsar.

مقدمه:

رادون گازی که بصورت طبیعی در اثر تلاشی رادیواکتیو عنصر رادیوم بوجود می‌آید.این یک فرایند رادیواکتیو خودبخودی است که بخشی از زنجیره تلاشی ^{238}U با نیمه عمر 4.47×10^{9} سال می‌باشد.

$$^{238}U \rightarrow ^{234}Th + \alpha \rightarrow \ldots ^{230}Th \rightarrow ^{226}Ra + \alpha \rightarrow ^{222}Rn + \alpha \rightarrow$$
$$\rightarrow ^{218}Po + \alpha \rightarrow ^{214}Pb + \alpha \rightarrow ^{214}Bi + \beta \rightarrow \ldots \rightarrow ^{206}Pb$$

نیمه عمر ^{226}Ra برابر 1620 سال، ^{222}Rn برابر 3.823 روز، ^{218}Po برابر 3.05 دقیقه، ^{214}Pb برابر 26.8 دقیقه و ^{214}Bi برابر 19.7 دقیقه است[1]. اغلب سنگ‌های پوسته زمین، همچنین خاک و

مواد فرسایش یافته از پوسته زمین، شامل اورانیوم هستند، در حدود 99.3 درصد این اورانیوم از نوع ایزوتوپ U^{238} است، که در اثر 14 تلاشی به ایزوتوپ پایدار Pb^{206} ختم می‌شود. اگر ظرفی را از گاز رادون پرکنیم پس از 3.8 روز نیمی از رادون آن ظرف را ترک می‌کنند، اما محصول این تلاشی که شامل Po، Bi و Pb است در این ظرف باقی می‌مانند. عنصر پلونیوم خود رادیواکتیو است که در اثر تلاشی رادون در هوا و همچنین در اثر تنفس انسان در ریه، ایجاد می‌شود. تولید Po^{218} همراه با آزاد شدن یک ذره آلفا است که می‌تواند زنجیره DNA را بشکند و باعث سرطان ریه در انسان گردد[2]. واحد اندازه گیری رادون معمولاً $Picocuries/Liter\ (Pci)$ است. به عنوان مثال با توجه به اینکه هرکوری معادل 3.7×10^{10} تلاشی در ثانیه است. تعداد تلاشی رادون با سطح $4Pci/L$ در اتاقی معمولی به حجم 36 مترمکعب (3m×4m×3m) برابر 316800 تلاشی در دقیقه است:

$$(4*10^{-12})(3.7*10^{10})(3.6*10^{4})*60=3.168*10^{5}$$

جدول زیر خطر ابتلا به سرطان ریه را در اثر سطوح مختلف رادون مقایسه کرده است.

جدول 1) خطر ابتلا به سرطان ریه در هر 1000 نفر[3] .

Pci/liter	200	100	40	20	10	4	2
مرگ در اثر سرطان ریه به ازای هر 1000 نفر	440-770	270-630	120-380	60-120	30-120	30-50	7-30

سطح مجاز رادون در خانه‌ها براساس پیشنهاد EPA (Environmental Protection Agency) در امریکا معادل 4Pci/L تعریف شده است[3]. میانگین اورانیوم در سنگ‌های پوسته قاره‌ای فوقانی 2.5ppm است [4]. و ذخیره اورانیوم خاک مشابه سنگ منشا است. بعضی از سنگ‌ها دارای مقدار اورانیوم بیش از مقدار متوسط می‌باشند. این سنگ‌ها شامل سنگ‌های ولکانیک فلسیک، گرانیت‌ها، شیل‌های تیره رنگ، سنگ‌های رسوبی شامل فسفات و سنگ‌های دگرگونی حاصل از سنگ‌های فوق و همچنین خاک ناشی از آنها ممکن است تا حدود 100ppm اورانیوم داشته باشند. سطح اورانیوم بالا در یک ناحیه سبب بالا رفتن سطح رادون در داخل خانه‌ها می‌گردد. اما با این وجود در بعضی از خانه‌ها که سطح U در ناحیه بالاست، مقدار رادون موجود در خانه کم و بلعکس در بعضی از خاک‌ها با مقدار کم اورانیوم، مقدار رادون موجود در خانه‌ها علاوه بر مقدار U موجود در خاک‌ها و سنگ‌های اطراف خانه به عوامل دیگری نیز وابسته است.

بحث و نتیجه گیری :

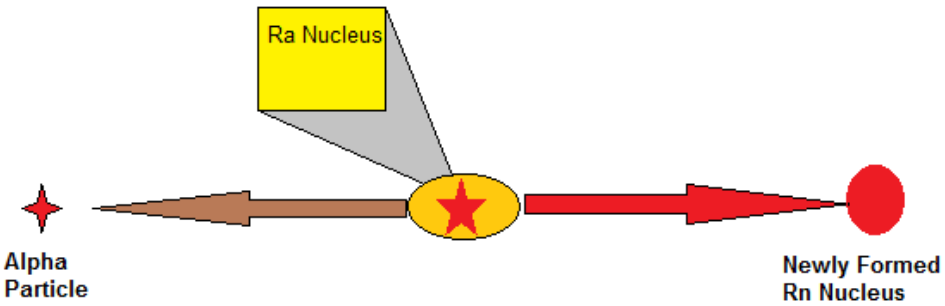
رادون از طرق متنوعی به آتمسفر راه میابد [5] (جدول 2). از نظر زمین شناسی کانیهای حامل اورانیوم بویژه مونازیت در سنگهای گرانیتی، از مهمترین منشا های رادون در سنگها، خاک و آبهای زیر زمینی است.

جدول 2) منشا های مختلف رادون آتمسفر[5].

بازدم انسان	سوختن زغالسنگ	گازهای طبیعی	بقایای زغالسنگها	زباله های U	بقایای فسفاتها	اقیانوسها	آبهای زیر زمینی	خروج از خاک	منشا Rn آتمسفر
10^{-5}	$9*10^{-4}$	0.01	0.02	2	3	30	500	2000	m Ci/Y

موقعیت اتم رادیوم در دانه‌های کانی (اینکه چقدر به سطح دانه نزدیک باشد) به امتداد جهت تشکیل رادون وابسته است. که ممکن است به طرف سطح دانه کانی باشد یا برعکس به طرف داخل دانه کانی باشد، زیرا از تلاشی Ra، اتم رادون در یک جهت آزاد می‌شود که این جهت مخالف جهت انتشار ذره α است شکل (1).

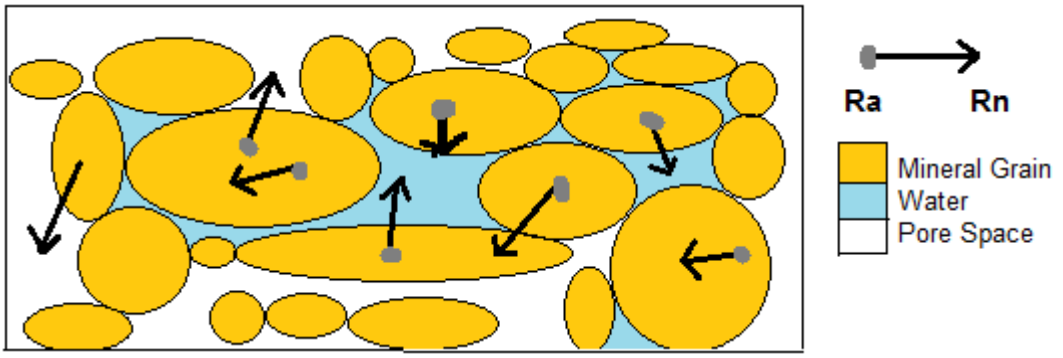
$$^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{222}_{86}\alpha$$



شکل 1) موقعیت اتم رادون و ذره α پس از تلاشی اتم رادیوم.

لذا امتداد جهت تشکیل رادون تعیین کننده مکان قرارگیری اتم‌های گازی رادون در فضای خالی مابین ذرات کانی است. اگر یک اتم رادیوم در اعماق یک دانه کانی بزرگ قرار داشته باشد، بدون توجه به امتداد قرار گیری آن قادر به آزادسازی رادون از سطح کانی نخواهد بود و اتم رادون ایجاد شده در

داخل کانی محبوس می‌گردد. حتی در صورتی که اتم‌های رادیوم نزدیک سطح دانه کانی باشند. اگر امتداد انتشار ذرات α بگونه‌ای باشد که اتم رادون بوجود آمده را به اعماق دانه کانی بفرستند، رادون ایجاد شده در داخل ساختار کانی محبوس می‌گردد شکل (2).



شکل2)جهت انتشار رادون در دانه های کانی و فضای تخلخل پر شده از هوا و آب با توجه به تلاشی رادیوم[6].

رادیوم نزدیک سطح دانه کانی معمولاً بگونه ایست که بعضی از اتم‌های گازی رادون به سمت سطح دانه‌ها حرکت می‌کنند، در این حالت اتم‌های جدید رادون کانی را ترک می‌کنند و در فضای مابین دانه‌های کانی یا در شکستگی سنگ‌ها جایگزین می‌شوند شکل (2). در اغلب خاک‌ها فقط 10 تا 50 درصد رادون تولید شده از دانه کانی خارج می‌شوند و در داخل خلل و فرج قرار می‌گیرند.

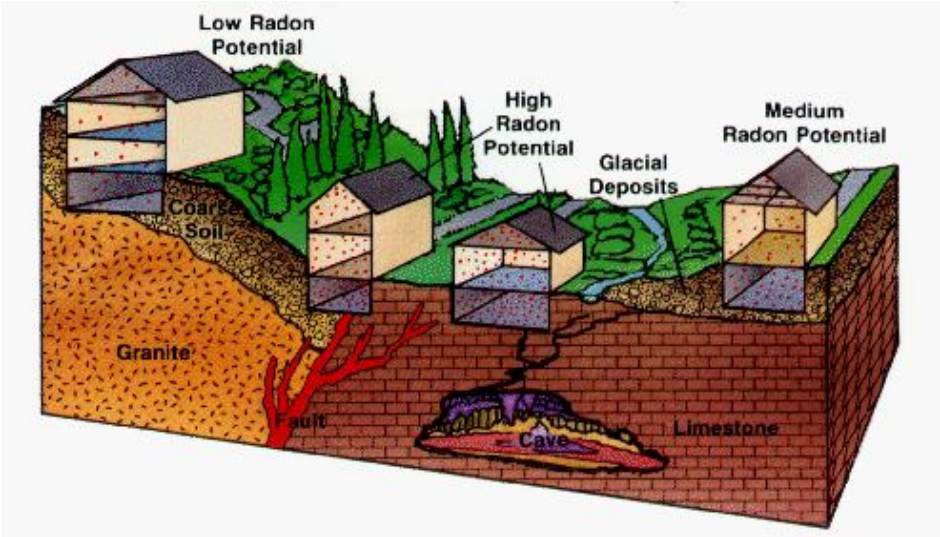
به جهت اینکه رادون یک گاز می‌باشد، لذا از اورانیوم و رادیوم تحرک بیشتری دارد. در حالی که رادیوم و اورانیوم در مواد جامد سنگ‌ها و خاک باقی می‌مانند. رادون به آسانی سنگ‌ها و خاک را ترک می‌کند و از شکستگی‌ها و فضاهای موجود در سنگ‌ها و خاک آزاد می‌شود. آسانی حرکت رادون از میان شکستگی‌ها و فضاهای خالی و متخلخل باعث ورود گاز رادون به درون خانه‌ها می‌گردد. رادون قبل از اینکه دچار تلاشی شود بدلیل همین سهولت تحرک، مسافت زیادی را طی می‌کند، لذا می‌تواند تحرک بالایی در داخل فضاهای بسته ساختمان‌ها داشته باشد. روش و سرعت حرکت رادون از میان خاک بستگی به عوامل چندی دارد که عبارتند از:

1. مقدار آب موجود در فضاهای خالی خاک (درصد رطوبت خاک)
2. درصد فضاهای خالی خاک (تخلخل)
3. تراوایی یا ارتباط مابین فضاهای خالی که تعیین کننده توانایی انتقال آب و هوا می‌باشد.

رادون از میان خاک‌های تراوا نظیر ماسه درشت و گراول با سرعت بیشتری نسبت به رس‌ها عبور می‌نماید. شکستگی‌ها در خاک یا سنگ سبب سهولت حرکت رادون می‌گردد. حرکت رادون در آب آهسته‌تر از حرکت رادون در هواست. قبل از تلاشی، مسافتی که رادون در سنگ‌ها یا خاک‌های اشباع از آب طی می‌کند کمتر از یک اینچ است، در صورتی که در طی همین مدت در سنگ‌ها و خاک‌های

خشک بیش از 6 فوت و گاهی دهها فوت طی می‌کند. زیرا حرکت آب در فضاهای خـاک و شکسـتگی سنگ‌ها بسیار آهسته‌تر از حرکت هوا می‌باشد. لذا رادون قبل از تلاشی در خاک‌های خشک نسبت بـه خاک‌های مرطوب مسافت بیشتری را طی می‌کند. در موقعیت‌های ذیل میزان رادون در داخـل فضـای بسته خانه‌ها افزایش می‌یابد:

الف) خانه‌های مناطق خشک‌تر، ب) خانه‌های موجود در خاک‌ها و پی سنگ‌های شدیداً تراوا ماننـد: 1) شیب تپه‌ها، 2) مدخل و ته دره‌ها، 3) نهشته‌های یخچالی دانه درشت، 4) پی سنگ‌های شـامل غـار ، شکستگی وگرانیت (شکل 3).



شکل3) رابطه پی سنگ، خاک، شیب، شکستگیها، گسل، و غار در افزایش رادون در خانه ها[6].

در این گونه مناطق حتی اگر میزان رادون خاک یا شکستگی‌ها در حد نرمال (200 تـا 2000Pci/L) باشد[3]، تراوایی این مناطق اجازه می‌دهد که رادون قبل از تلاشی مسافت بزرگتری را طی کند و لـذا در داخل خانه‌ها با مقدار بیش از حد مجاز رادون مواجه خواهیم بود.

چگونگی نفوذ رادون به داخل خانه‌ها و اتاق‌ها

رادون از میان فضاهای خالی خاک و شکستگی‌های سنگ‌های نزدیک سطح زمین عبور می‌کند و در داخل اتمسفر رها می‌شود (جدول2). در مناطقی که خانه‌ها و ساختمان‌ها قرار دارند هوای موجود در خاک به دلایل زیر به سمت پی سازه‌ها حرکت می‌کند:

1. اختلاف فشار مابین هوای خاک و داخل خانه‌ها
2. وجود حفرات در پی ساختمان‌ها
3. افزایش تراوایی اطراف پی‌سنگ.

عموماً در ساختمان‌ها اجزایی که بکار می‌روند عبارتند از: فونداسیون، حفرات داگ، پایه‌ها و گراول درشت دانه که معمولاً در زیر تخته‌های سیمانی ساختمان استفاده می‌شوند. سپس تخته‌های سیمانی پی دیوارها ساخته می‌شوند و فضای پر شده تحت عنوان منطقه Disturbed نامیده می‌شود. رادون از خاک اطراف پی ساختمان به ناحیه Disturbed و گراول‌های کف پی نفوذ می‌کند. مواد ناحیه Disturbed عموماً سنگ‌ها و خاک می‌باشند که می‌توانند از همان خاک اطراف ساختمان باشند و خود نیز تولید کننده رادون هستند. مقدار رادون در ناحیه Disturbed و گراول‌های پی به مقدار اورانیوم موجود در سنگ پی سنگ ساختمان، میزان تراوایی خاک اطراف پی و ناحیه Disturbed و رطوبت خاک، بستگی دارد. فشار هوا در زمین اطراف ساختمان‌ها معمولاً زیادتر از فشار هوای داخل اتاق‌ها است. بنابراین هوا از ناحیه Disturbed و گراول، از طریق فضاهای باز پی ساختمان به اتاق‌ها نفوذ می‌کند. همه خانه‌ها دارای ترک‌ها و شکاف‌هایی در پی هستند که سبب نفوذ هوای آلوده به رادون می‌گردند. در اغلب خانه‌ها کمتر از 1% هوای داخل خانه از خاک پی نفوذ می‌کند. بقیه هوا از طریق فضای بیرون خانه تامین می‌شود که معمولاً رادون بسیار کمی دارد. در خانه‌هایی که فشار هوای داخل اتاق‌ها کم است، پی ساختمان کاملاً عایق بندی نشده و فضاهای نفوذ هوا از پی وجود دارد، 20 درصد هوای داخل خانه از داخل خاک مکیده می‌شود و در این حالت حتی اگر هوای خاک، دارای رادون در حد استاندارد EPA نیز باشد، سطح رادون در داخل اتاق‌ها ممکن است بسیار بالا رود[7].

رادون از طریق آب و سیستم آبرسانی خانه نیز نفوذ می‌کند. آب رودخانه‌ها و مخازن معمولاً مقدار اندکی رادون دارد. زیرا رادون موجود در آن در هوا متصاعد می‌شود. لذا خانه‌هایی که از اینگونه آبها استفاده می‌کنند معمولاً در مورد آب مصرفی مشکل رادون ندارند. در شهرهای بزرگ سیستم‌های آبرسانی با روش‌های اکسیژن رسانی به آب سبب تاخیر در مصرف آب پس از تجمع در مخازن می‌گردند و در طی این مدت تاخیر، رادون دچار تلاشی می‌شود. در مناطقی که از آبهای زیرزمینی برای مصارف خانگی استفاده می‌شود و یا در چاه‌های خصوصی تامین آب خانواده، بدلیل اینکه زمان

استخراج آب و مصرف آن بدون تاخیر است، این آبها حاوی مقادیر بالایی رادون هستند. هنگام دوش گرفتن، شستشوی لباس و ظرف‌ها و سایر مصارف آب، مقادیری رادون وارد فضای خانه می‌شود. در یک تخمین کلی آبهایی با سطح رادون 10000Pci/L سبب افزایش رادون به اندازه 1Pci/L در هوای اتاق می‌شوند.

در مناطقی که سطح اورانیوم در سنگ‌ها بالاست، نظیر رامسر، سطح رادون در آبهای زیرزمینی و چشمه ها نیز بالا میرود. بطوریکه رامسر با سطح رادون 260 mSv/yr جزو مناطق با زمینه بالای پرتوزایی (HBRAS) دنیا و در کنار کشورهایی مانند برزیل، چین، و هندوستان قرار میگیرد[3].

پیشنهادات زیر برای پایین آوردن سطح رادون داخل خانه ها توسط EPA [7] ارائه شده است:

الف) ایجاد فضای خالی بین پی و همکف، ب) عایق بندی پی و اطراف لوله های آب و فاضلاب، ج) استفاده از خاک رس در پی، د)ایجاد سیستم تهویه در زیر پی، ه) بالا بردن فشار هوای داخل اتاقها بویژه در فصل سرما که مانع مکش هوا از پی شود، و) تاخیر در مصرف آب چاه با استفاده از مخازن دخیره آب در خانه.

منابع:

[1] http://www.saveguard.co.nz/atomic
[2] Botkin, D.B, and Keller, E.A, 2005, Environmental Science: Earth as a Living planet, John Wiley and Sons, Inc. p: 664.
[3] EPA (1986), A citizen's guide to radon U.S. Environmental protection Agency, Washington, D.C.
[4] Taylor, S.R, and McLennan, S.M, 1981, The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks, Phil. Trans. R. Soc., A301, 381-399.
[5] NCRP, (1984), Report No. 78, Evaluation of occupational and environmental exposures to radon daughters and radon daughters in the U.S.
[6] http://energy.cr.usgs.gov/radon4] EPA, (1987), Radon reduction method, A homeowner's guide (2nd edition) U.S. Environmental [protection Agency, Washington, D.C.
[7] EPA, (1987), Radon reduction method, A homeowner's guide (2nd edition) U.S. Environmental protection Agency, Washington, D.C.

بررسی راه‌های کاهش اثرات زیست محیطی رادون بر پایه اندازه‌گیریهای انجام شده در شهرستان رفسنجان

احمد اسدی[1*]، حسن رنجبر عسکری[2]، مجتبی رحیمی[1]

1 گروه فیزیک دانشگاه پیام نور رفسنجان
2 گروه فیزیک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
a_asady1979@yahoo.com

چکیده

گاز رادون و دختران آن مواد رادیواکتیوی هستند که از خود ذرات آلفای پر انرژی ساطع می‌کنند. این گاز و دختران آن می‌توانند از راه‌های مختلف مانند استنشاق، خوردن و آشامیدن وارد بدن و سبب تخریب بافت داخلی بدن خصوصاً ریه گردند. در این مقاله به بررسی و تحلیل نتایج غلظت دختران رادون هوای درون 68 منزل مسکونی توسط دستگاه RWLM و غلظت گاز رادون 34 حلقه چاه آب کشاورزی و منبع آب شرب توسط دستگاه RAD7 که در شهرستان رفسنجان اندازه‌گیری شده، پرداخته شده است. نتایج حاصل از این اندازه‌گیری‌ها مقادیر 0/۳۵mWL و 33/۴۳mWL را به عنوان حداقل و حداکثر مقدار غلظت گاز رادون در منازل و مقادیر $3.64\ \frac{Bq}{lit}$ *و* $24.51\ \frac{Bq}{lit}$ *را به عنوان حداقل و حداکثر مقدار غلظت گاز رادون در آب نشان می‌دهد.*

واژگان کلیدی: گاز رادون، دختران رادون، آب‌های زیرزمینی، ذرات آلفا، مواد رادیواکتیو، پیش‌نشانگر زلزله

The Investigation of Methods of Reduction of Radon Biological Effects Based on Measurements in Rafsanjan City

Ahmad Asadi, Hasan Ranjbar Askari, Mojtaba Rahimi
Physics Department, Payam Nour University of Rafsanjan
Physics Department, Vali Asr University of Rafsanjan
a_asady1979@yahoo.com

Abstract

Radon gas and its daughters are radioactive that radiate Alpha particles with high energy. This gas and its daughters conscious become in to human body from drinking, eating and inhalation and cause damaging of cells in to the body, especially lung. In this paper, we investigate the results of radon daughters concentration inside 68 buildings bye ŔWLM equipment and radon gas concentration in 34 agricultural

and drinking wells in Rafsanjan city. The results show 0.35mWL and 34.43mWL inside buildings and 3.64 $\frac{Bq}{lit}$ and 24.51 $\frac{Bq}{lit}$ in wells as minimum and maximum values.

مقدمه

منابع پرتوزای طبیعی عامل اصلی در پرتوگیری بشر و موجودات زنده محسوب می‌شوند. در بین این منابع گاز رادون و دختران آن بیشترین سهم را در پرتوگیری از پرتوهای طبیعی به خود اختصاص داده‌اند. گاز رادون ^{222}Rn با نیمه عمر 3/83 روز در زنجیره واپاشی ^{238}U تولید می‌گردد. این گاز دارای عدد اتمی 86 و در ستون آخر جدول تناوبی (گازهای نادر) قرار دارد. این عنصر گازی رادیواکتیویته است که از فروپاشی عنصر رادیواکتیو رادیوم به دست می‌آید[1]. برای این گاز تعداد 20 ایزوتوپ شناخته شده است که مهم‌ترین آنها ^{222}Rn با نیمه عمر 3/83 روز، تورون (^{220}Rn) با نیمه عمر 55/3 ثانیه و اکتینون (^{219}Rn) با نیمه عمر 3/96 ثانیه که به ترتیب مربوط به سری‌های واپاشی اورانیوم 238، توریوم 232 و اورانیوم 235 (اکتینیوم) می‌باشند[2]. گاز رادون، یکی از گازهای رادیواکتیو خطرناک است؛ به همین علت اندازه‌گیری گاز رادون یکی از مهم‌ترین وظایف سازمان‌هایی است که با مواد رادیواکتیو و اثرات آنها بر روی بهداشت و سلامت انسان‌ها سروکار دارند. از جمله این سازمان‌ها، سازمان حفاظت محیط زیست[1] (EPA) است. مطالعات بر روی گاز رادون در تحقیقات مختلف از دو جنبه مهم می‌باشند.

الف- پرتوگیری انسان از گاز رادون و خطرات ناشی از آن: بنابر گزارش سازمان جهانی بهداشت، گاز رادون بعد از سیگار دومین عامل سرطان ریه می‌باشد. در زنجیره واپاشی رادون تعداد ذرات آلفای تولید شده زیاد است (در واپاشی رادون به دخترانش ذرات آلفای با انرژی 5/486 MeV تولید می‌شود. همچنین هسته‌های دختر رادون با نیمه عمرهای نسبتاً کوتاه ذرات آلفای با انرژی 6/11 MeV و 7/83MeV تولید می‌کنند). گاز رادون و دختران آن به ذرات گرد و غبار چسبیده و از طریق تنفس وارد ریه‌ها می‌گردند و به علت برد بسیار کم (چند نانومتر) و انرژی زیادشان قادر خواهند بود سلول‌های بافت مورد نظر را نابود کرده و باعث سرطان گردند. از سوی دیگر این گاز قابلیت انحلال در آب را دارد. بنابراین گاز تولید شده در بسترهای زیرین زمین به آرامی از میان خاک و سنگ‌ها عبور

[1] - Environmental Protection Agency

کرده و وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود. در برخی از کشورها آب آشامیدنی از منابع زیرزمینی (چشمه، چاه و قنات) تامین می‌شود و غلظت بالای گاز رادون درون آب، نگران‌کننده است. گاز رادون موجود در آب می‌تواند از طریق استنشاق هنگام جوشیدن آب جهت طبخ غذا، استحمام، دستشویی، شستشوی ظروف و البسه و همچنین از طریق آشامیدن وارد بدن گردد. اگر غلظت گاز رادون موجود در آب بیشتر از حد مجاز ($11\frac{Bq}{lit}$) باشد، این گاز می‌تواند باعث مرگ یا تقسیم سلولی گردد[3].

ب- پیش‌نشانگر زلزله: یکی از پیش‌نشانگرهای زلزله تغییرات میزان غلظت گاز رادون محلول در آب‌های زیرزمینی است. قبل از وقوع زلزله غلظت گاز رادون حل شده در آب‌های زیرزمینی افزایش

می‌یابد. در واقع هنگامی که گاز رادون در اعماق صخره‌ها تشکیل می‌گردد شانس اندکی را برای رسیدن به سطح زمین دارد، اما با جابه‌جایی و شکسته شدن صخره‌ها شانس بیشتری را برای فرار به دست می‌آورد. اگر غلظت گاز رادون به طور مکرر در چاه‌ها و چشمه‌ها مورد بررسی قرار گیرد، تغییرات زمانی آن می‌تواند به عنوان پیش‌نشانگر زلزله محسوب شود. اندازه‌گیری‌های غلظت گاز رادون در نقاط مختلف نشان می‌دهد که غلظت این گاز در محدوده گسل‌های فعال بیشتر است.

اندازه‌گیری دختران رادون در منازل مسکونی

با توجه به آلفازا بودن گاز رادون و دختران آن به هنگام واپاشی، میزان ذرات آلفای تولید شده در یک محیط می‌تواند به عنوان معیاری جهت تعیین مقدار گاز رادون آن محیط قرار گیرد. در اندازه‌گیری دختران رادون از دستگاه (RWLM)[2] استفاده شده است که قادر است ذرات آلفای ساطع شده از دختران رادون را ثبت نماید. برای اندازه‌گیری غلظت رادون، از واحد اندازه‌گیری ویژه‌ای به نام سطح کاری که بیان‌کننده غلظت دختران رادون در محیط است، استفاده شده است. طرز کار این دستگاه بدین صورت است که با مکش هوای اطراف به داخل و عبور دادن آن از روی فیلتر مخصوص، دختران رادون به فیلتر چسبیده و بعد از مدتی از خود ذرات آلفا تشعشع می‌کنند. این ذرات آلفا توسط آشکارسازی که روبروی فیلتر قرار دارد، ثبت می‌گردند. به منظور اندازه‌گیری غلظت گاز رادون درون منازل مسکونی شهرستان رفسنجان، 68 منزل مسکونی به طور تصادفی انتخاب شده است[4]. بر طبق دستورالعمل EPA اندازه‌گیری غلظت دختران رادون باید در مدت زمان 24 ساعت در یک محیط انجام گیرد. در موقع اندازه‌گیری باید دقت شود که تا 12 ساعت قبل هیچ‌گونه تهویه‌ای انجام نشده باشد و محیط بسته باشد. همچنین دستگاه باید در 50 سانتی‌متری سطح زمین مستقر شود.

[2] -Radon Working Level Meter

برای در نظر گرفتن پارامترهای موثر در میزان غلظت باید اطلاعاتی از ساختمان از قبیل متراژ ساختمان، ارتفاع سقف، ابعاد پنجره‌ها، وضعیت تهویه، طبقه، نوع مصالح به کار رفته ، متراژ سنگ‌های تزئینی، اتاق و متراژ محل قرار دادن دستگاه جمع آوری گردد. در این شرایط، دستگاه به مدت 8 ساعت با مکش هوای اطراف، غلظت دختران رادون را اندازه می‌گیرد. نتایج به دست آمده در جدول1 خلاصه شده‌اند:

غلظت دختران رادون (mWL)	تعداد خانه‌ها	درصد خانه‌ها
1-5	33	42/31
5-10	32	41/03
10-15	4	5/13
15-20	5	6/41
20-25	1	1/28
25-30	1	1/28
30-35	2	2/56

جدول 1: نتایج اندازه‌گیری غلظت دختران رادون در منازل مسکونی رفسنجان

اندازه‌گیری غلظت رادون در آب‌های زیرزمینی و منابع آب شرب

به منظور اندازه‌گیری غلظت گاز رادون در منابع آب‌های زیرزمینی رفسنجان، ابتدا تعداد 34 حلقه چاه به طور تصادفی و به گونه‌ای که در نقاط مختلف توزیع شده باشند، انتخاب شده است. پس از آن از هر چاه نمونه‌ای به حجم 250cc در ظرف مخصوص دستگاه RAD7 به طوری‌که هوا به داخل نمونه راه نیابد، برداشته شد و سریعاً به محل دستگاه جهت اندازه‌گیری منتقل شد. پس از روشن شدن دستگاه، توسط یک حباب‌ساز گاز رادون محلول در آب آزاد گردیده و وارد دستگاه می‌شود. نتایج به دست آمده از این اندازه‌گیری در جدول 2 آورده شده است[5].

درصد چاه‌ها	تعداد چاه‌ها	غلظت گاز رادون ($\frac{Bq}{lit}$)
٪5/88	2	1-5
٪23/52	8	6-10
٪17/64	6	11-15
٪38/23	13	16-20
٪14/70	5	21-25

جدول2: نتایج اندازه‌گیری غلظت گاز رادون در منابع آب‌های زیرزمینی رفسنجان

تحلیل نتایج

با توجه به اندازه‌گیری غلظت دختران رادون در منازل مسکونی مشاهده می‌شود که غلظت گاز رادون در ٪5/12 از منازل، بالاتر از حد مجاز (20mWL) می‌باشند. عوامل متعددی باعث افزایش غلظت گاز رادون در داخل منازل مسکونی می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

1- شرایط تهویه فضای داخل: هر چقدر تهویه هوای داخل از شرایط مناسب‌تری برخوردار باشد غلظت گاز رادون کمتر خواهد بود. به عنوان مثال غلظت گاز رادون درون هال که دارای حجم، پنجره و درب‌های بیشتری می‌باشد، کمتر از اتاق خواب یا آشپزخانه است.
2- وجود آب‌های زیرزمینی : اگر در زیر منازل مسکونی چشمه آب یا قنات وجود داشته باشد غلظت گاز رادون بالاتر خواهد بود که این امر طبیعی به نظر می‌رسد، زیرا وجود این کانال‌ها باعث جریان گاز رادون درون آن‌ها می‌شود.
3- تاثیر ارتفاع از سطح زمین: مسلماً هر چقدر به سمت طبقات بالای ساختمان می‌رویم غلظت گاز رادون کمتر خواهد بود، چراکه چگالی گاز رادون ($9/73\frac{gr}{lit}$) در مقایسه با چگالی هوا زیاد می‌باشد.

در بررسی و اندازه‌گیری غلظت گاز رادون حل شده در آب‌های زیرزمینی مشاهده می‌شود که غلظت گاز رادون بیش از 70 درصد چاه‌های آب از حد استاندارد ($11\frac{Bq}{lit}$) بالاتر است. به همین دلیل میزان

پرتوگیری کشاورزانی که در طول روز به طور مکرر برای رفع تشنگی از آب چاه می‌نوشند، زیاد می‌باشد و این موضوع نگران‌کننده است. همچنین با توجه به بررسی‌های انجام شده دیده می‌شود که غلظت گاز رادون چاه‌هایی که به گسل‌های فعال نزدیکترند، به مراتب بیشتر است. از سوی دیگر یکی از دلایل غلظت بالای گاز رادون در این چاه‌ها می‌تواند عمیق بودن آن‌ها می‌باشد (لازم به ذکر است که متوسط عمق چاه‌های کشاورزی و منابع آب شرب در حدود 200 متر است)[5].

راه‌های کاهش اثرات زیست محیطی رادون

برای کاهش گاز رادون و دختران آن در داخل منازل مسکونی و محیط زندگی با هدف کاهش پرتوگیری طبیعی انسان راه‌های متفاوتی وجود دارد که این راه‌ها شامل دو دسته ممانعت‌کننده از ورود گاز رادون به داخل و خارج‌کننده گاز رادون جمع شده در ساختمان می‌باشند. با توجه به بررسی‌های انجام شده راه‌های زیر پیشنهاد می‌گردد:

1- طراحی سیستم مناسب تهویه و ایجاد فشار مثبت در مقابل نفوذ گاز رادون در داخل منزل: بنابراین لازم است که از قرار گرفتن (به مدت زمان طولانی) در محل‌هایی از خانه که امکان تهویه مناسب وجود ندارد پرهیز شود. به عنوان مثال در انباری و زیرزمین خانه‌ها که معمولاً فضا بسته است و هوا در آن محبوس شده است غلظت گاز رادون زیاد است. بنابراین توصیه می‌شود که تا حد امکان در این مکان‌ها قرار نگیریم.

2- عایق‌بندی کف و دیواره‌های ساختمان با استفاده از سیمان، رنگ و ورق‌های پلاستیکی

3- عدم استفاده از سنگ‌های گرانیت و زینتی در داخل ساختمان تا حد امکان

4- ایجاد تهویه کامل هوای درون خانه بعد از بازگشت از مسافرت‌های طولانی

همچنین با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی غلظت گاز رادون حل شده در آب، برای کاهش این غلظت موارد زیر پیشنهاد می‌گردد

1- هوادهی مناسب و نگهداری آب در مخازن به مدت زمان کافی قبل از مصرف جهت کاهش غلظت گاز رادون حل شده در آب.

2- چون ممکن است در آب مقدار کمی عنصر رادیوم وجود داشته باشد و از طرفی واپاشی رادیوم به رادون زمان‌بر است، پیشنهاد می‌شود که آب مصرفی خانه‌ها به مدت زمان کافی در مخازن آب نگهداری شود و پس از آن به سمت خانه‌ها منشعب شود (لازم به ذکر است که مقدار رادیوم اندازه‌گیری شده در آب‌های زیرزمینی رفسنجان صفر بود).

3- با توجه به اینکه معمولاً فضای حمام خانه‌ها کوچک می‌باشد و تهویه مناسبی هم ندارند، پیشنهاد می‌گردد مدت زمان استحمام به حداقل برسد، زیرا در اثر باز بودن شیر آب در موقع استحمام غلظت گاز رادون در فضای حمام بالا می‌رود.

مراجع

[1] M.H Shapiro, “Comparison of radon monitoring techniques, the effects of themoelatic strains on subsurface radon, and the development of a computer- operated radon monitoring network for earthquake prediction”, U.S. Geological Survey Open Field report, (1980) 80-896.

[2]کرین، کنت، آشنایی با فیزیک هسته‌ای؛ جلد 1و2، مرکز نشر دانشگاهی.

[3] Samer M.Abdallah, Rima R.Habib, Rida Y.Nuwayhid, Malek Chatila, Gabriel Katul, “Radon Measurements in Well and Spring Water in Lebanon” Radiation Measurements 42 (2007) 298-303

[4] H.Ranjbar Asakari, M.Rahimi, A.Negarestani, “The Investigation and Measurement of The Radon Gas Working Level Inside Building in Rafsanjan”, Int.J.Low Radation, Vol. 5, No 2, (2008)

[5] ااسدی، ح،رنجبر عسکری، م،رحیمی «بررسی و اندازه‌گیری غلظت گاز رادون حل شده درون آب‌های زیرزمینی شهرستان رفسنجان»، پانزدهمین کنفرانس فیزیک هسته‌ای ایران، بهمن ماه، 1388 (پذیرفته شده)

اثرات زیست محیطی رادون وسنجش میزان رادون در منابع آبی

علی * داوری [1]، علی اصغر مولوی [2]، حمید طاهری [3]
1- گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد قاینات
2- گروه فیزیک دانشگاه تربیت معلم سبزوار
3- گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قاینات
آدرس: استان خراسان جنوبی شهرستان قاینات دانشگاه آزاد اسلامی واحد قاینات
E-mail: ali_dav55@yahoo.com

چکیده:

در طبیعت بعضی از عناصر هستند واپاشی می‌کنند و انرژی تابشی زیادی تولید می‌کنند که قرار گرفتن در معرض تشعشعات حاصل از فرایند این واپاشی برای انسان بسیار خطرناک و مرگ‌آور می‌باشد. رادون یک عنصر شیمیایی با نماد Rn و عدد اتمی 86 می‌باشد که همه ایزوتوپ‌های آن پرتوزا می‌باشند و مهم‌ترین منبع تشعشعات طبیعی است و تقریباً بیش از نیمی از دز دریافتی از تمام منابع به دلیل وجود رادون است. رادون بعد از سیگار دومین عامل سرطان‌های دستگاه تنفسی و گوارشی می‌باشد و سالانه افراد زیادی در اثر ابتلا به این سرطان‌ها از بین می‌روند. میزان رادون در آب‌های زیرزمین و چشمه‌ها بیشتر از آب‌های جاری است. در این پژوهش میزان دز جذبی مؤثر سالانه ناشی از گاز رادون برای اهالی منطقه قاینات توسط سیستمPRASSI اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد که دز مؤثر سالانه برای این اهالی کمتر از که همان حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکاست، می‌باشد.

کلمات کلیدی : گاز رادون- دز مؤثر سالیانه، دستگاه PRASSI ، منابع آبی قاینات

effective environment of radon and weighing measure of radon in water region

[(1)]Ali Davari, [(2)]Ali Asghare Molavi,[(3)]hamid taheri

1- physic Department Of teacher education Islamic azad university Qaen Branch
2- physic Department Of teacher education university in Sabzavar.
3- mathematic Depatment Of teacher education Islamic azad university Qaen Branch.

Address: Court of South Khorasan City of Qaen Islamic azad university Qaen Branch- Ali Davari.

Abstract

There are some radioactive elements that they decay nuclear radiation which is very dangerous if human body irradiated by them. Radon with atomic mass 86 is one of them, that all of its isotopes are radioactive. It is the main natural source, which more than 50% of absorbed dose is due to radon gas. After cigarette, radon is the second caused of cancers in respiratory and digestion system and many persons have been died due to these cancers annually.Radon concentration in ground waters and springs is more the surface water. In this research, radon concentration in 14 water samples in Ghaenat region has been measured by PRASSI system. Then the annual effective of absorbed dose of radon gas has been

evaluated. Results shown annual effective of absorbed dose of radon is less than the normal level whish advised by Environmental Protection Agency in USA.

Key words: Radon gas; annual effective dose; PRASSI system; water region

1-مقدمه:

در طبیعت بعضی از عناصر هستند که دارای هسته ناپایدارند و خود به خود به اجزاء کوچک‌تر تجزیه می‌شوند و انرژی تابشی زیادی تولید می‌کنند که قرار گرفتن در معرض تشعشعات حاصل از فرایند این واپاشی برای انسان بسیار مضر و مرگ‌آور است. رادون با نماد شیمیایی Rn و عدد اتمی 86 گازی بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌اثر و سنگین است که همه ایزوتوپ‌های آن پرتوزا و طولانی‌ترین نیمه عمر ایزوتوپ آن مربوط به عدد جرمی 222 است که 3/82 روز می‌باشد که پایدارترین ایزوتوپ رادون بوده و بیشترین درصد فراوانی را دارد و از واپاشی سری طبیعی ^{238}U تولید می‌شود، در این واپاشی ذرات آلفا با انرژی 5/4Mev گسیل می‌شوند که تأثیر مستقیم روی بافت‌های بدن انسان داشته و عامل اصلی سرطان‌های دستگاه تنفسی و گوارشی می‌باشند. علاوه بر رادون هسته‌های رادیواکتیوی که در جریان واپاشی تولید شده و دختران رادون نام دارند خود گسیلنده اشعه آلفا بوده که ^{214}Po و ^{218}Po از آن جمله می‌باشند و به دلیل قرار گرفتن در معرض رادون بیش از 90 درصد کل میزان تشعشع دریافتی را باعث می‌شوند. بیشترین دز دریافتی حاصل از استنشاق رادون در محیط‌های سرپوشیده وزیرزمینی می‌باشد. در سال 1900 این عنصر توسط ارنست رادرفورد و فردریچ ارن کشف و در سال 1984 اثرات بیولوژیکی آن توسط یک کارمند راکتور هسته‌ای در پنسیلوانیا مشخص گردید.

مناسب‌ترین روش برای سنجش و ارزیابی پرتوگیری حاصل از رادون و دزیمتری آن، اندازه‌گیری غلظت رادون و محصولات واپاشی آن در هوای استشمام شده درون منازل و در آب‌های شرب و مصرفی می‌باشد.

غلظت رادون اندازه‌گیری شده در خانه به عواملی چون طراحی خانه، وضعیت زمین‌شناختی، شرایط خاک و آب و هوا بستگی دارد. در مناطقی از کشور همچون رامسر که خاک‌ها و سنگ‌ها حاوی مقدار بالایی رادیوم هستند معمولاً آب‌های زیرزمینی موضعی در آنها شامل غلظت بالایی از رادون می‌باشند. خاک‌های سست و شنی مهم‌ترین راه نفوذ رادون به سطح زمین بوده، همچنین این گاز در بعضی سنگ‌ها همچون گرانیت، سنگ‌های غنی از فسفات و سنگ گچ فسفاته به مقدار زیادی تولید می‌شود. بر اساس استاندارد ICRP (کمیته بین المللی حفاظت در برابر اشعه) حد بحرانی غلظت رادون و دختر هسته‌های آن در محیط30 پیکوکوری برلیتر میباشد.. تحقیقات EPA، ماکزیمم حد مجاز غلظت این گاز در محیط 4پیکوکوری برلیتر است. ریسک خطر ابتلا به سرطان ریه در محیطی با این غلظت گاز رادون برای فردی با میانگین طول عمر 74 سال در حدود 0/5 تا 1 درصد است، در مورد

حداکثر دزهای مجاز برای افرادی که دارای مشاغل وابسته به تابش هستند از سوی ICRP استانداردهایی در برابر اشعه در سال 1965 برای اندام‌های بدن به شرح ذیل ارائه شده است.

جدول 1: حد دز مجاز سالانه در افراد

بافت یا اندام	بیشینه دز مجاز سالانه برای افراد بالای 18 سال که پرتوگیری شغلی دارند (برحسب رم)	بیشینه دز سالانه مجاز برای افراد جامعه **(برحسب رم)**
سلولهای لنف مانند و بافت‌های اپیتلیومی، مغز استخوان	5	0/5
پوست، استخوان، تیروئید	30	3
دست‌ها و ساعدها، پاها و مچها	75	7/5
سایر اندام‌ها	15	1/5

2-رادون در آب و خطرات آن

رادون علاوه بر تنفس از راه آب مثل خوردن، آشامیدن و استحمام وارد بدن می‌شود. میزان رادون موجود در آب‌های زیرزمینی و کم‌تحرک، به‌ویژه در چاه‌های عمیق بیشتر است. در ایالات متحده آمریکا میزان فوت ناشی از سرطان به‌واسطه رادون موجود در آب شرب را سالانه روی‌هم رفته 180نفر تخمین زده‌اند، همچنین حدود90% از فوت‌های صورت گرفته از سرطان دستگاه تنفس مربوط به رادون موجود در هوای آزاد است که با تنفس وارد ریه‌ها می‌شود[6].

رادون موجود در آب‌ها به دو طریق وارد بدن می‌شود:

1- از طریق آشامیدن و خوردن
2- بخشی از رادون موجود در آب در فضای خانه‌ها و آشپزخانه‌ها و ... رها شده و در اثر تنفس وارد بدن می‌شود.

میزان رادون در آب‌های زیرزمینی و چشمه‌ها بیشتر از آب‌های جاری است. اما اگر آب در معرض هوا قرار گیرد؛ بالاخص وقتی هم‌بخورد، رادون موجود در آب به مقدار زیادی ازآن خارج می‌شود.

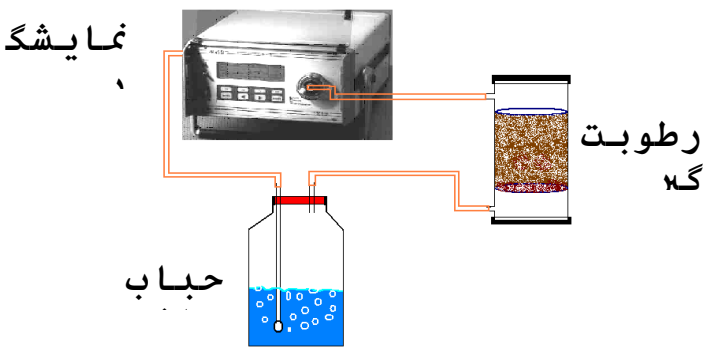
۳- اندازه‌گیری رادون در نمونه‌های آب

3-1 نمونه‌برداری

با توجه به اینکه میزان رادون در آب چشمه‌ها و چاه‌های عمیق مخصوصاً درآب سفره‌های زیرزمینی بیشتر است وهر چه آب هم بخورد یا غلط بخورد میزان رادون موجود درآن کاهش می‌یابد؛ بنابراین ما نمونه‌های آب را از ورودی چشمه‌ها و از پایین‌ترین عمق آب در فاصله 25 سانتی‌متری از سطح آزاد آب در شرایط فشار معکوس جمع‌آوری کرده و در حداقل زمان ممکن با سرد نگه‌داشتن آن به محل اندازه‌گیری انتقال دادیم.

3-2 سیستم PRASSI آزمایشگاه و اندازه‌گیری رادون

در این تحقیق از سیستم PRASSI مدل 5S برای تعیین غلظت گاز رادون در آب استفاده شده است. این سیستم ویژگی‌های خاص و فوق‌العاده‌ای برای تعیین غلظت رادون در آب و هوا دارد که دارای حساسیت بالا، ظرفیت بالای حافظه، زمان کوتاه پاسخ و صفحه نمایش بزرگ LCD است که قادر به نشان‌دادن نمودار تراکم رادون می‌باشد.این دستگاه دارای آشکارسازی از نوع سلول‌های سوسوزن(Ag) Zns به حجم $1830\ cm^3$ است، و برای نوعی از اندازه گیری که باید در چرخه بسته صورت گیرد، مناسب می‌باشد. چرخه پمپ PRASSI با سرعت ثابت سه لیتر در هر دقیقه به‌منظور حباب سازی در نمونه آب عمل می‌کند. در شکل 1 طرح-واره اندازه‌گیری رادون در نمونه آب با دستگاه نشان داده شده است.



شکل 1: دستگاه PRASSI مدل 5S و اتصلات آن

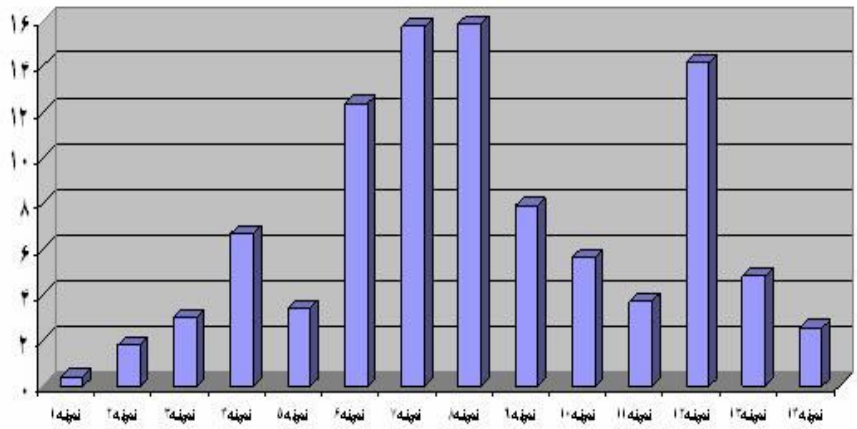
۴- بحث و نتایج

دراین پژوهش غلظت گاز رادون و دز موثر سالیانه در14 نمونه از آب‌های منطقه قاین اندازه‌گیری شده است. در جدول شماره 1 میزان تراکم گاز رادون در هر نمونه بر حسب بکرل بر لیتر درج شده است،

همچنین در شکل شماره 2 نمودار هیستوگرام غلظت گاز رادون موجود در نمونه‌های مختلف رسم شده است، نتایج نشان می‌دهد که میزان رادون در چهار نمونه آب بیشتر از10 بکرل بر لیتر می‌باشد.

جدول 1: نتایج اندازه گیری میزان تراکم گاز رادون موجود درنمونه های آب منطقه قاینات.

شماره نمونه	میزان رادون $(\frac{Bq}{L})$
نمونه1	0/400 ± 0/004
نمونه2	1/774 ± 0/004
نمونه3	3/024 ± 0/004
نمونه4	6/647 ± 0/004
نمونه5	3/413 ± 0/004
نمونه6	12/336 ± 0/004
نمونه7	15/727 ± 0/004
نمونه8	15/875 ± 0/004
نمونه9	7/904 ± 0/004
نمونه10	5/611 ± 0/004
نمونه11	3/718 ± 0/004
نمونه12	14/169 ± 0/004
نمونه13	4/804 ± 0/004
نمونه14	2/553 ± 0/004



شکل2: نمودار هیستوگرام گاز رادون موجود در نمونه‌های آب منطقه قاینات

به‌منظور محاسبه دُز جذبی مؤثر سالیانه، فرض می‌کنیم هر ساکن منطقه قائنات روزانه 2/5 لیتر آب مصرف کند. با استفاده از نتایج به‌دست آمده در بررسی میزان تراکم گاز رادون آب شهر جده و نیز جدول شماره 1 و محاسبه مربوط به دز مؤثر معده و ریه ضریب تبدیل مربوط به معده 2/628 و ضریب تبدیل مربوط به به ریه 2/79 محاسبه گردید[7]. با به‌کار بردن این ضرایب دز مؤثر موجود در نمونه‌های آب منطقه قاینات را مطابق جدول شماره 2 محاسبه می‌کنیم.

جدول2: دُز جذبی مؤثر سالیانه ناشی از رادون.

شماره نمونه‌ها	میزان رادون $\frac{Bq}{L}$	دُزمؤثر سالیانه		
		معده(بلعیدن)	ریه(استنشاق)	تمام بدن
نمونه1	0/400	1/051	1/116	2/167
نمونه2	1/774	4/662	4/949	9/611
نمونه3	3/024	7/947	8/436	16/383
نمونه4	6/647	17/468	18/545	36/013
نمونه5	3/413	8/969	9/522	18/491
نمونه6	12/336	32/419	34/417	66/83
نمونه7	15/727	41/330	43/878	85/208
نمونه8	15/875	41/719	44/291	86/01
نمونه9	7/904	20/771	22/052	42/823
نمونه10	5/611	14/745	15/654	30/399
نمونه11	3/718	9/770	10/373	20/146
نمونه12	14/169	37/236	39/511	76/747
نمونه13	2/553	6/709	7/122	13/831

۵ -نتیجه‌گیری

باتوجه به این‌که حدود 50% پرتوگیری طبیعی افراد ناشی از گاز رادون است، که یکی از علل اصلی مرگ سالانه افراد به‌علت ایجاد سرطان‌های دستگاه تنفسی و گوارشی است، و باتوجه به این‌که بیشترین درصد رادون از طریق آشامیدن آب و تنفس کردن به‌ویژه موقع استحمام کردن و ... وارد بدن انسان می‌شود، دزیمتری حاصل از گاز رادون در آب‌های منطقه انجام شده است.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تراکم گاز رادون در چهار نمونه از منابع آب مورد استفاده مردم، بیشتر از حد تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست امریکا، بکرل بر لیتر می‌باشد (نمونه-های شماره 6، 7، 8 و12)؛ ولی مقدار آن‌ها خیلی بالا نیست و خطر جدی از نظر رادون موجود در آب مردم منطقه را تهدید نمی‌کند. و از لحاظ دز موثر سالانه ناشی از گاز رادون خطری مردم منطقه را تهدید نمی‌کند. لذا به‌خاطر توجه بیشتر به سلامت عمومی جامعه و کاهش خطرات ناشی پیشنهاد می

شود که آب‌های قابل شرب مدتی در استخرهای روباز نگهداری شده و یا حداقل از آبشارها برای هم خوردن آب جهت خروج گاز رادون عبور داده شود.

6- منابع

theWater of the Radon Activity Concentrution in the Ground and its Corrclation whit "- Mturk et al.,1 soil," App.Radiat.lsot. 47 (1996)377-381.

- P. Korhonen et al., "Behaviour of Radon Progenies and Particle levels during Room Depressurization 2 Atomospheric Environment, 34 (2000)2373-2378.

3- M. Turk et al., Radon activity concentration in the ground and its correlation with the water content of the soil, App. Radiat. Isot. 47(1996) 377-381.

4-RedusingRadon Risk, EPA Doucument # 520/1-89-027, Sept. 2002.

5- R. Halonen et al.,"Indoor radon Concentrations caused by Constration Materials in 23 Work Places," the Sciencc of the Total Environment 272 (2001)143-145.

Measurement of Alpha Radiactiveity in Arsenic Contaminated tube well Drinking "6- D. Ghosh et al., , Radiaction Measurement,38 (2004)19-22."Water Using CR-39 Dector

زمین شناسی رادون و نحوه حذف آن

علی داوری [*1]، علی رضا بینش[2]، محمد رضا محمدی[3]

1- گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد قاینات

2- گروه فیزیک دانشگاه پیام نور فریمان

3- گروه فیزیک دانشگاه سیستان و بلوچستان

آدرس: استان خراسان جنوبی شهرستان قاینات دانشگاه آزاد اسلامی واحد قاینات

E-mail: ali_dav55@yahoo.com

چکیده

خطرات زیست محیطی رادون در سال‌های اخیر باعث شده است، تجدید نظرهایی در ساخت و احداث بناه‌های جدید صورت گیرد تا میزان خطرات ناشی از رادون به‌حداقل برسد. طراحی ساختمان، محل احدات ساختمان، نوع خاک، زمین شناسی منطقه، جنس سنگ‌ها در محل احداث، نوع مصالح به‌کار رفته در ساخت، حجم موثر ساختمان، موقعیت طبقه‌ها نسبت به سطح زمین و شرایط ژئو فیزیکی زمین از جمله عوامل حائز اهمیت در کاهش غلظت رادون در منازل می‌باشند.

تحقیقات نشان می‌دهد میزان خروج رادون از سیمان هیدراته حدود 20 مرتبه بیشتر از سیمان غیر هیدراته است؛ از طرفی نسبت ماسه به‌کار رفته در نمونه‌های سیمان Ra^{226} بر میزان خروج رادون خارج شده تاثیرگذار است. مهم‌ترین روش‌ها جهت کاهش رادون در منازل عبارتند از: عایق بندی مناسب ساختمان، تهویه مناسب، نصب سیستم های ASDS و DSDS و استفاده از لوله‌های PVC و ABC.

واژگان کلیدی : *رادون، محیط زیست، طراحی ساختمان.*

1- مقدمه

خطرات زیست محیطی رادون در سال‌های اخیر باعث شده است تجدید نظرهایی در ساخت و احداث بناه‌های جدید صورت گیرد تا میزان خطرات ناشی از رادون به‌حداقل برسد. مشکل آلودگی رادون در منازل زمانی احساس شد که استنلی واترس مهندسی که در یک نیروگاه هسته‌ای در پنسیلوانیا کار می‌کرد به کمک ردیاب پرتوها که در بازگشت به خانه همراه خود آورده بود، متوجه وجود پرتوهایی در خانه‌اش شد. منزل واترس آلوده به رادون بود و میزان آن به 100/000بکرل بر لیتر در فضای خانه‌اش می‌رسید. با وجودی که رادون مشکل تمام منازل اعم از خانه‌های قدیمی و جدید یا خانه‌های عایق‌بندی‌شده، خانه‌های دارای زیرزمین و بدون زیرزمین و رطوبتی است، ولیکن غلظت رادون داخلی در همه آنها یکسان نیست.

طراحی ساختمان، محل احدات ساختمان، نوع خاک، زمین شناسی منطقه، جنس سنگ‌ها در محل احداث، نوع مصالح به‌کاررفته در ساخت، حجم موثر ساختمان، موقعیت طبقه‌ها نسبت به سطح زمین و شرایط ژئوفیزیکی زمین از جمله عوامل حائز اهمیت در کاهش غلظت رادون در منازل می‌باشند. آزمایش‌ها بر روی نمونه‌های مصالح ساختمانی حاکی از آن است که با افزایش رطوبت خروج رادون تا

میزان معینی افزایش می‌یابد و هنگامی که رطوبت نسبی خاک از 5% به 55% می‌رسد روانی رادون وسایر گازهای رادیواکتیو به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. قسمت اعظم رادونی که به فضای خانه‌ها نشست می‌کند معمولاً از یک متری خاکی که در زیر و اطراف پایه‌های ساختمانی قرار می‌گیرد ناشی می‌شود. در تحقیقی که توسط M.I Al-Jarallah و همکارانش در سال 2005 بر روی مصالح ساختمانی در ساختمان‌های عربستان صعودی انجام گرفت، میزان رادون خارج شده در 205 نمونه گزینش شده از مصالح ساختمانی به کار برده شده اندازه‌گیری شد. پس از این اندازه‌گیری‌ها سنگ-های گرانیتی به عنوان منبع اصلی رادون شناخته شد. همچنین طی یک تحقیق انجام شده توسط W Arafa و همکارانش در سال 2004 در قاهره متوسط غلظت رادون در دو منطقه متفاوت با خاک متفاوت به کمک زغال چوب فعال و کنترل کننده فعال AB-5 اندازه‌گیری شد، نتایج این تحقیق نیز نشان داد که متوسط غلظت رادون در خانه‌های ساخته شده از خاک و سنگ آهکی بیشتر از میزان آن در خانه‌های ساخته شده با خاک رس بود.همچنین داده‌های کنترل کننده فعال چنین نشان داد که میزان غلظت رادون در طول شب افزایش و در طول روز کاهش یافته است. خاک فسفاته ماده‌ی اولیه‌ای برای تولید تمامی محصولات فسفاته و منبع اصلی فسفر برای تهیه‌ی کودهای شیمیایی به‌شمار می‌آید. این خاک می‌تواند منشا رسوبی آتشفشانی یا بیولوژیکی داشته باشد. در سنگ معدن فسفات غلظت اورانیوم - 238 و محصولات زنجیره‌ی واپاشی آن عموماً با یکدیگر در تعادل پرتوزای پایدار هستند. استخراج فرآوری خاک فسفاته، مصرف کودهای فسفاته، استفاده از محصولات جانبی و سیمان‌ها و در نتیجه راه‌یابی رادیونوکلوئیدهای زنجیره واپاشی اورانیوم- 238 به محیط زیست موجبات پرتوگیری افراد جامعه را فراهم می‌سازد. معمولا در خانه‌هایی که روی زمین‌های بازسازی شده‌ی قدیمی بنا شده‌اند، تجمع گازهای رادیواکتیو بیشتری دیده شده است؛ اما می‌توان با نصب دستگاه‌های تهویه مناسب این مشکل را مرتفع ساخت.

2-پرتوگیری از مصالح ساختمانی

به‌طورکلی مواد بیولوژیکی نسبت به اشعه و یونیزاسیون حساس بوده و آسیب می‌بینند، اگر چه انسان‌ها اغلب بر این باورند که پرتوگیری از منابع مصنوعی پرتوزا، زیان‌آور و خطرناک است. لیکن انسان‌ها به‌طور عمده در معرض تشعشعات یونیزاسیون قرار دارند، زیرا اشعه‌سازی و تولید اشعه از عناصر موجود در سنگ‌ها،خاک، آب و هوا و نیز هسته‌های طبیعی موجود در بدن صورت می‌گیرد. منابع طبیعی پرتوزا عامل اصلی در پرتوگیری بشر و موجودات زنده محسوب می‌شوند و به‌طور مستمر بر بافت‌های بدن انسان تاثیر گذاشته و بسته به غلظت هسته‌های پرتوزا و نحوه‌ی به‌کارگیری آن‌ها زیان‌هایی را به دنبال دارند در سال‌های اخیر نگرانی در خصوص تابش‌های طبیعی به‌ویژه گاز رادیواکتیو فزونی گرفته و این نیازمند اطلاعات و آگاهی‌های بشر از اثرات بیماری‌زایی این تابش به

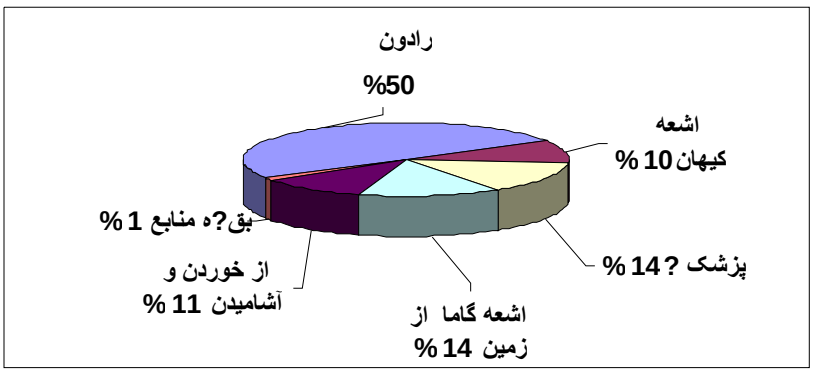
خصوص سرطان ریه می‌باشد. در جدول 1 تاثیرات مقدار رادون بـر بـدن و خطـرات ناشـی از آن درج شده است.

جدول 1تاثیرات مقدار رادون بر بدن و خطرات ناشی از استشمام آن

مقادیر (REM)	تاثیرات
0-25	از بین رفتن گلبول‌های سفید خون
25-100	معده‌درد، خونریزی معده، خستگی مفرط
100-200	معده درد، خستگی مفرط، کاهش گلبول‌های سفید احتمالی
200-400	عدم مراجعه به پزشک، مرگ حتمی، نازک شدن استخوان‌ها، سرطان خون
«400	حتی با انجام کارهای پزشکی مرگ حتمی است

3- اثرات مخرب رادون

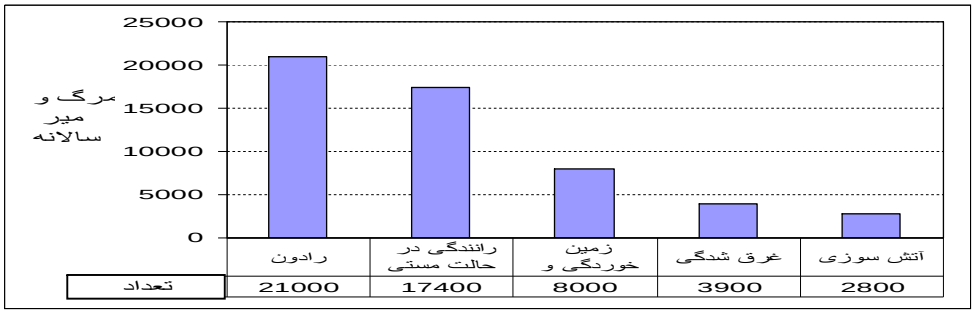
رادون موجود در هوا که خود یک گسیلنده‌ی آلفا می‌باشند، از طریق تنفس وارد مجاری تنفسی شده و به خاطر نیم عمر کوتاه سریعاً واپاشیده می‌شوند؛ علاوه بر آلفاهای رادون ، دختر هسته‌های بعدی زنجیره واپاشی به صورت رسوب در غشاء داخلی مجاری تنفسی باقی مانده و دُز جذبی بدن را به شدت افزایش می‌دهند. حدود 50% پرتوگیری طبیعی افراد ناشی ازاین گازها است (شکل 1) ؛ که سالانه افراد زیادی در اثر ابتلا به سرطانهای دستگاه تنفسی، که مهمترین آنها سرطان ریه است، از بین می رود. فقط در ایالات متحده سالانه این رقم حدود 21000نفر در سال است.



شکل 1 : درصد پرتو گیری افراد از رادون

در شکل 2 نمودار هیستوگرام مرگ و میرسـالانه در ایـالات متحـده امریکـا ناشـی از رادون ، حوادث رانندگی در اثر مشروب خوری، زمین خوردگی و سقوط، غـرق شـدگی، و آتـش سـوزی نشـان

داده شده است. دیده می‌شود که تلفات ناشی ازاین گازها به تنهایی چندین برابر حوادثی نظیر، زمین خوردگی و سقوط، غرق شدگی، و آتش سوزی است. اما چون اطلاع افراد از این عامل سرطان زا اندک است؛ در جوامعی نظیر ایران کمتر به آن توجه شده است.



شکل2: مقایسه مرگ سالانه در امریکا ناشی از رادون، تصادفات در اثر مشروب خوری، زمین‌خوردگی، سقوط، غرق شدگی، آتش سوزی.

4- عایق بندی بیش از حد ساختمان و عدم خروج رادون

عایق‌بندی بیش از حد ساختمان باعث می‌شود تا اگر مواد سمی و خطرناک به‌نوعی وارد ساختمان شود، دیگر نتواند خارج شده و در خانه محبوس بماند؛ و در نتیجه به‌تدریج غلظت این مواد در فضای خانه افزایش یابد. وقتی یک گاز رادیواکتیو درهوای آزاد قرار می‌گیرد، غلظت آن خیلی کم است اما وقتی در یک ساختمان محبوس باشد، سطح رادیواکتیویته آن افزایش می‌یابد .خانه‌هایی که تهویه‌ی مناسب ندارند، میزان گازهای رادیواکتیو آن‌ها حتی بالاتر از سطحی است که در معادن اورانیوم یافت می‌شود . اورانیوم و توریم به عنوان مهمترین منابع تولید این گازها در اکثر سنگ‌ها و خاک‌هایی که مواد ساختمانی از آن‌ها ساخته می‌شوند، وجود دارند؛ نظیر آهک وگچ، لذا این گازها از مصالح ساختمانی می‌توانند به داخل آب‌های زیرزمینی نشت کنند و سپس به‌وسیله‌ی لوله‌کشی دوباره به ساختمان راه یابند. میزان رادون که از طریق سنگ‌ها و خاک وارد خانه‌ها می‌شود، بستگی به زمین‌شناسی منطقه دارد. از جمله این مواد سمی دود و منواکسید کربن (حاصل از اجاق‌های خوراک‌پزی، سیستم گرماساز و وسایل گرماساز)، انواع ترکیبات فرار آنی (نظیر رنگ، محلول‌های شوینده و حلال‌های بدبو)، به‌ویژه، رادون می‌باشد. لذا هنگام ساخت خانه‌ها باید به این دو عامل بیشتر توجه شود:

1-عایق‌بندی مناسب به‌منظور جلوگیری از اتلاف انرژی

2-تهویه مناسب هوا بدون از دست دادن حرارت آن به‌طور کلی ساختمان‌های بیش از حد عایق‌بندی‌شده امروزی نسبت به ساختمان‌های قدیمی بادگیر در معرض خطر بیشتر این گازها

قراردارند. در شکل شماره 3 نحوه ی عایق بندی و تهویه مناسب برای منازل جهت خروج گاز رادون نشان داده شده است.

شکل 3 : نحوه ی عایق بندی و تهویه مناسب برای منازل جهت خروج رادون

5- مهمترین روش‌های کاهش رادون در منازل درهنگام ساخت

1- نصب لایه‌ی نفوذپذیر زیر کف ساختمان: این لایه مشتمل بر سنگ‌ریزه‌های تمیز به عمق حدود 10 cm می‌باشد که اجازه می‌دهد گاز متصاعد شده از خاک به‌راحتی به بالای لایه مذکور برسدوخارج گردد.

2- نصب ورق پلاستیکی: این ورق روی لایه نفوذپذیر و زیر کف قرارگرفته تا از نفوذ گاز به ساختمان جلوگیری نماید.

3- عایق نمودن : تمامی درزها و بازشدگی‌های فونداسیون بتنی و کف، به‌طور مناسب عایق‌بندی شود.

4- نصب سیستم ایجاد کننده خلاء نسبی. در این سیستم‌ها جهت نصب لوله ونت موارد زیر را باید مد نظر قرار داد:

* حتی‌المقدور لوله ونت را از جاه‌های گرم منزل عبور داد تا خاصیت دودکشی به تخلیه گاز کمک نماید.

* در مسیر لوله ونت حداقل زانویی را به‌کار برد و در صورت اجبار از زانوی 45 درجه استفاده کرد.

* حتی‌المقدور لوله ونت را از دیوارهای داخلی عبور داد. عبور لوله از دیوارهای جانبی، در زمستان کارآیی سیستم را کاهش می‌دهد.

* برای لوله ونت می‌توان از لوله‌های PVC یا ABS استفاده نمود. در صورت استفاده از یک نوع لوله، کل لوله‌کشی ساختمان را باید با همان نوع انجام داد.

* خروجی لوله ونت حداقل 3 متر از هر بازشدگی و پنجره‌ها فاصله داشته باشد.

* در صورتی که راه عبور لوله ونت با مسیر دودکش یکی است، خروجی لوله حداقل3 متردورتر از خروجی دودکش باشد.

* سایز لوله ونت از 3 اینچ کمتر نباشد. تجربه نشان داده است که سایز 4 اینچ بسیار مناسب‌تر است.

* لوله ونت در هر 2 متر طول و هر 2/5 متر ارتفاع با بست مناسب محکم گردد.
* جهت جلوگیری از آشیانه‌سازی پرندگان، روی خروجی از مش 5 در 5 میلیمتر استفاده شود.
* در خروجی از کلاهک‌های متداول باران استفاده نشود. در فصول بارانی می‌توان از کلاهک استفاده نمود.

جهت نصب فن در ساختمان نیز رعایت موارد زیر الزامی است:

* فن نباید داخل فضاهای مسکونی خانه نصب شود.
* فن نباید زیر کف کاذب نصب شود.
* فن‌ها برای نصب نیاز به حدود 80 cm لوله قائم دارند.

نتیجه گیری

با توجه به خطرات ناشی از رادون که از طریق مصالح ساختمانی ، نوع خاک ، زمین شناسی منطقه ، تهویه نامناسب و عایق‌بندی نامناسب ساختمان وارد منازل می شود که یکی از عوامل اصلی سرطانهای دستگاه تنفسی و گوارشی است و آمار مرگ و میر سالیانه ناشی از آن زیاد می باشد. لازم است در ساخت منازل و نحوه استفاده از مصالح ساختمانی و زمین شناسی منطقه توسط مهندسان و سازندگان بناه‌ها توجه بیشتری صورت گیرد.

منابع

1- Radon Activity Concentrution in the Ground and its Corrclation whit "- Mturk et al., theWater of the soil," App.Radiat.lsot. 47 (1996)377-381.

2- P. Korhonen et al., "Behaviour of Radon Progenies and Particle levels during Room Depressurization Atomospheric Environment, 34 (2000)2373-2378.

3- M. Turk et al., Radon activity concentration in the ground and its correlation with the water content of the soil, App. Radiat. Isot. 47(1996) 377-381.

4-RedusingRadon Risk, EPA Doucument # 520/1-89-027, Sept. 2002.

5- R. Halonen et al.,"Indoor radon Concentrations caused by Constration Materials in 23 Work Places," the Sciencc of the Total Environment 272 (2001)143-145.

Measurement of Alpha Radiactiveity in Arsenic Contaminated tube well "6- D. Ghosh et al., , Radiaction Measurement,38 (2004)19-22."Drinking Water Using CR-39 Dector

. Radon geology and methods for its reduction

[1]Ali Davari, [2]Ali AsghareMolavi,[3]mohammad reza mohammadi

1- physic Department Of teacher education Islamic azad university Qaen Branch
2- physic Department Of teacher education university in Sabzavar.
3- physic Depatment Of teacher education university in zahedan

Address: Court of South Khorasan City of Qaen Islamic azad university Qaen Branch- Ali Davari.

Radon environmental hazards in recent years have caused a reevaluation of new building construction to limit the related risks.
Important factors that can reduce the Radon density in buildings include building design, location of building, type of soil, regional geological aspects, type of stone, type of materials used, size of the building, location of the floor with respect to ground, and geophysics' conditions.
Research shows that hydrogenised cement releases 20 times more Radon than non-hydrogenised cement. In addition, the ratio of gravel in the cement affects the release of Radon in sample cement ^{226} Ra.
Important methods of reducing Radon in building include proper insulation of the building, proper HVAC, installation of ASDS, DSDS systems and utilization of PVC AND ABC pipes.
Key words: Radon, geology, building design,

صنعت فسفات و مشکل رادون

پروفسور فتحی حبشی
بخش مهندسی معدن، متالورژی و مواد دانشگاه لاوال، کبک، کانادا.
Fathi.Habashi@arul.ulaval.ca
*ترجمه توسط علی انتظاری**
دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده صنعتی و معدنی زرند، بخش مهندسی معدن.
Alen.9185@gmail.com

چکیده
مشکل رادون تولیدی در طی عمل‌آوری سنگ فسفاته بوسیله اسید سولفوریک برای تولید کود را می‌توان با استفاده از اسید نیتریک حل نمود. در این حالت رادیوم که منبع رادون است، وارد محلول شده و می‌توان با روشی کنترل‌شده آن را ترسیب داده و به‌صورتی ایمن خارج نمود. پیشنهاداتی چند نیز مطرح شده است.

واژگان کلیدی
سنگ فسفات، اورانیوم، رادون، اسید سولفوریک، اسید نیتریک.

PHOSPHATE INDUSTRY AND THE RADON PROBLEM

Fathi Habashi
Department of Mining, Metallurgical & Materials Engineering
Laval University, Quebec City, Canada G1V 0A6
E-mail: Fathi.Habashi@arul.ulaval.ca
Translated by Ali Entezari*
Department of Mining Engineering, Mining and Industry Collage of Zarand
Shahid Bahonar University of Kerman
E-mail: Alen.9185@gmail.com

Abstract
The problem of radon generated during the treatment of phosphate rock by sulfuric acid to produce fertilizers can be solved by using nitric acid. In this case radium, which is the source of radon, goes into solution and can be precipitated by a controlled method and safely disposed of. A variety of options are discussed.

مقدمه

سنگ فسفاته منبع اصلی فسفر در طبیعت است و عمدتاً به شکل هیدروکسی، $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$، فلئورآپاتیت، $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ یا مخلوطی از هر دو دیده می‌شود. سالانه حدود 100 میلیون تن سنگ مورد عمل‌آوری قرار می‌گیرد که عمده‌ی آن برای تولید کودها و قسمت کوچکی از آن برای صنایع غذایی و پاک‌کننده‌ها به‌کار برده می‌شود. سنگ فسفاته بر دو نوع است [1-2]:

- رسوبی. حدود 90% منابع دنیا را در بر می‌گیرد و وجه مشخصه‌ی آن حضور 100ppm اورانیوم و مقدار اندکی از دیگر خاک‌های نادر است. مثال‌هایی از این نوع را می‌توان در فلوریدا، شمال آفریقا و خاورمیانه یافت.
- *آذرین*. 10% باقی‌مانده منابع دنیا از این نوع‌اند و حاوی 1 تا 2% خاک‌های نادر و مقدار قابل چشم‌پوشی اورانیوم اند. این نوع را می‌توان در کولای پنسیلوانیا و استان میناس گریاس برزیل یافت.

درحال حاظر، صنعت کود فسفاته عمدتاً بر پایه استفاده از اسید سولفوریک است. سنگ با اسید سولفوریک واکنش می‌دهد تا اسید فسفریک و ژیپس تولید و سپس ژیپس فیلتر و حذف می‌شود. مشکلات این تکنولوژی به شرح زیر اند:

- تولید مقادیر زیاد ژیپس رادیواکتیو که بیانگر مشکلات زیست محیطی و دفع آن است. درحالی‌که اورانیوم موجود در سنگ به محلول اسید فسفریک وارد می‌شود، رادیوم در ژیپس رسوب کرده و آن را رادیواکتیو می‌سازد. رادیواکتیویته ژیپس بعلت محتوای رادیوم آن است که واپاشی نموده و گاز رادیواکتیو رادون را تولید می‌کند که خود با واپاشی مجدد پولونیوم رادیواکتیو جامد را می‌سازد (شکل1).
- استفاده از رآکتورهای گران برای اسیدی کردن، که نیازمند جایگزینی مداوم تیغه‌های همزن خورده‌شده است.
- مشکل کار با حجم زیاد مواد و هدررفت مقادیری از P_2O_5 باارزش در مدار.

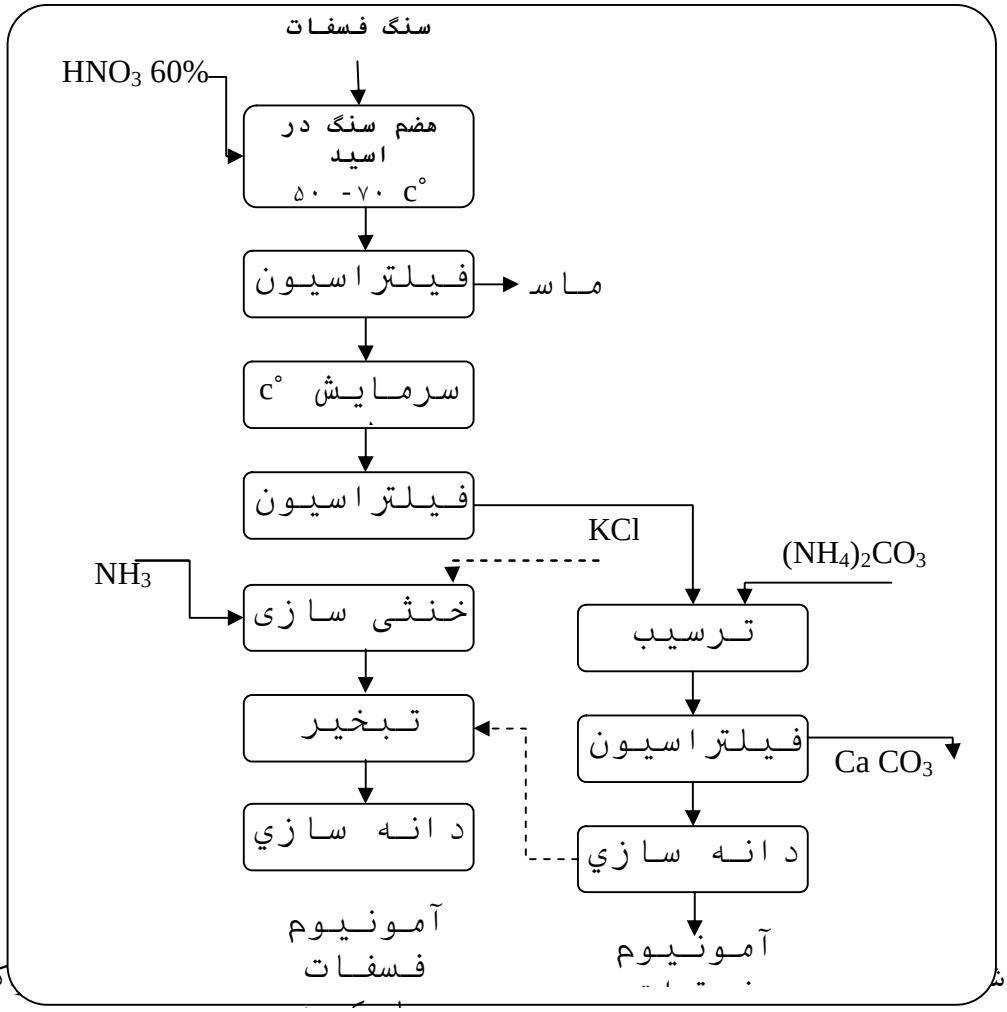
در برخی کشورهای اروپایی مثل نروژ و آلمان این مشکلات با استفاده از اسید نیتریک برای تولید اسید فسفریک، طبق رابطه زیر، حل شده است:

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 20\ HNO_3 \rightarrow 6\ H_3PO_4 + 10\ Ca(NO_3)_2 + 2\ HF$$

پس از تبلور بخشی از نیترات کلسیم محلول با آمونیاک وارد عمل شده کود فسفات آمونیوم تولید می‌گردد (شکل 2):

$$Ca(NO_3)_2 + 2H_3PO_4 + 3\ NH_3 \rightarrow 2\ NH_4NO_3 + CaHPO_4 + NH_4.H_2PO_4$$

type of radiation	nuclide	half-life
	uranium—238	4.5×10^{9} years
α	thorium—234	24.5 days
β	protactinium—234	1.14 minutes
β	uranium—234	2.33×10^{5} years
α	thorium—230	8.3×10^{4} years
α	radium—226	1590 years
α	radon—222	3.825 days
α	polonium—218	3.05 minutes
α	lead—214	26.8 minutes
β	bismuth—214	19.7 minutes
β	polonium—214	1.5×10^{-4} seconds
α	lead—210	22 years
β	bismuth—210	5 days
β	polonium—210	140 days
α	lead—206	stable



شکل 2- فرآیند اسیدنیتریک برای عمل آوری سنگ فسفاته.

تحت ش کنش

می‌دهد و اسید فلئوروسیلیسیک تولید می گردد:

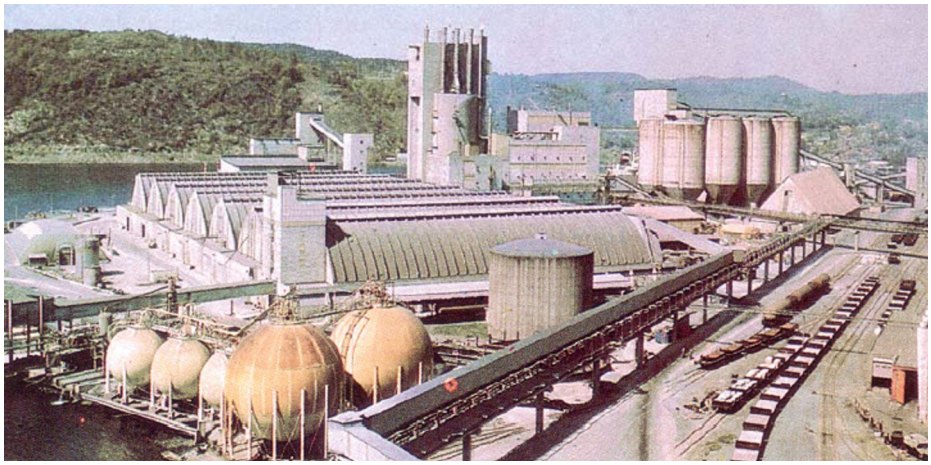
$$6HF + SiO_2 \text{ -}$$

که می‌توان آن را از محلول بوسیله نیترات سدیم رسوب داد تا هگزافلئوروسیلیکات سدیم شکل گیرد [4]:

$$H_2SiF_6 + 2Na^+ \rightarrow Na_2SiF_6 + 2H^+$$

شکل 3 - نمای عمومی مجتمع شیمیایی نورسک-هایدرو، در نزدیکی اسلو، نروژ.

با اعمال تکنیک‌های هیدرومتالورژیکی برای فرآوری فسفات می‌توان این تکنولوژی را بهبود بخشید. برای مثال، با استفاده از لیچینگ درجا، لیچینگ توده‌ای و وَت لیچینگ می‌توان مشکل رآکتور را حل



شکل 4 - کارخانه کود نیتروفسفات نروسک-هایدرو در نروژ.

نمود؛ اما در این حالت بایستی از اسید نیتریک به جای اسید سولفوریک استفاده گردد [5-8]. اسید نیتریک خیلی گرانتر است اما مشکلات دفع ناشی از تولید ژیپس را رفع می‌کند. غلظت اسید می‌بایست 20% HNO_3 باشد تا محلول لیچ به صورت فسفات مونوکلسیم و نیترات کلسیم درآید:

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 14\ HNO_3 \rightarrow 3\ Ca(H_2PO_4)_2 + 7\ Ca(NO_3)_2 + 2HF$$

رادیوم را می‌توان قبل از هرگونه عملیات دیگری از محلول خارج ساخت [9]. محلول لیچ فسفات مونوکلسیم را می‌توان با روش‌های گوناگونی مورد فرآوری قرار دارد تا محصولی حاوی 40% P_2O_5، تولید شود که نامحلول در آب و قابل حل در اسید سیتریک است.

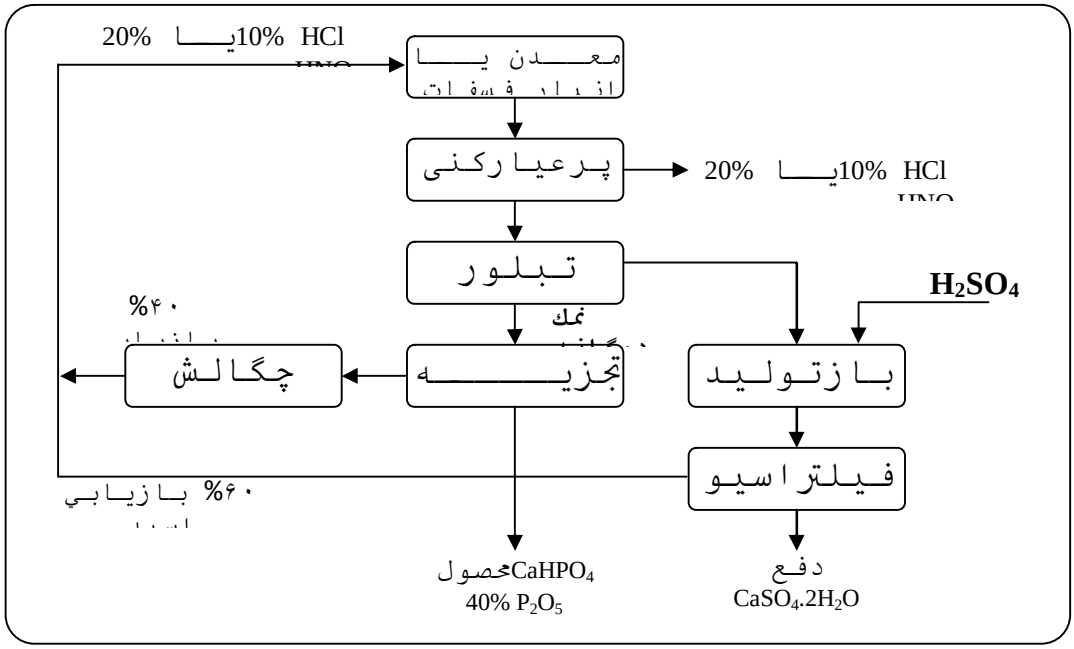
تبخیر و تجزیه جهت تولید فسفات دی‌کلسیم پیشنهاد شده که در مقالات پیشین نیز بیان گردیده است (شکل 5).

اضافه کردن سنگ آهک برای رسوب دادن فسفات دی‌کلسیم بسیار ریزدانه (شکل 6).

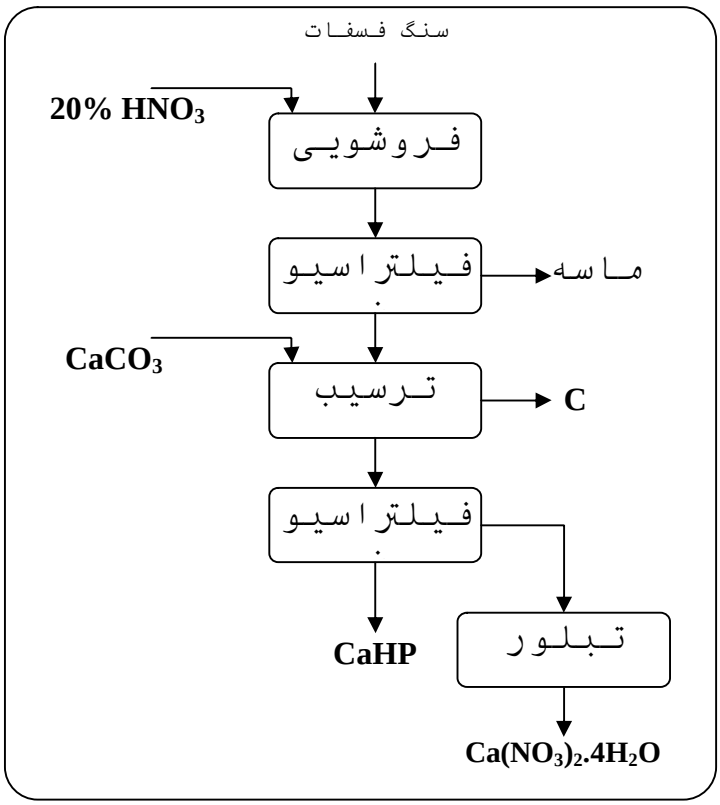
$$Ca(H_2PO_4)_2 + CaCO_3 \rightarrow 2\ Ca\ HPO_4 + CO_2 + H_2O$$

با تبخیر تحت خلاء دوغاب، بجای فیلترکردن فسفات دی‌کلسیم در فرآیند قبلی، مخلوط فسفات دی‌کلسیم و کود نیترات کلسیم بدست می‌آید. در این تکنولوژی اسید نیتریک کمتری در مقایسه با فرآیند نیتروفسفات مصرف می‌شود.

فسفات دی‌کلسیم تولیدی در طی این فرآیندها، کودی عالی و مقوی است که می‌توان آن را با دیگر کودهای نیتروژن‌دار مخلوط نمود. همچنین می‌توان از آن به عنوان غذای حیوانات هم استفاده کرد.



شکل 5 - تولید فسفات دی‌کلسیم از تبخیر محلول فسفلت مونوکلسیم.



شکل 6 - تولید فسفات دی‌کلسیم با استفاده از تکنیک‌های هیدرومتالورژیکی.

منابع

1. F. Habashi, “The Radioactivity in Phosphate Rock,” Econ. Geol. 61, 402–405 (1966).
2. F. Habashi, “The Recovery of Uranium from Phosphate Rock. Progress and Problems,” Proceedings Intern. Congress on Phosphorus Compounds, pp. 629–660, Institut mondial du phosphate, Paris, 1980 (Publ. 1981).
3. F. Habashi, “Trends in Fertilizer Technology and Its Impact on the Environment”, Materials & Society 9 (3), 393-409 (1985)
4. F. Habashi and F.T. Awadalla, “The Removal of Fluorine from Wet Process Phosphoric Acid”, Separation Sci. & Tech. 18 (5), 485-491 (1983)
5. F. Habashi and F.T. Awadalla, “In-situ and Dump Leaching of Phosphate Rock”, I & EC Research 27, 2165-69 (1988)
6. F. Habashi, “In-situ and Dump Leaching Technology: Application to Phosphate Rock”, Fertilizer Research 18, 275-279 (1989)
7. F. Habashi, “In-situ, Dump, and Vat Leaching of Phosphate Rock”, pp. 513-517 in Process Intensification Symposium, editors: C.A. Pickles et al., Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum, Montreal 1996
8. F. Habashi, “Phosphate Fertilizer Industry Processing Technology,” Ind. Minerals 318, 65–69 (1994).
9. F. T. Awadalla, F. Habashi, “The Removal of Radium during the Production of Nitrophosphate Fertilizer,” Radiochimica Acta 38, 207–210 (1985).

نسبت گازهای رادون و هلیم به عنوان نشانگر زلزله

هاشمی گازار، علی [3]* – الله پور، اسماعیل [4]

1دانشگاه تهران، موسسه ژئوفیزیک، مرکز لرزه نگاری کشوری **alihashemi@ut.ac.ir**

2 دانشگاه پیام نور

چکیده

ثبت و بررسی پیش‌نشانگرهای زمین‌لرزه یکی از راههای موثر برای پیش‌بینی زمین‌لرزه و جلوگیری از تلفات جانی و مالی سنگین آن می باشد. بدون شک وقوع این نشانگرها اتفاقی نبوده و کاملا مرتبط با تحولات زمین می باشد. این پیش‌نشانگرها به چند گروه شامل پیش‌نشانگرهای لرزه‌ای، ژئوشیمیایی، ژئوالکتریکی، الکترومغناطیسی ومغناطیسی، هواشناسی و یونسفر، رفتار شناسی حیوانات و غیره تقسیم بندی شده است. در این مقاله نسبت گاز هلیم به رادون به عنوان یک پیش نشانگر زلزله معرفی شده است.

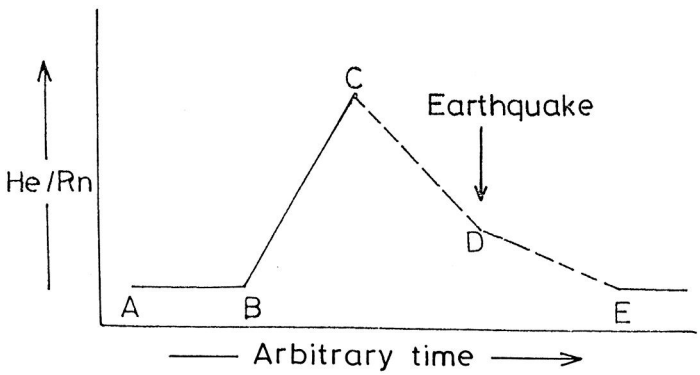
واژگان کلیدی: *پیش نشانگرهای زلزله، پیش بینی، نسبت هلیم به رادون*

مقدمه

پیش‌نشانگرهای ژئوشیمیایی یکی از فاکتورهای مهم در امر پیش‌بینی زلزله می‌باشند. این پیش‌نشانگرها شامل تغییرات ایجاد شده در میزان تجمع گازهای مختلف در خاک، هوا و همچنین تغییر میزان گازهای محلول در آب چشمه‌ها بوده و ثبت پیوسته این تغییرات می تواند به امر پیش‌بینی زلزله کمک نماید. نمونه گیری از خاک و تعیین میزان تجمع گازهای مختلف و همچنین تغییرات آنها نسبت به یکدیگر، در کنار سایر فاکتورها می تواند در اکثر موارد راه گشای دستیابی به پیش‌بینی زلزله باشد. تغییرات زمانی گازهای هلیوم، نئون، آرگون، ایزوتوپهای کربن و دیگر گازها مثل نیتروژن، متان و هیدروژن می تواند به عنوان پیش‌نشانگر به کار روند (توتین و کلاد، 1999). روش شبکه‌های عصبی لایه‌ای به منظور تحلیل میزان تجمع گاز رادون نیز از روشهای دیگر جهت استفاده از این نشانگر می باشد (نگارستانی و همکاران، 2003).

شرح و بحث

قبل از این که زلزله‌ای بزرگ رخ دهد پیش‌نشانگرهای مختلفی بروز می کنند که یکی از آنها می تواند شرایط جوی حاکم بر منطقه باشد. اخیرا در رابطه با پیش‌نشانگرها، نظریه لیتوسفر- اتمسفر- یونسفر گسترش یافته است که به پردازش تغییرات لایه اتمسفر نزدیک زمین می‌پردازد. یونیزه شدن هوا که بوسیله خروج گاز رادون از سطح زمین ایجاد می شود، سبب تغییرات فیزیکی-شیمیایی و ترکیب مولکولهای هوا شده که این موضوع، تغییر دما و میزان رطوبت هوا را باعث می‌شود. تمامی این تغییرات یک یا دو هفته قبل از زلزله‌های بزرگ ثبت شده و پیش‌نشانگرهای کوتاه مدت را شامل می‌شوند (دونجکا و پولینتس، 2005). از مهمترین موارد ایجاد کننده ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی می توان به تغییرات حجم گاز رادون و نیز نسبت گاز هلیم به رادون اشاره نمود. همانطور که در شکل 1 مشاهده می شود تغییرات ایجاد شده در نسبت گاز هلیوم به رادون می تواند به عنوان یکی از پیش‌نشانگرهای زلزله به کار رود. (ویرک و همکاران، 2001). در یکی از مناطق فعال تکتونیکی در شمال غرب هیمالیا (شکل 2) زلزله‌ای در اکتبر سال 1991 با بزرگی 6/5 در مقیاس ریشتر و زلزله‌ای در مارس 1999 با بزرگی 6/8 در مقیاس ریشتر و با مکانیسم صفحه گسلی نشان داده شده در شکل 3 بوقوع پیوست. ناهنجاریهای مربوط به گاز هلیوم و رادون در مارس 1999به طور مشخص توسط ایستگاه پالام پور که در 393 کیلومتری رومرکز زلزله قرار داشت ثبت شده بود. شکل 4 ناهنجاریهای بوجود آمده در میزان گاز رادون در آبهای زیرزمینی و درون خاک، شکل 5 ناهنجاریهای ایجاد شده در گاز هلیوم درون خاک و شکل 6 ناهنجاریهای بوجود آمده در نسبت گاز هلیوم به رادون مربوط به زلزله چاملی را نشان می دهد.



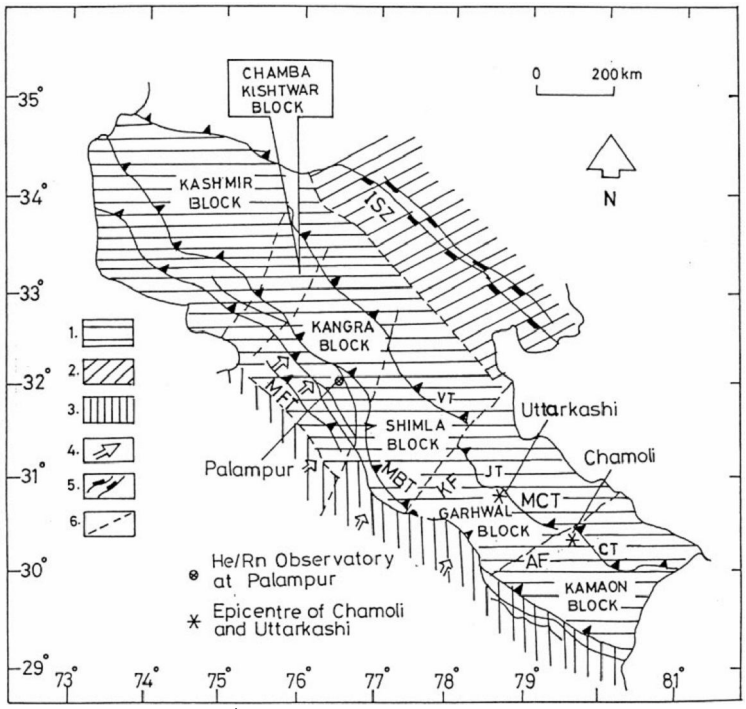
شکل 1. تغییرات نسبت گاز هلیوم به رادون نسبت به زمان (ویرک و همکاران، 2001).

A-B : نسبت گاز هلیوم به رادون در شرایط عادی.

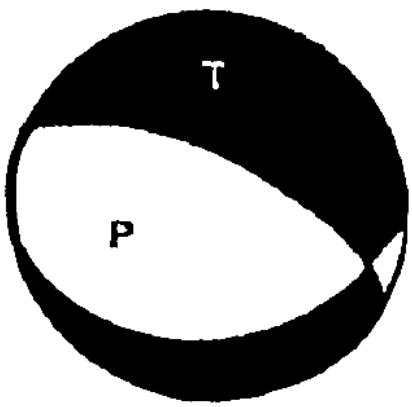
B-C : افزایش نسبت گاز هلیوم به رادون در اثر تجمع تنشهای عمقی.

C-D : افت نسبت گاز هلیوم به رادون و وقوع زلزله.

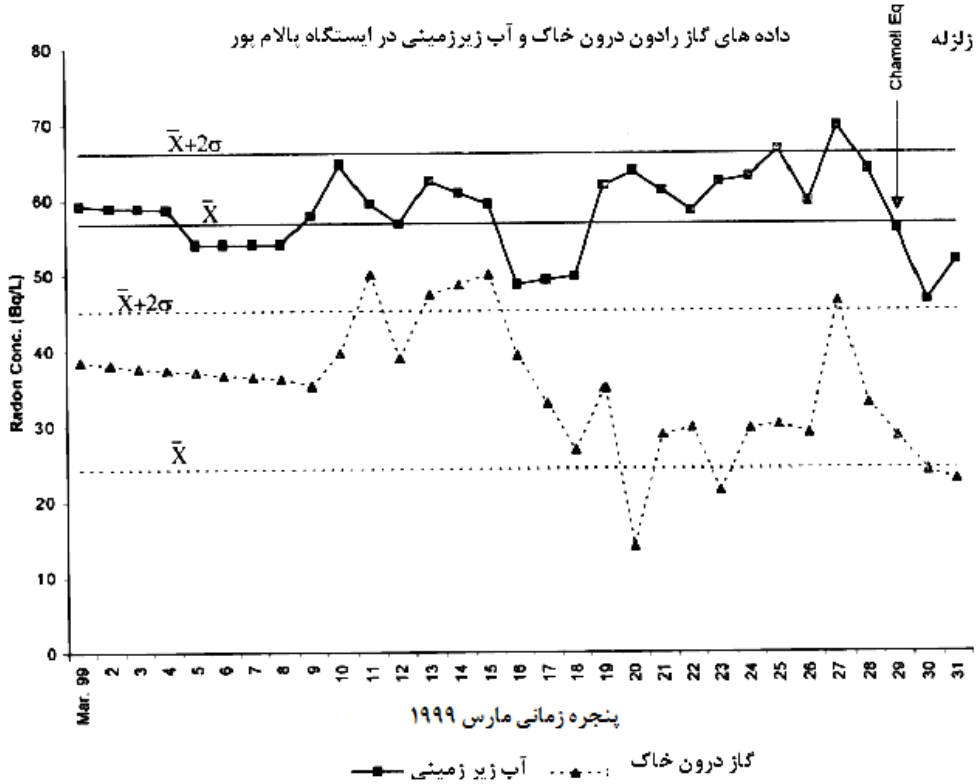
D-E : کاهش بیشتر نسبت گاز هلیوم به رادون بعد از زلزله.



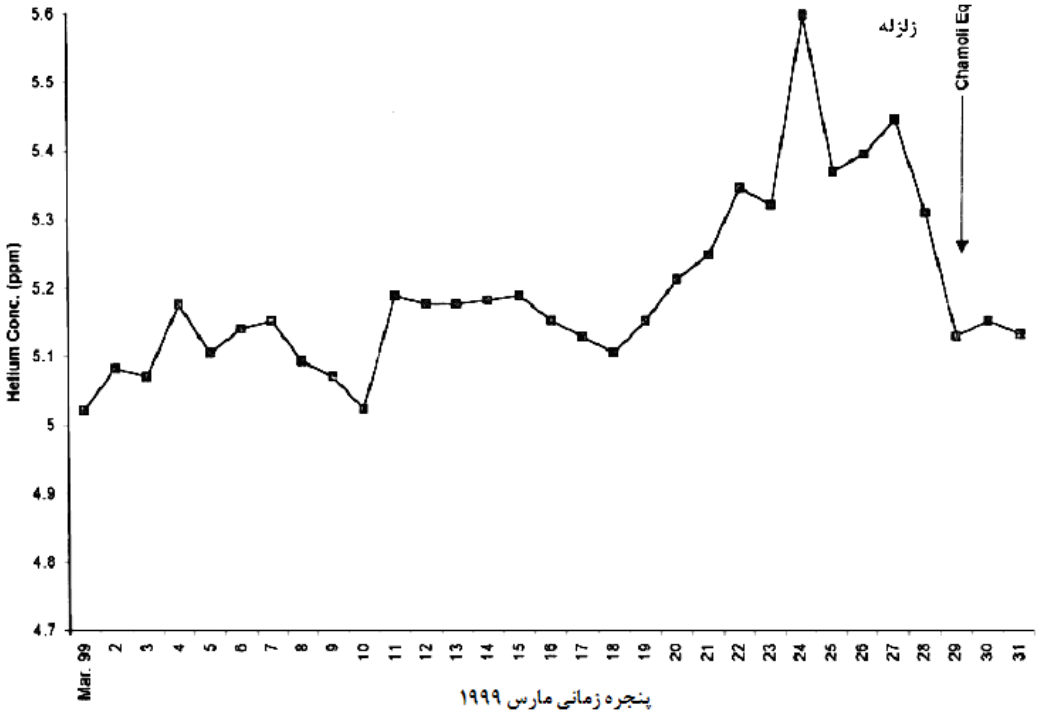
شکل ۲. نقشه تکتونیکي از شمال غرب هیمالیا. ۱) مناطق لرزه اي مهم هیمالیا. ۲) مناطق لرزه اي شدید. ۳) مناطق لرزه اي تپه اي. ۴) جهت کوتاه شدگي پوسته. ۵) مناطق شکافته شده. ۶) محدوده بلوك ها که بر اساس نشانه هاي زمین شناسي، ژئوفیزیکي و تکتونیکي مشخص شده است (ویرك و همکاران، ۲۰۰۱).



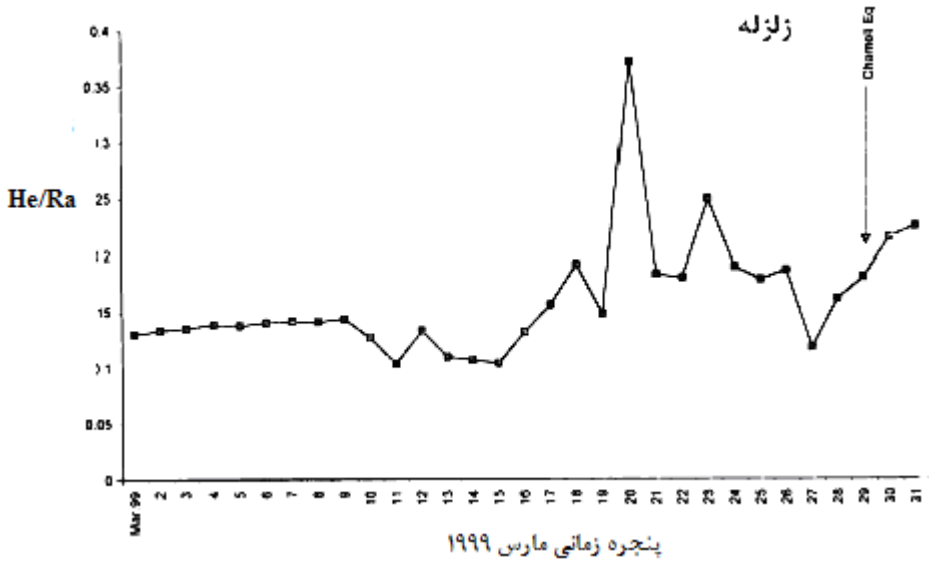
شکل ۳. مکانیسم صفحه گسلی زلزله چاملی با بزرگی ۶/۸ در ۲۹ مارس ۱۹۹۹، شمال‌غرب هیمالیا (ویرک و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل ۴. ناهنجاریهای بوجود آمده در میزان گاز رادون در آبهای زیرزمینی و درون خاک به عنوان پیشنشانگری برای زلزله چاملی با بزرگی ۶/۸ در ۲۹ مارس ۱۹۹۹، شمال‌غرب هیمالیا (ویرک و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل ۵. ناهنجاريهاي ايجاد شده در گاز هليوم درون خاك در ايستگاه پالام پور به عنوان پيشنشانگري قبل از زلزله چامولي با بزرگي ۶/۸ در ۲۹ مارس ۱۹۹۹، شمال‌غرب هيمالیا (ويرك و همكاران، ۲۰۰۱).



شکل ۶. ناهنجاريهاي بوجود آمده در نسبت گاز هليوم به رادون در ايستگاه پالام پور مربوط به زلزله چامولي با بزرگي ۶/۸ در ۲۹ مارس ۱۹۹۹، شمال‌غرب هيمالیا (ويرك و همكاران، ۲۰۰۱).

نتیجه گیری

مطالعه پیش‌نشانگرهای زلزله ممکن است در آینده منجر به ابداع روشهایی برای مسئله پیش بینی زلزله شود. به دلیل ناهمگن بودن پوسته زمین و تغییرات مکانی- عمقی، کلیه این پیش‌نشانگرها به طور یکجا و همزمان برای یک زلزله بروز نکرده و برای هر منطقه گروه خاصی از این پیش‌نشانگرها می تواند مفید باشد. با توجه به واقع شدن ایران بر روی کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا و لرزه‌خیز بودن بیشتر مناطق آن و نیز وجود گسل‌های بزرگ و کوچک فراوان، مطالعه فعالیت این گسلها و استفاده از نشانگرهای مختلف بویژه استفاده از نسبت گاز هلیم به رادون می تواند در کنار سایر نشانگرهای زلزله جهت پیش بینی زلزله موثر واقع گردد. این نسبت به عنوان یک فاکتور پیش‌بینی زلزله در شمال غرب هیمالیا جواب خوبی داده است. جهت بررسی میزان دقت این نشانگر در زلزله های ایران می توان با اندازه گیری آن در مناطق مختلف و ثبت تغییرات آن میزان ارتباط آن با زلزله های رخ داده را مشخص نمود.

منابع

- Dunjecka, M.A., and Pulinets, S.A., 2005, Atmospheric and thermal anomalies observed around the time of strong earthquakes in mexico: Atmosfera, 18 (4), 235-247.
- Negarestani, A.S., Setayeshi, M., Ghannadi-Maragheha, M., Akashe, B., 2003, Estimation of the radon concentration in soil related to the environmental parameters by a modified Adaline neural network: Applied Radiation and Isotopes, 58, 269–273.
- Toutain, J.P., Jean-Claude, B., 1999, Gas geochemistry and seismotectonics: a review: Tectonophysics, 304, 1–27.
- Virk, H.S., 1993, Radon and earthquake prediction in India: Nuclear Tracks and Radiation Measurements, 22, Issues 1-4, 483-494.

نگاهی به پراکنش رادون در منابع آب تهران

جهانی، حمید رضا[1]- رستمی، احسان [*2]- مظلومی، علیرضا[3] - بینش، علیرضا[4]

1- مؤسسه تحقیقات آب، تهران صندوق پستی 16765/313
2- مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران enrostami@ut.ac.ir
3- گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور خراسان رضوی
4- گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور فریمان

چکیده

تهران با بیش از هشت میلیون نفر جمعیت ساکن، در ردیف بیست شهر بزرگ جهان قرار دارد. مصرف آب آشامیدنی در این شهر به طور متوسط روزانه نزدیک به سه میلیون متر مکعب و سالانه بیش از یک میلیارد متر مکعب بوده که از منابع آب‌های سطحی شامل سدهای کرج، لار، لتیان، طالقان و ماملو و آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. آبخوان تهران بخش عمده‌ای از آب آشامیدنی تهران را تأمین می‌کند به گونه‌ای که سهم آن در تأمین آب شهروندان گاه به تنهایی با سه سد کرج، لتیان و لار برابری می کند. با توجه به اهمیت میزان رادون در آب آشامیدنی شهر و تأثیر بسزایی که در تخریب کیفی آب داشته و سلامتی شهروندان را تهدید می‌نماید و نیز استانداردهای موجود در این رابطه، در این مقاله وضعیت گاز رادون در منابع آب شهر تهران در نقاط مختلف شهر مورد بررسی اولیه قرار گرفته و پیشنهادهای لازم برای ادامه مطالعه، پایش و کنترل آن ارائه شده است.

واژگان کلیدی: *آب زیرزمینی، تهران، آبخوان، رادون، چاه، آب آشامیدنی*

Radon in Tehran water resoources, an overview

Jahani, Hamid. R [1]- Rostami, Ehsan[2]- Mazloumi, Alireza[3]- Binesh, Alireza[4]

[1] Water Research Institute
[2]Tehran University, Institute of Geophysics
[3] Geology Dept., Khorasan Razavi Payam-e Nour University
[4] Physics Dept., Fariman Payam-e Nour University

Abstract

Tehran is hosting more than 8 million people and is amongst the first 20 big cities of the world. The total water consumption is about 3 million cubic meters per day or about 1 billion cubic meters per year. Tehran aquifer supplies a big portion of drinking water to Tehran. Its share in supplying water to Tehran is sometimes in the same order as three Karaj, Latyan and Lar dams. With regards to the importance of radon level in urban drinking water and its severe effect on human health and considering related standards, this paper discusses radon concentration in Tehran water resources throughout the city in a concise manner.

مقدمه

تهران کلان‌شهری است در دامنه جنوبی رشته کوه البرز که بیش از یک پنجم جمعیت ایران را پذیرا است. این جمعیت در سال 1383 نزدیک به یک میلیارد متر مکعب آب مصرف کرده است. منابع عمده تأمین آب تهران شامل سدهای کرج، لتیان، لار، طالقان و ماملو و همچنین آبخوان تهران می‌باشند. سهم آب زیرزمینی در تأمین آب شهر در سال‌های مختلف و نیز در طول سال متفاوت بوده و از حدود بیست درصد تا حدود پنجاه درصد کل آب تولید شده را شامل می‌شود. آب زیرزمینی از بیش از 300 حلقه چاه عمیق در سطح شهر برداشت و وارد شبکه آب آشامیدنی شهر می‌شود.

از دید زمین‌شناسی تهران بر روی گستره‌ای از آبرفت‌های دوران چهارم قرار دارد. سازندهای آبرفتی در گستره شهر تهران به ترتیب زیر می‌باشند [2]: سازند A یا هزاردره (شامل کنگلومرای سخت‌شده)، سازند B یا آبرفت شمال تهران (سازند آبرفتی سست)، سازند C یا آبرفت تهران (دانه‌های قلوه‌سنگ، ماسه، لای و رس)، سازند D یا آبرفت کنونی (جوانترین آبرفت‌های گستره دشت). از دید زمین‌ریخت‌شناسی گستره تهران را می‌توان از شمال به جنوب به دو پهنه تقسیم کرد؛ گستره کوهپایه‌از دامنه‌های کوهپایه‌ای تا شمال خیابان بهشتی و گستره دشت تهران از جنوب خیابان بهشتی تا ری.

دشت تهران بخشهای مرکزی و جنوبی شهر را در بر گرفته و بیشتر از سازند C یا آبرفت تهران تشکیل شده است. مواد سازنده آبرفت بویژه در گستره جنوبی دشت ریزدانه بوده و بنابراین از نظر نفوذ جریان‌های سطحی مناسب نمی‌باشد (برهمن، 1372).

شهر تهران بر روی دامنه‌های جنوبی البرز قرار گرفته و شیب توپوگرافی عمومی در آن از شمال به جنوب می‌باشد. این شیب در بخش‌های شمالی شهر حدود 3 تا 4 و در جنوب حدود 1 درجه می‌باشد.

از جمله مهمترین ویژگی‌های ساختاری گستره شهر تهران می‌توان به گسل‌های فعال در شمال تهران به ترتیب شامل گسل شمال تهران، گسل نیاوران، گسل داوودیه و گسل‌های شیان، کوثر و نارمک، در شرق گسل سرخه‌حصار و گسل قصر فیروزه و در جنوب گسل‌های شمال و جنوب ری اشاره کرد. از دید سازمان زمین‌شناسی کشور، فعالیت این گسل‌ها در دوره کواترنری ثبت شده است.

پیش زمینه

بخش عمده‌ای از تابش‌های رادیواکتیو که بشر به طور روزانه دریافت می‌کند رادون می‌باشد. رادون 222 محصول تلاشی اورانیوم 238 بوده که به دلیل سرطانزا بودن بسیار مورد توجه است. بیشتر رادونی که وارد فضای مسکونی می‌شود در سطح رویی خاک در زیر پی خانه‌ها قرار دارد و از این راه وارد فضای خانه می‌شود. رادون همچنین به صورت گاز محلول در چاه های آب وجود داشته و از راه شبکه لوله‌کشی آب وارد خانه‌ها می‌شود. بنابراین این گاز از دو راه تنفس و گوارش وارد سیستم بدن انسان می‌شود. به طور معمول ذخایر آب های سطحی بر خلاف منابع آب زیرزمینی از مقادیر کمی از رادون محلول برخوردار هستند (National Academy of Sciences، 1999).

با وجودی که اکنون سال‌های زیادی از آشکار شدن نقش رادون در تهدید سلامتی انسان می گذرد ولی هنوز استاندارد مشخصی برای میزان رادون منتشره در هوا یا محلول در آب منتشر نشده است. بویژه در ایران هنوز چه از دید زمین شناسی و پیدایش و پویایی رادون در پوسته زمین و چرخه هیدرولوژی، و چه از دید خطرهای فیزیولوژیک و تهدید سلامتی انسان توجه ویژه ای به این آلاینده مهم زیست محیطی نشده است. آژانس محیط زیست آمریکا[5] مرز 15 پیکو کوری درلیتر را به عنوان بیشترین میزان آلودگی رادون محلول در آب پیشنهاد کرده است (EPA، 2007).

شرح و بحث

در این مقاله وضعیت گاز رادون در منابع آب شهری تهران مورد بررسی قرار گرفته است. برداشت نمونه از منابع آبی به طور پراکنده در سطح شهر انجام شده و در این نمونه‌برداری هم منابع آب زیرزمینی و هم شبکه آب شهری مورد توجه قرار گرفته‌اند. نقشه شماره یک موقعیت کلی نقاط نمونه برداری در سطح تهران را نشان می‌دهد.

نمونه‌برداری از آب زیرزمینی از محل چاه های آبیاری فضای سبز شهری و نمونه‌برداری از شبکه آب شهری از آب لوله کشی انجام شده و متأسفانه بسیاری از چاه های آب در هنگام نمونه برداری خاموش بوده اند. با توجه به گسترش زیاد سطح شهر، سعی شده نقاط نمونه‌برداری از پراکندگی جغرافیایی مناسبی برخوردار بوده باشند تا دیدی کلی از وضعیت رادون در منابع آب شهر به دست آید. نمونه برداری در دو تاریخ دی ماه سال 1387 و 1388 انجام شده و نمونه‌های برداشت شده در کوتاه‌ترین زمان ممکن برای سنجش رادون به آزمایشگاه فرستاده شدند.

[5] Environmental Protection Agency: EPA

نمونه ها با سیستم PRASSI مدل 5S مورد آنالیز قرار گرفته اند و نتایج سنجش‌های مزبور در جدول شماره یک و نقشه شهر تهران در شکل یک ارائه شده است. مقادیر رادون در آب بر حسب پیکو کوری در لیتر آورده شده است. در بین کل نمونه های برداشت شده در سطح شهر تهران، کم ترین میزان رادون مربوط به شبکه آب شهری در منطقه صادقیه به میزان pCi/L 0/003 و بیشترین میزان رادون مربوط به آب زیرزمینی در جنوب میدان آزادی به میزان pCi/L 13/ 64 بوده است. در بین نمونه های شبکه آب شهری نیز بیشترین میزان رادون مربوط به پارک دانشجو به میزان pCi/L 12/73 بوده است. کم ترین میزان رادون در آب زیرزمینی مربوط به نمونه برداشت شده از پارک نیاوران با میزان pCi/L 1/75 بوده است. همان طور که دیده می شود به طور کلی نمونه های آب شهری از میزان کم تری رادون برخوردار می باشند. در این میان نمونه های پارک دانشجو با 12/73 و میدان آزادی با pCi/L 11/01 استثنا می باشند. همچنین نمونه های آب زیرزمینی به طور کلی از میزان بالایی از رادون برخوردار بوده اند. در این میان می توان به نمونه های جنوب میدان آزادی با 13/64، پارک دانشجو با 13/54، پارک فدک نارمک با 12/24 و پارک اندیشه وزارت ارتباطات با pCi/L 11/14 رادون اشاره نمود.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه های آب زیرزمینی و آب شهری در سطح شهر تهران گویای این است که با توجه به سطح استاندارد آژانس محیط زیست آمریکا یعنی بیشینه pCi/L 15 منابع آبی شهر از نظر میزان رادون در وضعیت میانگینی قرار دارد. وجود برخی مقادیر نسبتاً بالا در نمونه های برداشت شده نشانگر لزوم توجه جدی و اعمال پیش گیری های لازم می باشد. از سوی دیگر ضروری است با توجه به شرایط زیست محیطی ایران مقادیر سطوح مجاز رادون در محیط زیست چه به صورت محلول در آب و چه به صورت رادون آزاد در هوا از سوی مراجع مسئول اعلام و برنامه های مناسب برای نیل به سطوح استاندارد مزبور تهیه شود.

در این پژوهش وضعیت کلی رادون در منابع آب شهر تهران به صورت اولیه مورد بررسی قرار گرفته است. بدیهی است با توجه به حساسیت موضوع ضروری است طی یک برنامه ریزی سیستماتیک منابع آبی منتخب به طور پیوسته مورد پایش و سنجش رادون قرار گرفته تا چگونگی نوسانات زمانی نیز در میزان آن مشخص شود. در نمونه برداری باید نیمه عمر کوتاه رادون (3/8 روز) مورد توجه بوده و محل و زمان برداشت نمونه به گونه ای انتخاب شود تا نمونه به خوبی نشانگر منبع آبی (آبخوان/شبکه آب شهری/منبع آب سطحی) باشد.

سپاسگزاری

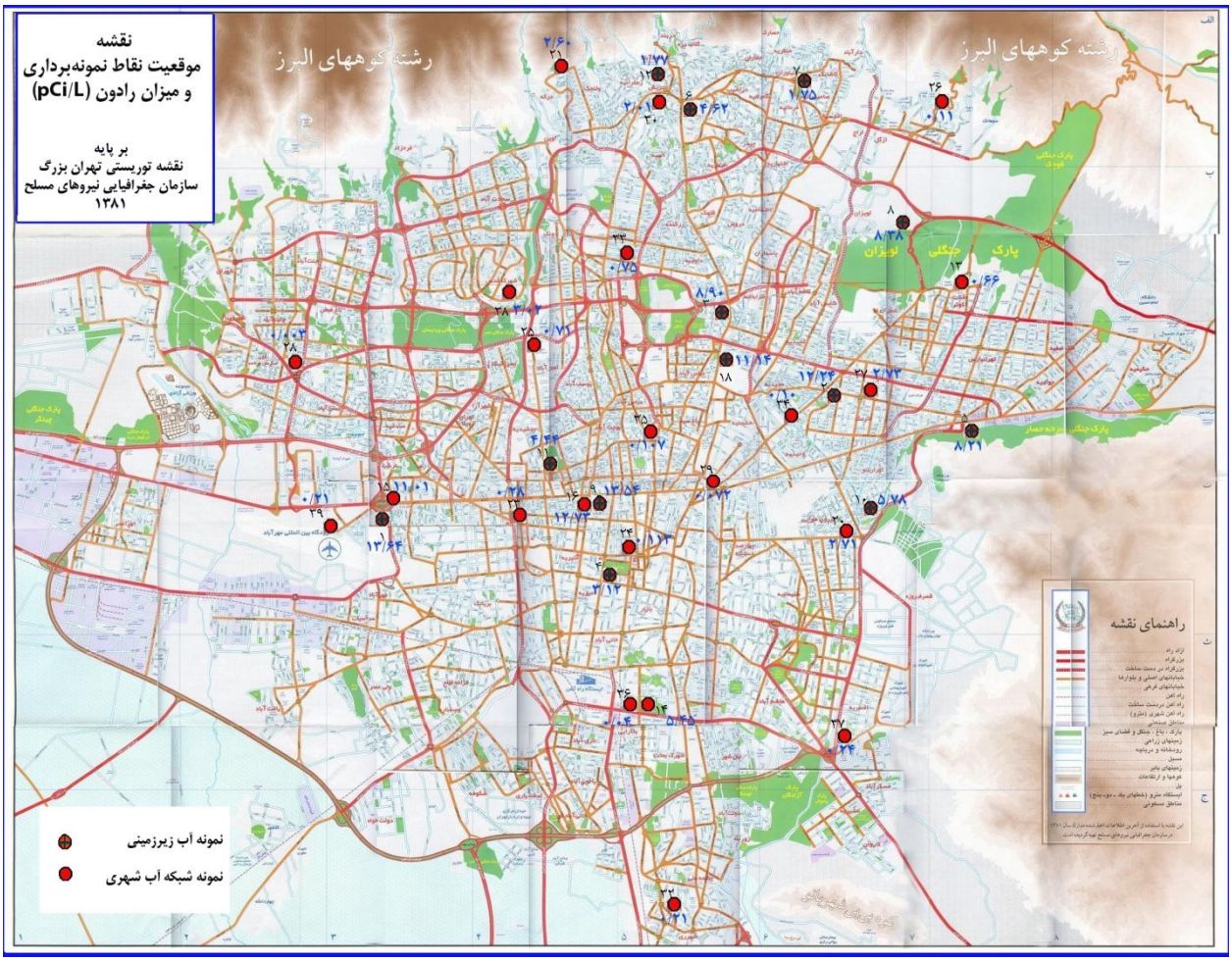
بدینوسیله از بنیاد علمی پژوهشی دکتر تقی بینش که بیدریغ امکان انجام سنجش های آزمایشگاهی این پژوهش و اندازه گیری نمونه های رادون را فراهم نمودند صمیمانه سپاسگزاری می شود.

منابع

- *برهمن-ف، 1372، آبخوان تهران: بیلان آبی و امکان توسعه، آب و توسعه، شماره 1، جلد 1*
- National Academy of Sciences, Risk Assessment of Radon in Drinking Water, 1999, National Academy Press, 296 P
- US Environmental Protection Agency, National Primary Drinking Water Regulations, 2009, EPA 816-F-09-004
- Samer M. Abdallaha et. Al., Radon measurements in well and spring water in Lebanon, 2007, Radiation Measurements 42, p 298-303

جدول 1: نتایج سنجش رادن در نمونه‌ها

شماره نمونه	کد نمونه	شمارش اولیه (bq/m3)	Δt (hr)	اکتیویته تصحیح شده (bq/m3)	اکتیویته تصحیح شده (pci/Lit)	تاریخ نمونه‌برداری	منبع	نشانه
1	ضلع جنوبی میدان آزادی	287.6	74	504.7032465	13.64062828	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
2	پارک فدک	293.8	57	453.0938433	12.24577955	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
3	پارک دکتر شریعتی	221.2	53	329.6617964	8.909778282	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
4	پارک شهر	73.2	60	115.4913252	3.121387169	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
5	سرخه حصار	195.5	58	303.7972018	8.210735184	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
6	پل تجریش	116.2	51	171.2137617	4.627398966	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
7	پارک نیاوران	49.8	35	64.97580592	1.756102863	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
8	لویزان	240.4	34	310.1029077	8.381159667	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
9	پارک دانشجو	317.6	60	501.0935095	13.54306782	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
10	پارک پیروزی	136.7	59	214.0455288	5.785014292	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
11	پارک لاله	95.15	72	164.4578973	4.444808034	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
12	امامزاده صالح تجریش	44.3	52	65.52191567	1.770862586	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
13	قنات کوثر	19.2	32	24.39334329	0.659279548	دی ۱۳۸۸	شبکه آب شهری	○
14	پارک بعثت	128.4	60	201.8147891	5.45445376	دی ۱۳۸۸	شبکه آب شهری	○
15	آزادی	231.4	75	407.6250736	11.01689388	دی ۱۳۸۸	شبکه آب شهری	○
16	پارک دانشجو	270.54	73	471.1704705	12.73433704	دی ۱۳۸۸	شبکه آب شهری	○
18	پارک اندیشه، وزارت ارتباطات	271.6	55	412.5388552	11.14969879	دی ۱۳۸۸	آب زیرزمینی	⊕
20	انتهای خ. پیروزی	78.75	32	100.4317385	2.714371311	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
21	دانشگاه شهید بهشتی	75.57	32	96.37620924	2.604762412	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
23	نواب– خ. دامپزشکی	8.374	32	10.67956036	0.288636766	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
24	میدان امام خمینی	3.281	32	4.184336939	0.113090188	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
25	پل گیشا(تربیت مدرس)	20.79	32	26.51397896	0.716594026	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
26	مینی سیتی(پیام نور)	3.44	32	4.387113402	0.118570632	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
27	نارمک	79.21	32	101.0183874	2.730226686	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
28	میدان صادقیه	0.107	32	0.136459632	0.003688098	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
29	میدان امام حسین	2.11	32	2.69093293	0.072727917	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
30	میدان تجریش	58.34	32	74.40238252	2.010875203	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
32	شهرری	6.109	32	7.790952259	0.210566277	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
33	میرداماد	2.188	32	2.790408175	0.075416437	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
34	نظام آباد	3.184	32	4.060630544	0.109746771	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
35	میدان 7 تیر	3.132	32	3.994313714	0.107954425	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
36	ترمینال جنوب	1.185	32	1.511258541	0.040844825	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
37	میدان افسریه	7.147	32	9.114738222	0.246344276	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
38	شهرک غرب	87.88	32	112.0754435	3.029066041	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
39	مهر آباد(1)	6.207	32	7.915933978	0.213944162	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○
40	مهر آباد(2)	8.433	32	10.75480445	0.290670391	دی ۱۳۸۷	شبکه آب شهری	○



شکل 1: موقعیت نقاط نمونه‌برداری و مقادیر تصحیح شده رادن در دی ماه 87 و 88 (اعداد اعشاری که به رنگ آبی در کنار محل نمونه برداری آورده شده اند مقادیر رادون می باشند)

پتانسیلهای تولید گاز رادون در گستره زرند: با نگرشی بر سازندها و فاکتورهای تولید آن

علیرضا شاکر اردکانی[1*] و علی انتظاری[2]

1- استادیار بخش مهندسی معدن دانشکده صنعتی- معدنی زرند- دانشگاه شهید باهنر کرمان

پست الکترونیکی: shaker@mail.uk.ac.ir

2- دانشجوی بخش مهندسی معدن دانشکده صنعتی- معدنی زرند- دانشگاه شهید باهنر کرمان

پست الکترونیکی: alen.9185@gmail.com

چکیده:

در دهه های اخیر گزارشاتی درباره پتانسیل خطرات سلامتی گاز رادون در معادن و منازل در نوشتجات عمومی و علمی غالب شده است؛ چرا که امروزه رادون دومین عامل عمده سرطان ریه بعد از سیگار در ایالت متحده می باشد. رادون یک گاز رادیو اکتیو آلفا است که به طور طبیعی عمدتاً از طریق استنشاق ذرات هوا و بلعیدن غذا و آب وارد بدن انسان می شود. رادون یکی از تولیدات واپاشی رادیواکتیو اورانیوم و توریم در سنگها و رسوبات می باشد. گستره زرند می تواند پتانسیلهای بالایی از لحاظ تولید گاز رادون را داشته باشد که مشتمل می گردد بر: سازندهای شیلی سیاه و زغال دار؛ کارخانه های زغالشویی، کک و قطران زغالسنگ؛ کودهای فسفاته ؛ و گسلهای فعال.

واژگان کلیدی: *رادون، زرند، زغال، زغالشویی، کک، فسفات، گسل.*

Potentials of radon gas production in Zarand area: constraints on its formations and factors production

Alireza Shaker Ardakani[1*] and Ali Entezari[2]

1- Assistant Professor of Department of Mining Engineering, College of Industrial and Mining, Shahid Bahonar University of Kerman

Email: shaker@mail.uk.ac.ir

2- Student of Department of Mining Engineering, College of Industrial and Mining, Shahid Bahonar University of Kerman

Email: alen.9185@gmail.com

Abstract:

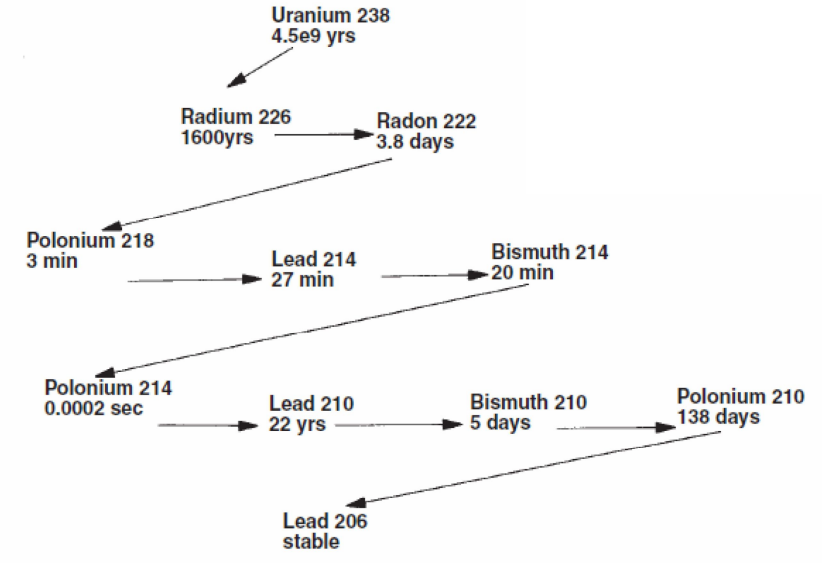
Reports about the potential health hazards of radon in mines and homes dominated in recent decades the scientific and popular literature; because that radon is the second leading cause of lung cancer after smoking in the United States today. Radon is an α-radioactive gas which naturally enters the human body mainly by inhalation of air particulates and by ingestion of food and water. Radon is one of the products of the radioactive decay of uranium and thorium in rocks and sediments. The Zarand area can has been High potentials for radon gas production which are included: Coal and black shale formations; coal washing, coke and coal tar plants; phosphate fertilizers; and active faults.

Keyword: Radon, Zarand, Coal, Coal washing, Coke, Phosphate, Fault.

مقدمه:

گاز نجیب رادیواکتیو ناپایدار رادون (^{222}Rn) در گروه شیمیایی شبیه به He، Ne، Ar، Kr و Xe قرار دارد که از واپاشی ^{238}U و ^{232}Th بوجود می آید و میل ترکیبی آن ناچیز است (شکل 1)؛ اما در آب بسیار انحلال پذیر می باشد. این گاز یکی از سنگینترین گازهای تولید شده طبیعی بوده و برای سلامتی انسان مضر است (عباس نژاد، 1381؛ آلپات و همکاران، 2007؛ چیی، 2008). گاز ^{222}Rn دارای نیمه عمر 3/82 روز می باشد. به طور کلی منشاء اصلی گاز رادون را می توان به مواردی نظیر: سنگهای گرانیتی(بعلت حضور کانیهایی نظیر زیرکن، مونازیت، روتیل و آپاتیت که در آنها تمرکز اورانیوم و توریم وجود دارد (هریداسان و همکاران، 2006؛ چیی، 2008))، سنگها و مواد سرشار از فسفات، سنگهای سرشار ازمواد آلی و همچنین شیلهای سیاه، سنگها و رسوبات غنی از اورانیوم، نفت و گاز طبیعی اشاره نمود؛ اما در این بین رسوبات غنی از اورانیوم از اهمیت بسزایی برخوردار هستند (عباس نژاد، 1381)؛ بگونه ای که بیشترین تمرکز رادون را در معادن اورانیوم گزارش کرده اند. همچنین مقادیر اندکی از اورانیوم را در ارتباط با کانیهای موجود در معادنی نظیر آهن، سرب- روی و زغال بیان نموده اند؛ البته مقادیر رادون در معادن غیرفلزی کمتر از معادن فلزی می باشد (عبدالهادی، 2006). گاز رادون تولید شده می تواند به راحتی بوسیله منافذ ریز از خاک خارج شده و وارد زیرزمین و طبقات زیرین منازل و ساختمانها گردد (چیی، 2008). رادون به عنوان یکی از خطرناکترین گازهای موجود در طبیعت برای سلامتی انسان مطرح می باشد؛ چرا که گاز ^{222}Rn به وسیله تنفس وارد ریه می شود و در اثر واپاشی به موادی نظیر: ^{218}Po، ^{214}Po، ^{214}Pb و ^{214}Bi می نماید که نیمه عمر این عناصر به ترتیب 3/05 دقیقه، 0/00016 ثانیه، 26/8 دقیقه و 19/7 دقیقه بوده و تمامی آنها جامد هستند. این ذرات جامد هنگامی که استنشاق می شوند در قسمتهای مختلف دستگاه تنفسی ته نشست نموده و به نسوج مخاطی دستگاه تنفسی می چسبند. آنها پرتوهای α را رها می نمایند و با توجه به انرژی بالای ذرات α و یونیزاسیون محلی شدید، نسوج مخاطی تخریب شده و باعث ایجاد سرطان می گردند (عبدالهادی، 2006). لازم به ذکر است که در بین محصولات واپاشی رادون، ^{218}Po و ^{214}Pb حدود 20 برابر از خود رادون خطرناک تر هستند (پیکرینگ و اوون، 1997). طبیعتاً ورود مواد رادیواکتیو به داخل بدن انسان از طریق استنشاق ذرات ریز هوا و بلعیدن غذا و نوشیدن آب است (میسداق و همکاران، 2007).

در این مقاله سعی شده است به پتانسیلهای موجود در منطقه زرند جهت تولید و همچنین چگونگی و شدت هر یک از آنها در ایجاد گاز رادون اشاره گردد و در ادامه راه کارهایی جهت جلوگیری و یا کاهش اثرات آن بر افرادی که در این منطقه زندگی می کنند ارائه گردد.



شکل 1- سری واپاشی ^{238}U.

بحث:

زرند یکی از شهرستانهای استان کرمان است که در 80 کیلومتری شمال غربی کرمان واقع شده و 1555 متر از سطح دریا ارتفاع دارد. این شهرستان از نظر اقلیمی منطقه ای صحرایی در جنوب- جنوب غرب و منطقه ای کوهستانی با آب و هوای معتدل در شمال- شمال شرق مشخص است. در فرورفتگی دشت زرند، بیشترین ضخامت رسوبات آبرفتی وجود دارد که در نتیجه سفره های آب زیرزمینی در آن دیده می شود. گسل معکوس و راستگرد کوهبنان با روند شمال غرب- جنوب شرق در منطقه وجود دارد که جداکننده رشته کوههای مهم زرند از دشت زرند می باشد. عمده فعالیت اقتصادی مردم شهرستان زرند بر دو پایه کشاورزی (مخصوصاً کاشت پسته) و صنعت و معدن (مخصوصاً زغالسنگ و فراورده های آن) قرار دارد. در منطقه زرند معادن زغالسنگ زیادی وجود دارد که می توان به معادن باب نیزو، هجدک، اشکلی، سراپرده، پابدانا، دره گز، هشونی و خمرود اشاره نمود. زغالسنگ استخراج شده این معادن پس از شستشو در کارخانه زغالشویی زرند به کارخانه ذوب آهن اصفهان فرستاده می شود (وحدتی دانشمند، 1995). در حال حاضر قسمتی از زغالسنگها خوراک کارخانه های قطران و کک سازی زرند می باشند.

منطقه زرند جزئی از زون ساختاری ایران مرکزی محسوب می گردد. با توجه به قرارگیری منطقه مورد مطالعه در محل تلاقی چندین روند ساختمانی اصلی، کوچکترین جنبشهای زمین ساختی در طول زمان باعث ایجاد حرکات متناوب بلوکها نسبت به یکدیگر و به دفعات متعدد شده است. همچنین گسل خوردگی و شکستگیهای پیچیده ای در این منطقه مشاهده می گردد. علاوه بر گسل اصلی کوهبنان، یکسری گسلهای فرعی دیگری با روند عمدتاً شمال شرق- جنوب غرب که اکثراً معکوس با شیب 80-70 درجه هستند نیز در منطقه وجود دارد (وحدتی دانشمند، 1995).

با توجه به مطالبی که در بالا بدان اشاره گردید مناطقی که می توانند پتانسیل بالایی جهت رادون خیزی در منطقه زرند را دارا باشند را می توان از 4 دیدگاه عمده بررسی نمود: ۱- سازندهای شیلی سیاه و زغال دار؛ 2- کارخانه های زغالشویی، کک سازی و قطران؛ 3- کودهای فسفاته ؛ و 4- گسلهای فعال.

1- سازندهای شیلی سیاه و زغالدار: با توجه به این که زغالسنگ و مواد آلی معمولاً بصورت سطحی عناصر اورانیوم، توریوم و رادیوم را جذب می نمایند و این عناصر به طور طبیعی رادیو اکتیو می باشند (یزدی،1382؛ عبدالهادی، 2006)؛ لذا به نظر می رسد که منطقه زرند که داری معادن بسیار زیادی از زغالسنگ بوده و همچنین دارای سازندهایی از شیلهای سیاه دارای مواد آلی هستند می توانند پتانسیل بالایی از لحاظ تولید گاز رادون را داشته باشد. به ویژه این که بسیاری از این معادن بصورت زیرزمینی برداشت می گردند و درصد احتمال حضور گاز رادون در گالریهای استخراج زغالسنگ بالا می باشد؛ بنابراین بایستی جهت حفظ سلامتی کارگران معدن و همچنین خانواده های آنها که در شهرکهای نزدیک به معادن زندگی می کنند بررسی گسترده ای در مورد میزان رادون تولیدی احتمالی صورت گیرد و راه کارهایی جهت خروج و کاهش رادون از گالریهای استخراج زغالسنگ و همچنین جلوگیری از ورود رادون به منازل مسکونی و ساختمانهای شهرکها ارائه نمود. در این بین می توان به راه کارهایی نظیر: کاهش مدت ماندگاری کارگران در فضای سربسته گالریهای استخراج، استفاده از هواکش برای تهویه گاز رادون چه در گالریهای استخراج و چه در منازل مسکونی و ساختمانها، عایق بندی کف منازل و ساختمانها بوسیله مواد نفوذناپذیر (نظیر پلاستیک، بتونهای نسبتاً ضخیم)، مسدود نمودن درز و شکافهای موجود در دیوارها و پنجره های منازل و ساختمانها، بنا نمودن منازل و ساختمانها بر روی فونداسیونها (به گونه ای که باعث شوند فضای خالی بین زمین و ساختمان ایجاد گردد)، حفر چاه و فضاهای خالی در زیر منازل و ساختمانها (جهت جمع آوری گاز رادون و تهویه هوای داخل این فضاهای خالی) اشاره نمود.

2- کارخانه های، زغالشویی کک سازی و قطران: با توجه به اینکه برای زدودن خاکسترهای همراه زغالسنگ نیاز به شستشوی آن می باشد؛ لذا در هنگام شستشو مقادیر زیادی گاز رادون تولید شده در

پساب حاصل از شستشو انحلال یافته و می تواند باعث آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی گردد. همچنین انباشته کردن حجم زیادی از باطله های حاصل از شستشوی زغالسنگ نیز تاثیر فراوانی در آلودگی منطقه دارد. با توجه به اینکه جهت تهیه کک و قطران نیاز به احتراق زغالسنگ است؛ لذا در هنگام سوختن زغالسنگ مقادیر زیادی گاز رادون وارد هوا می گردد. در این بین می توان به راه کارهایی نظیر: جمع آوری و رسوب زدایی با فیلترهای مختلف پسابهای حاصل از شستشو زغالسنگ در مخازن و استفاده مجدد از آبها برای شستشو زغالسنگ، ذخیره سازی رسوبات حاصل از فیلتر نمودن پسابها در حوضچه ها و یا سازندهای نفوذناپذیر، کاهش حجم انباشتگی باطله ها در نزدیکی مناطق مسکونی و سازندهای نفوذپذیر و استفاده از فیلترهای مناسب جهت کاهش آزادسازی گاز رادون در هوا توجه نمود.

3- کودهای فسفاته: همان گونه که پیش از این نیز بدان اشاره گردید، در منطقه زرند زمینهای کشاورزی بسیاری به کاشت پسته اختصاص دارد؛ لذا کشاورزان از کودهای فسفاته جهت آماده سازی خاک استفاده می نمایند. با توجه به اینکه سنگهای فسفاته و همچنین کودهای فسفاته به عنوان منابع تولید کننده گاز رادون مطرح هستند، بنابراین بکارگیری آنها مقادیر زیادی گاز رادون را ایجاد می نماید که هم باعث آلودگی هوا و هم باعث آلودگی آبهای زیرزمینی می شوند. راه کارهایی که می توان برای جلوگیری ارائه نمود عبارتند از: عدم یا کاهش استفاده از کودهای فسفاته، استفاده از مخلوطی از کودهای دی کلسیم فسفات و کودهای نیتروژن دار (برای اطلاعات بیشتر به مقالات حبشی، 1994، 1996 رجوع نمائید)، کاهش زمان ماندگاری کشاورزان در زمانهای استفاده از کودهای فسفاته.

4- گسلهای فعال: با توجه به حضور گسترده سازندهای زغال دار نایبند با سن تریاس فوقانی تا ژوراسیک زیرین در منطقه زرند (یزدی، 1382)، مشخص می گردد که این منطقه پتانسیل ایجاد رادون را دارد. بنابراین ممکن است حجم زیادی از گاز رادون تولید شده در اعماق زمین محبوس گردیده باشد؛ لذا فعالیت گسلهای منطقه باعث شکستگی سنگها و راه یابی رادون به آبهای زیر زمینی و یا سطح زمین می گردد (اریس و همکاران، 2007)؛ چرا که غلظت رادون در آبهای زیرزمینی متاثر از شرایط هیدرودینامیکی، ساختار زمین شناسی، کانی شناسی اورانیوم و توریوم و غلظت آنها در خاک و سنگ می باشد (آلبو و همکاران، 1997). لذا راه کاری که جهت جلوگیری از خطر گاز رادون به نظر می رسد این است که از آبهای زیرزمین موجود در منطقه بلافاصله پس از برداشت از چاه یا قنات استفاده ننمود و حتی المقدور برای مدت زمانی در حدود چندین روز آنها را در مخازنی ذخیره نمود و همچنین به هنگام ذخیره سازی، آب از ارتفاع به داخل مخزن ریخته شود تا تولید حباب نموده و عمده گاز رادون از آب خارج گردد؛ چرا که بیشترین احتمال ورود گاز رادون به

بدن انسان از طریق نوشیدن آب می باشد. جهت کاهش خطر رادون آزاد شده توسط گسلها به اتمسفر به نظر می رسد بایستی منازل مسکونی را در این منطقه عایق بندی نمود و منازل را به دستگاههای مکش و تهویه مناسب مجهز کرد.

نتیجه گیری:

با توجه به تمامی مطالبی که بحث گردید به نظر می رسد که منطقه زرند از لحاظ رادون خیزی جزء مناطق با پتانسیل بالا است. بنابراین آگاهی داشتن مسئولین و مردم در این مورد ضروری می باشد تا مسئولین ضمن بررسیهای گسترده و اندازه گیری موردی و دقیق گاز رادون درباره موارد احتمالی که به آن اشاره گردید، در صورت بالا بودن میزان گاز رادون از حد استاندارد و در معرض خطر بودن افراد و محیط زیست، به تدوین راه کارهای مناسب و همچنین قوانین لازم جهت امور معدنکاری، کشاورزی، صنعتی و ساختمان سازی پرداخته شود و همچنین مردم نیز با داشتن آگاهی کامل، به رعایت و اجرای اصول ایمنی و بهداشتی لازم همت گمارند.

منابع:

- *عباس نژاد، الف، 1381. اثرهای زیست محیطی گاز رادون- 222 و اهمیت توجه به آن در ایران. مجله علوم و فنون هسته ای، شماره 26: صفحه 17-31.*
- *یزدی، م، 1382. زغالسنگ (از منشاء تا اثرات زیست محیطی)، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر، 263 صفحه.*
- Abd El-Hady, M., 2006. Measurement of individual radon progeny in Egyptian under ground coal mine and related lung doses. Egypt. J. Solids, 29(2): 383-391.
- Albu, M., Banks, D., Nash, H., 1997. Mineral and thermal ground water resources, Chapman and Hall, London,
- Alpata, B., Aisaa, D., Bizzarria, M., Blaskoa, S., Espositoa, G., Farnesinia, L., Fioria, E., Papia, A., Postolachea, V., Renzia, F., Ionicab, R., Manolescuc, F., Ozkorucuklud, S., Denizlie, H., Tapanf, I., Pilicerf, E., Egidig, F., Morettig, C., Dicolag, L., 2007. Multipurpose High Sensitivity Radiation Detector: Terradex. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A 574: 479-492.
- Chyi, L.L., 2008. Radon Testing of Various Countertop Materials Final Report, Department of Geology and Environmental Science The University of Akron.
- Erees, F.S., Aytas, S., Sac, M.M., Yener, G., Salk, M., 2007. Radon concentrations in thermal waters related to seismic events along faults in the Denizli Basin,Western Turkey, J. Radiat Meas., 42: 80-86.
- Habashi, F., 1994. Phosphate fertilizer industry processing technology, Ind. Minerals 318: 65-69.
- Habashi, F., 1996. In-situ, dump, and vat leaching of phosphate rock, pp, 513-517 in process intensifications symposium, editors: C.A. Pickles et al., Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum, Montreal.
- Haridasan, P.P., Pillai, P.M.B., Khan, A.H., Puranik, V.D., 2006. Natural radionuclides in zircon and related radiological impacts in mineral separation plants, Radiation Protection Dosimetry, 121(4): 364-369.
- Misdaq, M.A., Ouabi, H., Merzouki, A., 2007. Analysis of radon, uranium 238 and thorium 232 in potable waters: Dose to adult members of the Moroccan urban population, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 263: 105-111.

- Vahdati Daneshmand, F., 1995. Geological map of Iran, 1:100000 series, Sheet Zarand: 7351.

گاز رادون، محیط‌های پرخطر و راه‌های مقابله با آن

***عبدالهی، اعظم**[1]
1 گروه زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه پیام نور- مرکز تبریز
Email:daniz_abdollahy@yahoo.com

چکیده

گاز رادون، گازی بی‌رنگ و بی بو و بی مزه بوده و از محصولات واپاشی اورانیوم بوده و بـه علـت رادیواکتیویتـه بـالا، برای سلامتی مضر می‌باشد. سنگ‌های با مقدار اورانیم بالا یکی از منابع مهم تشکیل این گاز می‌باشـند. ایـن سـنگ‌هـا شامل سنگ‌های سری گرانیتوئیدی، نفلین سینیت، سنگ‌های آتشفشانی اسـیدی، سـنگ بسـترهای کارسـتی، سـنگ آهک‌های فسفاته با مقادیر بالای اورانیم، تراورتن و سنگ‌های آذرین درونی داری اورانیم بالا می‌باشند. این گـاز بعـد از تشکیل در داخل حفرات و آب‌های زیرزمینی تجمع می‌یابد و از طریـق شکسـتگی‌هـا تکتـونیکی و چـاه‌هـای آب وارد اتمسفر می‌شود. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که گاز رادون تأثیرات منفی بر سلامتی موجودات زنده دارد.

واژگان کلیدی: *سری گرانیتوئیدی، نفلین‌سینیت، سنگ بسترکارستی، واپاشی، رادون*

Radon Gas, Dangerous Environments and contact with them

[1]Abdollahy, Azam
Department of Geology, PayameNoor University of Iran
E-mail: daniz_abdollahy@yahoo.com

Abstract

Radon gas as a colorless, odorless, tasteless gas, and the decay products of uranium due to high radioactivity is harmful factor for health. Rocks with high uranium clark are the radon gas resources. Granitoide rocks series, nephelin syenite, acidic volcanic rocks, karstic bedrocks, limestones with organic matters and phosphatic unites with high amounts of uranium, travertine and igneous rocks have high uranium content. After the gas formation and its accumulation into cavities and underground waters, it is following from tectonical fractures and wells to atmosphere. The recent studies show the negative effects of radon on organisms.

Key words: granitoide, nephelin syenite, karstic bedrock, uranium, decay, radon

مقدمه

رادون عنصری با عدد اتمی 86 و علامت Rn می‌باشد. این عنصر دارای خاصیت رادیواکتیـو، فاقـد رنگ، بو، مزه و یک گاز نجیب می‌باشد که به طور طبیعی از واپاشی U تشکیل می‌شود. عنصـرU دارای

سه ایزوتوپ ^{238}U, ^{235}U, ^{234}U می باشد، اورانیوم یک عنصر رادیواکتیو است که به راحتی اکسیده می شود و محصول نهایی حاصل از تخریب این ایزوتوپها ، ^{206}Pb, ^{207}Pb و هلیوم بوده که قبل از پیدایش اینها ^{226}Ra, ^{203}Th و سنگین‌ترین گاز بی‌اثر، یعنی ^{232}Rn به وجود می‌آید. ایزوتوپ پایدار آن ^{222}Rn است، نیمه عمر رادون رادیواکتیو 3/8روز می‌باشد. به علت رادیواکتیو بودن رادون کمتر به وسیله‌ی شیمی‌دان‌ها مطالعه شده اما ترکیبات با مقدار کم رادون شناخته شده هستند. بر اساس تحقیقات انجام شده گاز رادون به علت رادیواکتیو بودن برای سلامتی مضر می‌باشد و یکی از عوامل بیماری سرطان ریه استنشاق گاز رادون می‌باشد.

تراکم گاز رادون در محیط‌های بسته به طور متوسط 8 برابر هوای آزاد بوده و در هوای بسته ساختمان‌های مجاور هم، بسیار بالاست. این گاز با ورود به فضای بسته، به سمت کف اتاق‌ها و ساختمان‌ها حرکت می‌کند. خروج آن از دیوارهای درونی اتاق به سختی صورت می‌گیرد و لذا تراز رادیواکتیویته بالایی را موجب می‌شود که این تراز تقریباً پایدار می‌ماند، به خصوص زمانی که ساختمان در روی زمین‌های کلارک بالای عناصر رادیواکتیو بنا شده باشد و چنانچه عایق‌بندی محکمی هم در کل ساختمان منظور شده باشد راه‌های فرار گاز بسته می‌شوند.

شرح و بحث

سنگ‌های با اورانیوم بالا منشاء اصلی گاز رادون هستند در سنگ‌های سری گرانیتوئیدی و در بعضی از انواع نفلین سینیت‌ها اورانیوم به مقدار زیادی انباشته می‌شود میزان کلارک اورانیوم در سنگ های بازیک $0/4\times10^{-4}$ درصد و سنگ‌های التراماfیک $0/03\times10^{-4}$ درصد می‌باشد که این میزان خیلی کمتر از گرانیتوئیدها می‌باشد. خاصیت رادیواکتیویته پلاژیوگرانیت‌های غنی از کلسیم نسبت به گرانیتوئید کمتر است، بر عکس در سنگ‌هایی که مقدار پتاسیم آنها زیاد باشد مقدار اورانیم نیز بالا می‌باشد. در سنگ‌های آتشفشانی نیز با افزایش خاصیت اسیدی سنگ‌ها مقدار رادیواکتیویته افزایش می‌یابد. (جدول،1)، همچنین نهشته‌های آواری کربناتی و سنگ‌های زغال‌دار و حاوی مواد آلی می توانند اورانیم بالایی داشته باشند.

توده‌های معدنی اورانیم پورفیری (گرانیت‌ها، پگماتیت‌های گرانیتی و میگماتیت‌ها) به طور متوسط تا 0/04 درصد اورانیم دارند، (سمسلوف، 1976و ابرازاوان،1974). سنگ بسترهای حاوی مقادیر بالای اورانیم به عنوان منشاء طبیعی رادون شناخته می‌شوند. گاز رادونی که از واپاشی اورانیم سنگ‌های سطحی یا نزدیک به سطح، تشکیل می‌شود در حفرات این سنگ‌ها تجمع می‌یابد و از طریق شگستگی‌های ناشی از فعالیت تکتونیکی و چاه‌های آب و نفت و چاه‌های فاضلاب به سطح زمین می‌رسد، مهاجرت و میزان رادون در محیط، بستگی به عوامل بسیاری مانند تخلخل سنگ‌های مسیر مهاجرت، نفوذپذیری، رطوبت، تنش‌های تکتونیکی موجود در منطقه و نوع اقلیم دارد (حاج

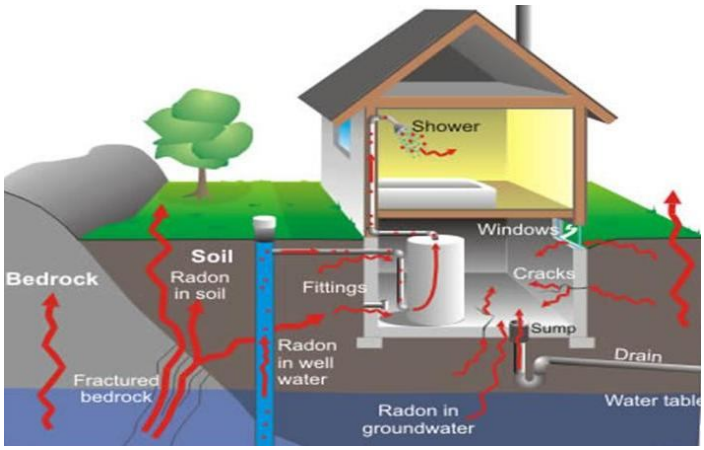
علیلو، وثوق، 1388). بر اساس علی اوف، 2005 میزان حضور رادون در مناطق خردشده اطراف درزه ها و گسله‌ها گاه می‌تواند به بیش از 40 برابر میزان طبیعی برسد. برای مثال بر اساس مطالعات انجام شده، برخی مناطق در محدوده شهرستان رامسر مکان های آلوده شناخته شده جهانی از نظر گاز رادون می‌باشند. به نظر می‌رسد که رادیواکتیویته این منطقه به خاطر آب‌های معدنی و ثانیاً به سبب رخنمون نهشته‌های تراورتنی است که مظهر چشمه‌های حاوی مقادیر بالایی از توریوم و اورانیم است. به نظر می‌رسد که منشأ اصلی آنومالی بالای اورانیوم در منطقه از سنگ‌های آذرین درونی نشات گرفته باشد که رخنمون چندانی از آنها در سطح زمین منطقه به چشم نمی‌خورد (پیروان، 1387).

نوع سنگ	مقدار U
سنگ های الترابازیک	۰/۰۳×۱۰$^{-۴}$
سنگ های بازیک	۰/۴×۱۰$^{-۴}$
دیاباز ها و بازالت ها	×۱۰$^{-۴}$
آندزیت ها	۱/۲ ×۱۰$^{-۴}$
سنگ های کربناتی	۱/۵×۱۰$^{-۴}$ -۲/۱×۱۰$^{-۴}$
داسیت ها	۲/۵ ×۱۰$^{-۴}$
سنگ های اسیدی با پتاسیم بالا	۴×۱۰$^{-۴}$-۱۰×۱۰$^{-۴}$

جدول1- مقدار اورانیم در سنگ‌های مختلف، اقتباس از بابازاده، 1383

ساختارهای ساخته شده روی حفرات کارستی مستعد، برای نشت گاز رادن می‌باشند (Ruthven,C .et.el. 2002). در اماکن مسکونی ساخته شده در روی سنگ های با میزان پرتوزایی بالای گاز رادون، باید برای پیشگیری از تجمع گاز رادون، از عایق های مناسب در پی ساختمان، و تهویه مناسب هوا در محیط های بسته و طبقات هم کف و زیرزمین ساختمان ها استفاده شود.

از جمله مهمترین راه‌های ورود گاز رادن به منازل مسکونی مخازن آب تغذیه شده به وسیله آب-های زیرزمینی با تجمع بالای گاز رادون، شکستگی‌های کف ساختمان، لوله‌های فاضلاب، پنجره‌های با ارتفاع کم از سطح زمین و پی‌های با عایق بندی نامناسب می‌باشند. (شکل: 2) خاک‌هایی که در روی سنگ بسترهای با میزان اورانیم بالا، قرار گرفته‌اند نیز محیط مناسبی برای تجمع گاز رادون می‌باشند که بعد از بارندگی‌های شدید و نفوذ آب باران به داخل زمین، این گاز با آب ترکیب شده و با گذشت زمان وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود.



شکل،1- راههایی ورود گاز رادون به یک منزل مسکونی.

نتیجه گیری

براساس تحقیقات انجام شده در علم پزشکی، یکی از علل بیماری سرطان ریه گاز رادون می‌باشد (حاج علیلو، وثوق، 1388)، بنابراین قبل از انجام برنامه‌های توسعه شهری و ساخت ساختمان‌ها باید سنگ بستر و آبها زیرزمینی منطقه به دقت مورد مطالعه قرار گیرند و محیط‌های پرخطر از لحاظ وجود این گاز شناسایی شوند و میزان این گاز در منازل مسکونی مستعد تجمع گاز رادون و محیط-های بسته باید خیلی دقیق اندازه‌گیری شود برای این کار از کیت‌های تست رادون خانگی که به راحتی در دسترس هستند و کاملاً کم‌هزینه هستند باید استفاده شود.

منابع

1. بابازاده، واصیف. (1383). کانسارهای معدنی فلزی و غیرفلزی، ترجمه، قدیرزاده، ا. عاصم اصل، ر ، 535 صفحه.
2. پیروان، حمیدرضا. (1387)، مخاطرات زمین شناسی گاز رادون در منطقه رامسر و راهکار های کاهش اثر های آلودگی، سامانه اینترنتی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
3. حاج علیلو، بهزاد. وثوق، بهرام، (1388)، زمین شناسی پزشکی، انتشارات دانشگاه پیام نور، 248 صفحه.
4 . شهاب پور، جمشید. (1384)، زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان. ، 543 صفحه.

5- Aliyev, Ch. S.(2005) Variation of subsoil radon concentration during earthquakes, International workshop for: Recent Geodynamics, Georisks and Sustainable Development in the Black Sea to Caspian Sea region, 3-6 July, Baku.
6.http://www.gcrio.org/geo/karst.html,2004
7. http://www.unomaha.edu/geomorf/Jessica/intro.html

بررسی سیستم های مختلف کاهش رادون در آب مصرفی در خانه

آذروند بهاره[1] * – ایمانی راد رضا[2]
[1] دانشگاه پیام نور
[2] دانشگاه محقق اردبیلی
Ba_azarvand@yahoo.com

چکیده

از سال 1980رادون به عنوان یکی از عوامل مخاطره آمیز سلامت عمومی شناسایی شده است. این گاز طبیعی رادیو اکتیویته از پوسته زمین تراوش نموده و از میان کف هزاران خانه به درون آن نفوذ می کند. تا کنون مطالعات رادون معطوف به رادون موجود در هوا بوده و رادون موجود در آب به عنوان یک مشکل قلمداد نمی گردید. مطالعه حاضر اطلاعاتی در مورد رادون موجود در آب داده و روشهای کاهش آن را معرفی می نماید.

واژگان کلیدی : *رادون ، کربن فعال، پاشش، هوادهی*

Radon reduction systems in drinking water in home

Azarvand bahare[1] – imani raad reza[2]
Payame noor university.
Mohageg university.

Abstract:

Scince 1980 radon is introduced as dangerous factor for human health. This natural radioactive gas seeped out of the earth's crust and to the basement of thousand of homes. Until recently, radon concerns have focused on airborne radon and radon in drinking water was not considered a problem. This study is discussed about radon in water and methodes to reduce it.

Key words: Radon, active carbon, spray, ariation

مقدمه :

رادون به صورت طبیعی به شکل گاز رادیواکتیو از واپاشی سری های رادیوم و اورانیوم تولید می شود. این گاز از میان شکافها و درزهای پوسته زمین ساطع شده و در آب زیر زمینی حل شده و یا از میان شکافهای فنداسیون خانه ها به درون آنها تراوش می نماید ویا از میان خاک متصاعد مینماید می گردد.

رادون پس از تشکیل به سمت سطح زمین حرکت نموده وبه یک سری از عناصر فروپاشی می نماید. این محصولات رادون یا دخترهای آن با آزادی کمتری نسبت به رادون در هوا حرکت می کنند و در نهایت آنها به ذرات گرد و غبار می چسبند. از آنجایی که رادون توسط بینی فیلتر نمی شود باعث بروز برخی مشکلات در سلامتی انسان می گردد.

مطالعات اخیر از کارگران معدن اورانیوم و سنگهای آذرین نشان می دهد احتمال ابتلا به سر طان ریه در این افراد به دلیل استنشاق گاز رادون بالا است . بررسی بیشتر این تاثیر تعین احتمال ابتلا بسیار

دشوار می باشد. با وجود این سازمان حفاظت محیط زیست تخمین هایی را در اطلاعات اثرات زیست محیطی ارائه نموده است. این اطلاعات مربوط به گاز رادون آزاد شده از آب و استنشاق آنها می باشد.
عموما آشامیدن آب حاوی رادون عامل موثر برای ابتلا به سرطان نمی باشد اگر چه محققان بروز سرطان معده را به دخترهای رادون در طول مدت هضم مربوط می دانند اما این نظریه هنوز اثبات نگردیده است .

رادون محلول در آب :

رادون محلول در آب عموما از آب چاههای عمیق منشا می گیرد اگر چه منابع آب سطحی نیز با این آلودگی مواجه می با شند. به طور معمول میزان رادون محلول در آب بسیار کمتر از میزان آن در جو می با شد اما حتی این مقدار کم گاز قادر به افزایش رادون در حین شستشو، لباسشویی، ظرفشویی و غیره می گردد.
EPAتخمین زده 2 الی 5 در صد از رادون موجود در هوا از آب مصرفی در خانه حاصل می گردد. و آنها تخمین زده اند که حتی این مقدار کم از گاز احتمال ابتلا به سرطان را افزایش می دهد. EPA میزان مجاز رادون در هوا را تا4 pci/l تعیین نموده است که برای بیش از این مقداراستفاده از یکی از روشهای اصلاحی توصیه می گردد. به ازا ی هر1000 pci/l رادون محلول در آب تقریبا 1 pci/l به هوا آزاد می گردد. EPA میزان رادون مجاز در آب را 300 pci/l تعیین نموده است. یک مطالعه نشان داده که 60% چاههای پنسیلوانیا میزان رادون بیش از این مقدار مجاز را دارند.

اندازه گیری و تعیین میزان رادون :

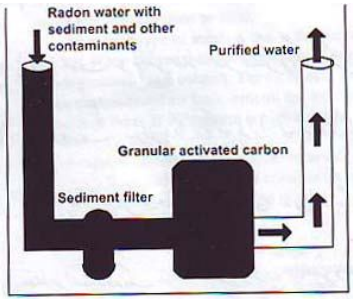
از آن جایی که رادون گازی بی بو و نامرئی است توسط حواس غیر مسلح قابل تشخیص نمی باشد با توجه به اینکه رادون و دختران آن مربوط به عناصر رادیو اکتیو بوده و پیوسته فرو پاشی می نمایند، ذرات رادیو اکتیوی ساطع می نمایند که اشعه آلفا و بتا نامیده می شوند. بنابراین اندازه گیری رادون در آب مستلزم نمونه برداری خاص و به کارگیری تکنیکهای آزمایشگا هی می باشد که قبل از فرار رادون از نمونه میزان آن را تعیین نماید.

عملیات تصفیه :

عملیات تصفیه آب حاوی رادون باعث حذف رادون قبل از تراوش آن به هوا می گردد بنابراین کاهش میزان رادون در آب بدون توجه به کاهش رادون نفوذی به ساختمان از طریق هوا خطرات گاز رادون در منزل را کاهش نمی دهد .

A -تصفیه در هنگام ورود:

یک روش برای حذف رادون از آب استفاده از سیستم کرب فعال گرانولی می باشد شکل 1 یک واحد GAC را به طور شماتیک نشان می دهد. GAC از یک مخزن فایبر گلاس حاوی کربن فعال گرانولی به عنوان مواد ریز نگهدارنده گاز رادون تشکیل یافته است.



شکل (1): نمای شماتیک واحدکربن فعال گرانولی

به دلیل اندازه ریز ذرات کربن، رسوبات و سایر آلاینده ها باعث گرفتگی این ذرات می گردند. برخی دستگاههای GAC مجهز به سیستم شستشوی معکوس می باشند. این سیستم کارائی کربن برای حذف رادون را کاهش می دهد. حذف رسوبات و تعبیه فیلتر قبل از ورود آب به واحد GAC روش مناسبی برای بر طرف نمودن گرفتگی کربن می باشد .

برخی تخمین ها نشان می دهند که این واحد برای کاهش رادون کمتر از میزان 30000pci/l مناسب می باشد. و برخی معتقدند که این میزان 5000pci/l می باشد.

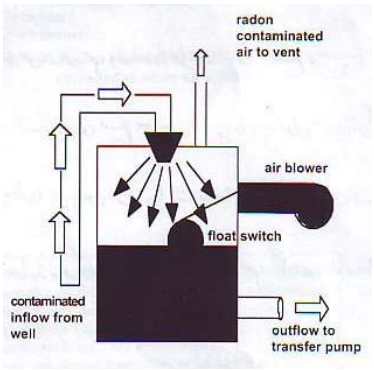
بهترین روش برای تصمیم گیری، تعیین میزان رادون درآب و بررسی راندمان واحد GAC به کار رفته است. براساس EPA واحد سه فوت مکعبی قادر به تصفیه 250گالن آب در روز می باشد. بطور متوسط در هر شبانه روز 50 الی100 گالن آب به ازای هر نفر مصرف می گردد. فیلترهای GAC در صورتی که رسوب و آلودگی های ارگانیک از آب حذف شود، قادر به حذف رادون به صورت نامحدود است.

اشکال اساسی استفاده از فیلترهای GAC رادیو اکتیو شدن فیلتر حین جدا سازی گاز رادون می باشد. سرب 210 در ساخت این فیلترها به کار گرفته می شود تا از تشعشع رادیو اکتیو آن حین واپاشی جلوگیری نماید. استقرار این فیلتر در مکان بیرون از خانه یا یک مکان محفوظ ضروری بوده و در صورتی که میزان رادون بالا باشد پوشش آن الزامی است . نگهداری مناسب و به کار گیری صحیح واحد GAC باعث کاهش اثرات منفی این فیلتر می گردد. تصفیه مناسب آب ورودی به فیلتر GAC به منظور حذف رسوبات و جلوگیری از ته نشینی مواد روی ذرات ریز کربن روش مناسبی برای بهره برداری بهینه از این نوع فیلتر می باشد علاوه بر آن کنترل مرتب آب جهت اطمینان از حذف مناسب رادون ضروری است.

B- واحد های هوا دهی خانگی :

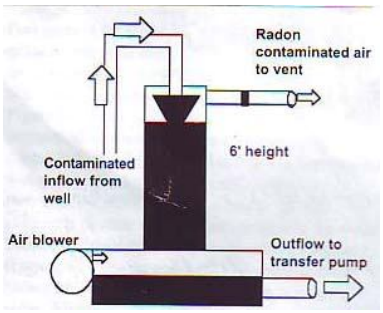
EPA هوادهی را بعنوان بهترین روش جهت حذف رادون از آب معرفی کرده است. در هوادهی خانگی، آب حاوی رادن در معرض میزان مناسبی از هوا قرار می گیرد تا رادون موجود در آن مجال فرار به هوای فوق الذکر را قبل از رسیدن به مصرف کننده داشته باشد. با بکار گیری تکنولوژی های روز، در سیستم های هوادهی، راندمان حذف رادون در این سیتم ها تا 99.9% افزایش یافته است. این سیستم ها برای حذف غلظت های بالا تر از 30000pci/l رادون نیز قابل استفاده می باشند.

در شکل 2 یک سیستم هوادهی پاششی نشان داده شده است.آب حاوی رادون توسط نازلها به درون تانک پاشش داده می شود. سطح گسترش یافته قطرات آب پاشش شده باعث فرار گاز رادون از آب به درون هوای دمیده شده به تانک شده و نهایتا توسط یک فن، هوای حاوی رادون به خارج ساختمان تخلیه می گردد. حدود 50% رادون در اولین پاشش حذف می گردد.لیکن آب به دفعات پاشش داده می شود تا راندمان سیستم افزایش یابد.



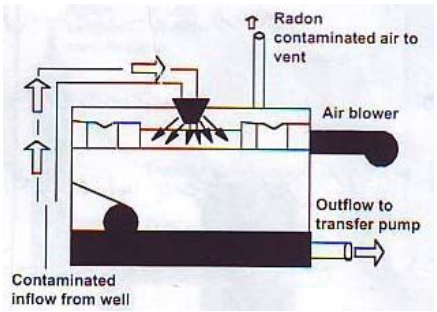
شکل (2): نمای شماتیک سیستم تصفیه هوادهی پاششی

نوع دوم واحد هوادهی، ستون فشرده نامیده می شود.آب از میان فیلم نازک مواد فشرده داخلی در ستون حرکت می کند. دمنده هوا، هوای حاوی رادون را به طور معکوس در داخل ستون به سمت یک فن تخلیه می راند. اگر ستون به اندازه کافی بلند باشد، راندمان حذف بین 90 الی 95 درصد خواهد بود. ستونهای فشرده وقتی غلظت رادون بیش از 20000 pci/l باشد غیر قابل استفاده می گردند.



شکل (3): نمای شماتیک سیستم تصفیه هوادهی ستون فشرده

در آخرین سیستم هوادهی یک سینی کم عمق اجازه تماس هوا و آب را می دهد. آب حاوی رادون بروی سینی پاشیده می شود و هوا از زیر سینی و از سوراخهای کوچک دمیده می شود.
این سیستم 99.9% راندمان حذف داشته و هوای حاوی رادون به سمت بیرون تخلیه می گردد. آب تصفیه شده در پایین تانک جمع شده و به مخزن تحت فشار پمپاژ می گردد.



شکل (4): نمای شماتیک سیستم تصفیه هوادهی سینی کم عمق

مزایای این روش هوادهی عبارت است از : استفاده از دمنده فشار پایین هوا، عدم وجود مشکل رسوب گذاری روی سوراخهای هوا در کف سینی و سایز کوچک سیستم. اگر چه این سیستم در مقایسه با سایر سیستم ها هوای زیاد بمیزان 100 فوت مکعب در دقیقه مصرف می کند که باعث افت فشار در کف ساختمان می گردد.

منابع :

- Paul D.robillard , Reducing Radon in drinking water,
- National Collabrating centerfor Enviromental Health, Effective interventions to reduce indoor radon levels, December 2008.

بررسی روشهای مختلف کاهش رادون در مناطق مسکونی

آذروند بهاره[1] * – ایمانی راد رضا[2]
[1]دانشگاه پیام نور
[2]دانشگاه محقق اردبیلی
Ba_azarvand@yahoo.com

چکیده

مطاله اخیر روشهای کاهش میزان رادون را در مناطق مسکونی مورد بررسی قرار می دهد. با توجه به اینکه گاز رادون دومین عامل بروز سرطان ریه در کل جهان می باشد ، در سالهای اخیر مطالعات فراوانی جهت اندازه گیری گاز رادون و کاهش آن صورت گرفته است . مطالعه حاضر به بررسی روشهای کاهش میزان رادون در مناطق مسکونی و مقایسه کارایی این روشها می پردازد .

واژگان کلیدی : رادون ، تهویه، چاله، کاهش فشار

Radon reduction methods in houses

Azarvand bahare[1] – imani raad reza[2]
Payame noor university.
Mohageg university.

Abstract :
Present study has dicused about reducing of radon level in houses. Considering that radon is known as second largest cause of lung cancer, much more studies have been publised about measurement and reducing of radon at recent years. This study is discused about the weys of reducing radon level and comparing methods and their efficieny with to gether.
Key words: Radon, ventilation, sump, depressursion

مقدمه :

رادون گاز رادیواکتیو طبیعی است که محصول واپاشی Ra^{226} و U^{238} در خاک ، سنگ و آب می باشد. گاز رادون از زمین متصاعد و در هوا پخش می‌شود، دختر هسته‌های پرتوزای رادون که در شرایط عادی جامدند، به غبارهای موجود در جو ملحق می‌شوند. پرتوزایی ناشی از این چشمه‌های جوی در نقاط مختلف زمین متفاوت است و به تراکم‌های محلی اورانیوم و توریم موجود در زمین بستگی دارد. تنها گاز رادون نیست که مردم را تحت تابش قرار می‌دهد بلکه محصولات واپاشی کوتاه عمر Rn^{222}، یکی از مهمترین چشمه‌های پرتوگیری طبیعی است و در نتیجه می‌تواند باعث بروز سرطان در بافتها و غدد بدن شود. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و سایر سازمانهای بین المللی در مورد مخاطره آمیز بودن گاز رادون برای سلامتی انسان به عنوان ماده ای سرطان زا هشدار داده اند بنابراین اخیراً برنامه گران قیمت بیشتر کشورها اندازه‌گیری سطوح چهارچوب گاز رادون و تشخیص مناطق جغرافیایی سرطانی می‌باشد. بر اساس استاندارد ICRP(کمیته بین المللی حفاظت در برابر اشعه) حد بحرانی مقدار گاز رادون ودختران آن درهوا 30 Pci/lit($1100Bq/m^3$) و ماکزیمم حد مجاز غلظت آن درهوا بر اساس استاندارد EPA 4 Pci/lit($147Bq/m^3$) می باشد.

در اثر تغییرات دما و باد فشار هوا در داخل خانه اغلب پایین تر از فشار هوا در محیط اطراف و به ویژه خاک زیر ساختمان می گردد به منظور جبران این خلاء نسبی هوا به سمت داخل خانه نفوذ پیدا می کند و از طریق شکافها و حفره های کف دیوارها و سرویس های بهداشتی وارد خانه می گردد. گاز رادیواکتیو رادون اگرچه در محیط باز می‌تواند واپاشی کند ونابود شود، ولی در داخل محیط بسته دوباره تولید می‌شود. این هوا ممکن است حاوی میزان متفاوتی از رادون باشد که در برخی نواحی این میزان از مقدار مجاز بیشتر است. کاهش رادون تا حد مجاز کار دشوار و پیچیده ای نمی باشد اما بدلیل اینکه نشت مربوط به خطرات نشت گاز رادون موضوع جدیدی است کار تخصصی بر روی این موضوع صورت نگرفته است. برای کاهش رادون در مناطق مسکونی بهترین کار ممانت از نفوذ رادون به خانه می باشد. و چنانچه عملی نباشد، نسبت به خارج ساختن گاز نفوذی باید تلاش کرد. تا میزان رادون داخل خانه به حد مجاز برسد. پنج روش عمده برای این منظور معرفی می گردد. که بسته به نوع ساختمان و میزان گاز رادون، مناسب ترین روش از بین پنج گزینه انتخاب می گردد.

شرح و بحث

این پنج گزینه به ترتیب ذیل می باشد:

A-نصب چاله رادون (sump hole suction)

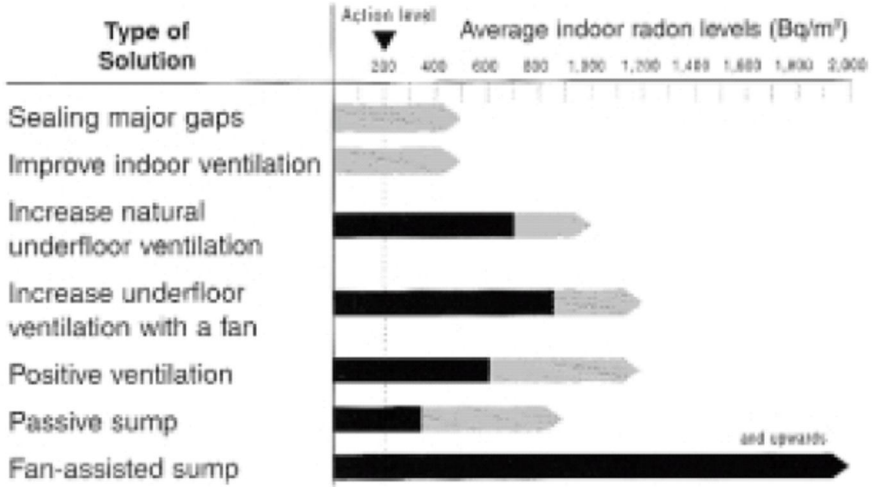
B-استفاده از سیستم تهویه در زیر کف چوبی ساختمان

C-استفاده از تهویه با فشار نصب در محل سکونت

D-هوا بندی شکافها و حفره های موجود در کف بتنی

E-تغییر روش تهویه خانه

دیاگرام زیر تائید هر یک از روشها را در کاهش میزان رادون ارائه می دهد ناحیه مشخص شده با رنگ سیاه بیانگر احتمال بالای موفقیت آمیز بودن روش می باشد. و ناحیه مشخص شده با رنگ خاکستری نشان دهنده برخی موارد که منجر به موفقیت آمیز بودن روش شده می باشد.



بعد از انتخاب گزینهٔ مورد نظر، مجددا تست رادون به مدت 3 ماه صورت می پذیرد و بدین وسیله موثر بودن روش انتخابی کنترل می گردد. مقاله حاضر روشهای مناسبی به منظور کاهش میزان رادون تا حد مجاز در محیط فعالیت را ارائه می نماید:

انتخاب A: نصب چاله رادون (radon sump) :

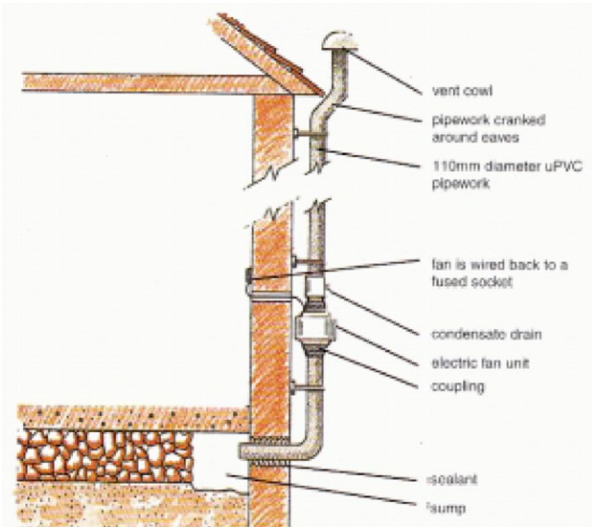
اگر محل سکونت شامل یک کف بتنی در زیر طبقهٔ چوبی باشد این روش می تواند یک روش موثر و انتخاب خوب قلمداد گردد. در اغلب موارد این روش قادر است میزان رادون را تا 90% کاهش دهد.

یک چاله زیر کف صلب حفر می گردد و یک لوله از داخل چاله به سمت هوای بیرون نصب می گردد. فن نصب شده بر روی مجرای لوله ، فشار داخل چاله در زیر کف را تعدیل می نمایند به گونه ای که رادون انتشار یافته از خاک زیر ساختمان به سمت چاله و از طریق مجرا به بیرون هدایت می گردد و میزان رادون نفوذی به منطقه مسکونی کاهش می یابد. سپس رادون از لوله عبور نموده و در فضای آزاد تخلیه می گردد.شکل (1)

عموما فن بصورت مکش هوای حاوی رادون را تخلیه می نماید و لیکن نوع دمش آن نیز قابل استفاده است در این روش نیازی به کارهای ساختمانی در داخل خانه نمی باشد. بطوریکه با حفر یک چاله به قطر 110 میلیمتر زیر کف تا عمق پایین تر از مصالح زیرین می توان این چاله را ایجاد نمود سپس یک لوله به چاله متصل می گردد و هوای حاوی رادون توسط یک فن کوچک به داخل چاله کشیده می شود. بهترین موقعیت برای خروجی لوله بلندترین نقطهٔ ساختمان و ترجیحا پشت بام می باشند. و خروجی لوله نباید مجاور پنجره یا درب باشد. اگر لوله در کنار ساختمان به سمت بالا نصب شود باید یک مجرای تخلیه به آن نصب شود تا آب تقطیر شده به داخل فن برنگردد.

تعداد چاله ها بسته به پلان و جا نمایی خانه، نوع کف ساختمان و شیب زمین دارد. عموما یک چاله برای هر ساختمان کافی است اما اگر ساختمان دارای مساحت زیادی باشد، ویا خاک زیر آن بسیار

نفوذ پذیر باشد و یا یک دیوار فضای زیر کف را به چند ناحیه تقسیم نماید در آن صورت نیاز به احداث دو یا چند چاله خواهد بود.



شکل (1) : نمای شماتیک چاله و لوله خروجی با فن

- **موقعیت نصب فن:**

فن عموما بدون درز و در خارج خانه نصب می گردد و ممکن است توسط یک جعبه پوشانده شود. از آنجائیکه این فن بصورت شبانه روزی کار می کند بهتر است در مجاورت اتاق خواب نصب نگردد تا صدای آن مزاحمتی ایجاد ننماید.

- **سیستم ذخیره انفعالی:**

در برخی مواقع نیازی به نصب فن بر روی مجرای عبور گاز رادون نمی باشد و هوای حاوی گاز رادون به صورت طبیعی در مجرا بالا رفته و از انتهای لوله خارج می گردد.

لوله انفعالی با ترکیب دو عامل هوا را به سمت بالا می راند و این دو عامل عبارتند از: حرکت هوای گرم به سمت بالا و عبور باد از دهانهٔ لوله در خروجی.

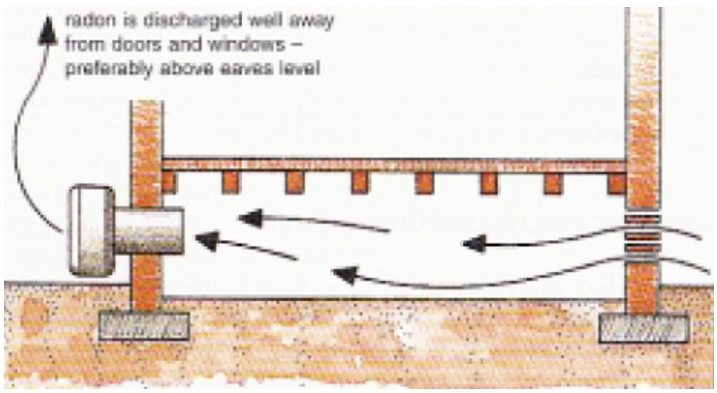
از طرفی سیستم انفعالی بازده کمتری نسبت به سیستم مجهز به فن دارد و برای تخلیه گاز رادون کمتر از $400Bq/m^3$ توصیه می گردد. ولی از طرف دیگر بدلیل هزینه جاری کمتر و کارکرد بدون صدا مناسب می باشد.

گزینه B- نصب تهویه در زیر کف چوبی(sub-slab ventilation) :

با افزایش گردش هوا در زیر، میزان رادون منتشر شده رقیق گردیده و در اتمسفر تخلیه می گردد. نصب هواکش برای خانه های با میزان رادون کم مناسب می باشد. ولی اگر میزان رادون بیشتر باشد،

نصب یک فن باعث افزایش حرکت هوا می گردد. هدف از این کار رقیق نمودن هوای حاوی رادون و یا تخلیه آن از زیر کف خانه است هواکش ها بالاتر از زمین و در هر دو جهت خانه نصب می گردند، تا جریان هوا از هر دو طرف برقرار گردد. چنانچه به طور طبیعی جریان مناسب هوا برای کاهش میزان رادون برقرار نگردد با نصب یک فن شدت جریان هوا افزایش و بدین ترتیب رادون انباشته شده دفع می گردد.شکل (2)

استفاده از سیستم فن دمنده باعث کاهش دمای زیر کف ساختمان می گردد و در فصل زمستان احتمال یخزدگی تاسیسات زیر کف ساختمان افزایش می یابد. و همچنین بدلیل ایجاد فشار مثبت در کف ساختمان احتمال نفوذ هوا به داخل ساختمان افزایش می یابد.



شکل (2): نمای شماتیک تهویه زیر کف

گزینه C- تهویه خانه با سیستم فشار مثبت (posetive pressure ventilation) :

در این روش بادمیدن هوا به داخل خانه گاز رادون ورودی رقیق می شود. و همچنین بدلیل وجود فشار مثبت در داخل خانه، میزان گاز رادون که از طریق کف و درزها وارد خانه می شود کاهش می یابد که به این روش ایجاد فشار مثبت نیز می گویند. لیکن این روش در خانه هایی کاربرد دارد که از نظر هوابند بودن در سطح بالایی قرار دارند.

این روش برای غلظت های دو تا سه برابر میزان مجاز توصیه می شود. و برای مقادیر بیشتر مناسب نمی باشد. با نصب فن دمنده هوای تازه به داخل ساختمان هدایت می شود که هم باعث رقیق شدن رادون موجود در هوا شده و هم با ایجاد فشار مثبت مانع از مکش رادون بداخل ساختمان می گردد. و از عیوب آن افت دما در مجاورت فن و افزایش هزینه تامین انرژی است .

گزینهD - هوابندی شکافها و حفره ها در کف صلب بتنی(sealing of cracks):

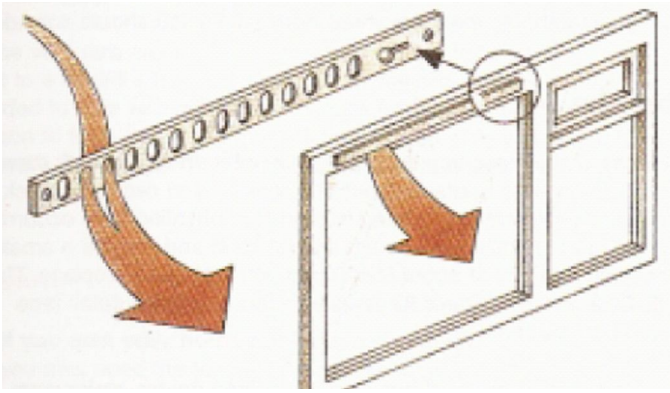
این روش میزان گاز رادون عبوری از کف را کاهش می دهد. و بنابراین گاز رادون به فضای بیرون متصاعد می گردد. اگر میزان گاز رادون از حد مجاز بیشتر نباشد. این روش مناسب است ولی بهتر است این روش بصورت ترکیبی با سایر روشها بکار رود این روش برای کف های بتنی مناسب بوده و

برای کف چوبی توصیه نمی گردد. زیرا هوابندی کف چوبی باعث خشک شدگی کف و انقباض آن می شود با استفاده از ترکیبات انعطاف پذیر و ضد آب (رنگ پلی اورتان و غیره) روی شکافهای کوچک را رنگ نمائید و توسط پرکننده ای انعطاف پذیر شکافهای بزرگتر را پر می نمایند و سپس روی آن را رنگ آمیزی کنید. به این ترتیب تمامی شکافها هوا بندی شده و مانع از نفوذ رادون می گردد.
چنانچه کف ساختمان در شرایط نامناسبی بوده و شکافهای متعدد بزرگ در کف باشد ناگزیر از تعویض کف بوده و در حین تعویض فرصتی برای ساخت چالهٔ رادون و نصب لوله و فن برای تهیه رادون پیش می آید.

گزینه E- تغییر روش تهویه خانه (change the way of ventilation):

1- نصب تهویهٔ روزانه ای به قاب پنجره های طبقه پایین و قطع کردن و هوابند نمودن دودکش های غیر ضروری.
2- استفاده از پنجره های طبقهٔ پایین برای تهویه هوا و اجتناب از باز کردن پنجره های طبقات بالاتر.
3- اجتناب از استفادهٔ ممتد از فنهای تخلیه در آشپزخانه و سرویسهای بهداشتی.

مورد اول تاثیر کمی در کاهش گاز رادون خواهد داشت و برای خانه هایی با میزان کم گاز رادون پیشنهاد می گردد. و دو مورد آخر نیز بدلیل انباشتگی بوهای نامطبوع، و نفوذ هوای سرد و افزایش رطوبت پیشنهاد نمی شود.



شکل (3): نمای شماتیک تهویه انفعالی

نتیجه گیری :

جدول (1) میزان تاثیر هر کدام از این روشها را که در نقاط مختلف دنیا بکار گرفته شده نشان می دهد . مطابق با این جدول بکارگیری چاله رادون همراه با فن بیشترین کارایی را در کاهش میزان رادون داشته است .

بطورکلی اطلاع از میزان گاز رادون انباشته شده در داخل خانه، در تصمیم گیری جهت انتخاب گزینه مناسب کمک بسزایی خواهد نمود. لذا توصیه می شود تا میزان گاز رادون مناطق مسکونی و عمومی سنجیده و نسبت به کاهش آن تا مقدار مجاز تصمیم گیری گردد.

منابع :

1- Enviroment and Heritage Service, Radon a guid to reducing levels in your home, july 2002.

2- National Collabrating centerfor Enviromental Health, Effective interventions to reduce indoor radon levels, December 2008.

3- Enveiromental Protection Agency, Radon mesuments in schools,july 1993

نتیجه	سیستم بکاررفته جهت کاهش رادون	میانگین اولیه غلظت رادون Bq/m^3	روش سنجش	مکان
میزان رادون در 100% منازل مسکونی زیر $200Bq/m^3$ با میانگین $200Bq/m^3$	B-A	487.6	سنجش میزان رادون 3 ماه قبل و بعد از بکارگیری سیستم با استفاده از آشکارساز (alpha Track- edge)	180 خانه مابین سالهای 1993-2004 در انگلستان
موفقیت آمیز بودن کلیه روشها : در روش A 96.5% زیر $200Bq/m^3$ در روش B 100% زیر $200Bq/m^3$ در روش E 84 % زیر $200Bq/m^3$	A-B-E	108 کلاس 400- 200 195 کلاس 400- 1000 72 کلاس 1000بیشتر	سنجش میزان رادون 9 ماه قبل وسه سال بعد از بکارگیری سیستم به مدت 3 ماه با استفاده از آشکارساز آلفا CR – 39	375 کلاس در 93 مدرسه مابین سالهای 2002-2000در ایرلند
میزان رادون در کلیه مراکز به زیر حد مجاز $400Bq/m^3$ در محل کار(UK) رسید .	A	1219	سنجش میزان رادون در پایان هر ماه به مدت سه ماه قبل و بعد از بکارگیری سیستم با استفاده از آشکارساز (alpha Track- edge)	8 مرکز بهداشت در انگلستان
بیشترین کاهش توسط سیستم A 94.85 % کمترین کاهش توسط سیستم D 59.4 %	A-B-C-D-E	–	میزان رادون قبل و بعد از اصلاح برای مدت 6 سال سنجیده شده است. کلیه اندازه گیری ها توسط آشکارساز (alpha Track- edge) صورت پذیرفته است.	56 خانه در انگلستان
بکارگیری این سیستم در زمان ساخت خانه در کاهش میزان رادون تاثیرداشته است . میانگین غلظت رادون در این خانه ها 59.7 Bq/m3 می باشد. نصب این سیستم در 40% ساختمانها موجب کاهش میزان متوسط سالیانه رادون تا کمتر از میزان مجاز شده است. با بررسی ساختمان های قدیمی مشاهده شده است که نصب این سیستم موجب کاهش رادون تا 10 مرتبه یا بیشتر گردیده است.	D	–	سنجش میزان رادون بعد از نصب سیستم در اتاق خواب های اصلی ومناطق مسکونی و کنترل به مدت سه ماه با استفاده از آشکارساز (alpha Track- edge)	64 خانه در حال ساخت

گاز رادون و اثرات زیست محیطی آن

منصوری، برهان*[6] ، ابراهیم پور، محمد[7]

گروه محیط زیست ، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

[1] E-Mail : borhanmansouri@yahoo.com *

[۲] E-Mail : MHKASMAN@yahoo.com

چکیده

گاز رادون یکی از مواد رادیو اکتیو بی رنگ، بی بو و نامرئی می باشد. رادون از اورانیوم و رادیوم طبیعی موجود در زمین گسیل می شود، از طریق منافذ خاک به سطح زمین می رسد و بطور طبیعی داخل آب ها نیز یافت می شود. از این گاز برای پیش بینی زمین لرزه، اکتشافات اورانیوم، نفت و آب های زیرزمینی، مناطق دارای انرژی ژئوترمال، فعالیت های آتشفشانی و تهیه نقشه گسل های موجود در زمین به کار می رود. گاز رادون یک گسیلنده آلفاست که از طریق تنفس وارد مجاری تنفسی می شود. به دلیل نیم عمر کوتاه سریعاً واپاشیده و به عناصر جامد تبدیل می شود. تجمع این جامدات پرتوزا در شش ها میتواند سبب بروز بیماری ریوی و سرطان مجاری تنفسی شود. قوانین محیط زیست تا حدودی کیفیت هوای محیط باز را بهبود بخشیده، اما به مشکلات فضای بسته توجه زیادی نشده است.

واژگان کلیدی: *رادیو اکتیو، بیماری ریوی، سیستم تنفسی*.

Radon gas and its environmental effects

Borhan Mansouri* , Mohammad Ebrahimpour

Department of Environmental Sciences , Faculty of Agricultur University of Birjand , Birjand , Iran .

E-mail: borhanmansouri@yahoo.com

Abstract

Radon gas is a radioactive gas that is colorless, odorless and invisible. It forms from the radioactive decay of uranium and natural radium present in rocks and soils, it comes to surface by soil pores, it also found naturally in water. It is used for earthquake prediction, and also for uranium, petroleum and ground water exploration, geothermal energy, volcanic action and map preparation of fault. Radon emits alpha particles that enters lung. Because of short half time, it decays and produces several solid radioactive. Accumulation of these solids in lung can produce lung disease and cancer of respiratory system. Environmental law improved the outdoor air quality but no concern to problems of indoor space.

Keywords: Radioactive, Lung disease, Respiratory system.

---

[6] - دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست

[7] - استادیار محیط زیست

مقدمه

رادون(^{222}Rn) یک گاز پرتوزای طبیعی بدون رنگ، بو، مزه، طعم، با نقطه ذوب برابر با 71- درجه سانتیگراد، نقطه جوش برابر 61/7- درجه سانتیگراد، چگالی 8 برابر هوا و یکی از سنگین ترین گازها بوده که برای سلامتی مضر است(1). عنصری که رادون نامیده می شود عدد اتمی آن 86 با 27 ایزوتوپ،که از ^{220}Rnشروع و به ^{226}Rn ختم شده و همه آنها ناپایدارند. از این ایزوتوپها، تنها ^{222}Rn، ^{220}Rn، ^{219}Rn در طبیعت تولید شده، که نیمه عمر ^{220}Rn، ^{219}Rn به ترتیب برابر 55/61 و 3/96 ثانیه می باشد. البته پایدارترین ایزوتوپ آن Rn-222 است که نیمه عمر 3/8 روز دارد(3) و در پرتو درمانی استفاده می شود . گاز رادون از نظر شیمیایی بی اثر است، لیکن به دلیل نیمه عمر کوتاهی که دارد به راحتی به سایر عناصر مانند پلوتونیوم، سرب و بیسموت تبدیل می شود، عناصر مذکور از شیمیایی فعال هستند و به راحتی جذب سطح ذرات گرد و غبار و سایر مواد قابل استنشاق می گردند که به این طریق قادر هستند تا اعماق ریه ها نفوذ کنند(۲،۹،۱۰). 55% از پرتوگیری طبیعی هر فرد در طول سال ناشی از وجود این گاز رادیواکتیو، % 11 ناشی از پرتوگیری داخلی که در نتیجه مصرف مواد غذایی و آشامیدنی وارد بدن می شوند(موادغذایی وآشامیدنی نیزبطورطبیعی حاوی مقداری مواد رادیواکتیومی با شند)، % 8 ناشی از پرتوگیری کیهانی ، % 6 ناشی ازپرتوگیری از زمین و% 18 ناشی از پرتوگیری مصنوعی (شامل تصویربردا ری با ا شعه x یا استفاده از رادیو داروها در پزشکی هسته ای و...) است که مجموع پرتوگیری سالانه هر فرد از این منا بع طبیعی درحدود 3/ 6 msv در سال می با شد(7).

تاثیرات بهداشتی رادون

رادون در محیط زیست به صورت گازی وجود دارد. در نتیجه از راه تنفس وارد بدن انسان می شود. به طور کلی میزان رادون موجود در دیگر بخشهای زیست کره، پایین است اما در محیطهای بسته میزان رادون موجود درهوا اندکی بالاتر است. در خانه، مدرسه و ساختمانها، میزان رادون بیشتر است. زیرا رادون از طریق شکافهای موجود وارد خانه می شود. قرار گرفتن در معرض رادون، دومین عامل ابتلاء به سرطان ریه بعد از دود سیگار است(جداول 1و2). براسا س گزارش EPA درایالات متحده هرسال 160000 ازمردم بر اثر ابتلا به سرطان ریه جان خود را از دست می دهند که مرگ 19000 نفر ناشی از گاز رادون موجود درهوا می باشد و درحدود 160 نفر براثر وجود گاز رادون درآ ب می میرند و سایر افراد در اثر استنشاق دود سیگار به این سرطان مبتلا و جان خود را از دست می دهند(7). رادون یکی از ترکیبات رادیواکتیو است که به ندرت در محیط به صورت طبیعی

وجود دارد. اکثر ترکیبات رادون موجود در محیط زیست ناشی از فعالیتهای بشری هستند. رادون از راه خاک، معادن اورانیوم و فسفات و احتراق ذغال وارد محیط می شود.بخشی از رادون موجود در خاک به سطح می رسد و از راه تبخیر وارد هوا می شود. در هوا ،ترکیبات رادون به ذرات گرد و غبار و دیگر ذرات می چسبند. رادون می تواند در خاک به سمت بخشهای پایینی حرکت کند و وارد آب زیرزمینی می شود. اما قسمت عمده رادون در خاک باقی می ماند.

جدول 1- تأثیرات تشعشع گاز رادون بر بدن انسان

مقادیر (Rems)	تاثیرات
0-25	از بین رفتن گلبولهای سفید خون
25-100	معده درد، خونریزی معده، خستگی مفرط
100-200	معده درد، خستگی مفرط، کاهش گلبولهای سفید، مرگ احتمالی
200-400	مرگ حتمی، نازک شدن استخوانها، سرطان خون(عدم مراجعه به پزشک)
>400	حتی با انجام کارهای پزشکی مرگ حتمی است

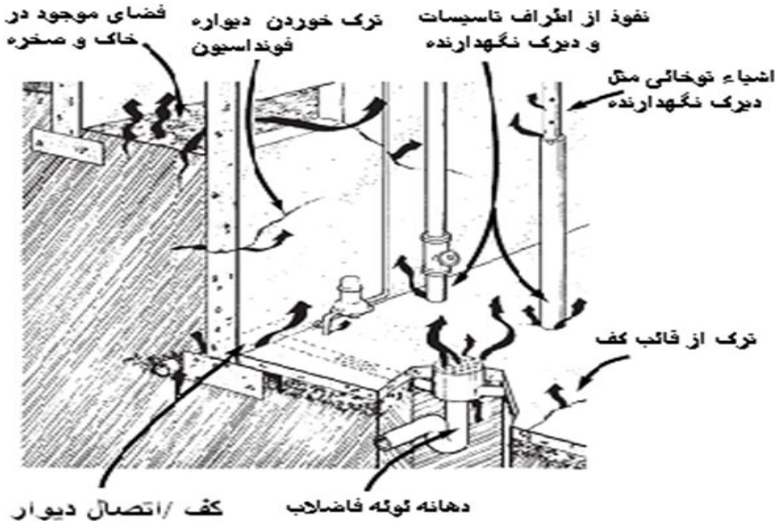
ریسک خطرسرطان ریه برای محیطی با آلودگی گاز رادن Pci/lit 4 با در نظر گرفتن میانگین طول عمر 74 سال برای افراد غیرسیگاری بین نیم تا یک درصد و برای افرادسیگاری بین چهار تا پنج درصد (براسا س تحقیقات EPA) می باشد. البته برای مناطق شهری که معمولا مناطقی با اکتیویته بالا نیستند مقدارغلظت این گاز در حدود Pci/lit 1/5 -0/7 می باشد، که ریسک ابتلا به سرطان با این مقداربرای افراد سیگاری بین 2 –1% می باشد(7). نتایج تحقیقات و آمارگیری نشان داده است که ریسک ابتلا به سرطان ریه ناشی از گاز رادون در مردان حدود 1/5 برابر زنان است.همچنین ریسک ابتلا به این نوع سرطان تابعی از سن افراد، مدت زمان پرتوگیری از این گاز، سیگاری بودن یا در معرض دود سیگار بودن، جنسیت، شرایط فیزیکی بدن افراد ،استعداد زنتیکی ابتلا به سرطان و موقعیت جغرافیائی افراد دارد(۶،۷) .

جدول 2- خطر ابتلاء به سرطان ریه با در نظر گرفتن فاکتور سیگار

خطر ابتلا به سرطان ریه ناشی از Rn-222 در 1 Bq/m^3		
	فرد سیگاری	فرد غیر سیگاری
مرد	$3/1 .10^{-4}$	$0/59 .10^{-4}$
زن	$2/0 .10^{-4}$	$0/4 .10^{-4}$

تجمع گاز رادون در ساختمانها:

تحقیقات زمین شناسی نشان داده است که غلظت گاز رادون محلول در آب های زیرزمینی پیش از زلزله تغییر قابل ملاحضه ای از خود نشان می دهد(3). بر این اساس اندازه گیری میزان رادون موجود در این آب ها به طور پیوسته با زمان از اهمیت زیادی برخوردار است. مطالعات نشان داده که گازهایی نظیر CH_4 ، CO_2 و N_2 باعث انتقال رادون از آب های زیرزمینی به سطح زمین می باشند(۸،۱۵). تجمع گاز رادون در ساختمانها، می تواند از چند راه صورت گیرد: 1- رادون درآب حل می شود و می تواند در آب برداشت شده از چاهها واردشده، باجریان خروج آب ازشیرهای آب آزاد شود. 2- رادون می تواند از خاکها و سنگهای زیر ساختمانها نشت کند و به ویژه در زیرزمینها و حفره های پی ها، درصورت تهویه نامناسب، تجمع یابد و 3- این گاز می تواند از مصالح ساختمانی همچون قطعات گرانیت، برخی تخته های ژیپسی (گچی)، سیمان پرتلند، برخی قطعات سرباره و کودهای فسفاتی، وارد ساخمانها شود. مهمترین منبع گاز رادون، نشت آن از خاکهای پی ساختمانها بوده و البته آگاهی از غلظت رادون در خاک یکی از ابزار مهم برای ارزیابی قابلیت خاک برای ساختمان سازی می باشد(8). سنگهای منشا اصلی رادون عبارتند از: 1- گرانیت 2- سنگهای غنی ازفسفات 3- شیلهای سیاه و دیگر سنگهای غنی ازمواد آلی4- باطله های معادن اورانیوم 5- نهشته های یخساری حاصل ازسنگهای غنی از اورانیوم.



شکل 1: راههای اصلی ورود گاز رادون به درون ساختمان

مواجهه با رادون در اماکن مسکونی :

مقادیر رادون در هوای داخلی اماکن مسکونی را می توان به روش های متعدد از جمله موارد زیر پایین آورد. این روش ها شامل : 1- بهبود تهویه منازل و بخصوص افزایش تهویه در سطوح پایین ساختمان ها(که به زمین نزدیکتراند) 2- جلوگیری از نفوذ رادون سطوح زیرین ساختمان ها به اتاق های نشیمن 3- پرکردن شکاف کف و دیوارها 4- بکارگیری سیستم تهویه مثبت 5- بکارگیری

Radon Sump System . جهت ایمنی در مقابل رادون باید برای ساخت خانه های جدید تدابیری در نظر گرفته شود(بویژه در مناطقی که غلظت رادون می باشد).

رادون در آب آشامیدنی

در برخی از کشورها آب آشامیدنی از منابع زیرزمینی(چشمه، چاه ها و قنات ها) تامین می شود. آب های زیرزمینی اغلب از بین سنگ هایی که بطور طبیعی دارای اورانیم و رادیوم(که رادون تولید می کند) هستند، عبور می کنند و به همین دلیل بیش از آبهای سطحی(رودخانه ها و دریاچه ها) رادون دارند. غلظت رادون در آب مصرفی در کشورها متفاوت بوده و انتخاب سطح مجاز غلظت رادون بر پایه میزان احتمال خطر آن استوار است. این سطوح برای معرفی خطرات تهدید کننده سلامتی جمعیت همانند سایر خطرات دیگر در زندگی روزمره در نظر گرفته می شوند. البته سطح حدود 20 Bq/L و بیشتر و حتی در برخی کشورها غلظت بالای 100 Bq/L نیز اندازه گیری شده است. میزان رادون موجود در آب زیرزمینی هم بالاست اما معمولا رادون به سرعت در هوا منتشر می شود و از طریق آب زیرزمینی وارد آبهای سطحی شده(8) و تنفس غلظت بالای رادون باعث بیماریهای عفونی(9) و اگر تماس با رادون طولانی مدت باشد، احتمال بروز سرطان ریه افزایش می یابد. رادون سالها بعد از تماس باعث ابتلا به سرطان می شود.

غلظت رادون در هوا

بر اساس استاندارد ICRP(کمیته بین المللی حفاظت در برابر اشعه) حد بحرانی مقدار گاز رادون ودختران آن درهوا (1100Bq/m^3) Pci/lit 30 و ماکزیمم حد مجاز غلظت آن درهوا بر اساس استاندارد EPA (147Bq/m^3) Pci/lit 4 می باشد(6).

اغلب کشورها بر غلظت بین Bq/m^3 400-200 رادون بعنوان یک سطح مرجع و مجاز توافق کرده اند. با وجود اظهار نگرانی درباره آب آشامیدنی، راهنمای کیفیت آب آشامیدنی WHO در سال 2004 اعلام کرد اگر رادون در آب آشامیدنی عمومی از 100 Bq/L تجاوز نماید باید کنترل و اندازه گیری های مکرر انجام پذیرد.

غلظت رادون در هوای عادی(فضای آزاد) به علت حجم زیاد و حرکت مداوم آن معمولاً کمتر از 15 بکرل در متر مکعب بوده و در این حالت تقریباً بی خطر است. ولی مقدار آن در فضای بسته (هوای داخل ساختمان) به مراتب بالاتر بوده و در حدود 37 تا 111000 بکرل در مترمکعب متغییر می باشد. البته متوسط غلظت رادون در این فضاها معمولاً از 37 تا 74 بکرل در مترمکعب است(1) و قسمت عمده آن از طریق منافذ خاک و سنگ وارد ساختمان می شود، گرچه ممکن است آب زیر زمینی مورد مصرف در ساختمان و مصالح ساختمانی نیز در تولید آن موٴثر باشند.راههای ورود ساختمان ها در شکل با جزئیات بیشتر نشان داده شده است.

شرح و بحث

گاز رادونی که در خاک و سنگ تولید می شوند دارای جنبه های مثبت و مفید نیز می باشند و این جنبه ها ضرورت توجه بیشتر به آنرا ایجاب می کند. از این جنبه ها، استفاده از آن برای پیش بینی زمین لرزه(۸،۵،۱۴،۱۵)، مناطق دارای ژئوترمال(8)، فعالیت های آتشفشانی(۸،۱۲،۱۵)، تهیه نقشه گسل ها و شکستگی های زمین(۱۴،۱۵،۱۲،۸)، افق های زمین شناسی و ناپیوستگی های تکتونیکی (8) می باشد. در مواردی قبل از زمین لرزه غلظت رادون در هوا و آبهای زیرزمینی افزایش یافته، که علت آنرا تجمع نیروها در سنگ ها و ایجاد شکستگی ها دانسته اند. شکستگی ها سبب خروج گاز رادون می شوند. بالا بودن غلظت آن در محدوده گسل های فعال را می توان در ارزیابی زلزله خیزی منطقه مفید دانست. برخی بیمارستانها با انجام عمل پمپاژ گاز رادون از یک منبع رادیومی و ذخیره آن در لوله های بسیار کوچک که سوزن یا دانه نامیده می شود، رادون تولید میکنند که در موارد درمانی کاربرد دارد. رادون به دلیل از بین رفتن سریعش در هوا در مطالعات آب شناسی(هیدرولوژیک) برای مطالعه در خصوص فعل و انفعالات در آبهای زیرزمینی نهرها و رودخانه ها استفاده میشود.

نتیجه گیری

رادون از نظر زیست محیطی، هم به عنوان یک خطر و هم به عنوان پیش درآمدی برای پیش بینی وقوع زمین لرزه مطرح است. این گاز عمدتاً همراه با هوای درون خاک وارد ساختمان می شود، محصولات جامد ناشی از واپاشی آن که خود پرتوزا هستند در اثر تنفس وارد ریه شده به سطح نسوج داخلی آن می چسبند و محتملاً باعث بروز سرطان ریه می شوند. با انجام دادن یک رشته اقدامات مدیریتی، از جمله اجتناب از احداث خانه در مناطق خطرناک، تهویه ساده زیرزمینها و فضای خالی پی ها برای جلوگیری از تجمع آن، دوغاب ریزی بیشر و مؤثرتر دراطراف تاسیسات درحال ساخت برای نشت گیری ساختمان ها، درنقاطی که آب زیرزمینی منبع اصلی است، می توان حوضچه های ته نشینی را درسیستم تامین آب تعبیه کرد تا از واپاشی رادون پیش از ورود آن به ساختمانها اطمینان حاصل کرد. درموارد سخت، انجام اقدامات حاد مانند جابجایی مصالح ساختمانی غنی از رادون، می تواند مدنظر قرارگیرد.

منابع:

1- عباس نژاد- احمد ،. 1381.اثرهای زیست محیطی گاز رادون -222 و اهمیت توجه به آن در ایران. مجله علوم و فنون هسته ای، شماره 26، صفحه 17-31.

2- عرفان منش- مجید، افیونی- مجید،. 1384.آلودگی محیط زیست آب، خاک و هوا.انتشارات ارکان.اصفهان. ص. 247-255.

3- نوری نژاد- حسین، هاشمی پور رفسنجانی- حسن، نگارستانی، علی، 1386، **چکیده** بررسی اندازه گیری غلظت گاز رادون محلول در آب توسط غشا. اولین همایش پیش نشانگرهای زلزله، مرکز مطالعات پیش نشانگرهای زلزله موسسه ژئوفیزیک.

4-Al-Azmi D, Karunakara N, 2007, Determination of radon concentration in soil gas by gamma-ray spectrometry of ovlive oil. Radiation Measurements 42:486-490.

5- Al-Azmi D, Snopek B, Sayed, AM, Domanski T, 2004, A simple system for measuring radon (^{222}Rn) gas concentration in water samples based on the high solubility of radon in olive. Journal of Environment Radioactivity71:175-186.

6- Citizen's Guide to Radon, US EPA, 1992

7- EPA 1992 and recent NAS report

8-Pavlides S, Chatzipetros A, Karakala E, 2003, Soil gas radon: a tool for exploring active fault zones. Applied Radiation and Isotopes 59: 205-213.

9- Ramola R.C, Choubey V.M , Negi M.S , Prasad Y , Prasad G, 2008, Radon occurrence in soil-gas and groundwater around an active landslide. Radiation Measurements 43:98-101.

10- Rehman F.U, Al-Jarallah M.I , Musazay M.S, Abu-Jarad F, 2003, Application of the can technique and radon gas analyzer for radon exhalation measurements. Applied Radiation and Isotopes 59:353-358.

11- Ruckerbauer F, Winkler R, 2001, Radon concentration in soil gas: a comparison of methods. Applied Radiation and Isotopes 55:273-280.

12- Singh S, Sharama D.K, Dhar S, Randhawa S.S, Geological signification of soil gas radon: A case study of Nagpur area, district Kangra, Himachal Pradesh, India. Radiation Measurements 41:482-485.

13- Vasarhelyi A, Csige I, Hakl J, Hunyadi I, 1997, Spatial distribution of radon content of soil-gas and well-water measured with etched track radon monitor. Radiation Measurements 28:685-690.

14- Walia V. Su, T.C, Fu, C.C, Yang, T.F, 2005, Spatial variation of radon and helium concentration in soil-gas across the Shan-Chiao fault, Northern Taiwan. Radiation Measurements 40:513-516.

15- Yang T.F, Chou C.Y, Chen C-H, Chyi L.L, Jiang J.H, 2003 Exhalation of radon and its carrier gases in SW Taiwan. Radiation Measurements 36:425-429.

بررسی اکتیویته رادن و دختران در بافت با مدل دو بخشی

عفت یاحقی*1، ژیلا کریمی دیبا2 و امیر موافقی۳،۴

[1]گروه فیزیک، دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین

[2] بخش دزیمتری پرتوها، دفتر امور حفاظت در برابر اشعهٔ کشور، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، سازمان انرژی اتمی ایران.

[3]پژوهشکدهٔ تحقیقات توسعهٔ راکتورها و شتابدهنده‌ها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران.

[4]مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، سازمان انرژی اتمی ایران.

E-mail: eyahaghi@ikiu.ac.ir

چکیده – یکی از روش‌های بررسی انتقال مواد در بافت‌های مختلف به منظور مشخص کردن جذب و اندازه‌گیری مقدار آنها از جمله اکتیویته در داخل و خارج بدن استفاده از مدل‌های چند بخشی است. در این مدل ها بافت و یا سیستم مورد نظر به چند بخش تقسیم شده و مواد در بین بخش‌ها در حال تعادل و واپاشی هستند. برای هر بخش می توان معادلات تعادل را در نظر گرفت. برای بدست آوردن مقدار اکتیویته رادن و دخترانش در بخش‌های مختلف بافت نیاز به حل معادلات رادیواکتیویته در قسمت‌های مختلف بافت با در نظر گرفتن مقدار اکتیویتهٔ رادن در هوا است. این امر باعث پیچیدگی حل معادلات می‌شود زیرا معادلهٔ اکتیویته رادن در هوا غیرخطی است. در اینجا اکتیویته هوا به عنوان ورودی معادلات چند بخشی در نظر گرفته شده است و مقدار اکتیویتهٔ بافت و ریه از روش‌های مختلف محاسبه شده و نتایج روش‌ها مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد شبیه‌سازی مونت کارلو با تقریب بسیار مناسبی می‌تواند نتایجی شبیه روش‌های عددی داشته باشد.

واژگان کلیدی - *گاز رادن و دخترانش، روش عددی، روش آماری، شبیه‌سازی مونت‌کارلو، مدل دو و چند بخشی بافت*

Estimation of Radon and daughter's activity using two compartmental models

Compartmental model is a Mathematical representation of the transfers within the body. It is required establish the relationship between intake and the measured quantity, i.e. activity in the body in order to in excreta. The tissues divide many compartment that particles change and decay in each or compartment. The equilibrium equations can be used for each compartment. The equations must be solving for extraction of Radon and daughter activity but activity of Radon has a nonlinear variation in air. There we consider air activity as input of the equation and lung and tissue activity was obtained by different methods. The results show obtained curves of each compartment by Monte Carlo simulation are very similar to numerical method.

Keywords: Radon and daughter's, Monte Carlo simulation, numerical method, two compartmental models.

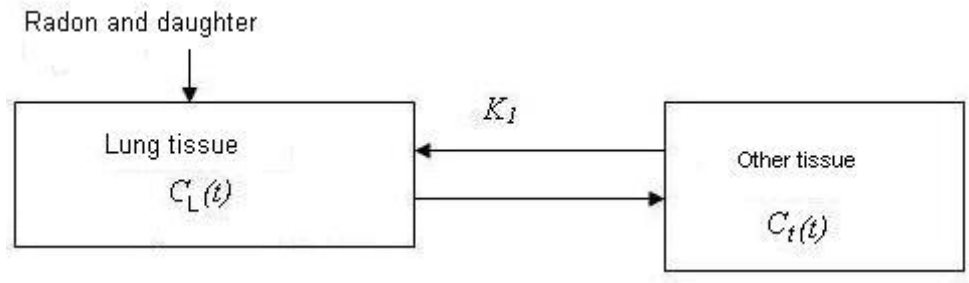
مقدمه

گاز "رادن" بی‌مزه – بی‌بو -نامرئی و 7/5 برابر سنگین‌تر از هوا است. امروزه بر این عقیده است که رادن و دخترانش که در اثر تجزیه‌های بعدی به دست می‌آیند معمولاً حدود سه چهارم دز موثر سالیانه‌ای را که این انسان خاکی از منابع زمینی جذب می‌کند و یا در حدود نصف کل دوزی را که

از مجموع منابع طبیعی عاید انسان می‌شود تشکیل می‌دهند [1-4]. قسمت اعظم دز دریافتی از طریق تنفس این رادیونوکلییدها خصوصاً در محیط‌های بسته مانند معادن حاصل می‌شود. رادن در حقیقت از دو راه عمده ایجاد می‌شود: یکی رادن -222 در زنجیرهٔ طبیعی اورانیوم-238 است و دیگری تورن. براساس ارزیابی های بعمل آمده در میان کارکنان صنایع مشاهده شده که معدنکاران زیرزمینی بیشترین سهم پرتوگیری شغلی از منابع طبیعی پرتوزا را دارند [5-6]. یکی از خطرهای شغلی مربوط به استخراج سنگ معدن مواجهه کارگران با آئروسل‌های پرتوزای گاز رادن و محصولات واپاشی کوتاه عمر آن (دختران رادن) است، این آئروسل ها 20 برابر موثرتر از رادن در ایجاد سرطان ریه هستند [6-9].

مدل چند بخشی

برای تعیین انتقال مواد و میزان اکتیویته در هوا و بدن می توان از مدل چند بخشی استفاده کرد. در این مدل هوا به عنوان منبع و ریه و ملحقات بافت به عنوان بخش اول و سیستم خون و دفع بدن به عنوان بخش دوم در نظر گرفته می شود. گاز رادن و دخترانش در بین این بخش ها در تعادل هستند. و بافت ریه بر اثر دختران رادن آسیب می بیند شکل(1) [2].



شکل 1 : مدل دو بخشی بدن برای بررسی اثر گاز رادن

در شکل (1) رادن و دخترانش در هوای خارج بدن وجود دارند و توسط ریه و سایر بافت‌ها به داخل بدن وارد شده و توسط جریان خون به سایر بافت های مجاور نفوذ می‌کنند و به تدریج از بدن دفع می‌شوند. در حین این نقل و انتقالات بیولوژیکی در بدن تشعشع و واپاشی نیز دارند [1-4].

معادلات اکتیویته در بخش ریه چنین به دست می آید:

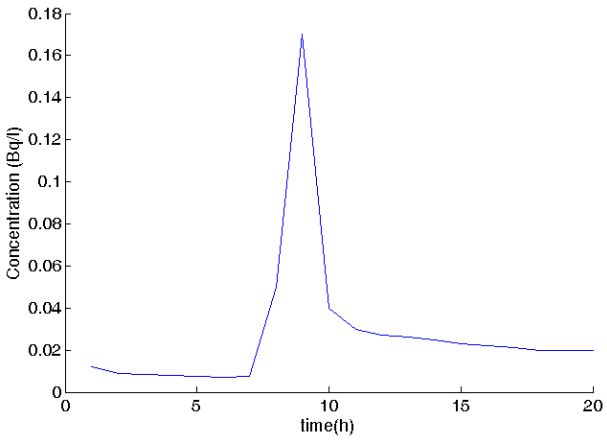
$$\frac{dq_l(t)}{dt} = I(t)D_1 f_L - \lambda_R q_L(t) - \lambda_L q_L(t) + K_1 \lambda_t q_t(t) \qquad (۱)$$

در این معادله $q_L(t)$ مقدار اکتیویته در بافت ریه است که مقدار آن برابر ضریبی از اکتیویته هوا $I(t)$ است. λ_L و λ_R ضرایب دفع بیولوژیکی از ریه و واپاشی رادیواکتیویته هستند. برای سایر بافت ها داریم:

$$(2\frac{dq_t(t)}{dt} = K_1\lambda_L q_L(t) - \lambda_R q_t(t) - \lambda_t q_t(t)\ )$$

بطور مشابه در این معادله $q_t(t)$ مقدار اکتیویته در بافت است که مقدار آن برابر ضریبی از اکتیویته ریه است. λ_t و λ_R ضرایب دفع بیولوژیکی از بافت و واپاشی رادیواکتیویته هستند.

برای به دست آوردن اکتیویته هر بخش لازم است معادلات فوق با ورودی $I(t)$ حل شود ولی این تابع که بیانگر اکتیویته رادن در هوای بسته مورد نظر مانند معادن و یا منازل دارای تابع غیر خطی است. نمونه ای از این تابع برای رادن متصاعد شده از آب در داخل منزل در شکل (2) نشان داده شده است [5].



شکل 2: اکتیویته رادن متصاعد شده از آب در هوای بسته منازل

برای حل معادلات با این تابع غیر خطی ورودی نیاز به روش‌های عددی است ولی با توجه به تصادفی بودن واپاشی مواد پرتوزا معادلات را می توان با روش مونت کارلو شبیه سازی کرد.

روش عددی رونگه-کوتا

در این روش روابط زیر برای محاسبه غلظت و یا اکتیویته در زمان‌های مختلف استفاده شده است:

$$x_{n+1} = x_n + h \qquad (3)$$
$$k_1 = hf(x_n, y_n)$$
$$k_2 = hf(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_1)$$
$$k_3 = hf(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_2)$$
$$k_4 = hf(x_n + h, y_n + k_3)$$
$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

در این معادلات f غلظت و یا اکتیویته در هوا، h مقدار گام و n تعداد گام‌ها و y اکتیویته هر بخش است. این الگوریتم با نرم افزار MATLAB اجرا شده است

الگوریتم جذب رادن و دخترانش با شبیه سازی مونتکارلو

در این شبیه‌سازی حرکت ذرات رادیواکتیو آماری در نظر گرفته شده و حرکت ذرات در بعضی بخش‌ها برگشت پذیر فرض شده است [9، 2]. در این مدل ذرات رادیواکتیو توسط ریه وارد جریان خون شده و سپس ذرات به سایر بافتها می‌روند. مقدار ماده رادیواکتیو منتقل شده به سایر بافتی به ضرایب انتقال و دفع بیولوژیکی بافت بستگی دارد و تابع آن نمایی تغییر می‌کند. بنابرمعادلات (1) ضرایب کم شدن مواد رادیواکتیو در هر بخش چنین محاسبه می‌شود:

$$\lambda_1 = -(\lambda_R + \lambda_L)\,;\ \lambda_2 = K_1\lambda_t\,; \qquad (4)$$
$$\lambda_3 = K_1\lambda_L$$
$$\lambda_4 = -(\lambda_R + \lambda_t)$$

در این روابط λ_1 ضریب تغییر رادیواکتیو در ریه بر واپاشی و دفع بیولوژیکی و λ_2، ضریب انتقال ماده رادیواکتیو از سایر بافت‌ها به ریه، λ_3 ضریب ماده رادیواکتیو از ریه به سایر بافت ها و λ_4 واپاشی و دفع بیولوژیکی در سایر بافت ها است. اساس شبیه‌سازی ماده رادیواکتیو در بافت به روش مونت کارلو چنین در نظر گرفته شده است: ذرات بر اساس تابع ورودی از هوا در زمانهای مختلف واردریه می‌شوند. با تولید اعداد تصادفی یکنواخت بین صفر و یک زمان انتقال از یک بخش به بخش دیگر یا t_t، از رابطهٔ [9]:

$$t_t = \frac{-\ln(\xi)}{\lambda} \qquad 0 \le \xi \le 1 \qquad (5)$$

محاسبه می‌شود. با انتخاب عدد تصادفی ξ بین صفر و یک و محاسبه t_t می‌شود. اگر t_t از dt بزرگتر باشد ذرات از ریه یا بخش مورد نظر خارج شده و یا واپاشی می‌کند وگرنه در همان بخش باقی می‌مانند. نسبت تعداد ذرات خارج شده و یا واپاشی کرده (Ne) به اولیه (Ni) در تمام بخش‌ها محاسبه می‌شود. این نسبت کسری از رادیواکتیو است که در یک بازهٔ زمانی از بخش مورد نظر مانند ریه کم شده است. تغییر مادهٔ رادیواکتیو در ریه با محاسبه این کسر در هر مرحله و غلظت بافت به صورت این گونه محاسبه می‌شود:

$$q_L(t_t) = (1-\frac{N_{e-L}}{N_{i-L}})q_L(t_{i-1}) + \frac{N_{e-t}}{N_{i-t}}q_t(t_i) \quad (6)$$

در این رابطه، Ne-L /Ni-L کسرمواد خارج شده و یا واپاشی کرده از ریه در هر بازه زمانی، $q_L(t_i)$ و $q_t(t_i)$ اکتیویته درریه و سایر بافت ها در بازه i ام زمان و $q_L(t_{i-1})$ اکتیویته در بازه زمانی $i-1$ ام است. طبق این معادله، مقدار اکتیویته در ریه در هر بازه زمانی برابر مقدار اکتیویته در ریه در بازه زمانی $i-1$در کسر باقیمانده، به اضافه مقدار اکتیویته است که سایر بافت ها وارد ریه می‌شوند. همچنین مقدار اکتیویته در سایر بافت‌ها چنین بدست می‌آید:

$$q_t(t_i) = (1-\frac{N_{e-t}}{N_{i-t}})q_t(t_{i-1}) + \frac{N_{e-L}}{N_{i-L}}q_L(t_i) \quad (7)$$

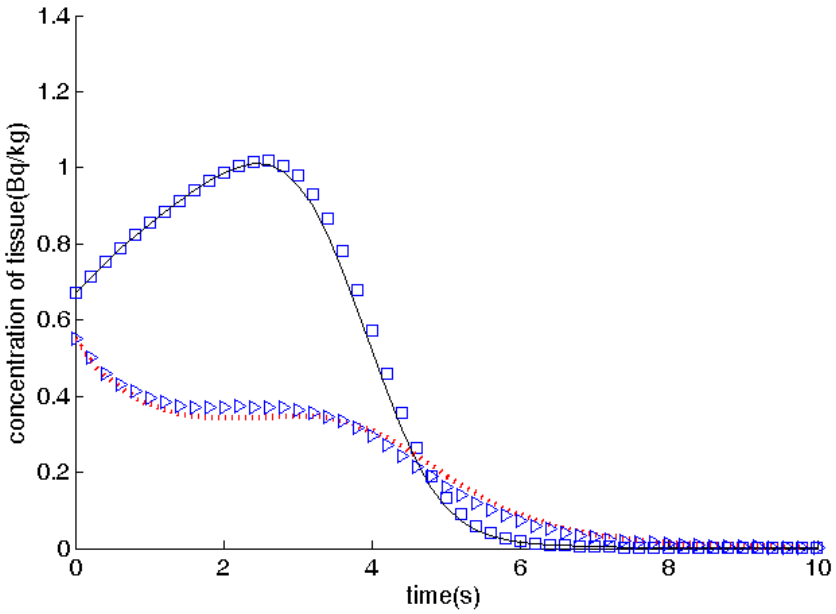
در این رابطه N_{e-t} /N_{i-t} کسرمواد خارج شده از بافت در هر بازه زمانی، $q_L(t_i)$ و $q_t(t_i)$ اکتیویته در ریه و سایر بافتها در بازه iام زمان و $q_t(t_{i-1})$ اکتیویته در سایر بافتها در بازه زمانی $i-1$ است. طبق این معادله اکتیویته در فضای سایر بافت ها در هر بازه زمانی، برابر تغییرات اکتیویته در سایر بافتها در زمان $i-1$ درکم شدن اکتیویته بر اثر دفع بیولوژیکی و واپاشی.است. با در نظر گرفتن ضرایب مطابق داده های نرم‌افزار LUDEP، برنامه محاسبه مقدار اکتیویته با نرم افزار MATLAB نوشته شد و میزان اکتیویته برای هر بخش به دست آمد.

نتایج

برای به دست آوردن اکتیویته بدن ابتدا بر منحنی شکل 2 با استفاده از نرم افزار cftool منحنی برازش شد که معادله آن به این ترتیب است:

$$I(t) = (0.17\times e^{-((t-9)/0.5))\wedge 2}) + (0.04\times e^{-((t-8)/1.394))\wedge 2}) + (0.02\times e^{-((t-11)/.943))\wedge 2}) \quad (8)$$

با در نظر گرفتن این معادله به عنوان ورودی معادلات (1) مقدار اکتیویته در بافت ریه و سایر بافت‌ها برحسب زمان به دست آمد. در شکل 3 تغییرات اکتیویته برحسب زمان در بافت ریه و سایر بافت نشان داده شده است. این منحنی از یک دز اولیه شروع شده و به حداکثر می‌رسد و با ورود خون تازه به بافت و دفع بیولوژیکی و واپاشی از مقدار آن به تدریج کم شده است. شکل نشان می‌دهد که نتایج روش عددی رانج کوتا و شبیه‌سازی مونت‌کارلو کاملا بر هم منطبق هستند.



شکل 3: منحنی‌های اکتیویته در بافت ریه و سایر بافت‌ها برای مدل دو بخشی برای شبیه‌سازی و روش عددی، □ ریه (رانگه- کوتا)، - بافت (رانگه- کوتا)، .. ریه (مونت کارلو)، Δ بافت (مونت کارلو)

در شبیه سازی مونت‌کارلو نیازی به برازش منحنی نیست و می‌توان بطور مستقیم از داده‌های شکل (2) به عنوان ورودی استفاده کرد و خطای ناشی از برازش در این روش وجود ندارد.

با استفاده از این شبیه‌سازی می‌توان منحنی‌های تغییرات اکتیویته برای بافت‌های مختلف را به دست آورد و با مقایسه این منحنی‌ها با منحنی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه‌های سنجش رادیواکتیویته مقدار ضرایب مربوط به انتقال مواد در بافت‌ها و دفع بیولوژیکی و واپاشی را در هر بخش به دست آورد. همچنین با تقسیم بافت به بخش‌های دیگری می‌توان خصوصیات هر قسمت را با دقت بیشتری بررسی کرد.

نتیجه‌گیری

برای بدست آوردن مقدار اکتیویته رادن و دخترانش در بخش‌های مختلف بافت نیاز به حل معادلات (1) و (2) با در نظر گرفتن مقدار اکتیویتهٔ رادن در هوا است. این امر باعث پیچیدگی حل معادلات می‌شود و باید با روش‌های عددی و آماری به حل مساله پرداخت. در اینجا اکتیویتهٔ هوا به عنوان ورودی برای معادلات (1) و (2) در نظر گرفته شده است و مقدار اکتیویتهٔ بافت و ریه از روش‌های مختلف محاسبه شده و نتایج روش‌ها مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد شبیه‌سازی مونت کارلو با تقریب بسیار مناسبی می‌تواند نتایجی شبیه روش‌های عددی داشته باشد. بانضمام اینکه در شبیه‌سازی اضافه کردن هر پارامتر جدید در مساله به حل معادلات پیچیده منجر نمی‌شود

و فقط روی احتمال حرکت و واپاشی ذرات تاثیر دارد. در روش های عددی نیاز بـه بـرازش منحنـی است ولی با شبیه‌سازی مونت کارلو امکان استفاده مستقیم از داده‌ها بدون برازش امکان‌پذیر است.

مراجع:

[1] ICRP, ICRP Publication 54, “Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Design and Interpretation”, Pergamon Press, 1988.

[2] Donghan Yu, Jin Kyu KimA physiologically based assessment of human exposure to radon released from groundwater. 2004, *Chemosphere* 54, 639–645

[3] Kaiss K. Al-Ahmady and David E. Hintenlang, An integrated compartmental model for predirection of indoor radon concentration, Department of Nuclear Engineering Sciences, University of Florida Gainesville, FL

[4] Han, M.Y. Water supply alternatives considering quantity, quality and energy of water. 1995, *J. KSWQ* 11, 263–268.

[5] Han, J.H., Park, K.H. Abundance of uranium and radon in groundwater of Taejon area. 1996, *Econ. Environ. Geol*. 29 (5), 589–595.

[6] Leggett, R.W. Williams, L.R., A proposed blood circulation model for reference man. 1995, Health Phys. 69,
187–201.

[7] McKone, T.E. Human exposure to volatile organic compounds in household tap water. 1987, *Environ. Sci. Technol*. 21, 1194–1201.

[8] National Research Council, Risk assessment of radon in drinking water. 1999, *National Academy Press*, Washington, DC.

Safety .[9] Methods for Assessing Occupational Radiation Doses Due to Intakes of Radionuclides *Reports Series*,No. 37, IAEA

[10] M. L. Averill, Simulation modeling and analysis, *McGraw-Hill* 1991.

چگونگی نفوذ گاز رادن از درون خاک به محیط زندگی بشر

فرناز جمادی [1]، عباس حسینی رنجبر [18]، علی نگارستانی [2]، هرمزد نقوی [3]
1. بخش فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، 2. دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان
3. مرکز تحقیقات کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان

چکیده

جابجایی گاز رادن از محل تولید (پوسته زمین) آن به محیط زندگی بشر از طریق دو فرایند انتقال و پخش صورت می گیرد که فرایند پخش در این جابجایی فرایند غالب می باشد. بنابراین اندازه گیری ضریب پخش (دیفیوژن) دارای اهمیت ویژه است که عوامل متعددی از جمله رطوبت بر روی آن تأثیر می گذارند. در این مطالعه ضریب دیفیوژن گاز رادن برای نمونه ای از خاک در منطقه کرمان اندازه گیری شد و به منظور بررسی تأ ثیر رطوبت بر ضریب پخش رادن پس ازتعیین ضریب تخلخل و رطوبت نمونه‌های خاک ضریب دیفیوژن گاز رادن برای سه نمونه خاک با رطوبتهای متفاوت (اشباع مؤثر) بدست آمد. برای نمونه های خاک با اشباع مؤثر بین 1% و 55%، با بکار بردن روش پایدار، ضریب پخش رادن بین $5/1\times10^{-6} m^2 s^{-1}$ و $4\times10^{-7}\ m^2/s$ بدست آمد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که ضریب پخش برای خاکی با تخلخل 0/37 با افزایش اشباع مؤثر خاک کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی: *گاز رادن، ضریب دیفیوژن، روش پایدار، اشباع مؤثر.*

Radon gas diffusion from soil to human life

Farnaz Jamadi *[1], Abass Hosseini Ranjbar [1], Ali Negarestani [2], Hormozd Naghavi[3]
1- Physics Department, Faculty of Science Shahid Bahonar university of Kerman 2- technology university of Kerman, 3- Agricultural center for research activities, Kerman, Iran

Abstract

Migration of Radon gas (Rn-222) through soil pores principally occurs by molecular diffusion. Hence, measuring the diffusion coefficient, D, has a key role in Radon gas transport equation. In this study the diffusion coefficient of soil samples were determined based on the solution of the diffusion equation in one dimensional configuration. The diffusion coefficient of samples of %1 water saturated was found to be $5.1\times10^{-6} m^2 s^{-1}$ and the of the samples of %55 water saturated was found to be $4\times10^{-7} m^2 s^{-1}$. The results, also, show that the diffusion coefficient decreases by increasing the moisture content of the soil.

Keywords: Radon, diffusion coefficient, soil water saturation fraction.

Farnaz_jamadi1361@ yahoo.com : Email address *

1- مقدمه

قسمت عمده گاز رادن موجود در طبیعت از درون خاک نفوذ می کند و مکانیزم غالب جهت انتقال گاز رادن به سطح زمین، مکانیزم دیفیوژن می باشد که از قانون فیک تبعیت می‌کند [1].

$$\vec{J}_d = -D\,\vec{\nabla} I \qquad (1)$$

در این معادله $\vec{J}_d$ چگالی انتشار کل رادن بر حسب $Bqm^{-2}s^{-1}$ ، I غلظت گاز رادن برحسب Bqm^{-3} وD ضریب دیفیوژن بر حسب m^2S^{-1} میباشد. همانطور که از معادله (1) مشخص است، ضریب دیفیوژن نقش مهمی در میزان گاز رادن نفوذی به سطح زمین را دارا می‌باشد. این ضریب به شدت وابسته به رطوبت خاک است و با افزایش رطوبت به شدت کاهش پیدا می‌کند[1] .

جهت اندازه گیری ضریب دیفیوژن گاز رادن تحقیقات متعددی صورت پذیرفته است؛ آفنی [2] با قرار دادن نمونه خاک بین دو قسمت یک ظرف پلاستیکی و بستن آن به مدت سه ماه و استفاده از آشکارساز LR-115 در حالت تعادل ضریب پخش را بین $1/26\times10^{-6}\ m^2/s$ تا $4/3\times10^{-6}\ m^2/s$ بدست آورد. سیلکر و کاکوارف [3] در سال 1983 ضریب پخش را برای خاکهایی با رطوبت ۰/۰۵ برابر $(3/2\pm1/5)\times10^{-6}\ m^2/s$ دست آوردند. هدف اصلی از این مطالعه اندازه گیری ضریب دیفیوژن خاک ناحیه‌ای از کرمان با استفاده از روش تعادل و بررسی تغییرات آن با رطوبت می‌باشد.

2- تئوری :

معادله حاکم بر تغییرات غلظت رادن معادله ترابرد رادن نام دارد که از حل آن در سیستم مناسب رابطه زیر بدست می آید:

$$I_2(t) = I_{2\infty}\,[1-e^{-(SD/V_2 d + \lambda t2)t}] \qquad (2)$$

که در آن V_2 حجم محفظه برحسب m^{-3} و $I_{2\infty}$ مقدار غلظت رادن در زمان بی‌نهایت فیزیکی و λ_{t2} برابر مجموع ثابت نشت و واپاشی محفظه تعریف می‌شود: ($\lambda_{t2} = \lambda_{l2} + \lambda_d$) .

ثابت زمانی تغییر شکل سیستم بیانگر مدت زمانی است که در آن غلظت رادن درون محفظه به ۰/۶۳ مقدار نهایی خود می‌رسد. در واقع بعد از $t = 5\tau$ که غلظت رادن درون محفظه و ظرف خاک به ۹۹% مقدار نهایی خود می‌رسد؛ سیستم به حالت پایدار می‌رسد [4]. اگر تغییرات غلظت رادن درون محفظه با زمان بررسی و نمودار آن رسم شود، از روی شیب این نمودار می‌توان مقدار عددی τ را بدست آورد.

رادن درون محفظه به دو علت کاهش می‌یابد: 1- نشت از محفظه 2- واپاشی (با نیمه عمر 3/8 روز و $\lambda_d = 2/1\times10^{-6}s^{-1}$) وقتی نمودار تغییرات غلظت رادن محفظه بر حسب زمان با نمودار واپاشی

رادیواکتیویته رادن مقایسه شود، مشاهده می‌شود که غلظت رادن درون محفظه سریعتر کاهش می‌یابد و از این طریق می‌توان میزان نشت رادن را بدست آورد.

در حالت پایدار، میزان رادن ورودی به محفظه دوم از طریق فرایند پخش با میزان رادنی که در اثر نشت و واپاشی از بین می‌رود، برابر می‌شود؛ بنابراین ضریب پخش رادن در حالت پایدار را می‌توان از فرمول زیر بدست آورد:

$$D = \frac{\lambda_{t_2} V_2 d}{S}\left(\frac{I_1}{I_2} - 1\right) \qquad (3)$$

که در آن I_1 غلظت رادن در یک محفظه ، I_2 غلظت رادن محفظه دیگر، d ارتفاع ظرف خاک و S سطح مقطع نمونه خاک (49×10^{-4} متر مربع) است.

3- روش انجام آزمایش و داده ها:

محفظه های بکار برده شده برای اندازه‌گیری ضریب پخش رادن شامل دو ظرف استوانه‌ای از جنس تفلون به حجمهای $V_1 = 667\ mm^3$ و $V_2 = 12261\ mm^3$ می‌باشد، که در دو طرف هر ظرف دو شیر گاز تعبیه شده و ظرف استوانه‌ای شکل (به ارتفاع ۳/8cm و قطر ۷/۹ cm) شامل نمونه خاک بین دو قسمت آن قرار می‌گیرد. در (شکل2) تصویر شماتیکی این محفظه‌ها نشان داده شده است. محفظه ها توسط رابطهای پلاستیکی به قطر ۰/۶ سانتیمتر به منبع رادن و آشکارساز متصل می‌شود. منبع رادن استفاده شده در این آزمایش یک ظرف ۲۰ لیتری شامل سنگ معدن اورانیوم است.

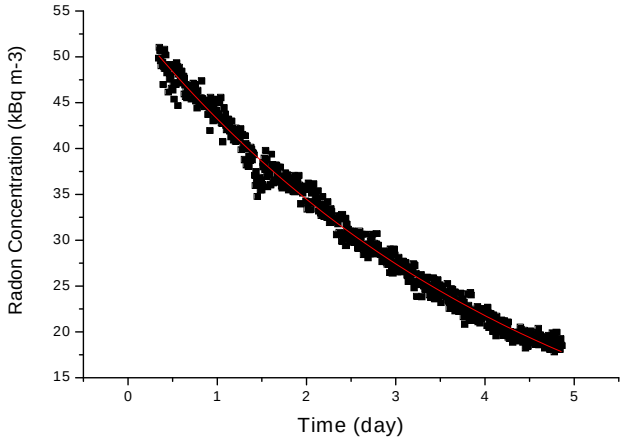
برای اندازه‌گیری رطوبت نمونه های خاک ابتدا جرم یک کلوخه از خاک مرطوب تعیین می‌شود و پس از آنکه آب کلوخه (درون یک کوره با دمای ۱۰۵ درجه) تبخیر شد با اندازه‌گیری جرم کلوخه خشک و با کم کردن جرم آن از جرم کلوخه مرطوب، جرم آب نمونه بدست می‌آید. رطوبت وزنی برابر نسبت جرم آب نمونه به جرم کلوخه خشک، می‌باشد. رطوبت حجمی را از ضرب کردن رطوبت وزنی در چگالی خاک نمونه (که قبلاً اندازه‌گیری شده و برابر $1/45\ g/cm^3$ می‌باشد) بدست می آید. فاکتور مهم دیگر برای تعیین میزان رطوبت اشباع مؤثر خاک نام دارد که در واقع کسری از منافذ موجود در خاک است که با آب پر شده است. در این تحقیق اشباع مؤثر را با m_e نشان می‌دهیم. اشباع مؤثر m_e طبق فرمول زیر تعریف می‌شود:

$$m_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \qquad (4)$$

که در آن θ رطوبت حجمی نمونه خاک و θ_r می‌نیمم رطوبت حجمی و θ_s ماکزیمم رطوبت حجمی می‌باشد [5].

برای محاسبه نشت محفظه دوم (بزرگتر)، تفلون استوانه‌ای شکل بین دو محفظه محکم شد و سپس این محفظه به آشکارساز و منبع رادن متصل گردید. بعد از یک ساعت و نیم که غلظت رادن

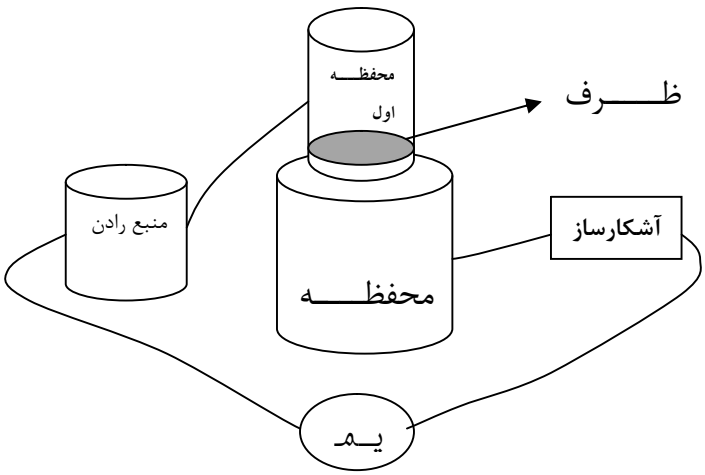
به $53/5\ kBq/m^3$ رسید، منبع را از سیستم خارج کرده و سپس تغییرات غلظت به مدت پنج روز اندازه‌گیری شد که نمودار این تغییرات در شکل (1) آورده شده است.



شکل1 نمودار کاهش غلظت محفظه دوم

از طریق برازش داده ها با منحنی نمایی مقدار ثابت τ برای محفظه بزرگ برابر 4/6 روز بدست آمد. بنابراین λ_t برابر $2/5 \times 10^{-6} s^{-1}$ حاصل می گردد که با توجه به تعریف ($\lambda_t = \lambda_d + \lambda_l$)، محفظه بزرگ برابر $0/4 \times 10^{-6}\ s^{-1}$ بدست می‌آید.

برای اندازه‌گیری ضریب پخش رادن به روش حالت پایدار، ابتدا ظرف حاوی خاک نمونه را بین محفظه اول و دوم قرار داده و محکم می‌بندیم. سپس پمپ را روشن کرده تا رادن در سیستم به گردش درآید. پس از افزایش غلظت رادن در محفظه کوچک، رادن از میان خاک نمونه نفوذ کرده و وارد محفظه بزرگ می‌شود.



شکل2 چینش سیستم اندازه گیری غلظت رادن

پس از اینکه غلظت رادن محفظه بزرگ به یک مقدار ثابت رسید و دیگر اکتیویته آن با زمان تغییر نکرد، با استفاده از آشکارساز RAD7 غلظت رادن این محفظه را اندازه گرفته و نتایج ذخیره می گردند. آنگاه پس از تخلیه رادن آشکارساز مطابق شکل (2) آن را به محفظه اول وصل کرده و غلظت رادن این محفظه را اندازه می‌گیریم.

رطوبت وزنی و حجمی و اشباع مؤثر اندازه گیری شده نمونه‌های خاک به صورت جدول (1) بدست می‌آیند. ماکزیمم و می‌نیمم رطوبت حجمی برای خاک مورد مطالعه به ترتیب 50 و 3 هستند.

جدول (1). مقادیر رطوبت حجمی و اشباع مؤثر نمونه‌های خاک مورد آزمایش

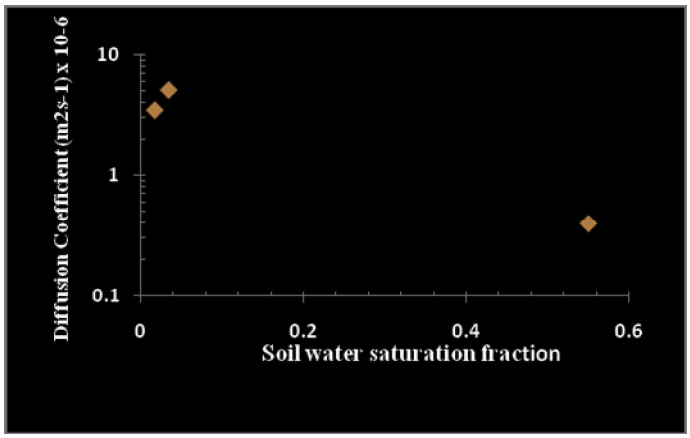
شماره نمونه	رطوبت حجمی نمونه (%)	اشباع مؤثر نمونه	رطوبت وزنی نمونه (%)
1	29	0/553191	20
2	4/50	0/034767	3/1
3	3/77	0/017907	2/6

در هر مرحله پس از قرار دادن نمونه خاک بین دو محفظه، و اندازه گیری غلظت رادن محفظه بزرگ و کوچک با استفاده از رابطه (3) ضریب پخش را برای نمونه های خاک بدست می‌آوریم.

جدول (2) . ضرایب پخش اندازه‌گیری شده برای اشباع مؤثر نمونه های معین در روش حالت پایدار

شماره نمونه	اشباع مؤثر	ضریب پخش D (m^2s^{-1})	رطوبت وزنی (%)
1	0/553191	4×10^{-7}	20
2	0/034767	$5/1\times10^{-6}$	3/1
3	0/017907	$3/5\times10^{-6}$	2/6

بنابراین تغییرات ضریب پخش رادن نمونه خاک بر حسب اشباع مؤثر آن به صورت شکل زیر حاصل می گردد.



شکل (3) ضریب پخش رادن نمونه های خاک مورد مطالعه بر حسب اشباع مؤثر آن

4- بحث و نتیجه گیری :

در این مطالعه ثابت نشت کل برای محفظه بزرگ برابر $2/5 \times 10^{-6} s^{-1}$ بدست آمد. کم بودن اختلاف ثابت نشت کل با ثابت واپاشی رادن($2/1 \times 10^{-6} s^{-1}$)، نشان می‌دهد که نشتهای اندازه‌گیری شده ناچیز می‌باشد. با وجود اینکه نشت محفظه بزرگ بسیار ناچیز بود، به منظور اندازه‌گیری دقیقتر ضریب پخش آن را در محاسبات مورد نظر قرار دادیم.

مطابق نمودار شکل (3) ضریب پخش برای خاکی با تخلخل 0/37با افزایش اشباع مؤثر خاک کاهش می‌یابد. دلیل این امر پر شدن کسری از منافذخاک بوسیله آب می‌باشد که قبلاً انتشار از آن منافذ صورت می‌گرفته است. این نمودار با نمودار ضریب پخش در تخلخل 0/35 که توسط راجرز و نیلسون در سال 1991 بدست آمده است، تا حدودی تطابق دارد [6]. اما تفاوت کمی که در نتایج این دو تحقیق وجود دارد مربوط به ضریب تخلخل خاکهای دو منطقه می‌باشد. زیرا با افزایش ضریب تخلخل خاک ضریب پخش کاهش می‌یابد. به همین علت در این تحقیق برای خاکی با تخلخل 0/37 و رطوبت 0/55، ضریب پخش رادن برابر $4 \times 10^{-7}\ m^2/s$ بدست آمد؛ در حالیکه راجرز و نیلسون این ضریب را برای خاکی با تخلخل 0/35 و رطوبت 0/55، $1 \times 10^{-6}\ m^2/s$ بدست آوردند.

دومین دلیل این تفاوت ممکن است مربوط به فاکتور دیگری به نام مسیر مؤثر گاز باشد. مسیر مؤثر مسیر مارپیچ مانندی است که یک مولکول گاز به هنگام عبور از یک نمونه خاک طی می‌کند. مسیر مؤثر هر نمونه خاک مقدار متفاوتی دارد. دلیل تفاوت مشاهده شده در ضرایب پخش بدست آمده در این تحقیق و تحقیق راجرز و نیلسون علاوه بر تفاوت در ضریب تخلخل، ممکن است در تفاوت در مسیر مؤثر طی شده بوسیله رادن در آن خاک می‌باشد.

هر چند در این تحقیق از آشکارساز اکتیو RAD7 استفاده شده است، اما سیستم قابلیت اندازه‌گیری ضریب دیفیوژن گاز رادن را با بکار گیری آشکارساز CR-39 نیز دارد و می توان حالت تعادل و گذرا را به وسیله آن بررسی نمود.

منابع

1. W. Nazaroff. Radon transport from soil to air. Reviews of Geophysics, 30, 137-160, (1992).
2. L. Oufni. Determination of the radon diffusion coefficient and radon exhalation rate in Moroccan quaternary samples using the SSNTD technique. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 256, 581-586, (2003).
3. C. Yu, C. Loureiro, J. J. Cheng, L. G. Jones, Y. Y. Wang, Y.P. Chia and E. Faillace. Environmental assessment and Information sciences division Argonne National Laboratory, chapter 7, (1993).
4. P. L. Fernandez, L. S. Quindos, J. Gomez, C. Sainz. A theorical approach to the measurement of radon diffusion and adsorption coefficients in radon proof membranes. Nuclear instruments and methods in physics Research, 217, 167-176, (2004).
5. V. Genuchten. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science American Journal, 44, 892-898, (1980).
6. V. C. Rogers, K. K. Nielson. Correlation for predicting air permeabilities and ^{222}Rn diffusion coefficients of soils. Health physics, 61, 225-230, (1991).

رادون، کاربردهاو مخاطرات آن در زمین شناسی

شرافت، شهرزاد[*1] – محمدی، فرهاد[2]

[1]عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور مرکز شاهین شهر، ***sh_sherafat@yahoo.com***

[2]دانشگاه پیام نور مرکز شاهین شهر، ***Mohammadit@iauda.ac.ir***

چکیده

رادون از گازهای نجیب سنگین است که از واپاشی عناصر رادیواکتیو مانند اورانیوم و توریوم به وجود می آید. رادون خود عنصری ناپایدار بوده و با گسیل ذره آلفا به دیگر عناصر تبدیل می شود. بخشی از رادون توسط فرایندهای طبیعی مانند آتشفشان و زمین لرزه وارد محیط می شود ولی عمده رادون موجود در طبیعت از فعالیتهای انسانی منشا می گیرد. علیرغم آسیب رسانی گاز رادون به سلامتی انسان و سرطان زایی گاز رادون در اثر تماس مداوم، کارایی این گاز در حل مسائل زمین شناسی مانند پی جویی مواد معدنی، پیش بینی زمین لرزه و آتشفشان و ... سبب شده این گاز نقشی کلیدی در زمین شناسی داشته باشد.

واژگان کلیدی: *رادون، واپاشی عنصر رادیواکتیو، پی جویی مواد معدنی، پیش بینی زلزله*

The Geology of Radon and Radon Potential in Iran

Sherafat, Shahrzad - Mohammadi, Farhad

Payam Noor University of ShahinShar

sh_sherafat@yahoo.com; *Mohammadit@iauda.ac.ir*

Abstract

Radon is a heavy noble gas that produced by decay of radioactive elements such as Uranium and Thorium. Radon gas itself is an unstable element and decay into another element with emitted alpha particles. In nature, a little of radon are produced by natural processes such as volcanism and earthquake, but much of radon gas are produced due to the human activity. In spite of radon is a deleterious element for human health and can be cause lung cancer, profitable of this gas to solve geology problems such as prospect of minerals, expectancy of earthquake and volcanism cause that this gas has a key role in geology.

Keywords: *Radon, radioactive decay, prospect of minerals, expectancy of earthquake*

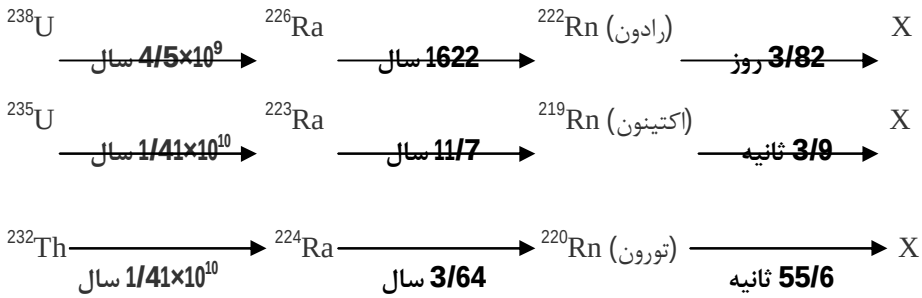
مقدمه

به تازگی عنصر رادون، از گازهای نادر با فراوانی بسیار کم (1 ملکول به ازای هر 10^{21} ملکول هوا) مورد توجه وافر دانشمندان قرار گرفته است. این گاز حاصل فرایندهای طبیعی و یا انسانی است. فعالیتهای آتشفشانی، آزاد شدن رادون محبوس در کانیهای اورانیوم دار در اثر گسیختگی ناشی از زمین لرزه و رانش زمین و واپاشی طبیعی عناصر رادیواکتیو (اورانیوم و توریم) موجود در سنگها، از فرایندهای طبیعی مولد رادون هستند. از فعالیتهای انسانی که مقادیر زیادی گاز رادون در طبیعت آزاد می کند می توان به بهره برداری از معادن اورانیوم و فسفات، احتراق ذغال و به ویژه فعالیتهای

هسته ای اشاره کرد. علیرغم کاربردهای فراوان گاز رادون در موارد متعدد، گسیل ذرات آلفا از گاز رادون و رسوب ذره جامد حاصل در بافت ریه و سرطان زایی آن سبب شده گاز رادون به عنوان یکی از مخاطرات زیست محیطی نیز درآید. در این مقاله نحوه تشکیل، کاربردها و مخاطرات رادون در زمین شناسی مورد بررسی قرار می گیرد.

شرح و بحث

رادون در دما و فشار استاندارد، یک گاز سنگین (عدد اتمی 86)، بی بو و بی رنگ است که در سال 1898 توسط فردریش ارنست دورن (Friedrich Ernst Dorn)، کشف و در ابتدا داریـــم امانیشن (Darium Emanation) و سپس رادون (1923)، نامیده شد. رادون، 20 ایزوتوپ شناخته شده دارد که همگی حاصل نهایی واپاشی عناصر رادیواکتیو (به ویژه ^{238}U، ^{235}U و ^{232}Th) هستند. محصولات حدواسط واپاشی این عناصر به ترتیب عبارتند از رادیوم 226، رادیوم 223 و رادیوم 224 که هیچکدام پایدار نبوده و با جدایش دو پروتون و دو نوترون (ذره آلفا) به رادون واپاشی می کنند (کاترن و اسمیت، 1987). ایزوتوپهای رادون در نهایت با جدایش ذرات آلفا به محصولات دیگری مانند ایزوتوپهای پولوتونیوم، سرب و بیسموت واپاشی می یابند (ورونو، 2003). محصول نهایی واپاشی دو ایزوتوپ رادون (^{222}Rn و ^{220}Rn)، سرب است (حسنی پاک، 1370).



اورانیوم مهمترین منشا تولید گاز رادون، در بسیاری از سنگها و خاکهای طبیعی یافت می شود. عنصر لیتوفیل اورانیوم به صورت اولیه با سنگهای آذرین اسیدی و محلولهای باقیمانده پگماتیتی و یا گرمابی همراه است(عرفانی، 1370). همه سنگهای طبیعی دارای مقادیر بسیار کمی اورانیوم (1-3 ppm) می باشند. بعضی از سنگها مانند گرانیت ها و پگماتیت ها، سنگهای آتشفشانی روشن، رسوبات ولکانوژنیک، شیل های سیاه، سنگهای رسوبی حاوی فسفات و سنگهای دگرگون حاصله، دارای مقادیر بیشتری اورانیوم هستند. مقدار اورانیوم این سنگها و خاکهای حاصل از فرسایش آنها، تا 100 ppm نیز می رسد.

خروج گاز رادون حاصل از واپاشی اورانیوم از کانی حاوی آن و ورود رادون به منافذ بین دانه ها، به محل قرارگیری رادیوم حاصله در دانه کانی (نزدیکی به سطح دانه) و جهت واپس زنی (recoil)

اتم رادون (به سمت سطح دانه و یا به سمت داخل دانه) بستگی دارد. اگر اتم رادیوم در عمق یک دانه درشت قرار داشته باشد صرفنظر از جهت واپس زنی، رادون از دانه آزاد نشده و داخل کانی محبوس می ماند. حتی هنگامی که گاز رادون در نزدیکی سطح کانی آزاد شود، اگر واپس زنی اتم رادون به سمت داخل کانی باشد رادون به عمق کانی رانده می شود. به هرحال بخشی از رادون ایجاد شده (بین10 تا 50 درصد) به سطح کانی و از آنجا به فضاهای خالی بین دانه ها و یا شکستگی های سنگ وارد می شود. سرعت حرکت رادون در خاک به وسیله مقدار رطوبت، درصد منافذ و ارتباط آنها (نفوذپذیری) در خاک کنترل می شود. اگر مقدار آب محیط زیاد باشد، رادون در فاصله محدود (تا 0/025 متر) و با سرعت کم حرکت خواهد کرد (مسافت طی شده توسط گاز رادون در خاک خشک ممکن است به 3- 1/8 متر هم برسد). گاز رادون پس از ورود به شکافهای سنگ و فضاهای خالی خاک، به راحتی فرار کرده و وارد هوا می شود.

رادیواکتیویته یک عنصر با واحد پیکوکوری (معادل واپاشی دو اتم رادیواکتیو در دقیقه) اندازه گیری می شود. مقدار گاز رادون در هوای آزاد، هوای داخل ساختمان، هواخاک و آبهای زیرزمینی متفاوت است. هوای آزاد، دارای مقادیر بسیار پائین رادون (میانگین 0/2 پیکوکوری بر لیتر) است. مقدار رادون در هوای ساختمانها کمی بیشتر (میانگین 2-1 پیکوکوری بر لیتر) بوده و در هواخاک (هوای موجود در منافذ خاک) به 30-100000 پیکوکوری بر لیتر می رسد. مقدار رادون موجود در آبهای زیرزمینی از 100 تا 3 میلیون پیکوکوری بر لیتر متغیر است (سایت سازمان زمین شناسی آمریکا).

گاز رادون موجود در هوا به راحتی به ذرات گرد و غبار و دیگر ذرات چسبیده و از راه تنفس وارد ریه ها می شود. این گاز با نیمه عمری کوتاه (نزدیک به 4 روز) سریعا واپاشی یافته و با تولید ذره آلفا به عنصری جامد تبدیل می شود. آزاد شدن ذرات آلفا باعث از بین رفتن بخشی از سلولهای ریه می شود. از سوی دیگر ذرات جامد پرتوزای حاصل از واپاشی رادون به بافت ریه می چسبند و در قسمتی از بافت ریه متمرکز می شوند. تداوم رسوب این ذرات در ریه باعث بروز بیماریهای ریوی و نهایتا سرطان ریه می شود. نسبت ابتلای سرطان ریه ناشی از گاز رادون 6 تا 15 درصد تخمین زده می شود. اثرات و عوارض وجود رادون در غذا و آب آشامیدنی هنوز ناشناخته هستند.

حضور گاز رادون در معادن اورانیوم، معادن فسفاته و حتی معادن سرب و روی، از مسائل زیست محیطی مرتبط با رادون است که سبب مشکلات جدی ریوی در کارگران اینگونه معادن می شود.

ورود گاز رادون به ساختمانهایی که روی مناطق اورانیوم دار بنا شده اند، از مهمترین مشکلات زیست محیطی است (غلظت رادون در هوای محیط های سربسته در خاورمیانه در کمترین مقدار و در برخی کشورهای اروپایی که دارای ذخایر زیاد اورانیوم زیرزمینی هستند در بیشترین مقدار است). رادون موجود در خاک به واسطه اختلاف فشار هوای بین خاک و ساختمان، وجود منافذ در ساختمان و نفوذپذیری خاک اطراف ساختمان، وارد هوای ساختمانها می شود. رادون می تواند از طریق سیستم آب نیز وارد منازل شود. مقدار رادون در آب های آزاد و آب رودخانه ها بسیار کم

است زیرا این گاز از سطح آب فرار می کند. در شهرهای بزرگ به دلیل به طول انجامیدن مراحل تصفیه آب، رادون محلول از آب خارج می شود و برای ساکنان این شهرها مشکل جدی ایجاد نمی کند (به این ترتیب از نظر تجمع گاز رادون، تاسیسات تصفیه آب، از آلوده ترین مکانها می باشند). در مناطقی که از آبهای زیرزمینی و آب چاه برای مصارف خانگی استفاده می شود زمان انتقال آب کوتاه بوده و رادون امکان خروج از آب را ندارد بنابراین هنگام مصرف آب جهت شستشو یا استحمام، رادون محلول آزاد و وارد هوا شده و به ازای وجود 10000پیکوکوری رادون در آب، میزان رادون هوای منازل تا 1 پیکوکوری بر لیتر بالا می رود. بر اساس آمار رسمی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا(EPA) ، حدود 69% رادون موجود در هوای ساختمانها، از خاکهای اطراف حاصل می شود در حالی که آبهای زیرزمینی 18/5%، هوای آزاد 9/2%، مصالح ساختمانی (مانند بتن های سبک ساخته شده از شیلهای زاجی و سنگهای آذرین که جهت نما استفاده می شوند) 2/5% و منابع معمولی آب تنها 0/5% از رادون موجود در هوای منازل را تامین می کنند.

برای کاهش تمرکز رادون به ویژه در مناطقی که خاک دارای مقادیر بالای اورانیوم است می توان تمهیداتی اندیشید. درزگیری زیرزمین ساختمانها با ورقه های نازک پلاستیکی و یا پوشاندن شکاف و ترک کف یا دیواره آنها، استفاده از سیستم های تهویه هوای مناسب به منظور کاهش غلظت رادون در هوای داخل ساختمان، عدم استفاده از بتن های سبک تهیه شده از شیل های زاجی در ساختمان و ... از جمله اقدامات عملی برای کنترل و کاهش ورود رادون به ساختمانها است.

با وجود خاصیت سرطان زایی رادون در دوزهای بالا، این عنصر در علوم مختلف مانند زمین شناسی (پیش بینی زمین لرزه و آتشفشان، مطالعات آب شناسی، پی جویی و اکتشاف معادن و ...) و پزشکی کارایی دارد.

از سنجش مقدار گاز رادون در مهندسی زلزله، برای شناسایی محل گسل های عمیق و پیش بینی زلزله استفاده می شود. انبساط سنگ ها پیش از وقوع زمین لرزه سبب آزاد شدن گاز رادون محبوس در کانیها شده و در زمان نزدیک به وقوع زمین لرزه، مقدار رادون محلول در آب چشمه های نزدیک به محل وقوع، به طور ناگهانی بالا می رود.

از ایزوتوپهای رادون می توان برای محاسبه زمان بالا آمدن مواد مذاب به سطح زمین و زمان مورد نیاز برای انباشته شدن مجدد مخزن مذاب و تخمین زمان فوران احتمالی آتشفشان استفاده کرد.

از رادون به دلیل از بین رفتن سریع در مجاورت هوا، در آب شناسی برای مطالعه درخصوص فعل و انفعالات آبهای زیرزمینی، نهرها و رودخانه ها استفاده می شود.

از عنصر رادون می توان به عنوان عنصر ردیاب برای پی جویی اورانیوم استفاده کرد. بی اثر بودن گاز رادون سبب می شود این گاز در کانالهایی که از آنها عبور میکند ته نشین نشده و در نتیجه هیچگاه بی تحرک نشود (هاوکس و وب، 1962). بنابراین میزان رادون در هوا بالا رفته و برای اکتشاف منابع اورانیوم می توان از آن بهره گرفت. امانومتری (اندازه گیری مقدار رادون) که از روش

های آتموژئوشیمیایی متداول است به طور گسترده برای اکتشاف کانسارهای رادیواکتیو مورد استفاده قرار می گیرد. در امانومتری از یک آشکارساز ذرات آلفا برای تشخیص ذره آلفای تولید شده توسط رادون استفاده می شود.

آبهای معدنی حاوی رادون مدتهاست که برای درمان بیماریهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. رادون تراپی از اوائل قرن بیستم با اکتشاف رادون توسعه یافته و هنوز هم به عنوان یک روش درمانی در سراسر جهان مورد استفاده قرار می گیرد (بکر، 2004). رادون با هیچ ترکیب شیمیایی در بدن واکنش نمی دهد و در چربیهای بدن حل شده و با نشر ذرات آلفا سبب ایجاد یکسری واکنشهای پیچیده از جمله افزایش متابولیسم سلولی می شود (ناجی و همکاران، 2008). رادون در درمان دردهای روماتیسمی، مفصلی، عصبی و نیز بیماریهای جلدی موثر است. به هر حال استفاده از آبهای گرم حاوی رادون برای درمان بیماریها بایستی با رعایت مسائل ایمنی انجام گیرد. در کشور ما وجود رادون در چشمه های آبگرم اطراف رامسر و حوالی اردبیل گزارش شده است. با توجه به محدود بودن چشمه های آبگرم رادون دار در دنیا، از این چشمه ها می توان جهت توسعه صنعت ژئوتوریسم در ایران بهره جست.

از رادون در مصارف بیمارستانی مانند تهیه سوزن بخیه نیز استفاده می شود.

با توجه به اینکه رادون گسیل کننده ذرات آلفا بوده و برد ذرات آلفا در اتمسفر بسیار کوتاه است دورسنجی آن امکان پذیر نمی باشد. لذا اکتشاف آن نیازمند مطالعات دقیق صحرایی و امانومتری محل های مشکوک است.

نتیجه گیری

مقدار رادون که از واپاشی عناصر رادیواکتیو به ویژه اورانیوم حاصل می شود بسته به میزان اورانیوم موجود در سنگ تغییر می کند. میانگین اورانیوم در سنگها 3-100ppm است و بیشترین میزان آن در شیلهای سیاه، سنگهای آذرین روشن و ذخایر فسفاته وجود دارد. از گاز رادون می توان در اکتشاف مواد معدنی، پیش بینی زمان وقوع آتشفشان و زمین لرزه و مطالعات آب شناسی استفاده کرد. علیرغم سرطان زایی گاز رادون در دستگاه تنفس و ریه ها، هنوز هم چشمه های آبگرم حاوی رادون در درمان بسیاری از بیماریها مورد استفاده قرار می گیرند. با وجود کوتاه بودن برد ذرات آلفای تولید شده از واپاشی رادون، استفاده از روشهای دورسنجی در پی جویی آن سودمند نبوده و تنها با پی جویی های صحرایی و امانومتری می توان تمرکز آن را مشخص نمود.

منابع

حسنی پاک- علی اصغر، 1370، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)، انتشارات دانشگاه تهران، 601 صفحه.

عرفانی- حسن، 1370، زمین شناسی اقتصادی کانسارها، انتشارات دانشگاه تهران، 317 صفحه.
K. Becker, 2004, one century of radon therapy, *International Journal of Low Radiation*, v.1; p. 333-357.
C. R. Cothern and J. E. Smith, 1987, Environmental Radon. *Environmental Science Research*, Plenum Press, New York and London.
K. Nagy, K. Norbert, K. Tibor and J. Somlai, 2008, Radon Therapy and Speleotherapy in Hungary, *Press Therm climat*; v.145; p. 219-225.
H. E. Hawkes and J. S. Webb, 1962, Geochemistry in mineral Exploration. New York and Evanston; Harper and Row Publishing.
A. N. Voronov, 2004, Radon-rich waters in Russia, *Environmental Geology*, v. 46; p. 630-634.

اثرات زیست محیطی گاز رادون درگرانیت های بروجرد

ملکی راد ، زینب*[1]_بهاروند ، سیامک [2]
[1]* دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد تهران شمال malekirad.m@yahoo.com
[2] عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی خرم اباد واحد کمالوند

چکیده :

شهرستان بروجرد یکی از شهرهای استان لرستان است که در 110 کیلومتری از مرکز استا ن (خرم آباد) واقع شده است . شهرستان بروجرد در زون دگرگونی سنندج سیرجان واقع شده و دارای توده های نفوذی گرانیتی و گرانودیوریتی بسیاری می باشد . با توجه به وجود گاز رادون در گرانیت ها و احتمال سرطان زا بودن آنها در این تحقیق به بررسی اثرات زیست محیطی گاز رادون و احتمال اثر گذاری آن بر سلامت مردم منطقه پرداخته شده است . وجود رادون در گرانیت ها و سرطان زا بودن آنها و وجود مقادیر بالای گرانیت در این شهرستان ، استفاده بالای مردم از سنگهای گرانیتی در استان ، مواجه معدنکاران و کارگران سنگبری ها با گاز رادون در طی چرخه تولید سنگ تزئینی ، فرسایش وگسلش بالای سنگهای حاوی گرانیت در منطقه و ... از مهمترین مسائلی است که باید بررسی شوند .

واژگان کلیدی : گاز رادون ، گرانیت ، اثرات زیست محیطی ، بروجرد .

Invironmental Effect of Radon Gas In Borujerd Granites

Maleki rad ,zeinab and Baharvand , siamak
University Tehran shomal and university kamalvand
malekirad.m@yahoo.com

Abstract:

Borujerd city in Lorestan Province in110 km from Khorram Abad is located. Boroujerdi city located in Sanandaj – Sirjan zone metamorphism and there are intrusive masses of granite and granodiorite .there is radon gas in granite and their probability are carcinogenic . in this study the environmental effects of radon gas and likely effect on the peoples health in the region has been paid. radon in granite and their being carcinogenic and top values of granite in this city , top use people of granite stones in the province, facting mining and workers with radon gas during the production cycle decorative stones, granite erosion and their faulting in the region and ... The most important issues that should be investigated.

Keywords: Radon gas,Granite, invironmental effect , Borujerd.

مقدمه:

انسان در زندگی روزمره خود با بسیاری از مواد طبیعی و غیر طبیعی در تماس است که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم و در دراز مدت یا کوتاه مدت سلامت انسان را تحت تاثیر قرار می دهند . زمین به عنوان منبع عناصر و مواد طبیعی یکی از مهمترین عوامل موثر بر سلامت انسان است . بنابر این در دانش زمین پزشکی به عنوان یک میان رشته به بررسی اثرات عناصر موجود در زمین و محیط زیست بر سلامت انسان پرداخته می شود . برای مثالبسیاری از سنگ ها دارای سطوح بالای اورانیوم هستند مانند شیل های زاجی، گرانیت های خاص و پگماتیت ها. که تنفس یا بلع مقادیر غیر عادی گاز رادیواکتیو رادون که از منابع طبیعی رادیواکتیو در چنین سنگ هایی ایجاد می شود، خطری مهم برای سلامت عموم محسوب می شود. در این مقاله به بررسی اثرات گاز رادون موجود در گرانیت های شهرستان بروجرد بر سلامت مردم ساکن در آن پرداخته شده است.

رادون :

رادون از گازهای نادر است و قابلیت ترکیب آن با دیگر عناصر، بسیار اندک است. عدد اتمی آن 86 و وزن اتمی آن 222amu می باشد. چگالی آن در صفر درجه سانتیگراد 9/73 گرم بر لیتر است . مقدار گاز رادون در هوا بسیار کم و حدود یک اتم به ازای 10^{18} اتم از هوای محیط بسته می باشد.این گاز در زنجیره های واپاشی اورانیوم 238 ، اورانیوم 235 و توریم 232 به ترتیب به صورت ایزوتوپ های222 با نیمه عمر 92 ساعت و 219 با نیمه عمر 4 ثانیه و 220 با نیمه عمر 55/3 ثانیه تولید می شود.این گاز در زمره مواد پرتوزا به حساب می آید.بنابر این به علت بی‌اثر بودن و انحلال پذیری کم آن در مایعات بدن ، خود رادون خطر چندانی ندارد . بیشترین خطر ، ناشی از پرتوزایی عناصری است که بطور متوالی از تجزیه رادون تولید می‌شوند.

اثرات رادون بر سلامتی انسان:

مواد پرتوزا عموما اثرات مستقیمی بر سلول های بدن دارند مانند ایجاد وقفه در تقسیم سلول ، موتاسیون ژنی ، شکست کروموزوم که منجر به ایجاد سلول های غیر طبیعی می شود (این اثر در ایجاد بیماری هایی نظیر سرطان نقش دارد) و مرگ سلولی که از این اثر برای درمان سرطان و از بین بردن سلول ها سرطانی استفاده می شود. سه عنصر پولونیوم ، سرب و بیسموت که از تجزیه متوالی رادون حاصل شده و خاصیت پرتوزایی دارند دختران رادون نامیده می‌شوند. این عناصر در مقادیر ماکروسکوپی جامدند و وقتی در هوا تشکیل شوند به سرعت به ذرات گرد و غبار می‌چسبند و موقع تنفس همراه هوا وارد ششها شده و به سطوح آن می‌چسبند. این عناصر ذرات آلفای پرانرژی منتشر می‌کنند که تابش آنها به سلولهای نای آسیب می‌رساند و

این آسیب می‌تواند نهایتا به سرطان ریه منتهی شود.در واقع دختران رادون بعد از سیگار دومین عامل ایجاد سرطانهای ریه می‌باشند. در واقع وقتی نفس می‌کشیم ، پس مانده‌های رادون روی سلولهای جداره مجاری تنفسی قرار می‌گیرند که در اینجا ذرات آلفا می‌توانند به مولکول های DNA آسیب برسانند و احتمالا سبب بروز سرطان ریه می‌شوند. در محیط‌های بسته میزان رادون بیشتر است و بالاترین مقدار آن در محل‌هایی از قبیل معادن، غارها و تسهیلات بهبود آب و فاضلاب یافت می‌شود. در بسیاری از کشورها آب شرب از منابع زیرزمینی از قبیل چشمه‌ها، چاه‌ها و گودال‌ها بدست می‌آیند. این منابع آب به طور طبیعی دارای غلظت بیشتری از رادون نسبت به آبهای سطحی حاصل از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و جویبارها هستند. براسا س گزارش EPA درایالات متحده هرسال 160000 ازمردم بر اثر ابتلا به سرطان ریه جان خود را از دست می دهند که مرگ 19000 نفر ناشی از گاز رادون موجود درهوا می باشد و درحدود 160 نفر براثر وجود گاز رادون درآ ب می میرند و سایر افراد در اثر استنشاق دود سیگار به این سرطان مبتلا و جان خود را از دست می دهند.

حضور رادون در گرانیت :

اولین منبع اصلی تولید گاز رادون،دردرجهٔ اول اورانیوم و سپس توریوم موجود درخاک و سنگ می باشد. بدین معنی که گاز رادون تولید شده توسط آنها در بسترهای زیرین زمین براحتی از میان خاکها به بالا نفوذکرده و به فضای آزاد راه میی‌ابد . مقدارمتوسط اورانیوم در پوسته زمین برای سنگ3 ppm وبرای خاک2/1 ppm برآورد،ودرنتیجه، متوسط غلظت میانگین آن رادر پوسته زمین2/7 ppm منظورمی نمایند . اگرچه اورانیوم وبه تبع آن رادیوم درتمام سنگها وخاکها وجود دارد، ولی مقدار آن از نقطه ای به نقطهٔ دیگر و سنگی به سنگ دیگر متغیر می باشد .معمولاً میزان اورانیوم در سنگهای آذرین اسیدی مثل گرانیت، شیلهای سیاه وبعضی ازسنگهای دگرگونی مثل گنایس وشیست بیشتر از سنگهای مختلف دیگر می باشد .به عنوان مثال مقدار متوسط آن در سنگ گرانیت که دارای غلظت بالای اورانیوم میباشد،حدود4/7 ppm بوده و در بعضی از گرانیت ها به 20 ppm هم میرسد .بر عکس میزان اورانیوم در سنگهای آذرین بازی مثل بازالت، سنگهای رسوبی فاقد فسفاتها و بعضی از سنگهای دگرگونی مثل مرمروکوارتز معمولاً اندک است .مثلاً مقدار متوسط اورانیوم در بازالت در حدود0/9 ppm برآورد شده است .

بر اساس اعلام آژانس محافظت محیط زیست، رادون یکی از گازهای رادیواکتیو طبیعی عامل سرطان است که رنگ، مزه و بو ندارد و وجود آن در خانه یا محل کار می‌تواند خطری برای سلامتی انسان باشد. این آژانس اعلام کرده که سنگهای گرانیتی باعث ایجاد میزانی بیش از حد معمول این گاز در هوا می شوند که این میزان رادون اثرات سوئی بر سلامت انسان دارد . در ساختمان‌های مسکونی ، نمای ساختمان ها ، سرسراها و پله‌ها که سنگ های گرانیت و خانواده آنها مثل

گرانودیوتریت، آندزیت، سنگ‌های بازالتی به کار برده می‌شود افراد به طور مستقیم از این گاز استنشاق می‌کنند که استنشاق گاز رادون در بلندمدت سرطانزاست. به عقیده برخی از صاحب نظران نیز وجود رادون در گرانیت و استفاده آن در ساختمان ها خطر چندانی ندارد و میزان رادون موجود در گرانیت ها معادل دود کردن یک بسته سیگار در روز است . اما همین مقدار نیز در دراز مدت سرطان زا خواهد بود . گر چه اینگونه اخبار میتواند ناشی از رقابت های اقتصادی کارخانجات نسبت به یکدیگر یا اهداف سیاسی باشد ، اما حتی خفیف ترین حد ممکن این گونه آلودگی ها هم باید مورد توجه قرار گیرد و بخصوص با استقبال و محبوبیت و بویژه ارزانی نسبی که این سنگ در کشور ما (نسبت به سایر کشورها) دارد و کاربرد بالای آن در ساختمان های عمومی و خصوصی ، کمی تامل و بررسی و پژوهش علمی و کارشناسی در استفادهء از انواع سنگ های گرانیت در حجم زیاد لازم به نظر می رسد .

توده های گرانیتی در بروجرد :

گستره واقع در شمال خاوری بروجرد بخشی از پهنه دگرگونی سنندج - سیرجان است که با رخساره شیست سبز معرفی شده است . بخش بزرگی از باتولیت شمال خاوری بروجرد از نوع گرانیت تا گرانودیوریت است که به خاطر داشتن پرفیروبلاستهای فلدسپات سیمای پرفیروئیدال دارد . تزریق توده نفوذی بروجرد در ابتدا با ترکیب کوارتز دیوریت آغاز و سپس در مراحل بعدی ترکیب اسیدی تر و سنگ های گرانودیوریتی تا گرانیتی جایگزین شده اند . تزریق توده های گرانیتی به درون رسوبات ژوراسیک ناحیه با ایجاد هاله دگرگونی به ضخامت چند صد متر همراه است . تاثیر فرایند های فروپاشی بر روی توده های گرانیتی موجب دگرسانی فلدسپاتها و پیشرفت فرسایش شیمیایی شده است . قسمتی از سنگهای نفوذی ناحیه از نوع گرانودیوریت است که در اثر دگرسانی به کانی های سرسیت ،مسکویت و آرژلیت تبدیل شده اند . جایگیری نفوذی های اسیدی هم نشانه مراحل پایانی فعالیت های ماگمایی در منطقه است .

برونزد های تپه ماهوری تیره رنگ شمال بوجرد از نوع شیل ها و ماسه سنگ های ریز دانه دگرگون شده است . این سنگ ها به دلیل پذیرا شدن چند فاز دگر شکلی و نیز به خاطر تزریق توده های ماگمایی گرم به درون آنها بیشتر سیمای خط وارگی دارند . این سنگ ها از نوع زود فرسا هستند که اغلب سیمای گرد شده دارند . این سیما در مناطقی که درحاشیه توده های گرانیتی و گرانودیوریتی قرار دارد فرسایش پذیری کمتری از خود نشان می دهد .

نتیجه گیری :

- گاز رادون از طریق گسل ها و درز و شکاف ها به سطح زمین راه می یابد به گونه ای که یکی از راه های پیش بینی زلزله ها اندازه گیری غلظت گاز رادون است . با توجه به گسل های بزرگ و درز و شکاف های فراوان که در منطقه وجود دارد و همچنین جنس توده های سنگی منطقه که عمدتا گرانیتی است امکان آزاد شدن مقادیر بالای رادون وجود دارد .
- آبهای زیر زمینی و نزولات جوی به علت عبور از میان سنگ ها با حمل برخی عناصر از جمله گاز رادون نسبت به آن عناصر غلظت بیشتری می یابند . به علت وجود مقادیری رادون در توده های گرانیتی بروجرد و تجزیه شدگی و درزه شدگی های مشاهده شده ناشی از نزولات جوی در منطقه ، احتمال حضور مقادیر بالای گاز رادون در آب بیشتر است .
- با توجه به بعد اقتصادی توده های گرانیتی در منطقه استخراج در معادن گرانیتی بالا است و روزانه کارگران بسیاری با این سنگها در ارتباط هستند . با توجه به هشدار آژانس محافظت محیط زیست مبنی بر خارج شدن مقادیر بالای گاز رادون هنگام استخراج سنگ های گرانیتی در معادن سنگ کارگران این معادن در معرض ابتلا به بیماری هایی چون سرطان ریه می باشند .
- وجود معادن متعدد سنگهای تزئینی در منطقه و ارزان بودن نسبی این سنگ ها به عنوان سنگ نما در ساختمان ها نسبت به مصالح دیگر سبب شده است تا مردم ساکن در شهر بروجرد و شهرهای اطراف به استفاده فراوان از این سنگ ها روی آورند . و همانطور که گفته شد استفاده از این سنگها در دراز مدت سرطان زا خواهد بود .

منابع:

1- یوسفی - رضا ، گورانی - علی ، معرفی پروژه بین المللی رادون
2- قریب – فرزاد ،1387 ، گرانیت و تشعشعات سرطان زا
3- پرورش – محبوبه ، پرتوگیری از مصالح ساختمانی
4-سایت خبرگزاری فارس ، مرداد 1387
5- افشار – سعید ، 1381 ، اثر پرتوهای یونیزه کننده در ایجاد سرطان
6-قلی پور پیوندی – رضا ، 1384 ، تخمین مقدار پرتو گیری طبیعی گاز رادون
7- روفه گری نژاد – جواد ، روفه گری نژاد – رضا ، خطرات ناشی از تجمع گاز رادون و راه های جاوگیری از کاهش آن در ساختمان
۸- Radon and Health , October 2002 , United Kingdom National Radiation protection Board

نقشه های پتانسیل رادون و کاربرد آن در محیط زیست

ناصر ناصری * ، **محمد حسین محمودی قرائی**
nassery@gmail.com
گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

نقشه های پتانسیل رادون از ابزارهای بسیار مفید جهت پیش بینی سطح رادون خانگی اند . در اینگونه نقشه ها از داده های مختلفی استفاده می شود از جمله این داده ها می توان محتوی اورانیوم و رادیوم موجود در سنگ ها و خاک ها (زمین شناسی رادون) و نفوذپذیری خاک ها (نقشه های زمین شناسی مهندسی) و اندازه گیری رادون خاک ها و داده های رادون خانگی را نام برد. با استفاده از داده های موجود و ایجاد لایه های اطلاعاتی مختلف و همچنین با استفاده از متدهای متداول، نقشه های پتانسیل رادون در محیط GIS ترسیم می گردد. از مشکلات موجود در رابطه با این گونه نقشه ها متغییر بودن سطح مجاز رادون است.

واژهای کلیدی : رادون، نقشه های پتانسیل رادون، GIS، محیط زیست.

Radon Potential Maps and Environmental Applications

[1]Nasser Nasseri,[2] M.H. Mahmudy Gharaie
Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad
nassery@gmail.com

Abstract

Radon potential maps are necessary for radon level prediction in living environment and also for determination of safer area regarding indoor radon level. Various data are used in preparation of radon potential maps, which include Uranium or Radium content of the soils, type of underlying rocks, faults and joints systems in the area, the permeability of sediments, air contents of the soils and indoor amounts of radon. These data are the most required information for preparation of radon potential maps. All data are used by ordinary techniques and typical methods to be finalized in GIS maps.

مقدمه

رادون گازی پرتوزا و با نیمه عمر کوتاه است که قابل رویت نبوده و محصول واپاشی رادیوم (^{226}Ra) است که خود نیز محصول واپاشی اورانیوم (^{238}U) می باشد، ایزوتپ اصلی رادون (^{222}Rn) دارای نیمه عمر کوتاه 8/3 روز است (مر، 1382). از آنجایی که رادون گازی پرتوزا است تشعشعات حاصل از آن می تواند باعث تغییر در DNA و سلول ها شده و آنها را وادار به یونیزه شدن نماید. این امر باعث شده است که رادون به بزرگترین منبع تابش طبیعی در جمعیت های بشری تبدیل شود. تنفس رادون عامل مرگ 15 درصد از مبتلایان به سرطان ریه در جهان است. همچنین تنفس رادون در آمریکا سالانه باعث مرگ 21000 نفر بر اثر سرطان ریه می شود به همین دلیل از رادون به عنوان دومین عامل سرطان ریه بعد از سیگار نام برده می شود

(Brian,2006) . در این رابطه نقشه های پتانسیل رادون از ابزارهای مفید جهت کنترل رادون در سطح منطقه ای بوده و بخصوص برای وضع قوانین ساخت و ساز ساختمانی کلان مورد استفاده قرار می گیرند. از کاربرد نقشه های پتانیسل رادون می توان به موارد زیر اشاره کرد (Brian,2006) :

1- شناسایی ساختمان های جدید که احتیاج به اندازه گیری رادون دارند، 2- مقرون به صرفه و هدفمند کردن اندازه گیری ها و مانیتورینگ رادون در خانه ها و اماکن عمومی، 3- دادن یک ایده کلی به خریداران و فروشندگان خانه ها، 4- استخراج اطلاعات بیماری شناختی و پیدا کردن رابطه بین انواع سرطان و رادون.

با توجه به مقدمه بالا و نظر به اهمیتی که نقشه های پتانسیل رادون دارند در این مقاله به بررسی نقشه های پتانسیل رادون و معرفی لایه های اطلاعاتی لازم جهت ترسیم این نقشه ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS می پردازیم.

شرح و بحث

منابع اطلاعاتی پتانسیل رادون

فاکتور های زیادی در پتانسیل رادون یک منطقه موثر است که با استفاده از این فاکتورها تا حد بسیار زیادی می توان پتانسیل رادون در یک منطقه را پیش بینی کرد. در ادامه به چند مورد از کاربردی ترین داده هائی که می توانند به عنوان لایه های اطلاعاتی در تهیه نقشه پتانسیل رادون بکار گرفته شوند اشاره می شود.

الف) زمین شناسی رادون

از آنجا که منبع اصلی تولید رادون تنها اورانیوم و رادیوم موجود در سنگ ها و خاک ها است، زمین شناسی رادون نیز متاثر از حضور سنگ ها و خاک های اورانیوم و رادیوم دار در هر منطقه ای است . اورانیوم به خاطر این که عنصری لیتوفیل است در پوسته زمین تمرکز بیشتری داشته و میانگین پوسته ای آن 2/4 ppm است هرچند در بعضی از سنگ ها بسیار بیش از این نیز گزارش شده است. مثلا میانگین اورانیوم درگرانیت ها 5/4ppm است اما ممکن است در بعضی از انواع به 20-40ppm هم برسد (عناصر زمین،1382). سنگ های گرانیتی بخصوص معادل بیرونی آن ها پتانسیل بسیار بالایی برای تولید رادون دارند. انطباق بسیار بالای نقشه های زمین شناسی گرانیتها با نقشه های پرتو گاما (Gamma radiation) و داده های رادون خانگی بیانگر اهمیت بسیار زیاد این سنگ ها درتولید رادون در یک منطقه است.

اورانیوم به دلیل پتانسیل یونی آن می تواند در محصولات هوازدگی ناشی از هیدرولیز (شکل1) از قبیل بوکسیت ها تمرکز یابد (مر،1383). از دیگر منابع اورانیوم می توان به سنگ های

فسفاته(Brian, 2006)، زغال سنگ (Quresh, 1999) و همچنین شیل ها اشاره کرد به طوری که برخی از شیل های سیاه دارای پتانسیل اورانیوم بالائی بوده و از اهمیت بیشتری نسبت به سایر رسوبات برخوردارند. در تحقیقات به عمل آمده مشخص شده است که مقدار اورانیوم بطور خطی با افزایش کربن زیاد می شود (مر،1383). از دیگر فاکتوهای سنگ شناختی موثر می توان به سن سنگ ها اشاره کرد به طوری که سنگ های جوان تر پتانسیل رادون بیشتری نسبت به سنگ های قدیمی تر دارند (Zhu et al,1998).

ب) ساختارهای زمین شناختی

چین ها ، گسل ها و ساخت های دگرگونی ، حرکت رادون در زمین را تسهیل می کنند (Zhu et al,1998) . در مناطق گسلی رادون ممکن است تا ده برابر حد زمینه خود تمرکز پیدا نماید ، بطوریکه در بعضی مناطق سطح رادون تا $200Bq\ m^{-1}$ نیز گزارش شده است و بسیار خطرناک است . گسل ها به دو طریق باعث افزایش رادون منطقه می شوند؛ 1- ایجاد زون خرد شده در سطح گسل که با عث افزایش نفوذپذیری شده و مجرایی برای انتقال رادون ایجاد می نمای(Al Tamimi et al, 2001) ، 2- فعالیت گسل های جوان باعث خرد شدن سنگ های بویژه گرانیتی می شود که در داخل خود مقادیر قابل توجهی رادون داشته و باعث آزاد شدن آن می شود (Malgorzata et al,2005) .

ج) داده های زمین شناسی مهندسی :

انشار رادون از خاک ها به میزان زیادی متأثر از خواص فیزیکی خاک است . با توجه به قانون اول فیک می توان به اهمیت نفوذپذیری خاک در انتشار رادون پی برد :

$$J = -D\frac{dARn}{dz}$$

که در این فرمول J سرعت جریان رادون در خاک؛ D ضریب انتشار گاز که بسته به نفوذپذیری و پیچ و خم مسیر عبور گاز در رسوبات دارد؛ A_{Rn} اکتیویته رادون در فضای بین منفذی خاک؛ و Z فاصله عمودی خاک است (Voltagio, 2006).

د) رادون در هوای درون خاک :

رادون در خاک می تواند در محدوده $0/4\text{-}40\ kBq\ m^{-1}$ وجود داشته باشد (Gingrich,1984) . داده های رادون خاک ها اطلاعات مفیدی در رابطه با سطح رادون منطقه نشان می دهد . برای اندازه گیری رادون موجود در هوای منفذی خاک ها از دستگاه های ویژه ای استفاده می شود. از جمله این دستگاه ها می توان به سلول های لوکاس (Lucas cells) اشاره کرد. در این روش هوای داخل خاک به درون سلول مکیده شده و سپس پرتو آلفا ثبت شده مربوط به نمونه ها در آزمایشگاه اندازه گیری می شود (Lucas,1957) .

با توجه به اینکه سطح رادون خاک بسیار متأثر از رطوبت خاک، شرایط آب و هوایی و همچنین عمق اندازه گیری است رعایت نکات زیر جهت نمونه برداری آن الزامی است :

1. به منظور جلوگیری از خطای ناشی از فرار رادون در قشرهای سطحی اندازه گیری ها باید در عمق های 2 تا 3 پایی (حدوداً 50cm) انجام شود (Buttafuoco,2007).
2. مقدار رادون با افزایش عمق خاک افزایش می یابد بنابر این اندازه گیری های رادون باید در عمق مشخصی انجام شود (Al Shereideha et al,2006) .
3. با توجه به اینکه رادون در خاک های مرطوب در اعماق بیش از 10-5 سانتی متری نمی تواند انتقال یابد بهتر است نمونه برداری از رادون خاک در تابستان و در روزهای با دمای نسبتا ثابت و بدون بارندگی انجام شود (Hinkle,1994) .
۴. از آنجا که سطح رادون خاک از فصلی به فصل دیگر و حتی روز به روز تغییر می یابد بهتر است بجای استفاده از آشکار سازهای کوتاه مدت از انواع آشکار ساز طولانی مدت استفاده شود (Chen et al,2003)

ه) نقشه های رادیواکتیویته :

نقشه های رادیواکتیویته اطلاعاتی در رابطه با میزان اورانیوم موجود در منابع سطحی زمین به ما می دهند. بیشتر نقشه های پرتوزایی متداول نقشه های Aroradioactivity یا Gamma radiation (Quindo´s Poncela etal ,2003) هستند. نقشه های Aroradioactivity بر پایه پرواز در ارتفاع پایین هواپیماهایی تهیه می شود که ابزارهای خاص بر روی آن نصب شده و مقدار انرژی تابیده شده از سطح زمین را ثبت می کنند .انطباق بسیار بارزی بین نقشه های Aroradioactivity با سطح رادون خانگی گزارش شده است اما در جاهایی که زمین از آب اشباع است مقدار رادیواکتیویته ثبت شده بسیار پایین تر از حد واقعی خود بوده به همین خاطر از داده های این نقشه ها بصورت تکمیلی استفاده می شود .

و) داده های رادون خانگی :

در کشورهای توسعه یافته اغلب آژانس های خصوصی میزان رادون خانگی را اندازه می گیرند . اما از آنجا که نتایج این اندازه گیری ها بین صاحبخانه ها و نمایندگان این آژانس ها محرمانه است، استفاده از این داده ها بجز در مواردی که سطح رادون مدارس ویا دفاتر دولتی مورد اندازه گیری قرار گرفته تقریباً غیر ممکن است. از داده های رادون خانگی به عنوان داده های تکمیلی در جهت تهیه نقشه های پتانسیل رادون می توان استفاده کرد زیرا تجمع رادون در یک خانه علاوه بر پتانسیل سنگ بستر به نوع ساخت آن نیز بستگی دارد و چه بسا خانه هایی که بر

روی مکان های با پتانسیل بالای رادون ساخته شده باشند اما به دلیل رعایت نکات ایمنی و عایق بندی خوب نفوذ رادون به درون ساختمان به حداقل ممکن رسیده باشد، و یا بلعکس.

رسم نقشه های پتانسیل رادون در سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS :

با رقومی سازی و به هم آمیختن داده های فوق الذکر و در غالب لایه های مختلف می توان نقشه های پتانسیل رادون را ترسیم کرد . از جمله این نقشه ها می توان ، نقشه محتوی اورانیوم سنگ های منطقه ، موقعیت شکاف ها شکستگی و گسل ها ، نقشه های رادیواکتیویته منطقه و نقشه داده های خاک مثل نفوذپذیری و محتوی رادون خاک و همچنین داده های رادون خانگی را نام برد. پس از رقومی سازی نقشه ها، داده ها را وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS نموده و بر اساس مدل های مختلف موجود در این زمینه به هر کدام از این لایه های اطلاعاتی وزن مورد قبول داده می شود. یکی از مدل های رایج در این زمینه که در رسم نقشه های پتانسیل رادون استفاده می شود مدل(Risk Variable) RV است که به لایه های مشخص با توجه به اهمیتشان در پتانسیل تولید رادون وزن منطقی داده می شود (Skeppström, 2006). در انتها از جمع جبری نقشه های وزنی و با توجه به دامنه تغییرات وزن پیکسل ها می توان نقشه های پتانسیل رادون را رسم نمود. از جمله روش های مفید جهت آمیختن لایه های اطلاعاتی می توان به متد های (Analytic Hierarchy Process) **AHP** و یا (Principal Component Analysis) **PCA** اشاره کرد که کارایی بسیاری در این رابطه دارند. در خاتمه می بایست به مشکلاتی که در رابطه با این گونه نقشه ها وجود دارد اشاره نمود و آن عبارت از متغییر بودن سطح مجاز رادون است. بطوریکه در چند ساله اخیر چندین بار سطح مجاز رادون تغییر یافته است و این موضوع ناشی ازآن است که هیچ غلظتی از رادون عاری از خطر نیست. این باعث می شود که محدوده های پرخطر رادون متغییر باشند . از موارد دیگر یکسان نبودن لایه های اطلاعاتی مورد استفاده در اینگونه نقشه ها است که باعث شده نقشه های پتانسیل رادون بصورت نسبی وکمتر قابل قیاس با یکدیگر باشند.

نتیجه گیری :

نقشه های پتانسیل رادون ابزار مفیدی جهت کنترل رادون در سطح منطقه ای بوده و بخصوص برای وضع قوانین ساخت و ساز ساختمانی کلان مورد استفاده قرار می گیرند. فاکتور های زیادی در پتانسیل رادون یک منطقه موثر است که با شناخت این فاکتورها می توان تا حد زیادی پتانسیل رادون هر منطقه را پیش بینی کرد. از کاربردی -ترین داده هائی که می توان به عنوان لایه های اطلاعاتی در تهیه نقشه پتانسیل رادون بکار گرفت عبارت از اطلاعات زمین شناسی رادون ، ساختارهای زمین شناختی، داده های زمین شناسی مهندسی، نقشه های رادیواکتیویته و داده های رادون خانگی است. یکی از مشکلاتی که در رابطه با اینگونه نقشه ها وجود دارد یکسان

نبودن لایه های اطلاعاتی مورد استفاده در اینگونه نقشه ها است که باعث شده نقشه های پتانسیل رادون بصورت نسبی بوده وکمتر قابل قیاس با یکدیگر باشند . از دیگر معایب این گونه نقشه ها متغییر بودن سطح مجاز رادون است.

منابع :

میسون، برایان. مر، کارلتون ب. (۱۳۸۳)، اصول ژئوشیمی، مترجمان فرید مر، علی اصغر شرفی، انتشارات دانشگاه شیراز،۵۶۶ ص.
ککس، پی ای .(۱۳۸۲)،عناصر زمین، مترجمان فرید مر،خدیجه زائری، نشر دانشگاه شیراز،۴۱۴ ص.
Al Shereideha, S.A. , Batainab, B.A., Ershaidat, N.M.,(2006) , Seasonal variations and depth dependence of soil radon concentration levels in different geological formations in DeirAbu-SaidDistrict, Irbid—Jordan , Radiation Measurements 41 ,703 – 707 .
Al Tamimi, M.H., Abumurad, K.M,. (2001). Radon anomalies along faults in North of Jordan/Radiation Measurements 34 397–400.
Brian, j., osé, A., Robert, B.,(2004).”*Essentials of medical GeologyImpacts of the Natural Environment on Public Health”*. Elsevier Academic Press publications, 826 page.
Chen J., (2003). Estimate of annual average radon concentration in the normal living area from short-term tests. Health Physics 85:740-744 .
Chen,J., Falcomer,R., Bergman,L., Wierdsma,J., Ly,J.,(2009), Correlation of soil Radon and permeability with indoor radon potential in Ottawa, Radiation Measurements-DOI: 10.1016/j.radmeas.2009.11.007
Skeppström , K.,Olofsson,B., A prediction method for radon in groundwater using GIS and multivariate statistics . Science of the Total Environment 367 (2006) 666–680.
Qureshi. A.A ,Kakar. D.M, Akram .M,Khattak N.U., Tufail M., K. Mehmood, Jamil, K., . Khan, H.A.,(1999), Radon concentrations in coal mines of Baluchistan, Pakistan. Environmental Radioactivity 48 (2000) 203}209.
Buttafuoco, Gabriele , Tallarico, Adalisa ,Falcone, Giovanni, (2007) , Mapping Soil Gas Radon Concentration: A Comparative Study of Geostatistical Methods, Environ Monit Assess 131:135–151.
Gingrich, J. E., (1984). Radon as a geochemical exploration tool. Journal of Geochemical. Exploration, 21,19–39.
Zhu, H.-C. ,Charlet, J.M. ,Tondeur, F.,(1998) Geological controls to the indoor radon distribution in southern Belgium. The Science of the Total Environment 220 195-214.
Hinkle, M., (1994). Environmental conditions affecting concentrations of He, CO2,O2, and N2 in soil gases. Applied Geochemistry, 9,53–63.
Quindo´s Poncela, L.S. , Ferna ´ndez, P.L., Go ´mez Arozamena, J., Sainz, C. , Ferna ´ndez, J.A., Suarez Mahouc, E.,Martin Matarranz, J.L., Cascon, M.C. ,(2003), Natural gamma radiation map (MARNA) and indoor radon levels in Spain, Environment International 29 (2004) 1091– 1096.
Lucas,H. F. (1957). Improved low-level alpha scintillation counter for radon. Review of Scientific Instruments, 28,680–683.
Voltaggio, M.,Masi,U., Spadoni,M., Zampetti, G .,(2006), A methodology for assessing the maximum expected radon flux from soils in northern Latium (central Italy) , Environ Geochem Health 28:541–551.
Malgorzata Wysocka, Andrzej Kotyrba, Stanislaw Chalupnik, Jan Skowronek,(2005), Geophysical methods in radon risk studies , Central Mining Institute, Laboratory of Radiometry, Plac Gwarko ´w 140-166 Katowice, Poland

راه های نفوذ رادون به درون ساختمان , بررسی سهم عوامل موثر در نفوذ رادون به درون ساختمان و ارائه راهکارهای عملی و قابل اجرا در کاهش دادن غلظت آن

شریف زاده, نسیم 1*, میکائیلی, بهرام 2

[1] *دانشگاه پیام نور مرکز مهاباد* , nasim.sharifzadeh@gmail.com

2 *دانشگاه پیام نور مرکز مهاباد* , b_mikaeeli@yahoo.com

چکیده

گاز رادون درون ساختمان ها به عنوان دومین عامل سرطان ریه می تواند خطر جدی برای سلامت افـراد خـانواده به حساب آید. این در حالی است که خطر ناشی از آن به کمک تکنیک های تخصصی و جانبی کاهش غلظت گـاز رادون تاحد زیادی قابل پیشگیری است. از این رو بررسی را ه های نفوذ گـاز رادون بـه درون سـاختمان و تعیـین مهم ترین منشا گاز رادون امری ضروری به نظر می رسد.

واژه های کلیدی: رادون درون ساختمان, منشا رادون, روش های کاهش غلظت رادون

Indoor radon sources, an evaluation to contributions of indoor radon density effective factors and introducing practical radon mitigation techniques

Nasim Sharifzadeh [1], Bahram Mikaeeli [2]
Mahabad Payam Noor University
nasim.sharifzadeh@gmail.com, b_mikaeeli@yahoo.com

Abstract

Indoor radon as second lung cancer causing factor is considered a significant health risk to families, but it's important to know that this threat is completely preventable by using practical radon mitigation techniques. So it's necessary to find different ways of entering radon to a house and specify the most important factor.

Keywords: *Indoor Radon, Radon sources, Radon mitigation techniques*

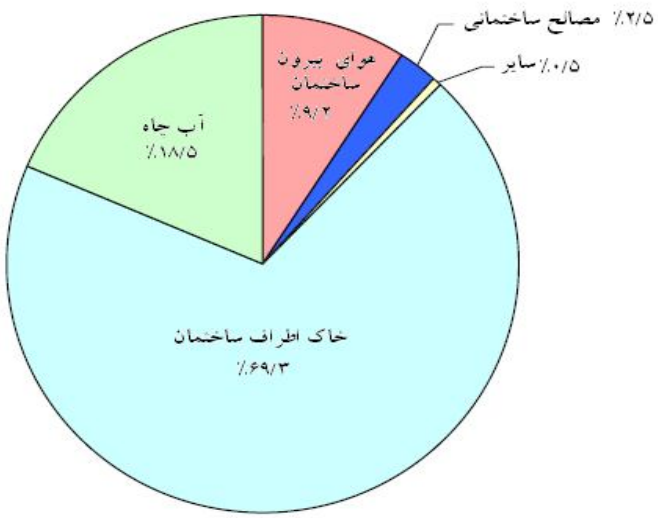
مقدمه

بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی رادون بعد از سیگار دومین عامل ایجاد سرطان ریه در جهان به شمار می رود [1]. رادون یک عنصر گازی خنثی, بی رنگ و پرتوزا ست و به سبب تک اتمی بودن آن به راحتی در اجسام مختلفی مانند خاک و مصالح ساختمانی نفوذ می کند. Rn^{222} که از تجزیه طبیعی U^{238} موجود در سنگهای آتشفشانی و انواع خاک بدست می آید نسبت به سایر ایزوتوپ های رادون داری نیمه عمر طولانی تری است. از این رو غلظت های قابل توجهی از آن در معادن, تونل ها , نیروگاه ها, طبقات زیرین ساختمان های مسکونی , چاه های آب و استخرهای سرپوشیده عمومی و جود دارد. اهمیت رادون و اثرات آن بر زندگی و سلامت افراد, سازمان بهداشت جهانی را بر آن داشته یک پروژه بین المللی با نام WHO (World Health Organization) را جهت کاهش خطرات بهداشتی گاز رادون و پایین آوردن نرخ سرطان ریه در سطح جهان به راه اندازد[2]. در این مقاله بر آنیم تا با معرفی منشاهای گاز رادون درون ساختمانها و مقایسه سهم هر یک از عوامل موثردر تجمع آن درون ساختمان و ارائه راهکارهای عملی به منظور کاهش غلظت گاز رادون قدمی موثر در اطلاع رسانی در زمینه خطرات گاز رادون درون ساختمانها برداریم.

راه های ورود رادون به درون ساختمان

اختلاف فشار بین هوای درون ساختمان با هوای درون خاک اطراف ساختمان یکی از علل اساسی ورود رادون به درون ساختمان است. چنانچه فشار درون ساختمان از فشار درون خاک اطراف ساختمان بیشتر باشد ساختمان همانند یک جاروبرقی عمل کرده و رادون از طریق شکاف های پی به داخل ساختمان کشیده می شود. رادون با غلظت های مختلف در آب چاه خانگی و یا سیستمهای آب شهری که از آب های زیرزمینی تامین می شوند نیز وجود دارد. چنانچه از این آب برای استحمام و یا سایر مصارف خانگی استفاده شود, گاز رادون موجود در آب در هوا پخش و وارد سیستم تنفسی می گردد. در تعداد اندکی از ساختمان ها نیز مصالح ساختمانی نظیر گرانیت و بعضی از محصولات بتنی خاص که سرشار از مواد رادیواکتیو هستند نیز می توانند منشا تولید رادون درون ساختمان ها باشند[3]. اکثر سنگ ها به سبب وجود مواد معدنی نظیر اورانیوم (U^{238}) توریوم (Th) و پتایسم (K^{40}) دارای مقادیر مختلف پرتوزایی هستند. از آنجا که گرانیت بیش از سایر انواع سنگهای ساختمانی دارای این نوع عناصر پرتوزاست می تواند به عنوان عامل دیگر تولید رادون در نظر گرفته شود و این در حالی است که تحقیقات صورت گرفته در این زمینه نشان می دهد که میزان خطر گاز رادون گسیل شده از کاشیها و سنگ پیشخوان های گرانیتی کمتر از یک میلیونم کل مقدار رادون موجود در درون ساختمانهاست. از طرفی رادون ناشی از خاک اطراف

ساختمان نسبت به میزان رادون ناشی از چاه بسیار بیشتر است. شکل (1) سهم عوامل موثر در تولید رادون ساختمان را به خوبی نشان می دهد.



شکل1. سهم عوامل موثر در تولید رادون درون ساختمان

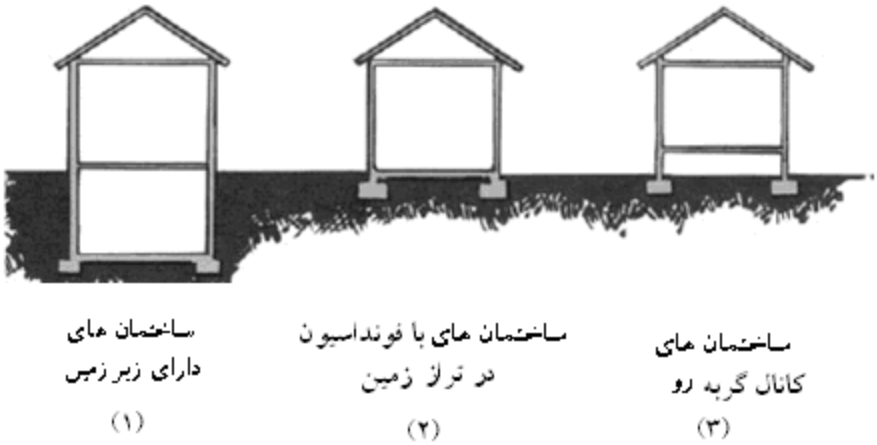
حد مجاز رادون و روش های اندازه گیری و تعیین میزان رادون

هر گونه در معرض قرار گیری گاز رادون برای سلامتی افراد خطرناک است. میزان رادون در هوا بر حسب واحد پیکو کوری بر لیتر ($pCiL^{-1}$) سنجیده می شود و این در حالی است که هر کوری بر لیتر معادل با 37 بکرل بر متر مکعب است. در حالت ایده آل سطح رادون درون ساختمان ها نبایستی از سطح رادون موجود در هوای بیرون ساختمانی یعنی $0.4\,pCiL^{-1}$ بیشتر باشد. از آنجا که گاز رادون نامرئی, بدون بو و تا حدی پرتوزا ست, شناسایی و سنجش میزان آن در هوای درون ساختمان ها نیازمند تجهیزات و تخصص لازم می باشد. تست های سنجش میزان رادون شامل دو نوع کوتاه مدت (short-term test) و بلند مدت (long-term test) می باشند[4]. اگر نتیجه یک تست بلند مدت و یا میانگین نتیجه دو تست کوتاه مدت گاز رادون از $4\,pCiL^{-1}$ بیشتر باشد, به کار گیری روش های کاهش رادون درون ساختمان حیاتی به نظر می رسند. تست های کوتاه مدت دو تا نود روزه اند, در حالی که تست های بلند مدت معمولا بیش از نود روز به طول می انجامند. با وجود هزینه بالاتر تست های بلند مدت, این نوع آزمون ها نتیجه قابل اطمینان تری از میزان رادون درون ساختمان به دست می دهند. انواع دستگاه های تست رادون عبارتند از : دستگاه های فعال (active) و دستگاه های غیر فعال (passive). کارکرد دستگاه های فعال نیازمند صرف برق می باشد. دراین دستگاه ها به طور خودکار هر ساعت داده های مورد نیاز از هوای محیط گردآوری و پس از میانگین گیری به فرم سطح رادون گزارش می گردد. دستگاه های غیرفعال تست رادون بی

نیاز از مصرف برق و تا حدی ارزان قیمت هستند. شناساگر های رد ذرات آلفا یک نمونه از این نوع دستگاه ها به شمار می آیند.

تکنیک های کاهش رادون ناشی از خاک اطراف ساختمان

در انتخاب تکنیک های کاهش رادون بایستی فاکتور های زیر در نظر گرفته شود: اندازه ساختمان, نوع پی ساختمان, سطح رادون اولیه, هزینه های نصب تکنیک های کاهش رادون و هزینه های کارکرد آنها. مطابق شکل(2) ساختمان ها معمولا از نظر نوع پی به سه دسته عمده زیر تقسیم بندی می شوند: ساختمانهای دارای زیر زمین, ساختمانحهای با فونداسیون در تراز زمین و ساختمان های با کانال گربه رو.



شکل2 : دسته بندی ساختمان ها بر اساس نوع پی

با توجه به اینکه اکثر ساختمان های ایرانی از نوع اول و دوم هستند, توجه خود را بیشتر به این نوع ساختمان ها معطوف کرده و روشهای تخصصی کاهش رادون را در این نوع ساختمان ها به اختصار نام برده و به توضیح تفصیلی روش های جانبی کاهش رادون می پردازیم. در این نوع ساختمان ها می توان از سه تکنیک تخصصی زیر برای کاهش رادون استفاده کرد:

- مکش زیرصفحه ای (sub slab suction)
- مکش از حفره چاهک (sump hole suction)
- مکش از بلوک دیوار (block wall suction)

سایر روش های مکمل کاهش رادون که قابل استفاده در هر نوع ساختمانی می باشند عبارتند از :

- درزگیری ساختمان (sealing)
- تنظیم فشار هوای داخل ساختمان
- بهبود سیستم تهویه ساختمان

- تهویه طبیعی ساختمان

در ادامه به توضیح تفصیلی هر یک از این روش ها می پردازیم.

درزگیری: درزگیری درزهای ساختمان به عنوان یک روش مکمل نقش مهمی در کاهش رادون درون ساختمان ایفا می کند. درزگیری درزها شارش رادون به درون ساختمان را کاهش و از این رو کارایی تکنیک های تخصصی کاهش رادون را بالا برده و از طرفی اتلاف هوای تهویه شده را به حداقل می رساند. البته شناسایی همه درزها و درزگیری دائمی آنها کار چندان آسانی نیست.

تنظیم فشار هوای داخل ساختمان: در این روش از یک یا چند فن برای انتقال هوای بیرون یا حتی طبقات بالاتر ساختمان به زیرزمین استفاده می شود. به عبارتی در این روش سعی بر این است تا با ایجاد فشار مثبت, فشار طبقات زیرین ساختمان تا حد کافی افزایش یابد. کارآیی این تکنیک وابسته به نوع ساخت ساختمان, آب و هوای منطقه و نحوه زندگی ساکنین ساختمان دارد. در این روش به جز برای موارد ورود و خروج معمولی, در ها و پنجره های ساختمان نبایستی به مدت طولانی باز بمانند. از طرفی این روش به سبب وارد کردن هوای بیرون به درون ساختمان باعث افزایش رطوبت و هزینه برق ساختمان می گردد.

بهبود سیستم تهویه (HRV): نصب این روش که مبادله حرارتی هوا به هوا (air-to-air heat exchanger) نیز نامیده می شود به افزایش تهویه ساختمان کمک می کند. این روش تهویه با خارج کردن هوای درون ساختمان و وارد کردن هوای خارج صورت می پذیرد. البته در این روش از گرما و خنکای هوای درون ساختمان برای گرم کردن یا خنک کردن هوایی که به درون ساختمان تزریق می شود استفاده می شود.

تهویه طبیعی: تهویه طبیعی در تمامی ساختمانها به طور خودبخودی صورت می گیرد. با باز کردن در و پنجره ها تهویه و در نتیجه ترکیب کردن هوای بیرون و هوای حاوی رادون درون ساختمان افزایش می یابد. با این حال با بستن در و پنجره ها میزان رادون در مدت 12 ساعت به میزان قبلی باز می گردد. از معایب این روش مکمل می توان به کاهش ضریب امنیتی ساختمان, از دست رفتن هوای تهویه شده درون ساختمان و زیاد شدن هوای تهویه نشده بیرون اشاره کرد.

نکات مهم در انتخاب تکنیک های کاهش رادون ناشی از خاک

از آنجا که در اکثر تکنیک های کاهش رادون هوای گرم شده یا خنک شده ساختمان کاهش می یابد لذا این تکنیک ها معمولا هزینه های جانبی نیز به دنبال دارند. نکته مهم دیگری که باید به آن توجه شود نحوه ساخت ساختمان و مشخصات مربوط به آن می باشد. متخصصین نصب تکنیک های اندازه گیری و کاهش رادون پس از یک سری ارزیابی های بصری (visual inspection) و همچنین آزمون های ارزیابی (diagnostic test) اقدام به انتخاب تکنیک مناسب برای آن ساختمان می کنند. در این قسمت به معرفی دو نمونه از آزمون های ارزیابی ساختمان می پردازیم:

در آزمون نخست که آزمون انتقال گاز رادون درون خاک (soil communication test) نام دارد از یک دستگاه مکنده و مقداری دود شیمیایی برای مشخص کردن سرعت انتقال گاز رادون از یک نقطه به نقطه دیگر خاک پی استفاده می شود. آزمون دیگر استفاده از مواد دودزای شیمیای خاصی است تا با قرار دادن آن ها در مکان های مختلف مانند سوراخ های کف ساختمان, ناودان ها و در امتداد شکاف ها منبع و جهت شارش رادون درون ساختمان مشخص می گردد.

تکنیک های کاهش رادون ناشی از آب چشمه ها:

چنانچه از چاه برای تامین آب ساختمان استفاده می شود, بایستی رادون موجود در خود آب و هم در هوای بالای آب اندازه گیری شود تا از سلامت آن به هنگام مصرف اطمینان حاصل گردد. معمولا روش ها و ابزار های اندازه گیری رادون در آب متفاوت از ابزارهای اندازه گیری رادون درون خاک است. خطر عمده رادون ناشی از آب بیشتر مربوط به متصاعد شدن گاز رادون و استنشاق آن به هنگام استحمام و سایر مصارف خانگی است. تحقیقات نشان می دهد که بلع آب حاوی رادون خطرات کمتری را از نظر بروز سرطان دستگاه گوارشی به دنبال دارد. چنانچه از آب های سطحی برای تامین آب ساختمان استفاده می کنید خطر جدی شما را تهدید نمی کند زیرا رادون موجود در آب سطحی زمان کافی برای خارج شدن از آب را دارد, نتایج تست های صورت گرفته در نقاط مختلف جهان از جمله ایران غلظت پایین رادون موجود در آب چاه را نشان می دهد[5]. به کمک روش های زیر میتوان از خطر رادون درون آب چاه کاست:

پاکسازی آب در محل ورود (point of entry treatment): در این روش قبل از اینکه آب چاه وارد سیستم توزیع آب ساختمان گردد, از وجود رادون پاکسازی می گردد. این کار به کمک فیلتر های کربن فعال شده دانه ای (Granular Activated Carbon filter) و یا توسط سیستم های هوادهی به آب صورت می گیرد. فیلتر های GAC علاوه بر پاکسازی آب از رادون, قادر به جمع آوری مواد رادیواکتیویته دیگر نیز از آب هستند و نسبت به روش های هوادهی آب کم هزینه ترند.

پاکسازی آب در محل مصرف (point of use treatment): ابزارهای این روش رادون زدایی بر روی شیر آب نصب می گردند. از آنجا که این روش فقط بخش کوچکی از آب مورد مصرف را رادون زدایی می کند در کاهش خطر ناشی از استنشاق رادون متصاعد شده از آب کارایی کمتری دارد.

نتیجه گیری

رادون گاز پرتوزایی است که از اورانیوم موجود در سنگها و خاک سرچشمه می گیرد. این گاز به واسطه اختلاف فشار در محیط های بسته مانند ساختمان های مسکونی تجمع پیدا کند. نفوذ گاز رادون از طریق شکاف ها و نقاط عایق بندی نشده پی ساختمان مهم ترین منشا ورود گاز رادون به درون ساختمانها به شمار می آید. سایر منشا های گاز رادون درون ساختمان ها مانند آب استخراج

شده از چشمه های خانگی, گاز رادون متصاعد شده از برخی مصالح ساختمانی و رادون موجود در سیستم آب شهری از نظر اهمیت در مرتبه های بعدی قرار دارند. با توجه به وابستگی غلظت گاز رادون به اندازه ساختمان, شرایط آب و هوایی, میزان رادون اولیه و تغیرات سالیانه و حتی روزانه غلظت رادون درون ساختمان ها, به کارگیری روش های قابل اطمینان اندازه گیری غلظت رادون می تواند ما را تا حد زیادی در انتخاب تکنیک مناسب کاهش غلظت آن یاری رساند. درزگیری, تعدیل اختلاف فشار هوای داخل و خارج ساختمان و به کار گیری سیستم های تهویه در کنار تکنیک های تخصصی کاهش غلظت رادون, میزان غلظت این گاز را تا حد زیادی درون ساختمان ها کاهش داده و ما را از خطرات ابتلا به سرطان ریه مصون می دارد.

منابع

[1] http://www.radon.com/radon/radon_facts.html
[2] Who Handbook on Indoor Radom a public health perspective, World Health Organization 2
[3] Volume IV, Issue 1-The Truth about Granite Radon/ Radiation (March 2007)
[4] Consumer's Guide to Radon Reduction (US EPA, 402-k-06-094 Revised December 2006)

[5] Radon Concentrations in Public Water supplies in Tehran and evaluation of radiation dose (N.Alirezazadeh. National radiation protection department, Iranian nuclear Regulatory Authority, Tehran, Iran)

اندازه گیری تراکم رادون در منابع آبی سوادکوه و قائمشهر

نرجس ولیپور گشنیانی[1]، علی اصغر مولوی[2]، علیرضا بینش[3]

1-گروه فیزیک دانشگاه پیام نور فریمان

2-گروه فیزیک دانشگاه تربیت معلم سبزوار

3-گروه فیزیک دانشگاه پیام نور فریمان

چکیده

بهداشت و سلامت یک جامعه، در گروبرخورداری از آب آشامیدنی سالم است. از آن جا که یکی از منابع آلودگی آب آلودگی هسته ای ناشی از گاز رادون است، لذا در این تحقیق غلظت رادون-222 در مناطقی از شهرستان قائمشهرو سوادکوه وروستاهای سوادکوه ، در تاریخ 87/10/3 ، 87/12/3 و 88/2/12 مورد بررسی قرار گرفت.بررسی هایی که درباره نوسانات سطوح رادون محلول در آب انجام شد که یکی از عوامل خطر سرطان ریه است. رادون موجود در آب از دو راه دستگاه گوارش و تنفس وارد بدن می شود. روش اتاقک لوکاس با استفاده از دستگاه سبک و قابل حمل ("PRASSI (SILENA mod 5s)" برای اندازه گیری گاز رادون موجود در آب چاه ها و چشمه ها و رودخانه ها و خانه های منطقه قائمشهر و سوادکوه انجام شد و پس از این اندازه گیری ها مشخص شد که از 166محل نمونه گیری شده هیچ کدام غلظتی بالاتر از سطح مرجع تعیین شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست یعنی10Bq/L،ندارند که نشان می دهد آب شهرستان قائمشهر وسوادکوه وروستاهای اطراف سوادکوه برای سلامتی انسان خطرناک نیست.

Abstract

The health of each society related to the healthy drinkable water. Nuclear contamination due to radiation of radon gas is one of the source of water pollution. We determined the concentration of radon-222 in regions of Qaemshahr, Savadkouh and villages around it in : 1387/10/03 and 1387/12/03 and 1388/02/12 based on the changes of radon gas which is one of the cause of lung cancer . There are ways for entry radon via our body : digestion and respiratory systems . We manipulated the locus chamber method by potable device called "PRASSI" (SILENA mod 5s) Measuring the radon gas in well water , spring andvives of "Qaemshahr and Savadkouh . the evidences showed there wasent any any higher concentration level than the radon lavel of 10Bq/L proposed by EPA among 166 places of sampling . Hence , the water supplies of Qaemshar and Savadkouh is not harmful for human healthes !

Key words : healthy drinking water , Radon gas , PRASSI system , Qaemshahr and Savadkouh regions

مقدمه

رادون گاز رادیواکتیو بی رنگ، بی بو، بی مزه و خنثی است. این عنصر در واکنش شیمیایی دارای هسته ای ناپایدار و پرتوزاست این عنصر به علت پر بودن ترازهای اتمی تمایلی به شرکت در واکنش های شیمیایی ندارد و به راحتی بین مولکول های جامد و مایع حرکت کرده و خود را به سطح آن ها نزدیک می کند، به خاطر همین بسادگی در اثر هم زدن آب یا لرزش زمین از آن خارجمی شود [1]. ^{222}Rn از زنجیره واپاشی ^{238}U بوجود می آید. از آنجا که رادون خود عنصری پرتوزاست از واپاشی ^{222}Rn ذرات آلفا با انرژی 5.49Mev گسیل می شود که برای سلامتی انسان خطر آفرین می باشدرادون معمولا به مقدار کم درهمه جای زمین یافت می شود یکی از مهمترین منابع تشعشعات طبیعی است و تقریبا بیش از نیمی از دز دریافتی از تمام منابع به دلیل وجود رادون است [2]. بیشترین دز دریافتی حاصل از استنشاق رادون در محیط های بسته است.در جدول 1 مشخصات کامل این عنصر را می بینیم.

جدول1: مشخصات کامل مربوط به رادون[3].

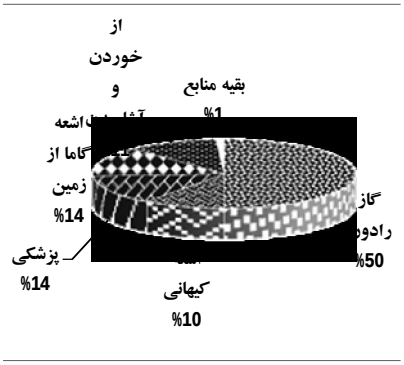
86P $:\ddot{\underset{\ddot{}}{Rn}}:$ 136N	
عمومی	
نام، علامت اختصاری، شماره	Radon , Rn , 86
گروه شیمیایی	Noble gas
گروه، تناوب، بلوک	VIIIA,6 , P
جرم حجمی، سختی	9/73 $\frac{kg}{m^3}$, NA, 273k
رنگ	بی رنگ
خواص اتمی	
وزن اتمی	222(amu)
شعاع اتمی (calc)	ناآشکار 120pm
شعاع کوالانسی	145pm
ساختار الکترونی	[Xe] $4f^{14}5d^{0}6s^{2}6p^{6}$

e به ازای هر سطح انرژی	2،8،18،32،18،8
اکسید (درجه اکسایش)	(Unknown)
ساختار کریستالی	Cubic face cantered

جدول 1: مشخصات کامل مربوط به رادون [3].

خواص فیزیکی	
حالت ماده	گاز (غیر مغناطیسی)
نقطه ذوب	96 °F
نقطه جوش	79/1 k (-211, 3°F)
حجم مولی	$50/50\times10^{-6} molm^{3}$
گرمای تبخیر	16/4 کیلو ژول برمول
گرما هم جوشی	2/89 کیلو ژول برمول
فشار بخار	ناآشکار
سرعت صوت	ناآشکار
متفرقه	
الکترو نگاتیویته	ناآشکار
ظرفیت گرمایی ویژه	$94(J/kg^{k})$
رسانای الکتریکی	ناآشکار
رسانای گرمایی	$0/00364(\frac{W}{mk})$
پتانسیل یونش	$1037\frac{kg}{mol}$

گاز رادون طبیعی به دوصورت گاز موجود در هوا و رادون موجود در آب وجود دارد. رادون موجود در هوا از طریق استنشاق وارد بدن انسان شده و چنانچه مقدار آن در محیط بالاتر از حد استاندارد باشد به انسان آسیب می رساند از جمله اینکه با ترکیب باگرد و غبار با قرار گرفتن بر روی کیسه های هوایی در ششها و ساطع کردن ذرات آلفا موجب بیماریهای خطر ناک می شود[4]. لازم به ذکر است که سرطان در بین افراد سیگاری که در معرض گاز رادون قرار دارند بیش از افراد غیر سیگاری می باشد . به تشخیص جوامع علمی قرار گرفتن در معرض گاز رادون با غلظت بالا به طور عمده باعث ابتلا به سرطان ریه می شود [5]. به طوری‌که دومین عامل سرطان ریه در ایالات متحده آمریکا،بعد از سیگار کشیدن می باشد [6]. . شکل1 متوسط پرتوگیری سالانه هرفرد را در ایالات متحده نشان می دهد[7].



شکل 1 متوسط پرتوگیری سالانه هر فرد در ایالات متحده آمریکا.

تمام سازمان های سلامتی معتقد هستند که تقریباً 12% سرطان ریه در ایالات متحده آمریکا، در نتیجه استنشاق رادون است [8].

مسیر اصلی ورود رادون به بدن بر خلاف اجدادش هوا می باشد. و چون یکی از سنگین ترین گازهاست، در لایه های پایین هوا ته نشین می شود و هنگام تنفس وارد ریه ها می شود. محصولات حاصل از واپاشی رادون نیز به ذرات معلق موجود در هوا چسبیده و وارد ریه ها می شوند. وجود دود در هوا باعث می شود که این ذرات راحت تر وارد شش ها شوند و با تابش ذرات آلفا به طور مستقیم به بافت ریه آسیب می رسانند. بیشتر گاز توسط سیستم دفاعی بدن، با سرفه از ریه خارج می شود و قسمتی هم در ریه ها باقی مانده و به واپاشی ادامه می دهد. گاهی هم از طریق ریه وارد سیستم گردش خون می شوند و مقداری هم از راه آب و غذا وارد مری و معده می شوند. به جز مقدار اندکی که وارد سیستم گردش خون می شود، بقیه از طریق سیستم دفع از بدن خارج می شوند. ولی چون نیمه عمر کوتاه دارند طی مسیر ، سیستم گوارش را در معرض تابشهای آلفا و سایر

محصولات واپاشی قرار می دهند [9]. بیشترین میزان خطر گاز رادون ناشی تنفس هوای آلوده به رادون است و خطرات ناشی از بلع، بسیار کمتر است. آب های جاری مثل رودخانه ها درصد بسیار کمی از رادون را دارند ولی آب های زیرزمینی درصد بسیار بالاتری از رادون را دارند. طی تحقیقی که برای تعیین غلظت رادون در انواع آب ها اعم از آب های لوله کشی، پرفشار، آب های معدنی طبیعی و آب های معدنی مصنوعی و آب مقطر انجام شد. آب های معدنی طبیعی بیشترین میزان غلظت رادون و آب های پرفشار کمترین میزان غلظت را دارا بودند. و همچنین دز سالانه رادون ناشی از مصرف مستقیم آب و دز ناشی از استنشاق رادون آب بسیار کمتر از دز رادون در هوای مکان های سرپوشیده بود [10].

راه های انتقال گاز رادون به منزل

اورانیوم و رادیوم زیر خاک معمولا منبع اصلی رادون به داخل منازل هستند [11]. اختلاف فشاری که بین گاز موجود در خاک و هوای اتاق وجود دارد باعث حرکت گاز رادون به داخل اتاق و دیواره ها می شود [10]. در بعضی جاها رادون توسط جریان رو به بالای گاز زمین به سطح زمین می آید گاز زمین در اثر تجزیه سنگ آهک بوجود آمده و هنگام بالا آمدن در مسیرش رادون اعماق صخره ها و خاک ها را جمع آوری کرده و به سطح زمین می آورد [12]، بیشتر این گاز از میان شکاف ها و رخنه های دیوار حرکت می کنند. شکاف هایی که معمولاً جریان گاز به راحتی در آن در حرکت است عبارتند از [13]:

- ترک های کف و دیوارها،
- فواصل بین طبقات،
- شکاف ها در اطراف لوله ها و فاضلاب ها،
- حفره های دیوارها،
- اتصالات در ساختمان،
- شکاف اطراف لوله ها و سیم ها و هر چیزی که به ساختمان وارد می شود،
- فضای پی.

2 روش های کاهش غلظت رادون موجود در آب

با توجه به اینکه رادون آب هم در میزان غلظت رادون هوای خانه مؤثر است پس اقداماتی هم در جهت کاهش غلظت رادون آب باید انجام شود. سیستم های زیادی برای سالم سازی آب دارای رادون وجود دارد که بعضی از آن ها حدود 95% مؤثر است . این سیستم ها بر اساس یکی از روش های زیر است [1]:

1- هوادهی: این روش برای جدا کردن رادون آب قبل از ورود به خانه استفاده می شود در این روش هوا را با فشار وارد آب می کنند تا گاز محلول در آب به صورت حباب از آب خارج شود.

2- ذخیره سازی : یک دوره ذخیره که در مقایسه با نیمه عمر رادون زیاد است که مطمئن شویم رادون به ایزوتوپ های کوتاه عمر خود واپاشی کرده است.

3- فیلتر گذاری: این فیلتر از جنس کربن فعال شده است و با استفاده از قانون اسمزی معکوس در جدا سازی رادون از آب مؤثر است . این فیلترها گران هستند ولی برای مقادیر آب زیاد مفید است و نیاز به حفاظت دارند . از بین این روش ها ، هوادهی مناسب ترین روش برای رادون زدایی است. هوادهی بر اساس حباب ساختن یا آبی که از سطح بالا به صورت آبشار به پایین می ریزد انجام می شود. این روش حدود 99% مؤثر است بعد از هوادهی، آب باید برای یک ساعت ذخیره شود.

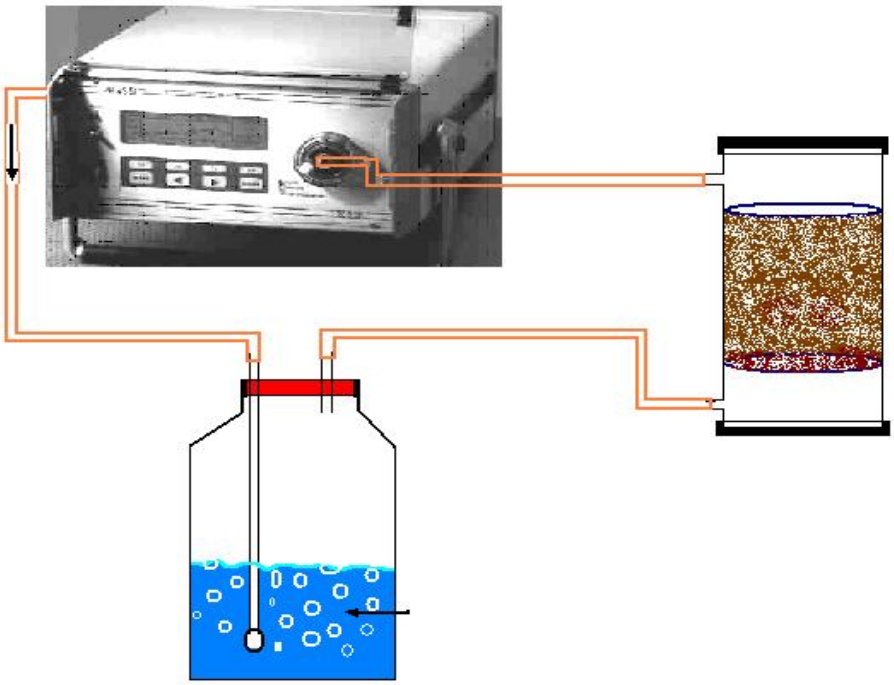
شهرستان سوادکوه

شهرستان سوادکوه به منطقه جاذبه های طبیعی مشهور است .وجود جنگلهای زیبا ، دشت ها شالیزارهای دامنه کوهستان، آبشارها ، دریاچه ها و وجود خط آهن با پلهای زیبا و تونلهای متعدد بویژه سه خط طلا در گردنه گدوگ زیباییهای منحصر بفردی را برای گردشگران به نمایش گذارده است. از مهمترین آثار تاریخی و جاذبه های طبیعی شهرستان عبارتند از:

قلعه کنگلو ، برج لاجیم ، پاک جنگلی جوارم ، امامزاده عبدالحق ، پل شاهپور ، ییلاق در اصله دریاچه شورمست، پل ورسک ، غاز اسپهبد خورشید، آلاشت و سه خط طلا می باشد ، که هر یک در نوع خود بی نظیر است. شهرستان سوادکوه به مرکزیت پل سفید است ، شهر پل سفید به فاصله 65 کیلومتری از ساری واقع شده است. این شهرستان دارای روستاهای متعدد و چشمه های آب معدنی و رودهای زیادی است . د ر

ویژگی‌های دستگاه مورد استفاده برای اندازه‌گیری رادون موجود در نمونه‌های آب

در این تحقیق از سیستم اندازه‌گیری "PRASSI (SILENA mod 5s) برای اندازه‌گیری میزان تراکم رادون و رادیوم محلول در آب در موقعیت‌های ذکر شده در فصل قبل، استفاده شده است. این سیستم یک دستگاه سبک و قابل حمل است که برای اندازه‌گیری تراکم گاز رادون و رادیوم در نمونه‌های آب به روش اندازه‌گیری ناپیوسته (Grap Sampling) یا پیوسته از طریق اتاقک سوسوزنی مناسب می‌باشد [14]. شکل 2 نمایی از این دستگاه و اتصالات آن را نشان می‌دهد.



شکل 2 : دستگاه اندازه‌گیری PRASSIو اتصالات.

مراحل و شیوه اندازه‌گیری رادون موجود در نمونه‌های آب منطقه قائمشهر و سوادکوه

اندازه‌گیری شامل مراحل زیر می‌باشد:

کالیبراسیون ، نمونه برداری ، آماده سازی دستگاه ، عملیات شمارش می باشد .پس از اندازه‌گیری دستگاه از میزان تراکم رادون و پس از 5 دقیقه مقدار متوسط اندازه‌گیری در صفحه نمایش برحسب Bq/m^3 داده می‌شود. با توجه به اینکه از زمان برداشت نمونه تا انجام آزمایش تقریبا به طور متوسط 24 ساعت تاخیر است و با توجه به اینکه نیمه عمر رادون 3/824 روز است با استفاده از ضریب تصحیح و رابطه 1میزان رادون موجود در نمونه های آب را برحسب Bq/L محاسبه گردید.

$$Q_{Rn}(\frac{Bq}{L}) = Q_{PRASSI} \times \frac{V_{tot}(m^3)}{V(lit)} \times [\exp(\frac{\ln 2}{3/824 \times 24}) \times \Delta t] \qquad (1)$$

Q_{Rn} مقدار واقعی تمرکز رادون در آب برحسب $\frac{Bq}{L}$ ، Q_{PRASSI} مقدار خام یادداشت شده، V_{tot} حجم کل مسیر چرخش گاز که در این آزمایش (m^3) $2/4\times10^{-3}$ می‌باشد، V حجم نمونه مورد آزمایش است که در این آزمایش 0/15 لیتر است،3/824نیمه عمر رادون $\Delta t = (t_2 - t_1)(h)$ فاصله زمانی از زمان برداشت تا زمان اندازگیری بر حسب ساعت و 24 ضریب تبدیل زمان بر حسب ساعت است .کلا جمله داخل کروشه را ضریب تصحیح نامند.

برای اندازه گیری میزان تراکم رادون در نمونه های بعد، که به ترتیب در جدول های 2 کـه مربـوط به آب جاری، 3 که مربوط به آب چشمه ها 4مربوط به آب آشامیدنی خانه ها 5 کـه مربـوط بـه آب چاه است آمده است. لوله و شیر اتصال را از نمونه قبلـی جـدا کـرده و ظـرف شیشـه ای را از نمونـه بعدی پر می کنیم و ماحل فوق را برای نمونه های بعدی نیـز تکـرار نمـوده انـد. شـکل ۳،۴،۵،۶بـه ترتیب نمودار هیستوگرام گاز رادون مربوط به آب جاری ، چشمه ها و آب آشامیدنی خانـه هـا و آب چاه است که در منطقه سوادکوه و قائمشهر بر حسب Bq/L نشان می دهـد . ایـن انـدازه‌گیـری هـا تاریخ 87/10/3 ، 87/12/3 و 88/2/12 انجام شد.

جدول2: نتایج اندازه گیری رادون در نمونه های آب جاری سوادکوه

شماره نمونه	مکان برداشت نمونه	$\Delta t = (t_2 - t_1)(h)$	T دما(C°)	ضریب تصحیح	Rn(Bq/L)	Ra(Bq/L)
1	آب‌کناره‌رودخانه‌واقع‌درروستای شاکلا در فصل پاییز	23/01	4	1/189	0/000	0/000
2	آب وسط رودخانه واقع درروستای شاکلادرفصل پاییز	23/11	4	1/190	0/000	0/129
3	آب دره روستای تمر1	23/31	6	1/192	0/000	0/000
4	انتهای دره جلوجنگلبانی لفور	24/41	7	1/202	0/000	0/000
5	آب رودخانه بابل رود واقع در منطقه گرو	25/48	8	1/211	0/000	0/000
6	آب سدسنبل رود در منطقه سوادکوه	25/26	11	1/209	0/000	0/000
7	آب ابتدای دره کارلیکلا	23/11	8	1/190	0/000	0/000
8	آب جوی پرورش ماهی شاکلا	24/1	11	1/199	0/000	0/000

9	جوی کوچک کنار چشمه کارلیکلا	24	14	1/198	0/000	0/000
10	آب رودخانه 500 متر بالاتر از روستای شاکلا	24/03	16	1/198	0/000	0/068
11	چشمه قبل از روستای شاکلا	25/16	18	1/208	0/000	0/085
12	رودخانه بعد از امامزاده یحیی	24/51	16	1/202	0/000	0/243
13	وسطرودخانه‌بعدازامامزاده‌یحیی	23/28	21	1/191	0/000	0/000
14	رودخانه آخرروستای کارلیکلا (وسط رودخانه)	24/55	21	1/203	0/000	0/206
15	آب‌وسطرودخانه روستاشاکلادر فصل‌بهار	24/18	24	1/199	0/000	0/000
16	آب وسط رودخانه بابل رود واقع در منطقه گرو	26/61	12	1/222	0/000	0/083
17	رودخانه قبل از جنگلبانی لفور	27/26	20	1/228	0/000	0/150
18	رودخانه عبوری‌از شهر ورسک	24/58	-1	1/203	0/000	0/000
19	آب رودخانه ورسک 1کیلومتر به سمت پل ورسک	24/13	-1	1/199	0/000	0/171
20	رودخانه شهر ورسک 1	24/15	-1	1/199	0/000	0/112
21	رودخانه شهر ورسک 2	24/05	-1	1/198	0/000	0/000
22	رودخانه ارفع کوه	25/48	5	1/211	0/000	0/000
23	رودخانه زیر پای ارفع کوه سرخ آباد1	24/7	11	1/204	0/000	0/000
24	رودخانه عبوری از شهر دو آب	26/35	5	1/219	0/000	0/243
25	رودخانه بعد از جنگل بانی شیرگاه	24/63	7	1/204	0/014	0/000
26	رودخانه زیر پل ورسک	24/68	2	1/204	0/025	0/000
27	رودخانه شاکلا در فصل بهار	26/65	18	1/222	0/074	0/000
28	رودخانه تمر	24/03	6	1/198	0/091	0/000
29	رودخانه بعدازجنگلبانی شیرگاه	24/1	9	1/199	0/127	0/391
30	رودخانه عبوری از روستا رئیس کلا 1	24	6	1/198	0/131	0/124
31	اول تونل شیرگاه – زیراب 1	24/16	10	1/199	0/140	0/000

32	رودخانه روستای کارلیکلا	23/58	8	1/194	0/148	0/000
33	2 کیلومتربالاتراز زیر پل ورسک 1	24/53	3	1/203	0/171	0/000
34	2/5 کلیومتربالاترزیرپل ورسک	24/15	2	1/199	0/172	0/000
35	رودخانه زیر پل شاهپور	25/45	13	1/211	0/188	0/000
36	وسط رودخانه بابل رود	23/35	20	1/192	0/254	0/020
37	5 کیلومتر بالاتر از گرو	25/11	9	1/208	0/259	0/251
38	رودخانه شیرگاه – زیراب	24/08	10	1/199	0/264	0/771
39	آب پای چشمه عباس آباد	24/61	-1	1/203	0/340	0/000
40	4 کیلومتر قبل از گرو	23/6	16	1/194	0/346	0/000
41	آب پای دره کارلیکلا	24/11	8	1/199	0/357	0/000
42	3 کیلومتر بعد از گرو	25/23	8	1/209	0/365	0/000
43	ا کیلومتر بعداز رودخانه داخل روستای شاکلا	23/18	7	1/190	0/377	0/128
44	2 کیلومترپایین تر بعد از پل ورسک	24/8	2	1/205	0/400	0/059
45	ابتدای رودخانه روستای کارلیکلا	23	7	1/189	0/483	0/022
46	رودخانه زیر پل ورسک	23/76	2	1/196	0/513	0/086
47	رودخانه جلو جنگلبانی	24/45	7	1/202	0/521	0/000
48	اول تونل شیرگاه – زیراب 2	24/25	10	1/200	0/570	0/255
49	500 متر بعد از شهر ورسک	28/45	-1	1/239	0/529	0/000
50	وسط رودخانه کارلیکلا	23/48	6	1/193	0/621	0/732
51	ابتدای رودخانه بابل رود1	24/58	19	1/203	0/663	0/018
52	2کیلومتربعدازرودخانه‌زیرپل‌شاهپور	25/36	13	1/210	0/664	0/000
53	700متر بعداز رودخانه شاکلا	23/95	2	1/197	0/669	0/338
54	رودخانه سید آباد	24/15	17	1/199	0/694	0/000

55	ابتدای رودخانه بابل رود2	23/65	19	1/195	0/718	0/000
56	انتهای دره کارلیکلا	23/08	9	1/190	0/774	0/262
57	آب انتهای دره تمر2	23/01	9	1/189	0/824	0/000
58	آب وسط رودخانه واقع در روستای کارلیکلا	26/51	18	1/221	0/845	0/000
59	وسط رودخانه عبوری ازشاکلا	28/4	18	1/238	0/919	0/054
60	رودخانه ای در مسیر بابل کنار	25/06	10	1/207	0/920	0/157
61	2کیلومتر بعداز جنگل‌بانی لفور	25/6	8	1/212	0/924	0/028
62	رودخانه پل‌شاهپوردرفصل بهار	20/33	22	1/165	0/963	1/171
63	رودخانه جلو سه خط طلا	24/1	5	1/199	0/984	0/000
64	رودخانه بابل کنار در فصل پاییز	25/16	9	1/208	1/022	0/095
65	آب پای ارفع کوه در سرخ آباد 2	24/25	11	1/200	1/039	0/276
66	رودخانه اول کارلیکلادرفصل بهار	26/1	18	1/217	1/148	0/022
67	3 کیلومتر قبل از جنگل بانی	25/08	10	1/208	1/173	0/005
68	رودخانه عبوری از شهر زیراب	24/53	11	1/203	1/492	0/000
69	آب دومین دره کارلیکلا	24/26	9	1/200	1/529	0/000
70	آب پرورش‌ماهی‌بعدازهوادهی	25/03	15	1/207	1/859	0/177
71	آب رودخانه زیرپل‌شاهپوردرفصل‌بهار	25/2	22	1/209	1/870	0/000
72	500متربعدازرودخانه‌سه خط طلا ورسک	24	5	1/198	1/884	0/000
73	آب رودخانه 500 متر بالاتر از روستای شاکلا درفصل بهار	24/05	12	1/198	2/240	0/000
74	آب‌رودخانه 1 کیلومتر قبل از روستای شاکلا	28/45	15	1/239	4/866	0/054
75	آب جوی پرورش ماهی شاکلا در فصل بهار	23/73	10	1/195	6/414	0/059

جدول3: نتایج اندازه گیری رادون و رادیوم در نمونه های آب چشمه های سوادکوه.

شماره نمونه	مکان برداشت نمونه	$\Delta t = (t_2 - t_1)(h)$	T	ضریب	Rn(Bq/L)	Ra(Bq/L)

		تصحیح	دما(C)			
1	چشه شماره 2پرورش ماهی شاکلا1	23/13	4	1/190	0/000	0/000
2	عباس آباد ورسک	24/58	5	1/203	0/000	0/000
3	چشمه دراسله زیراب 1	23/8	11	1/196	0/000	0/022
4	چشمه دراسله زیراب 2	24/45	11	1/202	0/000	0/041
5	چشمه‌شماره2پرورش‌ماهی‌شاکلا2	25/56	15	1/212	0/000	0/000
6	چشمه جوارم‌سوادکوه شماره4	25/2	13	1/209	0/056	0/000
7	چشمه شماره3پرورش ماهی‌شاکلا	23/05	8	1/189	0/061	0/040
8	چشمه جوارم سوادکوه شماره3	25/2	12	1/209	0/129	0/000
9	آب چشمه کارلیکلا	23/08	11	1/190	0/194	0/000
10	چشمه سیدآباد شماره	24/55	2	1/203	0/283	0/085
11	چشمه رویی کلا (ازلوله)	23/9	6	1/197	0/286	0/199
12	چشمه قبل از گرو	24/33	16	1/201	0/299	0/039
13	چشمه گوگردی مرکزی گرو1	25/21	11	1/209	0/453	0/009
14	چشمه قبل از جنگل بانی لفور	25/21	11	1/209	0/507	0/000
15	مسیر شماره 2 رودخانه گرو	24/65	11	1/204	0/595	0/000
16	انتهای چشمه جلوی جنگل بانی	24/71	11	1/204	0/771	0/000
17	چشمه شماره 4 شاکلا	26/31	15	1/219	0/783	0/221
18	چشمه گرو	23/75	7	1/196	0/853	0/000
19	چشمه روستای عالم کلا	24/36	8	1/201	0/898	0/035
20	چشمه جوارم سوادکوه شماره2	25/5	8	1/211	1/062	0/022
21	چشمه شماره 2 جلوی نگهبانی درفصل بهار1	27/13	20	1/226	1/475	0/000
22	چشمه جنگلبانی لفور درفصل پاییز	23/33	15	1/192	1/484	0/055

23	چشمه جوارم سوادکوه شماره1	25/56	13	1/212	2/055	0/079
24	چشمه آب گوگردی گرو	25/00	13	1/207	2/207	0/059
25	چشمه‌آب‌گوگردی‌مرکزی‌گرو2	25/06	14	1/207	3/030	0/076
26	چشمه‌شماره2جلوی جنگلبانی	24/31	15	1/201	3/101	0/000
27	چشمه جلوی جنگلبانی در فصل بهار2	26/00	18	1/216	3/700	0/128
28	چشمه رویی کلا	23/1	14	1/190	4/992	0/169

. نتایج اندازه گیری رادون و رادیوم در نمونه های آب شرب قائمشهر و سوادکوه

شماره نمونه	مکان برداشت نمونه	$\Delta t = (t_2 - t_1)(h)$	T (Cدما)	ضریب تصحیح	Rn(Bq/L)	Ra(Bq/L)
1	روستای کارلیکلا	23/6	8	1/59	0/000	0/244
2	روستای تمر1	23/61	9	1/194	0/000	0/047
3	رستوران‌روبروی پل ورسک	28/5	6	1/239	0/000	0/448
4	پادگان دوآب	24/63	11	**1/204**	0/000	0/059
5	راه آهن ورسک	24/1	6	1/199	0/265	0/055
6	رستوران سرخ آباد	24/41	7	1/202	0/342	0/000
7	پل سفید	25/38	11	1/210	0/344	0/088
8	رستوران دم زنون	25/43	13	1/211	0/373	0/060
9	دو آب	26/46	11	1/220	0/484	0/192
10	بالا محله رستوران تمر	24/5	9	1/202	0/519	0/202
11	روستای تمر2	24/23	7	1/200	0/541	0/206
12	پایین‌محله‌روستای تمر	24/45	10	1/202	0/565	0/153
13	امامزاده‌سیدکیاسلطان شاکلا	30/15	15	1/255	0/566	0/124

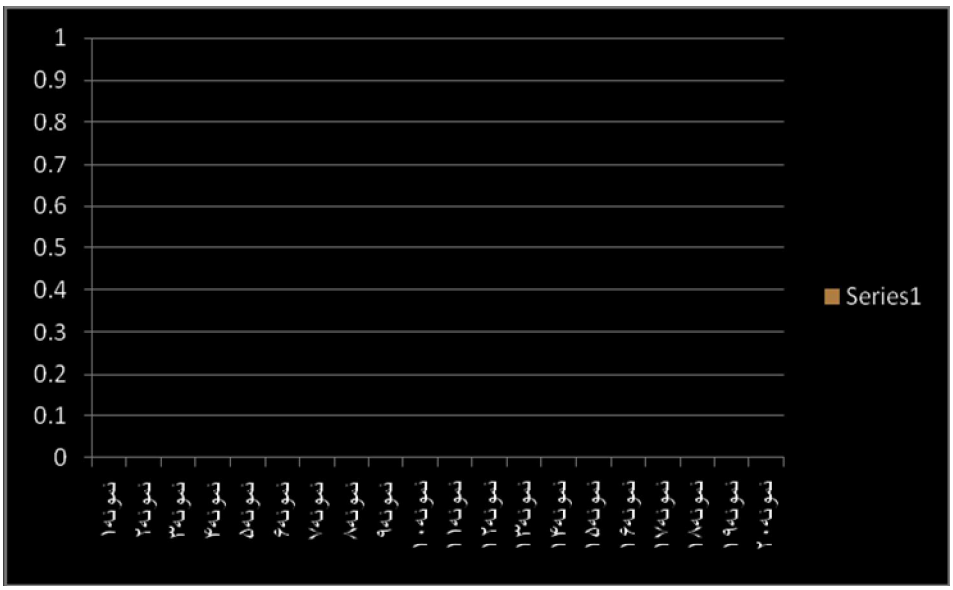
14	سرخ آباد1	24/98	8	1/207	0/578	0/000
15	سرخ آباد2	25/18	11	1/209	0/626	0/242
16	روستای عالمکلا 1	27/6	20	1/231	0/640	0/020
17	روستای شاکلا1	23/36	5	1/192	0/656	0/000
18	عباس آباد ورسک 1	26/08	6	1/217	0/669	0/000
19	پل سفید 1	25/16	17	1/208	0/711	0/112
20	پل سفید 2	24/95	11	1/206	0/747	0/000
21	300مترپایین‌ترازرستوران روبروی پل ورسک	24/63	6	1/204	0/774	0/150
22	امامزاده عبدالحق زیراب	26/2	14	1/218	0/828	0/203
23	سرخ آباد3	25/01	7	1/207	0/854	0/291
24	روستای کارلیکلا 2	24/1	8	1/199	0/903	0/000
25	روستای شاکلا 2	23/83	4	1/196	0/923	0/000
26	زیراب	24/30	14	1/201	0/991	0/164
27	روستای رئیس کلا 1	25/66	19	1/213	1/111	0/429
28	روستای سیدکلا 1	22/38	20	1/183	1/255	0/059
29	رستوران پای ارفع کوه	24/9	9	1/206	1/230	0/000
30	روستای‌شاکلادرفصل‌پاییز	23/4	6	1/192	1/312	0/131
31	رستوران چلچله	25/33	18	1/210	1/360	0/000
32	امامزاده‌شاکلادرفصل‌پاییز(2)	29/05	15	1/244	1/389	0/172
33	سرخ آباد 4	24/48	8	1/202	1/476	1/299
34	عباس آباد ورسک2	24/11	5	1/199	1/641	0/248
35	قائمشهر1	20/33	18	1/165	1/717	0/000

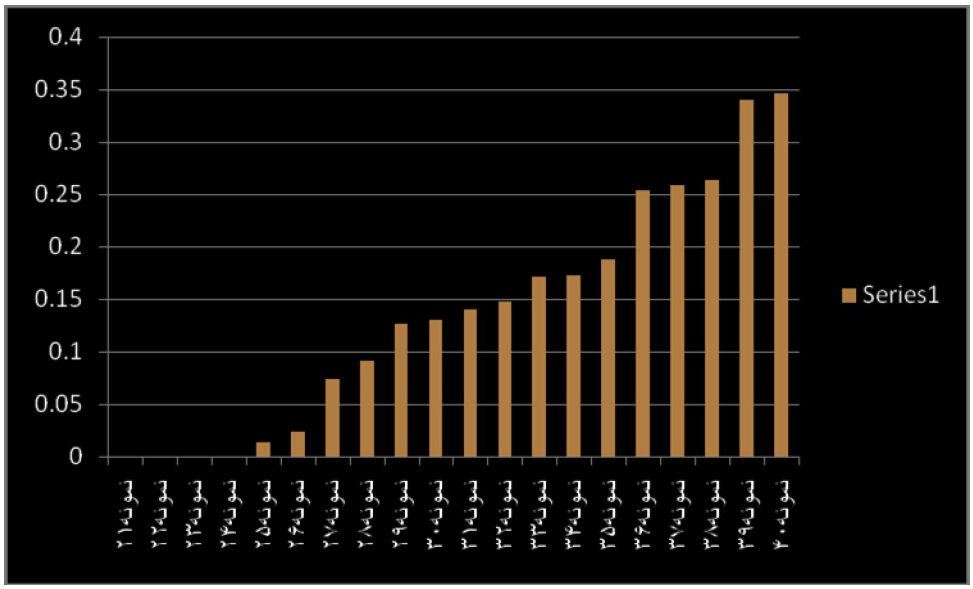
36	آب‌آشامیدنی‌جنگلبانی لفور	25/66	9	1/213	1/728	0/000
37	مسجد رئیس کلا	23/3	9	1/192	1/815	0/000
38	قائمشهر2	19/05	18	1/154	1/826	0/505
39	شاکلا 3	24/26	8	1/200	1/882	0/725
40	قائمشهر3	16/36	10	1/131	1/961	0/021
41	رئیس کلا 2	23/91	19	1/197	2/070	0/000
42	قائمشهر 4	20/06	17	1/163	2/139	0/000
43	قائمشهر(محله‌کفشگرکلا) طبقه اول	17/06	16	1/137	2/168	0/244
44	قائمشهر5	22/28	10	1/182	2/290	0/244
45	قائمشهر(طبقه دوم)	21/23	20	1/173	2/496	0/000
46	آب آشامیدنی پرورش ماهی(شاکلا) 1	26.71	17	1/223	2/690	0/000
47	روستای سیدکلا 2	23/76	19	1/196	2/828	0/251
48	قائمشهر(محله کفشگرکلا)	21.18	17	1/173	2/987	0/326
49	قائمشهر6	16	18	1/128	3/010	0/000
50	روستای سید کلا3	23/05	19	1/189	3/146	0/421
51	قائمشهر(پارکینگ)	22/23	17	1/182	3/150	0/142
52	قائمشهر 7	22/76	18	1/187	3/228	0/000
53	روستای عالمکلا 2	27/35	20	1/229	3/266	0/411
54	روستای شاکلا 3	29/45	15	1/248	3/490	0/022
55	قائمشهر 8	20/03	18	1/163	3/889	0/000
56	قائمشهر(طبقه اول)	27/28	21	1/228	4/493	0/000
57	روستای شاکلا 4	23/6	15	1/194	4/785	0/036

58	قائمشهر 9	21/15	18	1/175	4/938	0/000
59	روستای رئیس کلا 3	23/18	9	1/190	5/150	0/067

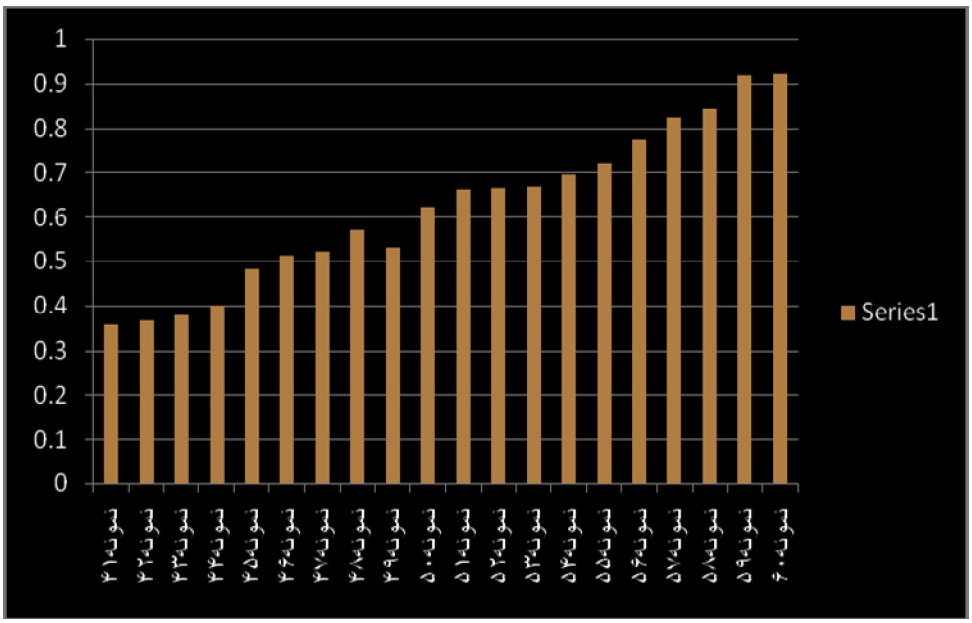
نتایج اندازه گیری رادون و رادیوم بر حسب(Bq/L) در نمونه های آب چاه‌های منطقه سوادکوه.

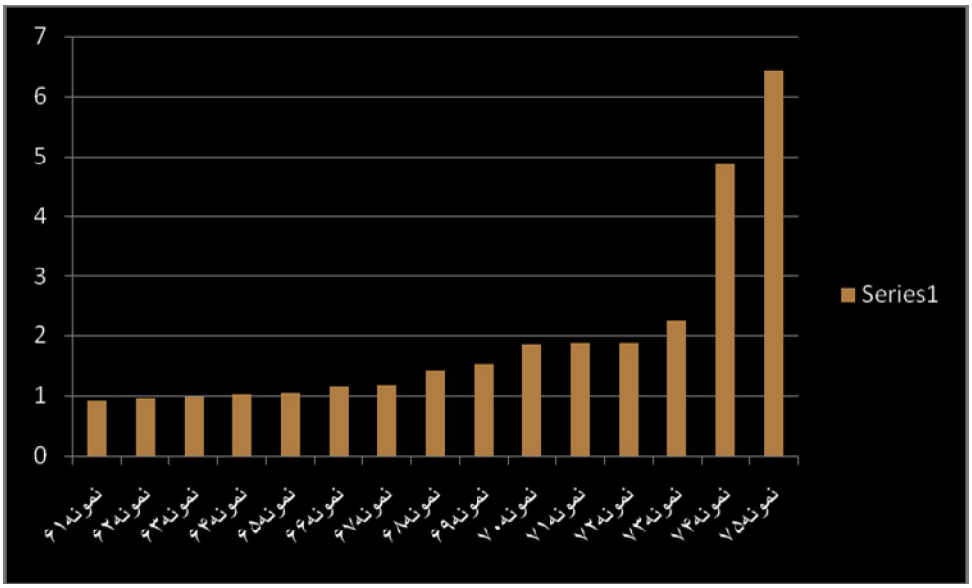
شماره نمونه	مکان برداشت نمونه	$\Delta t\,(t_2 - t_1)(h)$	دما T(C°)	ضریب تصحیح	Rn(Bq/L)	Ra(Bq/L)
1	روستای سید کلا 1	25/41	21	1/211	0/013	0/000
2	روستای سید کلا 2	23/51	21	1/193	0/998	0/125
3	پرورش‌ماهی‌روستای‌شاکلا 1	26/16	13	1/218	1/497	0/000
4	پرورش ماهی روستای شاکلا2	22/83	11	1/187	3/369	0/116



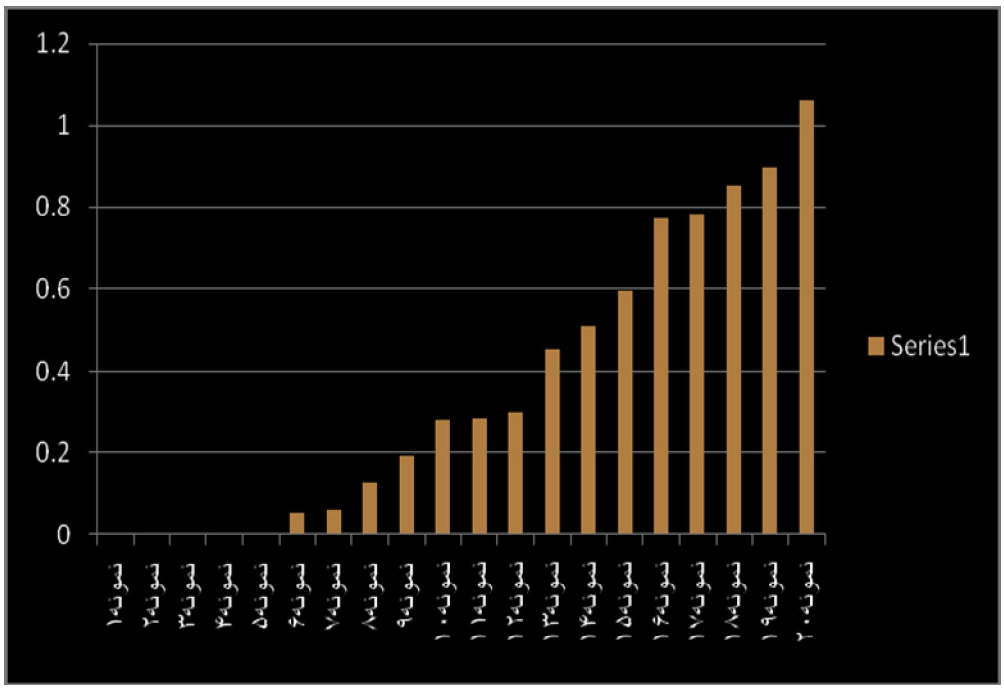


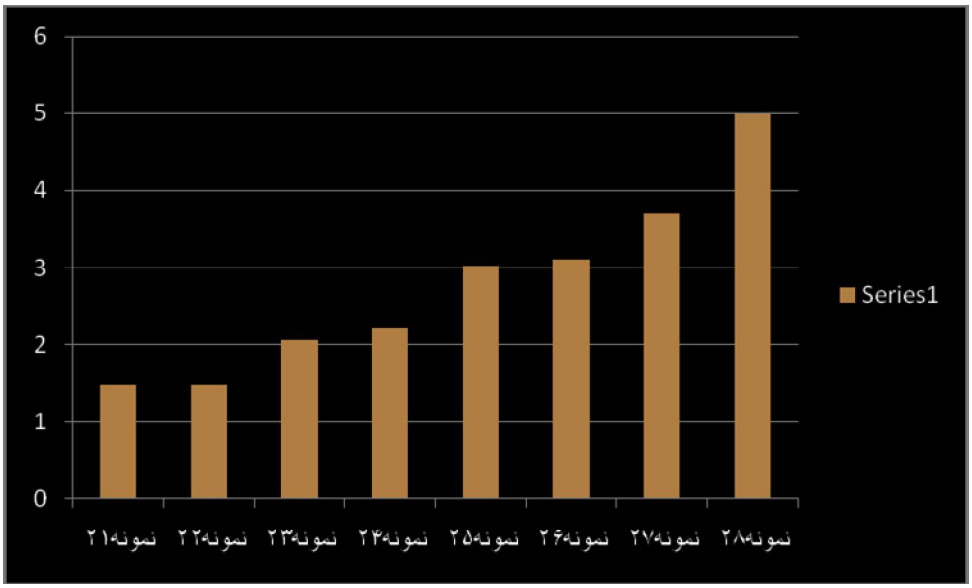
شکل3:نمودار هیستوگرام گاز رادون موجود در نمونه های آب جاری منطقه سوادکوه.



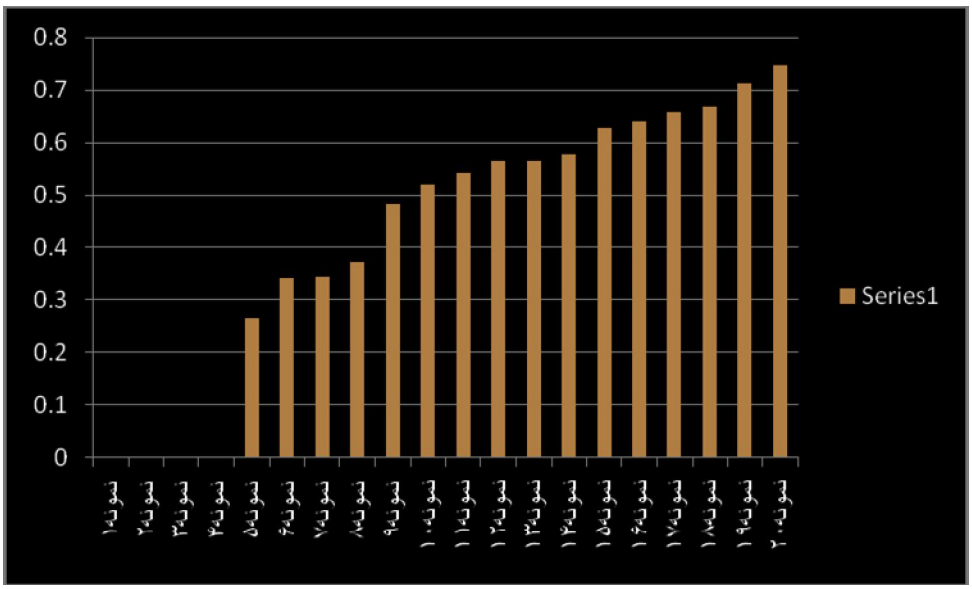


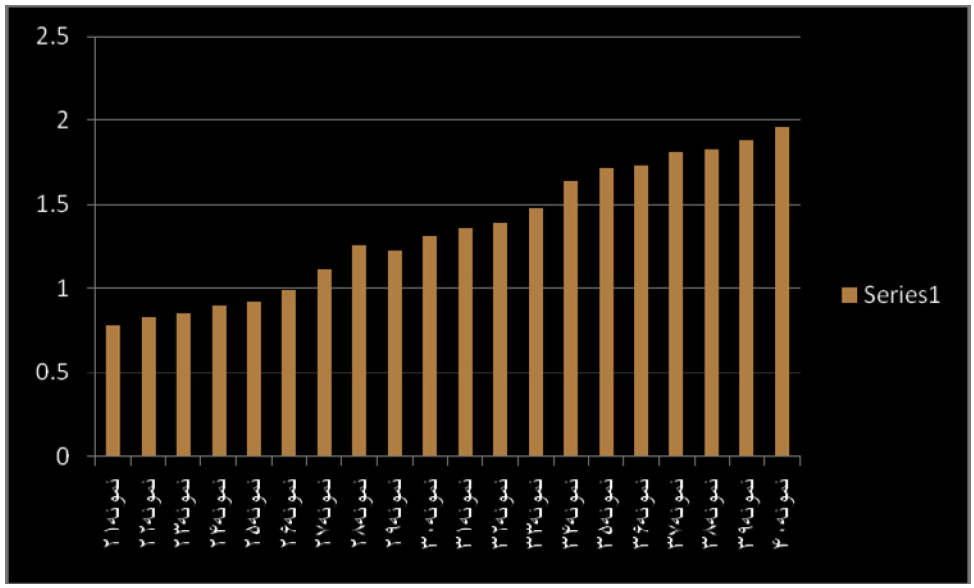
شکل3:نمودار هیستوگرام گاز رادون موجود در نمونه‌های آب جاری منطقه سوادکوه.



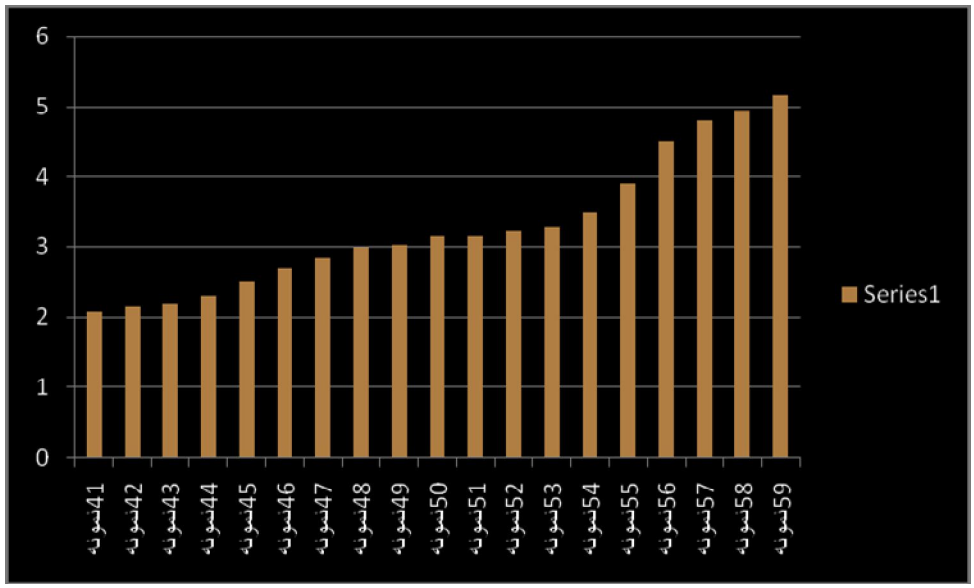


شکل4:نمودار هیستوگرام گاز رادون موجود در نمونه‌های آب چشمه منطقه سوادکوه.

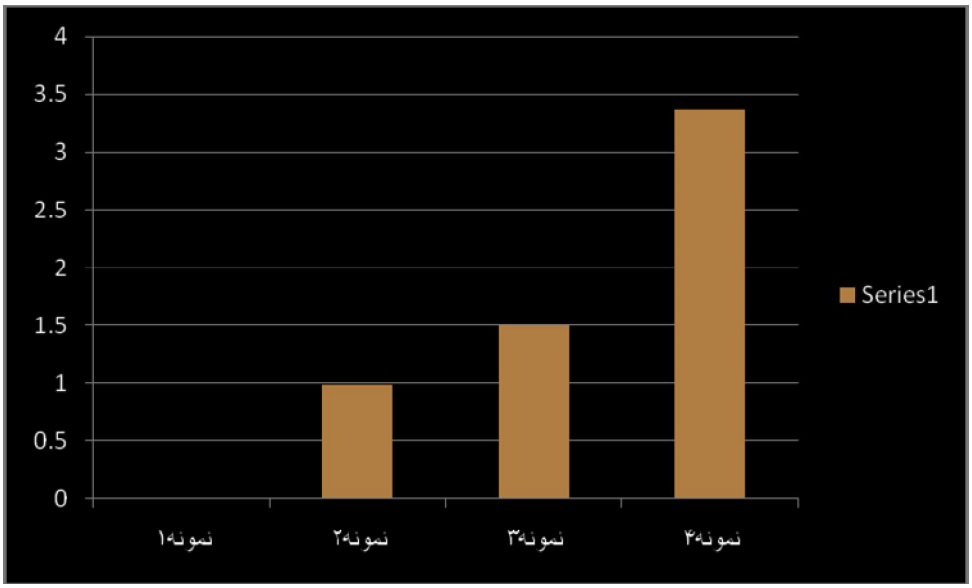




شکل5:نمودارهیستوگرام گاز رادون در نمونه های آب شرب مصرفی منطقه قائمشهر و سوادکوه.



شکل5:نمودارهیستوگرام گاز رادون در نمونه‌های آب شرب مصرفی منطقه قائمشهر و سوادکوه.



شکل6:نمودار هیستوگرام گاز رادون در نمونه‌های چاه منطقه سوادکوه.

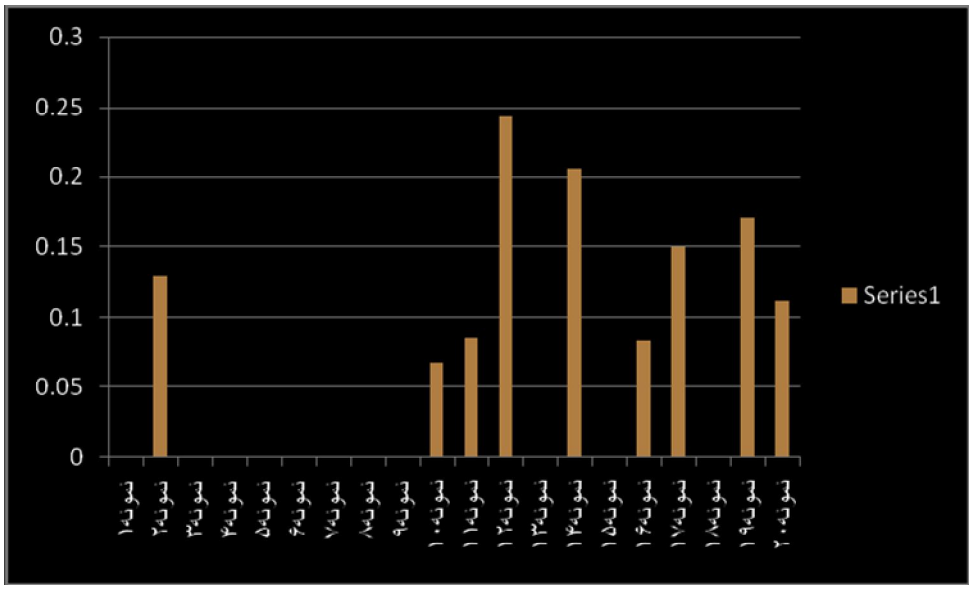
مراحل شیوه رادیوم موجود در نمونه های آب منطقه سوادکوه و قائمشهر.

پس از اینکه طی آزمایشات مرحله اول رادون موجود در نمونه های آب را اندازه گیری کردیم نمونه های آب را در همان باطری ها به مدت 24 روز نگه داری می کنیم . این مدت زمان تقریبا 6 برابر نیمه عمر رادون می باشد که طی این مدت رادیوم موجود در آب به رادون واپاشی شده و در نهایت با هم به تعادل می رسند .آزمایشات مرحله دوم را در پایان این مدت زمان تکرار می کنیم .. می توانیم مقادیر رادیوم موجود در نمونه ها را با استفاده از رابطه2 برحسب $\frac{Bq}{L}$ بدست آوریم.

$$Q_{Ra}(\frac{Bq}{L}) = Q_{PRASSI} \times \frac{V_{tot}(m^3)}{V(lit)} \quad (2)$$

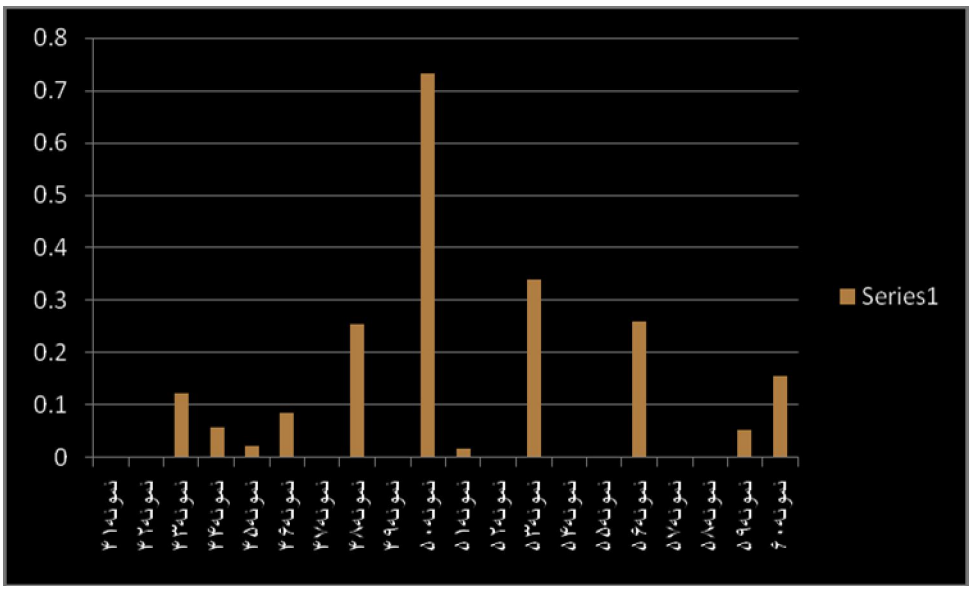
که Q_{Ra} مقدار واقعی غلظت رادیوم در آب برحسب $\frac{Bq}{L}$ ، Q_{PRASSI} مقدار خام یادداشت شده ، V_{tot} حجم کل چرخش گاز که در این آزمایش $2/4\times10^{-3}$ (m^3) می باشد v حجم نمونه مورد آزمایش است که در این آزمایش 0/15 لیتر انتخاب شده است. همانطور که در قبل نیز اشاره شد، آژانس حفاظت از محیط آمریکا (EPA) سطح آلودگی رادون را تا میزان 10 تعیین کرده است. دز تابشی ناشی از گاز رادون در نمونه ها در هوا متصاعد شده و از طریق استنشاق وارد دستگاه تنفسی شده و به ریه ها آسیب می رساند.

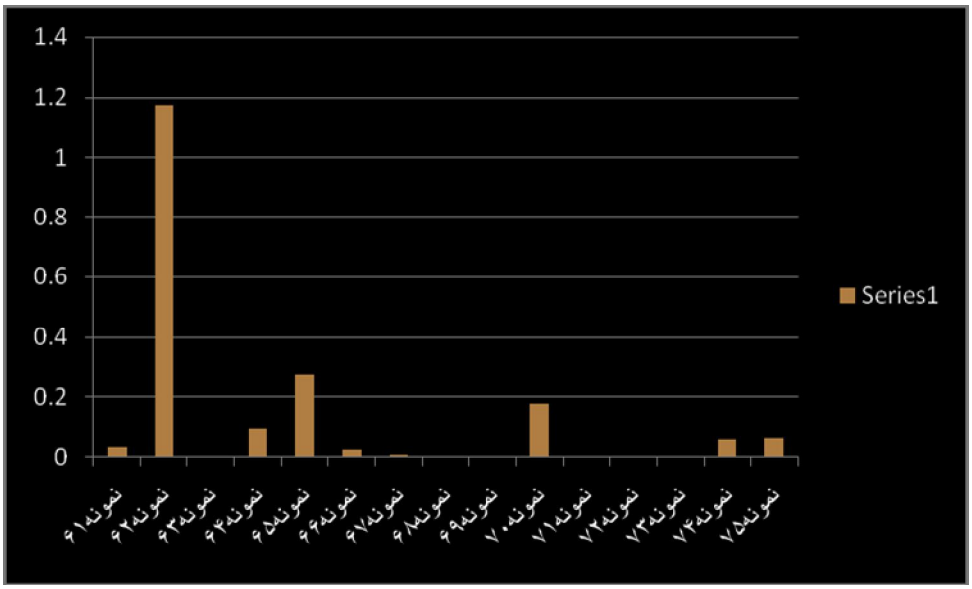
شکل های 7، 8، 9و 10نمودار هیستوگرام میزان غلظت رادیوم موجود در نمونـه هـای آب جـاری ، چشمه آشامیدنی و چاه منطقه سوادکوه و قائمشهر را نشان می دهد.



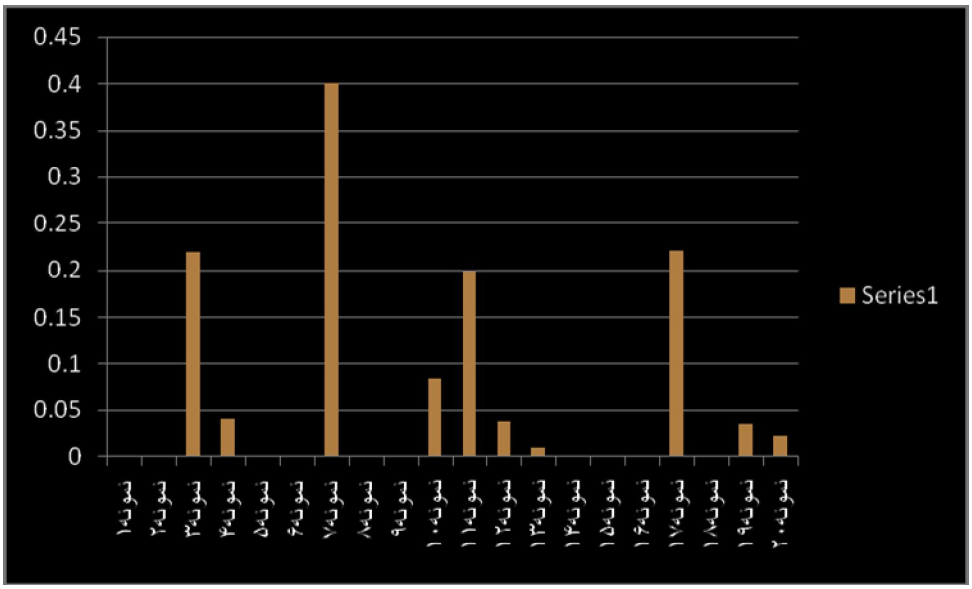
شکل7نمودار هیستوگرام رادیوم موجود در نمونه های آب جاری منطقه سوادکوه.

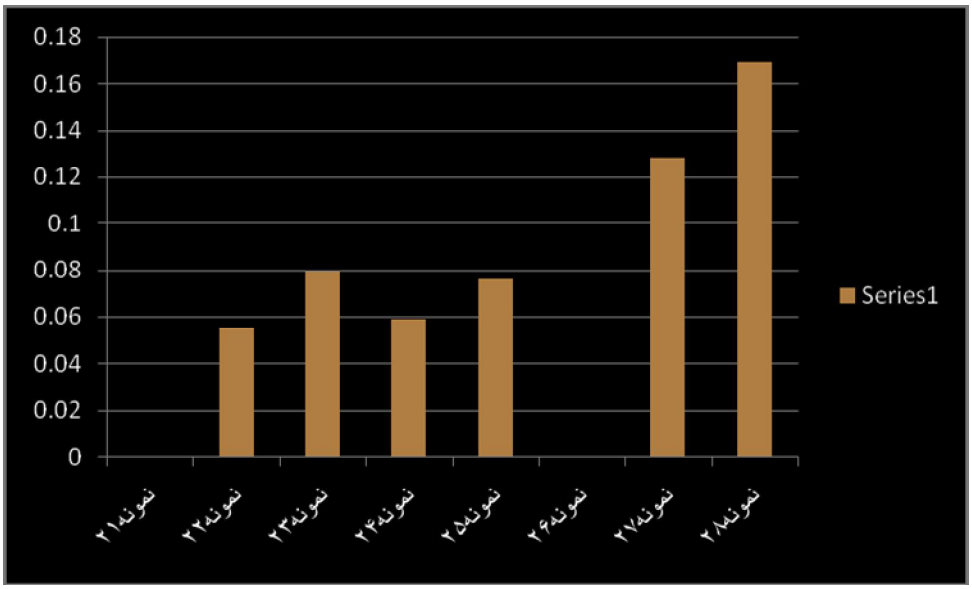
.



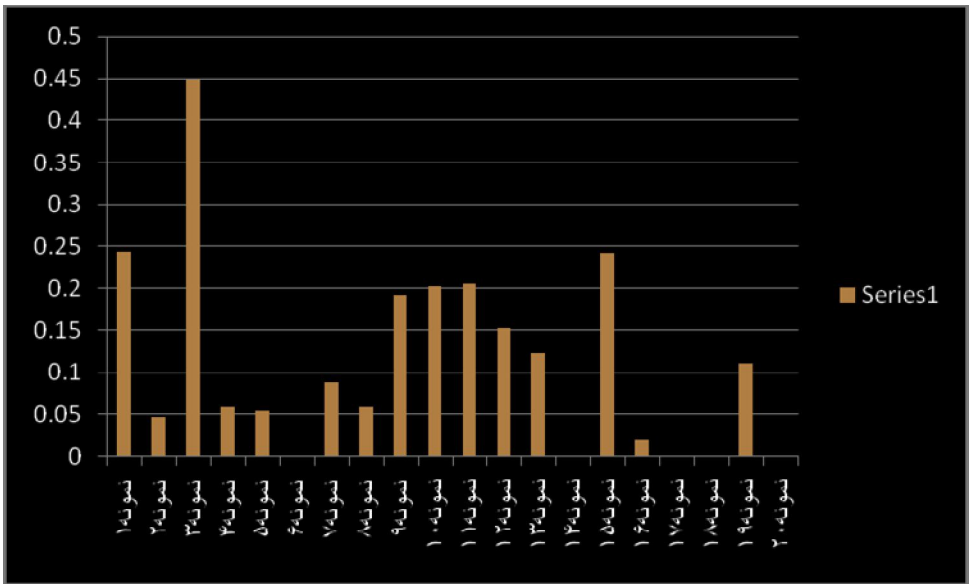


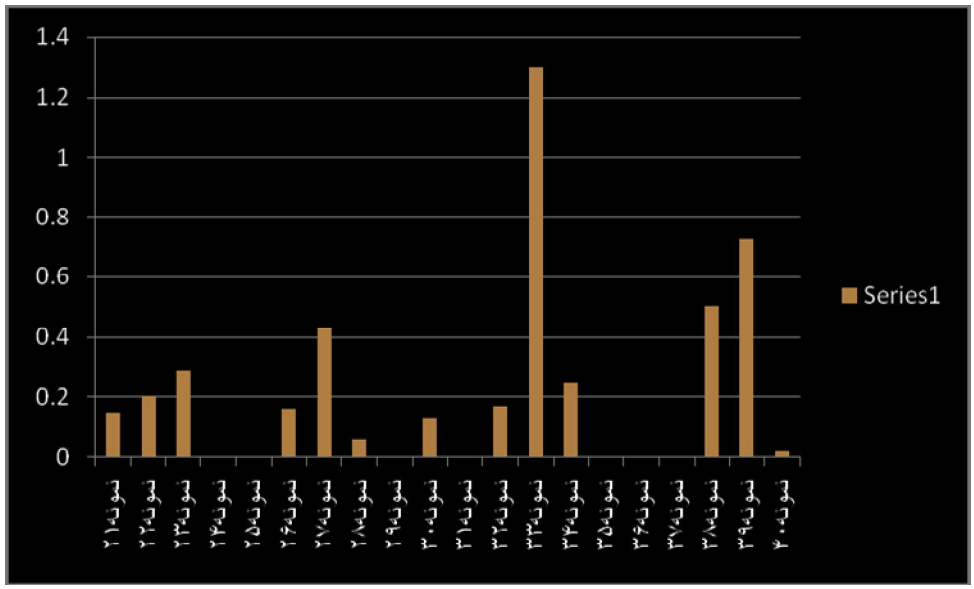
شکل7:نمودار هیستوگرام رادیوم موجود در نمونه های آب جاری منطقه سوادکوه.



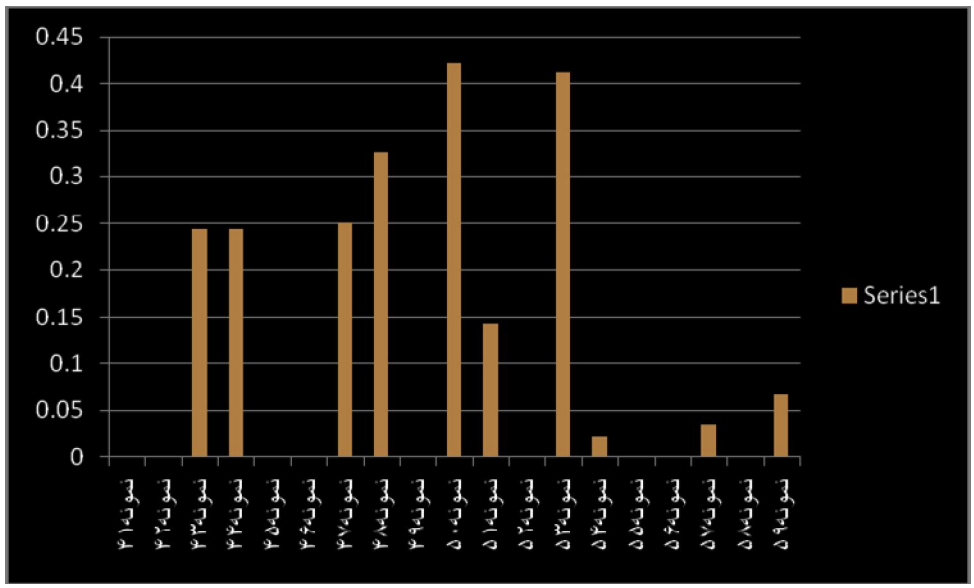


شکل6-8نمودارهیستوگرام رادیوم موجود در نمونه های آب چشمه منطقه سوادکوه.

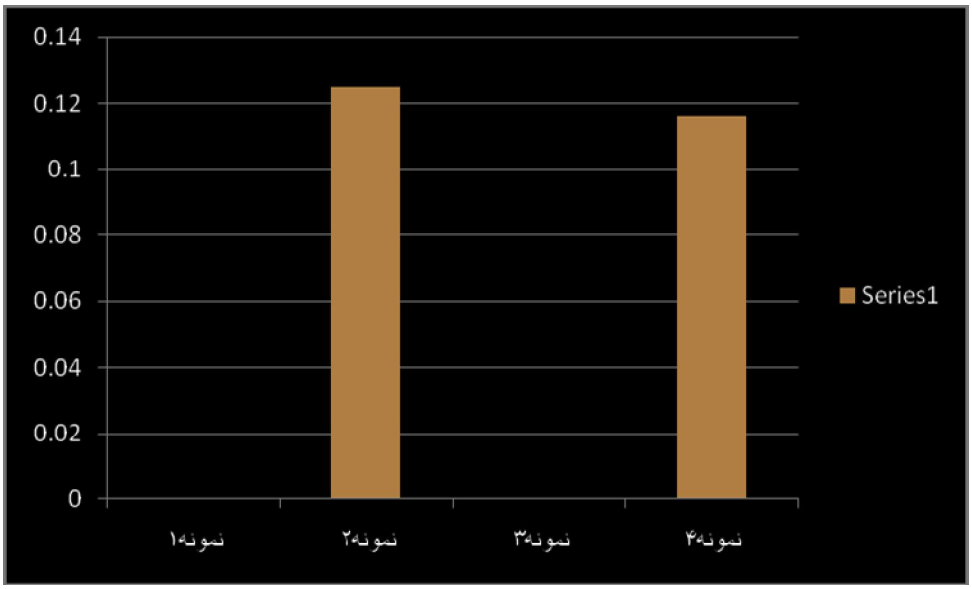




شکل9:نمودارهیستوگرام رادیوم در نمونه های آب شرب مصرفی منطقه قائمشهر و سوادکوه.



شکل9:نمودارهیستوگرام رادیوم در نمونه‌های آب شرب مصرفی منطقه قائمشهر و سوادکوه.



شکل10:نمودار هیستوگرام گاز رادیوم در نمونه های چاه منطقه سوادکوه.

5- نتیجه گیری و تجزیه و تحلیل

باتوجه به نتایج جداول 6-5، 6-۶،۶-۷،8 دوز رادون موجود در نمونه ها کمتر ازحدپیشنهادی آژانس حفاظت محیط زیست1 mSvدرسال برای هر عضو می باشد.با توجه به جدول های ۲،۳،۴،۵

میزان رادون موجود در نمونه های آب جاری، چشمه، شرب و آشامیدنی منطقه قائمشهر و سوادکوه کمتر از سطح آلودگی مشخص شده توسط آژانس حفاظت از محیط زیست است.با توجه به جدول6-5 که مربوط به نمونه های آب جاری شهرستان سوادکوه و روستاهای اطراف است، بیشترین سطح آلودگی مربوط به آب جوی پرورش ماهی روستای شاکلا در فصل بهار است که مقدارش برابر6/414 Bq/L می باشد.با توجه به نمونه های جدول 6-5، 80% نمونه ها غلظت رادون آنها کمتر از 1Bq/L و20% بالاتر از 1Bq/L است. همچنین با توجه به نمونه های جدول6-6،بیشترین مقدار آلودگی در نمونه های آب چشمه، مربوط به چشمهای در رویی کلا که مقدارش4/992Bq/L است،مشاهده می کنیم 75% از نمونه های جدول 6-6 غلظتی کمتر از 1Bq/L و25% غلظتی بیشتر از 1Bq/L است. همچنین با توجه به نمونه های جدول6-7،بیشترین مقدار آلودگی در نمونه های آب شرب، مربوط به نمونه 59 در روستای رئیس کلاکه مقدارش5/150Bq/Lاست،مشاهده می کنیم 50% از نمونه های جدول 6-7 غلظتی کمتر از 1Bq/L و50% غلظتی بیشتر از 1Bq/L است. همچنین با توجه به نمونه های جدول6-8،بیشترین مقدار آلودگی در نمونه های جمع آوری شده از آب چاه، مربوط به نمونه 4 ،مربط به روستای سیدکلاکه مقدارش3/369Bq/Lاست،مشاهده می کنیم 50% از نمونه های جدول 6-8 غلظتی کمتر از 1Bq/L و50% غلظتی بیشتر از 1Bq/L است.همچنین با توجه به شکل های 6-7، 6-8،

9-6، 10-6، غلظت رادیوم موجود در نمونه ها کمتز از 1/4 Bq/L است.که با توجه به غلظت در کل نمونه ها مقدار رادون موجود در آب برای انسان های منطقه قائمشهر و سوادکوه خطرناک نیست.

منابع

1- Frequently Asked Questions About Radon (2008)

2- Adilson lima Marques et al., Direct measurements of radon activity in water from various natural sources using nuclear track decetors applied Radiation and Isotopes , 2007 (in press) .

3- برگرفته از آزمایشگاه ملی لوس آلاموس -رادون،ازویکی پدیا،دانشنامه آزاد (2009).

4- باغبانی ، آزاده ، گاز رادون و انباشتگی مرگبار آن ، مجله رشد آموزش شیمی ، دوره هفدهم 1383

5- D.J. steck et al., Regional and local variation of indoor radon and source potentials
. Environment
Inter national . 22(1996) 729-737

6- office of air and radiation (6601) , EPA Document # 520/1-89-027 " reducing Radon Risks " , September 1992 .

7- ریموند ال.مورای،انرژی هسته‌ای،ترجمه دکتر سید محمد علوی نائینی،نشر علوم دانشگاهی،چاپ اول1384

8- Andreas c. George , Nancy Bred hoff . the present status of the radon program in the united states of America , the science of the total environment Aof natural radiation in Ramsar , Iran . Proceeding of In ternational conference on Radiation and its Role in diagnosis and treatment , october 2000 , Tehran , Iran , in press.

9- J. Schmitz et al . Exposure to radon / radon decay Products in water works . the science of the to tall Environment 272 (2001) 347-348 .

10- T. Keski kuru et al., Effect of various factors on rate of radon entry into two different types of houses . Building and Environment 36(2001) 1091-1098.

11- M . Turk et al ., Radon activity concentration in the ground and its correlation with the water content of the soil. APP . Radiate . Isot . 47 (1996) 377 – 381 .

12- A . Vasarhely et al ., spatial distribution of radon content of soil gas and well waters measured with etched track radon monitors.
radiation Measurements . 28 (1997) 685-690 .

13- Radon and you promoting public Awareness of Radon in Montana's air and Ground water , (2008)

14- A Abbady et al., indoor measurement with the lucas cell technique , applied Radiation and Isotopes , 61 (2004) 1469 – 1475 .

گاز رادون -222 و اثرات زیست محیطی آن

اکاتی، نرجس * - عین الهی،فاطمه
*عضو هیئت علمی گروه محیط زیست دانشگاه زابل
Narjes_okati@yahoo.com

چکیده:

رادون عنصری گازی بی رنگ و رادیو اکتیویته است که از فرو پاشی رادیم به دست می آید . رادون یکی از سنگینترین گازهاست و برای سلامتی مضر است. رادون از طریق خاک، معادن، واپاشی اورانیم و احتراق زغال وارد طبیعت می شود و به آسانی قابلیت انحلال در آب را دارد. رادون در محیط زیست به صورت گازی وجود دارد. در نتیجه از راه تنفس وارد بدن انسان می شود. به طور کلی میزان رادون در دیگر بخشهای زیست کره، پایین است اما در محیطهای بسته میزان رادون موجود درهوا بالاتر است. تجمع این جامدات پرتوزا در دستگاه تنفسی می تواند بروز بیماریهای ریوی و سرطان مجاری تنفسی شود. اکثر ترکیبات رادون موجود در محیط زیست ناشی از فعالیتهای بشری هستند. قوانین محیط زیست تا حدودی کیفیت هوای محیط باز را بهبود بخشیده، اما به مشکلات فضای بسته توجه زیادی نشده است.

کلمات کلیدی : رادون، محیط زیست، بیماری ریوی

The Radon-222, and environmental impacts

Narjes Okati* – Fatemeh Einollahi
* Department of Environmental Science ، Faculty of Natural Resources ، Zabol University
Narjes_okati@yahoo.com

Abstract

Radon element is no color gas and radioactive that it products disintegrate of Radium. Radon is a heavy gas and it is dangerous for health. It enters to nature per soil ، mine ، Uranium disintegrade and coal combustion and it easily solvable in water. Radon is gas type in environment. In result ، it enters to body of human with respire. In totally ، Radon concentration is low in other parths if biosphere but Radon concentration in air is high in close environments. Aggregation of this radioactive solid in respiratorysystem can cause pulmonary disease and cancer of respiratorysystem. Most of Radon species in environment is result of human activity. Environmental provision improve somdel quality of air open environment but no more attention to difficult of close place.

Key words: Radon ، environment ، pulmonary disease

مقدمه:

رادون عنصری گازی بی رنگ و رادیو اکتیویته است که از فرو پاشی رادیم به دست می آید . رادون یکی از سنگینترین گازهاست و برای سلامتی مضر است . رادون به طور طبیعی به میزان $4x\ 10^{-17}$ درصد در پوسته زمین وجود دارد. پایدارترین ایزوتوپ آن Rn-222 است که نیمه عمر 3/8 روز دارد و در پرتو درمانی استفاده می شود . هنگامی که زیر نقطه انجماد سرد می شود رنگ فسفری درخشانی دارد که در درجه حرارت پایین تر به زرد تبدیل می شود و در دمای هوا به قرمز و نارنجی

تبدیل می شود . این عنصر در سال 1900 توسط Friedrich Ernst کشف گردید[3]. در سال 1908 Ramsay ، Gray این عنصر را توسط تعیین چگالی از گازهای سنگین جداسازی کردند. این عنصر ذاتاً بی اثر است و در جدول تناوبی در گروه گازهای نجیب وجود دارد. از سال 1923 نام این عنصر رادون نهاده شد. حدود 20 ایزوتوپ از این عنصر شناخته شده است. رادون 220 ناشی از توریوم طبیعی دارای نیمه عمر 55.6 ثانیه است و اشعه آلفا از خود ساتع می کند. رادون 219 از اکتینیوم گرفته شده است. این ایزوتوپ دارای نیم عمر3/96 ثانیه است و از خود اشعه آلفا ساتع می کند. رادون در آب چشمه ها وجود دارد مثل چشمه آبی داغ Arkansas . در کشورهای اسکاندیناوی که سیستم حفاظت از گرما در ساختمان ها براساس عایق بندی بسیار مناسب است گاز رادون به ویژه در خانه های با بستر گرانیتی افزایش یافته است[8]. به طور کلی مقدار رادون در فضاهای بسته بسیار متفاوت است و در صورت وجود ترم هایی در کف و دیوار ساختمان ها افزایش می یابد. غلظت آن در زیر زمین بیشتر است و در طبقه همکف ساختمان ها به طور متوسط 50 درصد بیشتر از طبقه اول است. غلظت رادون در فصل های مختلف سال نیز تغییر پذیر است : در تابستان که تبادل هوا از طریق پنجره ها و کولر ها بخوبی انجام می شود غلظت آن کمتر خواهد بود. به طور کلی هر اقدامی که باعث کاهش فشار هوا در راخل ساختمان شود به ورود رادون از خاک به ساختمان کمک خواهد کرد[5].

اثرات رادون بر روی سلامتی:

رادون در محیط زیست به صورت گازی وجود دارد. در نتیجه از راه تنفس وارد بدن انسان می شود. به طور کلی میزان رادون موجود در دیگر بخشهای زیست کره، پایین است اما در محیطهای بسته میزان رادون موجود درهوا اندکی بالاتر است .در خانه، مدرسه و ساختمانها، میزان رادون بیشتر است زیرا رادون از طریق شکافهای موجود وارد خانه می شود. بعضی از چاههای عمیقی که از آنها آب آشامیدنی استحصال می شود هم حاوی رادون می باشند. در نتیجه رادون از طریق آب آشامیدنی وارد بدن بعضی از افراد می شود. میزان رادون موجود در آب زیرزمینی هم بالاست و از طریق آب زیرزمینی وارد آبهای سطحی می شود[5]. عناصر ناشی از واپاشی رادون در هوا نیز ممکن است به ذرات معلق موجود در هوا بچسبند و هنگام تنفس ، جذب شدن آنها در سطح مجاری تنفسی در بروز سرطان موثر می باشد. وقتی تماس با رادون طولانی مدت باشد، احتمال بروز سرطان ریه افزایش می یابد. رادون سالها بعد از تماس باعث ابتلا به سرطان می شود. رادون می تواند رادیواکتیو باشد اما تابش گامای آن اندک است. در نتیجه اثرات مضر ناشی از تابش رادون بدون تماس با ترکیبات رادون رخ نمی دهند. بر خی از پژوهشگران بر این عقیده اند که گاز رادون با برخی از سرطانها مانند لوسمی و نوعی سرطان پوست به نام ملانوما ارتباط دارد.[2]. چون رادون به صورت محلول در آب نیز وجود دارد ، لذا رادون موجود در آن نیز از دو طریق استنشاق گاز رادون حمام و بلع آن در همگام نوشیدن آب وارد بدن می شود. 95% از کل پرتوگیری های بشر در

داخل ساختمان ها و به ویژه منازل ، 3% در هوای آزاد و 1% آن نیز از منابع آب آشامیدنی اتفاق می افتد. که از این 1% آخری 0/1% آن مربوط به بلع (از راه آشامیدن) و مابقی یعنی 0/9% آن نیز مجددا نوسط استنشاق گاز رادون آزاد شده در زمان استفاده از آب انجام می پذیرد[4] .

حدود توصیه شده ICRP در مقابل تشعشعات رادیواکتیو در سال 1980 معادل 50 میلی سیورت است. این دوز سبب افزایش مرگ 300 نفر در یک میلیون نفر می شود که با حوادث مشابه دیگر نظیر تصادفات رانندگی ، معادن ذغال سنگ و فعالیت های ساختمانی قابل مقایسه است. در سال 1990 دوز توصیه شده ICRP به 20 میلی سیورت در سال یا 100 میلی سیورت در یک دوره 5 ساله شغلی کاهش یافت. دوز سالانه دریافتی از منابع مختلف شامل گاز رادون و مواد طبیعی زمینی همراه با پتاسیم 40 از طریق تغذیه ، معادل 2 میلی سیورت در سال است[1].

اندازه خطری که رادون در هر فرد ممکن است ایجاد کند به سه عامل بستگی دارد: غلظت این گاز در محیط زندگی(ساختمان) ، مدت اقامت فرد در آن محیط و عادات شخصی. در مورد عادات شخصی با شرایط یکسان ، خطر آن برای افراد سیگاری بیش از دیگران است. به طوری که دو عامل غلظت رادون و مصرف سیگار با هم میزان ابتلا به سرطان ریه را 10 تا 20 برابر افزایش می دهند[7].

اثرات زیست محیطی رادون:

رادون یکی از ترکیبات رادیواکتیو است که به ندرت در محیط به صورت طبیعی وجود دارد. اکثر ترکیبات رادون موجود در محیط زیست ناشی از فعالیتهای بشری هستند. رادون از راه خاک، معادن اورانیوم و فسفات و احتراق ذغال وارد محیط می شود. بخشی از رادون موجود در خاک به سطح می رسد و از راه تبخیر وارد هوا می شود. در هوا ،ترکیبات رادون به ذرات گرد و غبار و دیگر ذرات می چسبند. رادون می تواند در خاک به سمت بخشهای پایینی حرکت کند و وارد آب زیرزمینی می شود. اما قسمت عمده رادون در خاک باقی می ماند. طول عمر رادون رادیواکتیو حدود 4 روز است. این بدان معناست که از مقدار مشخصی رادون، نیمی از آن ظرف چهار روز به ترکیبات دیگری که معمولا زیان کمتری دارند تبدیل می شود[6].

تولید سلاح های هسته ای منجر به تابش رادیواکتیو و آزمایش آنان با رهاسازی مقادیر زیادی مواد رادیواکتیو همراه است. برخی آزمایشات هسته ای نظسر آزمایش سال 1996 فرانسه در زیر اقیانوس منجر به امواج شدیدی گردید که بستر دریایی را نابود کرد و آبزیان منطقه را قتل عام نمود. با انفجار بمب هسته ای غباری ایجاد می شود که در جو بالا می رود و همراه با ابرها پخش و زمین را آلوده می سازد. ذرات غبار ممکن است بر اثر جذب نور و گرمای خورشیدی منجر به سرد شدن زمین و زمستان هسته ای گردد[1].

نتیجه گیری:

رادون از نظر زیست محیطی هم به عنوان یک خطر و هم به عنوان پیش درآمدی برای پیش بینی وقوع زمین لرزه مطرح است. این گاز عمدتا همراه با هوای درون خاک وارد ساختمان ها می شود ، محصولات جامد ناشی از واپاشی آن که خود پرنوزا هستند در اثر تنفس وارد ریه شده و به نسوج داخلی آن می چسبند و محتملا باعث بروز سرطان ریه می شوند. با انجام دادن یک سری اقدامات مدیریتی از جمله تهیه نقشه پهنه بندی خطر ، اجتناب از احداث خانه در مناطق خطرناک ، جلوگیری از ورود رادون به داخل ساختمان ها و یا افزودن میزان تهویه ساختمان ها می توان تاثیر آن را کاهش داد. همچنین می توان با استفاده از دستگاه آشکار ساز رادون ، غلظت آن در چشمه ها و چاه های مجاور گسل های فعال را سنجید و از تغییرات آن برای پیش بینی وقوع زلزله و ارزیابی زلزله خیزی استفاده کرد. این گاز در اکتشاف اورانیوم ، آبهای زیرزمینی و نفت و گاز طبیعی نیز کاربرد دارد. بسیاری از خانه های بعضی از مناطق کشور ما بر روی بسترهای گرانیتی و شیلهای غنی از مواد آلی احداث شده اند که از آن جمله به بعضی از نواحی واقع در استانهای آذربایجان, زنجان و یزد می توان اشاره داشت. بعلاوه مطالعات محدودی در بعضی از مناطق کشور (تهران , گناباد و رامسر) انجام گرفته که حکایت از وجود بیش از حد مجاز رادون در داخل خانه ها را دارد. بنابر این برنامه ریزی جهت بررسی و اندازه گیری این گاز در محیط زیست و کار, کنترل و استفاده صحیح از مصالح ساختمانی بویژه انواع سنگها موضوعی است که بایستی مورد توجه جدی قرار گیرد.

منابع:

[1] اسماعیلی ساری، ع ، 1381 ، آلاینده ها ، بهداشت و استاندارد در محیط زیست ، انتشارات نقش مهر.

[2] عباس نژاد ، ا ، 1381 ، اثرهای زیست محیطی گاز رادون -222 و اهمیت توجه به آن در ایران ، مجله علوم و فنون هسته ای ، شماره 26 ، ص 31-17.

[3] نخلی، ا، 1376 ، محیط زیست وگاز رادون، مجلهٔ انرژی هسته ای ، شمارهٔ 19 ، صفحات 12-4.

[4] B.B.S. Singhal , and R.P. Gupta , 1999 , "Applied hydrogeology of fractured rocks" , Klawer Academic publishers , London.

[5] B. L. Cohen ,1997 , "Questionnaire study of the lung cancer risk from radon in homes" , Health Physics Vol. 72 , No 4 , 615- 622.

[6] M. Albu , D. Banks and H. Nash , 1997 , "Mineral and thermal ground water resources" ,Chapman and Hall , London.

[7] N. K. Coch , 1995 , "Geohazards , natural and human". Prentice-Hall , New Jercy.

[8]http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Rn/index.html%20WebElements.com%20-%20Radon.

رادون و سندرم ساختمان بیمار

صمدیار، حسن
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن
Hasansamadyar@gmail.com
میرعلیزاده فرد، سیدرضا،
عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور، مرکز شاهرود
رباب صمدیار
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران پزشکی
robab.samadyar@yahoo.com

چکیده

طبق نظر اکثر محققان ، سندرم ساختمان بیمار (SBS) مجموعه ای از علائمی است که علت واضح و مشخصی ندارد و به تماس با یک محیط ساختمان ویژه نسبت داده می شود. نتایج مطالعات متعدد نشان داده است که گزارش علائم سندرم ساختمان بیمار در همه ساختمانها متداول است و در میان زنان و کارمندان مشاغل دفتری بیشتر دیده می شود. نکته قابل آن است که با توجه به آن که این علائم در ساختمانهای اداری بیشتر ملاحظه می شود و این که بیشتر این ساختمانها با استفاده از مصالحی ساخته می شوند ، که احتمال بالایی برای آزاد سازی، انتشار و انتقال رادون در ساختمان را دارند. لذا لازم است که بررسیها و مطالعات لازم در خصوص حذف و یا به حداقل رسانی گاز رادون در این اماکن صورت پذیرد. علاوه برآن می باید تحقیقاتی در خصوص میزان ارتباط مقدار گاز رادون و نیز عارضه سندرم ساختمان بیمار انجام شود.باید این بحث را در نظر گرفت که رادون به عنوان یکی از آلاینده های هوای درون ساختمانها مطرح می باشد و می باید تاثیر آن و میزان آن را مورد بررسی قرار داد. سنجشهای محیطی مطالعات می باید، مرجع معیاری برای پارامترهای فیزیکی و شیمیایی فراهم سازد به نحوی که آلاینده های هوای محیطی و از جمله رادون را در بر گیرد.

کلمات کلیدی : سندرم ساختمان بیمار، رادون، آلودگی هوا، انتشار

Abstract

According to researchers, most of sick building syndrome(SBS) a collection of the syndromes that have relation with habitation in buildings. Some of the studies results have shown that this syndrome is fond within the all building and is common among women and more clerical employees. The considerable point is that SBS exists in more administrative buildings, and that most of these buildings were constructed with the materials that are emitted a high probability amounts of radon radon in the building. Therefore it is necessary to study about radon emission in buildings and due to that eliminate or at decrease radon concentration in these places .

In addition to ,it is noted that the study on radon concentration and SBS cases must be done . it is necessary that radon as internal air pollutants is mentioned and its impacts and concentration impacts on SBS cases must be studied..environmental measurements will make physical and chemical indicators which is including environmental air pollutants such as radon.

Key Word : Sick Buildings Syndrome ,Radon, Air Pollution, Emission

1. مقدمه

طبق نظر اکثر محققان ، سندرم ساختمان بیمار (SBS) مجموعه ای از علائمی است که علت واضح و مشخصی ندارد و به تماس با یک محیط ساختمان ویژه نسبت داده می شود. از وقتی که اطلاعات در مورد این مجموعه نامشخص افزایش یافته است ، محققان سعی کرده اند که استفاده از واژه های مبهم و تعاریف مختلف را شفاف کنند.

در سالهای اخیر یکی از نگرانیهای بزرگ زیست محیطی کیفیت هوای داخل ساختمانها می باشد که بخشی از این نگرانیها مربوط به سندرم ساختار بیمار (SBS) است.

طبق نظر اکثر محققان سندرم ساختمان بیمار مجموعه ای از علایمی است که علت واضح و مشخصی ندارد و به تماس با یک محیط ویژه نسبت داده می شود. در اوایل دهه 1980 سازمان جهانی بهداشت علایم متداول گزارش شده در سندرم ساختمان بیمار را گرد آوری نمود. این علایم شامل موارد زیر بود:

تحریک گلو ، چشم و بینی ، احساس خشکی در غشای مخاطی ، خشکی ، خارش و قرمزی پوست سر درد و خستگی ، سرفه ، گرفتگی صدا و خس خس ، تهوع و گیجی.

2. رادون

رادون یک گاز رادیو اکتیو است که از نظر شیمیایی خنثی است و نمی تواند واکنشهای شیمیایی انجام دهد. رادون در اثر واپاشی طبیعی عنصر رادیوم به وجود می آید و در اکثر خاکها، سنگها و صخره ها یافت می شود .این گاز از طریق شکافها و روزنه های موجود در خاک به سمت بالا حرکت کرده (بسته به عوامل مختلفی که روی این حرکت تاثیر می گذارند) و وارد اتمسفر می شود و یا این که وارد فضای داخلی ساختمانها می شود ، حتی ممکن است از طریق آب موجود در چاه وارد ساختمان بشود . بیشتر مواد ساختمانی می توانند مقدار فراوانی گاز رادون را از سطح خود آزاد نمایند، ولی با این حال رادون منتشره از خاک مهمترین منبع رادون محسوب می شود

در محیطهای بسته، رادون می تواند در مقادیر بالایی تجمع یابد، مقدار غلظت رادون در محیط های بسته در درجه اول به مصالح به کار رفته در ساختمان و میزان رادون در طبقات زیرین خاک بستگی دارد. فاکتورهایی نظیر طراحی، مصالح و تهویه خانه در مسیر عبور رادون و منابعی که باعث ورود رادون به محیطهای بسته می شوند در میزان رادون مؤثرند.

3. سندرم ساختمان بیمار

در اوایل دهه ی 1980 میلادی سازمان جهانی بهداشت علائم متداول گزارش شده در سندرم ساختمان بیمار را گرد آوری نمود. این علائم عبارت بود ازتحریک گلو ، چشم و بینی ، احساس خستگی در غشای مخاطی ، خشکی ، خارش و قرمزی پوست سردرد و خستگی ذهنی ، سرفه و افزایش انتقال بیماریهای عفونی از راه گرفتگی صدا و خس خس ، تهوع و گیجی و تحریک پذیری بالا.

در سال 1993 مندل نتایج 32 مطالعه اجرا شده در سالهای 1992-1984 را مرور کرد و 37 فاکتور که به طور بالقوه در ارتباط با عوارض کارمندان اداره بود مورد بررسی قرار داد. او خلاصه ای از رابطه گزارش شده میان شیوع عوارض فاکتورهای محیطی خصوصیات ساختمان و پارامترهای محل کار و فاکتورهای شخصی و شغلی تهیه کرد. یک مطالعه موردی که در سال 1996 صورت گرفت ا زمتاآنالیز مندل حمایت می کند به طوری که در این مطالعه مشاهده شد سرعت تهویه بالا ی $10/^{L}_{\text{نفر}}S$ نفر شیوع عوارض SBS راکاهش می دهد.

4.ارتباط بین رادون و بروز سندرم ساختمان بیمار

نتایج مطالعات متعدد نشان داده است که گزارش علائم سندرم ساختمان بیمار در همه ساختمانها متداول است و در میان زنان و کارمندان مشاغل دفتری بیشتر دیده می شود. همچنین در ساختمانهای اداری، میزان علائم افزایش یافته و خصوصیات سیستم تهویه با فراوانی علائم در ارتباط بود. همچنین مطالعات مشابه نشان داده است که کیفیت هوای داخل ساختمانهای با تهویه بالا بهتر از ساختمانهای با تهویه پایین بود. اما حتی در شرایطی که میزان ورود هوای آزاد $5\ ^{L}/_{\text{نفر}}S$ +ـ 23 بود ، 30% ساکنین از کیفیت هوای داخلی ناراضی بودند. رابطه ای میان بروز علائم و پارامترهای زیست محیطی مشاهده نشد شاید علت این امر غلظت پایین آلاینده ها باشد. فاکتورهای محل کار و شغل مانند وجود فرش ، استفاده از دستگاه فتوکپی و کاغذهای بدون کربن مهم فضا و تراکم و افزایشها ، فاصله از پنجره در افزایش علائم موثر بودند.

نکته قابل آن است که با توجه به آن که این علائم در ساختمانهای اداری بیشتر ملاحظه می شود و این که بیشتر این ساختمانها با استفاده از مصالحی ساخته می شوند ، که احتمال بالای برای آزاد سازی، انتشار و انتقال رادون در ساختمان را دارند. لذا لازم است که بررسیها و مطالعات لازم در خصوص حذف و یا به حداقل رسانی گاز رادون در این اماکن صورت پذیرد. علاوه برآن می باید تحقیقاتی در خصوص میزان ارتباط مقدار گاز رادون و نیز عارضه سندرم ساختمان بیمار انجام شود.

5. بحث و نتیجه گیری

آنچه ارائه شد حاصل مطالعات و بررسی های صورت گرفته در کشورهای توسعه یافته در زمینه رادون بود. همانطور که بیان شد در حال حاضر آلودگی هوای داخل ساختمان علی الخصوص بحث رادون اهمیتی فراوانی در این کشورها پیدا کرده است بیشتر مطالعاتی که در این خصوص سندرم ساختمان بیمار انجام شده، الزاماً به بحث عوارض سندرم ساختمان بیمار پرداخته شده است ولی بررسی علل آن مورد بررسی قرار نگرفته است. باید این بحث را در نظر گرفت که رادون به عنوان یکی از آلاینده های هوای درون ساختمانها مطرح می باشد و می باید تاثیر آن و میزان آن را مورد بررسی قرار داد. اگرچه در مطالعات مورد بررسی هیچ یک از پارامترهای محیطی به طور واضح علت سندرم ساختمان بیمار شناخته نشده اند ، اما سنجشهای محیطی این مطالعات می باید، مرجع معیاری برای پارامترهای فیزیکی و شیمیایی فراهم سازد به نحوی که آلاینده های هوای محیطی و از جمله رادون را در بر بگیرد.

فهرست منابع :

1. مختاری،مهدی، مصباح . اشرف السادات ، راههای جلوگیری از ورود رادون به ساختمان ، چهارمین کنگره کشوری بهداشت محیط ایران ، 1381
2. Burke G.H. Singh B.R. Theodore L.,(20000)" Handboook of environmental management and Technology" yohn wiley and sons ,second editionpp.
3. Spengler j.D.,Samet j.M. mecarth j.f(2001)" indoor Air Quality handbook" mcgraw hill
4. United Nations, "SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION" . United Nations Scientifics committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) , 2000 Report to the General Assembly , with Scientific Annexes , New York , (2000)
5. *Eisenbud . M. "Environmental Radioactivity From Natural, Industerial, and Military Sources" . Third edition , Academic Press ,Inc,New York , (1997).*
6. International Commission On Radiological Protection . "Protection against Radon-222 at Home and Work " . Annals of ICRP 22(2) . ICRP Publication 65 . Pergamon Press , Oxford (1993) .

پایش پیوستهٔ تغییرات غلظت رادون محلول به‌عنوان پیش‌نشانگر زلزله در چشمهٔ آبگرم جوشان، جنوب‌شرق کرمان

منتظری، حبیب‌اله[1]* ـ عباس‌نژاد، احمد[2] ـ نگارستانی، علی[3]

[1]کارشناس ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی

[2]دانشیار دانشگاه شهید باهنر کرمان، گروه زمین‌شناسی

[3]استادیار مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، آز- تحقیقاتی پیش‌نشانگرهای زلزله

پست الکترونیکی: habibmontazeri@yahoo.com

چکیده

در این مقاله، نتایج حاصل از اولین تجربهٔ پایش پیوستهٔ تغییرات غلظت رادون محلول در ایران در بازهٔ زمانی 86/9/11 تا 87/5/3، ارائه شده است. تغییر ات زمانی غلظت رادون به عنوان پیش نشانگر زلزله، از تابستان 1386 در چشمهٔ آبگرم جوشان، 50 کیلومتری جنوب‌شرق کرمان، مورد پایش قرار گرفته است. داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری رادون توسط سیستم آلفاگارد، در فواصل زمانی 10 دقیقه‌ای، با زلزله‌های ثبت شده در منطقه، جهت پیدا کردن ارتباط زمانی بین تغییرات غلظت رادون و رخداد زلزله، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج، همبستگی خوبی بین ناهنجاری رادون محلول و وقوع زمین‌لرزه، به ویژه در مواردی که چشمهٔ آبگرم جوشان در شعاع تنش- واتنش زلزله‌ها قرار داشت، نشان دادند. با این وجود، تداوم پایش و ایجاد شبکه ای از ایستگاه های اندازه گیری، جهت به دست آمدن الگوی منطقه ای بروز ناهنجاری، ضرورت دارد.

واژگان کلیدی: *پایش پیوسته، رادون، ناهنجاری، چشمهٔ آبگرم، جوشان*

Continuous Monitoring of Radon Concentration Variations as an Earthquake Precursor in the Jowshan Hot Spring, S.E. of Kerman

Montazeri, H.[1]; Abbasnejad, A.[2]; Negarestani, A.[3]

[1]Graduated of Environmental Geology

[2]Shahid-Bahonar University, Dept. of Geology, Kerman, Iran

[3]International Center for Science, High Technology & Environmental Sciences, Kerman, Iran

E-mail: habibmontazeri@yahoo.com

Abstract

In this paper, the results of the first continuous monitoring of dissolved-radon concentration in Iran conducted during December 2007- July 2008 are discussed. Temporal variations of radon as an earthquake precursor are monitored since mid 2007 in Jowshan hot spring, located at 50 km southeast of Kerman. In order to determine the temporal relationship of radon concentration with earthquake occurrence, the radon contents measured by an Alpha Guard system in 10-minutes intervals were correlated with seismic events. Accordingly, there are close links between radon anomaly and the events, especially whenever Jowshan hot springs were located within earthquakes stress- strain fields. Nevertheless, in order to reveal the regional patterns of anomalies, resumption of monitoring and erecting of a measurement network seem vital.

مقدمه

در طول چند دهۀ اخیر، رشد جمعیت، توسعۀ اقتصادی و اجتماعی و دیگر موارد در جهان، باعث شده تا خسارت‌های ناشی از زمین‌لرزه فزونی یافته و به میلیون‌ها یا میلیاردها دلار در سال برسد. از این رو پیش‌بینی زلزله، به‌طور جدی‌تر مورد توجه مجامع علمی و تحقیقاتی قرار گرفته است.

طبق تعریف، پیش‌بینی زمین‌لرزه عبارتست از مشخص نمودن گسترۀ اندازه، مکان و زمان زلزلۀ آتی، که درصد احتمال پیش‌بینی نیز باید در آن گنجانده شده باشد. درصد احتمال باید از میزان متوسط آماری زلزله‌های روی داده در منطقه، بیشتر باشد.

وقوع زمین‌لرزه‌ها در اغلب موارد با یک سری ناهنجاری در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی محیط، همراه می‌باشد. ارائۀ مدل‌های مختلفی که تا اندازه‌ای پدید آمدن این‌گونه ناهنجاری‌ها را توجیه می‌کنند، پژوهشگران را بر آن داشته تا در مناطقی که احتمال وقوع زمین‌لرزه می‌رود اقدام به تحت نظر گرفتن تغییر ویژگی‌های ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی و زیست شناختی نمایند.

رادون-222 با عدد اتمی 86 و جرم اتمی 222 (گرم برمول)، در شرایط استاندارد دما و فشار، گازی است بی‌رنگ و بی‌بو، که از واپاشی طبیعی اورانیوم 238 ایجاد می‌شود. این عنصر رادیواکتیو بوده و ضمن ساطع کردن ذرۀ آلفا (α)، با نیمه‌عمر نسبتاً کوتاه 3/8 روز به پلونیوم (^{218}Po) واپاشیده می‌شود؛ بنابراین در طبیعت نادر است. این گاز از مدتها پیش به‌منظور پیش‌بینی زمین-لرزه [1، 2، 3، 4 و 5]، مورد پایش قرار گرفته است. اولین همبستگی بین ناهنجاری غلظت رادون و رخداد زلزله، قبل از زمین‌لرزۀ 26 آوریل 1966 تاشکند، ازبکستان، ثبت شد [6]. پیشرفت تکنولوژی، سهولت و ارزانی نسبی اندازه‌گیری، همچنین نتایج به‌دست آمده، باعث شد تا اقبال جوامع علمی برای پایش تغییرات غلظت رادون در خاک و آب زیرزمینی، با هدف بررسی نقش پیش‌نشانگری آن، افزایش یابد؛ به‌گونه‌ای که شبکه‌های نسبتاً متراکمی از ایستگاه‌های اندازه‌گیری رادون، عمدتاً در چین، اتحادیه جماهیر شوروی سابق و ایالات متحدۀ آمریکا، ایجاد شد [7]. پس از آن تغییرات غلظت گاز رادون به‌عنوان پیش‌نشانگر زلزله مورد قبول انجمن بین‌المللی لرزه‌شناسی و فیزیک درون زمین[9] (IASPEI) قرار گرفت [8].

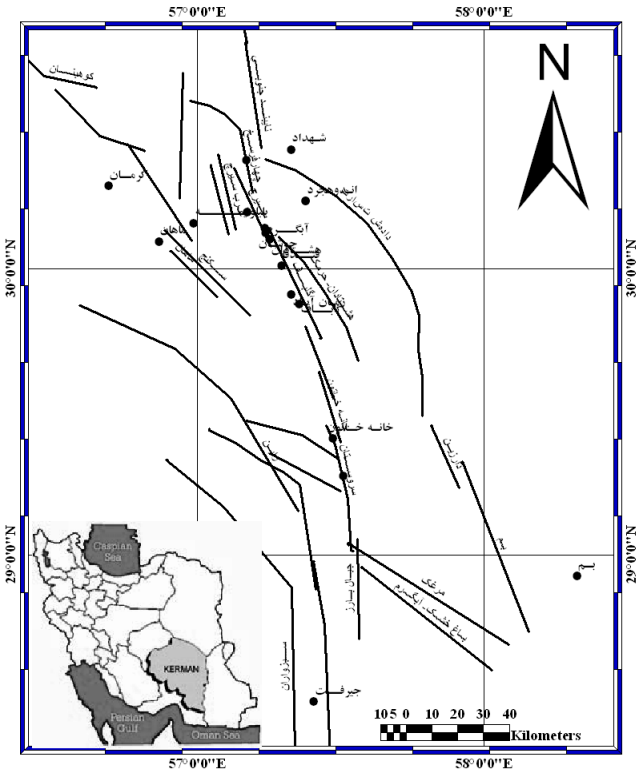
گاز رادون معمولاً به وسیلۀ آبهای زیرزمینی و گازهایی چون دی‌اکسیدکربن، نیتروژن و متان [9، 10 و 11]، به سطح زمین راه می‌یابد. افزایش تنش در زونهای شکستگی پیش از زمین‌لرزه، تغییرات بارزی در گرادیانهای دما و فشار ایجاد می‌کند، که منجر به افزایش جریان سیالات و انتقال آنها از اعماق زیاد به سطح زمین می‌گردد [12].

چشمه‌های آبگرم گسلی که در تماس با سنگ‌های زیرزمینی در اعماق مختلف هستند، محیط‌های مناسبی برای پایش پیش‌نشانگرهای ژئوشیمیایی زلزله می‌باشند؛ زیرا نسبت به گازهای

[9] International Association of Seismology and Physics of the Earth’s Interior

درون خاک، بیشتر نشان دهندهٔ محیط منشأ خود بوده و کمتر به‌وسیلهٔ سیالات سطحی و عوامل بیرونی آلوده شده‌اند [7].

اولین ایستگاه پایش پیوستهٔ تغییرات غلظت گاز رادون محلول در ایران، با هدف بررسی نقش پیش‌نشانگری زلزله، از تابستان 1386 در چشمهٔ آبگرم جوشان (E 57˚35´57.5˝ و N 30˚09´38.7˝)، استان کرمان، ایجاد شد. مجموعهٔ آبگرم جوشان در 50 کیلومتری جنوب‌شرق کرمان، شامل شش مظهر چشمه، با فاصلهٔ کم ازهم است که در منطقه‌ای به‌شدت گسلش یافته و دارای جابجایی زیاد، از درون آهکهای درز و شکاف‌دار بادامو (با سن ژوراسیک)، بر روی زون گسلهٔ گوک، در سطح ظاهر شده‌اند (شکل 1). قرار گرفتن مرکز بیش از 12 زمین‌لرزهٔ تاریخی و قرن بیستم با سترگی بیشتر از 5 ریشتر، بر روی این گسل، باعث شده تا به‌عنوان یکی از فعال‌ترین و لرزه-خیزترین گسلهای استان معرفی شود [15، 16 و 17]. دمای بالای آب (45 درجهٔ سانتیگراد) در این منطقهٔ غیر آتشفشانی، تأیید کنندهٔ بالا بودن فعالیت تکتونیکی منطقه است. در این مقاله نتایج حاصل از اندازه‌گیری رادون و بررسی تغییرات آن با رخداد زلزله در دورهٔ زمانی 86/9/11 (12.02.07) تا 87/5/3 (07.24.08) آورده شده است.

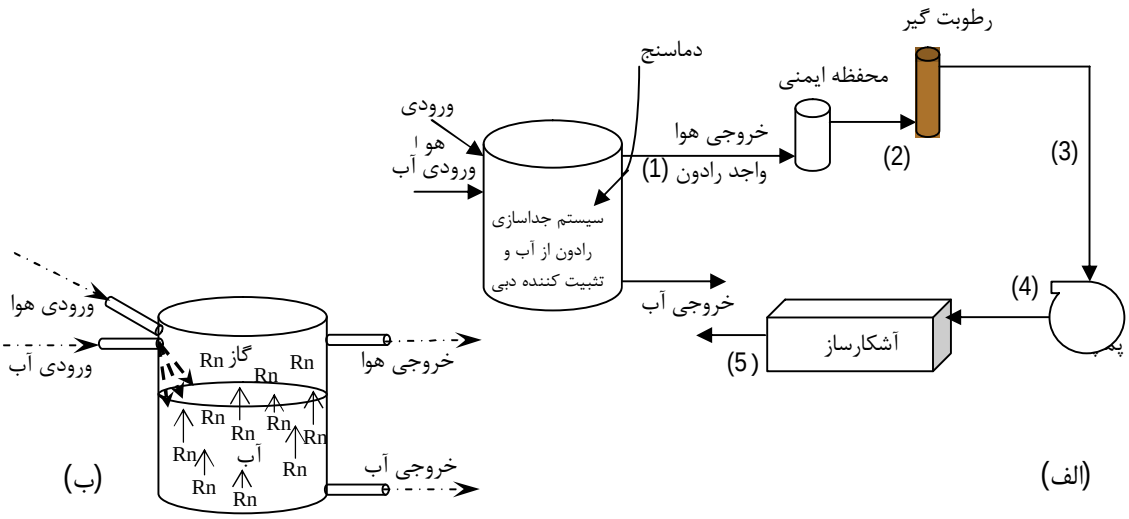


شکل 1- موقعیت چشمهٔ آبگرم جوشان (ستاره) نسبت به گسل‌های منطقه

شرح و بحث

در این مطالعه، جهت اندازه‌گیری رادون محلول در آب از آشکارساز آلفاگارد (Alpha GUARD-PQ 2000 PRO) استفاده شده است. این دستگاه با قدرت تفکیک 1 بکرل بر متر مکعب

(Bq/m^3)، توانایی تعیین غلظت رادون- 222 از 2 تا 2 میلیون بکرل بر متر مکعب را دارد. آشکارسازی ذرات آلفا ناشی از واپاشی رادون در اتاقک یونیزاسیون، اساس کار این دستگاه را تشکیل می‌دهد. به‌منظور پایش پیوستهٔ تغییرات غلظت رادون محلول در آبگرم جوشان، سیستمی براساس نحوهٔ کار آشکارساز آلفاگارد، با کمی تغییرات در مجاورت استخر مجموعه ایجاد شد، که نمودار شماتیک آن در شکل 2 نشان داده شده است.



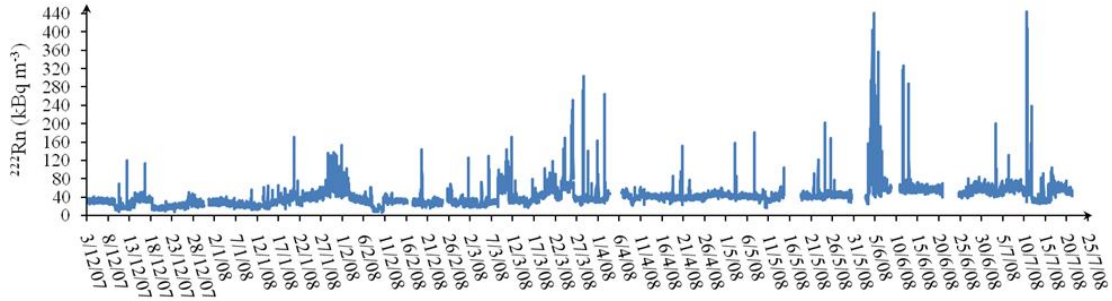
شکل 2- نمودار شماتیک سیستم اندازه‌گیری رادون محلول (الف) و سیستم جداسازی رادون از آب (ب).

همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌گردد، آب چشمه قبل از ورود به استخر، به سمت سیستم اندازه‌گیری و محفظهٔ استخراج رادون آورده می‌شود. جریان آب در این محفظه با استفاده از شناور تنظیم کنندهٔ سطح آب و خروجی ایجاد شده در پایین ظرف، به میزان 2 لیتر در دقیقه تثبیت شده است.

در محفظهٔ استخراج، رادون از حالت محلول خارج شده و به‌صورت انتشار به‌همراه هوای بالای ظرف، به‌وسیلهٔ مکش پمپ، که در شرایط ایزوله نسبت به هوای اطراف قرار دارد، به سمت آشکارساز کشیده می‌شود. دستگاه آشکارساز به‌گونه‌ای تنظیم شده تا در فواصل زمانی 10 دقیقه‌ای، میزان رادون را اندازه‌گیری کند. نتایج اندازه‌گیری، در حافظهٔ داخلی دستگاه ذخیره شده و با توجه به ظرفیت آن، پس از 30 روز اندازه‌گیری اطلاعات به کامپیوتر منتقل شده‌اند.

از آنجا که دستگاه اندازه‌گیری نسبت به رطوبت حساس است، هوای واجد رادون از محفظهٔ محتوی رطوبت‌گیر عبور داده می‌شود، تا رطوبت آن گرفته شود. بلورهای کلرید کلسیم که توانایی جذب رطوبت را دارند، به‌عنوان عامل رطوبت‌گیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مواد در نتیجهٔ جذب رطوبت تغییر رنگ می‌دهند و باید به‌صورت متناوب تعویض شوند. همچنین یک محفظهٔ اطمینان نیز، قبل از رسیدن جریان هوا به رطوبت‌گیر، در سیستم تعبیه شده، تا آب حاصل از

میعان در آن جمع شود. داده های پایش رادون در بازهٔ زمانی مربوط به این مقاله در نمودار شکل 3 نشان داده شده است.



شکل 3- نمودار تغییرات غلظت رادون محلول در بازهٔ زمانی 86/9/11 (12.02.07) تا 87/5/3 (07.24.08)

با هدف بررسی تغییرات دما قبل از رخداد زمین‌لرزه و تأثیر آن در حلالیت رادون، از دماسنج خودکار هوبو (HOBO- Data Logger Company) استفاده شده است. این دماسنج که سنجندهٔ آن در محفظهٔ استخراج رادون قرار داده شده، دمای آب و دمای هوا را به‌صورت پیوسته و در فواصل زمانی 10 دقیقه‌ای اندازه‌گیری کرده و نتایج را در حافظهٔ داخلی خود ذخیره می‌کند. این دستگاه ظرفیت ذخیرهٔ اطلاعات 27 روز اندازه‌گیری دما (با فاصلهٔ 10 دقیقه‌ای) را دارد.

بررسی نتایج اندازه‌گیری رادون محلول

بروز ناهنجاریهای ژئوشیمیایی به‌شدت تحت تأثیر شرایط محلی، مثل نوع سنگ، میدان تنش-واتنش، درجهٔ اشباع شدگی منافذ از آب و دیگر سیالات و... قرار دارد [13]. براساس فرمول دوبرووولسکی[10] [14] و تئوری تنش- واتنش، شعاع توزیع استرین (D) برحسب کیلومتر، تابع بزرگی زلزله (M_L)، است: $D=10^{0.43(M_L)}$. بنابراین در شرایطی که فاصلهٔ رومرکز زمین‌لرزه نسبت به ایستگاه پایش پیش‌نشانگر زلزله، کمتر از شعاع توزیع استرین باشد، ناهنجاری در ارتباط با زمین-لرزه بروز می‌کند [13].

در طول دورهٔ اندازه‌گیری، 8 مورد زلزله توسط پایگاههای لرزه‌نگاری ثبت شده که چشمهٔ آبگرم جوشان در میدان تنش- واتنش آنها قرار می‌گیرد. مشخصات این زمین‌لرزه‌ها جهت بررسی همبستگی زمانی بین رخداد زلزله و بروز ناهنجاری غلظت رادون محلول (نمودار شکل 3)، در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- مشخصات زلزله‌های رخ داده در فاصلهٔ کمتر از شعاع استرین نسبت به ایستگاه رادون‌سنجی

مرجع	میدان استرین[1] (D)	فاصله تا ایستگاه(E)	عمق (km)	بزرگا*	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	زمان (محلی)	زمان (UTC)	تاریخ (میلادی)
IIEES[2]	26/2	23	31	3/3	30.33	57.46	05:23:24	01:53:24	12.20.07
ISC[3]	26/2	20		3/3	30.164	57.748	20:08:55	16:38:55	01.28.08

[10] Dobrovolsky

ISC	29	20	1/6	3/4	31.607	56.154	16:58:10	12:28:10	04.05.08
IIEES	21/5	12	14	3/1	30.20	57.64	05:29:49	00:59:49	05.21.08
IIEES	19/5	13	14	3	30.12	57.49	07:52:25	03:22:25	05.21.08
ISC	23/8	18	3/3	3/2	30.029	57.655	09:00:00	04:30:00	05.27.08
IIEES	64	20	14	4/2	30.28	57.55	20:51:18	16:21:18	06.21.08
IIEES	35/3	21	14	3/6	30.06	57.48	22:03:19	17:33:19	07.20.08

* بزرگی زمین‌لرزه‌های برگرفته از IIEES بر حسب (M_L: بزرگی محلی) و زلزله‌های استخراج شده از ISC بر حسب (M_N: بزرگی ناحیه‌ای) می‌باشد.

[1] میدان استرین بر اساس فرمول دوبروولسکی: ($D= 10^{0.43M_L}$)

[2] IIEES : موسسهٔ زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (www.iiees.ac.ir)

[3] ISC : مرکز زلزله‌شناسی ایران وابسته به موسسهٔ ژئوفیزیک دانشگاه تهران (www.irsc.ut.ac.ir)

اگرچه تغییرات غلظت رادون علاوه بر وقوع زلزله، می‌تواند به‌علت نوسانات دمای آب و بارندگی در منطقه، ایجاد شود؛ اما نتایج حاصل از حدود 10 ماه اندازه‌گیری در این پژوهش، عدم تأثیر این دو عامل در ایجاد ناهنجاری‌های رادون محلول را نشان داده است [18]. ثبات ترکیب آب، براساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری ماهانهٔ یونهای اصلی محلول و داده‌های به‌دست آمده از پایش هفتگی عوامل فیزیکوشیمیایی آب (دما و pH)، عدم اختلاط سفره‌های آب زیرزمینی، را نشان می‌دهد [18]. همچنین سنگهای آهکی که چشمهٔ آبگرم جوشان از طریق آن به سطح راه می‌یابد، پتانسیل غنی‌سازی اورانیوم و رادون را ندارد. بنابراین بروز ناهنجاری‌های غلظت رادون، به‌واسطهٔ فعالیت‌های ساختاری استنباط می‌شود.

نتیجه گیری

اگرچه عدم وقوع زمین‌لرزهٔ با انرژی مناسب، موجب شده تا نتوان با قطعیت الگوی بروز ناهنجاری غلظت رادون را، در ارتباط با رخداد زلزله، در منطقهٔ مورد مطالعه ارائه کرد؛ اما قرار گرفتن در میدان استرین زلزله‌های کوچک نزدیک به چشمهٔ آبگرم و ظهور آنومالی رادون، تأیید کنندهٔ نقش پیش‌نشانگری گاز رادون، در این مطالعه است.

موقعیت چشمهٔ آبگرم جوشان و نزدیکی به محل برخورد گسلهای نایبند، لکرکوه، کوهبنان، گوک و شهداد، موجب شده تا این چشمه نسبت به بروز ناهنجاری در ارتباط با زلزله حساس باشد؛ تا جاییکه که حتی در مورد زمین‌لرزه‌های با فاصلهٔ رومرکزی زیاد از ایستگاه اندازه‌گیری، ظهور ناهنجاری رادون قابل مشاهده است.

ایجاد شبکهٔ پایش پیوستهٔ گاز رادون در آب و خاک، می‌تواند منجر به فهم چگونگی ایجاد ناهنجاری قبل از وقوع زلزله شود و امکان پیش‌بینی مرکز زمین‌لرزهٔ آتی را میسر می‌کند. همچنین ضمن مشاهدهٔ ناهنجاری غلظت، مربوط به رخداد یک زلزله، در چند ایستگاه، دقت پیش‌بینی زمانی و مکانی زمین‌لرزه را افزایش می‌دهد. بنابراین برقراری این شبکهٔ اندازه‌گیری در مناطق لرزه‌خیز پیشنهاد می‌شود.

منابع

[1] King, C.Y., 1978, Radon emanation on San Andreas Fault. In: Popit, A., Vapotic, J. and Dolenec, T., 2005, Geochemical and geophysical monitoring of thermal waters in Slovenia in relation to seismic activity. *Annals of Geophysics*; 48; N. 1; p73-83

[2] Fleischer, R.L, Magro-Campero, A., 1985, Association of subsurface radon changes in Alaska and the northeastern United States with earthquakes. In: Toutain, J. P. and Baubron, J. C., 1999, Gas geochemistry and seismotectonics: a review, *Tectonophysics J.;* 304; p1-27

[3] Segovia, N., De la Cruz Reyna, S., Mena, M., Ramos, E., Monnin, M., and Seidel, J.L., 1989, Radon in soil anomaly observed at Los Azufres Geothermal field, Michoacan: a possible precursor of the 1985 Mexico earthquake (M_S= 8.1). In: Toutain, J. P. and Baubron, J. C., 1999, Gas geochemistry and seismotectonics: a review, *Tectonophysics J.*; 304; p1-27

[4] Shapiro, M.H., Melvin, J.D., Copping, N.A., Tombrell, T.A. and Withcombe, J.H., 1989, Automated radon- thoron monitoring for earthquake prediction research. In: Toutain, J. P. and Baubron, J. C., 1999, Gas geochemistry and seismotectonics: a review, *Tectonophysics J;*, 304; p1-27

[5] Woith, H., Pekdeger, A., and Zschau, J., 1991, Groundwater radon anomalies in space and time: a contribution to the joint Turkish- German earthquake prediction project. In: Toutain, J. P. and Baubron, J. C., 1999, Gas geochemistry and seismotectonics: a review, *Tectonophysics J.*; 304; p1-27.

[6] Ulomov, V. I. and Mavashev, B. Z., 1967, Forerunners of the Tashkent earthquake. Izvestia Akadamiyi Nauk Uzbekistan SSR; p188-200.

[7] Toutain, J. P. and Baubron, J. C., 1999, Gas geochemistry and seismotectonics: a review, *Tectonophysics J.*; 304; p1-27.

[8] Wyss, M., 1997, Second round of evaluations of proposed earthquake precursors. *Pure and Appl. Geophys J.*; 149; p3-16.

[9] Shapiro, M.H., Melvin, J.D., Tomberello, T.A., Fong-Liang, J., Gui-Ru, L., Mendenhall, M.H. and Rice, A., 1982, Correlated radon and CO_2 variations near the San- Andreas fault. *Geophys. Res. Lett.*; 9; p503-506.

[10] Toutain, J.P., Baubron, J.C., Le Bronnec, J., Allard, p., Briole, P., Marty, B., Miele, B., Tedesco, D. and Luongo, G., 1992, Continuous monitoring of distal gas emanations at Vulcano, southern Italy. In: Toutain, J. P. and Baubron, J. C., 1999, Gas geochemistry and seismotectonics: a review, *Tectonophysics J.;* 304; p1-27.

[11] Heinicke, J., Martinelli, G. and Koch, U., 1992, Investigation of the connection between seismicity and CO_2- ^{222}Rn content in spring water at the Vogtland area (Germany): first results. In: Toutain, J. P. and Baubron, J. C., 1999, Gas geochemistry and seismotectonics: a review, *Tectonophysics J.*; 304; p1-27.

[12] Fleischer, R.L., 1997, Radon and earthquake prediction: Radon Measurements by Etched Track Detectors. In: Durrani, S.A., and Ilic, R., Eds., Applications in radiation protection, Earth Sciences and Environment, World Scientific , Singapore; p285-299.

[13] Popit, A., Vapotic, J. and Dolenec, T., 2005, Geochemical and Geophysical monitoring of thermal waters in Slovenia in relation to seismic activity, Annals of Geophysics; Vol. 48; N. 1; p73-83.

[14] Dobrovolsky, I.P., Zubkov, S.I. and Miachin, 1979, Estimation of the size of the earthquake preparation zones, Paleoph., 117, pp 1025-1044. In: Popit, A., Vapotic, J. and Dolenec, T., 2005, Geochemical and Geophysical monitoring of thermal waters in Slovenia in relation to seismic activity, Annals of Geophysics, Vol. 48; N. 1; p73-83.

[15] شاهپسندزاده، مجید و حیدری، مجید، 1375، بررسی مقدماتی لرزه خیزی، لرزه‌زمین ساخت و خطر رویداد زمین لرزه – گسلش در پهنه استان کرمان، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

[16] *عباس نژاد، احمد و داستانپور، محمد. (1378)، زلزله ها و زلزله خیزی استان کرمان، انتشارات مرکز کرمان شناسی.*

[17] Berberian, M., Jackson, J. A., Fielding, E., Parsons, B. E., Priestley, K., Qorashi, M., Talebian, M., Walker, R., Wright, T. J. and Baker, C., 2001, The 1998 March 14 Fandoqa earthquake (MW 6.6) in Kerman province, southeast Iran: re-rupture of the 1981 Sirch earthquake fault, triggering

of slip on adjacent thrusts and the active tectonics of the Gowk fault zone., *Geophys. J. Int.*; 146; p371-398.

[18] منتظری، حبیب اله، 1387، بررسی لرزه‌خیزی منطقهٔ سیرچ- گلباف (استان کرمان) و پایش تغییرات غلظت رادون و عوامل هیدروژئوشیمیایی به‌عنوان پیش‌نشانگر زلزله در چشمهٔ آبگرم جوشان، کرمان، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

اثرات بهداشتی گاز رادون

سعید محمدی
گروه فیزیک – دانشگاه پیام نور – مشهد
mohammadi@pnu.ac.ir

چکیده
بیشترین تابشی که انسان دریافت می کند ناشی از تابش طبیعی (یا زمینه) است و در این میان رادون و هسته های دختر آن نقش اساسی دارند.این مقاله دز دریافتی توسط اعضای مختلف بدن را از گاز رادون و هسته های دخترآن مورد بحث قرار می دهد . بیشترین خطری که متوجه انسان است از تنفس این گاز و هسته های دخترآن است . آشامیدن آب آلوده به رادون نیز باعث دزهای قابل توجهی به معده می گردد. همچنین هسته های واپاشی رادون ممکن است روی پوست بدن ذخیره شده و باعث تابش اضافی به پوست گردند.

کلیدواژه ها : تابش طبیعی – رادون – هسته های دختر – دز دریافتی – سرطان

Health Effects of Radon Gas

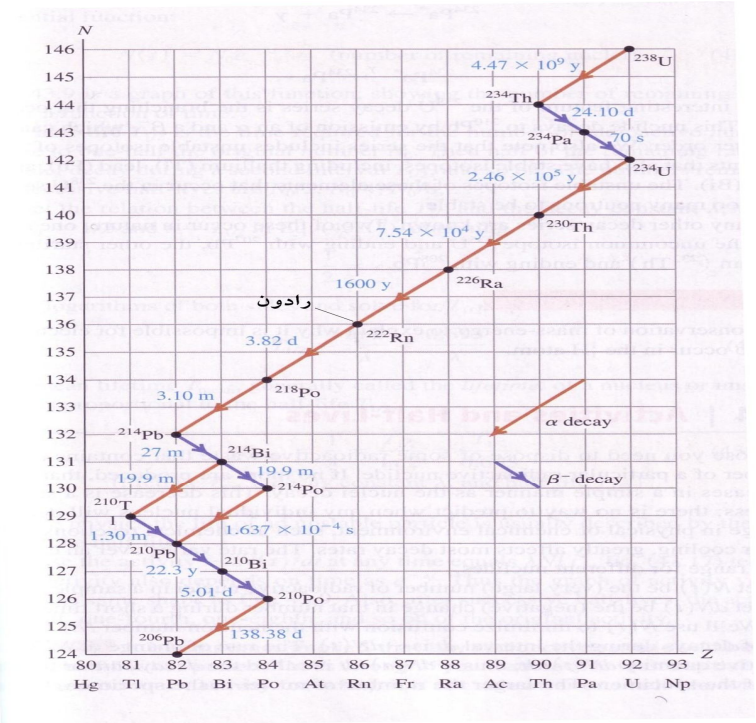
Saeed Mohammadi
Physics Department, Payamed Noor University, Mashad 91735-433
mohammadi@pnu.ac.ir

Abstract
Most of the radiation which people receive is from natural or background radiation, and Radon and its daughters play an important role. This article discusses absorbed dose of radon and its daughters by different organs of the human body. The most danger is from breathing this gas. Drinking water which contains large amounts of radon causes important doses to the stomach. Also, radon daughters may deposit on the human skin and causes extra radiation to the body.

مقدمه
زنجیره واپاشی U^{238} از عناصری با خواص شیمیایی مختلف می گذرد (شکل 1) . یکی از هسته های دختر این زنجیره واپاشی رادون (Rn^{222}) است . گاز رادون قبل از رسیدن به هسته پایدار

Pb^{206} از میان یک سری محصولات واپاشی با نیمه عمرهای کوتاه می گذرد. چون رادون بصورت گاز است , هسته های دختر آن بیشتر در هوا تشکیل می شوند .

رادون از معادن اورانیوم و توریم خارج شده و باعث افزایش رادیواکتیویته به جو و به آبهای سطحی توسط خود و هسته های دخترش می گردد. این گاز به دلیل رادیواکتیو بودن شدید آن وقتی که استنشاق شود منجر به سرطان ریه حتی در مقادیر کم می گردد. بررسی ها نشان داده اند که آشامیدن آبی که دارای مقادیر بالایی از رادون باشد منجر به سرطان معده می گردد. همچنین ذخیره شدن محصولات واپاشی رادون بر روی پوست منجر به دزهای بالای تابش شده که ممکن است با سرطانهای پوستی همراه باشد . علاوه بر این , جذب رادون و هسته های دختر آن توسط بدن منجر به دزهای نسبتاً بالایی به سایر ارگانهای بدن نظیر خون , سینه و جنین نیز می گردند. استنشاق , آشامیدن و ذخیره شدن بر روی پوست از مهمترین علل آلوده شدن فرد به رادون و هسته های دختر آن است .



شکل 1: زنجیره واپاشی اورانیوم که هسته دختر رادون را نشان می دهد

دزهای ناشی از استنشاق رادون

اکنون معلوم شده است که استنشاق هوایی که دارای گاز رادون باشد می تواند منجر به سرطان ریه شود. مهمترین عامل تابش نه خود گاز رادون بلکه هسته های دختر آن می باشند. رادون (^{222}Rn) یک گاز خنثی با نیمه عمر حدود 4 روز می باشد و تقریباً تمام گازی که دمیده شود دوباره بازدمیده می شود. اما محصولات واپاشی رادون , ایزوتوپهای عناصر جامد بوده و به

سرعت مولکولهای آب و سایر گازهای اتمسفر را به خود جذب می کنند. این محصولات واپاشی با استنشاق در قسمتهای تنفسی جمع شده و به دلیل عمر کوتاهشان در همانجا واپاشی پیدا می کنند [1].

همانطور که گفته شد رادون از معادن اورانیوم و توریم خارج می شود. حدس زده می شود مقدار کل رادون تصعید شده از زمین 1850 GBq/ Sec (50 Ci/ Sec) باشد که معادل اکتیویته سالانه $25 * 10^6$ Ci در اتمسفر است [2].

مقادیر گاز رادون در هوا بین مقادیر $70\text{-}200 Bq/m^3$ متغیر است که بستگی به شرایط آب و هوایی زمین دارد. حتی مقدار رادون تصعید شده در طول شبانه روز در یک ناحیه معین ممکن است متغیر باشد. مقادیر رادون در هوای داخل خانه نیز ممکن است بالا باشد که بستگی به محل و مصالح ساخت خانه دارد.

اگر حد بالای اکتیوتیه رادون در هوا یعنی $200 Bq/m^3$ در نظر گرفته شود و فرض شود که یک فرد بالغ در طول سال $7300 m^3$ هوا استنشاق می کند , دز موثر دریافتی از محصولات واپاشی رادون بین 5 – 20 mSv خواهد بود در حالیکه دز دریافتی از خود گاز رادون 0/3 mSv می باشد [4]. این بدان معنی است که محصولات واپاشی رادون از خود گاز رادون به مراتب خطرناکتر هستند. تقریب UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) برای دز دریافتی ناشی از استنشاق سالانه گاز رادون mSv 1/1 است.

تابش دریافتي از واپاشيهاي محصولات رادون به سایر ارگانهاي بدن خارج از دستگاه تنفسي بستگي به آهنگ جذب مواد در خون است . به عنوان مثال , دز دریافتي توسط کلیه ها در حدود یك مرتبه بزرگي کمتر از دز دریافتي توسط ریه است . همچنین رادون قابل حل دربافتهایي است که چربي بیشتري دارند . از سرطانهاي مغز استخوان و سینه مي توان در این حالت نام برد. همینطور ممکن است دزهاي دریافتي توسط مادر به جنین نیز منتقل شود.

دزهای ناشی از آشامیدن رادون

رادون قابل حل در آب بوده و اگر مقادیر آن در آب اشامیدنی زیاد باشد دز دریافتی ناشی از آن نیز خطرناک است . محصولات واپاشی رادون توسط آب های زیرزمینی به نواحی دیگر منتقل شده که میزان آن در نواحی مختلف متفاوت است . مقادیر رادون در آبهای زمینی بین kBq/m^3

5-300 میباشد اما در نواحی اورانیوم غنی ممکن است به بیش از $1M\ Bq/m^3$ نیز برسد . رادون آب شیر معمولی از مرتبه $1\ kBq/m^3$ است [3] .

با وارد شدن آب آلوده به رادون به معده , دز دریافتی حائز اهمیت بوده و ممکن است منجر به سرطان معده گردد. تقریب UNSCEAR در این حالت $0/002\ mSv$ است که در مقایسه با استنشاق آن بسیار ناچیز است . اگر میزان آب آشامیدنی سالانه برای یک فرد بالغ در حدود 600 لیتر باشد و آب آلوده به رادون با میزان اکتیویته $1000\ Bq/l$ باشد . دز دریافتی سالانه توسط معده بیش از $50\ mSv$ خواهد بود [4] . این میزان توسط کمیسیون اروپا به عنوان حداکثر سقف مجاز دریافت دز توصیه شده است .

در اغلب موارد حجم زیادی از آب قبل از آشامیدن جوشیده می شود که این امر باعث می شود بیشتر رادون موجود در آب دفع شود. مقداری از رادون حل شده در آب شیر معمولی به هوای داخل خانه وارد می شود که بستگی به شرایط محیط دارد . پیشنهادUNSCEAR برای میزان این نسبت در حدود 10^{-4} می باشد . یعنی اگر اکتیویته رادون در آب آشامیدنی $1000\ Bq/l$ باشد, رادون وارد شده به هوای داخل خانه $0/1Bq/l$ یا $100\ Bq/m^3$ خواهد بود که باز هم میزان بالایی از استنشاق رادون خواهد بود . بطور کلی آن دسته از عوامل ژئولوژیکی که منجر به تراکم زیاد رادون در آب می شوند می توانند باعث افزایش رادون در هوای داخل خانه نیز باشند.

دزهای ناشی از رادون بر روی پوست

محصولات واپاشی رادون می توانند بر روی پوست ذخیره شوند . بیشتر انرژی ذرات آلفایی که از واپاشی این هسته ها تولید می شود توسط لایه بیرونی پوست جذب می شود. اما در نقاطی از بدن که پوست نازک است مثلاً بر روی صورت و گردن , ممکن است به سلولهای حساس زیر پوست صدمه رسانده و منجر به سرطان پوست گردد. دز دریافتی بستگی به تراکم محصولات واپاشی رادون در هوا و نیم عمر آنها دارد. این محصولات واپاشی ابتدا در حالت باردار تولید می شوند و با ذخیره شدن بر روی پوست ذرات آلفایی گسیل می کنند که دارای برد $47 - 70\mu\ m$ (معادل با ضخامت پوست در نواحی حساس) هستند . اگر میزان اکتیویته رادون در هوا $200\ Bq/m^3$ در نظر گرفته شود , دز سالانه دریافتی توسط پوست در حدود $25\ mSv$ خواهد بود .

همچنین این احتمال وجود دارد که میزان دز دریافتی توسط پوست با بارندگی تشدید یابد چرا که باران محصولات واپاشی رادون در هوا را شسته و بر روی پوست ذخیره می کند که این اغلب در همان لحظات اولیه بارندگی اتفاق می افتد . با وجود آنکه سرطان پوست نسبت به سایر سرطانها از درمان بیشتری برخوردار است اما نباید اهمیت آنرا نادیده گرفت.

نتیجه گیری

در این مقاله دزهای ناشی از رادون و هسته های دختر آن توسط سه مکانیزم استنشاق , آشامیدن و ذخیره شدن بر روی پوست بطور اختصار مورد بررسی قرار گرفتند . دزهای دریافت شده از رادون توسط اعضای مختلف بدن در حداکثر مقدار اکتیویته در نظر گرفته شده است که این میزان در اغلب

نواحی کمتر است. برخی مطالعات نشان داده است که بین دز دریافتی توسط مغز استخوان و سرطان خون نیز ارتباط وجود دارد . بیشترین تابش ناشی از رادون و هسته های دختر آن توسط ریه دریافت می شود که آنهم بیشتر ناشی از واپاشی هسته های دختر است و نه خود گاز رادون . سرطانهای معده , مغز استخوان , سینه و پوست از دیگر عوارض ناشی از جذب رادون در بدن می باشند.

منابع

1 - M.F. L'Annunziata, Handbook of Radioactivity Analysis, Academic press, 1998.
2 - J. Shapiro, Radiation Protection, Harvard University press, 2002.
3 - G. Choppin, J-O Liljenzin, J. Rydberg, Radiochemistry and Nuclear chemistry, Butterworth – Heinemann press, 2002.
4 - Journal of Radiological protection, IOP press, volume 22, No. 4, December 2002

ارتباط رادون با سرطان ریه

ملکی راد ، زینب*[1]_بهاروند ، سیامک [2]

[1]* *دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزا تهران شما ل* malekirad.m@yahoo.com

[2] *عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی خرم اباد واحد کمالوند*

چکیده :

زمین شناسی پزشکی به بررسی ارتباط بین زمین شناسی و عوامل زیست محیطی بر سلامت انسان می پردازد . گاز رادون در زمره مواد پرتو زا قرار می گیرد . مواد پرتوزا عموما اثرات مستقیمی بر سلول های بدن دارند و سبب ایجاد سرطان می شوند . گاز رادون پس از تجزیه از طریق ذرات هوا وارد نای شده و موجب سرطان ریه می شود . در این مقاله اثرات گاز رادون بر روی سلامت انسان و ارتباط آن با سرطان ریه مورد بررسی قرار گرفته است . همچنین عوامل ایجاد کننده و پیشگیری کننده از سرطان ناشی از رادون نیز مورد بحث قرار گرفته است .

کلیدواژه : گاز رادون ، سرطان ریه ، انسان .

Contact radon and lung cancer

Maleki rad ,zeinab and Baharvand , siamak
University Tehran shomal and university kamalvand
malekirad.m@yahoo.com

Abstract:

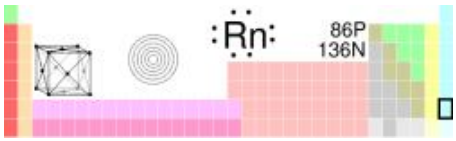
Medical Geology to study the relationship between geological and environmental factors on human health deals . Radon gas is the material from radiation. Materials from radiation generally direct effects on body cells and cause cancer. Radon gas analysis in air enter through the trachea and can cause lung cancer. In this paper, the effects of radon gas on human health and its association with lung cancer has been investigated. Also, discussed in this paper, risk factors and preventive of cancer due to radon.

Keywords: Gadon gas, lung cancer , human .

مقدمه:

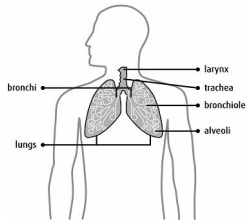
زمین شناسی پزشکی علمی است که به بررسی ارتباط بین عوامل زمین شناسی با سلامت انسان ها و جانوران و تأثیر عوامل زیست محیطی بر پراکندگی جغرافیایی بیماری های مرتبط می پردازد . فلزات و نافلزات اگر به مقادیر غیرطبیعی وارد بدن شوند منجر به بروز مشکلات قابل توجهی می گردند. گروهی از فلزات برای سلامتی ما سودمند و گروهی دیگر مضر هستند. بسیاری از سنگ ها دارای سطوح بالای اورانیوم هستند مانند شیل های زاجی، گرانیت های خاص و پگماتیت ها. تنفس یا بلع مقادیر غیر عادی گاز رادیواکتیو رادون که از منابع طبیعی رادیواکتیو در چنین سنگ هایی ایجاد می شود، خطری مهم برای سلامت عموم محسوب می شود .آمار سرطان های ریه ناشی از

رادون رو به افزایش است.ارزیابی اثر های گاز رادون طبیعی در بروز سرطان ریه از منظر زمین شناسی پزشکی در بسیاری از کشورهای پیشرفته مسئله ای شناخته شده و مهم است . اما به نظر می رسد در ایران تاکنون به این مسائل توجه کافی مبذول نشده است. در این مقاله با بررسی منابع متعدد و جدی ، ارتباط رادون با سرطان ریه و چگونگی کاستن خطر رادون مرور شده است با این امید که بتوان سطح دانش موجود در مورد رادون را بالا برد و اهمیت پژوهش در این زمینه را نشان داد .



رادون :

رادون از گازهای نادر است و قابلیت ترکیب آن با دیگر عناصر، بسیار اندک است. عدد اتمی آن 86 و وزن اتمی آن 222amu می باشد. چگالی آن در صفر درجه سانتیگراد 9/73 گرم بر لیتر است . مقدار گاز رادون در هوا بسیار کم و حدود یک اتم به ازای 10^{18} اتم از هوای محیط بسته می باشد.این گاز در زنجیره های واپاشی اورانیوم 238 ، اورانیوم 235 و توریم 232 به ترتیب به صورت ایزوتوپ های222 با نیمه عمر 92 ساعت و 219 با نیمه عمر 4 ثانیه و 220 با نیمه عمر 55/3 ثانیه تولید می شود.این گاز در زمره مواد پرتوزا به حساب می آید.بنابر این به علت بی‌اثر بودن و انحلال پذیری کم آن در مایعات بدن ، خود رادون خطر چندانی ندارد و احتمال تجزیه رادون در زمان کوتاه توقف در شش بسیار پایین است. بیشترین خطر ناشی از ، پرتوزایی عناصری است که بطور متوالی از تجزیه رادون تولید می‌شوند.



سرطان:

سرطان ریه طبق آمارهای جهانی کشنده ترین سرطان در تمام جهان است و متاسفانه کشور ما نیز از این بیماری در امان نبوده است.در سال 2007 در سطح جهان یک میلیون و 549 هزار مورد سرطان ریه گزارش شد. نرخ سرطان ریه در کشورهای در حال توسعه از کشورهای پیشرفته بیشتر است. سرطان ریه رشد بافت بدخیم در ریه است . این بیماری لوله‌های نایژه‌ای و ریه‌ها را درگیر می‌سازد. سرطان ریه به حنجره، کبد، مغز، استخوان‌ها و کلیه‌ها آسیب می رساند و بزرگسالان

(معمولاً سنین 70-40 سال) از هر دو جنس را مبتلا می‌سازد. علائم این سرطان عبارت است از سرفه های متفاوت ، تنگی نفس، ذات الریه شدید، عفونت، سرفه همراه با خون، جمع شدن مایع داخل ریه، درد قفسه سینه، دردهای مفصلی و استخوانی و کم وزنی که همگی از علائم سرطان پیشرفته است. این بیماری بیشتر در سواحل گواراپی (برزیل)، جنوب غرب فرانسه، رامسر (ایران)، بخش هایی از چین و ساحل کرالا (هند)، عمدتاً در نواحی حاره ای، خشک و نسبتاً کم آب دیده شده است.

ارتباط رادون با سرطان ریه :

مواد پرتوزا عموما اثرات مستقیمی بر سلول های بدن دارند مانند ایجاد وقفه در تقسیم سلول ، موتاسیون ژنی ، شکست کروموزوم که منجر به ایجاد سلول های غیر طبیعی می شود (این اثر در ایجاد بیماری هایی نظیر سرطان نقش دارد) و مرگ سلولی که از این اثر برای درمان سرطان و از بین بردن سلول ها سرطانی استفاده می شود. سه عنصر پولونیوم ، سرب و بیسموت که از تجزیه متوالی رادون حاصل شده و خاصیت پرتوزایی دارند دختران رادون نامیده می‌شوند. این عناصر در مقادیر ماکروسکوپی جامدند و وقتی در هوا تشکیل شوند به سرعت به ذرات گرد و غبار می‌چسبند و موقع تنفس همراه هوا وارد ششها شده و به سطوح آن می‌چسبند. این عناصر ذرات آلفای پرانرژی منتشر می‌کنند که تابش آنها به سلولهای نای آسیب می‌رساند و این آسیب می‌تواند نهایتا به سرطان ریه منتهی شود.در واقع دختران رادون بعد از سیگار دومین عامل ایجاد سرطانهای ریه می‌باشند. معدنچیانی که در معادن زیر زمینی اورانیوم ، بدون تهویه مناسب کار می کنند بیشترین تماس را با ذره‌های آلفای حاصل از تجزیه هسته‌ای رادون دارند. درصد سرطان ریه در آنها ، حتی پس از اعمال موارد خطر ناشی از سیگار ، بیشتر از مردم عادی می‌باشد .در ازای هر 100(3Bq/m) افزایش غلظت رادون، خطر بروز سرطان ریه 16 درصد بیشتر می‌شود. ارتباط دوز_ واکنش خطی است یعنی خطر ابتلا به سرطان ریه به طور نسبی با افزایش تماس با رادون، بیشتر می‌شود. از مهمترین منابع رادون در زندگی روزمره از خاک و سنگهای موجود در پی ساختمان می نوان نام برد .چونکه بیشترین رادونی که وارد ساختمان میگردد از این سنگها و خاکها میباشد .گاز رادون که در زیر ساختمان و دیوارها با فشار زیادی حبس میباشد از طریق شکافهای موجود در کف و دیوار ساختمان خارج میگردد . وجود کارتل‌ها و فاضلاب‌ها نیز امکان حضور رادون در خانه راافزایش می دهد.

مقادیر	تا ثیرات
0-25	از بین رفتن گلبولهای سفید خون
25-100	معده درد، خونریزی معده، خستگی مفرط
100-200	معده درد، خستگی مفرط، کاهش گلبولهای سفید، مرگ احتمالی
200-400	عدم مراجعه به پزشک:مرگ حتمی، نازک شدن استخوانها، سرطان خون
>400	حتی با انجام کارهای پزشکی مرگ حتمی است.

منابع رادون :

وقتی نفس می‌کشیم ، پس مانده‌های رادون روی سلولهای جدا ره مجاری تنفسی قرار می‌گیرند که در اینجا ذرات آلفا می‌توانند به مولکول های DNA آسیب برسانند و احتمالا سبب بروز سرطان ریه می‌شوند.مقدار رادون در هوای آزاد معمولا خیلی پایین است. متوسط مقدار رادون در هوای آزاد بین 5 تا 15 بکرل بر متر مکعب (3Bq/m) است (فعالیت رادیواکتیویته رادون در مقیاس بکرل با علامت اختصاری (Bq) اندازه گیری می‌شود). در محیط‌های بسته میزان رادون بیشتر است و بالاترین مقدار آن در محل‌هایی از قبیل معادن، غارها و تسهیلات بهبود آب و فاضلاب یافت می‌شود. در بسیاری از کشورها آب شرب از منابع زیرزمینی از قبیل چشمه‌ها، چاه‌ها و گودال‌ها بدست می‌آیند. این منابع آب به طور طبیعی دارای غلظت بیشتری از رادون نسبت به آبهای سطحی حاصل از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و جویبارها هستند. براسا س گزارش EPA درایالات متحده هرسال 160000 ازمردم بر اثر ابتلا به سرطان ریه جان خود را از دست می دهند که مرگ 19000 نفر ناشی از گاز رادون موجود درهوا می باشد و درحدود 160 نفر براثر وجود گاز رادون درآ ب می میرند و سایر افراد در اثر استنشاق دود سیگار به این سرطان مبتلا و جان خود را از دست می دهند. براساس گزارش EPA خطرریسک ابتلا به سرطان به ازای غلظتهای مختلف گازرادون موجود درهوا طبق گزارش به شرح زیرا ست:

Pci/lit	WI	Estimated numbers of Lung cancer deaths due of radon exposure (out of 1000)
200	1	440-770
100	0.5	270-630
40	0.2	120-380
20	0.1	60-210
10	0.05	30-120
4	0.02	13-50
2	0.01	7-30
1	0.005	3-13
2	0.001	1-3

نتیجه گیری :

رادن یک گاز بی رنگ ، بی بوو رادیو اکتیو است که بسته به زمین شناسی ناحیه به طور طبیعی در خاک ها وجود دارد . گاز رادون به دیگر عناصر رادیو اکتیو در سری اورانیوم تجزیه می شودکه این امر ریسک ابتلا به بیماری سرطان ریه را افزایش می دهد .با انجام یک رشته اقدامات مدیریتی و پیشگیرانه می توان تاثیر سو رادون را بر سلامتی کاهش داد.کنترل تشعشعات رادون در کشور هایی مانند کشورهای پیشرفته، کنترل آلودگی هوا که گریبان گیر شهرهای بزرگ ماست و مبارزه با آلودگی هوای ناشی از صنایع که 15 تا 20 درصد در آلودگی هوا سهم دارند در این راستا بسیار کمک کننده است . همچنین دوری از رفتار های پر خطر مانند استعمال دخانیات نیز در کاهش این بیماری موثر است .برای جلوگیری از اثرات سو رادون در منازل باید در طبقه های همکف ساختمانها از ایزولاسیون مرغوب استفاده نمود و شکافها موجود در کف و در دیوارها ساختمانهای با بیش از 20 سال میبایستی ترمیم گردد و در صورت استفاده از مواد ایزولاسیون در پنجره و درها ,میبایستی میزان تهویه هوا بیشتر باشد ,

منابع:

1- یوسفی - رضا ، گورانی - علی ، معرفی پروژه بین المللی رادون
2- شهبازی – داریوش ،آذر دانش ،بررسی شیوع سرطان های مرتبط با اشعه در استان چهار محال و بختیاری در مدت 5 سال
3- پرورش – محبوبه ، پرتوگیری از مصالح ساختمانی
4- اکبری – محمد اسماعیل ،سرطان های خون ، در مورد لمفوما بیشتر بدانیم
5- افشار – سعید ، 1381 ، اثر پرتوهای یونیزه کننده در ایجاد سرطان
6-قلی پور پیوندی – رضا ، 1384 ، تخمین مقدار پرتو گیری طبیعی گاز رادون
7- Radon and Health , October 2002 , United Kingdom National Radiation protection Board

مطالعه زمین شناسی رادون به عنوان ابزاری در پیشگویی زلزله

معانی جو، محمد* - مستقیمی، محمد - دشتی، مهدی
دانشگاه بوعلی سینای همدان، گروه زمین شناسی
E-mail:mohammad@basu.ac.ir

چکیده

انتشار رادون برای اکتشاف نفت و اورانیوم، پیش گویی زلزله، انفجار های آتشفشانی و تعیین زون های گسلی مورد استفاده قرار می گیرد. گسترش تنش و واتنش در پوسته ی زمین قبل از زمین لرزه باعث خارج شدن مقادیر غیر عادی گاز رادون از شکستگی ها و خلل و فرج سنگ ها و رسیدن به سطح زمین می شود. بنابراین بعلت فعالیت های لرزه ای تغییراتی در مقدار گاز رادون آب های زیرزمینی مشاهده می شودکه در پیشگویی زمین لرزه مهم است. حرکت گاز رادون از میان شکستگی ها و خلل و فرج سنگ ها به صورت انتشار مولکولی و کنوکسیونی می باشد.

واژگان کلیدی

رادون، پیشگویی، زمین لرزه

Study on Geology of Radon as a Tool for Earthquake Prediction

- Maanijou, mohammad - Mostaghimi, mohammad - Dashti, Mahdi
Bu-Ali Sina University, Department of Geology
E-mail: mohammad@basu.ac.ir

Abstract

The emission of radon could be useful in detecting oil and uranium deposits, in predicting earthquake or volcanic eruption. As stress–strain develops within earth crust before an earthquake, unusual quantities of radon comes out of the pores and fractures of the rocks on surface.The movement of radon gas through fractures and pores of rocks is in the form of emission and convection.

مقدمه

از بین سه ایزوتوپ شناخته شده ی رادون، رادون 222 طولانی ترین نیمه عمر و بیشترین کاربرد را در ژئوفیزیک دارد. رادون گازی است که از واپاشی سری های اورانیوم حاصل می شود. واپاشی رادیو اکتیو پروسه ای خود زا و طبیعی است که در آن اجزای سازنده ی اتم (پروتون ها، نوترون ها و الکترون ها) بر اثر واپاشی به عناصر دیگر تبدیل می شود (معانی جو، 1376) .

رادیوم با از دادن دو پروتون و دو نوترون (ذره ی آلفایی) به رادون تبدیل مـــی شود. رادون نیز با واپاشی رادیواکتیو ذره ی آلفا به پلونیوم، بیسموت و سرب تبدیل می شود. واپاشی هر عنصر رادیواکتیو با نرخ ویژه ای رخ می دهد. سرعت واپاشی عناصر رادیواکتیو با نیمه عمر سنجیده می شود، که مدت زمانی است که نیمی از عنصررادیواکتیو واپاشی می شود. این فاکتور برای رادون 3/823 روز می باشد (Crockett et al., 2006) .

واحد اندازه گیری رادیواکتیو پیکو کوری (pCi) می باشد. یک pCi برابر با واپاشی دو اتم رادیو اکتیو در هر دقیقه می باشد. چون سطح رادیـــواکتیویته بطور مستقیم به تعداد و نوع اتم هـــای رادیواکتیو وابستـــه است از اینرو رادون و همه ی اتم های رادیواکتیو در مقـــیاس pCi اندازه گیری می شـــــود سطوح رادون در هوای آزاد، هوای محبوس، هوای خاک و آب زیرزمینی می تواند بسیار متـــفاوت باشد جدول 1 بیـــان کننده ی مقادیر این سطوح می باشد (USGS, 2010) .

جدول 1- مقادیر رادون در محیط های مختلف (USGS, 2010).

آب زیرزمینی	هوای در خاک	هوای محبوس	هوای آزاد	برحسب (pCi/l)
3-100	20یا30-100000	1-3000	0/1-30	حد بالایی و پایینی
		1-2	0/2	میانگین

علت این تفاوت ها اصولا مربوط به زمین شناسی رادون، فاکتورهایی که باعث تجمع اورانیوم، لایه های رادون و حرکت رادون در هوای محبوس شده بین خاک و آب زیرزمینـــی می باشد.

زمین شناسی رادون:

برای فهمیدن زمین شناسی رادون، محل و چگونگی تشکیل و نحوه ی حرکت آن، باید به دنبال اورانیـــوم باشیم. محـــتوای کل اورانیوم موجـــود در پوسته ی زمیـــن تقریبا 3-4 ppm می باشد. بعضی از سنگ ها مانند سنگ های ولکانـــیکی سفید رنگ، گرانیـــت ها، شیل های سیاه، سنگ های رسوبی حاوی فســفات و سنگ های دگرگونـــی حاصل از این سنگ ها محتوای اورانیوم زیادی دارند (معانی‌جو، 1376;Crockett et al., 2006).

عوامل اساسی که در انتشار رادون موثر مـی باشـند عبارتنـــداز: 1) میـزان رادیـوم خـاک و دسـت رسی به آن از طریق کانی هـا 2) نفوذپـذیری و رطوبـت خـاک (معـانی جـو، 1376و USGS, 2010) .

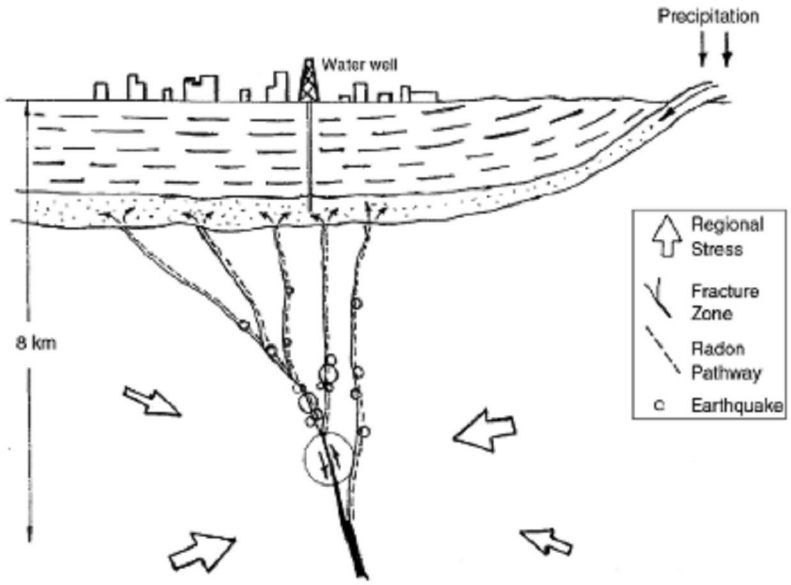
شرح و بحث

رادون به عنوان یک ردیاب زلزله مورد استفاده قرار می گیرد. مطالعات نشان می دهد حوادث ژئوفیزیکی و زمین ساختی همانند زلزله، باعث انومالی گاز رادون در آبهای زیرزمینی می شود، که این مقادیر توسط دستگاه های رایج قابل اندازه گیری است (Mavashe, 1971, Ulomov and) .

در اثر تنش و واتنش در پوسته ی زمین قبل از زمین لرزه، مقادیر غیر عادی از رادون از طریق شکستگی ها و خلل و فرج سنگ ها به سطح زمین می رسد، بدین صورت فعالیت های لرزه ای یاعث تمرکز بیشتر رادون در آب های زیرزمینی می شود (شکل 1) .

حرکت گاز رادون از میان شکستگی ها، خلل و فرج سنگ ها بصورت انتشار مولکولی و کنوکسیونی می باشد (Steinitz, 2003 ; Facchini et al., 1993).

در یک ناحیه ی ژئوترمال تغییرات لرزه ای منجر به تغییراتی در فشار سنگ و جریان همرفتی سیال می شود. همچنین یک زمین لرزه باعث ایجاد گسل در پوسته ی زمین شده که انتقال گاز رادون را از طریق گسل به سطح زمین ممکن می سازد. با شناسایی گسل هایی که احتمال صعود رادون در آن وجود دارد می توان از آن ها به عنوان یک عامل برای پیشگویی زمین لرزه استفاده قرارکرد(Ghosh et al., 2007, 2009) .



شکل 1- مقطعی از نحو ه ی جریان رادون به حوضه ی آب زیرزمینی در تاشکند
(Ulomov and Mavashev, 1971)

بررسی تغییرات زمانی غلظت گاز رادون در خاک یا آب های زیر زمینی به عنوان پیش نشانگر زمین لرزه مورد توجه محققان بوده، و همانند سایر پیش نشانگرهای زلزله، سیستم ها و روش های

مختلفی برای استفاده از آن در پیش بینی زلزله ارائه شده است. به دلیل اینکه برد ذرات آلفا در اتمسفر بسیار کوتاه است و دور سنجی آن امکان پذیر نمی باشد. برای این منظور بهتر است از سیستم ترکیبی آشکارساز فوزیچ و لیدار جذبی تفاضلی استفاده کرد، زیرا آشکارساز فوزیچ قادر است گامای پر انرژی و اشعه ی ایکس گسیل شده از عناصر رادیواکتیو آشکارسازی کند (پروین، 1388) . اما این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که آنومالی های رادون تنها توسط زمین لرزه کنترل نمی شود بلکه تغییرات در پارامتر های هوا شناسی مثل رطوبت خاک، باران، دما و فشار اتمسفری و سرعت بادهای سطحی در آنومالی های رادون دخیل هستند(Stranden et al,1984 ; Asher-Bolinder et al., 1993; Luetzelschwab et al., 1989).

نتیجه گیری

رادون از طریق خلل و فرج سنگ ها و شکستگی ها حاصل از پیش لرزه بصورت انتشار مولکولی و کنوکسیونی به سطح زمین می رسد و ایجاد آنومالی هایی در آب های زیرزمینی می کند که با تعیین آن به وسیله ی دستگاه های رایج می توان زمین لرزه را پیش گویی کرد, اما این نکته قابل ذکر است که عوامل دیگر همانند پارامترهای هواشناسی (رطوبت خاک، باران، دما و فشار اتمسفر) در آنومالی رادون موثر می باشد.

منابع

معانی جو-محمد، 1376، رادون گازی نانجیب، مجله ی اطلاعات علمی، شماره ی 3، صفحه ی 63

پروین-پرویز، 1388، پیشگویی زمین لرزه با بررسی تغییرات گاز رادون، روزنامه ایران، شماره 4395، صفحه 5.

Asher-Bolinder, S., Owen D.S., and Schumann, R.R., 1993, A preliminary evaluation of environmental factors influencing day-to-day and seasonal soil-gas rodan concentration, U. S. Geological Survey, p. 23-31

Crockett, R.G.M., Gillmore G.K., Phillips P.S., Denman A.R., and Groves-Kirkby C.G., 2006, Radon anomalies preceding earthquakes which occurred in the UK, In summer and autumn 2002, Science of the total in Environment, v.364; p. 138-148

Facchini,u., Magnoni, S., Ferline, A., and Garavaglia, M., 1993, Emission de radon et d'Helium dans une faille dans les prealpes de Bergamo.proceedings of the 2nd international colloquium on Rare Gas Geochemistry, July; p. 5-9

Ghosh Dipak, Deb Argha, Sengupta Rosalima, Kumar Patra Kanchan and Bera Sukumar, 2007, Pronounced Soil-anomaly of recent earthquakes in India, Radiation Measurements; January; v.42; p.466-471

Ghosh Dipak, Deb Argha, and Sengupta Rosalima, 2009, Anomalou radon emission as precursor of earthquake, Jornal Applied Geophysics; July, v .69; p. 67-81

Luetzelschwab, J.W., Helweick K.,L., and Hurst, K.A, 1989, Radon concentration in five Pennsyivania solis, Health physics, v. 56; p. 181-188

Steinitz, G., Begin, Z.B., and Gazit-Yaari, N, 2003, A statistically significant ration between Rn flux and weak earthquakes in the Dead Sea Rift Valley. Geology, v. 31, p.505-508

Stranden E., Kolstad A.K., and Bjorn L., 1984, Radon exhalation : moisture and temperature dependence, Health physics, v.47; p. 480-484

Ulomov, V.L., and Mavashev, B.Z., 1971, Forerunners of theTashkent earthquakes, Izvestia Akademii nauk Uzbekskoj SSR; p.188-200

USGS, 2010, US Geological Survey on-line ‘Earthquake Search’ http://energy.cr.usgs.gov/radon/georadon/2.htm

اهمیت توجه به گاز رادون 222 در محیط های مختلف

فاطمه عین الهی پیر، نرجس اکاتی، ساحل پاکزاد توچائی
دانشگاه زابل، دانشکده منابع طبیعی، گروه میط زیست

چکیده

رادون گازی پرتوزا بی بو، بی رنگ و بی طعم است که به طور طبیعی وجود دارد. مشکل زیست محیطی گاز رادون نتیجه فعالیت های طبیعی است و در اثر فعالیت های انسان به وجود نمی آید. گرچه گاز رادون به هیچ کدام از فعالیت های عمومی، صنعتی یا دولتی مربوط نیست اما طی یکی دو دهه گذشته معلوم شده که رادون یک مسئله بهداشت محیطی عمده در آمریکاست. سازمان بهداشت جهانی به دنبال آن است که برای رفع خطرات بهداشتی ناشی از گاز رادون و کاهش میزان سرطان ریه، در سطح جهان پروژه هایی را انجام دهد.

کلمات کلیدی: *رادون 222، منشأ طبیعی، بهداشت محیط*

Abstract

Radon is radiance gas, without savor, color and taste, and it's has natural source. The environmental problems of radon is due to natural offspring, and don't has anthropogenic source. On the other hand, though radon is a natural gas, but in recent decades, apparent this can produce many problems for human healths and more tendencies for environmental sanitary point in America. The purpose of WHO is to reduce lung cancer and other hygienic problems due to radon gas in the environment.

Key word: Radon 222, natural source, environmental hygiene

مقدمه

رادون یک ماده شیمیایی بی اثر، رادیواکتیو طبیعی، بدون رنگ ، بو و مزه است. اورانیم عنصری است که در مقادیر متفاوت در انواع سنگ و خاک در سراسر جهان یافت می شود. منابع گاز رادون 222 به عنوان یک گاز نجیب، محصول فروپاشی رادیوم 226 می باشد. این گاز به عنوان بخشی از تجزیه پرتوزای اورانیوم فعال به سرب پایدار بروز می کند. رادون 222 نیمه عمرش 3/8 روز است، بر اثر تجزیه رادیوم 226 حاصل می شود. رادون با انتشار یک ذره آلفا به پولونیم تجزیه می شود که نیمه عمری برابر با حدود 3 دقیقه دارد (4). گاز رادون به آسانی از زمین خارج و وارد هوا شده و پس از طی نیمه عمر کوتا ه خود محصولی به نام رادون خواهر یا مشتقات رادون را بوجود می آورد. این مشتقات نا پایدار ذرات یونیزه بارداری بنام آلفا را ساطع می کنند که به آئروسل ها، ذرات گرد غبار و دیگر ذرات موجود در هوای تنفسی می چسبد و در اثرتنفس وارد ر یه ها شده و به سلول های پوششی دیواره مجاری تنفس آسیب میزند، در نتیجه ممکن است باعث سرطان ریه شوند (6) .ضمنا"وقتی گاز رادون و ترکیباتش استنشاق می شو ند، هنوز قسمت عمده آنها تجزیه و تخریب نشده از اینرو ممکن است از طریق کیسه های هوایی وارد خون شده و نهایتاً به دیگر ارگانهای حیاتی بدن منتقل شوند (8).

رادون در منازل

تبادل هوای داخل با هوای خارج منازل بستگی به نوع ساختار ساختمانی، نوع تهویه مورد استفاده ساکنان و چفت و بست پنجره ها دارد.غلظت رادون حتی در منازل مجاور هم در زمانهای مختلف سال ، روز به روز و ساعت به ساعت می تواند متفاوت باشد . بخاطر همین نوسانات برآورد میانگین غلظت سالانه راد ون در فضای داخلی منازل مسکونی به اندازه گیریهای دقیق و قابل اطمینان از متوسط غلظت های راد ون در مقاطع زمانی حداقل 3 ما هه و ترجیحاً طولانی تر نیاز دارد ،زیرا اندازه گیری رادون در دوره های کوتاه مدت تنها اطلاعات محدودی را به ما میدهد. رادیواکتیویته رادون برحسب واحد بکرل محاسبه می شود (7). 1 بکرل با فروپاشی هسته اتم در زمان 1 ثانیه در 1 متر مکعب از هوا متناسب می باشد. میانگین سطح رادون در هوای خارج از خانه بین 5 تا 15 بکرل بر متر مکعب متغیر است. اما مقادیر بالاتر و پایین تر نیز مشاهده شده است. ورود گاز رادون به خانه ها از سه راه مختلف میسر است: 1- گاز از سنگ ها و خاک کف به زیر زمین و از آنجا به طبقات پایین ساختمان ها مهاجرت می کند 2- گاز حل شده در آب زیر زمینی از چاه به بالا کشیده شده و سپس وارد خانه ها می شود 3- مصالح ساختمانی آلوده نظیر آجر آلوده در ساختمان منازل به کار گرفته می شود. در برخی از کشورهای اروپایی رادون در آبهای زیر زمینی به داخل سنگ های سطحی نفوذ کرده و وارد ساختمان ها می شود (1 و 8).

کاهش رادون منازل و سایر ساختمان ها

گاز رادون پس از شناسایی به راحتی قابل مهار شدن است. ساده ترین روش یافتن محل های ورود گاز و بستن آنهاست. اما این عمل در اغلب موارد کافی نیست. پس تهویه اضافی منازل واستفاده از هواکش نیز ممکن است ضرورت داشته باشد درمان اصلی مشکل گاز رادون افزایش مقدار تهویه است. اگر این روش ها کار ساز نباشد برقراری و نصب یک سیستم تهویه راه چاره است. بهبود مقادیر رادون در اماکن مسکونی شامل موارد متعددی می باشد. 1- بهبود تهویه منازل به خصوص افزایش تهویه در سطوح پایین ساختمان هایی که به زمین نزدیک تر هستند. 2- جلوگیری از نفوذ رادون سطوح زیرین ساختمان ها به اتاق نشیمن 3- پرکردن شکاف دیوارها و کف 4- بکارگیری سیستم تهویه مثبت (راهنمای پالایش هوا) (5، 3 و 1).

تأثیرات بهداشتی رادون

مهمترین خطر قرارگرفتن در معرض رادون با دوز بالا، افزایش احتمال ابتلا به سرطان ریه است، که این امر در چند مطالعه که بر روی معدن چیان صورت گرفته ثابت شده است. مؤسسه تحقیقات IARCبر اساس مطالعات بین المللی سرطان که یک آژانس ویژه سرطان است و کمیته سم شناسی ایالات متحده آمریکا رادون در ردیف کارسنیوژن ها (سرطانزاها) طبقه بندی شده است (6) .دانشمندان همچنین در حال تحقیق هستند تا دریابند آیا رادون موجود در منازل و دیگر مکانها

می توا ند برای سلامتی مخاطره انگیز باشد؟ این تحقیقات که اکنون کامل شده اند، بعنوان مطالعات کلیدی تلفیقی اروپا ، آمریکای شمالی و چین تأیید می کنند که رادون هوای داخل منازل موجب افزایش بروز سرطان ریه در سراسر جهان شده است. برآوردهای اخیر نشان میدهندکه 6 تا 15 درصد مبتلایان به سرطان ریه بواسطه تأثیرات رادون به بیماری مبتلا شده است (2). در عین حال مطالعات نشان می دهد که احتمال ایجاد سرطان ریه در افراد سیگاری 25 درصد بیشتر می باشد. بنابراین بیشترین تعداد موارد ابتلا به سرطان ریه در بین افراد سیگاری روی داده است. از دیگر علل بروز سرطان ریه، گاز رادون می باشد. رادون معمولاً در خاک، سنگ های زیرزمینی، چاهها و مصالح ساختمان یافت می شوند، تماس با اورانیوم، ارسنیک، کرومیوم، نیکل و احتمالاً بریلیم هم در ایجاد سرطان ریه دخیل می باشند. عناصر سمی موجود در خاک و سنگ حاصل واکنش های ژئوشیمیایی طبیعی یا فعالیت های انسانی هستند و معمولا بر سلامتی انسان اثر می گذارند (8). در واقع این عناصر از طریق غذا یا نوشیدنی وارد بدن می شوند. اگرچه در بسیاری از مناطق فقط از غذاهای محلی استفاده می شود، ولی جوامع صنعتی مدرن اغلب خواهان غذاهای متنوعی هستند که در مناطق جغرافیایی مختلف تولید می شود. آب آشامیدنی معمولا به طور محلی تأمین می شود و عمدتا متأثر از ژئوشیمی محلی است. ورود بیش از اندازه برخی از ترکیبات غیرآلی به بدن از طریق آب های آشامیدنی باعث بروز مشکلاتی در برخی از کشورها شده است (7 و 2). از بیماری های جهانی مربوط به زمین شناسی پزشکی می توان به گواتر کمبود ید و بیماریهای مربوط به فزونی یا کمبود عناصری خاص مانند فلورین یا سلنیم اشاره کرد. بیماریهای قلبی- عروقی مرتبط با سختی آب متأثر از محیط های جغرافیایی نیز یکی دیگر از موضوعات زمین شناسی پزشکی است. بسیاری از سنگ ها دارای سطوح بالای اورانیوم هستند مانند شیل های زاجی، گرانیت های خاص و پگماتیت ها. تنفس یا بلع مقادیرغیر عادی گاز رادیواکتیو رادون که از منابع طبیعی رادیواکتیو در چنین سنگ هایی ایجاد می شود، خطری مهم برای سلامت عموم محسوب می شود. آمار سرطان های ریه ناشی از رادون رو به افزایش است. مطالعات اخیر نشان داده است که نوشیدن آب مملو از رادون خطرات قابل توجهی را برای انسان ها به خصوص گروه های خاص مانند کودکان و افراد سالخورده به وجود می آورد . میزان رادون موجود در آب مستقیماً به شرایط جغرافیایی محلی مرتبط می شود (9).

رادون در آب آشامیدنی

آب های زیر زمینی اغلب از سنگ هایی که به طور طبیعی دارای اورانیوم و رادیوم که رادون تولید می کنند هستند، عبور می کنند و به همین دلیل بیش از آب های سطحی رودخانه ها و یا دریاچه ها رادون دارند. غلظت رادون در آب مصرفی برخی از کشورها تا حدود 100 بکرل بر لیتر می رسد.

بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیکی تا این زمان گزارش تحت عنوان ارتباط رادون موجود در آب و سرطان های دستگاه گوارش و دیگر اعضای بدن وجود ندارد (2).

غلظت رادون در آب و هوا

اغلب کشورها با غلظت بین 200 الی 400 بکرل بر متر مکعب رادون به عنوان یک سطح مرجع و مجاز توافق کرده اند. برخی کشورهای دیگر نیز مقادیر بالاتر و پایین تر را انتخاب کرده اند. انتخاب سطح مجاز غلظت رادون بر پایه میزان احتمال خطر آن استوار است. این سطوح برای معرفی خطرات تهدید کننده سلامتی جمعیت همانند سایر خطرات دیگر در زندگی روزمره در نظر گرفته می شوند (5).

اقدامات WHO در ارتباط با گاز رادون

بر اساس مطالعات اخیر در مورد قرار گرفتن در معرض رادون تأکید کرده که رادون موجود در منازل یک عامل مضر برای سلامت است که می توان به راحتی مقدار و در نتیجه خطرات ناشی از آنرا کاهش داد. پروژه بین المللی رادون را WHO در همین راستا بیش از 20 کشور جهان، برای معرفی و توسعه برنامه های کاهش اثر رادون تبیین نموده است. اولین جلسه پروژه مذکور در ژانویه 2005 برای ارتقاء استراتژی های این پروژه برگزار گردید. با تشکیل بانک داده های جهانی و تهیه برآوردها و تخمین های دقیق در باره بیماری های مرتبط با گاز رادون در سطح جهان و پیشگامی در سلامت هوای داخلی اماکن مسکونی به یک مرحله پیشرفته جهت کاهش احتمال بروز سرطان ریه در جهان تبدیل شود (2).

نتیجه گیری

تشعشع این فرایندهای تجزیه مواد رادیواکتیو از قبیل گاز رادون بسیار خطرناک و حتی مرگ آور است و تأثیرات ناشی از قرار گیری در برابر آنها می تواند اثرات گوناگونی به همراه داشته باشد، اما با انجام مطالعات کافی و دستیابی به دانش مربوط به چگونگی قرار گیری و رفع گاز رادون در محیط می توان از خطرات احتمالی ناشی از وجود این گاز جلوگیری به عمل آورد. در عین حال حتی با برنامه ریزی مناسب و ایجاد امکانات کافی می توان از در امور مختلف استفاده کرد.

منابع

1- *روفه گری، جواد، روفه گری رضا؛ خطرات ناشی از تجمع گاز رادون و راه های جلوگیری و کاهش آن در ساختمان ها، 1388*

2- *عباس نژاد، ا، اثرهای زیست محیطی گاز رادون و اهمیت توجه به آن در ایران، مجله علوم و فنون هسته ای، شماه 26، 1381، صفحات 3 - 17*

3- گلبابائی، فریده؛ راهنمای پالایش هوا، انتشارات دانشگاه تهران، صفحات 207 – 216، 1378
4- منتظری، حبیب اله، عباس نژاد، احمد، نگارستانی، علی؛ بررسی تغییرات غلظت گاز رادون و عوامل هیدروژئوشیمیایی به عنوان پیش نگار زلزله در چشمه آب گرم جوشان، استان کرمان، اولین همایش پیش نشانگرهای زلزله، مرکز مطالعات پیش نشانگرهای زلزله موسسه ژئوفیزیک، 15 اسفند 1386
5- وهاب زاده، ف.، شناخت محیط زیست (زمین سیاره زنده) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، 1382، صفحات 494 - 492
6- "Radon and Health " ,2002.United State Enviromental Protection Agency, Office of Air And radiation Document, Information Sheet, Oct
7- Zmazek, B., Soil radon monitoring in the Krko Basin, Slovenia. Applied Radiation and Isotopes Volume 56, Issue 4, April 2002, PP 649-657.
8- UNSCEAR, source and effect of ionizing radiation, United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation. Report to .12, 1988
9- www.davoodakbar.com

بررسی منشاءواثرگاز رادون در محیط زیست انسان و چشمه های رادون گسیل در آذربایجان

بابائی، قادر[1*] نجاتی ،کاملیا
[1] دانشگاه پیام نور تبریز
[2]دانشگاه پیام نورتبریز-گروه شیمی
gader.babaie@gmail.com

چکیده:

هدف : هدف از این مطالعه ، بررسی چشمه های رادون گسیل در محیطهای شهری و روستایی ومنابع شناسایی نشده از نشت مقدار بالاتر از حد مجاز رادون و نظارت بر خاک و چندین نمونه آب و محیط داخل ساختمان از مناطق اطراف کوههای سهند و سبلان (محیطهای شهری وروستائی) و توده های سنگ با هدف ارزیابی وجود و توزیع گاز رادیو اکتیو که در این مناطق است. مواد و روشها : روش کار شامل آشکارسازی به وسیله میکروفیلمها و پست آشکارسازهای نوع پلاستیک پلی کربنات (SSNTD آشکارسازهای هسته ای حالت جامد) ، با استفاده از روش فنجان سر بسته،است و رادون متصائد از نمونه های آب زیرزمینی و چشمه های آب معدنی و گاز انباشته در داخل محیط های داخلی (مسکن) و ترک های موجود در سنگ های اطراف مناطق مورد بررسی. یافته ها:غلظت رادون به دست آمده در بازه زمانی 8.1-31 Bq/l در آبهای زیرزمینی وبین 68 -610 Bq/m^3 در منازل مسکونی و در خاک بین 0.41- $KBq/m^3$3.46 ودر بین تخته سنگها و شکاف صخره ها 0.72-5.64 KBq/m^3 به دست آمد.نتیجه: در این مطالعه در برخی ازمناطق مسکونی و در اکثر نمونه های آب زیرزمینی غلظت رادون موجود دارای ارزشی بیش از حداکثر سطوح مطرح شده توسط سازمان های بین المللی است. بنابراین ، اقداماتی جهت از بین بردن رادون در مناطق مسکونی و مجموعه آب‌های موجود در مناطق مختلف و ایجاد سیستم اندازه گیری در مناطق مسکونی لازم به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی:

رادون ؛ رادیواکتیویته طبیعی ؛ آشکارسازهای هسته ای ؛ محیط زیست

Review the origin and effects of radon gas in the environment and human emitted radon springs in Azerbaijan

[1]Ghader Babaie-[2]Kamellia Nejati*
payame Noor
gader.babaie@gmail.com

Abstract:

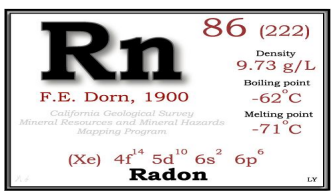
Objective: The purpose of this study springs radon emitted in urban environments and rural resources not identify the leak above the limit value monitoring radon and soil and water samples and several indoor environment surrounding mountains of Sahand and Sabalan (urban environments and villages) and rock mass to determine the distribution of radioactive gas that is in these areas. Methods: Methods include detection by the microfilms and post polycarbonate plastic detectors (SSNTD solid state nuclear detectors), using closed cup over, and radon smoking example of underground water and

mineral water springs gas accumulated inside the internal environment (housing) and tracks in the rock surrounding areas reviewed. Results: radon concentrations obtained in the time interval 8.1-31 Bq / l in groundwater 68 -610 Bq/m3 surgeries and residential homes between 0.41-3.46KBq/m3 active in the soil between the rocks and breaking rocks 0.72 - 5.64KBq/m3 respectively. Results: In this study some of section residential and underground water in most samples available radon concentration value over the maximum levels proposed by international organizations. Therefore, measures to eliminate radon in residential areas and water collection in different regions and creating measurement systems in residential areas seem necessary.

مقدمه:

رادون یک گاز بی اثر طبیعی است که توسط سری فروپاشی رادیوم ، عنصر اورانیوم و توریم ایجاد می‌گردد وعملا در هر جایی یافت می‌شود. این گاز از ترکیبات طبیعی پوسته کره زمین بوده و به صورت جمع شده در داخل ساختمانها ، غارها ، معادن و تونل ها ممکن است یافت شود که ممکن است از میزان تجمع مجاز آن به علت اینکه هشت برابر سنگین تر از هوای اتمسفر است بگذرد و به محدوده خطرناکی از پرتوزایی برسد. ایزوتوپ ^{222}Rn ساطع کننده اشعه آلفا است ($T1/2 =$ 3.82 روز ،$E\alpha=5.49Mev$) و، همراه با آن محصولات دخترغیرگازی ، ^{218}Po و ^{214}Po نیز یافت می شود که آنها نیز پرتوزاهستند ، حدود 50 درصد از معادل دوز موثر تولید شده توسط تابش طبیعی یونیزه ناشی از مصرف آب و همچنین استنشاق هوای حاوی سطوح بالایی از این گاز است، که ممکن است به تنهایی به سطح بالایی از خطربرسد که به طور مستقیم برای سلامت جمعیت انسانی بخصوص برای سلول های حساس در مجاری تنفسی و دستگاه گوارش به یونیزاسیون ناشی از در معرض اشعه قرارگرفتن آنها که منجر به ایجاد انواع بیماری ها اعم از انواع کیستهای درون بافتی و انواع سرطانهای مخاط گوارشی و تنفسی که در این مناطق شایع می‌باشند، گردد.[4,3] این موضوع با مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده شده است.

کارگران معادن در چندین کشوربه طور کاملاً معنی داری به این مشکلات دچار می شوند.[5] ، در حال حاضر رادون در دسته بندی آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) به عنوان سرطان زای کلاس(I) دسته بندی شده است که نشانگر مخاطره آمیز بودن تماس دایم با این گاز بی رنگ و بو و به ظاهر نجیب می باشد![6].



شرح و بحث:

در سال های اخیر اندازه گیری رادون در انواع مختلف آبهای طبیعی منطقه انجام یافته که، مقادیر اندازه گیری شده سطح آلودگی بالاتر از 11.11 Bq/l که حد اکثر سطح آلودگی است (MLC) که توسط سازمان حفاظت محیط زیست (USEPA) ایالات متحده توصیه می‌شود [8](مقررات

آمریکا (وزارت بهداشت مصوبه 1469 مورخ 2000/29/12) ، در نمونه‌هایی از منابع آب محلی در دامنه کوه سبلان و شابل ودرسنگ توده سنگهای اطراف معادن ودر شهرهایی با بستر گرانیتی همچون اهر و کلیبر را نشان می‌دهد، ولی در مباحث مربوط به محیط زیست استان و کشور کمتر به آن پرداخته شده است کنند، بویژه گاز رادون و حداکثر ارزش افزوده مجاز برای کل فعالیت آلفا در آب مصرفی که

0.1 Bq/l در نظر گرفته شده است، واز نظر آلفا زائی تنها نمونه های غیر گازی به عنوان آلاینده های رادیو اکتیو را در نظردارد. در مجتمع‌ها و سازندهای سنگی که بین شهرستانها و مناطق مختلف است و توسط طیف وسیعی از تپه و کوههارا با ارتفاع بین 120تا 4000متر را در برمی-گیردو عمدتا از سازندهای بستری ورسوبی شکل گرفته، ارائه عالی و مرغوب از متامرفیسم با غالب سنگها gneissic و granitic و همچنین بعد از تکتونیکی تشکلهای سنی عمدتا پری کامبرین این تپه ها وکوهها هستند. و جمعیتی که اصولا در این مناطق زندگی می‌کنند و از منابع آب های طبیعی برای مصرف خودشان و دامهایشان استفاده. بنابراین، در تعیین نسبت رادون در انواع مختلفی از نمونه های محیطی جمع آوری شده از آب در این مجتمع‌های سنگ برای محافظت کلی رادیولوژیک از جمعیت مهم است. هدف از این مطالعه مانیتورینگ یکپارچه و منفعل نسبت به رادون بود. نمونه آب زیرزمینی، مسکن، گسیختگیهای سنگها و خاک از آذربایجان، با روش SSNTD انجام گرفت، با هدف ارزیابی سطح قرار گرفتن مردم محلی در معرض دزهای بالایی از پرتوزائی است .

مواد و روش ها:

با استفاده ازروش ضبط آهنگ حرکت ذرات آلفا در SSNTD - آشکارسازهای نوع جامد (پلیمری)برای مونیتورینگ یکپارچه و منفعل به کاربرده شد [7]. روش عبارت بود از پست آشکارسازهای میکروفویل فیلم های پلاستیکی پلی کربنات (به ضخامت 200 میلیمتر) ، در یک دستگاه هندسه ثابت ،به رادون آزاد از نمونه آب (شکل 1) در طول مدت حدود 30 روزکه به عنوان نیم عمر ^{222}Rn که نیم عمر آن3.82 روز است را ، تا به یک اندازه تقریبا نزدیک تخمین زده که در این فاصله زمانی99.5 ٪ از هسته رادون موجود در این نمونه می‌تواند واپاشی کرده و مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد. در مورد تشخیص مستمر رادون در خاک ،یک وسیله ای که همان باکس آون محتوای فیلم است در عمق 15 سانتی متر قرار داده می‌شود (شکل 3) ، برای یک دوره در جای خود باقی مانده که حدودا بین دو تا سه ماه می‌باشد. برای نظارت بر رادون در مسکن و یا ترک و گسیختگی در سنگها از یک سیستم ثابت استفاده کردیم که یکی ازدستگاههای آشکارسازی را را به طور مستقیم در محل انتخاب شده قرار دادیم .مدت قرار گرفتن در معرض رادون در این اماکن حدود سه ماه بود. در آشکارساز ، ذرات آلفا حاصل از تجزیه رادون رادیواکتیو و همچنین از محصولات دختر در فیلم پلاستیکی به صورت چاله و یا مسیرهای ثبت شده باقی می‌ماند.[3] پس از

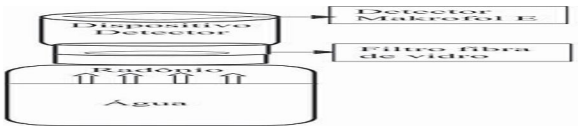
تابش و یا قرار گرفتن در معرض تابش، فیلم های پلاستیکی پلی کربنات از آشکارسازهای برداشته شدند و در محلول مناسب (45 ٪ آب ، 40 ٪ الکل اتیلیک 15 ٪KOH) در 70 درجه سانتی گراد به مدت 120 دقیقه قرارداده شد، به طوری که مسیرهای حرکت ذرات آلفاو چاله های ایجاد شده در بستر پلیمری می تواند قابل رویت تحت یک میکروسکوپ نوری شود [7]. پس از آن ، مسیرهای حرکت که همان مسیرهای ذرات آلفاو چاله بودند با استفاده از رایانه (کامپیوتر) به همراه یک دوربین فیلمبرداری و نوری معمولی که به اپتیک میکروسکوپ وصل است و داده هارا به سیستم منتقل می‌کند تحت شمارش نوری قرار گرفت، در نتیجه 620 بار بزرگ شدن پاسخهای دستگاه ردیاب با تابع کالیبراسیون RN150-3 برای مدل رادون موجود در بخش زیست محیطی IPEN-CNEN/SP.بررسی و مشخص شده است که به علت نبود استاندارد لازم در کشور به ناچار مورد بهره برداری واقع شد. این سیستم شامل اتاقک یک منبع ^{226}Ra است و توسط سازنده خود استاندارد شده (با هدف انتشار فعالیت ^{222}Rn گاز (2.48 Bq ± 4 ٪) تا سیستم به کالیبراسیون دستگاه ردیاب، مورد استفاده واقع شود.

شکل(3)مسیر ذرات آلفادر فیلمهای پلیمری

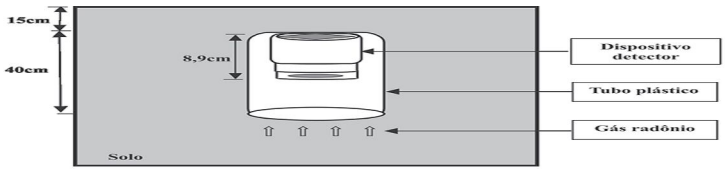
یافته‌ها:

برای تعیین تابع پاسخ آشکارسازها، چهار مجموعه آماری در اندازه گری مورد استفاده واقع شدکه انجام و محاسبه مقدار میانگین به دست آمده($(cm^{-2}.d^{-1}/Bq.m^{-3}.0.007+0.158)$ شد. جدول(1)نشان می‌دهد که مقادیر به دست آمده در این مطالعه برای سطوح متوسط رادون در نمونه های جمع آوری شده از منابع طبیعی آب (F) توده سنگ و سنگ(S)درجدول(2)نشان می‌دهد که غلظت از این گاز (R) در خانه‌های محلی در این مناطق است. از نتایج اندازه گیری سطوح رادون در این مجتمع سنگ خاک حفره ها(S)و هوا (A) را می توان در جدول شماره(3) دیده. عدم اطمینان کل اندازه گیری محاسبه شده است مصرف منابع زیر اشتباهات با مشتقات جزئی را نیز در نظر می-گیریم: اشتباهات آماری (1.53 ٪ تا 22 ٪) ، کالیبراسیون ردیاب (4.7 ٪) و از کاهش تابش پس زمینه
(7.4 ٪). همانطور در جدول (1) مشاهده می‌شود ، به غیر از منبع سهند دامنه شمالی، تمام نمونه های آب که مورد تجزیه و تحلیل و در این مطالعه ارائه شده، دارای غلظت بالاتری از حداکثر سطح آلودگی توصیه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا می‌باشد(11.11 Bq/l)[8] با این حال ، مهم است که توجه داشته باشیم که ارزش سطح رادون موجود در هر نمونه مربوطه به طور

مستقیم در منبع مربوطه به دست آمده و قطعا نباید غلظت نهایی این گاز که درحال حاضر توسط جمعیت مصرف شده به حساب آورد چون در طول جمع آوری، حمل و نقل و جابه جایی مقداری از آن تلف می‌شود (به علت ماهیت گازی رادون)و این نتایج تجربی می‌باشند .جمع آوری و حمل و نقل از نمونه آب‌ها به آزمایشگاه درظروف تمیز مواد آزمایشگاهی پنج لیتری بود (بطری شیشه ای) پس از آن، اندازه گیری سطوح رادون در یکی از نمونه های پنج لیتری خارج از بطری در فواصل زمانی حدود یک ساعت انجام شد. در اوایل سال اولین نمونه برداری انجام شد که بعد از آن نیز در فواصل زمانی معین سه ماه نمونه ها تجدید وجود شد. کاهش قابل ملاحظه سطح فعالیت رادون نهایی. در جدول(4) نتایج در این مطالعه موجودهستند تفاوت بین زمین شناسی اماکن مورد مطالعه محسوب می‌شوند ، یکی از این عوامل ممکن است به علت تفاوت در سازندهای زمین شناسی مناطق مختلف و دیگری به علت میزان تغییردر سطح آبهای زیرزمینی استان در فصول مختلف سال باشد که باید به این عوامل تغییر در متدهای بهره برداری از منابع معدنی را نیز اضافه کرد.



شکل 1. شکل تجربی مورد استفاده برای نظارت بر رادون در نمونه های آب جمع آوری شده مناطق



شکل 2. طرح آزمایشی (در اصل یک آون با خلا مورد استفاده واقع شد)مورد استفاده برای رادون در خاک

نتیجه گیری:

به گزارش کمیسیون بین المللی برای حفاظت رادیولوژیک (ICRP) (1)، در مورد رادون در هوای داخل ساختمانهای مسکونی ، سطح فعالیت برای تشعشع بین 200 تا600 Bq/m^3 ، ارائه شده برای۷،۰۰۰ ساعت در سال زمان اشغال شده انسانی در نظر گرفته شده است. مطالعه این نتایج نشان می‌دهد که در سازه های کنونی به علت استفاده از مصالح جدید سطح گاز به شدت در داخل منازل مسکونی بخصوص در شهرهایی که در روی بستر سنگهای گرانیتی و جوان از نظر زمین شناسی قرارر دارند از محدوده خطر عبور کرده و با کاهش تهویه در زمستانها به شدت افزایش می‌یابد،

بنابراین ، توصیه می‌شود که اقدامات مداخله ای برای کاهش در سطح رادون در این اماکن و شهرها که عمدتا نیز جوامع کم آگاه هستند ،اتخاذ گردد.و همچنین برای شهرهایی همچون شهر توریستی سرعین ، اهر و مشکین شهر و همچنین معادنی که در استان وجود دارند بخصوص معدن مس سونگون که دارای بستر گالن است و شدیداً متخلخل نیز می‌باشد سیستم های پایش و مانیتورینگ دائمی و الکترونیکی نصب گردد تا در صورت لزوم هشدارهایی به افرادی که دراین محلها در تردد هستند داده شود و همچنین از نظر سلامتی دائماً کنترل و میزان جذب پرتو سنجیده شود .

با توجه به اینکه در این مناطق منابع بلقوه ای از عناصر مولد رادون مانند اورانیوم و توریوم وجود دارد و همچنین در بعضی از مناطق به علت تخلخل زیاد در بستر سازند زمین این مناطق آهنگ تولید رادون به علت بهره برداری‌های زیاد از منابع آب زیر زمینی و همچنین ایجاد مناطق مختلف از معادن برداشت از کانسارهای زمینی و باز شدن حفرات متعدد در ساختارهای زیری به نظر می-رسد که باید در تطبیق نتایج به دست آمده با استانداردهای بین المللی اقدامات سخت گیرانه تری اتخاذ کرد.

منابع :

1. Abumurad KM. Natural radioactivity due to radon in Soum region, Jordan. Radiat Meas 2005;39:77–80.
2. Magalhães MH, Amaral ECS, Sachett I, Rochedo ERR. Radon-222 in Brazil: an outline of indoor and outdoor measurements. J Environ Radioactivity 2003;67:131–143.
3. International Commission on Radiological Protection. Protection against radon-222 at home and work. New York: ICRP publication 65, Annals of ICRP 23, 1993.
4. Zamboni M. Epidemiologia do câncer do pulmão. J Pneumol 2002;28:41–47.
5. Laurier D, Valenty M, Tirmarche M. Radon exposure and risk of leukemia: a review of epidemiological studies. Health Phys 2001;81:272–288.
6. Parker L, Craft AW. Radon and childhood cancers. Eur J Cancer 1996;32A:201–204.
7. Marques AL, Santos W, Geraldo LP. Direct measurements of radon activity in water from various natural sources using nuclear track detectors. Appl Radiat Isot 2004;60:801–804.
8. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Office of groundwater and drinking
water rule: technical fact sheet EPA 815-F-99-006. Washington, DC: USEPA, 1999. Available in:
www.epa.gov/safetwater/radon/fact.html
9. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Carta geotécnica dos morros de
Santos e São Vicente. São Paulo, SP: Publicação IPT nº 1135, 1980.
10. Hopke PK, Borak TB, Doull J, et al. Health risks due to radon in drinking water. Environ Sci
Tech 2000;34:921–926.
11. Alabdula'aly AI. Occurrence of radon in the central region groundwater of Saudi Arabia. J
Environ Radioactivity 1999;44:85–95.
12. Horváth A, Bohus LO, Urbani F, Marx G, Piroth A, Greaves ED. Radon concentrations in hot
spring waters in northern Venezuela. J Environ Radioactivity 2000;47:127–133.

13. Silva CM, Lima RA, Amaral RS, Hazin CA. Radon in groundwater public supplies in the metropolitan area of Recife, Brazil. Proceedings of 10th Congress of the International Radiation
Protection Association – IRPA, Hiroshima, 14–19 May, 2000, P-1b–25.

محل نمونه	نمونه ها	سطح رادون(Bq/l)
سرعین	F1	32.2 ± 7.4
سبلان (دامنه مشکین)	F2	36.0 ± 9.5
منطقه چیچکلی	F3	13.2 ± 1.3
سهند (دامنه شمال غربی)	F4	8.1 ± 1.0
چاهی در اهر	F5	19.5 ± 1.7
باش کند مشکین	F6	18.7 ± 1.7

جدول(1)نمونه آبهای معدنی

محل نمونه	نمونه ها	سطح رادون(Bq/l)
سرعین	R1	(Bq/m³)
سبلان (دامنه مشکین)	R2	163 ± 18
منطقه چیچکلی	R3	118 ± 14
سهند (دامنه شمال غربی)	R4	112 ± 11
چاهی در اهر	R5	610 ± 55
باش کند مشکین	R6	68 ± 7
ورگهان	R7	145 ± 14

جدول(2) غلظت رادون در خانه های مسکونی در نواحی مختلف

محل نمونه ها	نمونه ها	سطح رادون (Bq/m³)
باش کند مشکین	S1	865 ± 80
شابل	S2	2,262 ± 208
دوشدور	S3	1,600 ± 149
اهر	S4	3,462 ± 320
ورگهان	S5	996 ± 93
معدن سونگون (عمقی)	S6	413 ± 45
سونگون (سطح باز)	A1	1,683 ± 370
چیچکلی	A2	5,852 ± 527
سبلان منطقه	A3	719 ± 85

جدول(3) سطوح رادون در خاک و گسیختگی از کوه

محل نمونه ها	رادون اندازه گیری شده(بر اساس شدت تشعشع)	نوع نمونه های مورد سنجش
سرعین	24 to 40 Bq/l	منابع طبیعی آب
سبلان (دامنه مشکین)	0.9 to 35.4 Bq/l	منابع طبیعی آب
منطقه چیچکلی	0.1 to 576 Bq/l	منابع طبیعی آب
سهند (دامنه شمال غربی)	5.3 to 83.7 Bq/l	منابع طبیعی آب
چاهی در اهر	8.1 to 36 Bq/l	منابع طبیعی آب
باش کند مشکین	14.3 to 133 Bq/m³	مسکن
شابل	95 to 202 Bq/m³	مسکن
دوشدور	< 5 to 200 Bq/m³	مسکن
اهر	56 to 168 Bq/m³	مسکن
ورگهان	68 to 610 Bq/m³	مسکن
معدن سونگون (عمقی)	0.8 to 26.7 kBq/m³	خاک (0.5 m)
سونگون (سطح باز)	1.89 to 17.95 kBq/m³	خاک (0.08 m)
چیچکلی	2.5 to 47.5 kBq/m³	خاک (1 m)
سبلان منطقه	0.41 to 3.46 kBq/m³	خاک (0.15 m)
سبلان (دامنه مشکین ییلاق مشران)	0.07 to 12.35 kBq/m³	غارها و حفره های سنگها
لیملو	0.18 to 7.12 kBq/m³	غارها و حفره های سنگها
گورد یوردی	< 0.02 to 9.25 kBq/m³	غارها و حفره های سنگها
هشتادسر	0.10 to 80 kBq/m³	غارها و حفره های سنگها
بزگوش	0.72 to 5.85 kBq/m³	غارها و حفره های سنگها

جدول(4)مقایسه فواصل غلظت رادون موجود در آب از منابع مختلف طبیعی ، مسکن ، خاک و غارها و یا گسیختگی(در این جدول همه مواردآورده نشده اند و موارد ذکر شده از نمونه ها به صورت تصادفی است)

خطرات ناشی از تجمع گاز رادون-222 در ساختمانها

هادی منگالی*(دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی)
بهرام بهرام بیگی(دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی)
بخش زمین شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان
www.hadicfc2020@yahoo.com & www.b.bahram.100@gmail.com

چکیده:
گاز رادون دومین عامل ایجاد سرطان ریه در انسانهاست. با توجه به اینکه سالانه 21 هزار نفر در ایالات متحده امریکا به خاطر اثرات این گاز به کام مرگ کشیده می شوند. لذا لازم است از تجمع این گاز حداقل در محیط های بسته مثل منازل و محیط کار جلوگیری شود. باتوجه به هشدارهای سازمان بهداشت جهانی، درمورد خطرات طبیعی گاز رادون، در بسیاری از کشورهای پیشرفته به طور منظم به این امور رسیدگی شده است اما متاسفانه در ایران این کار صورت نگرفته، یا بسیار کم صورت گرفته است. هدف از این مطالعه مقایسه سرعت نسبی واپاشی و سرعت نفوذ و نشر گاز رادون به داخل فضاهای بسته و همچنین ارائه روش مناسب جهت کنترل و کاهش تراکم این گاز در محیط بسته می باشد.

واژگان کلیدی:
رادون، سرطان ریه ،سلامتی انسان ، پرتوزا، کیفیت فضای بسته

The dangerous effects of Radon gas-222 accumlation in buildings

Hadi Mangali* Bahram Bahrambigi
Geology Department. Shahid Bahonar University of Kerman
www.hadicfc2020@yahoo.com & www.b.bahram.100@gmail.com

Abstract:
Radon gas is the secondary cause of lung cancer in human population. In United State of Amrican each year twenty one thousands death are reported as a result of radon gas accumutions in closed environments such as homes and office places. Regarding United Nation World Health Organization (WHO) warning on Rn gas, most developed counteries consider the hazardous nature of this gas, but nothing has been done in Iran. The purpose of this survey is comparison of relative velocity of decay, infiltration, and diffusion rate of Rn gas into the closed enviroments, in order to design suitable methods for controling and decreasing concentration of this hazardous gas.

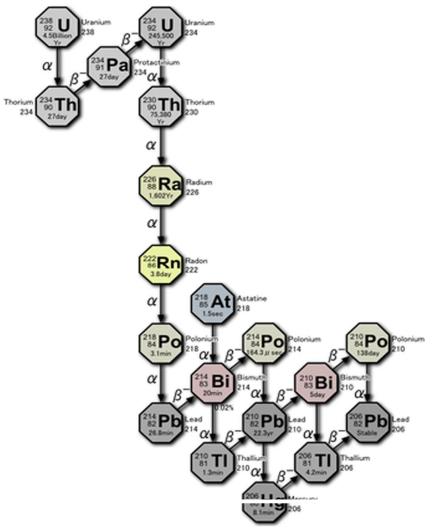
Key word:
Radon, lung cancer, Human health, Radioactive,Iindoor quality

مقدمه:

رادون عنصر پرتوزای طبیعی، بی رنگ، بی بو و بی مزه می باشد که از واپاشی Ra در زنجیره ی تجزیه اورانیوم حاصل می شود و خود نیز به علت تجزیه، به مواد پرتوزای دیگر مثل ^{218}Po, ^{214}Po, ^{214}Pb, ^{214}Bi تبدیل می شود که همگی جامد می باشند. بر اثر ورود گاز رادون به درون ششها و واپاشی آن، این ذرات جامد به نسوخ ریه ها می چسبند و باعث سرطان می شوند. (17)

انسان از چندین منبع پرتوزا، پرتو دریافت می کند که مهمترین آن، که تقریباً 52% می باشد، گاز رادون است. اگر چه میزان متوسط این گاز در هوای آزاد کم می باشد، اما در مکان های بسته غلظت آن بسیار بالا می رود(۴،۷،۲۸) این گاز از طریق استنشاق وارد بدن افراد می شود و یا به صورت محلول در آب با آشامیدن و یا از استنشاق گاز در هنگام استحمام وارد بدن می شود.

گاز رادون و منابع تولید آن در طبیعت:



(شکل1)

رادون -222 گازی رادیواکتیو است که از تجزیه Ra(طی فرآیند واپاشی اورانیوم از ^{238}U به ^{206}Pb) حاصل می شود.(۲،۲۷) این گاز بی رنگ، بی بو و بی مزه می باشد و دارای نقطه ی جوشش 61/7 (درجه سانتی گراد) و نقطهٔ انجماد 71- (درجه سانتیگراد) و چگالی در حدود 8 برابر چگالی گاز اطراف زمین است.(9) گاز رادون 27 ایزوتوپ دارد که از بین آنها ^{222}Rn, ^{220}Rn, ^{219}Rn به طور طبیعی یافت می شوند.^{222}Rn با 3/88 روز نیمه عمر بیشترین نیمه عمر را در بین سایر ایزوتوپها داراست.(17) منابع اصلی گاز رادون، اورانیوم و توریوم می باشند ولی با توجه به نیمه عمر بسیار کوتاه دو ایزوتوپ ^{219}Rn, ^{220}Rn که به ترتیب 55/61 ثانیه و 3/96 ثانیه می باشد زود تجزیه می شوند و به ندرت در طبیعت حضور پیدا می کنند و خطراتی که گاز رادون ایجاد می کند، مربوط به ^{222}Rn می باشد.(17) پس میزان غلظت رادون در محیط، بستگی به میزان اورانیوم موجود در منطقه دارد. متوسط غلظت اورانیوم پوسته حدود 2/7 ppm می باشد.(۱،۱۱،۳۲) البته میزان اورانیوم در بعضی از مناطق بیش از میزان متوسط پوسته ای می باشد، به طور مثال اورانیوم در شیل های سیاه و رسوبات غنی از فسفات، بیش از سایر سنگ های رسوبی می باشد یا در سنگ های آذرین اسیدی مثل گرانیت نسبت به آذرین بازی مثل بازالت تذمرکز بیشتری را نشان می دهند مثلاً در گرانیت ها حدود 4/7 ppm می باشد که گاهی تا 20-40 ppm نیز گزارش شده است ودر سنگ دگرگونی این تراکم بیشتر بستگی به سنگ اولیه دارد که از آن حاصل شده اند ، ولی به طور کلی در گنیس ها و شیست ها تمرکز بیشتری دارند.(۱،۸،۲۳،۲۴،۲۷) ناگفته نماند که

مواد آتشفشانی و خاکسترهای آنها و رسوبات ولکانوژنیک در تولید گاز رادون حساسیت فوق العاده ای دارند. (۳۲ ، ۳۱ ، ۳۰)

گاز رادون در خاک وجود دارد و از خاک وارد هوا می شود، یکی از عواملی که رادون را از عمق به سطح آورده و باعث انتشار آن در هوا می شود، آبهای زیر زمینی می باشد. گاز رادون قابلیت انحلال پذیری بالایی دارد و با حل شدن در آبهای زیر زمینی و حرکت در درون زونهای برشی گسلها، به راحتی خود را به سطح زمین می رساند و به محض ورود آبهای عمقی به سطح، عمده رادون موجود وارد هوا می شود و مقدار بسیار ناچیزی نیز وارد آبهای سطحی می شود.(۱،۳،۱۴)

غلظت گاز رادون در آب ، هوا و خاک

رادون به راحتی در آب حل می شود و تمرکز آن در آب به عوامل گوناگونی از قبیل

1- شرایط هیدرودینامیکی منطقه و ساختارهای زمین شناسی منطقه (20)
2- کانی شناسی اورانیوم و غلظت آن در خاک (20)
3- عدم تهویه و وجود سطوح نفوذ ناپذیر مثل رسها در بالای سفره(۱،۱۲،۲۳)

غلظت رادون اغلب در آبهایی که از سنگ های آذرین عبور می کنند بیشتر است.(25) دامنه ی تغییرات رادون در آبهای زیر زمینی از 3700 تا 111×10^6 بکرل در هر متر مکعب گزارش شده است.(23) این گاز از آب وارد خاک شده و بر غلظت رادون در خاک می افزاید. غلظت رادون در خاک از یک طرف تابع میزان انتشار آن از آب به خاک و خروج آن به هوا و از طرف دیگر به میزان اورانیوم موجود در خاک وابسته است.(۲۳،۲۴،۲۷) رطوبت موجود در خاک، تهویه و تخلخل نیز در تمرکز غلظت رادون در خاک دخالت دارند به طوری که اگر تهویه به خوبی صورت نگیرد غلظت رادون در خاک بیشتر می شود که این موضوع را می توان در عرض های جغرافیایی بالا مشاهده کرد که به علت یخ زدگی ، غلظت آن در خاک زیاد می شود.(۱۲،۲۳) غلظت رادون در هوای درون خاک حدود 740 تا 3700000 بکرل در هر متر مکعب می باشد ولی معمولاً بین 7400 تا 74000 بکرل در هر متر مکعب نوسان دارد.(۱۸،۲۱،۲۳)

غلظت رادون در هوا نیز به عواملی همچون میزان نشر رادون از خاک و آب به هوا و نیز تاثیر شرایط ژئوفیزیکی و ژئوشیمایی و تاثیرات جوی از قبیل بارش و فشار اتمسفری می باشد که اینها نیز به نوبه خود تحت تاثیر تغییرات فصلی می باشد. معمولاً میزان رادون در زمستانها بیشتر از تابستان می باشد. غلظت رادون در هوای عادی (فضای آزاد) به علت حجم زیاد و حرکت مداوم آن معمولاً کمتر از 15 بکرل در متر مکعب بوده که بی خطر است(27) که در فضاهای بسته غلظت آن افزایش یافته و بین 37 تا 111000 بکرل در متر مکعب گزارش شده است. متوسط غلظت آن در این فضاها معمولاً 37 تا 74 بکرل در متر مکعب است.(23)

راههای انتقال رادون به داخل ساختمان

منشا قسمت اعظم رادونی که به فضای ساختمان نشت می کند از 1-1/5 متری خاکی است که در زیر و اطراف پایه های ساختمان قرار دارد، رادون تولید شده در عمق بیشتر از 1/5 متر احتمالاً پیش از رسیدن به سطح زمین به عنصر غیر گازی تبدیل می شود. اکثر مردم بیشترین مقدار گاز رادونی که وارد بدنشان می شود را از محل کار یا منزلشان دریافت می کنند. رادون ممکن است به چند طریق وارد ساختمان شود. (شکل2)

الف-مقدار اورانیوم موجود در سنگ ها و خاک های زیر ساختمان، تولید رادون کرده و باعث ورود آن به داخل ساختمان می شود.(۹،۳۱)

ب- فاضلاب و کارتل ها (23)

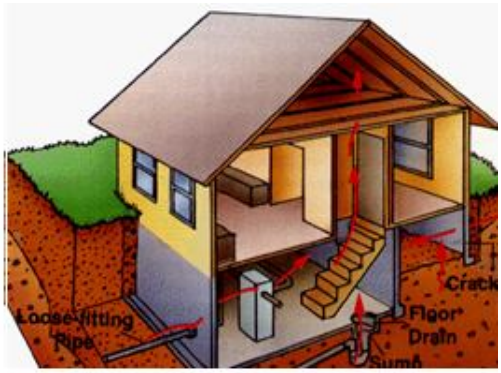
ج- ترک خوردگی کف ساختمان(23)

د- نوع بافت خاک در زیر پی و ساختمان(خاک های سست و شنی مهمترین راه نفوذ رادون به سطح زمین می باشند).(۳۰،۳۱)

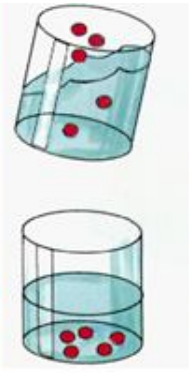
ه- نوع مصالح ساختمانی از عوامل دیگر ورود رادون به داخل ساختمان ها است که آهنگ دز را 40 تا 50 درصد افزایش می دهد(۳،۹،۳۱) که این به نوع مصالح به کار رفته بستگی دارد . به طور مثال استفاده از سنگ های گرانیتی که خود دارای غلظت بالایی از اورانیوم هستند.اکثر مصالحی که ما در خانه ها استفاده می کنیم از خاک و سنگ درست شده اند که خود اینها دارای غلظت های متفاوتی از اورانیوی و رادیوم هستند.(۹،۱۳)

ی- آبها(به ویژه آبهای زیر زمینی نسبت به آبهای سطحی حاوی مقدار بیشتری رادون در خود می باشند) (شکل4).(۲۲،۲۶)

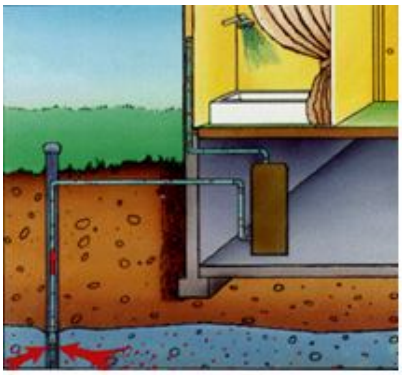
مقدار رادون در زیر زمین ها وسایر مناطق که تماس بیشتری با خاک دارند، بیشتر است. (۱۱،۲۲،۲۶)



(شکل۲)



(شکل۳)



(شکل۴)

اثرات گاز رادون بر انسان

رادون بعد از سیگار ، دومین عامل اصلی سرطان ریه در انسانهاست به طوری که در بیانیه سازمان بهداشت جهانی در حدود 5 تا 15 درصد عامل سرطان ریه بر اثر ورود گاز رادون به داخل بدن انسان گزارش شده است. رادون به خاطر گازی بودن و میل ترکیبی بسیار کم آن به راحتی وارد ریه ها می شود. این گاز به خودی خود خطرناک نیست ، چرا که با هر بازدم صورت گرفته حدود 75 تا 80 درصد آن به اتمسفر برگشت داده می شود.(10) ولی به علت ترکیب شدن راحت آن با چربی و واپاشی آن در ریه ها (که تبدیل به ^{218}Po, ^{214}Po, ^{214}Pb, ^{214}Bi که ذرات جامد اند و به نسوخ ریه می چسبند) باعث آلودگی و سرطان ریه می شود.(25)و ذرات القایی که ضمن واپاشی تولید شده امکان صدمه رساندن به DNA موجود در سلولهای ریه را دارند. اگر انسان در مدت طولانی در معرض تماس با رادون غلظت بالا قرار گیرد احتمال ابتلای سرطان قطعی است.(30) براساس مطالعاتIARC (مؤسسه تحقیقات بین المللی سرطان که یک آژانس ویژه سرطان است)و کمیته سم شناسی ایالات متحده آمریکا رادون در ردیف کارسنیوژن ها(سرطانزاها) طبقه بندی شده است (33).

دیگر راههای انتقال رادون به داخل بدن، ورود آن از طریق آشامیدن آب و استنشاق گاز رادون در هنگام استحمام می باشد.(شکل3)(شکل4). قابلیت انحلال رادون در آب صفر درجه برابر است با 510 سانتی متر مکعب بر لیتر و در دمای 25 درجه برابر با 220 سانتی متر مکعب بر لیتر می باشد.(۳۰،۳۲) البته هنوز بیماری حاصل از رادون داخل آب گزارش نشده و این موضوع در ابهام می باشد.(1) ولی با این وجود کمیسیون WHOو راهنمای کیفیت آب آشامیدنی اروپایی در سال 2004 اعلام کردند اگر رادون آب آشامیدنی عمومی از 100 Bq/lit تجاوز نماید باید کنترل واندازه گیریهای مکرر انجام پذیرد. **(33)**

عوامل نشت رادون به داخل ساختمان و غلظت رادون در ساختمان

از این عوامل می توان پدیدهٔ اثر خلاء را نام برد که کم شدن فشار هوا در داخل ساختمان (فشار منفی) باعث بروز این پدیده شده، که سبب خروج رادون از خاک پی ها و نفوذ در داخل ساختمان می شود. افزایش دما، وزش باد اطراف ساختمان و مصرف هوای داخل، توسط بخاری و هواکش از جمله عواملی هستند که باعث بروز این پدیده می شوند.(۱،۳،۱۳) به طور کلی هر اقدامی که باعث کاهش فشار هوای داخل ساختمان شود، باعث تسهیل روند ورود رادون به داخل ساختمان می شود. تغییر فصول نیز در غلظت رادون تاثیر می گذارد به طوری که غلظت رادون در زمستان بیشتر از سایر فصول است. (۱۹،۲۳،6)

در تابستان علاوه بر کم بودن غلظت رادون ، تبادل هوایی با استفاده از کولر و پنجره ی باز بیشتر صورت می گیرد و باعث کمتر شدن غلظت آن در داخل ساختمان ها می شود.(۱،۲۳)

مقدار رادون در شب ها بیشتر از روزهاست و نیز بازو بسته شدن در و تبادل هوای داخل با بیرون در روزها بیشتر صورت می گیرد.(۱،۱۶،۲۳)

راههای جلوگیری از نشت رادون به داخل ساختمان

با توجه به اینکه مهمترین راه نفوذ رادون، از کف زمین به داخل ساختمان هاست و شکستگیهای زمین یک مسیر موثر برای نفوذ رادون به سطح هستند(23) ما می توانیم با ایجاد یک لایه خاک سفت و فشرده ی رسی و یا کف پوش پلاستیکی مانع از نشت رادون به داخل ساختمان شویم.

وجود لایه ی آب زیرزمینی در عمق نیز از آزاد شدن گاز رادون به سطح زمین جلوگیری می کند.(3031)

راههای کاهش غلظت رادون در ساختمان

الف- بهبود تهویه

ب- جلوگیری از نفوذ رادون از آبهای زیر زمینی به داخل ساختمان با ایجاد لایه نفوذ ناپذیر(۳۰،۳۱)

ج- ایجاد چاهک رادون(۱۵،۲۷)

د- درزه گیری کف و دیوار با سیمان و ورقهٔ پلاستیکی یا رنگ(27)

ه- نصب سیستم تهویه با فشار مثبت

ی- افزایش سیستم تهویهٔ زیر کار (27)

امروزه در اروپا و آمریکا در مناطق با غلظت بالای رادون، اقدامات ویژه ای صورت می گیرد تا مقدار ورود گاز رادون را به ساختمان ها کاهش دهند و نیز نصب تهویهٔ مناسب برای کاهش غلظت آن، و حتی در بعضی از کشورها انجام اقدامات ایمنی در برابر رادون به طور جدی در ساختمان منازل، اجباری شده است. (۲۹،۳۰،۳۱)

نتیجه گیری و پیشنهاد

رادون از لحاظ تاثیر بر سلامتی انسان یک خطر محسوب می شود و این گاز عمدتاً همراه با هوای داخل خاک وارد ساختمان می شود. محصولات واپاشی رادون بسیار مضرند. در ایران به علت نازک بودن لایه خاک و زیاد بودن عمق آبهای زیرزمینی و استفاده از سنگهای گرانیتی در تزئین منازل باعث شده است که غلظت رادون در بسیاری از منازل بالاتر از حد مجاز شود. در بعضی از مناطق مثل استانهای یزد و زنجان وآذربایجان وسعت زیاد توده های گرانیتی ، باعث افزایش غلظت رادون درآن مناطق شده است ونیز در بعضی از مناطق کرمان و خراسان ، منازل بر روی شیلهای غنی از مواد حاوی رادون بنا شده اند. گاز رادون در همه جا وجود دارد ولی در مناطق فوق الذکر دارای غلظت بالاتری می باشد و دولت بهتر است تسهیلات و اجبارهایی را در این مناطق اتخاذ نماید که یکی از آن موارد اجبار در استفاده از عایق های پلاستیکی در ساخت منازل و زیر زمین هاست. برخی از کشورهای توسعه یافته مثل سوئیس و آلمان تحقیقاتی را در زمینه تهیه نقشه های بهینه خطر (مناطق دارای رادون زیاد) انجام داده اند و بهتر است ایران نیز جهت ایمنی مردم در مقابل رادون, با تهیه چنین نقشه هایی و انجام عملیات مدیریت خطر و اجرای قوانین به شکل منسجم تر ، تلاش کند

منابع:

1:ا.عباس نژاد،"اثرهای زیست محیطی گاز رادون و اهمیت توجه به ان در ایران" مجلهٔ علوم و فنون هسته ای،شماره 26 صفحات 31-17(1381)

2:م.غیاثی و م. کاتوزی، "دروس عموم حفاظت در برابر اشعه" سازمان انرژی اتمی،(1379)

3:م.غیاثی، م.بیت الهی و ن.فلاحیان" پرتو گیری از منابع طبیعی پرتو" سازمان انرژی اتمی

4:"رادون"سایت اینترنتی بانک دادههای محیط زیست(1386)

5:سایت اینترنتی بهداشت حرفه ای امل

6: Birchard, G.F., Libby, W.F.,. Soil radon concentration changes preceding and following four magnitude 4.2–4.7 earthquakes on the San Jacinto Fault in Southern California. Journal of Geophysical Research 85 (B6), 3100–3106.(1980)

7: C.park ." the environment , principles & application ,"Routledge , London (1997)

8: D. B. Botkin and E. A. Keller . environmental science," 3rd , ed . john Wiley and Sons, Nw York (2000)

9: E . A . Keller , " environmental geology ,"cherles E.Merill Rub . Co.Colombus (1990)

10: E. L. Alapen , "Radiations biophysics ," prince – Hall , international Editions , Englewood Cliffs, N.J (1990)

11: E.O.Kuntson , & A.C. George , "Radon, thoron,.& decay products , in : environment aanalysis and remediation , " ed By : R . A Meyers, john Wiley and Sons, new York, 4045-4068 (1998).

12: E. M. Durrance, "Radiactivity in Geology Principle & application , " Ellis Horwood Ltd , Chichester (1986).

13: F. Medici & L.Rybach, " measurements of indoor Radon concentrations & assessment of radiation exposure," Journal of applied Geophysics , Vol 31,153-163(1994).

14: Fleischer, R.L.,. Theory of alpha recoil effects on radon release and isotopic disequilibrium. Geochimica et Cosmochimica Acta 47, 778–784.(1983)

15: G. M. Mesters, "Introduction to environmental engineering & scince," Prentice – hall International Editions Englwood, cliff N. J.(1991)
16: J, M. Miller & D. Ostle, "Radom measurements in uranium prospecting. In : uranium exploration metod," (conference volume), viena, Internation Atomic Energy Agency, 229-239(1973)
17: K. T . pickering & l.a.owen " an introduction to global environment issues .
18: Klusman, R.W.,. Variations in mercury and radon emission at an aseismic site. Geophysical Research Letters 8, 461–464.(1981)
19: Kovach, E.M.,. An experimental study of the radon content of soil gas. Eos Transactions AGU 28, 563–571.(1944)
20: M. Albu, D. Banks and H. Nash, "Mineral and thermal ground water resources ," Champan & Hall , London (1997)
21; Megumi, K., Mamuro, T.,. Radon and thoron exhalation from the ground. Journal of Geophysical Research 78, 1313–1320.(1973)
22: Neilson, K.K., Rogers, V.C., Gee, G.W.,. Diffusion of radon through soils: a pore distribution model. Soil Science Society of America Journal 48, 482–487.(1984)
23: N.K . Coch, " Geohazards , natural & human ," prentice-Hall,New Jercy (1995).
24: P . K . Hundak, "distribution of indoor Radon concentration of the chemical characteristics of natural waters , " 3rd . ed., united states geological survey water supply paper, 2254 (1989)
25: P. T. Underhill, "naturally occurring radioactive material, principles& practices." St. Luke Press, DelrayBeach (1996)
26: Tanner, A.B.,. Radon migration in the ground: a supplementary review, The natural radiation environment. In: Lowder, W.M. (Ed.), Symposium proc. Houston, Texas, April 10–13, 1963. University of Chicago Press, Chicago, III, pp. 161–190.(1964)
27: T. M . dyess , "Radons in building s , in : environmental analyses & remediation , " ed. , by R. A. Meyers, john wiley and Sons, new York, 4018-4044 (1998)
28: Unscear , Source & effect of ionizing radiation (united nationals scientific committee on the effect of atomic Radiation . report to general assemble with annexes (2000)

www.ngdir.ir
www.daneshnameh.com
www.civilica.ir
www.gsi.ir
www.who.int/ionizing radiation.com

حفاظت ساختمانها در برابر رادون

میرعلیزاده فرد، سیدرضا،
عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور، مرکز شاهرود
صمدیار، حسن
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن
Hasansamadyar@gmail.com
حسین صمدیار
دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی دانشگاه پیام نور، مرکز تهران
hosseinsamadyar@gmail.com

چکیده

رادون یک گاز رادیو اکتیو است که از نظر شیمیایی خنثی است و در اثر واپاشی طبیعی عنصر رادیوم به وجود می آید و در اکثر خاکها، سنگها و صخره ها یافت می شود .**رادون در** محیطهای بسته، می تواند در مقادیر بالایی تجمع یابدو مقدار غلظت آن در درجه اول به مصالح به کار رفته در ساختمان و میزان رادون در طبقات زیرین خاک بستگی دارد. ترکیب خاک در زیر و اطراف خانه بر مقادیر (میزان) رادون اثر گذارده و به راحتی می توان میزان ورود رادون به درون خانه را کاهش داد.

در مناطقی که غلظت گاز رادن بالا میباشد، توصیه می شود که حداقل به مدت یک سال اندازه گیری گاز رادون انجام شود تا میانگین سالیانه آن مشخص شود و با توجه به میزان گاز رادون مشخص شده، مواد ساختمانی لازم جهت محافظت کامل ساختمان تعیین گردد. همچنین تکنیکهای ساده حفاظت ساختمان در برابر رادون که مناسب کشور ما می باشد، مثل احداث یک لایه نفوذ پذیر در کف ساختمان برای تجمع گاز رادون و احداث یک لایه بتن مسلح با ضخامت لازم بر روی لایه اولی و استفاده از یک لوله تهویه که از زیر زمین تا پشت بام امتداد داشته باشد و ... مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی : *رادون، ساختمان،محیطهای سربسته، تهویه،پرتوگیری*

Abstract

Radon a radioactive gas that is the Nobel gas and produced by the Radium destruction and is found in the most soils and stones and rocks Radon in environments can be concentrated in high doses and its concentration in buildings is due to material combination and radon concentration in soil beneath and materials used in building.The combination of soil beneath and environment soil can effect on radon indoor quantity and easily can decrease amount to radon entry into the house.

In the regions with radon high concentration at least an annual measuring to calculate annual average is neccessary and due to this analysis required specified material for biulding protection from radon is determined. Also simple techniques for building protection for radon which is suitable for our country can be selected such as porous layer construction for buildings due to radon accumulation , construction of a thick layer of concrete which wearing first layer and using the ventilation pipe from the basement to the roof and is mentioned.

1. مقدمه

رادون یک گاز رادیو اکتیو است که از نظر شیمیایی خنثی است و نمی تواند واکنشهای شیمیایی انجام دهد. رادون در اثر واپاشی طبیعی عنصر رادیوم به وجود می آید و در اکثر خاکها، سنگها و صخره ها یافت می شود .این گاز از طریق شکافها و روزنه های موجود در خاک به سمت بالا حرکت کرده (بسته به عوامل مختلفی که روی این حرکت تاثیر می گذارند) و وارد اتمسفر می شود و یا این که وارد فضای داخلی ساختمانها می شود ، حتی ممکن است از طریق آب موجود در چاه وارد ساختمان بشود . بیشتر مواد ساختمانی می توانند مقدار فراوانی گاز رادون را از سطح خود آزاد نمایند، ولی با این حال رادون منتشره از خاک مهمترین منبع رادون محسوب می شود

2. محیطهای بسته و رادون

در محیطهای بسته، رادون می تواند در مقادیر بالایی تجمع یابد، مقدار غلظت رادون در محیط های بسته در درجه اول به مصالح به کار رفته در ساختمان و میزان رادون در طبقات زیرین خاک بستگی دارد. ترکیب خاک در زیر و اطراف خانه بر مقادیر (میزان) رادون اثر گذارده و به راحتی می توان میزان ورود رادون به درون خانه را کاهش داد.

میزان رادون معمولاً در زیر زمین و اتاقهای زیرزمینی که در تماس با خاک هستند بالا است، فاکتورهایی نظیر طراحی، مصالح و تهویه خانه در مسیر عبور رادون و منابعی که باعث ورود رادون به محیطهای بسته می شوند مؤثرند ، منابع دیگر رادون در محیطهای بسته ممکن است هوای آزاده شده از آبهای جاری در هنگام استحمام و سایر مصارف خانگی باشد. در مقام مقایسه با میزان ورود رادون از خاک ، میزان رادون وارد شده از طریق آب، در اکثر موارد، منبع ناچیزی از خطر را در بر می گیرد.

3. پرتوگیری از طریق رادون

پرتوگیری از طریق رادون عموماً در دو مکان صورت می پذیرد.

الف) خانه ها و ساختمانها

ب) معادن زیر زمینی

پرتوگیری افراد ناشی از ترکیب تمام فعالیتهای مربوط می بایست تابع حدود دز یا کنترل ریسک ناشی از پرتوگیریهای بالقوه باشد. این حدود می بایست در حد اطمینانی تعیین شوند که هیچ فردی در معرض ریسکهای ناشی از پرتو قرار نگیرد. از این رو برای ارزیابی و کنترل پرتوگیری های ناشی از رادون می بایست حدود دز مشخص گردند. برای تعیین حدود دز دو روش وجود دارد.

روش اول بر اساس اطلاعات اساسی موجود اپیدمولوژیکی استوار است این اطلاعات رابطه ای بین پرتوگیری کلی از محصولات حاصل از واپاشی رادون و ریسک افزایش سرطانهای ریه بدست می دهد .

در روش دوم با استفاده از مدلهای تفننی مختلفی ، محاسبات دزیمتر یکی انجام یافته و رابطه بین میزان ورود یا پرتوگیری ناشی از محصولات حاصل از واپاشی با نیمه عمر کوتاه رادون و دز معادل موثر برای نقاط مختلف ششها بدست آمده و پس با در نظر گرفتن در سالیانه دز موثر ، حدودی را برای غلظت رادون و محصولات حاصل از واپاشی آن مطرح می نمایند.

4. انتقال رادون

انتشار رادون به صورت اجتناب ناپذیر صورت می گیرد، حتی اگر میزان آن محدود باشد. جریان پر فشار بستگی به تغییرت فشار دارد که ممکن است در یک موقعیت داده شده وجود داشته یا نداشته باشد. در هر صورت اثرات انتشار بیش از اثرات حاصل از تغییرات می باشد . حرکت انتشاری در زمین به وسیله مقدار فضای موجود که خود وابسته به مقدار خلل و فرج موجود در خاک و سنگ می باشد کنترل می گردد. به طور کلی تخلخل بیشتر باعث انتقال از طریق انتشار می گردد.

مکانیسمهای انتقال پر فشار در داخل زمین بستگی به پدیده های ژئو شیمیایی و ژئو فیزیکی مثل زلزله، آتشفشان، اکتشاف نفت و اورانیوم ، سه رکن اصلی عبارتند کاز : انتشار گاز ، فشارها و جابه جایی سیال، گازها می توانند در مناطق نفتی آزاد گردند، همچنین در مناطق گرم مثل آتشفشانها تولید و پر فشار گردند و یا در اثر فشارهایی که به علت زلزله ایجاد می گردد به وجود آیند و این تغییرات فشار باعث جاری شدن سیالات در داخل زمین می گردد. چنین جریاناتی باعث ایجاد نشانه هایی از وجود اورانیوم در اعماق خیلی زیاد می باشد که موجب آشکار شدن سنگ معدن در اثر انتشار رادون می گردد.

5.روشهای کاهش رادون در محیط های سربسته

رادون موجود در خاک به علت اختلاف (گرادیان) فشار بین هوای منازل و هوای محبوس در خاکها و سنگها وارد منازل می شود.اگر چه ایزوله کردن درزها و دیگر مجاری در پایه ساختمان راه اصلی در جهت کاهش رادون است ولی ایزوله کردن نیز کردن نیز به تنهایی سفارش نمی شود. بهترین راه انجام همزمان آن به همراه تکنیکهای دیگر کاهش برای افزایش اثر است.

معمولی ترین تکنولوژی کاهش رادون ، مجراهای کاهش دهنده یا صفحه های کوچک مکش نامیده می شود. روش مجراهای کاهش دهنده ، هوای سرشار از رادون را از کف پایه های ساختمانی جمع آوری کرده و با استفاده از یک فن نصب شده به بیرون از خانه کشیده شده است.

روش مشابه ، غشا های زیرین کاهش دهنده است که در ساختمانهایی که دارای فضاهای خالی یا زیر زمین در طبقات زیرین هستند، موثر است. در این روش از یک حصار پلاستیکی بالای خاک به عنوان ورقه (پوشش) گرد آورنده (جاذب) استفاده می شود.

روش دیگر ، جهت جلوگیری از ورود رادون به منازل، دیوارهای بلوکی کاهش دهنده است که به عنوان یک فن و یک لوله توخالی جهت مکش به درون فضای خالی حفره ای دیواره های چسبیده به هم عمل می کند با نگهداشتن فشار هوا در درون این بلوکها کمتر از فشار در زیر زمین، گاز متصاعد از خاک قبل از ورود به زیر زمین از بین برده می شود.

هم اکنون سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا راهنماییهای تکنیکی بسیار موفقی که جهت کاهش خطرات سلامت انسانها در خانه ها ارائه کرده است و انجام، روشهای اندازه گیری، کاهش و جلوگیری از ورود رادون را در ساختمانهای بزرگ و مدارس نیز توصیه کرده است. داده های جمع آوری شده در سطح ملی نشان داده است که خطر رادون در ساختمانهای بزرگ کمتر از منازل مسکونی است.

6. روشهای حفاظت ساختمانها در برابر رادون

قبل از این که ساختمانها ساخته شود باید تحقیقات جامعی در مورد زمین شناسی منطقه، جنس خاک و میزان موارد رادیو اکتیو صورت پذیرد. بعد از انجام تحقیقات اولیه رعایت نکات زیر در ساخت خانه و یا هر ساختمانی می تواند در امر حفاظت ساختمان موثر باشد.

- جهت جلوگیری از نفوذ گاز رادون از سطح خاک زیرین ساختمان به داخل آنها باید غشاء مقاوم در برابر گاز رادون (از جنس پلی اتیلن و سایر مواد با انعطاف پذیری مشابه) در کف ساختمان نصب شود که این غشا باید تمام سطح زمین را پوشانیده و حتی اطراف تمام لوله ها ، سیمها و روزنه ها را هم بپوشانند.
- در ساختمان از مواد ساختمانی استفاده شود که مقاومت لازم را در برابر نفوذ گاز رادون داشته باشند. (بتن مسلح)
- استفاده کردن از سیستمهای کنترل کننده میزان گاز رادون مثلاً احداث یک شبکه زیر زمینی افقی فشار گیری با داشتن چاهک جمع آوری رادون و خط لوله مربوط به آن به اضافه یک لوله تهویه و یک فن هواده که در نزدیکی لبه پشت بام نصب می شود و دارای یک سیستم بهره برداری هشدار هنده از نظر سکونت و رفت و آمد است. در انتهای لوله تهویه هم قسمت باز انتهایی وجود دارد که در بالاترین نقطه ساختمان نصب شود.

- به عنوان یک آلترناتیو می توان از یک سیستم کنترل کننده زیر زمینی تحت فشار با انرژی موثر زیاد که دارای یک لوله تغذیه هوا و یک سیستم بهره برداری هشدار دهنده در فضای شلوغ و در نهایت قسمت سرباز انتهایی می باشد ، استفاده کرد.
- عاقکاری دیوارهای بالای سطوح زمین به صورت مطلوب تا از ورود گاز رادون جلوگیری شود شامل

الف) بستن تمام حفره های دیوار مخصوصاً قسمتهای چوبی و فولادی

ب) استفاده از آستر خشک داخلی برای دیوارهای سنگی

ج) استفاده از سیستمهای عایق داخلی

د) تهویه طبیعی کافی در تمام فضاهای ساختمان

1.6. پاکسازی هوا از رادون

پاکسازی هوا به عنوان یک وسیله اصلاحی هوای تهویه شده ، روش دیگری برای کنترل میزان غلظت رادون است. این عمل بیشتر در مقیاس خیلی کوچک صورت می گیرد و در مقیاس بزرگ دارای صرفه اقتصادی نیست.

از این رو در بیشتر ساختمانها محصولات حاصل از واپاشی رادون و گرد و غبار توسط روشهای سیستمهای تهویه ای هوا قابل خارج کردن هستند، اگر چه فیلتراسیون و رسوب الکترواستاتیکی موثرتر می باشند زیرا ذرات با اندازه های کوچکتر را نیز شامل می شوند.

پاکسازی هوا یک وسیله اصلاح کننده هوای تهویه شده است که در بیشتر معادن زیر زمینی استفاده می شود، برخی کوششها جهت خارج کردن گاز رادون از هوای معدن صورت گرفته است. اما خروج موثر گاز رادون در مقیاس بزرگ خیلی مشکل می باشد.

هر دو روش فوق دارای نتایج خوبی در عرض چند دقیقه هستند، پاکسازی هوا برای اصلاح جریان هوای هر دو سیستم تهویه اولیه و هم شاخه های انتخاب شده سیستمهای ثانویه کاربرد دارد. اما اگر تمامی رادون و محصولات حاصل از واپاشی آن کاملاً حذف گردند. غلظت آنها در هوای ساختمانها به دلیل وجود گرادیان فشار بین هوای ساختمانها و هوای موجود در خاک بلافاصله افزایش خواهد یافت و این امر موجب می شود که در راندمانهای خیلی کمتر از 100% در بهینه سازی پاکسازی هوای انجام شده تأثیر بگذارد.

تاثیر پاکسازی هوا در معادن مختلف، نتایج متعددی خواهد داشت، که این امر به غلظت رادون و محصولات حاصل از واپاشی رادون بستگی دارد. فاکتورهایی چون میزان راندمان سیستم پاکسازی هوا و فاصله زمانی بین پاکسازی هوا و استفاده از هوای اصلاح شده نیز باید در نظر گرفته شود.

7. بحث و نتیجه گیری

همانطور که بیان شد در حال حاضر آلودگی هوای داخل ساختمان علی الخصوص بحث رادون اهمیتی فراوانی در این کشورها پیدا کرده است چون آمارها نشان می دهد موارد مشکلات سلامتی ناشی از آلودگی هوای داخل خانه ها افزایش یافته است. به نظر می رسد وقت آن رسیده است که در مناطقی که احتمال وجود مواد رادیو اکتیو (حتی به مقدار جزئی) در آنها وجود دارد مطالعات گسترده ای صورت بگیرد و در صورتی که میزان آلودگی رادیو اکتیو علی الخصوص انتشار گاز رادون بیش از حد مجاز باشد از ایجاد مناطق مسکونی جلوگیری شود.

پیشنهاد می شود در این مناطق حداقل به مدت یک سال اندازه گیری گاز رادون انجام شود تا میانگین سالیانه آن مشخص شود. با توجه به میزان گاز رادون مشخص شده، توسط سازمانهای مربوطه مواد ساختمانی لازم جهت محافظت کامل ساختمان تعیین شود. همچنین تکنیکهای ساده حفاظت ساختمان در برابر رادون که مناسب کشور ما می باشد، مثل احداث یک لایه نفوذ پذیر در کف ساختمان برای تجمع گاز رادون و احداث یک لایه بتن مسلح با ضخامت لازم بر روی لایه اولی و استفاده از یک لوله تهویه که از زیر زمین تا پشت بام امتداد داشته باشد و ... مورد توجه قرار گیرد. بدیهی است پروانه ساخت در قبال تعهد به ساخت ساختمانی با خصوصیات فوق ، به افراد داده خواهد شد. آنچه مسلم است آگاهی از عواقب عدم انجام حفاظت لازم در ساختمان مثل هزینه بالای درمان سرطان ریه، لوسمی و ... و همچنین آگاهی از هزینه کم انجام تکنیکهای حفاظت ساختمان در برابر رادون در مقابل هزینه های فوق می تواند مشکلات بوجود آمده در این مورد را تسهیل کند.

8. منابع ومراجع

1. *فتح آبادی . نسرین ، اندازه گیری میزان رادون و و دختران آن در معادن ایران . پایان نامه کارشناسی ار شد بهداشت حرفه ای ، دانشگاه علوم پزشکی تهران ، دانشکده بهداشت وانستیتو تحقیقات بهداشتی ، 1379*
2. *. مختاری،مهدی، مصباح . اشرف السادات ، راههای جلوگیری از ورود رادون به ساختمان ، چهارمین کنگره کشوری بهداشت محیط ایران ، 1381*
3. *. United Nations, "SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION" . United Nations Scientifics committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) , 2000 Report to the General Assembly , with Scientific Annexes , New York , (2000)*
4. *9. Eisenbud . M. "Environmental Radioactivity From Natural, Industerial, and Military Sources" . Third edition , Academic Press ,Inc,New York , (1997).*

5. *11.International Commission On Radiological Protection . "Protection against Radon-222 at Home and Work " . Annals of ICRP 22(2) . ICRP Publication 65 . Pergamon Press , Oxford (1993) .*
6. *"A Cohort Study In Southern China of miners exposed to radon and radon decay product". Health phys.64,120-131*
7. *.National Reasearch Concil(NRC)."Comprative Dosimetry of radon in mines and homes " .National Academy Press ,Washington D.C.(1991).*
8. *Http://www.aaawatertesting.com/all about radon.pdf*
9. *Http://epa.gov/radon/engineering control methods.pdf*
10. *Http://epa.gov/radon/strategy requirement for determination of radonprogeny exposures.pdf*
11. *Http://www.epa.goviaq/radon/pubs/physic.html*
12. *Http://www.arxiv.org/ftp/physics/papers/212/02/2/05.pdf*

رادون در پزشکی

جدیدی، محترم
کارشناس ارشد سازمان مرکزی دانشگاه پیام نور
mohtaramjadidi@yahoo.com:

چکیده

در این مقاله سعی شده موارد کاربرد رادون در پزشکی مطرح شود و مزایای این روش در درمان بعضی از بیماریها نسبت به حالت درمان با دارو بیان شود.

واژگان کلیدی:

رادون، رادون تراپی
Radon, Radon therapy

Radon in Medical

Mohtaram jadidi
University:payam noor
mohtaramjadidi@yahoo.com E-mail:

Abstract: In this paper will told application of Radon in medical and advantage this maner to treatment by drug.

مقدمه

رادون با نماد شیمیایی Rn عنصری رادیو اکتیو، بی رنگ ، بی بو ، بی مزه و گاز بی اثر است. پایدارترین ایزوتوپ آن، Rn 222، دارای نیمه عمر 3.8 روز است. رادون به عنوان بخشی از زنجیره فروپاشی طبیعی رادیواکتیو از اورانیوم شکل گرفته است. از آنجا که اساسا اورانیوم در پوسته زمین وجود دارد بنابراین رادون در غلظت کم تقریبا در سنگ و خاک یافت می شود. در نتیجه رادون بزرگترین منبع طبیعی پرتو زاست.

در واقع ایزوتوپ رادون - 220 در سال 1899 توسط دانشمند بریتانیایی روبیدیوم اونس و دانشمند زلاند نو ارنست رادرفورد اولین بار مشاهده شد.

فریدریش شیمیدان آلمانی در سال 1900 رادون – 222 را کشف و نام آن را رادیوم گذاشت.

شرح و بحث:

اولین آزمایش استفاده ازرادیو ایزوتوپ در تصویربرداری توسط بلومگارت (Blumgart) و وایس (Weiss) در سال 1927 کمک یک اتاقک ابری و رادون تزریقی انجام گرفت. اگر چه رادون در غلظت بسیار زیاد باعث بروز سرطان ریه است و تهدیدی برای سلامتی محسوب می شود، اما جامعه

پزشکی در سال 1984 به تاثیر رادون در درمان برخی از بیماریها پی برد. پزشکان از رادون در رادیو تراپی استفاده می نمایند. رادون به صورت تجاری برای استفاده در پرتو درمانی تولید شده است.

رادیو تراپی یا پرتودرمانی در واقع استفاده از خصوصیات تابشی پرتوهای یونیزه برای درمان یا کنترل بیماری سرطان است. پرتوهای یونیزه شامل پرتوهای یونیزه مستقیم مانند ذرات باردار (الکترون و ذرهٔ آلفا) و یونیزه غیر مستقیم مانند ذرات بدون بار(فوتون و نوترون) می باشد.

این پرتوها دربرخورد با محیطهای مادی سبب ایجاد یونیزاسیون و یا برانگیختگی اتمهای محیط می شوند. برهم کنش فوتون با محیط می تواند شامل فوتوالکتریک، کامپتون و یا تولید زوج باشد.

این ذرات پس از ورود به محیط مادی و بر همکنش با آن، انرژی آزاد می کنند و کار اصلی متخصص فیزیک پزشکی با توجه به مهارتهایی که در این زمینه کسب می کند این است که مدت زمان تابش و یا زاویهٔ تابش را طوری تعیین کند که ماکزیمم این انرژی های آزاد شده در محل تومور قرار گیرد و از طرفی کمترین آسیب به بافتهای سالم و حیاتی اطراف هدف تومورال برسد.

با این حال از جنبه های مختلف ممکن است اثرات درمانی اولویت در درمان نوع خاصی از بیماری شود.

این بیماریها عبارتند از:

1- سرطانها: یکی از موارد مصرف رادون در براکی تراپی یا درمان از فاصله کوتاه است. براکی تراپی نوعی روش درمانی است که در آن منابع رادیواکتیو پوشش دار برای تولید پرتویونیزان در فاصله کوتاه به صورت داخل بافتی (، داخل حفره ای و یا بر روی سطح مورد نظر مورد استفاده قرار می گیرند. با این روش درمانی می توان یک دوز تابشی بالا به صورت متمرکز به تومور رساند به گونه ای که افت سریع دوز در بافتهای سالم اطراف تومور ایجاد شود.

2- بیماریهای قلب و عروق: درمان با ماده رادیو اکتیو تغذیه عضله قلبی را بهبود می بخشد ، فشار شریانی را طبیعی کرده ضربان قلب را کاهش و حجم دقیقه از خروجی قلب را افزایش می دهد و سکته مغزی را کاهش می دهد.

3- بیماری های دستگاه گوارش: آب آشامیدنی که در آن رادون وجود دارد پوشش مخاطی معده را برداشته و به روش بازسازی فعال (بازیابی) ، سبب تسریع بهبود زخم معده و روده شده و معمولا اسیدیته معده را کاهش می دهد.

4-بیماری های دستگاه عصبی: رادون که اثرات ضد درد دارد به کاهش التهاب عصب کمک کرده و سرعت بازسازی فیبر های عصبی را افزایش می دهد. همچنین درمان با ماده رادیو اکتیو دارای اثر آرام بخشی قوی روی سیستم عصبی مرکزی می باشد.

5-بیماری های سیستم عضلانی: در صورت بروز بیماری های سیستم عضلانی، رادون در کاهش فرآیندهای التهابی و افزایش تحرک در مفاصل مصدوم، و همچنین کاهش سندرم درد نقش دارد.

6-بیماریهای ارولوژی: در بیماران مبتلا به بیماری های ارولوژی رادون خاصیت ضد التهاب ، ضد درد ، وسبب مهار رشد باکتری ها شده و سطح اسید اوریک را در خون کاهش می یابد.

7- رادون درمانی مقاومت ارگانیسم های بدن را در برابر بیماری های عفونی افزایش می دهد.

روشهای درمان با رادون عبارتند از استخر رادون، حمام ترکیبی با استفاده از آب موجود در ماده رادیو اکتیو ، رادون در آب آشامیدنی، تزریق رادون، اتاقک رادون که اتاق تولید و نگهداری بهینه رادون برای درمان طیف گسترده ای از بیماری است. در اتاقک ها در تیوپهای بلندی که ذرات طلا وجود دارد از یک منبع رادیوم رادون را پمپ می نمایند. لایه طلا رادون در درون خود نگه داشته و اشعه آلفا و بتا را فیلتر کرده و اشعه گاما را عبور داده که این اشعه برای کشتن بافت بیمار استفاده می شود.

بنابراین با توجه به کارآیی رادون در درمان بیماری های مختلف منابع رادون نیز متفاوت است.

نتیجه گیری

رادیوتراپی به عنوان یکی از روشهای درمان سرطان دارای مزیتهایی است. یک مزیت عمده آن این است که دوزیمتری تشعشع بر پایه فیزیک بنا نهاده شده است. دهها سال کار مداوم در زمینه فیزیک تشعشع، رادیوتراپی را دارای جایگاهی بی نظیر و محکم در میان سایر تخصصهای پزشکی نموده است. امروزه برای تک تک بیماران رادیوتراپی، پلانهای درمانی جداگانه ای توسط سیستمهای کامپیوتری تنظیم می شود که میزان دوز جذبی مورد نیاز را با توجه به حجم درمانی و اندامهای بحرانی محاسبه می کند. اما در درمان با روشهای دارویی یا عوامل بیولوژیکی همچنان تلاشها برای رسیدن به کمیتهای قابل مقایسه ادامه دارد. مزیت دیگر روش رادیوتراپی، عبور تشعشع از مناطق بدون جریان خون یا جابجایی فعال سلولهاست .چنین مناطقی در روشهای درمانی دارویی از دسترسی به داروهای مورد نظر محروم می مانند. سومین مزیت رادیوتراپی نسبت به روشهای دارویی این است که در درمانهای دارویی پس از مدتی استفاه از دارو، بافتهای مورد نظر نسبت به دارو مقاوم می شوند. چنین حالتی در رادیوتراپی بسیار کم رخ می دهد.

منابع

1-www.wekipedia
2-radon.nt.com
3- radontherapy center .com
.org www.radonleaders4-
5-Persian radiology information network

بررسی اثرات مضر گاز رادون بر شاغلین صنایع استخراج و فرآوری اورانیوم

جواد شیرازی*[1]، مریم هداوند خانی[2]، محمد براتی

1- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، سرپرست واحد ایمنی و فیزیک بهداشت مجتمع معدنی و صنعتی اورانیوم بندرعباس(shirazijavad172@gmail.com)

2- کارشناس ارشد آموزش بهداشت (maryamhadavandkhani912@gmail.com)

3- کارشناس بهداشت محیط ، دانشجوی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد

مقدمه:

بنابر گزارش سازمان جهانی بهداشت، گاز رادون دومین عامل ابتلا به سرطان ریه می‌باشد. بی تردید یکی از مهمترین خطرات تهدید کننده عموم افراد بویژه معدنچیان شاغل در صنایع استخراج و فرآوری اورانیوم ، وجود گاز رادون است که اصولاً این گاز از انواع سنگهای ماگمایی خروجی و درونی تولید و ساطع می گردد.

مواد و روش کار: این بررسی نوعی پژوهش مروری بوده که با استفاده21 منبع کتابخانه‌ای و مقالات به چاپ رسیده تنظیم گردیده است.

یافته‌ها: مجموع پرتوگیری سالانه هر فرد از منابع طبیعی پرتوزا درحدود 3/ 6 میلی سیورت در سال می‌باشد که 55 درصد از این نوع پرتوگیری طبیعی هر فرد در طول سال ناشی از وجود گاز رادون می‌باشد. براساس گزارش سازمان حفاظت محیط زیست(EPA) در ایالات متحده هر سال 160000 از مردم بر اثر ابتلا به سرطان ریه جان خود را از دست می‌دهند که مرگ 19000 نفر ناشی ازگاز رادون موجود در هوا می‌باشد و درحدود 160 نفر براثر وجود گاز رادون درآب می‌میرند و سایر افراد در اثراستنشاق دود سیگار به این سرطان مبتلا و جان خود را از دست می دهند. کاهش تعداد پلاکت های خون، لکوپنی و انمی از جمله بیماری های ناشی از کار در معادن اورانیوم است.

بحث و نتیجه گیری:

هر چند گاز رادن حدود دو سوم تابش زمینه را در بر می‌گیرد ولی براحتی قابل اندازه گیری و در صورت نیاز قابل کاهش است. ارزیابی میزان گاز رادون در ساختمانهای مسکونی و مکانهای عمومی و بالاخص در صنایع استخراج و فرآوری اورانیوم بعنوان اولین قدم جهت کاهش ریسک سلامتی است. استفاده از سیستم های تهویه مناسب، فیلترهای های جاذب گاز، رفع آلودگی به موقع

تجهیزات و سطوح ، چرخشی نمودن فعالیت ها و پایش و مانیتوریمگ مداوم از جمله فعالیت هـایی است که می تواند در کاهش دوز دریافتی پرتوهای یونیزان موثر مواقع شود.

کلید واژه ها: *گاز رادون، اورانیوم، سرطان ریه، EPA*

Survey Impacts of Radon on Uranium Mining and Processing Industrie's Workers

MS;Javad shirazi
MS;Maryam Hadavand khani.
MS;Mohammad Barati

.

Introduction & Objectives :
According to word health organization radon is the second of lung cancer. It's definitely one of the most important hazardous factors for people specially for miners who work in uranium extraction and processing .This gas is produced and diffusised of magmai stone

Methods:

This survey is a kind if review on published 21 library sourcase and articles.

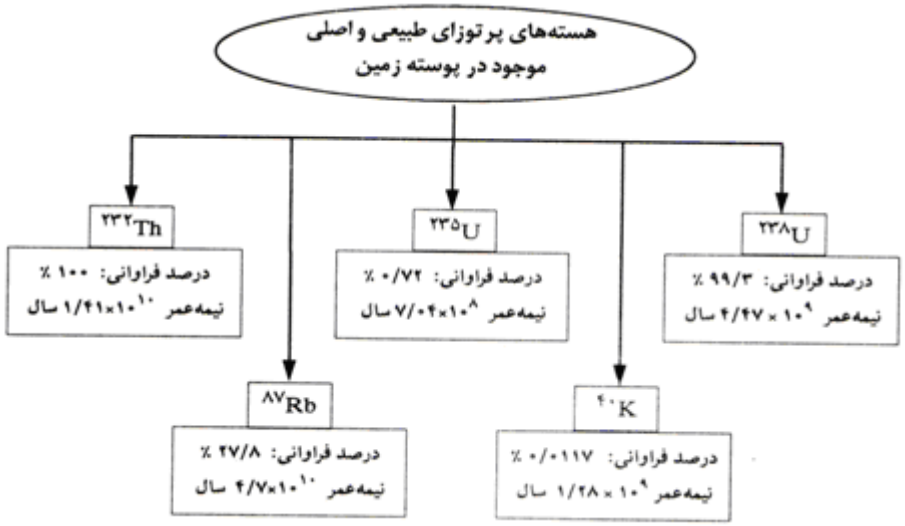
Results:
All of radition that received each person as natural radition sourse is near to 3.6ms per year that 55 percent this natural radiation for every one each year is for radon. According to Environmental Protection Agency (EPA) in the united states each year 160000 people die because of long cancer .19000 die people because of radon in the air. And 160 dies are for radon in water and for respiration of cigarette smoke.Decease of blood plackets, Aplastic Anemia. are same of illnesses caused by working in uranium mine.

Discussion & Conclusion :
Although radon is near two third background radition ,it's easily measour able reduct able if there is any need, Range assessment radon in houses and public places specially in elication and prcessing urinom indastris is the first step for decresing health risk. Using of proper ventilation, gas absorbing filter . decontamination of surface and device and management of shifting acts. Continuous monitoring is effective activation that can case decreation of received dose of iron beam.

Key words: radon. Uranium, lung cancer, EPA

مقدمه :

مواد پرتوزای زمین که قدمت آنها به زمان شکل گیری زمین بر می‌گردد ، رادیونوکلوئیدهای نخستین نامیده می شوند و محصولات واپاشی انها بزرگترین منبع پرتوزایی زمین است. منابع پرتوزای طبیعی موجود در معادن در نمودار زیر نشان داده شده است.



نمودار1: درصد فراوانی هسته های پرتوزای طبیعی و اصلی موجود در طبیعت زمین

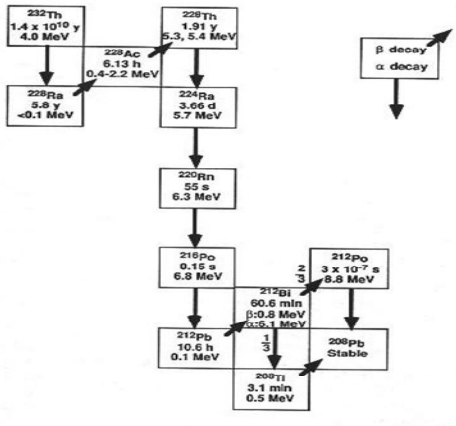
دوز ناشی از رادیونوکلوئیدهای نخستین مربوط به پرتوگیری خارج بدن ، استنشاقی و رادیونوکلوئیدهای داخل بدن است. گاز رادون از مهمترین منابع پرتوگیری استنشاقی گازهای پرتوزای طبیعی است. از مجموع پرتوگیری سالانه هر فرد از این منابع طبیعی که درحدود $3.6msv/year$ می‌باشد. % 55 از پرتوگیری طبیعی هر فرد در طول سال ناشی از وجود گاز رادون است. تقریباً تمام انواع سنگ ها و خاکها بواسطه در برداشتن درصدهایی از کانی های پرتوزا تولید کننده گاز رادون می‌باشند.

جدول 1- میزان پرتوزایی هسته های پرتوزای طبیعی در نمونه های مختلف

نوع ماده	^{۲۳۸}U		^{۲۳۲}Th		^{۴۰}K	
	(ppm)	mBq/g*	(ppm)	mBq/g	(ppm)	mBq/g
گرانیت	۴/۷	۶۳	۲/۰	۸	۴/۰	۰/۱۱۸
ماسه‌سنگ	۰/۴۵	۶	۱/۷	۷	۱/۴	۰/۰۴۱
سیمان	۳/۴	۴۶	۵/۱	۲۱	۰/۸	۰/۰۲۴
بتون سنگ آهک	۲/۳	۳۱	۲/۱	۸/۵	۰/۳	۰/۰۰۹
بتون ماسه سنگ	۰/۸	۱۱	۲/۱	۸/۵	۱/۳	۰/۰۳۸
دیوار پیش‌ساخته خشک **	۱/۰	۱۴	۳/۰	۱۲	۰/۳	۰/۰۰۹
انیدرید ساخته شده (سنگ گچ)	۱۳/۷	۱۸۶	۱۶/۱	۶۶	۰/۰۲	۰/۰۰۰۶

:

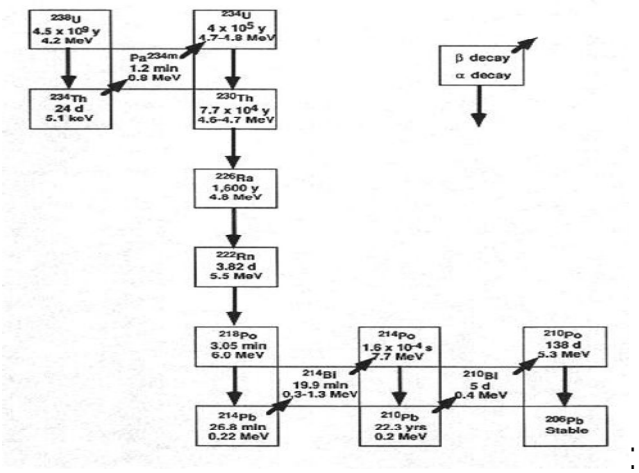
عنصر پرتوزای رادون دارای ایزوتوپ های مختلف می باشد $Rn_{219}, R_{220}, R_{222}$. فراوانترین آنها ایزوتوپ رادون 222 است که دارای نیمه عمری حدود 3/8 روز در خانواده اورانیوم- رادیوم بوده در حالی که رادون220 از خانواده توریوم با نیمه عمری حدود 54 ثانیه بنام تورون تجزیه می-گردد.(نمودار 1-2-3)



نمودار1- زنجیره واپاشی ^{232}Th

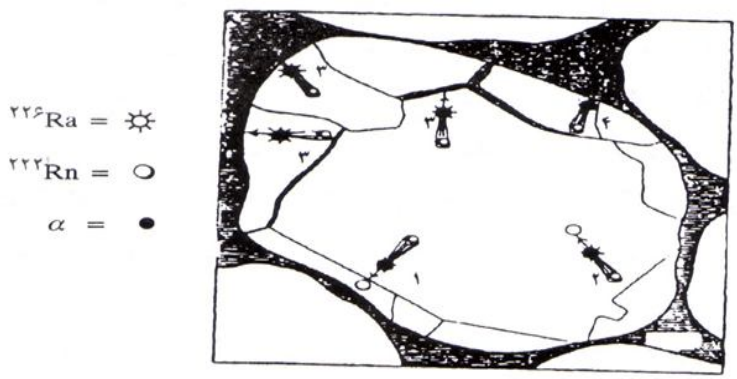
Atomic Number	Element	U-235 Series				
92	Uranium	U-235 7.04 x 10^8 yrs				
91	Protactinium		Pa-231 3.25 x 10^4 yrs			
90	Thorium	Th-231 25.5 hrs		Th-227 18.7 days		
89	Actinium		Ac-227 21.8 yrs			
88	Radium			Ra-223 11.4 days		
87	Francium					
86	Radon			Rn-219 3.96 sec		
85	Astatine					
84	Polonium			Po-215 1.78 x 10^3 sec		Po-211 0.516 sec
83	Bismuth				Bi-211 2.15 min	
82	Lead			Pb-211 36.1 min		Pb-207 stable lead (isotope)

نمودار2- زنجیره واپاشی ^{235}U :



نمودار3- زنجیره واپاشی ^{238}U

رادون گازی است سنگین که پخش آن در خلال شکستگیها و شکافها به طرف سطح سبب ایجاد ناهنجاریهایی می‌گردد که بصورت آنومالیهای رادون قابل آشکار شدن است. در طبقات غیر قابل نفوذ از قبیل مواد رسی و مارنی که حرکت گاز رادون بطرف بالا صورت می پذیرد بستگی به اختصاصات فیزیکی و مکانیکی خاک از قبیل تخلخل و نفوذ ناپذیری و خواص موئینه ای آن دارد. اصولاً از انواع سنگهای ماگمایی خروجی و درونی تولید و ساطع می گردد.
نحوه تشکیل و آزاد شدن گاز رادن در دیاگرام زیر نمایش داده شده است:



شکل 2- ساز و کارهای مختلف آزاد سازی اورانیوم

1. هنگام واپاشی رادیم، اتم رادُن به همراه یک ذره آلفا تشکیل می گردد. انتشار ذره آلفا سبب پس زدن رادُن در جهت مخالف شده و اتم رادن به کریستال مجاور انتقال مییابد.
2. اتم رادُن در کریستال جابجا می شود.
3. و 4- اتم رادُن از کریستال بطرف شکاف های ریز یا منافذ مجاور حرکت میکند. فرض بر این است که پس از آن، حرکت رادن بواسطه انتشار صورت می گیرد.

همانگونه که در زنجیره واپاشی گاز رادون مشاهده می‌شود تعداد ذرات آلفای گسیل شده در این زنجیره زیاد است و با توجه به اینکه ذره α یکی از خطرناکترین ذرات حاصل از واپاشیها به حساب می‌آید لذا این گاز به عنوان یکی از گازهای رادیواکتیو خطرناک به حساب می آید به همین علت اندازه گیری گاز رادون موجود درطبیعت یکی از مهمترین وظایف سازمانهای مربوط به این امور و کلیه سازمانهایی که به نوعی با مواد رادیواکتیو و اثرات آنها بروی انسانها به نوعی سروکار دارند، از جمله سازمان حفاظت محیط زیست[11] می باشد.

گاز رادون طبیعی به دو صورت گاز موجود در هوا و رادون موجود در آب وجود دارد. رادون موجود در هوا از طریق استنشاق وارد بدن انسان شده وچنانچه مقدار آن در محیط بالاتر از حد استاندارد باشد به انسان آسیب می رساند از جمله اینکه با قرار گرفتن بروی کیسه های هوایی در ششها وساطع کردن ذرات آلفا موجب ابتلا به سرطان ریه می‌شود . رادون موجود در آب نیز در اثر نفوذ به داخل بدن و جذب در ارگانیسمهای مختلف بدن می تواند عوارض مختلفی را به همراه داشته باشد.در تمام موارد که از وجود گاز رادون صحبت می شود به طبع دختران آن نیز در پی وجود خود گاز رادون مطرح می شوند و آثار ونتایج بدست آمده ناشی از کل زنجیره شکافت می باشد. مهمترین عامل پرتوگیری در معادن خصوصا معادن زیر زمینی استنشاق گاز رادن و محصولات واپاشی آن می باشد

بر اساس استاندارد ICRP(کمیته بین المللی حفاظت در برابر اشعه) حد بحرانی مقدار گاز رادون ودختران آن درهوا ($30\,pci/lit(1100\,Bq/m^3$)و ماکزیمم حد مجاز غلظت آن درهوا بر اساس استاندارد EPA ($4\,pci/lit(147\,Bq/m^3$) می باشد. بنابر گزارش سازمان جهانی بهداشت بعد از سیگار این گاز دومین عامل ابتلا به سرطان ریه می باشد.

ریسک خطرسرطان ریه برای محیطی با آلودگی گازرادن $4\,pci/lit$ با در نظر گرفتن میانگین طول عمر 74 سال برای افراد غیرسیگاری بین $0.5-1\%$ براساس تحقیقات EPA می‌باشد. البته برای مناطق شهری که معمولاً مناطقی با اکتیویته بالا نیستند مقدار غلظت این گاز در حدود $0.7-1.5PCi/lit$ می‌باشد، که ریسک ابتلا به سرطان با این مقدار برای افراد سیگاری بین 1 تا 2 درصد می‌باشد.

براسا س گزارش EPA درایالات متحده هرسال 160000 ازمردم بر اثر ابتلا به سرطان ریه جان خود را از دست می‌دهند که مرگ 19000 نفر ناشی از گاز رادون موجود درهوا می‌باشد و

Environment Protection Agency (EPA)

درحدود 160 نفر براثر وجود گاز رادون درآ ب می‌میرند و سایر افراد در اثر استنشاق دود سیگار به این سرطان مبتلا و جان خود را از دست می دهند.

بحث و نتیجه گیری: از آنجایی که گاز رادون یک گاز پرتوزا، سنگین، بی بو و بی رنگ است و دارای نیمه عمر نسبتاً پایینی است و سریعاً به عناصری که بنیان جامد دارند واپاشی می کند ضروری است از سیستم های تهویه ترقیقی جهت کاهش غلظت این گاز استفاده نم،د. حتی المقدور در هنگام ساخت مسکن از مصالحی که کمتر دارای مواد پرتوزا هستند استفاده شوند.

منابع:

1) Citizen's Guide to Radon, US EPA,1992
2) report from the National Academy of Sciences
3) EPA 1992 and recent NAS report
4)High level of natural radiation ,Iran,1990
5) High level of natural radiation and radon areas,Germany,2004
6)safety series,no.90,IAEA
7). غیاثی‌نژاد، مهدی و کاتوزی، مهران، دروس عمومی حفاظت در برابر اشعه، جلد اول، چاپ سوم، انتشارات سازمان انرژی اتمی، 1382
8) هرمان سمبر، ترجمه: ابوکاظمی، ابراهیم، آشنایی با فیزیک بهداشت از دیدگاه پرتوشناسی، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ اول، 1371.
9) خراسانی، زهرا، آشنایی با فیزیک بهداشت، چاپ اول، انتشارات سازمان انرژی اتمی تهران، 1370.
10) قنادی‌مراغه، محمد، روشهای آزمایشگاهی رادیوایزوتوپها، چاپ دوم، 1386.

مقایسه روشهای نمونه برداری و سنجش نرخ آزاد سازی گاز رادون

جواد شیرازی*[1]، مریم هداوند خانی[2]، محمد براتی[3]

1-کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، سرپرست سابق واحد ایمنی و فیزیک بهداشت مجتمع معدنی و صنعتی اورانیوم بندرعباس
(shirazijavad172@gmail.com)

2-کارشناس ارشد آموزش بهداشت (maryamhadavandkhani912@gmail.com)

3-کارشناس بهداشت محیط، دانشجوی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد

مقدمه: بی‌شک یکی از مهمترین عوامل مخاطره آمیز در صنایع معدنی استخراج، فرآوری و غنی سازی اورانیوم، مواجهه کارگران با گاز رادون و دختران آن است. نمونه برداری و سنجش گاز رادون و دختران آن بعنوان اولین گام جهت فهم نرخ آزاد سازی گاز رادون و میزان مواجهه کارگران،محسوب می‌گردد.

مواد و روش کار: این بررسی نوعی پژوهش مروری بوده که با استفاده15منبع کتابخانه ای تنظیم گردیده است.

یافته‌ها: روشهای نمونه برداری از رادون طوری طراحی شده‌اند که یا رادون و محصولات ناشی از تلاشی آنرا تشخیص می‌دهد یا مبنایی برای آشکار سازی ذارات آلفا می باشد. سه نوع روش نمونه برداری کلی موجود است. نمونه برداری کوتاه مدت، مداوم و گراپ (آنی). متداول ترین روش روش نمونه برداری کوتاه مدت می باشد و شامل استفاده از کانتینرهای زغال فعال و آشکار سازهای ردیاب آلفا می باشد. از این روش معمولاً برای اندازه گیری با هدف غربالگیری استفاده می‌شود. برای اندازه گیری مقایسه ای در مکانهای مختلف یک ساختمان یا سایر اماکن استفاده از غربالگیری کوتاه مدت مناسب است. نمونه برداری مداوم با استفاده از دستگاههای سنجش در مدت زمان طولانی انجام شده و اغلب اوقات از این روش جهت تعیین میزان کارآیی روشهای کنترلی یا برای مانیتورینگ در مدت زمان طولانی استفاده می شود. نمونه برداری آنی یکی از پیچیده ترین روشها می باشد و اغلب اوقات برا ی کالیبره کردن سایر روشها و جمع آوری نمونه های شغلی استفاده می شود. گاهی اوقات از این روش به نام های فلاسک سنتیلاسیون، کونتز یا تسگلو نیز نام برده می شود.

بحث و نتیجه گیری: با انجام اندازه گیری های کوتاه مدت می توان میزان مواجهه کارگران با گاز رادون و دختران آن را ارزیابی و در نهایت مدت زمان مواجهه کارگران را در یک شیفت کاری توصیه نمود.

کلید واژه ها: *گاز رادون، اورانیوم ،نمونه برداری، آشکار سازهای ردیاب آلفا*

Comparison of Sampling Method and Assessment of Radon

M.S;Javad shirazi
M.S;Maryam Hadavand khani.
M.S;Mohammad Barati.

Introduction:
Definitly one the most important hazardous factor in miner like extraction , processing and riching uranium ,is facing worker with radon and its daughter is the first step for understanding of release of radon and worker facing rate.

Methods:
This survey is a kind if review search on 15 library references

Finding:
Sampling method for radon designed recognized radon or its detector is according to alpha particle. Generally three sampling methods. Short term sampling , continuous grab. Sampling method is short term sampling it is using of charcoal conisters and alpha tract detectors. This method used for screening . short term screening is proper for comparative measurement in different parts of building or other places. Continuous sampling used by equipments that are able for long time and most of the time this method used for controlling efficiency of equipment or monitoring for long time. Grab sampling is of the most complicated method and most of the for calibration of others methods and collecting occupational sampling .Some time this method named Kusents, Tsivoglou and santilasion .

KEY WORDS:
Radon, uranium, sampling , alpha track detectors.

مقدمه:

هدف از حفاظت رادیولوژیکی در معادن، دست یابی به فوائد مورد نیاز حاصل از استخراج مواد معدنی ارزشمند با کمترین خطرات ممکن ناشی از مواد پرتوزای طبیعی میباشد. مهمترین عامل پرتوگیری در معادن خصوصا معادن زیر زمینی استنشاق گاز رادن و محصولات واپاشی آن می باشد.رادن[12] در اثر متلاشی شدن اورانیوم رادیواکتیو بوجود می‌آید. رادون دارای ایزوتوپ های متعددی است ولی در بین آنها ^{222}Rn رایج ترین انها می باشد. رادون قادر است در سنگ ها و صخره ها براحتی انتشار یابد. اتم های رادون که بدین نحو تشکیل می گردندقادرند از محیط رادون سنگ های به اطراف نفوذ و در خاک یا آبهای سطحی حل شوند. در هر حال ذرات رادون می توانند در خاک و آب باقی بمانند . منابع اصلی بوجود آمدن رادون شیرهای آب آشامیدنی، گاز طبیعی و نفوذ گاز رادون در محیط می باشد. بلحاظ آنکه رادون بحالت گازی در محیط وجود دارد قادر است در فضاهای کوچک موجود در خاک و سنگ و نهایتاً اماکن مسکونی انتشار یابد.

رادون موجود در خاک از دو طریق می تواند به داخل ساختمانها و محیط نفوذ نماید:

1. از طریق انتشار پسیو در محیط های دارای سیستم هوا گذر مانند خاک ها، کف کثیف و آلوده، شکاف های موجود در سطوح بتونی و دیوارهای لوله کشی های موجود در کف، چاههای فاضلاب و زانویی ها و شکاف های ریز و روزنه های موجود در دیواره های ساخته شده از بلوک های تو خالی. در صنایع استخراج اورانیوم هنگام فعالیت حفاری در ترانشه ها، گاز رادون زیادی از همین روش نشر می گردد.
2. از طریق جریانهای تحت فشار در سیستم های تعادل حرارتی کاربرد دارند جایی که توده های هوا دارای اختلاف حرارتی زیاد باشند اختلاف فشار تشکیل می گردد. این اختلاف فشار همراه با اثرات ناشی از گاز رادون که در هنگام افزایش حرارت جریانهای هوا رخ می دهد منجر به تشکیل یک گرادیان فشار می گردد.

ساکنین نزدیک معادن یا معدنچیان شاغل در معادن اورانیوم و فسفات از جمله جمعیت های اصلی هستن که در معرض مواجهه با رادون می باشند. در طی عملیات مختلف در پالایشگاهها غلظت گاز رادون در سیستم های تولید گاز مایع ممکن است افزایش یافته و سطوح داخلی دستگاههای مربوط آلوده گردد که در نتیجه هنگام تعمیرف امکان مواجهه با رادون پیش می‌آید.

مقادیر حد مجاز مواجهه با رادون در مورد تماس های شغلی بسیار بیشتر از مقادیر مجاز مواجهه 24 ساعته تماس روزانه می‌باشد.

عوارض عمده نامطلوب بهداشتی ناشی از مواجهه با رادون شامل سرطان ریه می باشد که در اثر استنشاق ذرات رادون بوجود می آید. بطور کلی، مواد رادیواکتیو سه نوع تابش اصلی دارند و عبارتند

[12] Radon

از آلفا، بتا و گاما. مخاطرات اصلی ناشی از تلاشی رادون، ذرات آلفا هستند که نمی توانند در پوست رسوخ نمایند. اگر چه برد ذرات آلفا چندان زیاد نیست ولی چنانچه این ذرات در ریه ها آزاد شوند قادرند آسیب های کلومی چشمگیری مانند سرطان ریه را بدنبال داشته باشند.

غلظت گاز رادون بر حسب پیکو کوری بر لیتر هوا pCi/L یا بکرل بر متر مکعب هوا (Bq/m^3) و غلظت دوقلوهای رادون بر حسب سطح کاری (*Work Level*)است. یک *wl* عبارت است کل پتانسیل انرژی ذره آلفای منتشر شده در نتیجه فروپاشی هر ترکیبی از دختران کوتاه عمر رادن در یک لیتر هوا که معادل $37.3Bq/L$ از هر یک از دختران رادن و برابر با انرژی $1.3\times10^5\,msv$ می باشد.

یافته‌ها:

روشهای نمونه برداری از رادون طوری طراحی شده‌اند که یا رادون و محصولات ناشی از تلاشی آنرا تشخیص می‌دهد یا مبنایی برای آشکار سازی ذارات آلفا می باشد. سه نوع روش نمونه برداری کلی موجود است. نمونه برداری کوتاه مدت، مداوم و گراپ (آنی). متداول ترین روش روش نمونه برداری کوتاه مدت می باشد و شامل استفاده از کانتینرهای زغال فعال و آشکار سازهای ردیاب آلفا می باشد. از این روش معمولاً برای اندازه گیری با هدف غربالگیری استفاده می‌شود. برای اندازه گیری مقایسه ای در مکانهای مختلف یک ساختمان یا سایر اماکن استفاده از غربالگیری کوتاه مدت مناسب است. نمونه برداری مداوم با استفاده از دستگاههای سنجش در مدت زمان طولانی انجام شده و اغلب اوقات از این روش جهت تعیین میزان کارآیی روشهای کنترلی یا برای مانیتورینگ در مدت زمان طولانی استفاده می شود. نمونه برداری آنی یکی از پیچیده ترین روشها می باشد و اغلب اوقات برا ی کالیبره کردن سایر روشها و جمع آوری نمونه های شغلی استفاده می شود. گاهی اوقات از این روش به نام های فلاسک سینیلاسیون، کونتز یا تسگلو نیز نام برده می شود. جدول 1 برخی از روشهای نمونه برداری را نشان می‌دهد.

جدول 1- مروری بر روشهای اندازه گیری رادون

دستگاه	مدت زمان نمونه برداری
کانتینرهای زغال فعال	2 تا 7 روز
آشکار سازهای ردیاب آلفا	3 ماه یا کمتر در مواردی که مقادیر کم نیز قابل آشکار سازی هستند.
دستگاههای نمونه برداری کامل از رادونهای اولیه[13] (PRISU)	حداقل 10 ساعت و ترجیحاً 7 روز
مانیتور سنجش مداوم	حداقل 6 ساعت و ترجیحاً 24 ساعت یا بیشتر
مانیتور سنجش مداوم رادون	حداقل 6 ساعت و ترجیحاً 24 ساعت یا بیشتر
سنجش میزان رادون در محیط با گراب	5 دقیقه

الف) روشهای نمونه برداری غیر فعال:

1. **کانتینرهای حاوی زغال**[14]: از جمله دستگاههای پسیو می باشند که بطور مستقیم می‌توانند غلظت گاز رادون را اندازه‌گیری نمایند.از کانتینرهای حاوی زغال معمولاً برای 4 تا 6 روز استفاده می شود. با این حال برخی از دستورالعمل های جدید سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA) این مدت زمان را تنها 2 روز تعیین کرده‌اند . برای دست آوردن نتایج صحیح تر تا 12 ساعت پیش از عملیات نمونه برداری بایستی ورودی ها و خروجی های محل اندازه گیری بسته نگه داشته شوند. برای شمارش ذرات گامای حاصله از تلاشی ذرات رادون موجود در زغال، از آشکار ساز سنتیلاسیون گاما یدید سدیم استفاده می‌شود. در ان دستگاه انرژی ذرات گامایی که بین $0.25, mev$ تا $0.61 mev$ است شمارش می گردد.
2. **آشکار سازهای ردیاب آلفا**[15] برای اندازه گیری گاز رادون بکار می روند. این دستگاهها یک مانیتور پسیو کوتاه مدت است. آشکار ساز ردیاب آلفا دارای یک صفحه پلاستیکی کوچک از جنس پلی کربنات بوده که در یک محفظه حاوی فیلتر تعبیه شده است. ذرات آلفایی که به این سطح برخورد می کنند باعث ایجاد علامت هایی میکروسکوپی می شوند در حالی که یاسایر انواع تشعشات بدون هیچ گونه اثری، از این صفحه عبور می کنند.در پایان نمونه برداری، آشکارسازها برای آنالیز به لابراتور منتقل می گردند. صفحه پلاستیکی در یک محلول شیمیایی قرار داده شده تا اثرات برخورد واضح تر شوند. در نتیجه برای شمارش این اثرات نیز می توان میکروسکوپ یا سیستم شمارش اتوماتیک استفاده نمود.. این آشکار سازها از جمله دستگاههای نمونه برداری پسیو می باشند و هیچ گونه منبع خارجی انرژی نیاز ندارند.

[13] Radon pregnancy integration sampling unit
[14] Charcoal Canisters
[15] Alpha Track Detectors

ب) روش نمونه برداری گراب[16]:

تفاوت اصلی در انواع روشهای نمونه برداری و تجزیه، ظرفیت تعیین غلظت، نگهداری، مراقبت و نیاز به کالیبراسیون می باشد. روش نمونه برداری گراب غلظت رادون گازی و یا مواد حاصل از فروپاشی آن را در مدت کوتاه مدت اندازه گیری می‌گیرد. بعضی از سیستم ها یا انواع می توانند گاز رادون و دخترهای آن را باهم اندازه گیری کرده و تعیین غلظت نماید. از آنجایی که زمان اندازه گیری در کار با این وسیله کوتاه می باشد چندین نمونه در طول یک روز می‌تواند گفته شود و به همین علت نمونه ها ممکن است بیانگر غلظت واقعی رادون نباشد.. نمونه برداری گراب نشانگر ضعیفی از غلظت میانگین بلند مدت می باشد و به همین دلیل نتایج نمونه برداری آنی در آزمایشگاه باید به دقت تفسیر گردد. نمونه برداری آنی در جاهایی که غلظت بالاست و همچنین مکانهایی که اندازه گیری سریع برای اقدامات کنترلی ضرورت دارد اهمیت دارد.

نمونه برداری آنی برای دخترهای رادون شامل کشیدن حجم مشخص هوا از روی فیلتر و شمارش فعالیت آنها هنگام نمونه برداری است. با کشیده شدن هوا از طریق پمپ نمونه بردار برای مدت زمان کوتاه 5 دقیقه ای اگر دخترهای رادون در هوا حاضر باشند روی فیلتر جمع می شوند. برای تعیین فعالیت آلفا در یک دوره نمونه برداری، روشهای یک شمارنده و دو شمارنده وجود دارد. روش دو شمارنده دو دوره نمونه برداری است که از نتایج آن برای محاسبات استفاده می شود. یک روش دیگر وجود دارد که غلظت دخترهای رادون را از طریق تغییرات نسبی موجود در اندازه گیری در یک فاصله سه شمارنده دقیقه ای تعینن می کند.

روش یک شماره ای با نام کوزنتس[17] شناخته شده و روش سه شمارنده با نام تیس وگلو[18] معروف است که روش دوم متداول تر است. روشهای دیگر که اغلب برای نمونه برداری دخترهای رادون بصورت گراب استفاده می‌شود روش یسوگلو تصحیح شده است که اختلاف آن در فاز تجزیه آنها می باشد. برای مدت 5 دقیقه نمونه برداری (10-20 لیتر هوا) با یک فیلتر 25 میلی متری حساسیت دستگاه $0.005wl$ است.

ج)پایش مداوم

پایش مداوم رادون و اندازه گیری ترازکاری از این نظر که در هر دو از دتکتور الکتریکی استفاه می-شود به هم شبیه هستند اطلاعات مربوط به میانگین غلظت رادون یا دخترهای آن توسط دتکتور جمع می شود. یکی از انواع دستگاههای سنجش تراز کار دستگاه نلسون و دستگاه تامسون می باشد.

[16] Grab
[17] Kusents
[18] Tsivoglou

بحث و نتیجه گیری:

مهمترین مکانهایی که مواجهه با رادون در دز بالا انجام می گیرد معادن اورانیوم و فسفات است .والبته در معادن سنگ های سخت دیگر مانند معادن آهن، روی، فلدسپار، و بوکسیت هم ممکن است دخترهای رادون وجود داشته باشند. اولین روشی که برای اندازه گیری مواجهات شغلی در معادن با دخترهای رادون استفاده می شود نمونه برداری گراب است. نمونه برداری از ناحیه تنفسی معدنچیان بایستی انجام گیرد. بهتر است نمونه برداری حداقل دو بار در هفته، در زمانهای تصادفی و در تمام محل های کاری انجام شود تا میزان مواجهه کارگران با گاز رادون و دختران آن را ارزیابی و در نهایت مدت زمان مجاز در یک شیفت کاری معلوم گردد.

منابع:

1) Citizen's Guide to Radon, US EPA,1992
2) report from the National Academy of Sciences
3) EPA 1992 and recent NAS report
4)High level of natural radiation ,Iran,1990
5) High level of natural radiation and radon areas,Germany,2004
6)safety series,no.90,IAEA
7)Caresana ,M, Campi F ,Ferrarini M, Garlati L, Porta A, Uncertainties evalution for electrets based devices used in radon detection ,Radiat Prot Dosimetry. 2004 Nov 30;
8)Gaborek BJ, Mullikin JM, Pitrat AT, Cummings L, may LM Pentagon surface wipe sampling health risk assessment . Toxicol ind Health. 2001 Jun;17(5-10):254-61.
9)Garbesi K, Robinson AL. Sextro RG, Nazaroff WW. Radon entry into house : the importance of scale – dependent permeability . Health phys. 1999 Aug:77(2):183-91
10)Grundel M, Postendorfer J.Characteristion of an electronic radon gas personal dosimeter .Radiat Port Dosimeter . 2003;107(4):287-92
11)Harris ,Robert L. Patty's industrial hygint (5 th Edition) Volumes 1, John Wiley &Sons 2000.
12)Leonard BE. Radon progeny size distributions and enhanced deposition effects from high radon concentrations in an enclosed in a enclosed chamber. Radiat Prot Dosimeter. 2004:108:331-43
13)National Industrial Occupational Safety and Health Manual of analytical methods .Cincinati.NIOSH.1977
14)Singh S,Sharma DK,Kumar A Environmental radon studies using solid state nuclear track detection. J Environ Radioact . 2004: 76(3): 369-76
15)Ntwaeaborwa OM, Kgwadi ND, Taole SH, Strydom R.Measurement of the equilibrium factor between radon and its progeny in the underground mining environment . Health phy,Apr: 86(4): 374-7

اثرات زیست محیطی گاز رادون موجود در چشمه‌های آبگرم سرعین

شهریار کریم‌دوست[1*]، لیلا اردبیلی[2]، سمیه بابازاده[3]

[1]کارشناس‌ارشد زمین‌شناسی، کارشناس مسئول آزمایشگاه‌های گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور مرکز اردبیل

[2]دانشجوی دکتری زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه دولتی باکو، جمهوری آذربایجان

[3]کارشناس‌ارشد آبشناسی، دانشگاه پیام نور مرکز اردبیل

Email: Karimdust_sh@yahoo.com

چکیده

گاز رادون یکی از عناصر رادیواکتیو بی‌رنگ و بی‌بو است که از واپاشی اورانیم و رادیم طبیعی موجود در زمین شکل گرفته و به طور طبیعی در خاک، هوا و کلیه آب‌ها یافت می‌شود. در این تحقیق، با مقایسه مقدار گاز رادون حل شده در آب برخی چشمه‌های آب معدنی منطقه سرعین و گاز رادون انباشت شده درفضای بسته چندین بنای اطراف این چشمه‌ها، اثرات زیست محیطی حاصل از انتشار این گاز مورد بررسی قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: *رادون، سرعین، چشمه‌های آب معدنی، اثرات زیست محیطی.*

Environmental effects of Radon in hot spring of Sarein

Shahriyar Karimdust*, Leila Ardebili, Somaye Babazadeh

Department of Geology, Payam Noor University, Ardebil, Iran

E-mail: Karimdust_sh@yahoo.com

Abstract

Radon is a colorless, odorless, radioactive gas which is created naturally by the breakdown of uranium and radium. Radon gas is found naturally into soil, air and waters. In this investigation, radon in hot springs of Sarein and several building around these hot springs has correlated and environmental effects of radon this region has studied.

Keyword: Radon, Sarein, Hot spring, Environmental effects.

مقدمه

گاز رادون یکی از عناصر پرتوزای بی‌رنگ و بی‌بویی است که از واپاشی اورانیم و رادیم طبیعی موجود در زمین ایجاد می‌شود. پایدارترین ایزوتوپ این عنصر Rn^{222} است که نیمه عمری حدود 308 روز دارد و در پرتودرمانی از آن استفاده می‌کنند (قلی‌پور پیوندی، 1384). گاز رادون طبیعی

به دو صورت گاز موجود در هوا یا رادون موجود در آب یافت می‌شود و از آنجا که تحت شرایط فشار و دمای محیط حلالیت فوق‌العاده زیادی دارد بنابراین در کلیه منابع آبی موجود بروی کره زمین از جمله رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها و در داخل آب‌های زیرزمینی و چشمه‌ها، حتی نزولات جوی همچون باران، برف و تگرگ یافت می‌شود (حداد، 1385).

تحقیقات نشان داده است که آب‌های معدنی به دلیل عبور از بین سنگ‌ها و رسوباتی با ترکیباتی متفاوت دارای املاح مختلفی از رادیم و توریم به صورت محلول هستند که در اثر استحاله و تجزیه تبدیل به گازهای رادون و تورن می‌شوند. اما به علت نیم‌عمر کوتاه عنصر تورن، بخش مهم گازهای پرتوزای موجود در آب‌های معدنی را رادون تشکیل می‌دهد (مصباح، 1388).

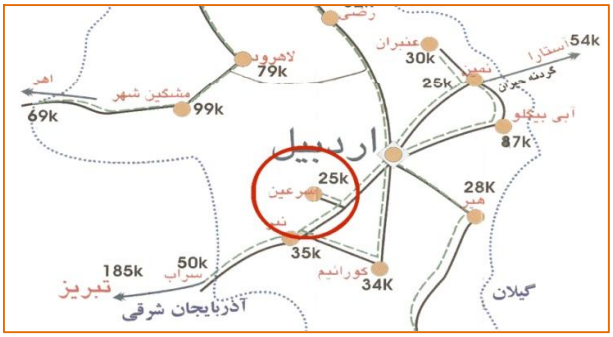
اگرچه وجود رادون در آب‌ها کمک بزرگی به بشریت جهت شناسائی و پیش‌بینی زمان وقوع زلزله، فعالیت‌های آتشفشانی، جابجائی گسل‌ها و تحقیقات علم هیدرولوژی بوده اما اثرات زیست محیطی مهلکی نیز فراهم آورده است. همانطوری که رادون به خوبی در آب حل می‌شود به همان راحتی هم از محیط آبی آزاد شده و وارد محیط پیرامون آب می‌گردد، به طوری که یکی از منابع عمده انتشار گاز رادون در محیط زیست بعد از خاک منابع آبی به ویژه آب‌های معدنی به حساب می‌آید (حداد، 1385).

منطقه سرعین در استان اردبیل از چندین مرکز چشمه‌های آب معدنی کشور است که از نظر تعدد چشمه‌های آبگرم و سرد و خواص درمانی این چشمه‌ها از معروفیت خاصی برخوردار است. در این مقاله سعی شده است با گردآوری نتایج حاصل از تحقیقات انجام گرفته بروی میزان تمرکز گاز رادون در چندین چشمه آب معدنی و ساختمان‌های اطراف این چشمه‌ها، اثرات زیست محیطی این گاز در منطقه سرعین مورد بررسی قرار گیرد.

شرح و بحث

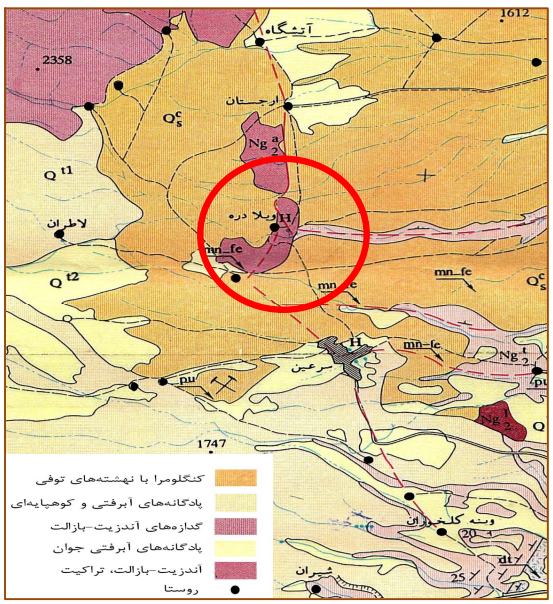
الف- موقعیت جغرافیایی

شهر سرعین با مساحتی بیش از 1280000 مترمربع، در 28 کیلومتری غرب شهرستان اردبیل و دامنه کوه سبلان واقع شده است (صادق مغانلو، 1382). از نظر موقعیت جغرافیایی، سرعین در ′4 °48 طول‌شرقی و ′9 °38 عرض‌شمالی و در ارتفاع 1650 متری سطح دریا، درون دره‌ای کاسه‌مانندی قرار گرفته که از شیب ملایم دامنه‌های ارتفاعات سبلان به وجود آمده است (راهروزرگر، 1388). این شیب‌ها در بخش غربی ملایم‌تر شده و در بخش شرقی همانند دره‌ای در جهت جنوب‌شرقی باز می‌گردد (شکل 1).



شکل (1) موقعیت جغرافیایی منطقه سرعین

منطقه سرعین از نظر زمین‌شناسی، بر روی پادگانه‌های آبرفتی متشکل از تکه‌سنگ‌های گدازه‌ای به قطر بیش از 1 متر در ماتریکسی از ماسه، سیلت و رس قرار گرفته است که از سمت شمال (اطراف روستاهای ویلادرق و آتشگاه) به سنگ‌های اسیدی از جنس آندزیت، تراکی‌آندزیت و بازالت به همراه گدازه و از سمت جنوب‌شرقی (حوالی روستای آق‌قلعه) به نهشته‌های شدیداً چین‌خورده متشکل از ماسه‌سنگ و مارن قرمز گچ‌دار با ضخامت بیش از 300 متر منتهی می‌شود (شکری، 1386) (شکل 2).



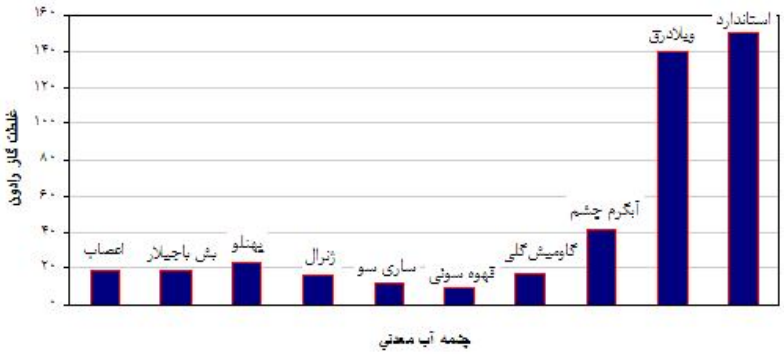
شکل (2) موقعیت منطقه سرعین بر روی نقشه زمین شناسی

ب- بحث

چشمه های معدنی شهر سرعین بیشتر از نوع چشمه‌های آبگرمی هستند که به دلیل منشاء آتشفشانی دارای نمک‌هایی از عناصر رادیواکتیو به صورت محلول می‌باشند. وجود این ترکیبات سبب می‌شود که چشمه‌های مذکور از جمله آب‌های پرتوزائی می‌باشند که اغلب جهت درمان بیماران از آن‌ها استفاده می‌شود. استحمام در آب‌های پرتوزا سبب افزایش فعالیت بافت‌ها شده و

مانند مسکنی برای دردهای رماتیسمی، مفصلی و عصبی عمل می‌کند و در درمان بیماری‌های جلدی همچون اگزمای پرخارش نیز مؤثر واقع می‌گردد (مصباح، 1388).

مقایسه نتایج اندازه‌گیری میزان رادون موجود در آب چشمه‌های آبگرم سرعین که در سال 1384 توسط سازمان انرژی اتمی و دانشگاه شیراز انجام گرفته و در جدول (1) ارائه گردیده است، با استاندارد EPA، نشان می‌دهد که غلظت رادون موجود در این چشمه‌ها از حد مجاز استاندارد (150 mq/lit) پائین‌تر بوده و مقدار آن تنها در آب چشمه ویلادرق در مقایسه با سایر چشمه‌های آنالیز شده بالاست (شکل 3). با توجه به اینکه غلظت گاز رادون در آب چشمه‌ها با میزان دما و هدایت الکتریکی (Ec) این آب‌ها نسبت عکس دارد و طبق نتایج بدست آمده از تحقیقات والکن برگ و همکارانش در سال 1985 ارتباط مستقیمی بین کاهش حلالیت گاز رادون محلول در آب چشمه‌های معدنی با افزایش دمای آب وجود دارد (Birattari et al., 1996)، می‌توان بالا بودن غلظت گاز رادون را در آب چشمه ویلادرق توجیه کرد. نوشیدن چنین آبی البته برای مدت زمانی بسیار کوتاه سبب دفع اسیداوریک موجود در ادرار و تسکین دردهای مفصلی خواهد شد.



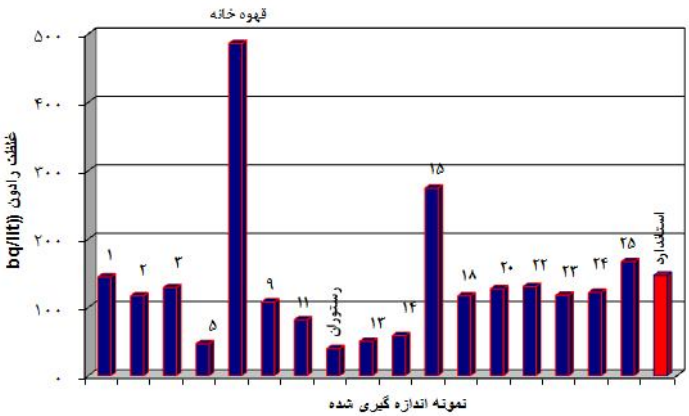
شکل (3) نمودار مقایسه غلظت گاز رادون چشمه‌های معدنی انتخابی منطقه سرعین با مقدار استاندارد

ردیف	نام چشمه	دما(C)	غلظت گاز رادون(bq/lit)
۱	آبگرم اعصاب	۴۲/۵۰	۱۸/۷۰
۲	آبگرم بش باجیلار	۴۱	۱۸/۷
۳	آبگرم پهنلو	۴۳/۵۰	۲۳/۲۰
۴	آبگرم ژنرال	۴۳	۱۶/۵
۵	آبگرم ساری سو	۴۶	۱۲/۴
۶	آبگرم قهوه سونی	۴۳	۹/۷۰
۷	آبگرم گاومیش گلی	۴۶	۱۷/۲
۸	آبگرم چشم	۴۲	۴۲
۹	آب معدنی ویلادرق	۱۵/۵۰	۱۳۹/۸
۱۰	استاندارد	—	۱۵۰

جدول (1) غلظت گاز رادون در چند چشمه آب معدنی سرعین (حداد، 1385)

اکثر چشمه‌های آبگرم سرعین به صورت استخرهای روباز هستند، این امر سبب می‌شود تا گاز رادون آزاد شده از آب این چشمه‌ها با توجه به بادخیز بودن منطقه بلافاصله از محیط خارج گردد، در نتیجه استنشاق این گاز در استخرهای روباز عوارضی به همراه ندارد. در دو استخر سرپوشیده سبلان و بش باجیلار نیز به دلیل کم بودن غلظت گاز رادون موجود در آب این چشمه‌ها و آزاد شدن درصد کمی از گاز رادون در فضای بسته استخر، در صورت تهویه مناسب، استنشاق کوتاه مدت این گاز آسیبی به سلامت افراد نخواهد رساند.

آنچه در منطقه سرعین لازم است بیشتر مورد توجه قرار گیرد، تصاعد گاز رادون از خاک و سنگ‌های اطراف چشمه‌ها و انباشت آن در منازل و مکان‌های سرپوشیده این منطقه مسکونی پرجمعیت است. در تحقیقی که توسط کرم‌دوست و همکارانش در سال 1372 در 25 مکان انتخابی (20 مهمانپذیر و هتل، 3 منزل مسکونی، 1 قهوه‌خانه و 1 رستوران) اطراف چشمه‌های آبگرم سرعین انجام پذیرفته و غلظت گاز رادون در این مکان‌ها طبق جدول ارائه شده در زیر (جدول 2) تعیین شده است، مشخص گردیده که کمترین غلظت گاز رادون (39/9 mq/lit) مربوط به فضای رستورانی می‌باشد که دارای تهویه مناسب است. اما بیشترین مقدار (486/1 mq/lit) متعلق به قهوه‌خانه‌ای است در فاصله 12 متری یکی از چشمه‌های آبگرم که فاقد کفپوش مناسب بوده و زمینه برای تصاعد گاز رادون از خاک کف بنا و انباشت آن در فضای بسته قهوه‌خانه مساعد است (شکل 4).



شکل (4) نمودار مقایسه غلظت گاز رادون اماکن انتخابی منطقه سرعین با مقدار استاندارد

جدول (2) غلظت گاز رادون در 25 مکان انتخابی اطراف چشمه‌های معدنی سرعین (Karamdoust et al., 1993)

نمونه	۱	۲	۳	۵	قهوه‌خانه	۹	۱۱	رستوران	۱۳	۱۴	۱۵	۱۸	۲۰	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	استاندارد
غلظت گاز رادون (bq/lit)	۱۴۴/۷	۱۱۷	۱۲۹	۴۶/۹	۴۸۶/۱	۱۰۷/۹	۸۱/۹	۳۹/۹	۵۰/۹	۵۸/۹	۲۷۴/۵	۱۱۷	۱۲۷/۳	۱۳۰/۶	۱۱۸	۱۲۲	۱۶۷	۱۴۷

با توجه به اینکه مواد پرتوزائی همچون رادون از سه طریق تنفس، بلع و جذب پوستی وارد بدن شده و در داخل بدن به طور سیستیماتیک تثبیت می‌شوند، در صورتی که گاز رادون انباشت شده

در فضاهای بسته اطراف چشمه‌های آب معدنی سرعین توسط تهویه مناسب هوا از محیط خارج نشوند، می‌تواند سکنه منطقه را در طولانی مدت درگیر اثرات تأخیری تابش گاز رادون نماید. آثار تأخیری تابش گاز رادون ناشی از یک بیش پرتوگیری منفرد خیلی زیاد یا مداوم است که با ورود ایزوتوپ پرتوزا به بدن، از طریق واکنش با پروتئین بافت، دربدن تثبیت شده و به دلیل همانندی شیمیایی ایزوتوپ با محصولات سوخت و ساز (متابولیک) معمولی که به طور منظم در بعضی بافت‌ها و اندام‌ها جذب می‌شوند، در بافت‌ها رسوب کرده و برای مدت طولانی به تابش دهی در بافت ادامه می‌دهد (علی‌نژاد، 1388). از اثرات تأخیری تابش رادون می‌توان به عوارضی همانند سرطان ریه، استخوان و خون، کوتاهی عمر، آب مروارید و در مواردی تغییرات ژنتیکی اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

گاز رادون به عنوان عنصری پرتوزا به دلیل حلالیت فوق‌العاده زیاد در کلیه منابع آبی موجود بروی زمین از جمله چشمه‌های معدنی یافت می‌شود. چشمه‌های آب معدنی منطقه سرعین با منشاء آتشفشانی که بیشتر از نوع آبگرم هستند، از جمله آب‌های پرتوزائی‌اند که اغلب جهت تسکین دردهای مفصلی، عصبی و روماتیسمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. غلظت گاز رادون اندازه‌گیری شده در این آب‌ها پائین‌تر از حد استاندارد است. مقدار گاز رادون متصاعد شده از این چشمه‌ها نیز با توجه به روباز بودن اکثر استخرها، خطری برای سلامت افراد ایجاد نمی‌کند. مقایسه غلظت گاز رادون انباشت شده در فضای بسته اماکن اطراف چشمه‌های معدنی منطقه سرعین با مقدار استاندارد، حاکی از بالا بودن تراکم این عنصر پرتوزا در مکان‌های نزدیک به چشمه‌های آبگرم است که در صورت استنشاق طولانی مدت می‌تواند عوارضی همانند سرطان ریه و کوتاهی عمر ایجاد کند.

منابع

حداد، کمال (1385)، بررسی غلظت مواد پرتوزا در منابع آب استان اردبیل و تهیه نقشه پراکنش در سطح منابع آب استان. مرکز تحقیقات ایمنی هسته ای دانشگاه شیراز.

راهروزرگر، فاطمه، بدیرپور، ژیلا، اردبیلی، لیلا (1388) سرعین، مجموعه‌ای از زیبایی‌های طبیعت. کنفرانس ملی بررسی دستاوردهای نوین علوم زمین، آبان 1388، دانشگاه آزاد واحد بهبهان.

شکری، امید (1386). جاذبه‌های گردشگری اردبیل. روزنامه دنیای اقتصاد، شماره 1481، صفحه 29 (استان‌ها).

صادق مغانلو، حسینعلی (1382). جاذبه‌های گردشگری سرعین. انتشارات باغ اندیشه.

علی نژاد، محمدرضا (1388)، گاز رادون با بروز سرطان ریه ارتباط دارد. وب‌سایت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمل.

قلی‌پور پیوندی، (1384)، تخمین مقدار پرتوگیری طبیعی از گاز رادون. وب‌سایت قلی‌پور پیوندی

مصباح، اشرف السادات (1388)، بررسی چشمه های آبگرم و معدنی ایران (بخش نخست)، . وب‌سایت مصباح.

Birattari, C., Moy, B., Rancati, T., (1996), Neutron measurements at some environmental monitoring station. Internat Report. CERN, TIS-PR/Ir/96-31.

Karamdoust, N.A., Afarideh, H., Hatami, P., (1993), Radon measurement in dwellings around the hot spring in the North West of Iran, Nucl. Tracks Radiar. Meas.*; v. 22; no. 1-4; p. 351-353.*

رادون و نقش آن در ایجاد سرطان ریه در کارگران معادن زیر زمینی

نجفی، فرید[1] - پیرصاحب، مقداد[2] - شرفی، کیومرث[3*] - خدادادی، تارخ[3]

1- دکترای تخصصی اپیدمیولوژی، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

2- دکترای تخصصی بهداشت محیط، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

3- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

kio.sharafi@gmail.com

چکیده

رادون بعنوان یکی از منابع پرتوزای طبیعی، یکی از عوامل اصلی در پرتوگیری انسان به حساب می آید که اثرات بیولوژیکی عمده ای از جمله سرطان ریه برای افرادی که در معرض آن قرار دارند به همراه دارد. در این مطالعه سعی بر این شد که با بررسی نتایج مطالعات انجام شده و به روش مطالعه ی کتابخانه ای، میزان ارتباط سرطان ریه در معدنکاران و گاز رادون مورد سنجش قرار گیرد.

نتایج حاصل از بررسی نشان داد که میانگین افزایش مرگ و میر ناشی از سرطان ریه به ازای هر WML از 0/21% تا 0/44% متغیر بوده و حداقل بعد از 5 سال زمان تماس بالا ترین میزان بروز سرطان ریه اتفاق افتاده است. میزان غلظت رادون رابطه ی عکس با بروز سرطان ریه دارد ولی میزان تجمعی در معرض قرار گرفتن رابطه ی مستقیم با بروز سرطان ریه دارد و در این زمینه خطرات بیشتری افراد جوان تر را نسبت به افراد مسن در این زمینه تهدید می کند.

بر اساس نتایج مطالعه، درصد افزایش خطر ابتلا به سرطان ریه در غیر سیگاری ها بیشتر از سیگاری هاست هرچند این اختلاف از نظر آماری معنادار نیست. امّا با توجّه به اینکه سیگار، اوّلین عامل ایجاد کننده سرطان ریه و بعنوان عاملی قوی تر از رادون می باشد لذا بطور کلی میزان مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در معدنکاران سیگاری بیشتر از معدنکاران غیر سیگاری است.

با توجه به نتایج حاصله می توان گفت که شناخت و اندازه گیری گاز رادون در محیط زیست و بویژه در محیط های بسته ی کاری(مانند معادن زیر زمینی) از اهمیت فراوانی بر خوردار است و ضرورت انجام تحقیق در این زمینه در کشور به چشم می خورد.

کلمات کلیدی: *رادون، سرطان ریه، کارگران، معادن زیرزمینی*

Radon and its role in creating lung cancer in underground mines workers

*Najafi, Farid [1] - Pirsahb, Meghdad [2] - Sharafi, Kiomars [3] *- Khodadai, Tarokh[3]*

1 - PhD Epidemiology, Co-Kermanshah University of Medical Sciences

2 - PhD Environmental Health, Board of Kermanshah University of Medical Sciences

3 - Student MSc Environmental Health Engineering, Kermanshah University of Medical Sciences

kio.sharafi @ gmail.com

Abstract

Radon as a source of natural radiation, is also the main source of human exposure. Such exposure can

cause biological effects such as lung cancer. Using review of literature, this stud aimed to investigate about relationship between lung cancer and radon gas among miners..
The results showed that the mean increase in deaths from lung cancer per WML varied from 0.21% to 0.44%. The incidence of lung cancer was the largest after 5 year of exposure. Although the incidence of lung cancer had direct relationship with cumulative exposure to Radon gas, there was reverse relation between Radon concentrations and lung cancer. Compared to older people, younger people are in more risk of lung cancer.
Although non statistically significant, compared to smokers, non smokers are in more risk of lung cancer. Because smoking is the main cause of lung cancer, lung cancer mortality rate is higher among miners who are smokers compared to those who are non smoker.
The results of this study showed that investigating about concentration of Radon gas in work places is of high importance. There is a need to conduct such studies in Iran
.

***Keywords**: radon, lung cancer, workers, underground mines*

مقدمه

منابع پرتوزای طبیعی عامل اصلی در پرتوگیری بشر و موجودات زنده محسوب می شوند و از کل پرتوگیری نسان، 95% آن مربوط به هوای داخل ساختمان ها و دیگر محیط های بسته، 4% مربوط مربوط به هوای آزاد و 1% مابقی نیز مربوط به منابع آبهای آشامیدنی می باشد و در بین منابع پرتوزای طبیعی، بیشترین سهم(52%) را گاز رادون و محصولات واپاشی بر عهده دارد(1و2).

رادون از نظر فیزیکی گازی است خنثی، بی رنگ و نامرئی که از زوال طبیعی رادیوم و در حقیقت اورانیوم بعنوان هسته ی مادر، آزاد می گردد(3). بنابراین اوّلین منبع اصلی تولید گاز رادون در درجه ی اول، اورانیوم و سپس توریوم موجود در خاک و سنگ های آذرین اسیدی(مانند گرانیت و شیل های سیاه) و سنگ های دگرگونی(مانند گنایس و شیست) می باشد(4).

رادون با عدد اتمی 86 دارای 27 نوع ایزوتوپ که از رادون-200 شروع شده و به رادون-226 ختم می شود ولی از آنجائی که اغلب آنها ناپایدارند بنابراین فرصت رسیدن به سطح زمین و تجمع در محیط های بسته را پیدا نمی کنند امّا رادون-222 با نیمه عمر 3/82 روز که محصول واپاشی اورانیوم238 می باشد، فرصت رسیدن به سطح زمین و تجمع در محیط های بسته(معادن زیر زمینی و ساختمان ها) را پیدا می کند.وقتی گاز رادون در اتمسفر و هوای آزاد قرار می گیرد غلظت آن بسیار کم است امّا وقتی در یک محیط بسته محبوس می شود، غلظت آن و در نتیجه سطح اکتیوته ی آن افزایش می یابد(5).

گاز رادون موجود در هوا از طریق استنشاق وارد بدن شده و در صورت بالا بودن مقدار آن در محیط های بسته، باعث ایجاد اثرات بیولوژیکی عمده در افراد ساکن یا شاغل در محیط های بسته ی مذکور می شود. یکی از مهمترین اثرات، ایجاد سرطان ریه می باشد که بر اساس مطالعات انجام شده توسط کمیته علمی اثرات تشعشع اتمی ملل متحد (UNSCERA)، موضوع مذکور به اثبات رسده است(6).

رادون پس از طی نیمه عمرکوتاه خود، محصولی به نام رادون خـواهر یـا مشـتقات رادون را بوجـود می آورد.مشتقات مذکور که در محیط زیست بصورت گازی شگل می باشـند از راه تـنفس وارد ریـه شده و با قرار گرفتن در کیسه های هوایی شش ها و با تولید ذرات آلفا بـه بافـت ریـه آسـیب مـی رساند. طولانی تر مدت تنفس، صدمات جدی را به ریـه وارد نمـوده و باعـث ایجـاد بیمـاری هـای آمفیزم(بزرگی ریه)، فیبروزیس(ورم ریه) و در نهایت احتمال بـروز سـرطان ریـه را افـزایش خواهـد داد(7و8).

مدارک موجود قبل از قرن شانزدهم نشان می دهد که میزان مـرگ و میـر ناشـی از بیمـاری هـای تنفسی در کارگران معادن در اروپای مرکزی بالا بوده است امّـا تـا قـرن نـوزدهم هـیچ کـس نمـی دانست که علت

این مرگ و میر، سرطان ریه می باشد. رادون بعنوان عامل اصلی ایجـاد سـرطان ریـه در معـدنکاران شناسایی شد و نقش علّی آن در ایجاد سرطان ریه در سال 1950 مورد تایید قرار گرفت(9).

تحقیقات زیادی در ارتباط با سرطان ریه معدنکاران بعلت غلظت بالای رادون صورت گرفته است. بـر اساس مدارک بدست آمده از این تحقیقات، آژانـس بـین المللـی تحقیـق در بـاره سـرطان در سـال 1988، رادون را بعنوان عامل سرطان زای انسانی دسته بندی کرد(10).

هدف از این تحقیق که یک یک نوع مطالعه ی مروری و بـر اسـاس مطالعـات کتابخانـه ای صـورت گرفته است، بررسی میزان افزایش خطر ابتلا به سرطان ریه در کارگران معـادن زیـر زمینـی در اثـر افزایش غلظت رادون بر اساس فاکتورهایی مانند زمان تماس، سن افراد و غلظت رادون با استفاده از مهم ترین و بزرگترین مطالعات صورت گرفته تاکنون در این زمینه می باشد.

شرح و بحث:

پس از دهه 1980 مطالعات زیادی در اروپا، آمریکـای شـمالی و چـین کـه بطـور مسـتقیم ارتبـاط سرطان ریه با رادون داخلی را مورد بررسی قرار می داد، انجام گرفت. با توجه بـه اینکـه هـر یـک از این مطالعات بطور جداگانه شواهد اندکی را در ارتباط با موضوع مورد بررسی فراهم می کرد بنابراین محققان مطالعات مذکور، نتایج حاصل از بررسی های خود را روی هم گذاشته و بر روی یافتـه هـای مذکور، آنالیز های مجددی را انجام دادند(15-11). این محققان ارزیابی مستقیمی از خطر ابـتلا بـه سرطان ریه در اثر گاز رادون را انجام دادند و بیان کردند که رادون عامل سرطان ریه در تعداد قابـل توجهی از عموم مردم است و پیشنهاد کردند که حتی در مقادیر کمتر $200\ Bq/m^3$ غلظـت رادون، موارد سرطان در بعضی از کشور ها به چشم خورده است.

در زمینه ی سرطان ریه معدنکاران بعلت غلظت بالای گـاز رادون مطالعـات گسـترده ای در سراسـر دنیا در بین سال های 1990 تا 2006 صورت گرفته است (32-16). هـر یـک از ایـن مطالعـات بـه

نحوی ارتباط بین سرطان ریه و گاز رادون موجود در معادن مختلف بویژه معادن اورانیوم را تایید نموده اند.

و این مطلب را یادآوری کرده اند که با افزایش میزان غلظت گاز رادون در محیط های مذکور خطر ابتلا به سرطان ریه افزایش پیدا کرده است.

در میان مطالعات مذکور دو مطالعه به علت گسترده بودن از لحاظ حجم نمونه و همچنین از نظر آنالیزهای جزیی تر بر اساس فاکتورهای تاثیرگذار (دوره ی تماس، غلظت رادون، سن افراد در معرض و سیگاری بودن بیماران) نسبت به سایر بررسی ها، ویژه و قابل بحث میباشد که به قرار زیر است:

مطالعه ی کمیته ی اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونیزان(BEIR) (16):

این مطالعه که یک بررسی مروری است در دهه ی 1990 توسط کمیته ی اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونیزان انجام گرفت. تحقیق مذکور شامل بررسی مروری 11 مطالعه ی کوهورت انجام گرفته از نقاط مختلف دنیا از جمله اروپا، آمریکای شمالی، آسیا، و استرالیا میباشد.

این بررسی مروری 60000 معدنکار را که در بین آنها 2600 مورد مرگ به علت ابتلا به سرطان ریه اتفاق افتاده بود را شامل میشد که در این بین 8 مطالعه ی آن مربوط به معدن اورانیوم و بقیه مربوط به معادن آهن و قلع بود.

نتایج حاصل از بررسی مطالعات مذکور (به جز یک مطالعه) نشان داد که با افزایش تجمعی میزان در معرض قرارگیری رادون، میزان ابتلا به سرطان ریه افزایش می یابد. و بر اساس نتایج مطالعه مشخص شد که به ازای هر WML[19]، افزایش میانگین میزان مرگ و میر ناشی از سرطان ریه 0/44% (با95%اطمینان، 1-0/2%) برآورد شد. علاوه بر آن مشخص شد که بیشترین میزان بروز سرطان در 14-5 سال پس از در معرض قرار گرفتن در برابر رادون می باشد. همچنین باتغییر سن افراد، خطر ابتلا به سرطان ریه ناشی از رادون متفاوت است و افراد با سنین پایین نسبت به افراد مسن در معرض خطر بالاتری قرار دارند. بر اساس نتایج این مطالعه مشخص شد که درصد مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در معدنکارانی که در غلظت های پایین تری از گاز رادون بوده اند بیشتر از کسانی بوده که در معرض غلظت های بالاتر قرار داشته اند (جدول1).

مطالعه گروسچ و همکاران:

این تحقیق که یک مطالعه ی کوهورت می باشد، 5900معدنکار که توسط شرکت ویسموت استخدام شده بودند به مدت 52 سال(1998-1946) مورد پیگیری قرار گرفتند.نتایج این بررسی

[19] Working level month(WLM) یا سطح کاری ماهیانه: عبارتست در معرض قرار گیری تجمعی در برابر غلظتی مشخصی از رادون (ترکیبی از نوزادان و مشتقات رادون با نیمه عمر کوتاه در یک لیتر از هوا که باعث آزاد شدن $1.3\times10^5\ MeV$ انرژی بالقوه از ذره ی آلفا می شود)در طی یک ماه کاری(۱۷۰ ساعت.

همانند مطالعه ی کمیته ی اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونیزان مشخص کرد که افزایش تجمعی میزان در معرض قرار گیری گاز رادون، میزان ابتلا به سرطان ریه را افزایش می دهد و افزایش میانگین میزان مرگ و میر ناشی از سرطان ریه 0/21% (با 95% فاصله اطمینان، 0/24-0/18%) به ازای WLM می باشد در حالی که این میزان در مطالعه ی کمیته ی BEIR (16)، 0/44% برآورد شد. همچنین مشخص شد که بالاترین درصد افزایش میزان مرگ و میر ناشی از سرطان ریه به ازای WML مربوط به دوره زمانی 24-15 سال بعد از زمان تماس می باشد در حالی که در مطالعه ی کمیته ی BEIR این دوره ی زمانی 15-5 سال برآورد شد. در این مطالعه نیز نتایج مربوط به افزایش میزان مرگ و میر ناشی از سرطان ریه مرتبط با فاکتورهای سن و غلظت رادون، مشابه با یافته های مطالعه ی کمیته ی BEIR برآورد شد(جدول1).

سیگار و نقش آن بر سرطان زایی رادن:

در مطالعه ی مروری کمیته ی BEIR، درصد میانگین مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در بررسی هایی که اطلاعات مربوط به کشیدن سیگار افراد در دسترس بود، تا 0/53% به ازایWML (با فاصله اطمینان 0/95%، 1/38-0/2%) افزایش یافت. و افزایش درصد میانگین مرگ و میر برای کسانی که اصلا" سیگار نکشیدند، ۱/۰۲% به ازایWML (با فاصله اطمینان 0/95%، 7/18-0/15%) و برای معدنکاران سیگاری (شامل کسانی که در حال حاضر سیگار می کشند و کسانی که قبلا" سیگار می کشیدند ولی در حال حاضر ترک کرده اند) این میزان 0/48% به ازایWML (با فاصله اطمینان 0/95%، 1/27-0/18%) برآورد شد. با توجه به نتایج مذکور، افزایش درصد میانگین مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در معدنکاران غیر سیگاری بیشتر از معدنکاران سیگاری می باشد امّا این اختلاف از نظر آماری معنادار نیست.

اطلاعات مربوط به کشیدن سیگار در مطالعه ی گروسچ و همکاران(26) در دسترس نبود امّا بر اساس نتایج مطالعه ی موردی- شاهدی که توسط بروسک و همکاران در سال در دهه ی 1990 بر روی همان معدنکاران معدن اورانیوم مطالعه ی گروسچ و همکاران انجام گرفت، مشخص شد که افزایش درصد میزان مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در غیر سیگاری ها برابر با 0/2% به ازایWML (با فاصله اطمینان 0/95%، 0/48-0/07%)، در کسانی که قبلا" سیگاری بوده اند ولی در حال حاضر ترک کرده اند ۰/۱% به ازای WML (با فاصله اطمینان 0/95%، 0/23-0/03%)، و برای کسانی که اصلا" سیگار نکشیده اند این میزان برابر ۰/۰۵% به ازای WML (با فاصله اطمینان 0/95%، 0/14- 0/001%)، می باشد. در واقع در این مطالعه نیز همانند مطالعه ی نشان داده شد که افزایش درصد میزان مرگ و میر ناشی از سرطان ریه به ازای WML در غیر سیگاری ها بیشتر از سیگاری ها می باشد. امّا این اختلاف هم مانند مطالعه ی کمیته ی BEIR از نظر آماری معنادار نیست. و این بدین معنا ست که رادون و سیگار بعنوان دو عامل ایجاد کننده

سرطان ریه، اثر هم افزایی با هم ندارند. و با توجه به این که سیگار، اوّلین عامل ایجاد کننده سرطان ریه و بعنوان عاملی قوی تر از رادون می باشد لذا افزایش درصد واقعی میزان مرگ و میر ناشی از سرطان ریه به ازای WML در افراد سیگاری بسیار بیشتر از افراد غیر سیگاری می باشد و این بدین خاطر است که در یک غلظت مشخص از گاز رادون، افرادی که در حال حاضر سیگار می کشند، میزان سرطان ریه بیشتری نسبت به افرادی که اصلا" سیگار نمی کشند را دارا می باشد. و برای افرادی که قبلا" سیگار کشیده اند ولی در حال حاضر ترک کرده اند، این میزان بسته به فاکتورهای مانند دوره ی سیگار کشیدن، زمانی که از آن موقع اقدام به ترک سیگار کرده اند، میزان مصرف تعداد نخ های سیگار در روز قبل از ترک آن و غیره بین میزان های مربوط به افرادی که اصلا" سیگار نتکشیدند و افرادی که ترک کرده اند، قرار دارد.

جدول1- الگوهای ارتباط رادون با افزایش درصد خطر ابتلا به سرطان ریه در معدنکاران در مطالعات بررسی شده توسط کمیته ی BEIR و مطالعه ی معدنکاران معدن اورانیوم آلمان(16و26).

فاکتور		کمیته ی BEIR	معدنکاران اورانیوم آلمان
دوره ی تماس(سال)	5-14	1	1
	15-24	0/78	1/52
	>25	0/51	0/76
سن(سال)	<55	1	1
	55-64	0/57	0/8
	65-74	0/29	0/66
	>74	0/09	0/49
غلظت رادون(WL^{20})	0/5	1	1
	0/5-1	0/49	0/52
	1-3	0/37	0/36
	3-5	0/32	0/31
	5-15	0/17	0/25

[20] غلظتی مشخصی از رادون که عبارت است از ترکیبی از نوزادان و مشتقات رادون با نیمه عمر کوتاه در یک لیتر از هوا که باعث آزاد شدن $1.3\times10^{5}\ MeV$ انرژی بالقوه از ذره ی آلفا می شود.

	>15	0/11	0/12

نتیجه گیری:

بر اساس نتایج حاصل از بررسی مطالعات مختلف مشخص شد که با افزایش تجمعی میزان در معرض قرارگیری رادون، میزان ابتلا به سرطان ریه در معدنکاران افزایش می یابد و افزایش میانگین مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در بعضی مطالعات 0/44% و در بعضی دیگر0/21% به ازای هر WML برآورد شد. و بیشترین زمان بروز سرطان حداقل 5 سال پس از در معرض قرار گرفتن می باشد.

نتایج مطالعه نشان داد که غلظت های پایین رادون نسبت به غلظت های بالاتر، درصد خطر بیشتری را در ایجاد سرطان ریه ایجاد کرده و در افراد جوان تر نسبت به افراد مسن تر، خطر بیشتری آنها را تهدید می کند. بر اساس یافته های این بررسی مشخص شد، با توجّه به این که سیگار، عامل اصلی و قوی تر در ایجاد سرطان نسبت به گاز رادون می باشد لذا افزایش درصد واقعی میزان مرگ و میر ناشی از سرطان ریه به ازای WML در افراد سیگاری بسیار بیشتر از افراد غیر سیگاری می باشد

بطور خلاصه با توجه به نتایج فوق می توان گفت که شناخت و اندازه گیری گاز رادون در محیط زیست و همچنین در محیط های بسته ی کاری(از جمله معادن) حائز اهمیت فراوانی است و با توجّه به این که در کشور ما تاکنون چنین مطالعاتی صورت نگرفته است لذا ضرورت انجام اینگونه تحقیقات به چشم می خورد.

منابع

1-غیاثی م ،کاتوزی م،1379، دروس عمومی حفاظت در برابر اشعه، سازمان انرژی اتمی ایران،

2-EPA, Radon and Health", United State Environmental prptection Agency,Office of Air and radiation Docement,Informatin sheet.oct,(2002).

3- نخلی ا ،محیط زیست و گاز رادون، مجله انرژی هسته ای،شماره119،صفحه19-12.

4-عباس نژاد ا، 1381، اثر های زیست محیطی گاز رادون و اهمیت توجه به آن در ایران، ،مجله علوم و فنون هسته ای،شماره26،صفحات31-17.

5-روفه گری نژاد جواد ،روفه گری نژاد رضا،1387، خطرات ناشی از تجمع گاز رادون و را ه های جلوگیری و کاهش آن در ساختمانها،

6- UNSCEAR,"Source and effect of ionizing radiation",United Nation Scientific Committee the Effect of Atomic Radiation Report to general assembly with annexes(2000).

7-" رادون"سایت اینترنتی بانک داده های محیط زیست،1386

8-Aphysicians Guide-Radon,The Health",.United State Environmental prptection Agency,Office of Air and radiation, Epa Docement,septhreat with a simple solution1(993).

9-Shnnaun.F and Zeeb.H,"WHO Handbook Indoor radon".who Library Ckataloguing- in –Publication Data.2009,pp.3-6.

10-International Agency for Research on Cancer (1988). Man-made mineral fibresand radon. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Vol. 43, IARC, Lyon.
11- Lubin JH et al. (2004). Risk of lung cancer and residential radon in China: pooledresults of two studies. Int J Cancer, 109:132-137.
12-Krewski D et al. (2006). A combined analysis of North American case-control studiesof residential radon and lung cancer. J Toxicol Environ Health A, 69:533-597.
13-Krewski D et al. (2005). Residential radon and risk of lung cancer: a combinedanalysis of 7 North American case-control studies. Epidemiology, 16:137-145.
14-Darby S et al. (2005). Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysisof individual data from 13 European case-control studies. BMJ, 330(7485):223-227.
15-Darby S et al. (2006). Residential radon and lung cancer: detailed results of acollaborative analysis of individual data on 7148 subjects with lung cancer and14208 subjects without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe.Scand J Work Environ Health, 32 Suppl1:1-83.
16-Biological Effects of Ionizing Radiation VI Report (1999). Health effects of exposureto indoor radon. BEIR, National Academy Press, Washington D.C.
17-Tomasek L, Zarska H (2004). Lung cancer risk among Czech tin and uranium minerscomparisonof lifetime detriment. Neoplasma, 51:255-260.
18-Tomasek L (2002). Czech miner studies of lung cancer risk from radon. J RadiolProt, 22:A107-112.
19-Rogel A et al. (2002). Lung cancer risk in the French cohort of uranium miners.J Radiol Prot, 22:A101-106.
20-Laurier D et al. (2004). An update of cancer mortality among the French cohort ofuranium miners: extended follow-up and new source of data for causes of death. EurJ Epidemiol, 19:139-146.
21- Langholz B et al. (1999). Latency analysis in epidemiologic studies of occupationalexposures: application to the Colorado Plateau uranium miners cohort. Am J IndMed, 35:246-256.
22- Stram DO et al. (1999). Correcting for exposure measurement error in a reanalysisof lung cancer mortality for the Colorado Plateau Uranium Miners cohort. HealthPhys, 77:265-275.
23-Hauptmann M et al. (2001). Using splines to analyse latency in the Colorado Plateauuranium miners cohort. J Epidemiol Biostat, 6(6):417-424.
24- Hornung RW (2001). Health effects in underground uranium miners. Occup Med,169(2):331-344.
25-Duport P (2002). Is the radon risk overestimated? Neglected doses in the estimationof the risk of lung cancer in uranium underground miners. Radiat Prot Dosimetry,98(3):329-338.
26- Archer VE et al. (2004). Latency and the lung cancer epidemic among United Statesuranium miners. Health Phys, 87:480-489.
27-Hazelton WD et al. (2001). Analysis of a historical cohort of Chinese tin miners witharsenic, radon, cigarette smoke, and pipe smoke exposures using the biologicallybased two-stage clonal expansion model. Radiat Res, 156(1):78-94.
28-Heidenreich WF et al. (2004). Studies of radon-exposed miner cohorts using abiologically based model: comparison of current Czech and French data with historicdata from China and Colorado. Radiat Environ Biophys, 43(4):247-256.
29- Skowronek J, Zemla B (2003). Epidemiology of lung and larynx cancers in coal minesin Upper Silesia--preliminary results. Health Phys, 85:365-370.
30- Veiga LH et al. (2004). High radon exposure in a Brazilian underground coal mine.J Radiol Prot, 24:295-305.
31- Kendall GM, Smith TJ (2002). Doses to organs and tissues from radon and its decayproducts. J Radiol Prot, 22(4):389-406.
32- Grosche B et al. (2006). Lung cancer risk among German male uranium miners:a cohort study, 1946-1998. Br J Cancer, 95(9):1280-1287.
33-Brueske-Hohlfeld I et al. (2006). Lung cancer risk among former uranium miners ofthe Wismut company in Germany. Health Phys, 90:208-216.

اندازه‌گیری غلظت گاز رادون در آب‌های منطقه شاندیز - مشهد ایران

***مریم کوهساریان[1]، علی اصغر مولوی[2]، علیرضا بینش[3]**

1- گروه فیزیک دانشگاه پیام نور مرکز فریمان

2- گروه فیزیک دانشگاه تربیت معلم سبزوار

3- گروه فیزیک دانشگاه پیام نور مرکز فریمان

چکیده

رادون عنصری رادیواکتیو، با علامت شیمیایی ^{222}Rn گازی بی‌رنگ ، بی‌بو، بی‌مزه، بی‌اثر و سنگین است. وتشعشعات آن دومین عامل ابتلا به سرطان ریه، بعد از دخانیات می‌باشد.

در این تحقیق غلظت رادون در منابع آبی منطقه شاندیز از روش اتاقک لوکاس و با استفاده از دستگاه سبک و قابل حمل" PRASSI" مورد بررسی قرار داده شد. تعداد 120 نمونه از آب این منطقه، اعم از آب شرب، آب رودخانه و چشمه تهیه و مورد آزمایش قرار گرفت. تعداد 25 نمونه غلظتی بالاتر از سطح مرجع تعیین شده توسط EPA (آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا)، یعنی $10\frac{Bq}{L}$ داشت. مخصوصاً نمونه های شماره 119 و 120 غلظت رادون بسیار بالایی داشت (حدود $30\frac{Bq}{L}$)، که برای کاهش غلظت آن باید از استخرهای روباز و یا آبشارک‌ها استفاده شود.

کلمات کلیدی: اندازه‌گیری، آب شرب، رادون، منطقه شاندیز، سیستم PRASSI

مقدمه

رادیو ایزوتوپ ^{222}Rn با نیمه‌عمر 3/8 روز از واپاشی سری ^{238}U تولید می‌شوند. گاز رادون یک گسیلنده آلفا است که از طریق تنفس وارد مجاری تنفسی شده و یا از طریق خوردن و آشامیدن وارد دستگاه گوارشی شده و به خاطر نیمه‌عمر کوتاه سریعاً واپاشیده می‌شوند، علاوه بر آلفاهای رادون، دختر هسته‌های بعدی زنجیره واپاشی به صورت رسوب در غشاء داخلی مجاری تنفسی یا گوارشی باقیمانده و دز جذبی بدن را افزایش می‌دهند. حدود 50% پرتوگیری طبیعی افراد ناشی از گاز رادون است که سالانه افراد زیادی را در اثر ابتلا به سرطان‌های دستگاه تنفسی و گوارشی از بین می‌برد. این پژوهش اولین گزارش اندازه‌گیری رادون آب آشامیدنی این ناحیه توسط سیستم PRASSI است .

شرح و بحث

در این تحقیق میزان رادون 120 نمونه آب، شامل آب شرب، رودخانه و چشمه از منطقه شاندیز اندازه‌گیری شد. 25 نمونه از این آب‌ها غلظتی بالاتر از سطح مرجع تعیین شده توسط EPA یعنی $10\frac{Bq}{L}$ داشت. مخصوصاً نمونه های 119 و 120 که غلظت رادون بسیار بالایی حدود $30\frac{Bq}{L}$ داشت.

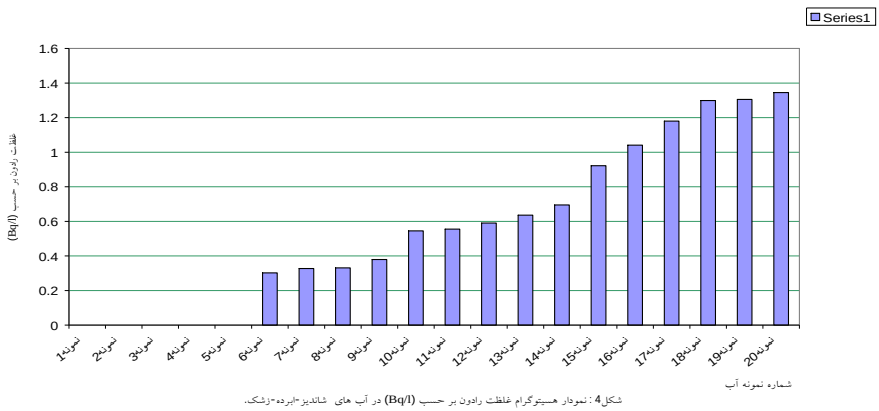
$$Q_{Rn}(\frac{Bq}{L}) = Q_{PRASSI} \times \frac{Vtot(m^3)}{V(lit)} \times \left[\exp(\frac{Ln2}{3/8 \times 24})t \right]$$

Q_{PRASSI} مقدار خام ثبت شده توسط دستگاه، V_{tot} حجم کل مسیری است که نمونه می‌پیماید ($2/4 \times 10^{-3} m^3$)، V حجم نمونه مورد اندازه‌گیری (0/15 لیتر) و داخل کروشه ضریب تصحیح می باشد.

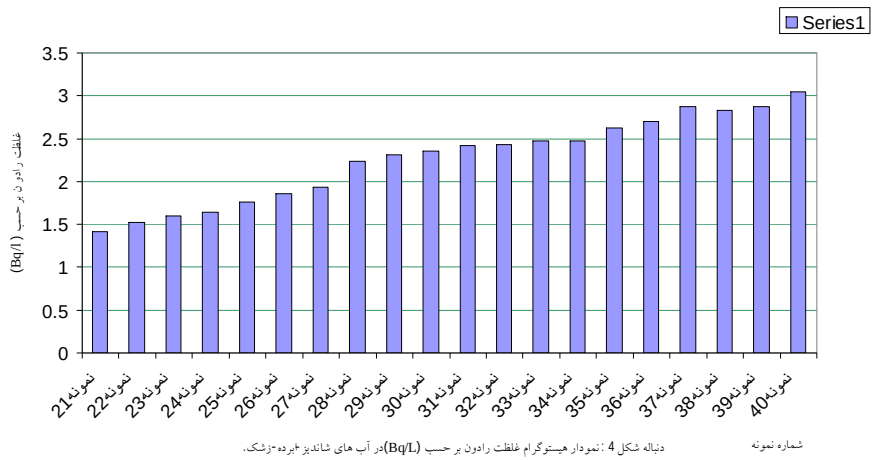
نتیجه گیری:

اندازه‌گیری رادون

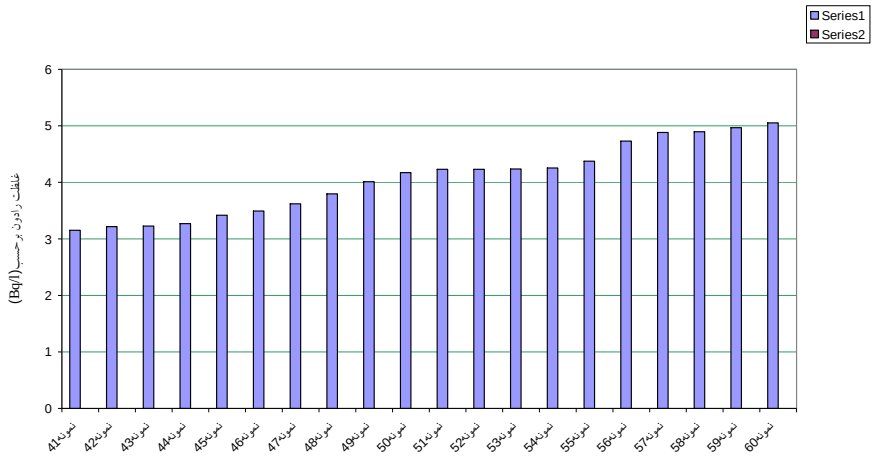
بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمایش، نمودار هیستوگرام گاز رادون در نمونه های آب منطقه شاندیز در شکل 1 نشان داده شده است. 20/83% نمونه ها غلظتی بالاتر از $10\frac{Bq}{L}$ دارند مخصوصاً نمونه 120 که مربوط به چشمه ای در روستای زشک است که غلظتی حدود $30\frac{Bq}{L}$ دارد.



شکل4 : نمودار هیستوگرام غلظت رادون بر حسب (Bq/l) در آب های شاندیز-ابرده-زشک.

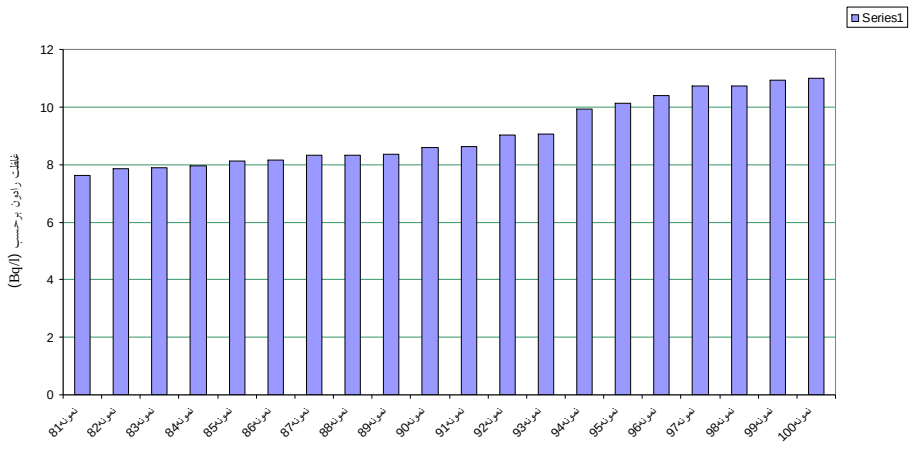


دنباله شکل 4 : نمودار هیستوگرام غلظت رادون بر حسب (Bq/L)در آب های شاندیز +ابرده-زشک.

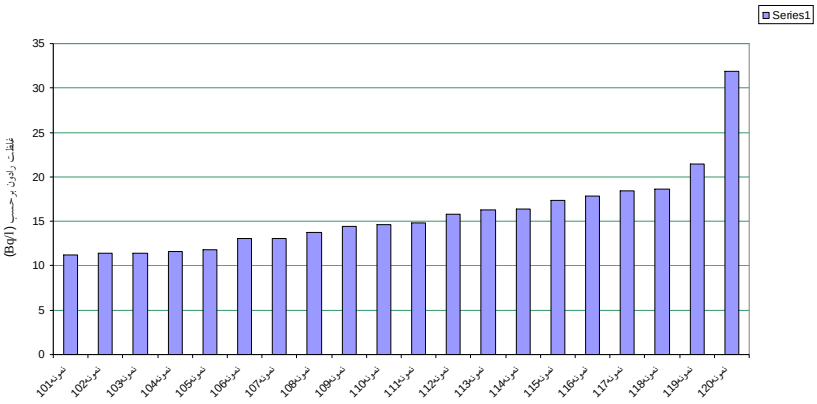


دنباله شکل4 نمودار هیستوگرام غلظت رادون برحسب(Bq/l)درابهای شاندیز-ابرده-زشک.

دنباله شکل 4 : نمودار هیستوگرام غلظت رادون برحسب(Bq/l) درنمونه ابهای شاندیز-ابرده-زشک.



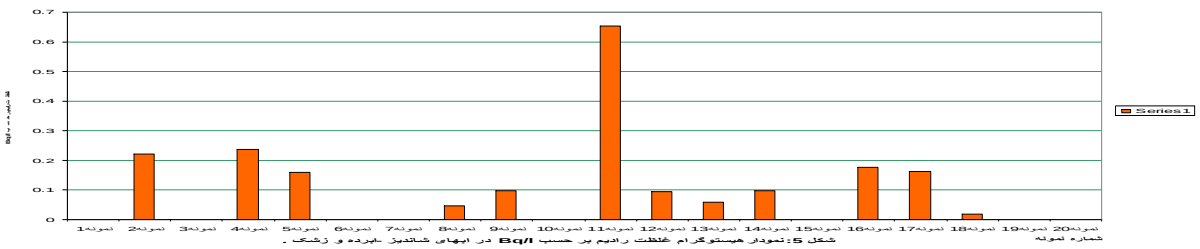
دنباله شکل 4 : نمودار هیستوگرام غلظت رادون برحسب (Bq/l) درنمونه ابهای شاندیز-ابرده-زشک.



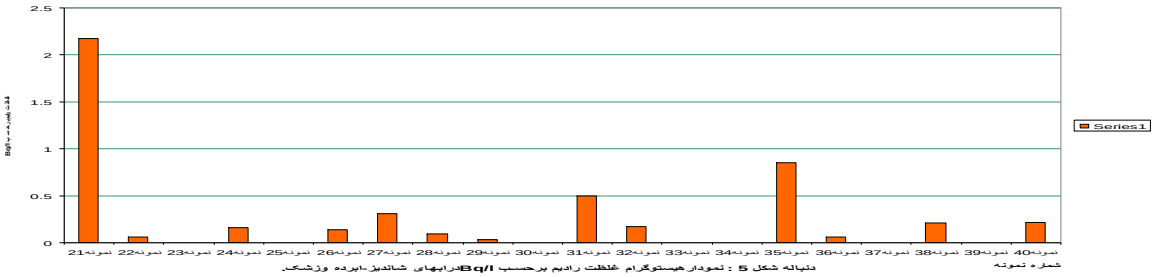
دنباله شکل 4 : نمودار هیستوگرام غلظت رادون برحسب (Bq/l)درنمونه ابهای شاندیز-ابرده-زشک.

اندازه‌گیری رادیم آب

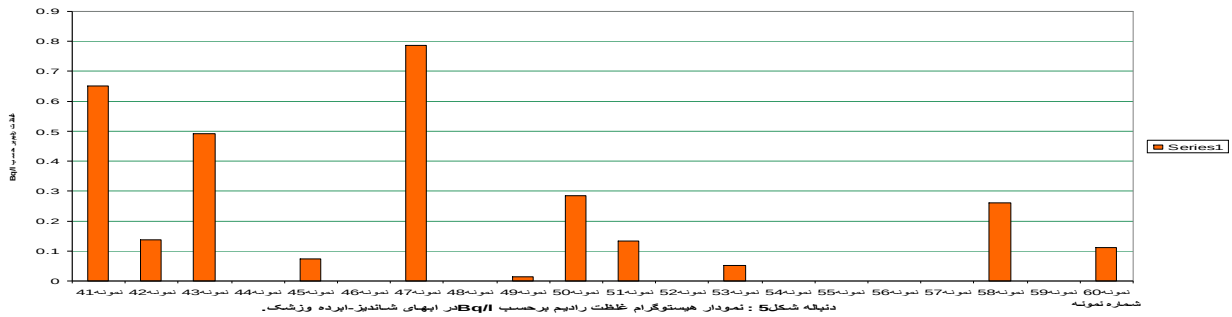
فرض بر این است که تمام رادون موجود در نمونه ها در آزمایش مرحلـه اول خـارج مـی شـود. اگـر نمونه ها را به مدت بیش از 6 نیمه عمر ^{222}Rn یعنی حدود 20 روز در بطری‌های دربسته نگهـداری کنیم، رادیم موجود در نمونه ها در طول این مدت به رادون واپاشی نمـوده و بـا آن بـه تعـادل مـی رسد. زمان به تعادل رسیدن معمولاً 5 تا 7 نیمه عمر رادون طول می کشد. سـپس بـا انـدازه گیـری مجدد نمونه ها، میزان رادیم موجود در منابع آبی را اندازه‌گیری کردیم شکل 5 نمودار هیستو گـرام رادیم موجود در نمونه های آب منطقه شاندیز را نشان می دهد.



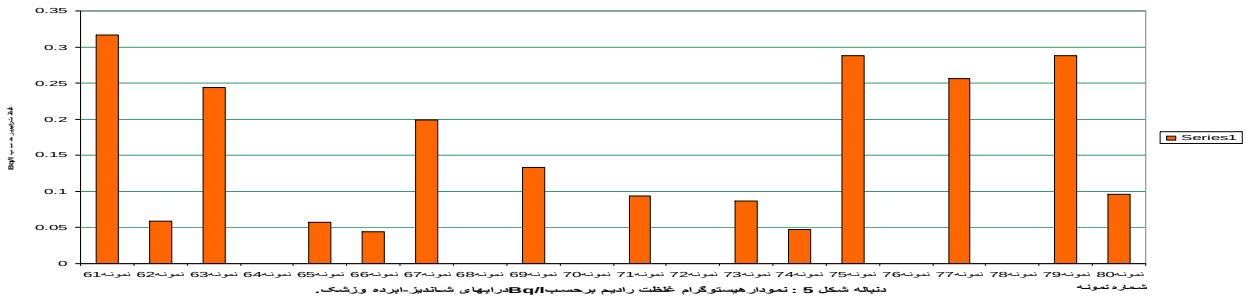
شکل 5:نمودار هیستوگرام غلظت رادیم بر حسب Bq/l در ابهای شاندیز -ابرده و زشک .



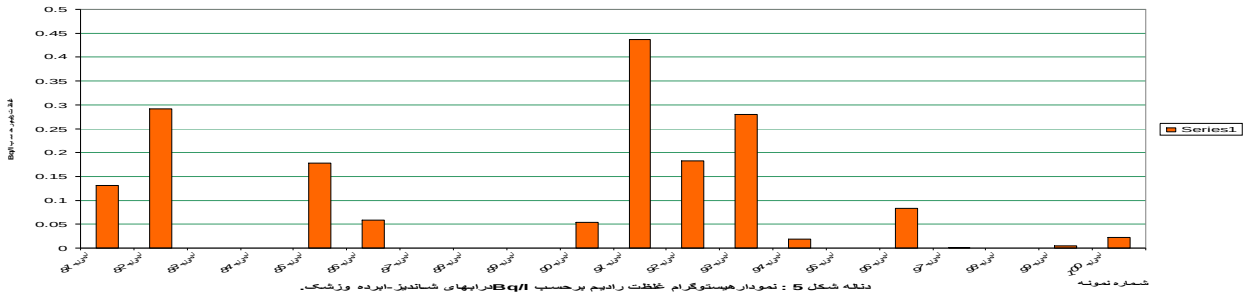
دنباله شکل 5 : نمودار هیستوگرام غلظت رادیم برحسب Bq/lدرابهای شاندیز-ابرده وزشک.



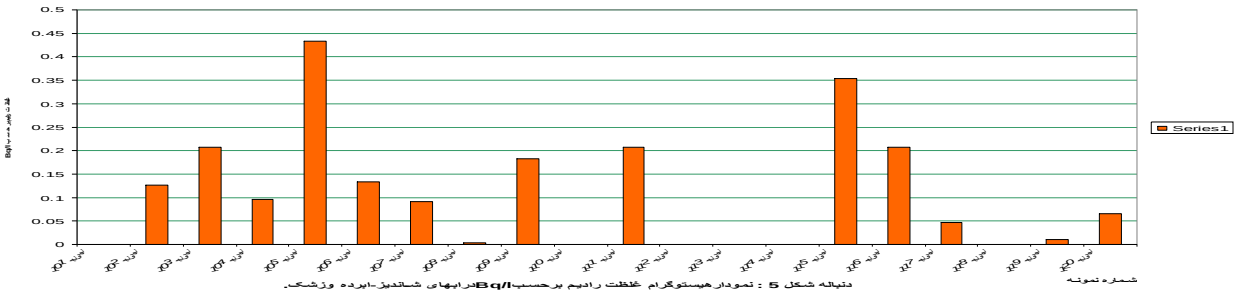
دنباله شکل5 : نمودار هیستوگرام غلظت رادیم برحسب Bq/lدر ابهای شاندیز-ابرده وزشک.



دنباله شکل 5 : نمودار هیستوگرام غلظت رادیم برحسب Bq/lدرابهای شاندیز-ابرده وزشک.



دنباله شکل 5 : نمودار هیستوگرام غلظت رادیم برحسب Bq/lدرابهای شاندیز-ابرده وزشک.



دنباله شکل 5 : نمودار هیستوگرام غلظت رادیم برحسب Bq/lدرابهای شاندیز-ابرده وزشک.

منابع

1- کوهساریان، مریم، پایان نامه دانشجویی، با راهنمایی دکتر علی اصغر مولوی و مهندس علیرضا بینش، دانشگاه پیام نور فریمان، 1388

2. Radon and you promoting public Awareness of Radon in Montana's Air and Ground water , (2008)
3. Health Risks (2009)
4. Frequently Asked Questions About Radon (2008)
5.Efstrations Vagiannis , radon Variations during treatment in thermal spas of Lesvos Island (Greece) . Environmental Radioactivity . 16 (2004) 283-294 .
6.J. Schmitz et al . Exposure to radon / radon decay Products in water works . the science of the to tall Environment 272 (2001) 347-348 .

مطالعه زمین پزشکی رادون و تاثیر آن بر بیماری MS

محبوبه حسینی
کارشناس ارشد زمین شناسی، موزه تاریخ طبیعی و تکنولوژی دانشگاه شیراز
hosseini_geology@yahoo.com

چکیده

رادون-222 که تنها محصول گازی واپاشی U-238 است، 55% دوز دریافتی بشر از تابش های یونی را به خود اختصاص داده است. بر اساس مطالعات جهانی زیست محیطی که بر روی اثرات این گاز بر روی سلامتی انسان صورت گرفت، رادون به عنوان دومین عامل سرطان ریه شناسایی و بعنوان یکی از کارسینوژنها معرفی گردید. طی همین مطالعات بود که محققین متوجه انطباق قابل ملاحظه ای بین مناطق با تجمع بالای رادون و مناطقی که بیماری MS (رایج ترین بیماری سیستم عصبی) اپیدمی شده بود گردیدند. پس از آن تیم تحقیقاتی (زمین شناسان محیط زیست و جوامع پزشکی)دست به اجرای طرحهای زمین پزشکی گسترده ای زدند. اگرچه اساس این مطالعات مقایسه نقشه های ژئوشیمی و اپیدمیولوژیکی مناطق روستایی و شهری بود، ولی توانستند با انجام همین طرح ها و یک سری اقدامات پیشگیرانه از شیوع بیماری MS در آمریکای شمالی، نروژ ؛ غرب اروپا و استرالیا بکاهند. در این مقاله تجربیات حاصل از طرح های زمین پزشکی نروژ و آمریکا که به نظر می رسد می تواند نمونه ای ارزشمند و کاربردی برای انجام چنین طرح هایی در ایران و جلوگیری از اپیدمی شدن آن باشد، ارائه گردیده است.

کلیدواژه: رادون، بیماری MS، زمین پزشکی، مطالعات زیست محیطی

Geomedical study of Radon influencing prevalence of MS (Multiple Sclerosis) disease

Mahboobeh Hossein, Natural History and Technology Museum of Shiraz University
hosseini_geology@yahoo.com

Radon-222, the only gaseous form progency of Uranium-238, is the greatest single source of average background radiation (55%) to man. According to global environmental surveys which have been focused on Radon health effects on human, Radon identified as a proven carcinogen agent and the second most important cause of lung cancer. During these studies scientists considered a significantly correlation between areas with high Rn levels and high rate of MS (most common nervous system disease) prevalence and speculate that there might also be a connection between them. Consequently all around the world a large team of environmental geologists and health communities started geomedical projects. Although the basis of these researches were on comparison of geochemical and epidemiological maps and corresponding rural and urban areas, but they could reduce MS epidemy using a series of Radon mitigation strategies and preventive deeds in North America, Western Europe and Australia. The most convincing such geomedical studies are outlined in Norway and North America. In this paper the experiences of these projects that seem to be valuable and applicable models to follow in Iran, are presented to hopefully reduce indoor Radon levels and prevent of MS epidemy in Iran.

مقدمه

زمین شناسی پزشکی (geomedicine) علمی است که به بررسی ارتباط بین عوامل زمین شناسی با سلامت انسان ها و تأثیر عوامل زیست محیطی بر پراکندگی جغرافیایی بیماریهای مرتبط می پردازد. مواد پرتوزای طبیعی از بدو تشکیل کره زمین وجود داشته و بهره برداری انسان از معادن و منابع و همچنین با توسعه فن آوری وفعالیت های هسته ای بشر، این مواد رو به افزایش گذاشته است که در این بین گاز رادون بیشترین سهم را در پرتوگیری بشر به عهده دارد. این پرتوهای یون ساز سبب بروز برخی اختلالات و بیماری هایی همچون کاتاراکت (آب مروارید)، برخی از سرطان ها، بیماری MS، اختلالات عصبی شدید و آسیب به جنین در حال رشد می گردد[13].

بر اساس مطالعات موسسه تحقیقات بین المللی سرطان (IRAC) رادون در ردیف کارسیوژنها (سرطانزاها) طبقه بندی شده و به عنوان دومین عامل ابتلا به سرطان ریه معرفی شده است [11]. محققین در طی این مطالعات متوجه انطباق قابل ملاحظه ای بین مناطق با رادون بالا و شیوع بالای MS شدند. در همین راستا مطالعات گسترده ای توسط NASA صورت گرفت. بر اساس داده های ماهواره SAMPEX (ماهواره ای که شدت تابش را در کمربندهای تابشی کره زمین اندازه گیری می نماید) مناطقی که در آنجا حداکثر تابش های یونی ثبت شده بود (N 37-60 و E 30-45) منطبق بر مناطقی بود که حداکثر شیوع بیماریMS نیز در آنجا گزارش شده بود. به عبارتی دیگر انطباق قابل ملاحظه ای بین مناطق با تابش های یونی بالا و شیوع بالای بیماری MS وجود داشت (آمریکای شمالی، شمال غرب اروپا و جنوب استرالیا و نیوزلند)، لذا تابش های یونی از عوامل محیطی (احتمالی) موثر در ابتلا و شیوع بیماری MS معرفی گردید [7].

بحث

رادون گازی است بی رنگ، بی بو و بی مزه با وزنی7/5 برابر وزن هوا که از واپاشی U -238 حاصل می شود و در محیط های بسته متجمع می گردد[1]. این گاز می تواند به آسانی از طریق تنفس وارد ریه ها شود و از طریق کیسه های هوایی وارد خون شده و خود را به دیگر ارگان های حیاتی بدن از جمله مغز برساند. سرب یکی از محصولات واپاشی رادون است که میتواند از طریق خون خود را به مغز و سلولهای عصبی برساند. سرب که یکی از عناصر مضر برای بدن می باشد می تواند از سد مغزی-خونی عبور کرده و در مغز به سلولهای عصبی آسیب برساند. بدین طریق که جایگزین یک یا چند ملکول میلین (غلاف سلولهای عصبی) شود و زمانی که این جایگزینی صورت می گیرد، سیستم ایمنی بدن برای از بین بردن عامل بیگانه، آنتی بادی هایی تولید می کند که موجب تخریب سلول عصبی می گردد. حال بسته به اینکه سلول تخریب شده مسئول انتقال پیام از مغز به کدامیک از اعضا بدن بوده است، آن عضو یا ارگان کارکرد طبیعی خود را از دست داده و اختلالاتی چون تاری دید، اختلال در تکلم، بی حسی در اندام، اختلالات تنفسی و حرکتی

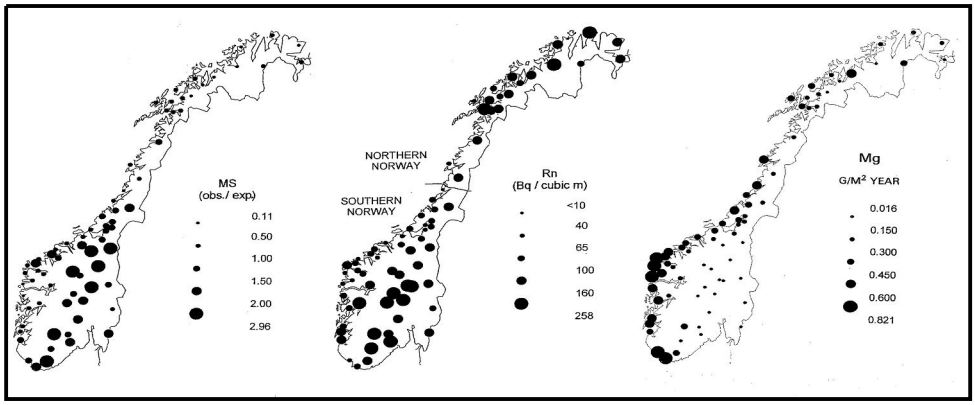
و... ایجاد می کند و در موارد پیشرفته به فلج شدن کامل بدن می انجامد [7]. این بیماری که یکی از شایع ترین بیماری های سیستم عصبی است، MS نامیده می شود. طبق آخرین آمارها2500000 نفر در جهان به این بیماری مبتلا هستند. در ایران آمار مبتلایان به MS 40000 نفر گزارش شده است. اگر چه این آمار نسبت به جمعیت کشور چندان زیاد نیست اما مسئله نگران کننده این است که این بیماری در کشور ما طی چند سال اخیر با سرعت فوق العاده بالایی در حال افزایش بوده است به طوریکه که نرخ شیوع از5/100000 نفر در سال 82 به 55/100000 در سال 87 رسیده است تا جایی که اصفهان به عنوان پایتخت MS خاورمیانه معرفی گردیده است [14].

متاسفانه هنوز در ایران تحقیقات و اقدامات پیشگیرانه ای در ارتباط با این بیماری صورت نگرفته و این در حالیست که در دیگر کشورهای دنیا با مطالعات سیستماتیکی که توسط زمین شناسان محیط زیست و جوامع پزشکی صورت پذیرفته است، عوامل شناسایی و با انجام یک سری اقدامات پیشگیرانه، که در انتهای مقاله بدان اشاره شده است، توانسته اند به مقدار قابل توجهی از شیوع این بیماری بکاهند. از این سری پژوهش ها می توان به طرح های زمین پزشکی نروژ و آمریکا (انجمن ملی MS و EPA) اشاره نمود [12] [10] [9].

الف) MS در نروژ

نروژ جز کشورهایی است که نرخ شیوع بیماری MS در آن بالا می باشد. در سال 1984 آمار دقیقی از سن، جنسیت و محل زندگی بیماران MS در 73 روستای کشور تهیه گردید[12] و پارامترهای محیطی مختلفی از جمله فروریزش(fallout) نمکهای دریایی(از جمله منیزیم) در امتداد ساحل نیز با دقت نسبتا بالایی اندازه گیری و ثبت گردید [3]. در طی این تحقیقات سطح رادون در 7500 خانوار روستایی نیز طی سالهای 1989-1987 در دوره های 6 ماه اندازه گیری شد و میانگین حسابی آنها محاسبه گردید. پس از پلات کردن مقادیر Rn بر روی نقشه مشخص گردید که الگوی توزیع رادون شباهت زیادی با الگوی شیوع بیماری MS دارد به گونه ای که سطح رادون در شمال و غرب (امتداد ساحل) کمتر و در جنوب و شرق رشته کوه ها بیشتر بوده است [3] (شکل-1). برخلاف رادون، شیوعMS در مناطقی که تجمعات Mg بالاست، کمتر گزارش شده است. این بدان دلیل است که هوای اقیانوسی مرطوب، در امتداد ساحل نروژ مقادیر زیادی Mg به داخل خاک رسوب داده و طی تبادلات شیمیایی محتوی رادیوم (سنگ مادر رادون) خاک را از طریق جانشینی کاهش می دهد. علاوه بر این خاک ساحلی مرطوب گاز رادون را بلوکه کرده و از فرار آن جلوگیری می کند. برای انجام آنالیزهای آماری از روش Spatially moving correlation استفاده شد[3]. براساس

این نتایج بیماری MS با رادون ضریب همبستگی مثبت و با منیزیم ضریب همبستگی منفی نشان می دهد.



شکل1 - توزیع فروریزش منیزیوم، گاز رادون و شیوع بیماری MS (از راست به چپ) در نروژ

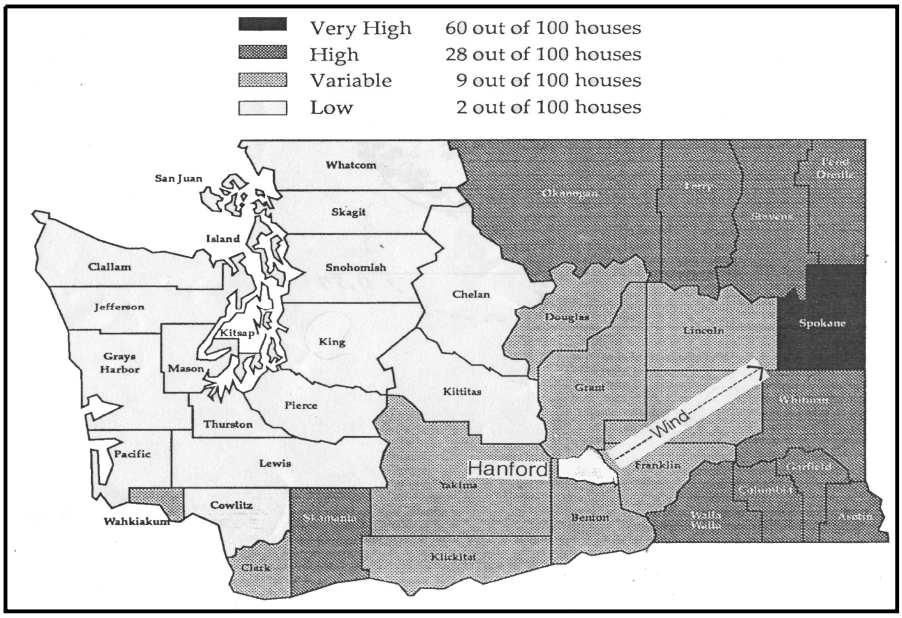
MS در ایالت متحده آمریکا

ایالت متحده آمریکا را هم می توان جز مناطقی که شیوع بیماری MS در آن بالاست، برشمرد. در سال 1994 آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا تراز رادون را در 3141 بخش آمریکا اندازه گیری و ثبت نمود[8]. بر اساس این داده ها مشخص شد که شیوع این بیماری در آمریکای شمالی به مراتب بیشتر از آمریکای جنوبی است و علاوه بر آن شیوع MS در شمال ایالات متحده هم بیشتر از جنوب ایالات متحده می باشد. این نتایج با این نظریه که عرض جغرافیایی هم می تواند یکی از عوامل شیوع MS باشد و هر چه به طرف عرضهای جغرافیایی بالاتر می رویم MS هم بیشتر می شود[6]، همخوانی دارد.

در ایالت های آیوا، آیواهو واشنگتون و مینه سوتا تجمعات رادون 25-10 برابر استاندارد EPAاعلام شده است. از طرفی دیگر بر اساس داده های انجمن ملی MS آمریکا این ایالت ها بیشترین آمار MS را نیز به خود اختصاص داده اند (288/100000نفر) [8].

در سال 1994 در کنفرانس سالانه انجمن ملی MS آمریکا در سان فرانسیسکو [4]، تیم متشکل از پزشکان کلینیک MS آیوا و متخصصین محیط زیست نتایج تحقیقات خود را در زمینه این 4 ایالت که به عنوان "HOT SPOT" معرفی شده بودند، چنین اعلام کردند: از عوامل بالا بودن سطح رادون در شرق ایالت واشینگتون و شمال ایالت ایداهو می توان به 1-وجود منابع غنی اورانیوم در این نواحی و 2- فروریزشهای اتمی حاصل از فعالیتهای هسته ای نیروگاه هسته ای هنفورد (Hanford)نسبت داد [5]. به عنوان مثال بخش اسپکان (Spokane) واشینگتون که در مسیر رو به باد نیروگاه هسته ای هنفورد و همچنین در مسیر آزمایشگاههای تست بمبهای هسته ای روسیه و آمریکا قرارگرفته، MS به صورت اپیدمی در آمده است. در مقابل غرب ایالت واشنگتون که

فاقد معادن اورانیوم است و همچنین در سمت پشت به باد نیروگاه هنفورد بوده اند، تـراز رادون و در نتیجه آمار MS نیز نسبتا پایین تر بوده است (211/100000) (شکل2) [8].



شکل 2- شیوع بیماری MS دربخش های مختلف ایالت واشنگتن

نتیجه گیری:

اگر چه تا کنون رادون به طور قطع عامل اصلی بیماری MS معرفی نشده است و اقدامات پیشگیرانه به طور قطع باعث کند شدن روند بیماری نخواهد شد، ولی با توجه به اینکه این گـاز دومـین عامـل ابتلا به سرطان ریه است لذا انجام یکسری اقدامات پیشگیرانه می تواند تجمع گـاز رادون را تـا 90% کاهش دهد. حال با توجه به اینکه اولین منبـع اصـلی آن، رادون تولیـد شـده از اورانیـوم و توریـوم موجود در خاک و سنگ است و می تواند به راحتی به خاکهای زمین راه پیدا کند لذا تدابیر زیر مـی تواند تراز رادون را در منازل و اماکن مسکونی تا 90% کاهش دهد:

1. قبل از احداث شهرک ها و ساخت و ساز ساختمانها نقشه زمین شناسی منطقه به دقت مطالعه و بررسی شود تا از ساخت و ساز بر روی پی سنگ های گرانیتی ممانعت شود. زیـرا عـلاوه بـر غلظـت بالای رادون در خاک این مناطق، تراز رادون آبهای زیر زمینی نیز بالاست.
2. عدم استفاده از مصالح ساختمانی حای رادیواکتیو بالا (سنگهای گرانیتی، شیل زاجی و..).
3. ترمیم شکافهای موجود در کف و دیوارهای ساختمانهای با بیش از 20 سال
4. از آنجا که متصاعد شدن رادون از کف و دیوارها یکی ازاصلیترین علل آلـودگی اسـت لـذا تهویـه هوای محیطهای بسته بسیار حائز اهمیت می باشد.
5. در صورت استفاده از ایزولاسیون درها و پنجره ها میبایستی میزان تهویه هوا بیشتر باشد.
6. نصب یک سیستم کارتل رادون در زیر زمین.

7. از آنجا که این گاز قابلیت انحلال بالایی در آب دارد و به راحتی می تواند در آبهای زیر زمینی نفوذ کند، در مناطقی که آب چاه استفاده می کنند می بایستی قبل از استفاده آب مصرفی خود را را بجوشانند.

8. با توجه به نیروگاه اتمی هنفورد و همچنین فروریزشهای اتمی حاصل از فعالیتهای هسته ای که منجر به بیماری های ناشی از رادون بالا شده است، لازم است تا فعالیت های هسته ای و نیروگاه ها به دور از مناطق مسکونی و در خلاف جهت باد احداث و بهره برداری شود. به این امید که در آینده نزدیک شاهد اجرای چنین طرح هایی در کشور عزیزمان باشد تا بتوانیم از اپیدمی شدن بیماری MS و سایر بیماریهای ناشی از بالا رفتن غلظت رادون جلوگیری کنیم.

منابع

[1] ا. عباس نژاد، "اثرات *زیست محیطی گاز رادون و اهمیت توجه به آن در ایران*" مجله علوم و فنون هسته ای، شماره 26، صفحات 31-17، 1381

[2] B. Bølviken (1974) *Ecological analyses: radioactive elements versus multiple sclerosis and nasopharyngeal carcinoma* , Geological Survey of Norway Trondheim, Norway

[3] B. Bølviken, (2003) *A method for spatially moving correlation analysis* Norsk Epidemiologi; 13 (2): 229-232 Geological Survey of Norway, NO-7491 Trondheim, Norway

[4] Eidbo WB, Prater MP. (1994) *Ionizing radiation: the long sought environmental "trigger" for multiple sclerosis*, National Multiple Sclerosis Society Annual Conference;2-6 Nov; San Francisco.

[5] Hanford Health Information Network (1994).*Radioactivity in the body*. Hanford Health Information Network reports

[6] H. Catherine W. Skinner and Antony R. Berger (2003) "*Geology and Health*", Oxford Univ. press

[7] J .Lag, "Geomedicine" ,CRC press,1990, 278p., Florida

[8]National Multiple Sclerosis Society. (1994) Client prevalence/census data: U.S. *estimated prevalence rate in multiple sclerosis* National Multiple Sclerosis Society; 1994:32.

[9] National Multiple Sclerosis Society (1996) Research highlights: *historic survey of MS research progress.* New York, NY: National Multiple Sclerosis Society, spring/summer

[10] National Multiple Sclerosis Society (2000) *List of current research projects* funded by the National MS Society. New York, NY: National Multiple Sclerosis Society;October.

[11] http://www.epa.gov/radonzonemap/2003: آژانس حفاظت محیط زیست (EPA)

[12] www.MS.no : انجمن MS نروژ

[13] www.gsi.ir : پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور " مقدمه ای بر زمین شناسی پزشکی"

[14] http://iranMS.org: پنجمین کنگره بین المللی MS تهران، 1387 (انجمن ام.اس ایران)

ارتباط رادون با سرطان ریه

ملکی راد ، زینب*[1]ـ بهاروند ، سیامک [2]
*[1] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران شمال malekirad.m@yahoo.com
[2] عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی خرم اباد واحد کمالوند

چکیده :

زمین شناسی پزشکی به بررسی ارتباط بین زمین شناسی و عوامل زیست محیطی بر سلامت انسان می پردازد . گاز رادون در زمره مواد پرتو زا قرار می گیرد . مواد پرتوزا عموما اثرات مستقیمی بر سلول های بدن دارند و سبب ایجاد سرطان می شوند . گاز رادون پس از تجزیه از طریق ذرات هوا وارد نای شده و موجب سرطان ریه می شود . در این مقاله اثرات گاز رادون بر روی سلامت انسان و ارتباط آن با سرطان ریه مورد بررسی قرار گرفته است . همچنین عوامل ایجاد کننده و پیشگیری کننده از سرطان ناشی از رادون نیز مورد بحث قرار گرفته است .

کلیدواژه : گاز رادون ، سرطان ریه ، انسان .

Contact radon and lung cancer

Maleki rad ,zeinab and Baharvand , siamak
University Tehran shomal and university kamalvand
malekirad.m@yahoo.com

Abstract:

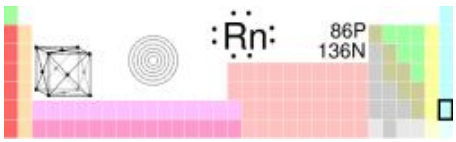
Medical Geology to study the relationship between geological and environmental factors on human health deals . Radon gas is the material from radiation. Materials from radiation generally direct effects on body cells and cause cancer. Radon gas analysis in air enter through the trachea and can cause lung cancer. In this paper, the effects of radon gas on human health and its association with lung cancer has been investigated. Also, discussed in this paper, risk factors and preventive of cancer due to radon.

Keywords: Gadon gas, lung cancer , human .

مقدمه:

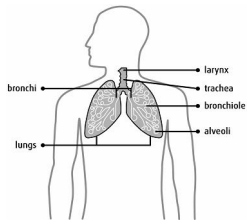
زمین شناسی پزشکی علمی است که به بررسی ارتباط بین عوامل زمین شناسی با سلامت انسان ها و جانوران و تأثیر عوامل زیست محیطی بر پراکندگی جغرافیایی بیماری های مرتبط می پردازد . فلزات و نافلزات اگر به مقادیر غیرطبیعی وارد بدن شوند منجر به بروز مشکلات قابل توجهی می گردند. گروهی از فلزات برای سلامتی ما سودمند و گروهی دیگر مضر هستند. بسیاری از سنگ ها دارای سطوح بالای اورانیوم هستند مانند شیل های زاجی، گرانیت های خاص و پگماتیت ها. تنفس یا بلع مقادیر غیر عادی گاز رادیواکتیو رادون که از منابع طبیعی رادیواکتیو در چنین سنگ هایی

ایجاد می شود، خطری مهم برای سلامت عموم محسوب می شود .آمار سرطان های ریه ناشی از رادون رو به افزایش است.ارزیابی اثر های گاز رادون طبیعی در بروز سرطان ریه از منظر زمین شناسی پزشکی در بسیاری از کشورهای پیشرفته مسئله ای شناخته شده و مهم است . اما به نظر می رسد در ایران تاکنون به این مسائل توجه کافی مبذول نشده است. در این مقاله با بررسی منابع متعدد و جدی ، ارتباط رادون با سرطان ریه و چگونگی کاستن خطر رادون مرور شده است با این امید که بتوان سطح دانش موجود در مورد رادون را بالا برد و اهمیت پژوهش در این زمینه را نشان داد .



رادون :

رادون از گازهای نادر است و قابلیت ترکیب آن با دیگر عناصر، بسیار اندک است. عدد اتمی آن 86 و وزن اتمی آن 222amu می باشد. چگالی آن در صفر درجه سانتیگراد 9/73 گرم بر لیتر است . مقدار گاز رادون در هوا بسیار کم و حدود یک اتم به ازای 10^{18} اتم از هوای محیط بسته می باشد.این گاز در زنجیره های واپاشی اورانیوم 238 ، اورانیوم 235 و توریم 232 به ترتیب به صورت ایزوتوپ های222 با نیمه عمر 92 ساعت و 219 با نیمه عمر 4 ثانیه و 220 با نیمه عمر 55/3 ثانیه تولید می شود.این گاز در زمره مواد پرتوزا به حساب می آید.بنابر این به علت بی‌اثر بودن و انحلال پذیری کم آن در مایعات بدن ، خود رادون خطر چندانی ندارد و احتمال تجزیه رادون در زمان کوتاه توقف در شش بسیار پایین است. بیشترین خطر ناشی از ، پرتوزایی عناصری است که بطور متوالی از تجزیه رادون تولید می‌شوند.



سرطان:

سرطان ریه طبق آمارهای جهانی کشنده ترین سرطان در تمام جهان است و متاسفانه کشور ما نیز از این بیماری در امان نبوده است.در سال 2007 در سطح جهان یک میلیون و 549 هزار مورد سرطان ریه گزارش شد. نرخ سرطان ریه در کشورهای در حال توسعه از کشورهای پیشرفته بیشتر است. سرطان ریه رشد بافت بدخیم در ریه است . این بیماری لوله‌های نایژه‌ای و ریه‌ها را درگیر

می‌سازد. سرطان ریه به حنجره، کبد، مغز، استخوان‌ها و کلیه‌ها آسیب می رساند و بزرگسالان (معمولاً سنین 70-40 سال) از هر دو جنس را مبتلا می‌سازد. علائم این سرطان عبارت است از سرفه های متفاوت ، تنگی نفس، ذات الریه شدید، عفونت، سرفه همراه با خون، جمع شدن مایع داخل ریه، درد قفسه سینه، دردهای مفصلی و استخوانی و کم وزنی که همگی از علائم سرطان پیشرفته است. این بیماری بیشتر در سواحل گواراپی (برزیل)، جنوب غرب فرانسه، رامسر (ایران)، بخش هایی از چین و ساحل کرالا (هند)، عمدتاً در نواحی حاره ای، خشک و نسبتاً کم آب دیده شده است.

ارتباط رادون با سرطان ریه :

مواد پرتوزا عموما اثرات مستقیمی بر سلول های بدن دارند مانند ایجاد وقفه در تقسیم سلول ، موتاسیون ژنی ، شکست کروموزوم که منجر به ایجاد سلول های غیر طبیعی می شود (این اثر در ایجاد بیماری هایی نظیر سرطان نقش دارد) و مرگ سلولی که از این اثر برای درمان سرطان و از بین بردن سلول ها سرطانی استفاده می شود. سه عنصر پولونیوم ، سرب و بیسموت که از تجزیه متوالی رادون حاصل شده و خاصیت پرتوزایی دارند دختران رادون نامیده می‌شوند. این عناصر در مقادیر ماکروسکوپی جامدند و وقتی در هوا تشکیل شوند به سرعت به ذرات گرد و غبار می‌چسبند و موقع تنفس همراه هوا وارد ششها شده و به سطوح آن می‌چسبند. این عناصر ذرات آلفای پرانرژی منتشر می‌کنند که تابش آنها به سلولهای نای آسیب می‌رساند و این آسیب می‌تواند نهایتا به سرطان ریه منتهی شود.در واقع دختران رادون بعد از سیگار دومین عامل ایجاد سرطانهای ریه می‌باشند. معدنچیانی که در معادن زیر زمینی اورانیوم ، بدون تهویه مناسب کار می کنند بیشترین تماس را با ذره‌های آلفای حاصل از تجزیه هسته‌ای رادون دارند. درصد سرطان ریه در آنها ، حتی پس از اعمال موارد خطر ناشی از سیگار ، بیشتر از مردم عادی می‌باشد .در ازای هر 100(3Bq/m) افزایش غلظت رادون، خطر بروز سرطان ریه 16 درصد بیشتر می‌شود. ارتباط دوز_ واکنش خطی است یعنی خطر ابتلا به سرطان ریه به طور نسبی با افزایش تماس با رادون، بیشتر می‌شود. از مهمترین منابع رادون در زندگی روزمره از خاک و سنگهای موجود در پی ساختمان می نوان نام برد .چونکه بیشترین رادونی که وارد ساختمان میگردد از این سنگها و خاکها میباشد .گاز رادون که در زیر ساختمان و دیوارها با فشار زیادی حبس میباشد از طریق شکافهای موجود در کف و دیوار ساختمان خارج میگردد . وجود کارتل‌ها و فاضلاب‌ها نیز امکان حضور رادون در خانه راافزایش می دهد.

مقادیر	تا ثیرات
0-25	از بین رفتن گلبولهای سفید خون
25-100	معده درد، خونریزی معده، خستگی مفرط
100-200	معده درد، خستگی مفرط، کاهش گلبولهای سفید، مرگ احتمالی
200-400	عدم مراجعه به پزشک:مرگ حتمی، نازک شدن استخوانها، سرطان خون
>400	حتی با انجام کارهای پزشکی مرگ حتمی است.

منابع رادون :

وقتی نفس می‌کشیم ، پس مانده‌های رادون روی سلولهای جدا ره مجاری تنفسی قرار می‌گیرند که در اینجا ذرات آلفا می‌توانند به مولکول های DNA آسیب برسانند و احتمالا سبب بروز سرطان ریه می‌شوند.مقدار رادون در هوای آزاد معمولا خیلی پایین است. متوسط مقدار رادون در هوای آزاد بین 5 تا 15 بکرل بر متر مکعب (3Bq/m) است (فعالیت رادیواکتیویته رادون در مقیاس بکرل با علامت اختصاری (Bq) اندازه گیری می‌شود). در محیط‌های بسته میزان رادون بیشتر است و بالاترین مقدار آن در محل‌هایی از قبیل معادن، غارها و تسهیلات بهبود آب و فاضلاب یافت می‌شود. در بسیاری از کشورها آب شرب از منابع زیرزمینی از قبیل چشمه‌ها، چاه‌ها و گودال‌ها بدست می‌آیند. این منابع آب به طور طبیعی دارای غلظت بیشتری از رادون نسبت به آبهای سطحی حاصل از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و جویبارها هستند. براسا س گزارش EPA درایالات متحده هرسال 160000 ازمردم بر اثر ابتلا به سرطان ریه جان خود را از دست می دهند که مرگ 19000 نفر ناشی از گاز رادون موجود درهوا می باشد و درحدود 160 نفر براثر وجود گاز رادون درآ ب می میرند و سایر افراد در اثر استنشاق دود سیگار به این سرطان مبتلا و جان خود را از دست می دهند. براساس گزارش EPA خطرریسک ابتلا به سرطان به ازای غلظتهای مختلف گازرادون موجود درهوا طبق گزارش به شرح زیرا ست:

Pci/lit	WI	Estimated numbers of Lung cancer deaths due of radon exposure (out of 1000)
200	1	440-770
100	0.5	270-630
40	0.2	120-380
20	0.1	60-210
10	0.05	30-120
4	0.02	13-50
2	0.01	7-30
1	0.005	3-13
2	0.001	1-3

نتیجه گیری :

رادن یک گاز بی رنگ ، بی بوو رادیو اکتیو است که بسته به زمین شناسی ناحیه به طور طبیعی در خاک ها وجود دارد . گاز رادون به دیگر عناصر رادیو اکتیو در سری اورانیوم تجزیه می شودکه این امر ریسک ابتلا به بیماری سرطان ریه را افزایش می دهد .با انجام یک رشته اقدامات مدیریتی و پیشگیرانه می توان تاثیر سو رادون را بر سلامتی کاهش داد.کنترل تشعشعات رادون در کشور هایی مانند کشورهای پیشرفته، کنترل آلودگی هوا که گریبان گیر شهرهای بزرگ ماست و مبارزه با آلودگی هوای ناشی از صنایع که 15 تا 20 درصد در آلودگی هوا سهم دارند در این راستا بسیار کمک کننده است . همچنین دوری از رفتار های پر خطر مانند استعمال دخانیات نیز در کاهش این بیماری موثر است .برای جلوگیری از اثرات سو رادون در منازل باید در طبقه های همکف ساختمانها از ایزولاسیون مرغوب استفاده نمود و شکافها موجود در کف و در دیوارها ساختمانهای با بیش از 20 سال میبایستی ترمیم گردد و در صورت استفاده از مواد ایزولاسیون در پنجره و درها ,میبایستی میزان تهویه هوا بیشتر باشد ,

منابع:

1- یوسفی - رضا ، گورانی - علی ، معرفی پروژه بین المللی رادون
2- شهبازی – داریوش ،آذر دانش ،بررسی شیوع سرطان های مرتبط با اشعه در استان چهار محال و بختیاری در مدت 5 سال
3- پرورش – محبوبه ، پرتوگیری از مصالح ساختمانی
4- اکبری – محمد اسماعیل ،سرطان های خون ، در مورد لمفوما بیشتر بدانیم
5- افشار – سعید ، 1381 ، اثر پرتوهای یونیزه کننده در ایجاد سرطان
6-قلی پور پیوندی – رضا ، 1384 ، تخمین مقدار پرتو گیری طبیعی گاز رادون
7- Radon and Health , October 2002 , United Kingdom National Radiation protection Board

بررسی اثرات مفید و مضر رادون بر سلامت در مناطق مختلف دنیا و بویژه رامسر

ایوب گل محمدی [1] ، مرضیه خزاعی *[2] ، آرزو عابدی [3]

(1)کارشناس مهندسی معدن

(2) مربی آموزشیار دانشگاه پیام نور واحد نهبندان ، mkhazaii@yahoo.com

(3) عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود

چکیده

تشعشعات رادون که از منابع پرتوزای طبیعی پوسته زمین و کیهان نشات می گیرنددر گذشته ها به عنوان یکی از عوامل ایجاد سرطان ریه در افرادی که در معرض تشعشع آن قرار داشتند در نظر گرفته می شد،ولی اکنون با توجه به مطالعات صورت گرفته برروی ساکنین مناطق با پرتوزائی بالا نه تنها اثرات مضررادون یافت نشده ،بلکه برخی اثرات مفیدبر روی افراد ساکن در منطقه نیز مشاهده شده است.در مناطقی با پرتوزائی زمینه ای بالا هم چون رامسر ایران،یانگ جیانگ چین وکرالا در هندوستان رابطه معنی داری بین سرطان زایی و تشعشعات وجود نداردو نکته جالب این است که در رامسر بی قاعدگی کروزومی لنفوسیتها در ساکنین مناطق با پرتوزایی زمینه بالا 44% کمتر از ساکنین مناطق با پرتوزایی پایین است.

Investigation of harmful and useful impact of radon radiation on public health, especially Ramsar

Abstract

In the past, radon radiation with natural sources (earth crust and cosmic) have been seemed as one of the main factor to create lung cancer. Recent studies have special attention to useful effect of radon radiation in the high background radiation area(HBRAs). In the HBRAs such as Ramsar Iran, Yangjiang China, Kerala India any relation between cancer and radiation is not fixed. In Ramsar ,specifically, HBRA inhabitants had 44% fewer induced chromosomal abnormalities compared to lymphocytes of normal background radiation area residents following this exposure.

Key words: Cancer, Radon, Radioactivity,Ramsar

واژگان کلیدی: رادیواکتیو، رادون

مقدمه

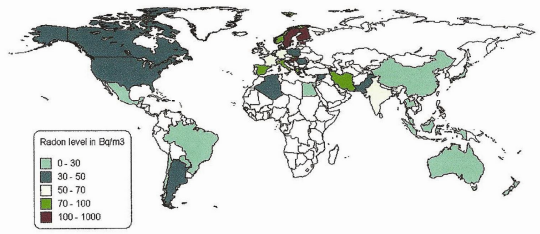
مقدار متوسط تشعشعات حاصل از پرتوزایی که هر فرد در طول یکسال دریافت می کند حدود 2.8*msv* است که از منابع پرتوزای طبیعی و مصنوعی نشأت می گیرد. بطور کلی85% تشعشعات از

منابع طبیعی حاصل از منابع زمین شناسی تأمین می شود که60% کل تشعشعات طبیعی حاصل از ایزوتوپهای رادون(بویژه در اثر فعالیت ذرات آلفا) است و 15% کل تشعشعات، حاصل از تشعشع گامای ناشی از K،Th،U موجود در سنگها، خاک و مصالح ساختمانی است. عمده ترین بخش تشعشعات مصنوعی که ناشی از تشعشعات اشعه ایکس و مواد رادیواکتیوی که جهت بررسی بیماریها بکار می روند،می باشد(Appleton 2005)

بحث

منشأ و پراکندگی رادون رادون گازی است رادیواکتیو فاقدبو، مزه و رنگ که عمدتاً حاصل فروپاشی رادیواکتیو $^{238}U \rightarrow ^{226}Ra \rightarrow ^{222}Rn$ موجود در سنگهایی نظیر گرانیت، سنگهای فسفات دار، شیلهای غنی از مواد آلی، مونازیتها و ... واجد اورانیم است. رادون با دزهای مختلف بسته به موقعیت جغرافیایی، محل زندگی و شغلی فرد،ازطریق تنفس،آب آشامیدنی و مواد غذایی وارد بدن می شود. غلظت رادون در فضای باز(به دلیل رقیق شدن)کمتر از فضاهای بسته(نظیر منازل، معادن و غارها، ...)که ناشی از منابع مختلف زمین شناسی (سنگ و خاک)، آبهای زیر زمینی، مصالح ساختمانی و فاضلاب می باشد، است. به طور مثال در سوئد،300000خانه از مصالح ساختمانی حاوی تشعشع بالای رادیواکتیو ساخته شده است. در ایالت مین آمریکا، غلظت رادون در ذخایر آب آشامیدنی نواحی گرانیتی $500BqL^{-1}$ ،در برخی نواحی جنوب غرب انگلستان در مناطق گرانیتی، $1000BqL^{-1}$ است. علاوه بر این مواد پرتوزا در غذا بویژه به صورت ^{40}K که عمده ترین منبع تابش داخلی است وارد بدن می شود(appleton2005)میزان تشعشع اندازه گیری شده در مناطق پرتوزای طبیعی زمینه بالا مانند رامسر حداکثر $260mGY/Y$ می رسد و مقدار متوسط این تشعشع برای جمعیت تقریباً 2000نفری ساکن،چیزی حدود $10mGY/Y$است(چاووشی ثانی،1385). پرتوزایی زمینه بالا در رامسر عمدتاً به دلیل وجود مقادیر زیادی ^{226}Ra و فراورده های حاصل از استحاله آن که توسط چشمه های آب گرم به سطح زمین آورده شده و به عنوان منشأ اولیه رادون در منطقه مطرح است(کرم ،2002). آبهای زیرزمینی به دلیل فشار ناشی از پوسته زمین گرم شده و در مسیر خود از سنگهای آذرین اورانیم دار نسبتاً جوان می گذرد و رادیم حاصل از واپاشی اورانیم(نظر به اینکه اورانیم در آبهای فاقد اکسیژن حل نمی شود؛گرنداستاف،1976)، در آب حل گشته و توسط چشمه های آب گرم به سطح آورده شده و در نهشته های تراورتن، رادیم جانشین کلسیم می گردد(کرم ،2002و چاووشی ثانی،1385). منشأ ثانویه رادون در رامسر، ناشی از نهشته های تراورتن حاوی میزان بالایی از توریم است(سهرابی،1990)که از گرانیتهای کوههای مشرف منشأ گرفته است. در جدول شماره 1 رنج پرتوزایی طبیعی سالانه در مناطق با پرتوزایی زمینه بالای دنیا آورده شده است(اقتباس از کرم،2002) و در شکل شماره 1 پراکندگی میزان رادون در نقاط مختلف دنیا نشان داده شده است.

شکل شماره 1- پراکندگی میزان رادون در نقاط مختلف دنیا نشان داده شده است.



جدول شماره 1- رنج پرتوزایی طبیعی سالانه در مناطق با پرتوزایی زمینه بالای دنیا آورده شده است(اقتباس از کرم،2002)

کشور	منطقه	جمعیت تقریبی	نرخ دز جذب شده در هوا (nGyh)
برزیل	گواراپاری	73000	90-170 (خیابان) 90-90000 (سواحل)
ایران	رامسر محلات	2000	70-17000 800-4000
هند	کرالا	100000	200-4000
چین	یانگ جیانگ	80000	370(میانگین)

تأثیر تشعشعات رادون :

بر اساس توصیه کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر پرتوها (ICRP)، دز سالیانه افراد عادی جامعه باید کمتر از $1msv$ باشد در حالیکه در مناطق با "پرتوزایی زمینه ای بالا" (HBRA) مانند کرالا، هند، ($13msv$)، در رامسر، ایران،($240msv$) گزارش شده است(شبستانی منفرد و همکاران،1383). و از دیگر مناطق با پرتوزایی زمینه بالا دنیا می توان به یانگ جیانگ ،چین؛ گواراپاری، برزیل و جنوب غرب فرانسه اشاره نمود

مهمترین تأثیر تشعشعات رادون از طریق ذرات آلفای تولید شده است که این ذرات با قدرت نفوذ کم(عدم عبور از بافت محافظ پوست و لباس) با ویژگی مهم انرژی متراکم بالا که باعث انتقال کل انرژی خود در فاصله کوتاه شده و به همین دلیل حجم کوچکی از بافت زنده، مقدار بالایی انرژی دریافت می کند و باعث تغییراتی همچون یونیزاسیون مولکول آب بافت زنده و DNA بدن شده که منجر به عوارض بیولوژیکی رشد غیر عادی، جهش کروموزومی و ... می شود (Appleton 2005) درجه آسیب پذیری اندام ها و بافتهای مختلف بدن در مقابل تشعشعات، متفاوت بوده و درجه آسیب پذیری هر بافت به نوع و یا انرژی تشعشعات بستگی دارد(جدول شماره3).

جدول شماره2- برآورد دزهای جذب شده سالانه بافتهای بالغ از رادون 222 و مشتقات با عمر کوتاه آن تا غلظت $20 Bqm^{-3}$ رادون درون منزل

اعضای بدن	دز سالیانه(μGyy^{-1})
ریه	500
پوست	50-1000
مغز استخوان	0/5-6
سطح استخوان	0/4-4/4
قفسه سینه	1/2-1/5
خون	1/1
کبد	2/5
کلیه	14/4

بررسیها نشان می دهد که بیشترین خطر رادون، ابتلا به سرطان ریه است و هیچ رابطه مشخص و مستحکمی بین تشعشعات رادون و سایر سرطانها گزارش نشده است.

سازمان حفاظت محیط آمریکا(EPA) اعلام کرد که رادون موجود در آب آشامیدنی، سالانه منجر به بروز سرطان در 168 نفر شده که 89% سرطانهای ریه در اثر تنفس رادون آزاد شده از آب و 11% سرطانهای شکمی ناشی از نوشیدن آب حاوی رادون است. به همین دلیل بسته به وضعیت جغرافیایی، نوع حرفه و شغل، قانون محدودیت مقدار مؤثر رادون دریافتی وضع گردید، بطوریکه این

مقدار در انگلستان برای هر کارمند 18 سال به بالا سالانه $20msv$، برای ساکنین مناطق با تشعشع بالای رادون منطقه کرون وال $7.5msv$ وکارمندان مراکز هسته ای $4.5msv$ است.(Appleton) 2005

مطالعات انجام شده روی هزاران معدنچی که برای یک دوره زمانی بیش از 30 سال در معادن اورانیم، آهن، قلع، فلوراسپار استرالیا، کانادا، چین، اروپا،ایالات متحده فعالیت داشته اند، نشان می دهد نرخ مرگ و میر ناشی ازسرطان ریه کارگران بالا بوده و میزان آسیب پذیری افرادسیگاری بیشتر از غیر سیگاریها بوده است که خود منتج به نتایج زیر گردید:

1-طبق نظر EPA مقدار تشعشعات پایین($4pciL^{1}$)در یک دوره زمانی طولانی، بیشتر از تشعشعات بالا در زمان کوتاه باعث ابتلا به سرطان ریه می شود.2- امکان ابتلا به سرطان ریه هنگام توأم بودن تشعشعات با سنگ های معدنی بور، سیلیس، سوختهای دیزلی،آرسنیک، کروم، نیکل و گردوغبار صنعتی تشدید می گردد.3- خطر ابتلا در صورت مجاورت با تشعشع حداقل شروع می شود.4- غلظت گاز Rn^{222} در محیط های حاوی گردوغبار صنعتی بیشتر و همراهی آنها با سایر آلاینده های سمی، خطر را افزایش می دهد. در همین رابطه فرضیه LNT بیانگر رابطه مستقیم بین میزان تشعشعات و سرطان زایی می باشد.

در منطقه رامسر،ایران که میزان پرتو تابشی آن 90برابر دزی است که منجر به تخلیه 200000 ساکن مناطق آلوده چرنوبیل شد، مطالعات متعددی روی اثر پرتوزایی زمینه بالا بر تغییرات سطح گلبولهای سفید، هموگلوبین، اندکسهای خونی و سرطانزایی تشعشعات رادون، مقاومت سلولها در برابر شکست کروزومی ناشی از دز $1.5GY$ اشعه گاما که توسط چاووشی و همکاران،1379و1380 و همچنین شبستانی منفرد و همکاران،1383 انجام پذیرفت با توجه به ثابت بودن فاکتورهای مؤثر بر سلامت، اعم از شاخص های اقتصادی، اجتماعی، بهداشتی در ساکنین دو منطقه با پرتوزایی بالا و مناطق مجاور با پرتوزایی معمولی مشخص گردید که تغییرات مشاهده شده درفراوانی و نوع بیماریها مستقل از شاخص های فوق است و هیچ رابطه معناداری بین میزان تشعشعات و سرطان زایی برخلاف فرضیه LNT وجود ندارد و شکست کروموزومی سلولهای بدن ساکنان منطقه با پرتوزایی بالا نسبت به سلولهای بدن ساکنان مناطق با پرتوزایی پایین(میزان اشعه گامای $1.5GY$) کمتر بوده که نوعی سازگاری و مقاومت سلولی در مقابل اشعه و در نتیجه مقاومت در برابر سرطان را نشان می دهد(جدول شماره 2).کرم 2002 نتیجه گرفت که در رامسر بی قاعدگی کروزومی لنفوسیتها در ساکنین مناطق با پرتوزایی زمینه بالا 44% کمتر از ساکنین مناطق با پرتوزایی عادی است

جدول شماره3- مقایسه تأثیر پرتوزایی در ایجاد انواع بیماریها در مناطق با پرتوزایی زمینه بالا و زمینه پایین رامسر

نوع بیماری تعداد موارد	بیماری قلبی *	سرطان *	معلولیت ها	افسردگی **
منطقه پرتوزایی زمینه بالا (420 نفر)	2	0	2	3
منطقه پرتوزایی زمینه عادی (374 نفر)	14	3	2	2

* تفاوت ها با $p \leq 0.05$ معنی دار بوده اند.
**تعداد نمونه 298 نفر از ساکنین دو منطقه بوده است.

در معرض قرار گرفتن انسان با مقدار ثابت $3-5GY/Y$ سبب مرگ در عرض یک تا دو ماه در 50% موارد می گردد و نکته جالب این است که در مناطق با پرتوزایی بالا هیچ گونه عوارض جانبی بر روی سلامت افراد وجود نداشته که نمونه آن در بازماندگان اتمی هیروشیما که اشعه ای بین $10-190msv$ دریافت داشته اند، میزان بروز سرطان خون و روده نسبت به افرادی که پرتو دریافت ننموده اند کمتر بوده و معلوم شد بازماندگان طول عمر بیشتری دارند و نسبت مرگ و میر بعد از سن 55 سالگی در آنها نسبت به سایر مردم ژاپن که اشعه دریافت نکرده اند کمتر است(چاووشی ثانی،1385). .تحقیقات اخیر نشان داده که واکنشهای فیزیولوژیکی ایجاد شده در حادثه انفجار چرنوبیل نتیجه ترس از حادثه بوده است نه ناشی از دزهای تشعشعی .(Appleton) 2005

نتیجه گیری

واقعیت این است که مقدار کم پرتوهای یونی، سبب سرطان نمی شود بلکه اثرات مفیدی بر روی سلامتی انسانها نیز دارد.آبهای معدنی درمانی رامسر و سایر مناطق مشابه در دنیا با میزان پرتوزایی رادون بالا منجر به افزایش فعالیت بافتی و درمان دردهای روماتیسمی، مفصلی و عصبی،بیماریهای جلدی، اگزمای پر خارش و بیماریهای زنانگی و دفع اسیداوریک موجود در ادرار می گردد. لذا نه تنها باعث ایجاد سرطان نمی شود بلکه به عنوان واکسن، نقش ضد سرطانی دارد.

منابع فارسی

1-ع.شبستانی،ف.جلالی،ح.مزدرانی و م.حاجی احمدی،1383،«بررسی سطح سلامت ساکنین مناطق با پرتوزایی زمینه بالا و زمینه پایین»،مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان سال 6،شماره 13،صفحات28-23.

2-م.ظ.چاووشی ثانی، " اثر مفید پرتوها در رامسر"،روزنامه ایران،1385.

منابع انگلیسی

3. Appleton,D; .(2005) Radon In air and water Chapter 10,Essential of medical geology ,, pp227-262

4. Ghiassi-nejad M; Mortazavi SMJ; Niroomand-rad A; Cameron JR; Karam PA. Very High Background Radiation Areas of Ramsar, Iran: Preliminary Biological Studies. Health Physics 2002(in press).

5. Grandstaff DE. A Kinetic Study of the Dissolution of Uraninite. Economic Geology:1493-506. 1976.

6.Karam,PA. 2002,The High Background Radiation Area in Ramsar Iran: Geology, Norm, Biology, LNT, and Possible Regulatory Fun. WM'02 Conference,February24-28, , Tucson,AZ.

7. Nair MK; Nambi KS; Amma NS; Gangadharan P; Jayalekshmi P; Jayadevan S; Cherian V; Reghuram KN. 1999,Population study in the high natural background radiation area in Kerala, India. Radiat Res, 152(6 Suppl): S145-8,.

8. Sohrabi M. , 1990, Recent radiological studies of high level natural radiation areas of Ramsar. Proceeding of International Conference on High Levels of Natural Radiation, Ramsar, Iran, 3-7.

9. Zha YR, Tao ZF, Wei LX. 1996. Epidemiological survey in a high background radiation area in Yangjiang. Chung Hua Liu Hsing Ping Hsueh Tsa Chih, 17(6):328-332,

اندازه‌گیری میزان تراکم رادون و رادیوم درمنابع آبی منطقه‌ی خضری شهرستان قاین

سیدمسعودحجتی[1] *، علی داوری[2] ، دکترسعید محمدی[3]

1-کارشناس‌ارشد فیزیک‌هسته‌ای دانشگاه‌جامع‌پیام‌نور مرکزمشهد

2-کارشناس‌ارشدفیزیک‌هسته‌ای دانشگاه‌جامع‌پیام‌نور مرکزقاین

3- عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور مرکز مشهد(استادراهنما)

آدرس: استان‌خراسان‌جنوبی شهرستان‌قاین انتهای‌خیابان‌امام‌خمینی کوچه‌ی‌امام 29 پلاک 6

masood_13462000@yahoo.com E-mail :

چکیده

هرساله هزاران‌نفردراثرابتلا به‌سرطان‌های‌ریوی و گوارشی جان‌خود را درسرتاسرجهان ازدست می‌دهند. یکی‌از دلایل‌این‌سرطان‌ها، ورود رادیوم و رادون به بدن‌انسان است.

رادیوم فلزبراق و رادیواکتیوی‌است که دراثرواپاشی‌اورانیوم تولید می‌شود و اورانیوم به‌طور طبیعی و به‌مقدار زیاد درخاک یافت‌می‌شود. این‌فلز نیمه‌عمرطولانی درحدود 1602سال دارد وفعالیت شیمیایی‌بسیارقوی داشته وفورا بااکسژن ویا نیتروژن‌هوا ترکیب شده و رنگ آن‌تیره می‌شود و دراثرتماس با آب‌های زیرزمینی ، درآب حل‌شده و بااستخراج‌آب ازاعماق‌زمین واستفاده ازآن درشبکه‌های‌آبرسانی‌شهری، توسط‌انسان خورده‌شده و واردبدن می‌شود و اعضای‌داخلی بدن را درمعرض پرتودهی قرارداده و درطولانی‌مدت باعث بروز سرطان‌های ریوی و گوارشی می‌شود.

با نمونه‌برداری ازمنابع‌آبی واستفاده از یک دستگاه‌آشکارساز مثل‌دستگاه **PRASSI** به‌راحتی می‌توان تراکم‌رادیوم درآب رامشخص‌نمود و به‌علت نیمه‌عمر بسیار طولانی آن، باگذشت زمان تراکم‌رادیوم درنمونه‌های‌آبی، تغییرچندانی نمی‌کند.

برای‌کاهش‌تراکم‌رادیوم درآب یاباید ازروش‌های‌شیمیایی استفاده‌نمود که معمولاپرهزینه‌است‌ویاازروش‌های‌بیولوژیکی استفاده‌نمود که‌درآن ازکشت‌یک‌نوع باکتری‌خاص‌درآب برای‌جذب‌رادیوم استفاده می‌شود.

واژگان کلیدی

خواص رادیوم و رادون، جداسازی رادیوم ازآب، سرطان‌های ریوی و گوارشی

1-مقدمه

رادیوم با نماد شیمیایی **Ra** ، یکی از عناصرشیمیایی‌جدول‌تناوبی است که دارای عدد اتمی88 بوده و ظاهرش کاملا سفید و براق است که درمجاورت باهوا سیاه و کدر می‌شود و ازعناصرگروه فلزات قلیایی‌خاکی بوده و همراه با اورانیوم یافت می‌شود. این عنصر به‌شدت رادیواکتیو بوده و ایزوتوپ پایدار آن ^{226}Ra با نیمه عمر 1602 سال است که می‌تواند به گازکشنده‌ی رادون تبدیل شود. این عنصر از سری‌واپاشی ^{238}U بوجود می‌آید و به‌راحتی در آب حل می‌شود و با مواد دیگر نیز می‌تواند ترکیب شود و اگر همراه با آب خورده‌شود، می تواند سرطان‌زا باشد. رادیوم که از سنگین‌ترین فلزات قلیایی‌خاکی می‌باشد، از نظرشیمیایی به فلزباریم شباهت دارد. این‌فلز به‌صورت ترکیبی و در مقادیربسیارکم در معادن-

اورانیوم یافت می‌شود. آماده‌سازی‌رادیوم برای‌نگهداری‌آن در دماهای‌بالاتر از دمای‌محیط با توجه به تشعشات آلفا، بتا و گامای‌رادیوم بسیار قابل‌توجه می‌باشد. همچنین اگر درمجاورت‌بریلیوم قرار بگیرد، نوترون تولید می‌کند [1] .

گازرادونی که توسط واپاشی رادیوم بوجود می‌آید، کاربردهایی درپزشکی برای‌پرتودرمانی و در زمین شناسی برای تعیین زمان‌احتمالی‌وقوع زلزله و تعیین محل‌گسل‌ها و معادن و .....دارد.

اگر آب‌های زیرزمینی‌آلوده به رادیوم نوشیده شود، در معده و روده تجمع پیدا کرده و این اعضا را در معرض‌دائمی‌پرتوهای‌رادیواکتیو قرار می‌دهد و پس از گذشت‌زمان‌طولانی باعث ایجاد سرطان معده و روده می‌شود.

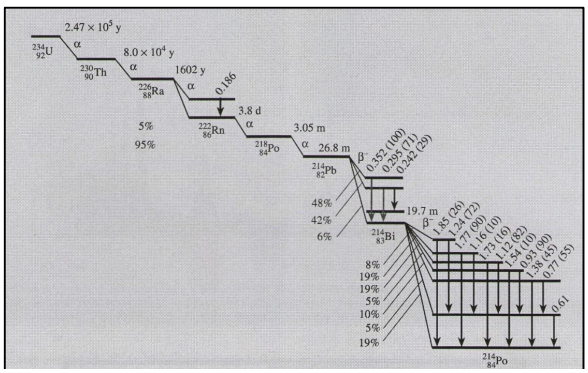
آب‌های‌جاری بر روی‌سطح زمین در اثر تماس با مواد دیگر می‌توانند تصفیه شده و رادیوم موجود را از دست بدهند. اما آب‌های زیرزمینی به‌خصوص آب‌هایی‌که از چاه‌های عمیق استخراج می‌شوند در مقایسه با آب‌های سطحی از غلظت بیشتر رادیوم برخوردار هستند.

2-رادیوم چگونه ظاهرمی‌شود؟

سه‌عنصر پولوتونیوم، سرب و بیسموت که ازتجزیه‌ی‌متوالی‌رادیوم به‌دست می‌آیند، پرتوزا بوده و دختران‌رادیوم نامیده می‌شوند. این عناصر در مقادیر ماکروسکوپی به‌صورت جامدند و وقتی در هوا تشکیل می‌شوند، به‌سرعت به‌ذرات‌گرد و غبار می‌چسبند و در موقع‌تنفس به‌همراه هوا وارد شش ها شده و به سطح داخلی‌آن می‌چسبند. این عناصر، ذرات‌آلفای پرانرژی گسیل می‌کنند که تابش آن‌ها از داخل به سلول‌های نای و مری آسیب می‌رساند. در واقع رادیوم و دختران‌پرتوزای آن، بعد از سیگار دومین عامل‌ایجادسرطان‌های رویوی و گوارشی شناخته می‌شوند. معدن‌چیانی که در معادن‌زیرزمینی‌اورانیوم، بدون تهویه‌ی مناسب کار می کنند، بیشترین تماس را با ذره‌های آلفای- حاصل از تجزیه‌ی‌هسته‌ای‌رادیوم دارند که در صد سرطان ریه در آن‌ها، حتی پس از اعمال موارد خطرناشی از سیگار، بیشتر از مردم عادی است.

توالی‌واپاشی‌رادیوم تا تشکیل‌سرب به‌طور متوسط 1602 سال طول‌می‌کشد. در مقابل، تجزیه‌ی هسته‌ای‌سرب به بیسموت نیمه‌عمری کمتراز رادیوم دارد. در واقع بیشترین مقدارسرب قبل از انجام‌این واکنش از بدن دفع می‌شود [3و4] .

در شکل (1) توالی‌واپاشی‌عنصر رادیوم به هسته‌های‌دختر آن تا رسیدن به سرب $^{206}\mathbf{Pb}$ نشان داده شده است [2] .



شکل (1) توالی واپاشی اورانیوم وایجاد رادیوم تا سرب پایدار

3-چگونه افراد در معرض تابش ناشی از رادیوم قرار می گیرند ؟

به‌طورکلی ممکن است یک فرد از سه روش‌زیر در معرض‌پرتوگیری تابش‌های حاصل از رادیوم و گاز رادون و محصولات واپاشی آن قرار گیرد:

الف: پرتوگیری خارجی

اگررادیوم در محیط‌خارج از بدن واپاشی کند، رادون و دخترهای آن در محیط‌خارج از بدن تولید شده و در محیط انتشار می‌یابند و از طریق‌تابش و تشعشع‌ذرات آلفا بدن را درمعرض‌خطر پرتوگیری خارجی قرار می‌دهند. در این حالت ذرات آلفا به‌علت قدرت نفوذ کمی که دارند از پوست‌بدن نمی‌توانند عبورکنند و در سطح‌خارجی‌پوست‌بدن متوقف می‌شوند. پس پرتوگیری-خارجی‌بدن از اشعه‌ی‌آلفا زیاد خطرناک نیست اما پرتوگیری‌خارجی‌بدن از اشعه‌ی‌بتا و گاما می‌تواند از اهمیت‌بیشتری برخوداربا‌شد و برای بدن مضر می‌باشند. چون قدرت‌نفوذ اشعه‌های‌بتا و گاما بیشتر از اشعه‌ی‌آلفا بوده و می‌تواند از پوست بدن عبور کرده و به نسوج‌داخلی‌بدن نیز صدمه برساند.

ب: پرتوگیری داخلی مستقیم

اگررادیوم در محیط‌خارج بدن واپاشی کند و گازرادون حاصل از این واپاشی به هر دلیلی وارد بدن شود، دخترهسته‌های آن درمحیط‌داخل‌بدن تولید می‌شود و تابش هر سه نوع اشعه‌ی‌آلفا، بتا و گاما در داخل‌بدن می‌تواند خطرناک باشد. حتی ذرات‌آلفا که قدرت نفوذ زیادی ندارد در اثر برخورد با سلول‌های‌داخلی‌بدن می‌توانند آثارتخریب کننده‌ی زیادی را بر روی آن قسمت از بدن داشته و باعث ایجاد سرطان در محل‌آن عضو شود.

این نوع پرتوگیری بسیار خطرناک‌تر از پرتوگیری‌خارجی می‌باشد و مستقیما اعضای‌داخلی-بدن در معرض تابش‌های ناشی از واپاشی رادیوم قرار گرفته و درصد ابتلا به سرطان را افزایش می-دهد.

پ: پرتوگیری داخلی پله ای

دراین روش رادیوم قبل ازواپاشی واردبدن شده ودر بافت‌های‌داخلی‌بدن دوره‌ی‌واپاشی‌خود را سپری می‌کنندو رادون و ذرات‌تابشی‌حاصل ازآن را در بافت‌های‌بدن رهامی‌کنند و باعث‌تخریب-عضو بدن از داخل می‌شوند.

تفاوتی که این روش با روش پرتوگیری مستقیم دارد این است که:

1) محل‌استقراراجدادرادون یعنی‌رادیوم واورانیوم دربدن با محل‌استقرار گازرادون دربدن متفاوت است. در این روش ابتدا اجداد رادون وارد بدن شده و بعد دراثر واپاشی‌های‌متوالی رادون تولید می‌شود اما درروش قبلی ابتدا اجدادرادون در محیط‌خارج‌بدن واپاشی کرده و رادون را به‌وجود می‌آورند و بعد رادون واردبدن می‌شود.

2) میزان‌پرتوگیری در این روش به‌مراتب خیلی بیشتر از روش‌قبلی است. چون تعداد هسته‌های پرتوزای بیشتر در اثر واپاشی تولید می‌شود.

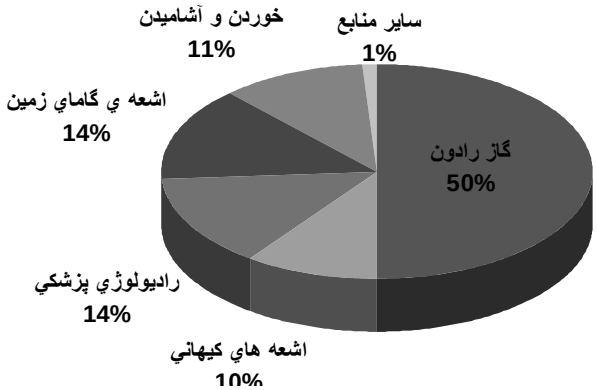
3) مدت‌زمان‌طولانی‌تری بدن درمعرض پرتوگیری قرار می‌گیرد چون انواع رادیوایزوتوپ‌ها با زمان‌های‌نیمه‌عمرمتفاوت به‌وجود می‌آید و واپاشی‌ها در داخل‌بدن ادامه می‌یابند.

4) گاز رادونی‌که در اثرتنفس وارد بدن می‌شود بیشتر در محدوده‌ی دستگاه‌تنفسی باقی می‌ماند اما رادیوم و اورانیوم از هر روشی وارد بدن شوند، می‌توانند در آن قسمت باقی بمانند. بنابراین نوع‌سرطانی‌که در اثرروش پرتوگیری‌مستقیم ممکن است به‌وجودآید، بیشتر ریوی‌است درحالی که سرطان‌های‌ناشی ازروش پرتوگیری پله‌ای می‌تواند استخوانی، روده‌ای و معده‌ای هم باشد.

5) رادون به صورت‌گازبوده و نیمه‌عمرکمی دارد بنابراین تعیین‌میزان‌پرتوگیری‌بدن دراثررادون بسیار دشواراست و تنها از راه‌تعیین‌غلظت‌رادون‌موجود در هوا می‌توان به دُز دریافتی-تقریبی رادون توسط بدن پی‌برد درحالی که اجداد رادون یعنی رادیوم و اورانیوم جامد بوده و به راحتی با نمونه‌برداری از بافت‌های‌ریه، استخوان، خون، ادرار و مدفوع و آزمایش روی‌آن‌ها می‌توان به طور دقیق‌تری دُز دریافتی بافت‌های‌داخلی بدن را اندازه گیری‌کرد [12] .

به‌طورکلی تقریبا 50% پرتوگیری‌طبیعی‌بدن افراد یک جامعه مربوط به‌پرتوگیری‌داخلی-مستقیم و تنها 11% پرتوگیری‌طبیعی‌بدن‌افراد دراثر پرتوگیری‌پله‌ای بوده و مابقی آن مربوط به پرتوگیری خارجی می‌باشد. روش‌های پرتوگیری‌بدن درنمودار زیر نشان داده شده است.

نمودار(1) منابع مختلف پرتوگیری طبیعی افراد یک جامعه



خانواده‌ی‌رادون علاوه بر داشتن‌نیمه‌عمرکوتاه می‌توانند جزئی ازسری‌های‌واپاشی‌طبیعی نیز باشند و از آن‌جا که در زنجیره‌ی‌طبیعی‌واپاشی، عمده‌ترین تابش‌ها، ذراتی پرانرژی باقابلیت یون-سازی‌بالا مثل ذرات‌آلفا، بتا و گاما ایجاد می‌کنند، خانواده‌ی‌رادون ماهیت خطرناک‌تری به خود می-گیرد.

رادون از راه‌تنفس و دستگاه‌گوارش می‌تواند واردبدن شود. اگر آب‌آلوده‌به‌رادیوم نوشیده-شود، رادون واردستگاه‌گوارش می‌شود و این عضو را درمعرض‌پرتوگیری قرارمی‌دهد. این امکان نیزوجود دارد که رادون محلول درآب، در طی‌استفاده ازآب، مثلا در شستن‌لباس و ظرف و یا دوش-گرفتن، در هوای‌داخل‌خانه آزاد شده و غلظت‌رادون را در هوای‌داخل‌خانه افزایش‌دهد. بنابراین دُز دریافتی‌بیشتری از طریق‌استنشاق واردبدن شود. در این صورت فردی که این هوارا تنفس می‌کند رادون‌بیشتری را به شش‌ها وارد می‌کند. این رادون در شش‌ها ته‌نشین شده و ضمن‌واپاشی با گسیل‌ذرات‌آلفا به‌بافت شش‌ها از داخل آسیب می‌رساند.

لازم به‌ذکر است که رادیوم علاوه بر حضور در زنجیره‌های‌طبیعی‌واپاشی در بخش‌های-تحقیقاتی، صنعتی و پزشکی به‌صورت‌مصنوعی ساخته‌می‌شود ولی چون در این گونه موارد، تهدیدرادیوم محدود به قشرخاصی از افراداست، می‌توان با در نظرگرفتن‌موارد ایمنی‌لازم آن را تا حد زیادی‌کنترل کرد و خطرات‌ناشی از آن را کاهش داد. اما سری‌های‌واپاشی‌طبیعی رادیوم که عمده-ترین قشرافراد یک‌جامعه را در بر می‌گیرد را نمی‌توان به‌راحتی کنترل‌کرد و بیشتر افراد جامعه را در معرض خطر پرتو گیری قرار می‌دهد.

گرچه انسان‌ها اغلب عقیده‌دارند که پرتوگیری از منابع مصنوعی پرتوزا بسیار خطرناک هستند ولی منابع‌طبیعی‌پرتوزا عامل‌اصلی در پرتوگیری‌بشر وموجودات‌زنده بوده که به دلیل عدم شناخت آن توسط انسان‌ها از درجه‌ی‌اهمیت‌کمتری برخوردار است.

پرتوگیری‌بدن ناشی از نوشیدن‌آب‌آلوده به‌رادیوم و یا استنشاق‌هوای‌آلوده به‌گاز رادون در منازل به مراتب بیشتر از پرتوگیری‌ناشی از سایر منابع پرتوزای‌طبیعی است. امروزه در جهان روش-های برآورد تاثیر دُز ناشی از استنشاق‌محصولات‌واپاشی‌رادون با نیمه‌عمرکوتاه بر بافت‌های‌بدن مورد بررسی‌دقیق و مداوم محققان‌قراردارد. سازمان‌بین‌المللی‌حفاظت در برابرپرتوها **(ICRP)** ضرایب‌وزنی-بافت‌ها و ضرایب‌پرتوگیری جدیدی را برای‌تعریف دُز موثر رادیوم تعیین‌نموده است [8و9] .

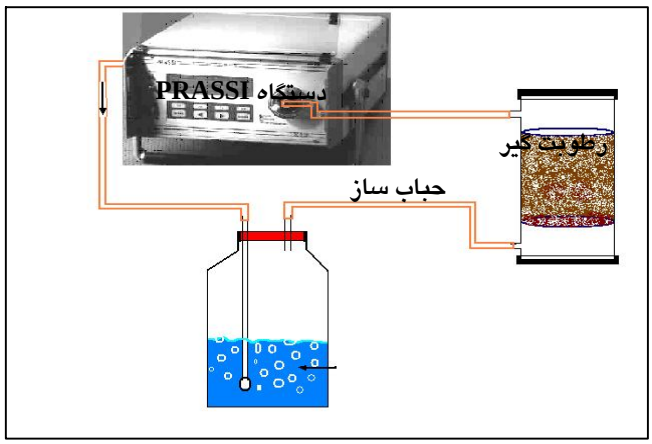
4-روش اندازه گیری رادیوم درمنابع آبی

الف: نمونه‌برداری و اندازه‌گیری

در ابتدا از منابع‌آبی نمونه‌برداری به‌عمل می‌آید. برای‌نمونه‌برداری از ظروف‌نوشابه‌ی‌کوچک با گنجایش 300 میلی‌لیتر که درب آن کاملا محکم‌می‌شود، استفاده می‌گردد. از منابع‌آبی با این ظروف نمونه‌برداری می‌کنیم طوری که ظروف در زیرسطح‌آب کاملا پر شده و درب آن بسته می-شود. قبل از آزمایش برای‌اندازه‌گیری‌تراکم‌رادیوم در آزمایشگاه، نمونه‌هارابرای مدت نسبتا طولانی مثلا 72 ساعت نگه‌داری کرده تا مواد رادیواکتیو با نیمه‌عمرکوتاه آن، از قبیل گاز رادون، غیر فعال شوند. سپس آن را درظرف شیشه ای و حباب‌ساز دستگاه **PRASSI** ریخته و دستگاه را روشن می-کنیم. به‌مدت‌تقریبی 5 دقیقه دستگاه در آب دمیده و بخار آب‌حاصل بعد از عبور از خشک‌کن وارد قسمت‌آشکارساز دستگاه شده و رادیوم موجود درآن بر اساس واپاشی‌انجام‌شده و پرتوآلفای‌گسیل-شده از آن اندازه‌گیری می‌شود و حاصل‌اندازه‌گیری به‌صورت عددی بر روی صفحه‌ی‌دستگاه بر حسب بکرل‌برمترمکعب ظاهر می‌گردد. نحوه ی اتصالات دستگاه و اجزائ آن در شکل (2) نشان داده شده است.

ب: نتایج اندازه گیری

نمونه‌برداری ازتعداد 32 حلقه‌چاه‌عمیق در شهرخضری انجام شده که نتیجه‌ی اندازه‌گیری-



شکل(2) دستگاه PRASSI Mod.5s و نحوه ی اتصالات آن

تراکم‌رادیوم در نمونه‌های‌آبی در جدول (1) آمده‌است.

جدول(1) اطلاعات برداشت نمونه‌ها از منابع‌آبی خضری و منطقه‌ی نیم‌بلوک

	نام منبع آبی	زمان نمونه برداری جمعه 1388/3/8	زمان آزمایش اول شنبه 1388/3/9	رادون Bq/m^3	زمان آزمایش دوم سه شنبه 88/3/26	رادیوم Bq/m^3		نام منبع آبی	زمان نمونه برداری جمعه 1388/3/8	زمان آزمایش اول شنبه 1388/3/9	رادون Bq/m^3	زمان آزمایش دوم سه شنبه 88/3/26	رادیوم Bq/m^3
1	شبکه آبرسانی فیض آباد نمونه (1)	17:02	8:10	$N=88/2$ $N_0=98/9$	15:06	149/6	18	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 17	18:55	10:12	337/5 378/7	16:59	21/07
2	شبکه ی آبرسانی فیض آباد نمونه (2)	17:05	8:17	302/6 339/6	15:12	139/6	19	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 14	19:00	10:18	525/4 589/7	17:08	22/22
3	چاه سازمان آب خضری شماره 3 نمونه (1)	17:12	8:24	347/9 390/5	15:19	صفر	20	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 15	19:08	10:25	354/2 397/5	17:14	26/92
4	چاه سازمان آب خضری شماره 3 نمونه (2)	17:15	8:31	369/6 415/1	15:26	42/18	21	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 16	19:12	10:31	385/3 432/5	17:27	18/74
5	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 22	17:34	8:38	338/8 380/4	15:31	49/11	22	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 4	19:17	10:38	471/4 529/3	17:34	صفر
6	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 6	17:36	8:45	392/0 439/8	15:38	34/74	23	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 3	19:24	10:45	600/0 673/6	17:40	13/60
7	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 7	17:39	8:51	482/6 541/7	15:44	صفر	24	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 10	19:28	10:51	508/1 570/7	17:46	14/68
8	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 9	17:43	8:58	364/1 408/7	15:51	51/98	25	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 23	19:35	10:58	424/4 476/6	17:52	8/185
9	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 8	17:48	9:05	440/0 494/2	15:57	صفر	26	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 5	19:35	11:06	407/0 457/5	17:59	32/91
10	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 11	17:52	9:11	400/6 450/1	16:03	30/10	27	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 2	19:43	11:12	727/3 817/5	18:05	صفر
11	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 12	18:03	9:18	169/5 190/3	16:09	34/37	28	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره (چاه باغ)	19:50	11:19	603/4 678/2	18:12	صفر
12	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 13	18:10	9:25	200/4 225	16:16	8/125	29	چاه فضای سبز شهرداری خضری	19:56	11:25	545/2 612/8	18:18	10/68
13	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 18	18:15	9:32	486/1 546	16:22	صفر	30	شبکه آبرسانی آب شرب خضری (پارک شهیدفهمیده)	20:45	11:32	493/4 551/6	18:24	9/149

14	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 21	18:24	9:39	451/9 507/4	16:30	8/467	31	شبکه آبرسانی آب شرب خضری (پارک کنار جاده)	20:50	11:39	180/8 202/2	18:31	صفر
15	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 20	18:28	9:45	441/0 495/3	16:36	0/449	32	شبکه آبرسانی آب شرب خضری (منزل شخصی)	22:47	11:45	345/9 381/4	18:37	32/79
16	چاه شرکت سهامی زراعی خضری شماره 19	18:33	9:52	555/2 623/8	16:43	55/19	33	هوای محل آزمایش (آزمایشگاه مشهد)		11:51	75/8	14:50	466/2
17	چاه گاوداری صنعتی شرکت سهامی زراعی خضری	18:38	9:58	374/4 420/7	16:49	14/52	34	آب محل آزمایش (آزمایشگاه مشهد)		10:12	185/8	14:55	294/6

حد مجازتراکم‌رادیوم در منابع‌آبی از طرف اداره‌ی‌حفظ‌محیط‌زیست آمریکا 4 بکرل‌برلیتر تعیین‌شده است. اگر تراکم‌رادیوم درمنابع‌آبی کمتر از این‌مقدار اندازه‌گیری شوند، سرطان‌زا نخواهند بود[6و7و8].

برای‌تبدیل‌واحدتراکم‌رادیوم اندازه‌گیری شده ازبکرل‌برمترمکعب به بکرل‌برلیتر به‌صورت زیرعمل می‌کنیم:

نتایج‌اولیه نمایش‌داده‌شده توسط دستگاه PRASI برحسب (Bq/m^3) در جدول (2) درج شده است. با استفاده ازرابطه‌ی زیرمقدار اندازه‌گیری‌شده توسط‌دستگاه به‌مقدارواقعی‌تراکم رادون در نمونه‌آب تبدیل می‌شود:

$$Q_{Rn}(Bq/Lit) = Q_{PRASSI} \times \frac{V_{tot}(m^3)}{V(lit)}$$

که در آن Q_{Rn} مقدارواقعی تمرکز رادون درآب برحسب (Bq/Lit) ، Q_{PRASSI} مقدار اندازه‌گیری شده توسط دستگاه PRASSI (مقادیر جدول 2) ، V_{tot} حجم‌کل‌مسیر چرخش‌گاز که در این‌آزمایش $2/4\times10^{-3}$ m^3 است، V حجم‌نمونه‌ی‌مورد آزمایش‌که در این آزمایش تقریباً 0/15 لیتر (تقریبا نصف نمونه‌ی آب‌هر بطری در هر بار آزمایش در حباب‌ساز دستگاه PRASSI ریخته می‌شود)انتخاب شده‌است که پس از محاسبه، بر اساس معادله‌ی بالا و داده‌های‌جدول1 مقدارواقعی تمرکز رادیوم برحسب (Bq/Lit) در جدول (2)آورده شده‌است.

جدول (2) مقادیر رادیوم موجود در نمونه های آب

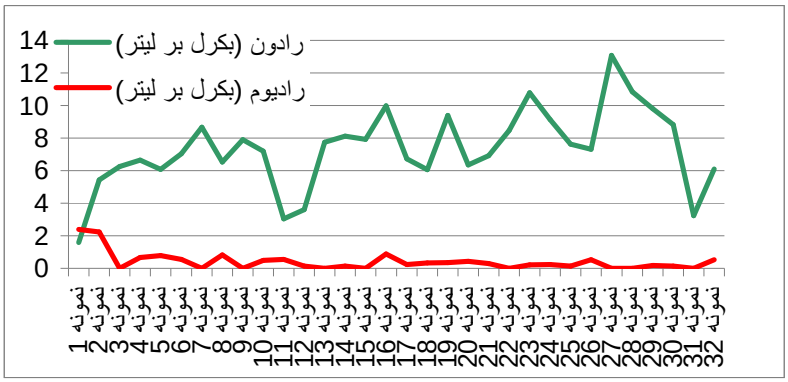
شماره ی نمونه ها	رادیوم Bq/m^3	رادیوم Bq/Lit	شماره ی نمونه ها	رادیوم Bq/m^3	رادیوم Bq/Lit
نمونه 1	149/6	2/3936	نمونه 17	14/52	0/2323
نمونه 2	139/6	2/2336	نمونه 18	21/07	0/3371
نمونه 3	صفر	صفر	نمونه 19	22/22	0/3555
نمونه 4	42/18	0/6749	نمونه 20	26/92	0/4307
نمونه 5	49/11	0/7858	نمونه 21	18/74	0/2998
نمونه 6	34/74	0/5558	نمونه 22	صفر	صفر
نمونه 7	صفر	صفر	نمونه 23	13/60	0/2176
نمونه 8	51/98	0/8317	نمونه 24	14/68	0/2349
نمونه 9	صفر	صفر	نمونه 25	8/185	0/1310
نمونه 10	30/10	0/4816	نمونه 26	32/91	0/5266
نمونه 11	34/37	0/5499	نمونه 27	صفر	صفر
نمونه 12	8/125	0/1300	نمونه 28	صفر	صفر
نمونه 13	صفر	صفر	نمونه 29	10/68	0/1709
نمونه 14	8/467	0/1355	نمونه 30	9/149	0/1464
نمونه 15	0/449	0/0072	نمونه 31	صفر	صفر
نمونه 16	55/19	0/8830	نمونه 32	32/79	0/5246

نمودار(1) تراکم رادیوم در نمونه‌های‌آب‌شهرخضری دشت بیاض‌را برحسب (Bq/Lit) نشان می‌دهد.

نمودار (1) میزان تراکم رادیوم و رادون در نمونه‌ها

5- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به‌مقادیربدست‌آمده از آزمایش‌ها ومقایسه‌ی‌آن با حدمجاز تعیین شده توسط‌اداره-ی‌حفظ محیط‌زیست آمریکا، **EPA** ، به این نتیجه می‌رسیم که تراکم‌رادیوم درتمامی منابع‌آبی-شهرخضری کمتر از حد مجاز تعیین شده هستند وبه لحاظ سرطان‌زایی مشکلی را ندارنداما در مورد دو نمونه‌آب شماره‌های 1 و 2 که مربوط به‌شبکه‌ی‌آبرسانی این شهر می‌باشد، تراکم‌رادیوم در نمونه‌ها کمی بالاتر از نصف حد مجاز می‌باشد وچون اثر رادیواکتیویته‌ی رادیوم درآب برای همیشه باقی می‌ماند و از طرفی استفاده‌ی مداوم از این آب در شبکه‌ی‌آبرسانی، نگران‌کننده‌است و برای-کاهش‌تراکم‌رادیوم در منابع‌آبی‌این شهر باید تدابیری اندیشیده شود.



نمودار(2) میزان تراکم رادون و رادیوم موجود در نمونه‌ها

6-راه‌های جداسازی رادیوم از آب

از دو راه می‌توانیم تراکم‌رادیوم در آب راکاهش دهیم:

الف : با استفاده از روش شیمیایی: که دراین روش بازدن‌مواد خاصی به آب وتقطیرآن و عبور از صافی‌های‌مختلف می‌توان درصدتراکم‌رادیوم در آب را کاهش داد که البته مقرون‌به‌صرفه نیست و هزینه‌بر می‌باشد.

ب : بااستفاده از روش بیولوژیکی: یک روش‌جدید برای‌جداسازی‌رادیوم از آب، روش بیولوژیکی است. در این روش از یک باکتری خاص برای حذف رادیوم در آب استفاده می‌شود. میزان جذب رادیوم توسط باکتری **MGF - 48**، حداکثر تا 60000 پیکوکوری در هرگرم از وزن خشک سلول برآورد شده‌است. تاکنون در میان ریزسازواره‌های گزارش‌شده، اولین باکتری از نظرجذب‌رادیوم در جهان محسوب می‌شود. این باکتری می‌تواند 89/06 درصد رادیوم محلول را جداسازی و حذف نماید. بیشترین مقدار انباشته‌شدن رادیوم در سلول ها در **PH7** و در مدت 7 دقیقه صورت می‌گیرد. با استفاده از محلول‌های 1/0 نرمال **HNO3** و **EDTA** می‌توان به ترتیب 3/95 درصد و 65/93 درصد رادیوم را از سلول‌های باکتری جداسازی کرد و از این سلول‌ها مجددا برای‌جذب‌رادیوم استفاده نمود. با تیمار سلول‌های‌باکتری با محلول‌کربنات سدیم 1/0 نرمال قدرت‌جذب‌رادیوم توسط سلول‌های باکتری تا 8/51 درصد افزایش یافت. سلول‌های‌تثبیت شده باکتری در ژل آلژینات کلسیوم توانایی‌خوبی برای جداسازی رادیوم نشان می‌دهد و همچنین برای تولید انبوه باکتری، محیط کشت صنعتی‌جدید و ارزان قیمتی را ایجاد می‌کند. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده، یک بیورآکتور جهت جداسازی رادیوم موجود در آب چشمه‌های رامسر طراحی گردید[4] .

منابع ومراجع

1)http://daneshnameh. Roshd.ir/mavara/mavara-index.php=Radium

2)Physicans Guide for Radon (EPA), www. EPA.Org, (2003)

3)http://www.iop.org/journals/physed

4) روش جدید جداسازی رادیوم از آب‌های چشمه‌های منطقه رامسر با استفاده از باکتری سودوموناس(**MGF – 48**). محمدرضا امامی، حسین غفوریان، عباس فرازمند.

5)http://dbase.irandoc.ac.ir/00140/00140443.htm

6) RedusingRadon Risks (EPA), www.EPA.org(2003)143-145

7)Physicans Guide for Radon (EPA), www. EPA.Org, (2003).

8)Radon inDrinking Water (EPA), www.epa.gov/radon/rnwater.html (2007)

9)Mturk et al., "Radon Activity Concentrution in the Ground and its Corrclation whit theWater of the soil," App.Radiat.lsot. 47 (1996)377-381.

10)http://www.moslehi.ir/Articles%20F/Gastric%20Carcinoma.htm نوشته ی : دکتر بهروز مصلحی

11)http://www.irinn.ir و http://www.iranseda.ir سایت مرکز آمار ایران

12)Measuring Radon in air , soil and water an nuclear Physics for schools

بررسی اثرات گاز رادون بر محیط زیست

زیبا معظمی فرد ،کارشناس اداره کل محیط زیست خراسان رضوی
مهری رضایی , کارشناس اداره کل محیط زیست خراسان رضوی

چکیده :

رادون گازی است که از واپاشی برخی از عناصر رادیواکتیو مانند اورانیوم به وجود می آید. این عنصر در سال 1900 توسط فردریچ ارنست[21]کشف گردید و اولین بار در سال 1984 پس از اعلام نتایج تحقیقات مبنی بر حضور میزان بالایی گاز رادون در منازل مسکونی پنسیلوانیای شمالی، راه حلهای کاهش وحفاظت در مقابل این معضل توسط سازمان حفاظت محیط زیست امریکا ارائه گردید. در ادامه گزارشات سازمان بهداشت جهانی[22] وسایر سازمانهای مرتبط مانندکمیته علمی سازمان ملل در مورد آثار تشعشعات اتمی[23] گاز رادون ، حداکثر مجاز گاز رادون در منازل مسکونی ومحلهای کار مورد بازنگری قرا رگفت. در این میان برخی کشورها مانند سوئیس والمان اقدام به تهیه نقشه های میزان رادون در سطح کشور نموده اند ،اما در بسیاری از کشورها اطلاعاتی در این زمینه وجود ندارد در حال حاضر بدلیل اثرات منفی این گاز برمحیطی ،خصوصا در محیطهای بسته بعنوان یکی از مهمترین آلاینده های درون خانه (Indoor Pollution) محسوب می گردد. علیرغم هشدار بسیاری از کارشناسان به خطرات این گاز به عنوان یکی از عوامل اصلی به وجود آورنده سرطان ریه متاسفانه درایران توجه زیادی به این امر نگردید است.

دراین مقاله ضمن معرفی این گاز ، مسایل زیست محیطی ناشی از حضور آن در محیط زیست بررسی و تجربه سایر کشورهای در برخورد با این آلاینده و وضعیت آن در ایران مورد نقد وبررسی قرار می گیرد .

کلمات کلیدی:

رادون،واپاشی،محیط زیست ،سلامتی

مقدمه:

رادون عنصری است که در جدول مندلیف جزئ گازهای بی اثرقرار گرفته است،این گازبی رنگ،بی بو و رادیو اکتیویته بوده و در زمره مواد پرتوزا به حساب می آید.عدد اتمی آن 86 و وزن اتمی آن 222amu می باشد. چگالی آن در صفر درجه سانتیگراد 9/73 گرم بر لیتر است . مقدار گاز رادون در هوا بسیار کم و حدود یک اتم به ازای 10^{18} اتم از هوای محیط بسته می باشد.رادون در دمای معمولی گاز بی رنگی است وزمانی که دما به زیر صفر می رسد رادون به رنگ فسفری مایل به زرد درخشان در می آید که با پایین آمدن دما رنگ آن قرمز مایل به پرتقالی می شود. قابلیت حل شدن

---

[21] Friedrich Ernst
[22] WHO
[23] UNSCEAR

آن در آب در صفر درجه سانتیگرادبرابر 510 سانتیمتر مکعب در لیتر است که در دمای 25 °c به 220 سانتیمتر مکعب در لیتر و در دمای 50 °c به 130 سانتیمتر مکعب در لیتر کاهش می یابد.این گاز با عدد اتمی : 86 ، جرم اتمی : 222 ، نقطه ذوب : -71C° ،نقطه جوش : C° -61.7 ، دانسیته : 9.96×10-3 ، گرمای فروپاشی : 2.89 Kj/mol ،گرمای تبخیر : Kj/mol 16.4 ،گرمای ویژه: 94 J/g Ko ،دوره تناوبی : 6 ؛ شعاع اتمی : 1.20Å ، ظرفیت : کامل ، در حالت استاندارد به شکل گاز بوده و انرژی یونیزاسیون آن : 1037 Kj/mol است .حدود 28 ایزوتوپ از این عنصر شناخته شده است. ایزوتوپهای رادون بین Rn-, Rn-226 119 میباشد. ولی ازآنجائیکه اغلب آن ها ناپایدار می باشند، فرصت رسیدن به سطح زمین و تجمع در محیطهای بسته را پیدا نمی کنندو در این میان رادون222 فرصت رسیدن به سطح زمین وتجمع در منازل وسایر محیطهای بسته را پیدا می کند.رادون در زنجیره های واپاشی اورانیوم 238 ، اورانیوم 235 و توریم 232 به ترتیب به صورت ایزوتوپ های222 با نیمه عمر 92 ساعت و 219 با نیمه عمر 4 ثانیه و 220 با نیمه عمر 55/3 ثانیه تولید می شود .

تاریخچه رادون درجهان:

این عنصر در سال 1900 توسط فردریچ ارنست[24]کشف گردید ودر سال 1908 گری ،رامسی[25]این عنصر را توسط تعیین چگالی از گازهای سنگین جداسازی کردند. از سال 1923 نام این عنصر رادون نهاده شد.اولین بار در سال 1984 میزان گاز رادون در منازل مسکونی پنسیلوانیای شمالی مورد اندازه گیری قرار گرفت .نتایج نشان داد که میزان بالایی از گاز رادون در این منطقه وجود دارد.سازمان حفاظت محیط زیست در آن کشور اقدام به ارائه راه حلهای کاهش وحفاظتی در مقابل این معضل نمود.محاسبات مقدماتی نشاندهنده در معرض خطربودن 1/6میلیون ساختمان در این منطقه بود.

پس از آن سازمان بهداشت جهانی[26] وسایر سازمانهای مرتبط مانندکمیته علمی سازمان ملل در مورد آثار تشعشعات اتمی[27] بر پایه 20تحقیقی بر روی هزاران بیمار سرطان از نوع ریه در آمریکای شمالی ،اروپا وچین بازنگری بر روی حداکثر مجاز گاز رادون در منازل مسکونی ومحلهای کاررا خواستار شدند.این پروژه به صورت یک مطالعه بین المللی به منظور معرفی وتوسعه برنامه های کاهش اثر رادون انجام پذیرفت.در این میان برخی کشورها مانند سوئیس والمان اقدام به تهیه نقشه های میزان رادون در سطح کشور نموده اند ،اما در بسیاری از کشورها اطلاعاتی در این زمینه وجود ندارد.

---

[۲۴] Friedrich Ernst
[۲۵] Ramsay , Gray
[۲۶] WHO
[۲۷] UNSCEAR

وضعیت گاز رادون در ایران:

اما در ایران، علیرغم هشدار بسیاری از کارشناسان به خطرات این گازبعنوان یکی از عوامل اصلی به وجود آورنده سرطان ریه متاسفانه توجه زیادی به این امر نگردید است.

در این میان عدم نظارت بر مصالح ساختمانی استفاده شده در صنعت ساختمان خصوصا در بخشهای داخلی که بعنوان تزئینات و...کاربرد زیادی داردو می توان از آنها به انواع سنگهای گرانیت ،تراورتن و...اشاره نمود از جمله مواردی است که باید در بحث استانداردسازی بیشتر مورد بحث وبررسی قرار گیرد.تحقیقات به عمل آمده نشان می دهد که براورد دقیقی از میزان تاثیر پذیری مناطق سکونتی واثرات آن بر روی انسان در ایران وجود ندارد.در حالی که بسیاری از مناطق مسکونی دراستانهای آذربایجان ،یزد وزنجان برروی بسترهای گرانیتی وشیلهای غنی از مواد آلی بوجود آمده اندوتنها چند تحقیق محدود میزان رادون در مناطقی از رامسر ،گنابـاد و وبه تازگی در تهران صورت پذیرفته ،که وضعیت بیش از حد مجاز را نشان می دهد.

منابع گاز رادون:

الف)رادون می تواندار انواع سنگ های دگرگونی و آذرین درونی و بیرونی که دارای اورانیوم وتوریوم و...می باشند، تولید و ساطع گردد.مقدار متوسط اورانیوم در پوسته زمین را 2/7(برای سنگ ppm3وبرای خاک ppm2/1)برآورد گردیده است.

میزان اورانیوم در سنگهای آذرین اسیدی مثل گرانیت، وشیلهای سیاه،وبعضی سنگهای دگرگونی مثل گنایس وشیست بیشتر از سنگهای مختلف دیگر می باشد.بر عکس میزان اورانیوم در سنگهای آذرین بازی مثل بازالت، سنگهای رسوبی فاقد فسفاتها وبعضی از سنگهای دگرگونی مثل مرمروکوارتز معمولااندک است.مقدار متوسط اورانیوم درگرانیت ppm40-20ودر بازالت ppm0/9برآورد گردیده است.همچنین میزان گاز رادون بستگی به خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک از قبیل تخلخل و نفوذ ناپذیری و خواص مؤئینه ای آن دارد. **ب)**رادون به آسانی قابلیت انحلال در آب را دارد. از این رو گاز تولید شده در بسترهای سنگی زیرین زمین براحتی از میان خاک وسنگ های مختلف عبورکرده و وارد آبهای زیرزمینی می شود، زمانیکه این آب به سطح زمین می رسد، معمولا قسمت اعظم رادون آن به سرعت در هوا آزاد شده و مقدار کمی از آن نیز وارد آبهای سطحی می گردد.از این جهت آب دریاهاواقیانوس ها نیز بمقداربسیار کمی رادون درهوا آزاد می سازند.بنابراین آبهاخصوصا آبهای زیرزمینی، دومّین منبع مهّم انتشار این گاز می باشد.

اثرات بهداشتی رادون بر سلامت انسان :

مواد پرتوزا عموما اثرات مستقیمی بر سلول های بدن دارند. این اثرات عبارتند از :**الف**: ایجاد وقفه در تقسیم سلول **ب**: موتاسیون ژنی

ج: شکست کروموزومی که منجر به ایجاد سلول های غیر طبیعی وایجاد بیماری هایی مانندسرطان میگردد. **د**: مرگ سلولی . از این اثر جهت درمان سرطان (بین بردن سلول ها سرطانی) استفاده می شود.در طبیعت رادون به دو صورت گاز موجود در هوا وآب وجود دارد. وقتی گازرادون در هوای آزاد قرار می گیرد، غلظت آن بسیار کم است اما زمانی که در یک محیط محبوس قرار داشته باشدغلظت وسطح اکتیویته آن افزایش می یابد.گاز رادون یک گسیلنده آلفاست که از طریق تنفس وارد مجاری تنفسی شده و به خاطر نیم عمر کوتاه سریعاً واپاشیده و به عنصری جامد تبدیل میشود. تجمع این جامدات پرتوزا در شش ها میتواند سبب بروز بیماری ریوی و سرطان مجاری تنفسی شود. تحقیقات نشان داده است که غلظت رادون در هوای محیطهای سربسته در خاورمیانه در کمترین میزان ودر برخی از کشورهای اروپایی(دارای ذخایر زیاد اورانیوم وزمینهای قابل نفوذ) دربیشترین میزان خود یعنی بیشتر از Bq/m31000 می باشد.ریسک خطر سرطان ریه برای محیطی باآلودگی این گاز 147 بکرل در هر مترمکعب بادرنظر گرفتن میانگین طول عمر 74سال برای افرادغیرسیگاری بین 1-0/5 ٪ و برای افرادسیگاری بین 4 - 5 ٪ می باشد.براساس مطالعات موسسه تحقیقات بین المللی سرطان[28] 6تا 15درصد مبتلایان به سرطان ریه بواسطه تاثیرات رادون مبتلا گردیده اند.به گونه ای که به ازای افزایش هر ۱۰۰Bq/m3 در محیط 160درصد خطر ابتلا به سرطان افزایش می یابد. برپایه نتایج مطالعاتEPA(آژانس حفاظت محیط زیست)از 130000 مرگ سالیانه گزارش شده در ایالات متحده آمریکا 2000-5000 مبتلا به سرطان ریه که به نحوی در معرض گاز رادون قرار گرفته اندمی باشد.همچنین گاز رادون از طریق آشامیدن واستنشاق خصوصا در هنگام استحمام می تواند وارد بدن گرددکه احتمال می رود این عمل می تواند دارای اثرات تخریبی بر ارگانیسمهای بدن باشد، لیکن تا کنون گزارشس تحت عنوان ارتباط رادون در آب وبیماریهای دستگاه گوارش حاصل از بلع گزارش نشده است.میزان رادون موجود در آب مستقیما به شرایط جغرافیایی محلی مرتبط می شود.

چگونگی ورود گاز رادون به منازل مسکونی:

[28] LARC

پرتوگیری ناشی از استنشاق گاز رادون در منازل مسکونی به مراتب بیشتر از پرتوگیری ناشی از سایر پرتوهای طبیعی است.گاز رادون به عنوان یک آلدوگی درون خانه [29] محسوب می گردد. بعنوان مثال می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

الف) مهمتری منشا نشت گاز خاکها وسنگهای موجود در پی ساختمانها است،بر اساس تحقیقات آژانس حفاظت آمریکا در نیوجرسی[30] یک منزل مسکونی میتواند به سه گونه در معرض تهدید رادون قرار بگیرد (در خاکهای زیرزمین وپی آن رادن وجود داشته باشد ،منافذی برای نفوذ رادون به محیط بسته وجود داشته باشد،فشار داخل ساختمان از محیط کمتر باشد(فشار منفی) تا اختلاف فشار حاصل ورود رادن را خاکهای پی ونفوذ به داخل ساختمان امکان پذیرسازد

با توجه به نفوذ این گاز از کف زمین، معمولا غلظت آن درزیر زمین بیشتربود ه و با بالا رفتن طبقات وافزایش ارتفاع، از غلظت آن کاسته می شود

لازم به ذکر است غلظت گاز رادون درون ساختمانها در شبانه روز و فصول مختلف ونیزطول وعرض جغرافیائی نیز فرق می کند

ب)زمانی که لوله کشی ساختمان در سطح پایینی انجام گرفته و ومنافذ موجود در دیوارها وطبقات باعث ورود گاز رادن به منازل می گردد حضورلایه های آبهای زیرزمینی یاخاکهای غیرقابل نفوذ، عاملی برای جلوگیری ازخروج گازرادون به سطح زمین می باشد. گسلها و شکستگیهای زمین مسیر را برای نفوذ گاز به طرف بالا وسطح زمین را فراهم می کند

ج)رادون در آب بخصوص در آبهای زیرزمینی حل میگردد. پس از خروج آب از لوله رادون موجود در آب بصورت گاز متصاعد میگردد و در محیط بسته خانه انباشته میگردد.

د)اورانیوم موجود در مصالح ساختمانی نیز بر افزایش میزان رادون نیز متاثر میباشد. EPAتخمین زده است که غلظت راون در آب تا حد ۱۰۰۰۰ pci/L موجب افزایش غظت گاز رادون به میزان تقریبی pci/L1 در هوای محبوس داخل ساختمان وجایی که آب در آن مصرف میشود.در همین زمینه WHO اعلام نموده است که غلظت BQ/L1000 رادون در آب شبکه آب رسانی 100تا200BQ/L گاز رادون را درهوا پراکنده می کند.

ج)منبع دیگر این گاز نفت، گاز طبیعی، زغالسنگ و بعضی ازصنایع بشری می باشند که نسبت به دو منبع مذکور ازاهمیت کمتری برخوردار می باشند.

استاندارد های زیست محیطی رادون در دنیا:

[۲۹] Indoor pollution
[۳۰] Newjersy

معمولا انتخاب سطح مجاز هر آلاینده بر پایه میـزان خطـر احتمـالی آن مـاده در آن غلظـت مـی باشد.امروزه در جهان روش های برآورد تاثیر دُز ناشی از استنشاق محصولات واپاشـی رادن بـا نیمـه عمر کوتاه بر بافت ، تحت بازبینی مداوم قرار دارنـد و کمیتـه بـین المللـی حفاظـت در برابـر اشـعه (ICRP) ضرایب وزنی بافت و ضرایب پرتویی جدیدی را برای تعریف دُز مـوثر رادون تعیـین نمـوده است.بخش استانداردهای امنیت سازمان انرژی هسته ای (IAEA-BSS) مقدار مجـاز رادون200-600 Bq/m3 اعلام مینماید.

اصولا میزان یا غلظت این گار درهوا را با مقدار فروپاشی آن برحسب بکـرل (یـک بکـرل از تجزیـه یک هسته اتم در زمان یک ثانیه می باشد.)در هر مترمکعب از هوا بیان می شود. طبق گزارش سال 1988کمیته علمی سازمان ملل در مورد آثار تشعشعات اتمی متوسط غلظت این گـاز درمحیطهـای باز سراسر جهان310m/Bq و درمحیطهای بسته بر اساس کل جمعیت جهان 40 m/Bq3 مـی باشد.(ارقام مذکوردرکشورهای مختلف اندکی متفاوت می باشد). براسـاس اسـتاندارد کمیتـه بـین المللی حفاظت در برابر اشـعه [31]حـد بحرانـی مقـدارگازرادون و میـزان آن درهـوا 1100 Bq/m3 وماکزیمم حدمجاز غلظت آن درهوا147 Bq/m3 می باشد. در کشورهای مختلـف میـزان حـدمجاز آن در آب آشامیدنی بین 200تا 3400Bq/m متغیر مـی باشـد. براسـاس اعـلام سـازمان بهداشـت جهانی (2004)اگر رادون آب آشامیدنی عمـومی از 3100Bq/m تجـاوز نمایـد کنتـرل وپـایش آن ضروری است.

موارد مصرف رادون:

1-رادون می تواند در درمان مورد استفاده قرار گیرد.بعنوان مثال هنـوز بـرای مصـارف بیمارسـتانی مثل سوزن بخیه، همچنین پایدارترین ایزوتوپ آن یعنی رادون 222 در پرتـو درمـانی اسـتفاده مـی شود.

2- اخیرا از طریق اندازی گیری گاز رادون منتشر شده از پوسته زمین موفقیتهایی در پـیش بینـی زلزله به دست آمده است.

راههای کاهش وپیشگیری انتشار گاز رادون:

بخشی از راههای جلوگیری وکاهش گاز رادون توسط دولت وبخشی برای جامعه قابل تعریف است.

1)پیشنهادات بخش دولتی:

با توجه به اثرات شناخته شده گاز رادون بعنوان یک آلاینده داخـل سـاختمان (Indoor)تعریـف استانداردهای مرتبط در این زمینـه جهـت محـیط کـار وداخـل سـاختمان از بـدیهیات اسـت. لـذا پیشنهادمی گردد علاوه بر در نظر گیری استانداردهای لازم جهت مصالح منتشر کننده این آلاینـده

[31] ICRP

توسط سازمان نظام مهندسی ،استانداردهای متناسب با سلامتی نیز در این زمینه توسط وزارت علوم پزشکی تعریف گردد.

همچنین مطالعه جامع کشور ضمن در نظر گیری بیماریهای مرتبط ووضعیت زمین شناسی کشور از مباحثی است که باید در سرفصلهای سازمان محیط زیست به آن پر داخته شده ونقشه جامع وضعیت رادون در کشور تهیه گردد.

شکل 4نمونه نقشه تهیه شده مناطق بالقوه وبالفعلی گاز رادون را در نیوجرسی نشان می دهد .

پیشنهادات ارائه شده در این بخش به صورت زیر خلاصه می گردد:

-تهیه نقشه مناطق دارای آلودگی بالقوه رادونی ز لحاظ پارامترهای جغرافیایی،زمین شناسی،ستجش تشعشعات و...

-تهیه مدل پیش بینی یا استفاده از مدلهای در دسترس (محلی نمودن آن)برای مناطق مسکونی که می توانند در معرض انتشار گاز رادون قرار گیرند.

-انجام ارزیابی خطر برای ساختمانهایی که در معرض انتشار گاز رادون قرار دارند.

-انجام تحقیقات درمانی در خصوص وضعیت بیماریهای مرتبط با رادون

-ارائه مدل توجیهی بر پایه یافته های تحقیقاتی در سطح دولتی جهت برنامه ریزی در سیایتهای دولت بر اساس میزان آلایندگی رادون وارائه تسهیلات برآن اساس

2)پیشنهادات بخش خصوصی(جامعه):

جلوگیری وکاهش سطح گاز رادون از ساختمان با توجه به منشا آن از زمین ودیوارها به داخل خانه ،به دوسته تقسیم می گردد:

الف) ممانعت کننده از ورودگازبداخل

ب)خارج کننده گاز جمع شده درساختمان

لذا روشهای کاهش بصورت ذیل خلاصه می گردد:

- استفاده از سیستم Radon Sump Systemو آنالیز رادیواکتیوتی مصالح ساختمانی جهت تشخیص میزان رادون

- طبقه های همکف ساختمانها میبایستی از ایزولاسیون مرغوب(از جمله استفاده از ورقه های نازک پلاستیکی)درزگیری شود.

- شکافها موجود در کف و در دیوارها ساختمانهای باید ترمیم گردد,

- از آنجایکه از کف و دیوارها متصاعد شدن گاز رادون یکی از اصلیترین علل آلودگی میباشد لذا تهویه هوای محیطهای بسته بخصوص افزایش تهویه سطوح زیرین ساختمان بسیار مهم است .

- در صورت استفاده از مواد ایزولاسیون در پنجره و درها, میبایستی میزان تهویه هوا بیشتر باشد, لازم به تذکر است که سیگار همراه با گاز رادون احتمال ابتلای به سرطان ریه را افزایش می دهد ،بنابر این از استعمال دخانیات در ساختمانها ومحیطهای بسته باید خودداری نمود.

استفاده از سدهای ضد رادون: با توجه به اینکه یکی از راههای ورودد رادون به ساختمان از راه خلل فرج موجود در آجرها میباشد پوشش های ممبرانی میتواند تا حد زیادی از انتشار رادون به داخل منزل جلوگیری کنند این سدها از سیستمهای ممبرانی از جنس پلی اتیلن تشکیل شده اند . چنانچه محل احداث بنا دارای مقادیر طبیعی گاز رادون باشد استفاده از این سد جهت حفاظت از اثرات رادون کفایت خواهد کرد . اما در نواحی که به طور طبیعی دارای ریسک بالای حضور رادون است این سد به تنهایی نمی تواند متضمن حفاظت ساختمان از نشر رادون باشد در این مواقع میبایست از سیستمهای انتشار رادون Radon dispersion systems مانند فن ها در کف سازی ساختمان استفاده نمود

-استفاده از فیلتر های رادون :این فیلتر ها از مواد پایدار کاملا طبیعی ساخته شده است ساختار این فیلتر متشکل از یک تیوب در سایز میکرو و فن میباشد که گاز رادون را مکش میماید و با استفاده از یونهای مثبت گاز رادون را می شکند .

منابع:

-روفه گری نژاد ،ج،روفه گری نژاد ،ر.خطرات ناشی از تجمع گاز رادون وراههای جلوگیری وکاهش آن در ساختمان
عباس نژاد ،ا،اثرهای زیست محیطی گاز رادون واهمیت توجه به آن در ایران،مجله شماره 26علوم وفنون هسته ای،1381

-نخلی،ا،محیط زیست وگاز رادون، مجله شماره 19انرژی هسته ای،1376

-Encyclopedia Of Environmental Science and engineering. James R .Paraffin and Edward N.Ziegler.5thed.New york.Taylor.2006

-UNSCEAR;Source and effect of ionizing radiation .United Nations Scientific Committee On the Effect of Atomic Radiation .Report to general assembly with annexes.1998

-WHO.int/ionizing radiation

- www.Full radon protection.htm

کشف رادون و خواص ویژه آن

***روستایی، طاهره[1]، زحمت کش، ناهید[1]، ابراهیم نژاد گرجی، کوروش[2]، چوبدار، فریدون[1]**
[1]گروه فیزیک دانشگاه لرستان، roostaei_mitra@yahoo.com
[2]دانشگاه علوم پزشکی دانشگاه لرستان
roostaei_mitra@yahoo.com

چکیده

گاز رادون راد یو اکتیو به طور گسترده ای از سوی آ ژانس های بین المللی مربوط به محیط زیست به عنوان خطری برای سلامتی معرفی شده است. رادون درمانی مثالی از یک روش درمانی غیر رسمی است که مشتاقانه از سوی بیماران خاصی طلب می شود، اما توسط بسیاری از پزشکان مورد بی اعتنایی قرار گرفته است. این مقاله استفاده های پزشکی رادون را به عنوان یک تسکین دهنده ی درد بیان می کند.

تاثیر رادون و اثرات حرارتی ، بر روی بیماری آسم، در ارتباط با میزان(لیپید پراکسید) lipid peroxide و آنزیمهای آنتی اکسیدان مورد مطالعه قرار گرفته است. این مطالعه توسط Mitsunobu و همکارانش در سال 2003 انجام شده است. به منظور توضیح اثرات بالینی رادون درمانی و حرارت درمانی بر روی آسم، عملکرد ریوی، فعالیتهای سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) و میزان لیپید پراکسید در بیماران آسمی، قبل و بعد از گذشت 28 روز از اولین درمان مورد آزمایش قرار گرفته است. در این 28 روز، $\%FEV_1$ (اندازه گیری محدودیت جریان هوا)، به طور قابل توجهی در ارتباط با افزایش فعالیت CAT و کاهش میزان لیپید پراکسید، افزایش یافته بود. چندین مطالعه ی اپیدمیولوژیکی برای تعیین یک رابطه میان در معرض تابش رادون محیطی قرار گرفتن و خطر ابتلا به سرطان ریه گزارش شده است، اما هنوز جای بحث در مورد اثر آن وجود دارد. در مطالعه ی اخیر، (Barros-Dios et. al. 2002) باروس دیوس و همکارانش در سال 2002 با یک مطالعه ی موردی بر پایه جمعییت در شمال شرقی اسپانیا، نشان دادند که در معرض تابش رادون محیطی قرار گرفتن می تواند خطر ابتلا به سرطان ریه را تا 2/5 برابر بالا ببرد.اما مطالعه ی دیگری که توسط Sobue و همکارانش در سال 2002 در شهر Misasa در ژاپن انجام شد، نتوانست میان رادون محیطی و خطر سرطان ریه نشان دهد. (نظریه ی هورمسیس)

بنابراین، جذب رادون به اندازه ی دوز مجاز درمانی پیشنهاد دیگری برای معالجات بیوپزشکی مورد قبول است که به طور واضحی در کاهش درد و دیگر علائم التهاب مفاصل و دیگر بیماریهای مزمن کاملا تاثیرگذار می باشد. رادون درمانی به این خاطر که دارای اثرات طولانی مدت بوده و نسبتا ارزان می باشد، برای بیماران التهاب مفصلی این امکان را فراهم می کند که حتی تا ماهها، تجویز دارو را قطع کنند.

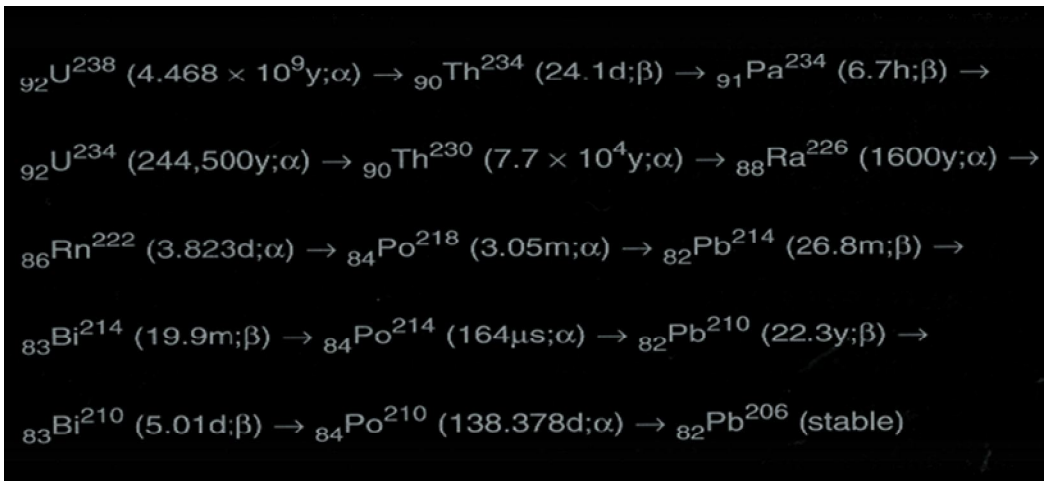
کلیدواژه

رادون، تراپی، هورمسیس، سرطان

مقدمه

کشف رادیوم (^{226}Ra)، توسط دانشمند خانم لهستانی به نام مادام کوری M. Sklodowska-Curie و همسرش، پرفسور فرانسوی، پیر کوری P. Curie، و به دنبال آن با کشف رادون مسایل جدیدی پدیدار شد. تنها دو سال بعد، یعنی در سال 1900 یکی از دختران رادیوم، به نام رادون

(^{222}Rn)، توسط یک شیمیدان آلمانی به نام F.E Dorn کشف شد که آن را " radon emanation" (رادون نفوذ پذیر) نامید[1]. رادون گازی بی اثر با عدد اتمی 86 است که جرم پایدارترین ایزوتوپ آن (از 32 ایزوتوپ)، 222 است. به طور طبیعی به عنوان محصول واپاشی آلفای ^{226}Ra است که همان طور که در شکل نشان داده شده است از زنجیره ی واپاشی ^{238}U ناشی می شود. از سه ایزوتوپ موجود و طبیعی رادون، ^{219}Ra (فعال، دارای نیم عمری کمتر از 4 ثانیه، موجود در سری واپاشی ^{235}U)، ^{220}Ra (تورون، با نیم عمری کمتر از 1 دقیقه، موجود در سری واپاشی ^{232}Th)، ^{222}Ra (رادون، نیم عمری حدود 3/825 روز)، که آخری با نیم عمر زیستی در حدود 30 دقیقه، از نظر بیولوژیکی بسیار قابل توجه است. این گاز بی رنگ، بی بو، و از نظر شیمیایی خنثی، 7/6 مرتبه نسبت به هوا سنگین تر است، در آب، به خصوص اگر آب کمی اسیدی بوده و کانیها در آن زیاد نباشد و نیز در الکل و اسیدهای چرب به راحتی حل می شود، ذره ی آلفایی با انرژی 5/49Mev با قابلیت نفوذی در حدود 41/1µm در آب و حدود 20µm در بافت، گسیل می کند[2].



شکل 1- سری واپاشی طبیعی ^{238}U. زیر نویس ها به عدد اتمی،(Z)، و بالا نویس ها به عدد جرمی،(A)، مربوط است. نیم عمر و α یا β زا بودن در پرانتزها نشان داده شده اند. همچنین همه ی اعضای این سری بجز ^{210}Bi و ^{206}Pb پایدار، یک یا چند پرتو γ گسیل می کنند.همه ی β گسیل ها از نوع β^{-1} هستند.

در میان دختران رادون، ^{218}Po، ^{214}Pb، ^{214}Bi، ^{214}Po، که به ترتیب به رادیوم A، رادیومB، رادیومC و رادیوم $C^{'}$ بر می گردد، از منظر درما ن با آب های گرم، به این صورت که آن ها شامل رسوب های رادیو اکتیو هستند، بسیار مهم می با شد. زمان حیات رادون در ارگانیزم بشر کوتاه است و تخمین زده می شود که حدود 59% رادون در طول 15-30 دقیقه از بین برود[2].هر چند این مدت دوره ی کوتاهی است، اما زمانیکه رادون در تماس با بافت است اثرات سودمند خود را به جا می گذارد[3]. رادون با هیچ عنصر شیمیایی بدن (به دلیل بی اثر بودن از نظر شیمیایی)،

واکنش نمی دهد. این گاز به محض ورود از راه ریه یا پوست، وارد جریان خون می شود و سپس در سراسر بدن پخش می شود. به دلیل حلالیت نسبی آن در چربی، به تجمع در اندامها یی که از چربی غنی هستند مانند غدد درون ریز و نیز رشته های عصبی که توسط یک لایه ی چربی احاطه و محافظت شده اند، مایل است[3].

شرح و بحث

گاز راد یو اکتیو رادون به طور گسترده ای از سوی آ ژانس های بین المللی مربوط به محیط زیست در ایالات متحده[4] و نیز اروپا[5] به عنوان خطری برای سلامتی معرفی شده است. جذب رادون به اندازه ی دوز مجاز درمانی، پیشنهاد دیگری برای معالجات بیوپزشکی مورد قبول است که به طور واضحی در کاهش درد و دیگر علائم التهاب مفاصل و دیگر بیماریهای مزمن کاملا تاثیرگذار می باشد. رادون درمانی به این خاطر که دارای اثرات طولانی مدت بوده و نسبتا ارزان می باشد، برای بیماران التهاب مفصلی این امکان را فراهم می کند که حتی تا ماهها، تجویز دارو را قطع کنند[6]. رادون درمانی مثالی از یک روش درمانی غیر رسمی است که مشتاقانه از سوی بیماران خاصی طلب می شود، اما توسط بسیاری از پزشکان مورد بی اعتنایی قرار گرفته است. این مقاله استفاده های پزشکی رادون را به عنوان یک تسکین دهنده ی درد بیان می کند[6]. تصور می شود، افزایش رادیکال های آزاد در بدن، (شامل یون سوپر اکسید (O^-_2)، رادیکال های هیدروکسیل ($OH^·$) و پراکسید هیدروژن)، با به کار انداختن سلول های متورم شده می تواند پاتوفیزیولوژی آسم مثل انقباض نایچه، ترشح مخاطی و ورم را شامل شود[7, 8]. این اثرات مخرب آنتی اکسیدان ها در جریان هوا به موضع دفاع آنتی اکسیدان های موجود در داخل مایع مخاطی بستگی دارد. دفاع آنتی اکسیدان ها در ریه به طور گسترده ای توزیع شده و شامل هر دو سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی می شود. هدف از این مطالعه ی مروری[9]، ارزیابی تاثیرات بالینی رادون و حرارت درمانی آسم در ارتباط با آنزیم های آنتی اکسیدانی و لیپید پراکسید است. مهمترین آنتی اکسیدان های آنزیمی، سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) هستند[10]. همانطور که در این مطالعه انجام شده است[9] رادون و اثرات حرارتی بر روی تنگی نفس، در ارتباط با فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی و میزان لیپید پراکسید آزمایش شدند. به منظور توضیح اثرات بالینی رادون درمانی و حرارت درمانی بر روی آسم، عملکرد ریوی، فعالیتهای سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) و میزان لیپید پراکسید در بیماران آسمی، قبل و بعد از 28 روز بعد از اولین درمان مورد آزمایش قرار گرفته است. در این 28 روز، $\%FEV_1$ (اندازه گیری محدودیت جریان هوا)، به طور قابل توجهی در ارتباط با افزایش فعالیت CAT و کاهش میزان لیپید پراکسید ، افزایش یافته بود[9]. چندین مطالعه ی اپیدمیولوژیکی برای تعیین یک رابطه میان در معرض تابش رادون محیطی قرار گرفتن و خطر ابتلا به سرطان ریه گزارش شده است، اما هنوز جای بحث وجود دارد.

در مطالعه ی اخیر، Barros-Dios و همکارانش[11] در سال 2002 با یک مطالعه ی موردی بر پایه جمعییت در شمال شرقی اسپانیا، نشان دادند که در معرض تابش رادون محیطی قرار گرفتن می تواند خطر ابتلا به سرطان ریه را تا 2/5 برابر بالا ببرد.اما مطالعه ی دیگری که توسط Sobue و همکارانش[12] در سال 2002 در شهر Misasa در ژاپن انجام شد، نتوانست میان رادون محیطی و خطر سرطان ریه نشان دهد. آژانس های حفاظت محیطی در ایالات متحده (USA,EPA) و در اروپا، رادون را به عنوان یک خطر داخلی برای سلامتی، زمانی که از سنگ های بستر ساختمان ها نشت کرده و جمع می شوند[4, 5]، در نظر می گیرند. مهمترین منبع مربوط، تولید عناصر رادیواکتیو حاصل از واپاشی گاز رادون است که به ذرات گرد و غبار و دود می چسبند و استنشاق می شوند. استنشاق این ذرات، به شیوع سرطان ریه در معدنچیان اورانیوم مربوط می شده است، اگرچه این ارتباط در میان سیگاری ها قویتر است[5]. آژانس های حفاظت محیطی (EPA) و دیگر آژانس های مسئول برای حفاظت عمومی، معتقدند که در معرض تابش رادون قرار گرفتن به هر اندازه ای، بی خطر نیست[6]. به دلیل ارتباط میان مقادیر بالای تابش رادون با سرطان، این آژانس ها با استفاده از مدل انتقال خطی بدون آستانه، (LNT)، همان رابطه را بین خطر سرطان و دوز های پایین نیز پیش بینی می کنند. طبق این مدل، در معرض تابش رادون قرار گرفتن مضر است[4, 13].هر چند برخی از دانشمندان با استفاده از مدل انتقال خطی ، مطالبی را تعبیر و تفسیر کرده اند. مشاهده ی اینکه ایجاد مقدار کمی تنش در ارگانیزم بیولوژیکی مثلا توسط یک ماده ی شیمیایی، گرما و یا تابش های یونندە می تواند یک تحریک یا حتی اثر مفید داشته بتشد.حتی اگر مقدار بالای همان عامل تنش زا خطرناک و یا کشنده باشد[6]. این مطلب از نقطه نظر مبتنی بر پدیده ی هورمسیس می باشد. طبق این نظریه پیش بینی خطی خطر سرطان از دوز های بالا تا دوزهای پایین به وسیله ی مدل انتقال خطی عمدتا خطر آسیب را بالا می برد و مزایای بالقوه ی آن را نادیده می گیرد. دریافته اند که دوزهای پایین تابشی باعث تحریک رشد، اصلاح DNA، فعالیت های آنتی اکسیدان ها و پاسخ ایمنی می شود[6]. مطالعات دیگری B.E. Erickson نشان داده اند که نسبت سرطان در جوامعی که در معرض میزان پایین تابش، کمی بیش از تابش زمینه ی طبیعی قرار می گیرند، واقعا کاهش می یابد. برآورد بالای مدل انتقال خطی بدون آستانه از خطر از سوی طرفداران هورمسیس مهم تلقی می شود چرا که دورنمای هشدار های آن ها، بیماران را از درمان با دوز پایین تابش های یونندە مثل رادون که می تواند به آنها کمک نماید، منع می کند. هر چند اگر مقادیر رادون در اندازه ای که توسط EPA و دیگر آژانس های پیرو مدل انتقال خطی بدون آستانه ، به عنوان مقدار استاندارد پذیرفته شده است، نگاه داشته شود، هزینه ی کاهش آلودگی رادون مربوط به محل اقامت به طور فوق العاده ای بالا است[6].

نتیجه گیری

بسیاری از بیماران عمدتا از درمان با تابش های دز پایین استفاده می کنند. اثرات حرارتی و رادون بر تنگی نفس، ذدر ارتباط با فعالیت ضد سم ها و آزمایشات موفق پزشکی در درمان با تابش های با دوز پایین برای معالجه ی سرطان بررسی شده است. پاسخ فوری و سودمند در اطلاعات خونی بیمار در معرض تابش قرار گرفته پدیده ی هورمسیس در بشر را تصدیق می کند. کاربرد وسیع درمان با دوز پایین می تواند به اغلب بیماران سرطانی و تصحیح این تصور غلط و حل بحث های پیرامون اثرات بیولوژیکی تابش های یوننده با دوز پایین کمک کند. اثرات سودمند مشاهده شده، تحریک سیستم دفاعی ارگانیسم بدن توسط تابش با دوز پایین (برای تخریب مهاجمان و التیام زخم ها)، با مدارک علمی تابشی بسیاری همسان است.

منابع

1. *Draganic, I., Z. Draganic, and J. Adloff, Radiation and Radioactivity on Earth and Beyond. CRC Press, Boca Raton, FL, 1990: p. 3-7.*
2. *Zygmunt Zdrojewicz, M. and P. Jadwiga (Jodi) Strzelczyk, RADON TREATMENT CONTROVERSY. Dose-Response, 2006. 4(2): p. 106-118.*
3. *Yamaoka, K., et al., Basic study on the radon effects and the thermal effects in radon therapy. International Congress Series 1236, 2002: p. 75-79.*
4. *EPA, E.P.A., A Citizen's Guide to Radon: The Guide to Protecting Yourself and Your Family From Radon. http://www.epa.gov/radon/pubs/citguide.html, 2005.*
5. *Becker, K., Is radon dangerous for our health? 7th International Conference on Nuclear Engineering Special Symposium, 1999.*
6. *Barbra E. Erickson, P., The Theraputic use of radon: A biomedical treatment in europe: an "alternative" remedy in the United States. Dose-Response, 2007: p. 48-62.*
7. *Bast, A., G.R. Haenen, and C.J. Doelmanm, oxidants and antioxidants: state of art. Am. J.Med, 1991. 91: p. 2-13.*
8. *Ryrfeldt, A., G. Banenberg, and P. Moldeus, Free radicals and lung disease. Br. Med. Bull, 1993. 49(588-603).*
9. *Mitsunobu, F., et al., Elevation of antioxidant enzymes in the clinical effects of radon and thermal therapy for bronchial asthma J. Radiat.Res, 2003. 44: p. 95-99.*
10. *raeve, H.R.D., et al., Decreased Cu, Zn-SOD activity in asthmatic airway epithelium: correction by inhaled carticosteroid invivo. AM. J.Phisiol, 1997. 272: p. 148-154.*
11. *Barros-Dios, J.M., et al., exposure to residential radon and lung cancer in spain: population-based case-control study. Am.J.Epidemiol, 2002. 156: p. 548-555.*
12. *Sobue, T., et al., residential radon exposure and lung cancer risk in Misasa Japan: a case-control study. J.Radiat.Resp, 2000. 41(81-92).*
13. *VI, B.B.E.o.I.R., Committee on the Health Risks of Exposure to Radon, Board on Radiation Effects Research, U.S. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC, 1999.*

مطالعه زمین شناسی رادون به عنوان ابزاری در پیشگویی زلزله

معانی جو، محمد* - مستقیمی، محمد - دشتی، مهدی
دانشگاه بوعلی سینای همدان، گروه زمین شناسی
E-mail:mohammad@basu.ac.ir

چکیده

انتشار رادون برای اکتشاف نفت و اورانیوم، پیش گویی زلزله، انفجار های آتشفشانی و تعیین زون های گسلی مورد استفاده قرار می گیرد. گسترش تنش و واتنش در پوسته ی زمین قبل از زمین لرزه باعث خارج شدن مقادیر غیر عادی گاز رادون از شکستگی ها و خلل و فرج سنگ ها و رسیدن به سطح زمین می شود. بنابراین بعلت فعالیت های لرزه ای تغییراتی در مقدار گاز رادون آب های زیرزمینی مشاهده می شودکه در پیشگویی زمین لرزه مهم است. حرکت گاز رادون از میان شکستگی ها و خلل و فرج سنگ ها به صورت انتشار مولکولی و کنوکسیونی می باشد.

واژگان کلیدی

رادون، پیشگویی، زمین لرزه

Study on Geology of Radon as a Tool for Earthquake Prediction

- Maanijou, mohammad - Mostaghimi, mohammad - Dashti, Mahdi
Bu-Ali Sina University, Department of Geology
E-mail: mohammad@basu.ac.ir

Abstract

The emission of radon could be useful in detecting oil and uranium deposits, in predicting earthquake or volcanic eruption. As stress–strain develops within earth crust before an earthquake, unusual quantities of radon comes out of the pores and fractures of the rocks on surface.The movement of radon gas through fractures and pores of rocks is in the form of emission and convection.

مقدمه

از بین سه ایزوتوپ شناخته شده ی رادون، رادون 222 طولانی ترین نیمه عمر و بیشترین کاربرد را در ژئوفیزیک دارد. رادون گازی است که از واپاشی سری های اورانیوم حاصل می شود. واپاشی رادیو اکتیو پروسه ای خود زا و طبیعی است که در آن اجزای سازنده ی اتم (پروتون ها، نوترون ها و الکترون ها) بر اثر واپاشی به عناصر دیگر تبدیل می شود (معانی جو، 1376) .

رادیوم با از دادن دو پروتون و دو نوترون (ذره ی آلفایی) به رادون تبدیل می شود. رادون نیز با واپاشی رادیواکتیو ذره ی آلفا به پلونیوم، بیسموت و سرب تبدیل می شود. واپاشی هر

عنصر رادیواکتیو با نرخ ویژه ای رخ می دهد. سرعت واپاشی عناصر رادیواکتیو با نیمه عمر سنجیده می شود، که مدت زمانی است که نیمی از عنصررادیواکتیو واپاشی می شود. این فاکتور برای رادون 3/823 روز می باشد (Crockett et al., 2006) .

واحد اندازه گیری رادیواکتیو پیکو کوری (pCi) می باشد. یک pCi برابر با واپاشی دو اتم رادیو اکتیو در هر دقیقه می باشد. چون سطح رادیـــواکتیویته بطور مستقیم به تعداد و نوع اتم هـــای رادیواکتیو وابستـــه است از اینرو رادون و همه ی اتم های رادیواکتیو در مقـــیاس pCi اندازه گیری می شـــــود سطوح رادون در هوای آزاد، هوای محبوس، هوای خاک و آب زیرزمینی می تواند بسیار متـــفاوت باشد جدول 1 بیـــان کننده ی مقادیر این سطوح می باشد (USGS, 2010) .

جدول 1- مقادیر رادون در محیط های مختلف (USGS, 2010).

برحسب (pCi/l)	هوای آزاد	هوای محبوس	هوای در خاک	آب زیرزمینی
حد بالایی و پایینی	0/1-30	1-3000	20یا30-100000	3-100
میانگین	0/2	1-2		

علت این تفاوت ها اصولا مربوط به زمین شناسی رادون، فاکتورهایی که باعث تجمع اورانیوم، لایه های رادون و حرکت رادون در هوای محبوس شده بین خاک و آب زیرزمینـی می باشد.

زمین شناسی رادون:

برای فهمیدن زمین شناسی رادون، محل و چگونگی تشکیل و نحوه ی حرکت آن، باید به دنبال اورانیـــوم باشیم. محـــتوای کل اورانیوم موجـــود در پوسته ی زمیـــن تقریبا 4-3 ppm می باشد. بعضی از سنگ ها مانند سنگ های ولکانـــیکی سفید رنگ، گرانیـــت ها، شیل های سیاه، سنگ های رسوبی حاوی فســفات و سنگ های دگرگونـــی حاصل از این سنگ ها محتوای اورانیوم زیادی دارند (معانی‌جو، 1376؛Crockett et al., 2006).

عوامل اساسی که در انتشار رادون موثر مـی باشـند عبارتنـــداز: 1) میـزان رادیـوم خـاک و دسـت رسی به آن از طریق کانی هـا 2) نفوذپـذیری و رطوبـت خـاک (معـانی جـو، 1376و USGS, 2010) .

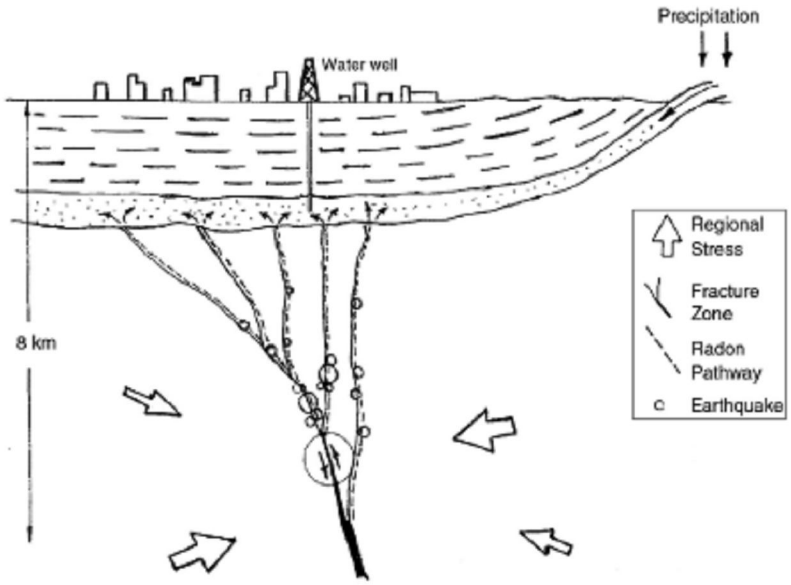
شرح و بحث

رادون به عنوان یک ردیاب زلزله مورد استفاده قرار می گیرد. مطالعات نشان می دهد حوادث ژئوفیزیکی و زمین ساختی همانند زلزله، باعث انومالی گاز رادون در آبهای زیرزمینی می شود، که این مقادیر توسط دستگاه های رایج قابل اندازه گیری است (Mavashe, 1971, Ulomov and) .

در اثر تنش و واتنش در پوسته ی زمین قبل از زمین لرزه، مقادیر غیر عادی از رادون از طریق شکستگی ها و خلل و فرج سنگ ها به سطح زمین می رسد، بدین صورت فعالیت های لرزه ای یاعث تمرکز بیشتر رادون در آب های زیرزمینی می شود (شکل 1) .

حرکت گاز رادون از میان شکستگی ها، خلل و فرج سنگ ها بصورت انتشار مولکولی و کنوکسیونی می باشد (Steinitz, 2003 ; Facchini et al., 1993).

در یک ناحیه ی ژئوترمال تغییرات لرزه ای منجر به تغییراتی در فشار سنگ و جریان همرفتی سیال می شود. همچنین یک زمین لرزه باعث ایجاد گسل در پوسته ی زمین شده که انتقال گاز رادون را از طریق گسل به سطح زمین ممکن می سازد. با شناسایی گسل هایی که احتمال صعود رادون در آن وجود دارد می توان از آن ها به عنوان یک عامل برای پیشگویی زمین لرزه استفاده قرارکرد(Ghosh et al., 2007, 2009) .



شکل 1- مقطعی از نحو ه ی جریان رادون به حوضه ی آب زیرزمینی در تاشکند
(Ulomov and Mavashev, 1971)

بررسی تغییرات زمانی غلظت گاز رادون در خاک یا آب های زیر زمینی به عنوان پیش نشانگر زمین لرزه مورد توجه محققان بوده، و همانند سایر پیش نشانگرهای زلزله، سیستم ها و روش های مختلفی برای استفاده از آن در پیش بینی زلزله ارائه شده است. به دلیل اینکه برد ذرات آلفا در

اتمسفر بسیار کوتاه است و دور سنجی آن امکان پذیر نمی باشد. برای این منظور بهتر است از سیستم ترکیبی آشکارساز فوزیچ و لیدار جذبی تفاضلی استفاده کرد، زیرا آشکارساز فوزیچ قادر است گامای پر انرژی و اشعه ی ایکس گسیل شده از عناصر رادیواکتیو آشکارسازی کند (پروین، 1388) . اما این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که آنومالی های رادون تنها توسط زمین لرزه کنترل نمی شود بلکه تغییرات در پارامتر های هوا شناسی مثل رطوبت خاک، باران، دما و فشار اتمسفری و سرعت بادهای سطحی در آنومالی های رادون دخیل هستند(Stranden et al,1984 ; Asher-Bolinder et al., 1993; Luetzelschwab et al., 1989).

نتیجه گیری

رادون از طریق خلل و فرج سنگ ها و شکستگی ها حاصل از پیش لرزه بصورت انتشار مولکولی و کنوکسیونی به سطح زمین می رسد و ایجاد آنومالی هایی در آب های زیرزمینی می کند که با تعیین آن به وسیله ی دستگاه های رایج می توان زمین لرزه را پیش گویی کرد, اما این نکته قابل ذکر است که عوامل دیگر همانند پارامترهای هواشناسی (رطوبت خاک، باران، دما و فشار اتمسفر) در آنومالی رادون موثر می باشد.

منابع

معانی جو-محمد، 1376، رادون گازی نانجیب، مجله ی اطلاعات علمی، شماره ی 3، صفحه ی 63

پروین-پرویز، 1388، پیشگویی زمین لرزه با بررسی تغییرات گاز رادون، روزنامه ایران، شماره 4395، صفحه 5.

Asher-Bolinder, S., Owen D.S., and Schumann, R.R., 1993, A preliminary evaluation of environmental factors influencing day-to-day and seasonal soil-gas rodan concentration, U. S. Geological Survey, p. 23-31

Crockett, R.G.M., Gillmore G.K., Phillips P.S., Denman A.R., and Groves-Kirkby C.G., 2006, Radon anomalies preceding earthquakes which occurred in the UK, In summer and autumn 2002, Science of the total in Environment, v.364; p. 138-148

Facchini,u., Magnoni, S., Ferline, A., and Garavaglia, M., 1993, Emission de radon et d'Helium dans une faille dans les prealpes de Bergamo.proceedings of the 2nd international colloquium on Rare Gas Geochemistry, July; p. 5-9

Ghosh Dipak, Deb Argha, Sengupta Rosalima, Kumar Patra Kanchan and Bera Sukumar, 2007, Pronounced Soil-anomaly of recent earthquakes in India, Radiation Measurements; January; v.42; p.466-471

Ghosh Dipak, Deb Argha, and Sengupta Rosalima, 2009, Anomalou radon emission as precursor of earthquake, Jornal Applied Geophysics; July, v .69; p. 67-81

Luetzelschwab, J.W., Helweick K.,L., and Hurst, K.A, 1989, Radon concentration in five Pennsyivania solis, Health physics, v. 56; p. 181-188

Steinitz, G., Begin, Z.B., and Gazit-Yaari, N, 2003, A statistically significant ration between Rn flux and weak earthquakes in the Dead Sea Rift Valley. Geology, v. 31, p.505-508

Stranden E., Kolstad A.K., and Bjorn L., 1984, Radon exhalation : moisture and temperature dependence, Health physics, v.47; p. 480-484

Ulomov, V.L., and Mavashev, B.Z., 1971, Forerunners of theTashkent earthquakes, Izvestia Akademii nauk Uzbekskoj SSR; p.188-200

USGS, 2010, US Geological Survey on-line ‘Earthquake Search’ http://energy.cr.usgs.gov/radon/georadon/2.htm

منشإ گاز رادون در محیطهای بسته و راههای کاهش آن

کرمی متین، بهزاد[1]- نجفی، فرید[2]- خدادادی، تارخ*[3]- شرفی، کیومرث[3]

4- دکترای تخصصی مدیریت خدمات بهداشتی درمانی، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

5- دکترای تخصصی اپیدمیولوژی، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

6- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

ktarokh@yahoo.com

چکیده

تجمع گاز رادون در محیطهای بسته، بویژه منازل و محیط های کار، منابع ایجاد کننده آن، راههای ورود، میزان رادون و همچنین روشهای کاهش آن در محیطهای بسته از جمله مسائلی است که از نظر زیست محیطی بسیار مهم بوده و در قرن حاضر بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه به بررسی منشأ گاز رادون در محیطهای بسته و راههای کاهش یا حذف آن پرداخته شده است. مطالعه حاضر یک مطالعه کتابخانه ای در همین راستاست.

مطالعات نشان می دهند که عوامل اصلی ورود گاز رادون به داخل ساختمانها، ترکیبات بستر زمین، مصالح بکار رفته در ساختمان، و آبهای زیرزمینی آلوده به رادون می باشند. این گاز می تواند در ساکنین این منازل باعث ایجاد آمفیزم، فیبروزیس، سرطان ریه، ملانوما و لوسمی شود. از مهمترین راههای کاهش و حذف رادون در منازل، مسدود کردن منافذ در کف و دیوار منازل، تهویه داخل و زیر کف ساختمان، تصفیه آب مصرفی آلوده به رادون(مانند هوادهی)، ایجاد فشار مثبت در داخل ساختمان و ساختن ساختمانهای جدید در نقاط با میزان گاز رادون پایین می باشند.

Origin of radon gas in closed environments and ways to reduce

*Karami Matin, Behzad[1] - Najafi, Farid[2] - Khodadad, date *[3] - Sharafi, Kiomars[3]*

1 - PhD Health Services Management, Board of Kermanshah University of Medical Sciences

2 - Epidemiology Ph.D., Co-Kermanshah University of Medical Sciences

3 - Student MSc Environmental Health Engineering, Kermanshah University of Medical Sciences

ktarokh@yahoo.com

Abstract

Radon gas a in closed environments, particularly homes and work environments, as well as its sources , Radon concentration and methods to reduce radon levels in the closed environment are all important environmental issues that are in more focus in this century. Using review of literature, this study aimed to investigate about the origin of indoor Radon gas the methods to reduce or eliminate it. Studies show that the main factors affecting the entrance of radon gas into buildings are: type of land, materials used in construction, and groundwater that are contaminated with radon. Radon gas can causes emphysema, fibrosis, lung cancer, melanoma and leukemia. The most important ways to reduce indoor radon are: covering all opening in walls and floors, ventilation of indoor and under floor ventilation, treatment of radon-contaminated water using ventilation, creating positive pressure inside the building and construction of new buildings in areas where Radon gas levels are low.

Keywords:*Radon gas, Closed environment, Methods to reduce*

کلمات کلیدی: *گاز رادون، محیط بسته، راههای کاهش*

مقدمه

رادون (^{222}Rn)یک گاز طبیعی بدون رنگ و بو و مزه، با نقطهٔ میعان 62- درجه سانتیگراد و چگالی 8 برابر هوا است. این گاز محصولی از سری واپاشی اورانیوم بوده و تقریبا" در میان زنجیره ای از تغییرات پرتوزایی قرار گرفته است، که با ^{238}U شروع و به ^{236}Pb ختم می شود. در حقیقت رادون(^{222}Rn) از رادیوم (^{226}Ra) بوجود می آید که رادیوم هم از استحالهٔ اورانیوم (^{238}U) تشکیل می شود. اورانیوم و رادیوم به صورت طبیعی در خاکها و صخره ها وجود دارند. دیگر محصولات ناشی از استحاله اورانیوم عبارتند از ایزوتوپ های تورون (^{220}Rn) و آکتینون (^{219}Rn).

رادون با عدد اتمی 86 دارای 27 نوع ایزوتوپ که از رادون-200 شروع شده و به رادون-226 ختم می شود ولی از آنجائی که اغلب آنها ناپایدارند بنابراین فرصت رسیدن به سطح زمین و تجمع در محیط های بسته را پیدا نمی کنند امّا رادون-222 با نیمه عمر 3/82 روز که محصول واپاشی اورانیوم238 می باشد، فرصت رسیدن به سطح زمین و تجمع در محیط های بسته(معادن زیر زمینی و ساختمان ها) را پیدا می کند.وقتی گاز رادون در اتمسفر و هوای آزاد قرار می گیرد غلظت آن بسیار کم است امّا وقتی در یک محیط بسته محبوس می شود، غلظت آن و در نتیجه سطح اکتیوته ی آن افزایش می یابد(1). گاز رادون از سنگها و خاکها سرچشمه می گیرد و در محیطهای بسته مانند معادن زیرزمینی و منازل غلظت آن افزایش می یابد(2).

در این مقاله سعی بر این شد تا منشإ گاز رادون و راه های ورود آن به درون ساختمان ها شناسایی گردد و از طرفی راههای حذف و یا کاهش رادون نیز مورد بررسی قرار گرفت تا بتوان بر این اساس راهکارهای حفاظتی را ارائه داد.

شرح و بحث

منشإ گاز رادون:

اولین منبع اصلی گاز رادون در درجه اول اورانیوم و سپس توریوم موجود در خاک و سنگ می باشد. بدین معنی که گاز رادون تولید شده توسط آنها در بسترهای زیرین زمین از میان خاکها به بالا نفوذ کرده و به فضای آزاد راه می یابد. مقدار متوسط اورانیوم در پوسته زمین برای سنگ 3ppm و برای خاک 2/1ppm برآورد شده و در نتیجه غلظت میانگین آن در پوسته زمین 2/7ppm منظور می نمایند. اگرچه اورانیوم و به تبع آن رادیوم در تمام سنگها و خاکها وجود دارد ولی مقدار آن از نقطه ای به نقطه دیگر و سنگی به سنگ دیگر متغیر می باشد. معمولا" میزان اورانیوم در سنگهای آذرین اسیدی مثل گرانیت، شیل های سیاه و بعضی از سنگها ی دگرگونی مثل گنیس و شیست بیشتر از سنگهای مختلف دیگر می باشد. به عنوان مثال مقدار متوسط آن در سنگ گرانیت که دارای غلظت بالای اورانیوم می باشد، حدود 4/7ppm بوده و در بعضی از گرانیت

ها به ppm 20-40 هم می رسد. اما میزان اورانیوم در سنگهای آذرین بازی مثل بازالت، سنگ های رسوبی فاقد فسفات و بعضی از سنگهای دگرگونی مثل کوارتز و مرمر معمولا" اندک است، بطوریکه مقدار متوسط اورانیوم در بازالت در حدود 0/9ppm برآورد شده است(۵،۴،۳،۶).

از بین سه ایزوتوپ طبیعی رادون یعنی ^{222}Rn، ^{220}Rn یا تورون و ^{219}Rn یا آکتینون، تنها ^{222}Rn به علت نیمه عمر بلندتر(3/82 روز) نسبت به دو ایزوتوپ دیگر فرصت رسیدن به سطح زمین و تجمع در ساختمانها را دارد(6). علاوه بر این نکته مهم این است که محصولات واپاشی رادون(^{222}Rn) یعنی ^{218}Po با نیمه عمر 3/05 دقیقه، ^{214}Po با نیمه عمر $1/6\times10^{-4}$ ثانیه، ^{214}Pb با نیمه عمر 26/8 دقیقه و ^{214}Bi با نیمه عمر 19/7 دقیقه همگی جامدند و با تنفس هوای محتوی ^{222}Rn و واپاشی آن در ریه، تولید شده و به نسوج آن می چسبند، که ذرات آلفای ناشی از واپاشی آنها باعث آسیب رساندن و احتمال بروز سرطان در افراد خواهند شد(۸،۷،۹).

غلظت رادون در هوای درون خاک حدود 740 تا 3700000 بکرل در متر مکعب گزارش شده است. ولی معمولا" در محدوده 7400 تا 74000 بکرل در متر مکعب نوسان می کند(9). و تابع غلظت اورانیوم و رادیوم و میزان تخلخل و تهویه خاک است. اگر خاک به خوبی تهویه نشود غلظت رادون در آن افزایش می یابد. به همین جهت، در عرض های جغرافیایی بالا، یخزدگی خاک مانع خروج رادون می شود و در روزهایی از سال که دمای محیط افزایش می یابد لایه یخزده ذوب شده و رادون زیادی از خاک خارج می شود؛ این ایام را روزهای رادونی نامیده اند(11، 12، 13).

منابع و راههای ورود گاز رادون به داخل ساختمانها

معمولا" راههای ورود گاز رادون به داخل ساختمانها عبارتند از:

- خاک و سنگهای پوسته زمین در زیر ساختمان که عموما" منبع اصلی تولید و ورود گاز رادون به محیط داخلی ساختمان می باشند، میزان گاز رادونی که از این طریق وارد خانه ها و محیطهای بسته می شود به ترکیب بستر زمین منطقه بستگی دارد. خاک زیر بعضی از ساختمانها گرانیتی یا شیستی بوده که غنی از اورانیوم می باشند و در نتیجه مقدار فراوانی گاز رادون را وارد ساختمان می کنند(14).

- چونکه مصالح ساختمانی ممکن است از خاکهایی که غنی از اورانیوم و توریوم هستند ساخته شوند لذا یکی دیگر از عوامل ورود گاز رادون به داخل ساختمانها مصالح بکار برده شده در ساختمان می باشند، به طوریکه مصالح ساختمانی می توانند آهنگ دوز را 40 تا 50درصد افزایش دهند(15).

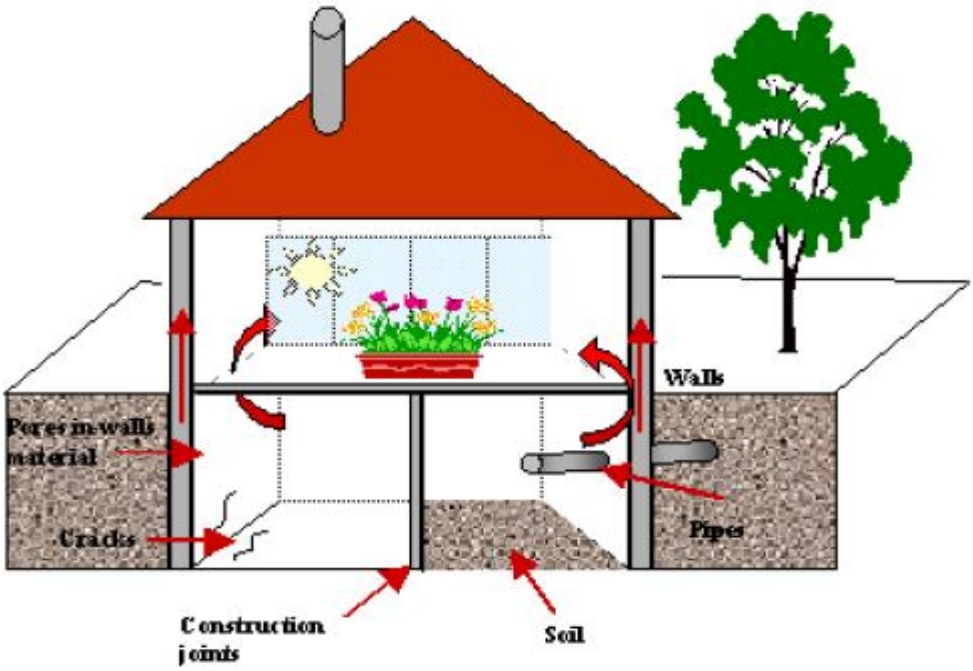
- آب و بویژه آبهای زیرزمینی یکی دیگر از منابع ورود گاز رادون به داخل ساختمانها می باشند. هنگامی که آب زیرزمینی بلافاصله بعد از پمپاژ وارد ساختمانی شود، رادون از آن خارج شده و در ساختمان پخش می گردد(۱۶،۱۷).

- دما با فشار منفی نسبت مستقیم داشته و گرم کردن و بالا رفتن دمای هوای داخل منزل باعث افت فشار و در نتیجه ایجاد فشار منفی می گردد این پدیده اثر دودکش نامیده می شود که باعث مکش رادون از لایه های زیرین ساختمان به داخل آن می شود(15).

- وزش باد باعث ایجاد افت فشار منفی در سراسر بدنه ساختمان می گردد. این پدیده اثر کششی مسیر باد نامیده می شود که در کشش رادون به داخل ساختمان مؤثر است(۱۵،۱۸).

- هوای مصرف شده توسط بخاری، اجاق و مشعل و غیره و نیز تهویه مکانیکی یا هوای تخلیه شده به بیرون توسط خشک کن لباس، هواکش داخل آشپزخانه، حمام و دستشویی و یا اتاقک زیر شیروانی نیز باعث افت فشار و در نتیجه ایجاد فشار منفی گردیده و میزان آزادسازی گاز رادون را افزایش می دهد. این پدیده نیز بنام اثر خلاء نامیده می شود(15).

بصورت کلی گاز رادون سطح زمین از طریق شکافهای موجود در کف منازل و دیوارها وارد ساختمان می شوند. همچنین شکافهای موجود در بین کف و دیوار و لوله های موجود در کف منزل و منافذ ریز قطعات موجود در دیوارها یکی دیگر از راههای ورود گاز رادون به داخل ساختمان هستند(شکل شماره 1)(7).



شکل شماره 1: راههای ورود گاز رادون بداخل ساختمان(6)

اثرات گاز رادون بر سلامتی

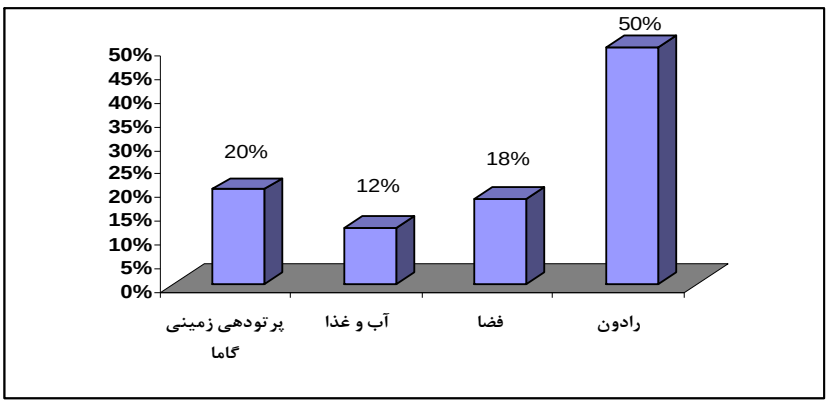
رادون و محصولات آن که دختران رادون نامیده می شوند بر اثر استحاله، ذره پرانرژی آلفا را از خود گسیل می نمایند. محصولات ناشی از استحاله رادون معلق بوده و لذا براحتی قابل تنفس هستند.

اگرچه خطرات ناشی از گاز رادون در محیطهای باز به علت ترقیق شدن آن خیلی پایین است ولی در داخل ساختمانها به علت بالا رفتن غلظت گاز رادون علت 50% از پرتودهی طبیعی زمینه گاز رادون می باشد(نمودار شماره 1)(19). به هر حال تماس با رادون در محیطهای بسته می تواند باعث ایجاد بیماریهای ریوی مانند آمفیزم(بزرگی ریه)، فیبروزیس(ورم ریوی) و نهایتا" بروز سرطان ریه شود(20).

مکانیسم خطرات گاز رادون در ریه بدین صورت است که وقتیکه در جریان تنفس، گاز رادون وارد ریه می شود به علت کوتاه بودن زمان توقف هوا در ریه ها، در اثر بازدم، 70 تا 80% رادون موجود در هوا خارج می شود. ولی محصولات واپاشی 20 تا 25% دیگر آن، که شامل ^{218}Po، ^{214}Pb، ^{214}Po و ^{214}Bi می باشند عامل اصلی خطر می باشند که در میان آنها ^{214}Po و ^{218}Po از همه مهمترند(21).

این عناصر پرتوزا که همگی آنها جامدند، هنگامیکه در ریه تولید می شوند به جدار آن می چسبند و ممکن است حتی وارد جریان خون شوند(22). ذرات آلفای ساطع شده از آنها، که هسته هلیوم و دارای بار مثبت می باشند، به سرعت انرژی خود را از دست می دهند. بنابراین اگر در هوای آزاد تولید شوند نمی توانند از قسمت سطحی پوست بدن که از سلولهای مرده تشکیل شده بگذرند. ولی همینکه این عوامل تابش ذرات آلفا در سطح بافت ریه قرار می گیرند انرژی ذرات آلفای ساطع شده در حجم کوچکی از نسوج متمرکز می شود و باعث شکستن پیوندهای شیمیایی، یونش، تشکیل بنیانهای آزاد و آسیب رساندن به مولکولهای DNA می گردد. که این تغییرات نهایتا" می توانند منجر به تشکیل سرطان شوند(۲۴،۲۳،۱۹). همچنین بعضی از پژوهشگران ارتباط گاز رادون را با بعضی از انواع سرطان های دیگر مانند ملانوما که نوعی سرطان پوست است و لوسمی (سرطان خون) را مؤثر دانسته اند(۲۵،۲۳).

نمودار شماره 1: منابع و میانگین توزیع پرتودهی طبیعی زمینه برای جمعیت دنیا(19)



استراتژی های پیشگیری از ورود رادون به داخل منازل

1)کاهش فعال فشار خاک(ASD[32]):

مهمترین مکانیسم انتقال رادون فشار ناشی از راندن جریان هوا از سمت خاک بـه داخـل سـاختمان است و دیگر نیروی مؤثر هم، انتشار است. با توجه به اینکه فشار گاز رادون در داخل خاک با فضـای داخل ساختمان متفاوت است، بنابر این اولین نیرویی که باعث ورود رادون به داخل سـاختمان مـی شود همین مورد است، از استراتژی های جلوگیری کننده از ورود رادون بـه سـاختمان بایسـتی بـر روی

این موضوع و در جهت معکوس کردن این فشار متمرکز شوند. که این عمـل بـا اسـتفاده از کـاهش فشار به صورت فعال(استفاده از فن) و یا غیرفعال(بدون استفاده از فن) انجام می شود(26).

2)مسدود کردن سطوح(درزبندی سطوح):

درز بندی سطوح قسمتهای داخلی مسکن، بطوریکه باعث جدا شدن خاک کف بنا از فضای زیسـتی شود، می تواند کارائی دیگر استراتژی های پیشگیری از ورود رادون مانند کاهش فعـال فشـار خـاک و... را بهبود ببخشد(17).

3)موانع و غشاءها:

موانع یا غشاء ها(مانند پلی اتیلن) را می توان بین خاک و قسمت داخلی ساختمان به تنهـایی یـا بـا دیگر تکنیکهای جلوگیری از ورود رادون ماننـد کـاهش فعـال یـا غیـر فعـال فشـار خـاک اسـتفاده نمود(27).

4) تهویه قسمتهای غیرساکن:

تهویه بخشهای غیر ساکن که بین خاک کف سـاختمان و بخشـهای سـاکن قـرار دارنـد، مـی توانـد غلظت رادون در بخشهای داخلی ساختمان را کاهش دهد(28).

5) تهویه بخشهای مربوط به ساکنین:

به صورت کلی جهت تأمین هوای مناسب در داخل ساختمان، جابجایی هـوای داخـل سـاختمان بـا هوای بیرون لازم است. در مواردی که عامل رادون مصالح ساختمانی بکار بـرده شـده در سـاختمان هستند، تهویه بهترین روش جهت کاهش غلظت رادون در داخل ساختمان است(5).

---

32 . Active soil depressurization

6) تصفیه آب مصرفی در ساختمان:

زمانی که آب مصرفی در داخل ساختمان از زمینهایی که دارای غلظت بالایی از رادون هستند تأمین شود، حذف رادون توسط روشهای مناسب(مانند هوادهی) ضروری است(29).

7) ایجاد چاهک رادون:

برای جلوگیری از ورود گاز رادون می توان در زیر بستر ساختمان چاهکی ایجاد نموده و با استفاده از فنهای مناسب آن را به صورت مستقیم به بیرون هدایت نمود(28).

8) ساختن بناهای جدید در مکانهای با غلظت پایین رادون:

ساختمانهای مسکونی را نبایستی در زمینهایی که دارای غلظت بالای رادون هستند(مانند زمینهای گرانیتی، شیستی، رسوبی با فسفات بالا و...) ساخته شوند(29).

نتیجه گیری

با توجه به موارد بالا گاز رادون از نظر زیست محیطی به عنوان یک عامل خطر برای سلامتی انسان می باشد که از راههای گوناگونی وارد ساختمان می شود و از طریق محصولات جامد ناشی از واپاشی آن که خود پرتوزا هستند در اثر تنفس وارد ریه شده و به سطح نسوج می چسبند و باعث ایجاد احتمالی سرطان می شوند. با انجام یکسری اقدامات مناسب مانند ایجاد چاهک رادون در زیر کف بتن

و انتقال گاز جمع آوری شده در آن به صورت مستقیم، آب بندی کف و دیواره های ساختمان، افزایش تهویه زیر بستر ساختمان جهت جلوگیری از تجمع گاز رادون، ایجاد فشار مثبت در داخل ساختمان و هوادهی آبهای زیرزمینی آلوده به رادون، می توان غلظت گاز رادون در داخل ساختمان را تا حد زیادی کاهش داد.

منابع

1-روفه گری نژاد جواد. روفه گری نژاد رضا،1387، خطرات ناشی از تجمع گاز رادون و را ه های جلوگیری و کاهش آن در ساختمانها.

2-غیاثی، م و کاتوزی، م ،1379، دروس عمومی حفاظت در برابر اشعه، سازمان انرژی اتمی ایران.

3- عباس نژاد، ا ،1381، اثرهای زیست محیطی گاز رادون و اهمیت توجه به آن در ایران، مجلهٔ علوم و فنون هسته ای، شمارهٔ 26، صفحات 31-17.

4- DSMA ATCON. (1982) Final report on investigation and implementation of remedial measures for the radiation reduction and radioactive decontamination of Elliot Lake Ontario. Atomic Energy Control Board, Ottawa.

5- European Commission. (1999) Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials. Radiation Protection 112, EC, Luxembourg.

6- Flater D, Spencer J. 1994 Evaluation of radon mitigation systems installed in Iow

The 1994 Annual Radon Symposium II (6.1-6.6), Atlantic City, NJ.
7-K.T.Pickering and L.A, ,(1998) Owen'An introduction to global environmental Issues.
8- Gammage R, Wilson D (1990). Performance experience with radon mitigation systems. The Fifth International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Toronto.
9- General Administration of Quality Supervision. 2000 Standard guide for radon control options for the design and construction of new low-rise residential buildings (GB/T 17785-1999), Beijing.
10-N.K.Coch, (1995)." Geohazards, natural and human," Prentice-Hall,New Jercy.
11-E.M.Durrance, (1986)."Radioactivity in geology, Principles and Applications," Ellis Horwood Ltd, Chichester.
12- General Administration of Quality Supervision. (2002) Indoor air quality standard (GB/T 18883-2002), Beijing.
13- Gessall TF, Lowder WM. (1980) Natural Radiation Environment III (Proceedings of a Symposium Held at Houston, Texas April 23-28, 1978). US Department of Energy Technical Information Center, 2:1444-1445.
14- سایت: Geological Survey of Iran, Nort-East Territory، مقالات آلودگی هوا در خانه.
15-UNSCEAR, (1993)Source and effect of ionizing radiation, United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation. Report to general assembly with annexes,
16- F. K. North, (1985)."Petroleum geology," Unwin Hyman, London
17- Henschel D. (1993)Radon reduction techniques for existing detached houses: technical guidance
for active soil depressurization systems (Third Edition), US Environmental Protection Agency (EPA/625/R-93/011), Washington, D.C..
18- Henschel D. Re-entrainment and dispersion of exhausts from indoor radon reduction systems: (1995). Analysis of tracer gas data. Indoor Air, 5(4):270-284.
19- C.Park, "The environmental, Principles and applications," Routledge, London(1987).
20-"رادون" سایت اینترنتی: بانک داده های محیط زیست، 1386.
21-E. L. Alpen(1990).,"Radiation biophysics,"Prentice-Hall International Editions, Englewood Cliffs, N.J .
22-P.T.Underhill, (1996)"Naturally occurring radioactive material, Priciples and Practices," St.Luke Press, DelrayBeach.
23-A Physicians Guide-Radon1993, The health,.
24- Naismith SP, Miles JCH, Scivyer CR. (1998)The influence of house characteristics on the effectiveness of radon remedial measures. Health Phys, 75:410-415.
25- Neznal M et al,(2004).The new method for assessing the radon risk of building sites. Czech Geological Survey, Prague.
26-Scott A (1993). Causes of Poor Sealant Performance in Soil-Gas-Resistant Foundations. Indoor Air, 3(4):376-381.
27-The Foundation for Scientific and Industrial Research at the Norwegian Institute of Technology (2007). Guidelines for Preparation of SINTEF Technical Approval for Radon Membranes. SINTEF (NTH), Oslo.
28-United States Environmental Protection Agency (2003). Consumer’s Guide to Radon Reduction. USEPA Publication 402-K-03-002, Washington D.C.
29-Saum D (1991). Mini fan for SSD radon mitigation in new construction. Proceedings of the 1991 International Symposium on Radon and Radon Reduction Technology, US Environmental Protection Agency (4:VIII.5-10), Research Triangle Park, NC.

ارزیابی ریسک سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن

سمانه برادران[1و2] * – سعید ستایشی[1]- مهران طاهری[2]

1- دانشگاه صنعتی امیر کبیر- دانشکده مهندسی هسته ای و فیزیک

2- سازمان انرژی اتمی ایران- امور حفاظت در برابر اشعه

* samabaradaran@yahoo.com

چکیده

بررسی های انجام شده در کشور های مختلف ، عمده ترین عامل پرتوگیری مردم از منابع طبیعی را استنشاق گاز رادن (^{222}Rn) و دختران آن بویژه ^{214}Po و ^{218}Po دانسته وهمچنین گزارش شده است به طور متوسط نیمی از دز معادل موثر مردم در مناطقی که از نظر پرتو های زمینه عادی به شمار می روند ناشی از گاز رادن و دختران آن است. بر طبق گزارشات آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) رادن دومین عامل سرطان ریه بعد از سیگار است و سالانه حدود 3000 تا 33000 انسان بر اثر سرطان ریه ناشی از گاز رادن در آمریکا جان خود را از دست می دهند. همچنین بسیاری از موسسات و سازمان ها و آژانس های مختلف در سراسر دنیا آمار و اطلاعاتی در این زمینه که نتیجه چندین سال پیگری و تحقیقات است، ارائه داده اند از این رو فعالیت های گوناگون جهت اندازه گیری گاز رادن درسال های گذشته مورد توجه مراکز بین المللی حفاظت در برابر اشعه قرار گرفته است. نیمه عمر بیولوژیکی دختران رادن در ریه چند ساعت تا یک روز بوده و در نتیجه گاز رادن و دختران آن که عناصری آلفا زا هستند، می توانند بطور موضعی سلول های ریه را تحت بمباران قرار داده و موجب شکست DNA و در نهایت سرطانی شدن سلول شوند .لذا اندازه گیری ذرات آلفای ناشی از دختران رادن می توانند معیاری جهت تخمین پتانسیل گاز رادن برای پرتودهی ریه باشند. در این مقاله هدف از جمع آوری اطلاعات مربوط به سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن ، ارزیابی میزان اهمییت این موضوع در ایران است.

واژگان کلیدی : رادن و دخترانش –پرتوگیری طبیعی- سرطان ریه

Evaluation the Risk of Lung Cancer due to Radon

S.Baradaran[1,2*],S.Setayeshi[1],M.Taheri[2]

1-Nuclear Engineering and physics department,Amirkabir University,Tehran,Iran

2-National Radiation Protection Department,Atomic Energy Organization of Iran.P.O.box : 14155-1339

0samabaradaran@yahoo.com

Abstract :

Several studies in many countries show that the most public exposure of natural sources is due to radon and its progenies(^{214}Po,^{218}Po) .According to EPA reports ,radon is the second leading cause of lung cancer after cigarette smoking. It is estimated that radon exposure accounts for between 3,000 and 33,000 lung cancer deaths annually in the United States. Many institutes and research centers in the world give reports about that, in general radon exposure causes lung cancer. Radon has a half-life of 3.8 days; It decays to a series of solid elements called radon progeny that there are alpha emitter. Alpha particles do not penetrate deeply into the tissue,also they carry enough energy to permanently change DNA if they reach the nucleus of a

cell. The aim of this study is to collect information about lung cancer due to radon in the world and to evaluate this important subject in Iran.
Key words: Radon and its progeny, natural exposure, lung cance

مقدمه

استنشاق دختران کوتاه عمر رادن عمده ترین سهم پرتو گیری مردم از طبیعت را به خود اختصاص داده است[16] ، بطوریکه برطبق برآورد UNSCEAR میزان دز سالیانه افراد در اثر استنشاق گاز رادن و دختران آن 1.15mSv می باشد[9]. در سال های اخیرنتایج تحقیقات وسیع مراکز و موسسات مختلف در دنیا ارائه گردیده است که ارتباط ایجاد سرطان ریه با پرتوگیری حاصل از استنشاق غلظت های بالای رادن درا ثابت کرده اند. دلیل این مسئله وجود آلفا های با انرژی بیش از5MeV برخی از دختران آنها می باشد که تمامی انرژی یون سازی خود را در مسیر تنفسی ریه آزاد نموده و آسیب سلولی و در نهایت سرطان ریه را موجب می گردند.

بیشتر عواملی که سبب افزایش غلظت گاز رادن در مکان های مختلف مذکور می گردد عبارتند از وجود چشمه های طبیعی حاوی رادیوم در محل مانند مناطق پرتوزایی طبیعی بالا(نظیر رامسر در ایران)

[18] و یا مصالح بکاررفته در اجزای ساختمانی که حاوی درصد قابل توجهی از عناصر زنجیره اورانیوم یا توریوم باشند. چنین عواملی سبب گردیده که برخی کشور ها مطالعاتی را در سطح ملی برای پی بردن به وضعیت خود در خصوص غلظت و تغییرات رادن در مکان های مختلفبه انجام برسانند[8][9] [17].نشانه های مرگ و میر سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن ابتدا در بین معدن کاران نظر دانشمندان را به خود جلب کرد و تحقیق در این زمینه شروع شد. معدن کارانی که جهت استخراج سنگ معدن های فلزی مختلف در برخی نواحی آلمان و چکسلواکی سابق در اثر بیماری هایی از بین رفتند که علائم آن نشاندهنده سرطان ریه بود . در سال 1920 میلادی رادن به عنوان عامل سرطان ریه در این معادن پیشنهاد گردید که بعدها مورد قبول واقع شد . اما با در نظر گرفتن این مطلب که سایر عوامل سمی دیگر موجود در معادن مخصوصا آرسنیک و سیلیس نیز ممکن است عواما مهمی باشند. در حدود 20 سال بعد ، دختران رادن ، ایزوتوپ های پلوتونیوم ، بیسموت و سرب بطور قابل ملاحظه ای در شرایط معمول در معدن خطرناکتر از خود رادن بوده و در حال حاضر به عنوان عامل اصلی ایجاد سرطان ریه مشاهده شده در نظر گرفته می شود. خطر دختران رادن با افزایش سرطان ریه در بین گروه هایی که بیشتر در معرض آن قرار گرفته اند ثابت شده است و نیز بوسیله آزمایش هایی که بروی حیوانات انجام گردید ، تایید شده است. مطالعه ای که اخیرا در مورد گروه زیادی از معدن کاران معادن اورانیوم ایالات متحده آمریکا انجام شده است نشان می دهدکه حدود 16% از مرگ و میرها در یک دوره 18 ساله به علت سرطان ریه بوده است [19]، البته این خطر فقط منحصر به معادن اورانیوم نبوده بلکه یک افزایش سریع نرخ سرطان در بین معدن کاران دیگر مثل فلورسپار کانادا[10]، معادن آهن در سوئد[9] و نیز معدن قلع در

چین[11] و معدن طلا در Ontario نیز مشاهده شده که این معادن دارای غلظت های پایین تری از گاز رادن بوده اند[14]. همچنین بررسی های زیادی در زمینه گاز رادن در بسیاری از معادن کشور ها آمریکا، روسیه، انگلستان، آفریقای جنوبی، یوگوسلاوی، اینالیا ، آلمان،فرانسه، کانادا و غیره انجام شده و ریسک سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن مشخص شده است[8].در کشور آمریکاو کانادا[4] ، در اکثر کشور های اروپایی مانند انگلستان[5]، فرانسه[21]، آلمان[20]، چکسلواکی و همچنین کشور های آ سیایی مانند چین[15]، ژاپن[14] ، پاکستان[13] و نیز کشور مصر[12] تحقیقات گسترده ای در زمینه ارائه نقشه رادن نواحی مختلف ، اندازه گیری غلظت و برآورد دز و همچنین ریسک سرطان شده است. تحقیقات انجام شده بیان کرده اند که سالانه 15% مرگ و میر سرطان ریه در آمریکا ناشی از رادن و در کانادا 10% و در اروپا 9% بوده است [2][3][4][6][7].با توجه به حائز اهمیت بودن این مساله از نقطه نظر سلامتی ، در کشور ما نیز مطالعات مربوط به بررسی وضعیت رادن از سال های گذشته آغاز گردیده است و مکان های متعددی نیز در این خصوص شناسایی گردیده است. اما وسعت کشور ما و تعدد مکان هایی که ممکن است در آنها پتانسیل بالایی از غلظت رادن وجود داشته باشد از جمله معادن اورانیوم ، غار های طبیعی ، چشمه های آب گرم و مناطق پرتوزایی طبیعی بالا ، ایجاب می نماید که مطالعات گسترده تری در این حوزه صورت پذیرد.

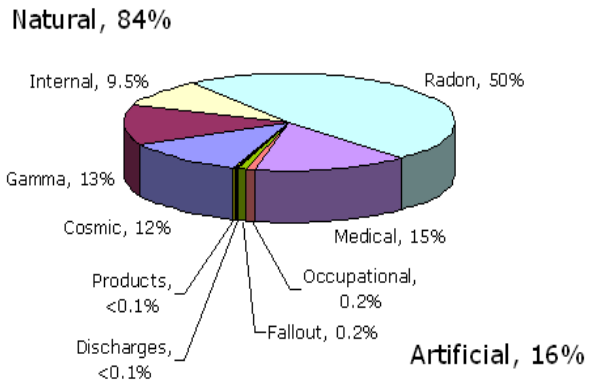
شرح و بحث

اثرات رادن بروی سلامتی انسان

اگرچه انسان ها اغلب بر این باورند که پرتوگیری از منابع مصنوعی پرتوزا زیانبار و خطرناک است ، لیکن منابع طبیعی پرتو زا عامل اصلی در پرتوگیری بشر و موجودات زنده محسوب می شوند. یکی از منابع طبیعی پرتوزا ، گاز رادن -222(^{222}Rn) می باشد که در اثر واپاشی رادیوم - 226 (^{226}Ra) از زنجیره طبیعی اورانیوم- 238(^{238}U) تولید می گردد.

بر اساس آخرین اطلاعات ارائه شده توسط کمیته علمی سازمان ملل در زمینه تاثیرات پرتوهای اتمی[13] استنشاق گاز رادن و دختران آن از جمله مهمترین عوامل پرتوگیری انسان از منابع طبیعی پرتوزا می باشد که از مجموع 2/4 میلی سیورت دز موثر سالیانه انسان از منابع پرتوزای طبیعی در حدود 1/2 میلی سیورت آن متعلق به گاز رادن و دختران آن می شود(شکل 1).

این میزان پرتو گیری به ترتیب در معادن ، زیر زمین ها و فضا های بسته (انبار، خانه، مدرسه) افزایش می یابد و بدین لحاظ بررسی های دزیمتریک از دیدگاه فیزیک بهداشت و همچنین از نظر بررسی های اپیدمیولوژیک در اینگونه نواحی به منظور حفظ سلامت انسان ها حائز اهمیت می باشد. با افزایش غلظت گاز رادن در هوای استنشاقی ، نواحی مختلف دستگاه تنفسی تحت تابش پرتو های آلفای با انرژی بیش از 5MeV ناشی از واپاشی رادن و دختران آن قرار می گیرند و در نهایت این امر باعث افزایش ریسک ابتلا به سرطان ریه می شود.



شکل 1- میزان پرتوگیری مردم از عوامل طبیعی و مصنوعی

همان طور که در شکل 1 مشاهده می شود، بیشترین پرتوگیری انسان از منابع طبیعی مربوط به گاز رادن می باشد[5].در اینجا خلاصه از آمار ارائه شده توسط محقیق و سازمان های بهداشتی کشورهای مختلف جهان در رابطه اهمیت این گاز از نقطه نظر سلامتی انسان ها ، ریسک سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن و میزان مرگ و میر ناشی از این گاز آورده شده است.اثرات گاز رادن طبیعی آزاد شده از سطح زمین موجب9% مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در کل اروپا می شود و سیگاری ها در معرض ریسک بیشتری هستند[2]. حال انکه مصرف سیگار به عنوان اولین ، مهمترین و موثر ترین عامل سرطان ریه شناخته شده است ، آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا EPA(Environmental Protection Agency Of USA)، رادن را به عنوان دومین عامل بروز سرطان ریه بعد از سیگار اعلام می کند که سالانه حدود ۲۱،۰۰۰ (14.4% از کل ۱۴۶،۰۰۰ مرگ ناشی از سرطان ریه) نفر بر اثر سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن در آمریکا می میرند. این نرخ مرگ و میر بین ۷،۰۰۰ تا ۳۰،۰۰۰ تغییر می کند [1]،[3] .

National Academy and Science in U.S،National Research Council و EPA

در گزارشی هایی با نامهای:

"Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR VI,1998)"،

"Risks Assessment of Radon in Drinking Water(1999)" و

"EPA Assessment of Risks from Radon in Homes(2003)"

اعلام کرده است که : رادن موجب ایجاد سرطان 1 در 8 (12%) بین سیگاری ها ، 1 در 4 (26%) بین غیر سیگاری ها است که طبق این برآورد، در بین غیر سیگاری ها رادن اولین عامل مرگ و میر ناشی از سرطان ریه شناخته شده است(15000 مرگ در بین مردم آمریکا که هرگز سیگار نکشیده اند بر اثر سرطان ریه ناشی از رادن است) [3]، [2].

جدول 1- آمار مرگ و میر ناشی از سرطان های مختلف آمریکا حاکی از آن است که سرطان ریه کشنده ترین نوع سرطان است.

The leading three causes of cancer deaths			
Men		**Women**	
Lung cancer	33%	Lung cancer	24%
Prostate cancer	12%	Breast cancer	18%
Colorectal cancer	10%	Colorectal cancer	11%

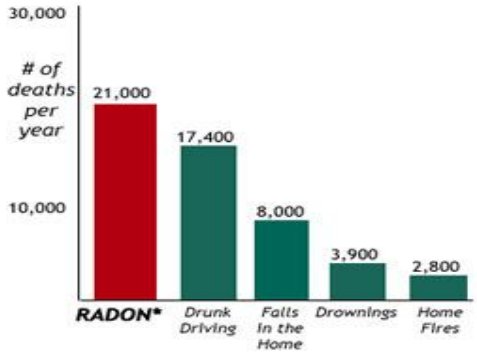
رادن در هر سطحی خطرناک است: 70% مرگ بر اثر رادن به علت زندگی در خانه هایی به غلظت زیر 4 pCi/L ، 50% به علت غلظت زیر 2 pCi/L ، و30% به علت غلظت 1.25 pCi/L بوده است. همانطور که در جدول 1 مشاهده می شود سرطان ریه کشنده ترین نوع سرطان است. حتی رادن در هوای آزاد نیز بی خطر نیست .NAS تخمین زده است که از بین 21000 مرگ و میر سرطان ریه ناشی از رادن ،800 تای آن به علت رادن طبیعی موجود در هوای آزاد است (0/45 pCi/L) [3].

طبق تحقیقاتی که در انگلستان نیز انجام شده است ، ریسک ابتلا به سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن در افراد بالای 40 سال ، بالاست و برای سیگاری ها این ریسک افزایش می یابد و خطر بیشتری آنان را تهدید می کند.در کانادا نیز تحقیقات نشان می دهد که 10% مرگ و میر های ناشی از سرطان ریه مربوط به استنشاق گاز رادن می باشد که موجب مرگ بیش از 2000 نفر در سال در کشور کانادا می گردد.بر طبق مطالعات انجام شده بروی سرطان ریه ناشی از رادن موجود در خانه، می تواند موجب بالا رفتن 50% ریسک ابتلا به سرطان ریه می شود[4]

در اروپا مرگ و میر ناشی از سرطان ریه از رایج ترین مرگ و میر های ناشی از انواع سرطان است. در سال 2006 برآورد شده است در 25 کشور اروپایی ۲۳۶،۰۰۰ مرگ ومیر نفر بر اثر سرطان ریه وجود داشته، که 21000 نفر آنها بر اثر سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن مرده اند که این تعداد 9% مرگ و میر ناشی از سرطان ریه و 2% مرگ و میر از کل سرطان ها را تشکیل می دهد [7].

آژانس بین المللی WHO رادن را class A در رابطه با سرطان ریه شناخته است. این دسته بندی ناشی از تحقیق در مورد سرطان ریه ناشی از گاز رادن در سال 1995 توسط موسسه NCI (National Cancer Institute 1995) با مطالعه بروی ۶۵،۰۰۰ معدن کار زیرزمینی بدست آمده که نتایج آن حاکی ازمرگ 2700 معدن کار بر اثر سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز ریه بوده است . قابل توجه است که کسانی که در خانه هایی با غلظت بالای 4 pCi/L EPA زندگی می کنند ممکن است در معرض پرتوگیری رادن تجمعی مشابه معدن کاران زیرزمینی باشند . مطالعات روی معدن کاران نشان داده است که رابطه خطی سازگار بدون آستانه بین سرطان ریه و پرتوگیری

با رادن وجود دارد [6].درشکل 2 نمودار تخمین مرگ و میر در سال توسط EPA بین 10 هزار نفر در آمریکا بر اثر عوامل مختلف آورده شده است که همانطور که مشاهده می کنید بیشترین آن مربوط به رادن می شود.



شکل2 -تخمین مرگ و میر در یک سال بین 10 هزار نفر در آمریکا توسط EPA بر اثر عوامل مختلف [23]

در دو جدول 2 و 3 مقایسه ابتلا به سرطان ریه در سطوح مختلف رادن بین سیگاری ها و افرادی که هرگز سیگار نکشیده اند آمده است . این مقایسه نشان می دهد که احتمال مرگ و میر ناشی از استنشاق گاز رادن در مقایسه با دیگر عواملی که موجب مرگ می شود از اهمیت بالای برخوردار است.

جدول2- مقایسه ابتلا به سرطان ریه در سطوح مختلف رادن بین افراد سیگاری و غیر سیگاری[22]

RADON RISK IF YOU SMOKE			
Radon Level	If 1,000 people who smoked were exposed to this level over a lifetime...	The risk of cancer from radon exposure compares to...	WHAT TO DO: Stop smoking and...
20 pCi/L	About 135 people could get lung cancer	100 times the risk of drowning	Fix your home
10 pCi/L	About 71 people could get lung cancer	100 times the risk of dying in a home fire	Fix your home
8 pCi/L	About 57 people could get lung cancer		Fix your home
4 pCi/L	About 29 people could get lung cancer	100 times the risk of dying in an airplane crash	Fix your home
2 pCi/L	About 15 people could get lung cancer	2 times the risk of dying in a car crash	Consider fixing between 2 and 4 pCi/L
1.3 pCi/L	About 9 people could get lung cancer	(Average indoor radon level)	(Reducing radon levels below 2 pCi/L is difficult.)
0.4 pCi/L	About 3 people could get lung cancer	(Average outdoor radon level)	(Reducing radon levels below 2 pCi/L is difficult.)
Note:			

RADON RISK IF YOU HAVE NEVER SMOKED			
Radon Level	If 1,000 people who never smoked were exposed to this level over a lifetime...	The risk of cancer from radon exposure compares to...	WHAT TO DO:
20 pCi/L	About 8 people could get lung cancer	The risk of being killed in a violent crime	Fix your home
10 pCi/L	About 4 people could get lung cancer		Fix your home
8 pCi/L	About 3 people could get lung cancer	10 times the risk of dying in an airplane crash	Fix your home
4 pCi/L	About 2 people could get lung cancer	The risk of drowning	Fix your home
2 pCi/L	About 1 person could get lung cancer	The risk of dying in a home fire	Consider fixing between 2 and 4 pCi/L
1.3 pCi/L	Less than 1 person could get lung cancer	(Average indoor radon level)	(Reducing radon levels below 2 pCi/L is difficult.)
0.4 pCi/L	Less than 1 person could get lung cancer	(Average outdoor radon level)	(Reducing radon levels below 2 pCi/L is difficult.)
Note: If you are a former smoker, your risk may be higher.			

بحث و نتیجه گیری

طبق برآورد UNSCEAR در سال 2000 استنشاق دختران کوتاه عمر رادن سهم عمده ای (50%) از پرتو گیری طبیعی افراد جامعه را به خود اختصاص داده است .

بر اساس برآورد EPA استنشاق گاز رادن در محیط های بسته دومین عامل ایجاد سرطان ریه بعد از سیگار می باشد که سالانه حدود ۲۱،۰۰۰ نفر بر اثر سرطان ریه ناشی از استنشاق گاز رادن در آمریکا می میرند . طبق گزارشاتی از آکادمی علوم آمریکا در سال 1991 ،چند صد خانه برای انجام این آزمایش انتخاب شدند. نتایج حاکی از این هستند که رادن نه به چشم آسیب می رساند نه به بینی و نه آلرژی زاست.این گاز پس از استنشاق بیشترین تخریب را در ارگان به ریه انجام می دهد. EPA اعلام کرده است ،اگر غلظت رادن در فضای بسته بیش از 4Pci/Lit باشد ، باید اقدامات اصلاحی اولیه در جهت کاهش رادن به عمل آید اثرات گاز رادن طبیعی آزاد شده از سطح زمین موجب9% مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در کل اروپا می شود و سیگاری ها در معرض ریسک بیشتری هستند[2].

در کانادا نیز تحقیقات نشان می دهد که 10% مرگ و میر های ناشی از سرطان ریه مربوط به استنشاق گاز رادن می باشد که موجب مرگ بیش از 2000 نفر در سال در کشور کانادا می گردد[4].

مراجع:

1-Health Risks of RADON and other Internally Deposited Alpha Emitter – BEIR VI- committee on the biological Effects of Ionizing Radiation Effects Research –Commission on Life Sciences – National Research Council (1988).

2- Medical news today- health news- 31 Dec 2004
http://bmj.bmjjournals.com/cgi/rapidpdf/bmj.38308.477650.63

3- Lung Cancer Risks from Radon in home
http://www.radonseal.com/radon-health-risks.htm

4-Radon exposure and lung cancer
http://www.cancer.ca/Canadawide/Prevention/Specific%20environmental%20contaminants/Radiation/Radon%20exposure%20and%20lung%20cancer.aspx?sc_lang=en

5-Radon in Workplace
http://www.hse.gov.uk/radiation/ionising/radon.htm

6- Radon Risks and Health Effects. The American Association of Radon Scientists and Technoloogyist.
www.aarst.org/radon_risk.shtml

۷- Darby.S, and Et al, "Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies" professor of medical statistics, D Hill, statistician, A Auvinen, professor of epidemiology
BMJ 2005;330:223 (29 January),doi:10.1136/bmj.38308.477650.63 (published 21 December 2004)

8- UNSCEAR, Sources and Effects of Ionizing Radiation united Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New yourk, (1993).

9- UNSCEAR (2000), Sources and Effects of Ionizing Radiation united Nations Scientific Committee of Ionizing Radiation United Nations, New yourk. Report to General Assembly , with Scientific Annexes, New yourk(2000)
10-International Commission on Radiological Protection. " Radiation Protection in Uranium and other Mines", A Report of Committee 4 of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 24,Peramon Press, Oxford(1976)
11-Lubin.J.H, You-Lin Qiao et al., « Quantitative Evaluation of the Radon and Lung Cancer Association in a case Control Study of Chinese Tin Miners ", Cancer research 50,pp .174-180(1990)
12- Mohamed, A. **"**Influence of radioactive aerosol and biological parameters of inhaled radon progeny on human lung dose **"**
Radiation Protection Dosimetry 113(1):115-122(2005.)
13-Matiullah, Ahad A, Rehman S, Mirza ML "indoor radon levels and lung cancer risk estimates in seven cities of the Bahawalpur Division" Radiat Prot Dosimetry.;107(4):269-76(2003.)
14-Sobue, T. and et al," Residential Radon Exposure and Lung Cancer Risk in Misasa, Japan: a Case-control Study" Journal of Radiation Research**,** Vol. 41 , No. 2 81-92(2000).
15-Hofmann, W., Katz R, Zhang CX. „Lung cancer incidence in a Chinese high background area--epidemiological results and theoretical interpretation" Published in THE SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 45 (1985), pp. 527-534 and Sci Total Environ. Oct;45:527-34(1985).
16- ICRP- International Commission on Radiological Protection ,"Lung cancer risk from indoor exposures to radon progeny", Annals of the ICRP 50,Pergamon Press,(1987).
17-Sciocchetti, G., Bovi, M. , and et al, " Radon and thoron surveys in high radioactivity areas of Italy." Radiat. Prot. Dosim. 45(1/4), 509-514(1992).
18- Sohrabi , M. " High level natural radiation areas with special regards to Ramsar , In Proc. 2nd workshop on Radon Monitoring in Radioprotection, Environmental and / or earth Science , ICTP, Trieste , 1991,World Scientific ,Singapore, pp. 98-108 (1993).
19- *فتح آبادی ن*، بررسی بهداشتی پرتوزایی گاز رادن در برخی معادن زیر زمینی کشور- پایان نامه کارشناسی ارشد- داشکده بهداشت – دانشگاه علوم پزشکی تهران
20-Wichmann, HE., Rosario AS, Heid IM, Kreuzer M, Heinrich J, Kreienbrock L "Increased lung cancer risk due to residential radon in a pooled and extended analysis of studies in Germany" Health Phys. Jan;88(1):71-9(2005).
21- Monchaux, G. "Risk of fatal versus incidental lung cancer in radon-exposed rats: A reanalysis of French data" Archive of Oncology;12(1):7-12. (2004).
22-Radon information –
http://www.montgomerycountymd.gov/deptmpl.asp?url=/content/dep/AQ/radon/home.asp
23-http://www. Radon - InterNACHI home inspection-inspector.htm

کاربرد رادون در پیش بینی زمینلرزه و تعیین ذخایر

زهره سادات ریاضی راد
[1] *عضو هیأت علمی گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس*
(zohrehriazi@srbiau.ac.ir)

چکیده

کارهای جدیدی که در مؤسسات پژوهشی و شرکت های نفتی انجام شده است نشان میدهد که سیگنالهای گاز رادون می توانند برای پیش بینی زمین لرزه، موقعیت حوزه های نفتی، چشمه های انرژی ژئوترمال و ذخایر اورانیوم مورد استفاده قرار گیرند. مطالعات اکتشاف اورانیوم و پیش بینی زمینلرزه بر اساس انتشار گاز رادون در پاکستان و جنوب ایران اساس این مطالعه می باشد. یکی از روشهایی که میتوان پیش بینی زمینلرزه را مورد بررسی قرار داد، تغییرات گازی از قبیل گاز رادون قبل از وقوع زمینلرزه است. زیرا قبل از این پدیده تغییراتی از نظر فیزیکی در ایستگاه های زمینلرزه به ثبت میرسد. همچنین برای تعیین ژئوترمال مناطق مورد مطالعه جریان گرما در چاه ها و چاله های حفر شده برای انجام آزمایش اندازه گیری می شود.

واژگان کلیدی: سیگنال های رادون، پیش بینی زمینلرزه، چشمه های انرژی ژئوترمال و نفت، ذخایر اورانیوم.

Radon application in earthquake prediction and ore determine

Zohreh-Sadat Riazi-Rad
Islamic Azad University, Chalus branch
zohrehriazi@srbiau.ac.ir

Abstract

Recent shows that radon signals can be used to predict the arrival of an earthquake and to locate oil, geothermal energy sources, and uranium deposits. Based on this special property of radon, the SSNTDLaboratory (PINSTECH) is presently exploiting it for uranium exploration in Pakistan and south of Iran. An important application of radon measurements is in earthquake prediction. The earthquakes have always been a source of terror and destruction for the mankind. Useful methods employed for finding promising geothermal regions include measurement of heat flow in shallow holes and deep well drilling for flow testing.

Key Words: Radon signals, earthquake prediction, oil and geothermal energy sources, uranium deposits.

مقدمه

گاز رادون در ذخایر اورانیوم به وجود می آید. اروانیوم پوسته زمین در حدود 3-4 ppm (parts per million) می باشد که در لایه های طبقه بندی شده برای نشان دادن اتمسفر بکارمیرود[1].از ویژگی های معادن اورانیوم در زمین (در بعضی مواقع) وجود چشمه هایی از گاز رادون و رادیو اکتیوهای گوناگون است [1].

رادون گاز اصلی رادیواکتیو در اتمسفر زمین است و همیشه در کنار معادن رادیواکتیو پیدا نمیشود[1-2]. گاز رادون میتواند برای پیش بینی زمینلرزه [3-6]، پیدا کردن ذخایر اورانیوم[7-8] و نفت [9-12]بکار رود. زیرا رادون یک گاز رادیواکتیو است که می تواند پرتوی آلفا ساتع کند و با شناسایی این پرتو می توان به وجود معادن اورانیوم و تعیین سیستم هشدار زلزله پی برد[14].

پیش بینی زمینلرزه

زمینلرزه همیشه از یک نقطه داخل زمین شروع می شود [3-6]. در حدود 3.5 میلیون سال پیش، 38 زمینلرزه بزرگ در سالهای 342-1976 (AD) به وقوع پیوست. پیش بینی زمینلرزه همواره یک رویا بوده است و اکنون به نظر میرسد که با روشهای پیشرفته اندازه گیری رادون می توان به این هدف دست پیدا کرد[1-2].

بعضی از پدیده های به وجود آمده می توانند به پیش بینی زمینلرزه کمک کنند که عبارتند از سیکل وقوع زمینلرزه ها، وقوع زمینلرزه در دوره های مشخص، جابه جایی مایعات و گازها قبل از وقوع زمینلرزه، تغییرات سطح چاههای آب و نفت، تغیرات الکترومگنتیت در زمین، تغییر در جذب مغناطیس و گرانش، تغییرات جوی و تغییر رفتار حیوانات. بعضی از پدیده های ذکر شده منشأ علمی دارند. آخرین تحقیقات نشان می دهد که تعدادی از موارد ذکر شده را میتوان برای پیش بینی زمینلرزه بکار برد[3-6]. یکی از روشهایی که میتوان به پیش بینی زمینلرزه پرداخت، تغییرات گازی از قبیل گاز رادون قبل از وقوع زمینلرزه است. زیرا قبل از زلزله تغییراتی از نظر فیزیکی در ایستگاه های زمینلرزه به ثبت میرسد. این تغییرات در اثر تنش های فیزیکی در قسمت بالایی پوسته زمین ایجاد میشوند تا زمینلرزه به وقوع بپیوندد. این عملیات به گونه ای است که میتوان رابطه ای بین زمینلرزه و انتشار گاز رادون پیدا کرد. البته باید به این نکته اشاره کرد که تفاوت در سطوح رادون به شدت زمینلرزه بستگی دارد[۱،۷،۸].

اندازه گیری سیگنال رادون بر اساس لوله های شناسایی این گاز می باشد. این روش در ابتدا در دانشگاه پاکستان برای پیش بینی زمینلرزه مورد استفاده قرار گرفت. زمینلرزه هایی که در ایستگاه ها به ثبت رسیده اند می توان با نصب لوله های شناسایی گاز رادون این روش را مورد بررسی قرار داد. زمانی که دستگاه ورودی سیگنالهای رادون را ثبت میکند سیستم هشدار دهنده زمینلرزه شروع بکار میکند. اساس کار بر این منوال است که ابتدا چند ایستگاه که در آنها احتمال انتشار گاز رادون در آن مناطق وجود داشته باشد مشخص می گردد. بعد از نصب دستگاه های اندازه گیری گاز رادون در این ایستگاه ها، برای چند زمینلرزه مقدار انتشار گاز رادون مشخص می گردد. سپس با استفاده از روش

های محاسباتی مقدار انتشار گاز رادون در منطقه بدست می آید. بر این اساس ، اگر مقدار انتشار گاز رادون در سیستم هشدار دهنده از مقدار مشخص شده تغییر کند، دستگاه هشداردهنده میتواند تغییرات انتشار گاز رادون را پیش بینی کند. البته تکنیک کالیبراسیون این دستگاه ها توسط دانشگاه پاکستان انجام میگیرد.این روش در ناحیه جنوب ایران انجام گرفته است و نتایج خوبی را نشان داد[۱،۷،۸].

پیش بینی زمین شناسی

منابع انرژی کنونی شبیه به سوخت فسیلی برای برنامه های صنعتی و گسترش استانداردهای زندگی برای چند دهه می توانند مورد استفاده قرار گیرند. برای نگهداری این سوخت ها نیاز به سایر سوختها نظیر سوخت هسته ای داریم که از کانی اورانیوم در پوسته زمین بدست می آید. یکی از ویژگی های این انرژی، بدست آوردن نحوه فراوری اورا نیوم می باشد زیرا یک پوند اورانیوم 235 انرژی معادل 1500 تن زغال را تولید میکند[14].

تکنولوژی های جدید اکتشافات مانند بررسی با دستگاه های حساس گاما نه تنها هزینه زیادی دارند بلکه زمان زیادی را نیاز دارند اما در عوض مینرالیزاسیون کانیها را به خوبی نشان میدهند. روش هایی که بر اساس اندازه گیری رادون پایه گذاری میشوند ذخایر اورانیوم را میتواند تا چند هزار متر عمق بدون استفاده از وسایل پرهزینه و یا زمان زیاد تعیین موقعیت کنند[۷،۸].

رادون یک گاز درونی است که در نیم فضای عمقهای معمولی پوسته زمین طبقه بندی میشود. به مدت 3/825 روز طول می کشد که به بالا حرکت کند تا به سطح زمین برسد. روش آشکار سازی وجود رادون در تعیین ذخایر سطحی اورانیوم نیز بکار میرود. این روش نیاز به نصب آشکار سازها در محل مورد مطالعه به وسیله لوله های استیل دارد. طول لوله ها 15 سانتی متر و قطر 2.5 سانتی متر دارند که یک طرف لوله ها بسته است. این لوله ها به طول 30 – 40 سانتیمتر در عمق زمین به مدت 3-4 هفته نصب میگردند. در این دوره زمانی گاز رادون، اگر در عمق ذخایر اورانیوم وجود داشته باشد در انتهای لوله جمع میشود و به کمک آشکار ساز اشعه آلفا مشخص میگردد. بعد از 3 الی 4 هفته آشکار سازها برای انجام مطالعات میکروسکوپی به آزمایشگاه برده میشوند. برای انجام این آزمایش می بایست به چگالی منطقه مورد مطالعه توجه داشت که از مقدار معینی کمتر نباشد[۱،۷،۸].

محل چشمه های انرژی

چشمه های ژئوترمال با گرمای طبیعی زمین تعریف میشوند. در حقیقت این چشمه ها با مناطق آتشفشانی ارتباط دارند. آب گرم ها و گلفشان ها را نیز می توان به این چشمه های انرژی اضافه کرد. مطالعات ژئوفیزیکی و بررسی های ژئوشیمیایی به تغییرات ژئوترمالی نیاز دارند. روش های مناسبی که برای تعیین ژئوترمال مناطق مورد مطالعه مورد استفاده قرار میگیرند عبارت است از اندازه گیری جریان گرما در چاه ها و چاله های حفر شده برای انجام آزمایش. بعد از تعیین چشمه های ژئوترمال، می توان با حفاری چاه های دیگر به سایر چشمه ها دسترسی پیدا کرد. روش هایی چون تست جریان، آنالیز مغزه های حفاری شده و روش های ارزیابی در تعیین این منابع مورد استفاده قرار می گیرد. از آنجایی که حفاری چال ها هزینه زیادی در بر دارد می بایست در تعیین مناطق حفاری دقت کافی به عمل آید. تعیین اطلاعات مفید در مناطق حفاری شده می تواند به وسیله نقشه حرکت انتشار رادون در نواحی مورد مطالعه بهینه سازی شود. بر این اساس رادون موجود در عمق پوسته زمین به راحتی از محل ایجاد شده تا سطح عبور می کند این عبور بیشتر در گسلهای زمین شناسی [13]و چشمه های ژئوترمال است. البته این به این معنی نیست که گسل های زمین شناسی یا قسمتی از آنها فعا لند یا فعالیت ژئوترمال ندارند. دیگر چشمه های انتشار گاز رادون ذخایر اورانیوم و تورونیم است. از آن جایی که رادون اشعه آلفا ساتع می کند، می تواند توسط دستگاه های آشکار ساز این اشعه مشخص شود. روش استفاده از رادون برای تعیین چشمه های انرژی ژئوترمال در کشورهایی چون نیوزلند، مکزیک و آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است[۱۳،۱۴].

نتیجه گیری

با استفاده از روش های محاسباتی مقدار انتشار گاز رادون در منطقه بدست می آید. بر این اساس ، اگر مقدار انتشار گاز رادون در سیستم هشدار دهنده از مقدار مشخص شده تغییر کند، دستگاه هشداردهنده میتواند تغییرات انتشار گاز رادون را پیش بینی کند. از آن جایی که رادون اشعه آلفا ساتع می کند، می تواند توسط دستگاه های آشکار ساز این اشعه مشخص شود. بر این اساس ، اگر مقدار انتشار گاز رادون در سیستم هشدار دهنده از مقدار مشخص شده تغییر کند، دستگاه هشداردهنده میتواند تغییرات انتشار گاز رادون را پیش بینی کند.

Reference
1. Fleischer RL : Radon in the Environment-Opportunities and Hazards. Nucl Tracks Radiat Meas, 14:421-435, 1988.

2. Fleischer RL, Mogro Campero A : Mapping of integrated radon emanation for detection of long-distance migration of gases within the earth: techniques and principles. J geophys Res, 83:3539-3549, 1978.
3. Dobrovolsky IP, Zubkov SI, Miachking VI : Estimation of the size of earthquake preparation zones. Pure appl Geophys,117:1025-1044, 1975.
4. Fleischer RL : Dislocation model for radon response to distant earthquakes. Geophys Res Lett, 8:477-480, 1981.
5. Magro-Campero A, Fleischer RL, Likes RS : Changes in subsurface radon concentration associated with earthquakes. Jgeophys Res, 85:3053-3057, 1980.
6. Segovia N, Cruz-Reyna S De La, Mena M, et al : Radon variations in active volcanoes and in regions with high seismicity: internal and external factors. Nucl Trcks, 12:871-874, 1986.
7. Fleischer RL, Mogro-Campero A: Radon transport in the earth a tool for uranium exploration and earthquake prediction.In Sollid State Nuclear Track Detectors (Poc 11th Int. SSNTD Conf. 7-12 september) pp 501-512, 1981 (Edited by Fowler PH
and Clapham VM).
8. Gingrich JE : Uranium exploration made easy. Power Engng, 77:48-50, 1973.
9. Donovan TJ : Petroleum microseepage at Cement, Oklahoma:evidence and mechanism. Bull Am Assoc Petr Geol,58:429-446, 1974.
10. Donovan TJ, Dalziel MC : Late diagenetic indicators of buried oil and gas. USGS open file Report, 77-817, 1977.
11. Fleischer RL, Turne LG : Correlations of radon and carbon isotopic measurements with petroleium and natural gas at Cement, Oklahoma. Geophysics, 49:810-817, 1984.
12. Fleischer RL, Turne LG, George AC : Passive measurement of working levels and effective diffusion constants of radon daughters by the nuclear track technique. Health Phys, 47:9-19,1984.
13. Whitehead NE : A test of radon ground measurements a geothermal prospecting tool in New Zeland. NZJ Z Sci, 24:59-64,1981.
14. Khan HA, Tufail M, Qureshi AA, Radon signals for earthquake prediction and geological prospection. Journal of Islamic Academy of Sciences 3:3, 229-231, 1990.

رادون‌تراپی

زبردست، مزدک [1*] - ضیائیان، ایمان [2] - آمی‌سما، عباس [3]

[1] دانشگاه پیام‌نور مرکز اسدآباد - گروه فیزیک mazdakz@pnu.ac.ir

[2] پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای - پژوهشکده علوم هسته‌ای – گروه فیزیک تهران

ziaeyan@yahoo.com

[3] دانشگاه پیام‌نور مرکز اسدآباد - گروه شیمی amisama@pnu.ac.ir

چکیده:

در این مقاله اثرات شفابخشی رادون تحت عنوان رادون‌تراپی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. گاز رادون به عنوان یک گاز نجیب ولی پرتوزا و عامل سرطان ریه بیشتر شناخته شده است ولی گاز رادون دارای خواص شفابخشی بسیاری نیز هست و برای درمان التهابات عصبی، آلرژی، دستگاه گوارش، استخوان و سیستم ایمنی بدن کاربرد موثری دارد. چشمه‌های معدنی و غارهائی که حاوی دوز مناسبی از رادون هستند مکان‌های مناسبی برای رادون‌تراپی هستند. در بسیاری از موارد که روش‌های تجربی برای درمان مفید نیستند، رادون تراپی روش کارسازی محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: رادون، رادون‌تراپی، چشمه معدنی، غار رادون.

Radon Therapy

Zebardast.M , Ziaeyan.I, Ami Sama. A
P.N.U Center of Asad Abad
mazdakz@pnu.ac.ir
ziaeyan@yahoo.com
amisama@pnu.ac.ir

Abstract

In this article curative effect of radon gas has been s investigated under title of Radon Therapy. Radon gas is an ineffective gas but radioactive and factor of lung cancer but this gas has many healing effects, for the treatment of neurological inflammation, allergies, gastrointestinal tract, bone and immune system has effective application. Spas and caves which are the appropriate dose of radon are appropriate places for radon therapy In many cases, the experimental methods are not useful for the treatment, radon therapy is considered payment methods

.

مقدمه

از دوران باستان بشر راه‌حل مشکلات خود را از دل طبیعت پیدا می‌کرده است. بهترین داروهای درمان نیز در طبیعت وجود دارند. ساختار طبیعت آنچنان متقارن است که برای هر عامل منفی اثرات مثبت خوبی هم وجود دارد که دانشمندان از آنها برای آسایش نوع بشر استفاده می‌کنند. چنانچه آتش در خانه و صنعت استفاده مفید دارد ولی اثرات مخرب آتش‌سوزی را نیز بدنبال

دارد. در این بین گاز رادون نیز به عنوان یک گاز نجیب ولی پرتوزا که بجامانده از واپاشی‌های زنجیره‌های رادیواکتیو طبیعی و همچنین بعنوان عامل سرطان ریه بعد از سیگار است، بیشتر شناخته شده است. ولی رادون اثرات شفابخش بسیار خوبی نیز دارد و در بسیاری از موارد که داروها و روش‌های تجربی جواب نمی‌دهند معالجه با رادون به یکی از کارسازترین روش‌ها تبدیل می‌شود و در بسیاری از نقاط دنیا افراد زیادی مورد درمان توسط رادون قرار می‌گیرند.

تاریخچه رادون‌تراپی

تاریخ رادون‌تراپی به سه مرحله اصلی تقسیم می‌گردد. مرحله اول، مرحله تجربی نام دارد که از سالهای دور تا سال کشف رادون (1900 میلادی) ادامه می‌یابد. مردم از قدرتهای شفادهنده رادون، بدون اطلاع از وجود آن استفاده می‌کردند. بعد از استحمام در بعضی از چشمه‌ها و بعضی از غارهای مشخص قدرت بیشتری می‌یافتند و بیماری آنها متوقف می‌شد و یا تقلیل می‌یافت. چشمه یونانی آدپس[33]، در دوره ارسطو مشهور است. رومی‌های باستان آب این چشمه را برای علاج بیماریها استفاده می‌کردند و ژاپنی‌ها در یک دوره 800 ساله از بنگاه‌های آب‌درمانی بنامهای میساسا[34] و تاماگاوا[35] استفاده می‌کردند.

مرحله بعدی متعلق به سالهای بعد از کشف رادون تا اختراع ژنراتورهای رادون یعنی از سال 1900 میلادی تا سالهای 50-1940 میلادی است. ارنست راترفورد در سال 1900 میلادی رادون را کشف کرد و بروش علمی ثابت نمود که اثر شفابخشی چشمه‌ها و غارها بعلت وجود رادون در آب و هوای آنهاست. در این دوره فهرست عمده بیماریهائی که توسط رادون درمان می‌شدند، تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. بعد از سالهای 1940 تا کنون دوره سوم رادون‌تراپی شروع می‌شود. دراین دوره دانشمندان یاد گرفتند که هوا و آب و سایر تجهیزات محیط درمانی را با رادون غنی‌سازی کنند. کشورهای کمی صاحب یک تکنولوژی ایمن و آزمایش شده قطعی برای رادون‌تراپی هستند و می‌توان به روسیه، ژاپن و جمهوری چک اشاره نمود. در بقیه کشورها لابراتوارهای رادون زیرمجموعه‌ای از لابراتوارهای این کشورها هستند. در حال حاضر ژنراتورهای رادون در مقیاس‌های کنترل شده جهت تحقیقات درباره تاثیر تغییرات دوزهای رادون بر ارگانیسم‌های مبتلای انسان و در بیماریهای متفاوت تولید می‌شوند. برای رادون‌تراپی لازم نیست بیمار به مکانهای رادون‌تراپی مشخص دنیا برود بلکه می‌تواند در آزمایشگاه‌هائی که بقدر کافی از نظر تجهیزات رادون‌تراپی مجهز شده‌اند عمل درمان خود را در هر نقطه از زمین انجام دهد.

---

[33] Adeps
[34] Misasa
[35] Tamagawa

اساس رادون‌تراپی

رادون‌تراپی راه درمان طبیعی است و اغلب در چشمه‌های معدنی، غارها و زمین‌های کشاورزی که بر روی معادن زیرسطحی قرار دارند انجام می‌شود. در این مکانها، رادون حل شده در آب و یا انباشته شده در هوا به بدن شخص وارد می‌شود. بیمار برای معالجه توسط رادون‌تراپی ابتدا شرایط پزشکی و مختصات بدن خود را به بیمارستان مربوطه گزارش می‌دهد و بر اساس این گزارش و مشخصات فیزیکی محل مربوطه و یا تجهیزاتی که برای رادون‌تراپی در نظر گرفته شده است، دوره درمانی تنظیم می‌شود. از روشهای متداول رادون‌تراپی می‌توان به استخرهای رادون عمومی، استخر(تالار- اتاق) رادون محلی، ماساژ زیرآب رادون، استخرهای هوای(بخار) رادون، استنشاق مستقیم رادون، آشامیدن آب رادون و تنقیه طبی رادونی اشاره کرد.

تاثیر رادون بر بدن

رادون یک عنصر ناپایدار است و توسط واپاشی ذره آلفا بدست می‌آید. رادون سه ایزوتوپ رادیواکتیو رادون(222)، تورون(220) و آکتینون(219) دارد که به ترتیب از زنجیره واپاشی آلفا از هسته‌های اورانیوم 238، توریم 232 و اورانیم 235 بدست می‌آیند. نیمه عمرهای این ایزوتوپ‌ها به ترتیب عبارتند از : 3/82 روز، 55/6 ثانیه و 3/9 ثانیه.

رادون در بدن انسان هیچ واکنش شیمیائی انجام نمی‌دهد ولی از طریق پوست و ریه‌ها وارد بدن شده و سپس توسط گردش خون در سرتاسر بدن توزیع می‌شود. رادون در چربی‌ها حل می‌شود و در نتیجه در بدن انباشته می‌گردد و در یک دوره کوتاهی در بدن باقی می‌ماند. 50% مواد جذب شده در 15 الی 130 دقیقه اول از بین می‌روند. انرژی بالای انتقال یافته نسبی وابسته به جذب ذره آلفای برانگیخته، در پوست یک سری ترکیبات پیچیده ایجاد می‌کند. رادیکالهای آزاد ایجاد شده سلول‌های متابولیسم را تحریک کرده و باعث تبدیل و جریان انرژی در سلول‌ها می‌شوند.

رادون‌تراپی بیماریهای مربوط به قلبی- عروقی، تناسلی مردان و زنان، سیستم‌های عصبی، سیستم غدد مترشحه داخلی و متابولیکی، سیستم استخوان‌بندی، ادراری، ارگان‌های غذائی، پوستی و تنفسی را درمان می‌کند و برای بیماریهای خونی، عفونی، صرع از هر نوع منشائی، واگیردار شدید، مغزی، خونریزی‌های متناوب و تومورهای سرطانی و مشکوک و همچنین بارداری خانم‌ها بسیار خطرناک است.

رادون‌تراپی اسید معده، التهابات عصبی، آلرژی، اسید اوریک مدفوع را کاهش داده و بهبود زخم‌های روده‌ای و معدی، تولید فیبر عصبی را تسریع می‌کند. پوشش مخاطی معده را احیاء کرده

و در کاهش درد اثر بسیاری دارد و برای سیستم عصبی نقش یک داروی مسکن را دارد. پویائی استخوان‌های آسیب‌دیده و تولید آدرنالین را زیاد می‌کند. سنتز DNA را کاهش داده و به مکانیسم ترمیم DNA کمک می‌کند و از همه مهم‌تر سیستم ایمنی بدن را تقویت می‌کند.

چشمه و غار رادون

چشمه‌های معدنی که حاوی دوز مناسبی از رادون هستند و همچنین غارهائی که هوای آنها درصد مناسبی گاز رادون داشته باشد را چشمه و یا غار رادون می‌نامند. اولین بررسی علمی غارهای رادون در سال 1950 میلادی و توسط آلمانها صورت گرفت. دوز رادون بر حسب بکرل بر دسی‌متر مکعب و یا متر مکعب بیان می‌شود. در حمام‌های شناخته شده دوز رادون از 100 تا 10000 بکرل بر دسی‌متر مکعب بستگی به نوع چشمه تغییرات دارد. دمای آب حمام در حدود 30 درجه سانتی‌گراد است. در تعیین مکانهائی که عمل رادون‌تراپی در آن صورت می‌گیرد عوامل مهمی چون باکتریها، ویروس‌ها، میکروارگانیسم‌ها و آلرژن‌های موجود در هوا، آلودگی هوا، عناصر ریز و درشت حل‌شده در آب، دی‌اکسید کربن بالاتر از حد میانگین در غارها، یونهای معلق نظیر منیزیم و کلسیم در آب، میزان رطوبت عدم وجود جبهه اتمسفری سریع در غارها و تغییرات الکتریکی و فشار در محیط تاثیرگذار هستند. وجود عوامل فوق باعث می‌شود که دوره‌های درمان در هر یک از محل‌های درمان در نظر گرفته شده علیرغم اختلاف در دوزهای محل‌ها تفاوت داشته باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از جمع‌بندی مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که متصاعد شدن رادون از کانی‌های زمینی و یا وجود آن در آب چشمه‌ها خطرساز نبوده، بلکه اگر بصورت علمی میزان دوز رادون در چشمه‌ها و غارها مورد محاسبه و بررسی قرار گیرد، بتوان از آن در جهت درمان بسیاری از بیماری‌های صعب‌العلاج برای بیماران سود جست. پیشنهاد می‌شود که یک پروژه ملی جهت تعیین میزان دوز گاز رادون در چشمه‌های معدنی و غارهای ایران پایه‌ریزی شود و عوامل تاثیر گذار هر یک بدقت مورد بررسی قرار گیرد و روش رادون‌تراپی در ایران جهت درمان بیماری‌های ذکر شده که اغلب هزینه‌های بالا و اثرات جانبی داروئی دارند، استفاده گردد.

منابع

1- Erickson Barbra, 1999 , Low Dose Radon as Alternative Therapy for Chronic Illness , WONUC Conference on the Effects of Low Doses of Ionizing Radiation on Health Versailles, France, 1999 June 16-18
2- Nagy Katalin, Kavasi Norbert, Kovacs Tilbor, Somilai Janos , Radon Therapy and Speleotherapy in Hungary , 2008 , Press Therm Climat , 145, p 219-225
3- http://radon-nt.com/radon.php
4- http://www.radon.com.ua/therapy_radon_eng.htm

اندازه گیری غلظت گاز رادون در داخل منازل مسکونی شهرستان بردسیر جهت اندازه گیری میزان پرتوگیری میانگین مردم منطقه

زهرا نادری دهنوی[1*]، رنجبر عسکری حسن[2]، رحیمی مجتبی[1]، نادری دهنوی رسول[1]

[1] دانشگاه آزاد اسلامی واحد بردسیر

[2] دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

*Zahra_naderi2002@yahoo.com

چکیده

یک روش برای اندازه گیری غلظت گاز رادون در هوا با مدت زمان طولانی پرتو دهی α تکنیک خورش شیمیایی ردپااست .تعداد رد پاهای روی آشکار ساز حالت جامد غیر فعال CR_39 با غلظت فعالیت رادون رابطه مستقیم دارد. دراین مقاله غلظت رادون 40 خانه (40آشپز خانه و40اتاق خواب)که 0/25%از کل خانه های شهر بردسیر را پوشش میدهد بدست آورده‌ایم آشکارسازهای حالت جامد CR-39 پس از 4 ماه که در معرض تابش قرار گرفته بودند در محلول 6 نرمال NaOH در دمای70℃ به مدت 6 ساعت تحت عمل خورش شیمیایی قرار گرفتند و سپس توسط میکروسکوپ نوری تعداد ردپاها شمارش گردید نتایج نشان داد که 48/64% آشپز خانه ها و61/53% اتاق های خواب غلظت رادونی بالای حد استاندارد جهانی ($40^{Bq}/_{m^3}$) دارند. سطح غلظت رادون در آشپزخانه‌ها از $^{Bq}/_{m^3}$ 10/01تا $^{Bq}/_{m^3}$ 148/93ودر اتاق های خواب از $^{Bq}/_{m^3}$ 19/61تا $^{Bq}/_{m^3}$ 197/75تغییر می کند.

کلید واژه: آشکار ساز CR-39 , تکنیک خورش شیمیایی،چگالی ردها , رادون

Measuring radon gas concentration inside houses Bardsir city to determine the mean radiation zone

Z. N. Dehnavi[1*], *H. R. Askari*[2], *M. Rahimi*[2], *R. N. Dehnavi*[1]

Bardsir Islamic Azad university [1]

Vali – Asr University, Rafsanjan [2]

(Zahra_naderi2002@yahoo.com)

Abstract

A method for measuring radon gas concentrations in the air with a long time of α radiation is trace chemical etching technique. Number of trace in the solid state detection disabled CR_39 radon activity concentration is directly related. in this paper Radon concentration 40 home (40 bedrooms and 40 kitchen) that 0.25% of total houses Bardsir city covers have gained. solid-state detectors from CR-39 after 4 months in the radiation were etched in a 6N NaOH solution at70˚c for 6hours Then the alpha track density were counted using an optical microscopy .results showed that radon gas concentrations is higher than the allowed limit(~40 $^{Bq}/_{m^3}$ *)in 48.64% and61.53% of the kitchens and bedrooms respectively. Level of radon concentration were found to vary from ~10.01to 148.93 and 19.6 to 197.75(*$^{Bq}/_{m^3}$*)in the kitchen and bedrooms respectively*

Key words: CR-39 detector ,radon gas ,chemical etching , track density .

مقدمه

منابع پرتوزای طبیعی عامل اصلی در پرتوگیری بشر و موجودات زنده محسوب می‌شوند این منابع بطور مستمر بردز دریافتی انسان تاثیر گذاشته وبسته به‌غلظت هسته‌های پرتوزای طبیعی و نحوه پرتوگیری از آنها زیانهایی را بهمراه دارند تجمع گاز رادون درمکانهای بسته به ویژه منازل مسکونی ومحیط های کار و اثرات بیولوژیکی آن یکی از مسائلی‌است که در بسیاری ازکشورهای پیشرفته جهان مورد ارزیابی منظم و مداوم قرار می‌گیرد اما در ایران علیرغم هشدار بعضی از کارشناسان به خطرات این گاز بعنوان دومین عامل بوجود آورنده سرطان ریه[1]بنظر می‌رسد که تاکنون به این مساله توجه جدی وکافی مبذول نشده است. معادن اورانیوم, چاههای عمیق ,زیر زمینها و خانه‌هایی که با سنگ و خاک وصخره‌ها احاطه شده‌اند می‌توانند مکانهای آلوده به رادون محسوب شوند.خطر اصلی رادون را میتوان در استنشاق این عنصر وفراورده‌های پرتو زای ناشی از آن که در گرد و غبار هوایافت می‌شوند دانست از آنجایی که 90% زمان انسانها درمحیط‌های سربسته می‌باشند رادون می‌تواند مشکل ساز گردد[2].در آب و هواهای سرد که در وپنجره‌ها بسته نگه داشته‌می‌شوند،نسبت به مناطق گرمتر میزان تجمع رادون درون خانه‌ها بیشتراست این گاز از خاک و سنگهای موجود در پی ساختمانها ازطریق شکافهای موجود درکف و دیوار ساختمان خارج میگردد. بنابراین شکافهای موجود در دیوار, نقاطاتصال, فضاهای‌خالی اطراف لوله و اتصالات در دیوار وکف وحتی آبهای‌آشامیدنی راههای ورود گاز رادون در ساختمان می‌باشد .بنا براین کسب اطلاعات هرچه بیشتر در این زمینه وشناخت عوامل موثر بر پرتوگیری از آن ضروری بنظر می‌رسد بویژه اینکه درایران سالهاست مصالح ساختمانی وبخصوص انواع مختلف سنگها بدون کنترل وارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد[3] اندازه‌گیری غلظت گازرادون همواره یکی ازهدفهای دانشمندان بوده‌است یکی ازروشهای اندازه‌گیری آن استفاده از آشکارسازهای حالت جامداست. که بابرخوردذرات α برروی آن ردهایی ایجاد می‌شود که تعداد آنها با غلظت گاز رادون‌نزدیک آشکارسازدرمدت درمعرض گذاری متناسب است .[4-7]

موقعیت جغرافیایی واقلیم منطقه تحت مطالعه

شهرستان بردسیردرجنوب غربی شهرستان کرمان واقع شده‌است وارتفاع آن‌ازسطح‌دریا2040متر می‌باشد. ودر29درجه‌و57دقیقه عرض شمالی‌و54درجه و36دقیقه طول شرقی‌واقع شده‌است.هوای این شهرستان‌ازاواخرشهریورماه‌شروع‌به‌خنک شدن می‌کند ودرماههای دی وبهمن به اوج سرمای خود میرسد وتا اواخر فروردین ماه دارای هوای خنکی می‌باشد .

روش اندازه‌گیری

حدود80آشکارسازحالت جامدCR-39 بین 40خانه شهرستان بردسیر توزیع شد (در هر خانه 2آشکارساز یکی درآشپزخانه و یکی دراتاق خواب)روش کاربدین صورت بودکه آشکارسازدروسط

یک‌ورقه آلومینیوم چسبانده شدویک لیوان پلیمریEPS(بشکل مخروط ناقص)باضریب نفوذ پذیری $P_a = (3.22 \pm 0.3)\,10^{-7} cm^2 s^{-1}$ [8]،بعنوان فیلتر روی‌آن قرارگرفت سپس آشکارسازی که بدین ترتیب آماده شد روی دیوار محل مورد نظرزیرارتفاع50 سانتی متری چسبانده شدپس از4 ماه آشکارسازهاجمع‌آوری شدند سپس آشکارسازها را برای بزرگ نمودن ردپاها و انجام خورش شیمیایی برای مدت پنج ساعت در محلول 6 نرمال NaOH ودر دمای 70^0c تحت عمل خورگی قراردادیم سپس آنهاراباآب معمولی شستشو داده وخشک کرده تاآماده شمارش شوند. بعدازآن آشکارسازهای CR-39 درزیرمیکروسکوپ نوری با بزرگ نمایی موردنظر قرارداده وردهای حاصل رابرای مکانهای مختلف از سطح آشکارساز که بطور تصادفی انتخاب می‌شوند شمارش کردیم. ازآنجایی که ارتباط خطی بین ردهای روی آشکارساز وغلظت گازرادون باضریب تناسبی بنام ضریب کالیبراسیون بیان می‌شود ونظر به اینکه دزیمتر رادون مورداستفاده(لیوانک بشکل مخروط ناقص)هم از لحاظ شکل وهم از لحاظ جنس برای اولین بار مورداستفاده قرارگرفته‌است لازم است که ضریب کالیبراسیون آن تعیین گردد بدین منظوریکی از این آشکار سازهای شمارش شده آشکار سازی بود که به مدت 3 ساعت در مقابل چشمه رادون با غلظت $402\ {}^{kB}/_{m^3}$ قرار داده شده بود

.بعد از شمارش ردهای روی آن ضریب کالیبراسیون را می‌توان بااستفاده‌ازمعادله‌زیربدست‌آورد[9]

$$C = \frac{\rho}{ft} \times 1000 \qquad (1)$$

جایی‌کهCغلظت رادون برحسب (Bqm^{-3}) وρچگالی ترک برحسب $(cm^{-2}$ تعداد ترکها $)$ وf ضریب کالیبراسیون برای دزیمتر استفاده شده برحسب $(cm^{-2}kBq^{-1}m^3h^{-1}$ترکها$)$وt زمان درمعرض گذاری برحسب ساعت می‌باشد .

بحث ونتایج

براساس اندازه‌گیری انجام شده نتایج بدست آمده را میتوان در جداول 1و2 خلاصه کرد.ازآنجاییکه غلظت میانگین استانداردجهانی $40\ {}^{Bq}/_{m^3}$ [10]می‌باشد .نتایج نشان دادکه 48/64 % آشپز خانه هاغلظت رادونی بالای حد استانداردداردند .و61/53% اتاقهای خواب نیز غلظت رادونی بالای حداستاندارد دارند. در نمودار1غلظت رادون40آشپزخانه با هم مقایسه شده است. سطح غلظت رادون آشپزخانه‌ها از $10/01\ {}^{Bq}/_{m^3}$ تا $148/93\ {}^{Bq}/_{m^3}$ تغییر می‌کند. در نمودار 3 غلظت رادون 40 اتاق خواب باهم مقایسه شده‌است سطح غلظت رادون اتاق‌های خواب نیزاز $19/61\ {}^{Bq}/_{m^3}$ تا $197/75\ {}^{Bq}/_{m^3}$تغییرمی‌کند. میانگین غلظت رادون دراتاق های خواب وآشپزخانه بترتیب

$67/34^{Bq}/_{m^3}$ و $54/22^{Bq}/_{m^3}$ می‌باشد. که هردومیانگین بالای حداستاندارد می‌باشند. درنمودار 5غلظت رادون آشپز خانه‌هاواتاق‌های خواب خانه‌هاباهم مقایسه شده‌است .

جدول 1.نتیجه اندازه گیری غلظت گاز رادون در40آشپز خانه خواب

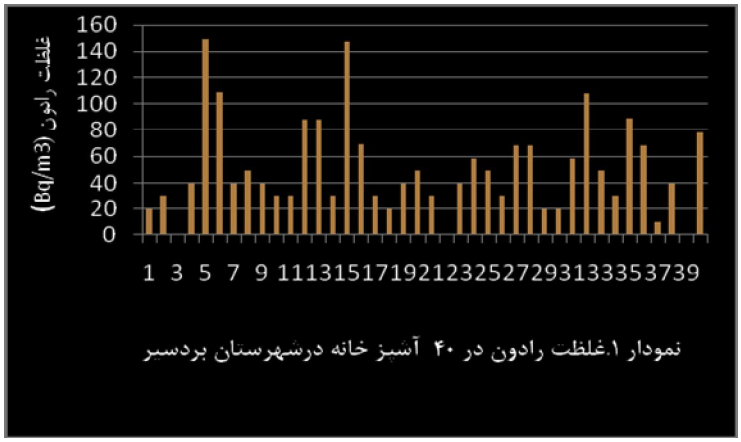
شهرستان بردسیر

درصد خانه ها	تعدادخانه ها	غلظت رادون(Bq/m^3)
12.5	5	0-20
35	14	20-40
27.5	11	20-80
7.5	3	80-100
10	4	100-150

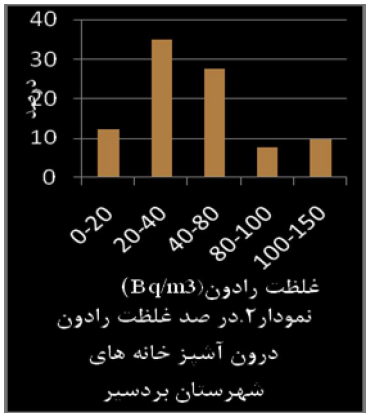
جدول 2.نتیجه اندازه گیری غلظت گاز رادون در40اتاق

شهرستان بردسیر

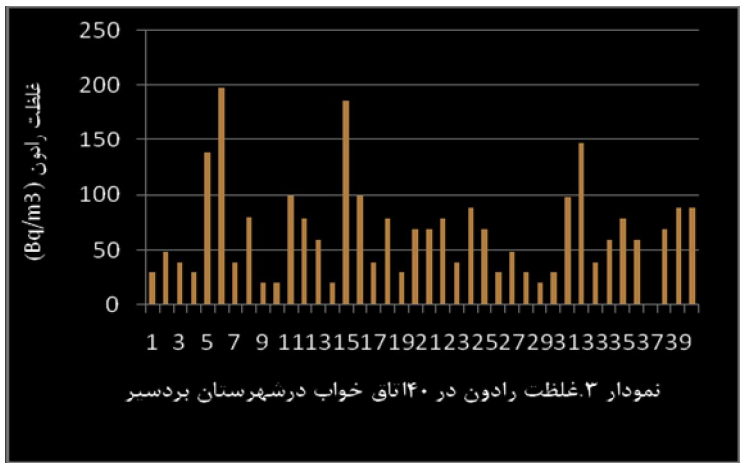
درصد خانه ها	تعدادخانه ها	غلظت رادون(Bq/m^3)
10	4	0-20
27.5	11	20-40
35	14	20-80
15	6	80-100
5	2	100-150
5	2	150-200



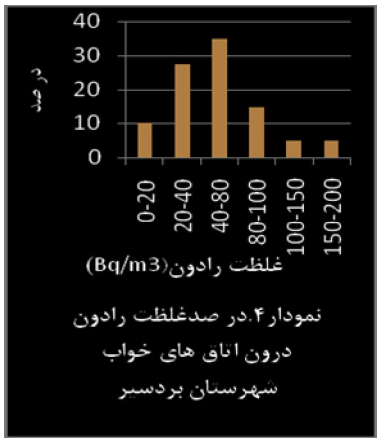
نمودار ۱.غلظت رادون در ۴۰ آشپز خانه درشهرستان بردسیر



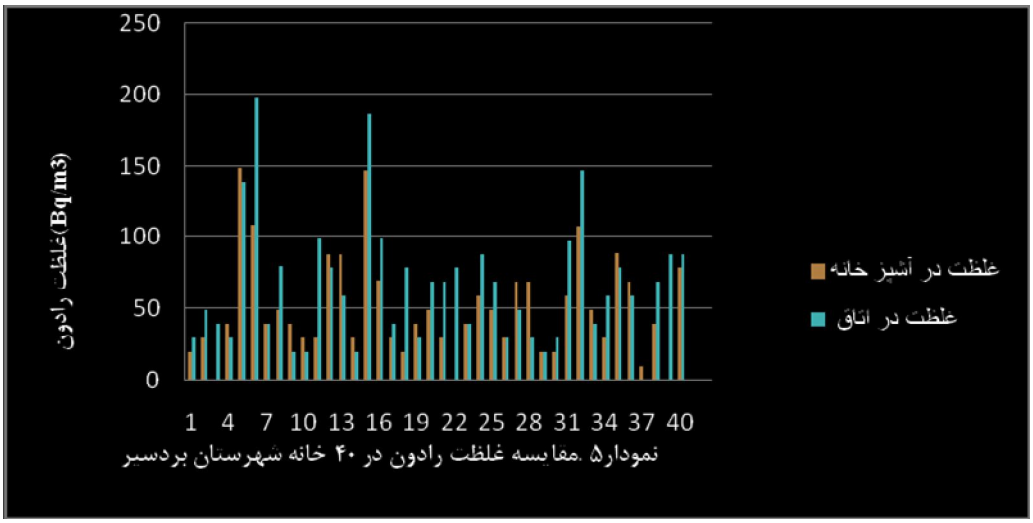
نمودار۲.در صد غلظت رادون درون آشپز خانه های شهرستان بردسیر



نمودار ۳.غلظت رادون در ۴۰اتاق خواب درشهرستان بردسیر



نمودار۴.در صدغلظت رادون درون اتاق های خواب شهرستان بردسیر



نمودار۵ .مقایسه غلظت رادون در ۴۰ خانه شهرستان بردسیر

نتـیجه گیری

با توجه به اندازه‌گیری‌انجام شده 48/64 % آشپزخانه‌ها و61/53%اتاقهای خواب غلظت رادونی بالای حداستانداردداردند دلایل مختلف وجودارداز جمله1)،عدم‌تهویه2)،عایق بندی محکم به علت سردسیربودن منطقه 3)،احتمال بالا بودن رادون‌درخاک‌منطقه 4)،وجودسنگهای ساختمانی بکار رفته‌ای که‌از نزدیک معادن اورانیوم استخراج شده‌اند،البته‌مردم بیشتر بوسیله رادون محیط های بسته در معرض تابش قرار می‌گیرندکه با نصب تهویه‌های مناسب می‌توان درجه‌غلظت گازرادون رابه اندازه‌کافی پایین‌آورد

منابع

[1]. Bochicchio,F.,2005 .Radon epidemiology and nuclear track detectors: Methods ,results and perspectives .Radiate .Meas.40,177-199

[2]. UNSCEAR ,sources, Effect and Risks of ionizing Radiation ,United Nations Scientific committee on the Effect of Atomic Radiation .Report to general (2000),assembly with annexes United nations ,New York(1988)

[3].(NRC),Health Effects of Exposure to radon (1999Nationa. Research Council ,Biological . Effects of Ionizing Radiation (BEIR)`,VI Report(1999).

[4].Dumont,R.s.and Figley ,D.A.(1988) Control of Radon in House ,Originally Published .

[5]. Durrani, S. A and ILic,R.(1997)`Radon measurements by etched track detector: application in radiation protection `,Earth Science and Environment, World scientific Publishing Co. Pte . Ltd.

[6]. Askari, H.R.,Rahimi,M.and Negarestani,A.(2008)`The Investigation of measurement of the radon gas working level in side buildings in Rafsanjan `Int .J.Low Radiation ,Vol.5 ,No.2, pp.99-103

[7]. Mansy ,M. and Abo ,E-M.M.(2000)Radon measurements at different Environmental conditions using SSNTD and developed radon chamber `Egyptian J.Biophys ., vol. 6,No.1,pp.99-105

[8].Munazza Faheem,Matiullah .'Indoor Radon Control levels in several districts of the Punjab Province-Pakistan' Radiation Measurements 43, S380-S384,(2008).

[9].خ،قندی،م،رحیمی وح،رنجبر عسکری،"تعیین ضریب دیفیوژن فیلتر EPS , به روشهای فعال وغیر فعال "مقاله ارائه شده به سیزدهمین کنفرانس هسته ای,1385

[10]. Rehman,S.,Matiullah,Rehman,s.,2006c.Studying Rn^{222}exhalation. rate from soil and sand samples Using Cr -39 detector .Radiat.Meas.41(6),708-713

جایگاه رادون از دیدگاه زمین شناسی اقتصادی و اثرات زیست محیطی آن

دکتر سید وحید شاهرخی
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد (Vahid.shahrokhi@Gmail.com)

چکیده

هدف از این مقاله معرفی مناطق آنومال رادون از دیدگاه زمین شناسی ناحیه ای و تأثیر آن بر محیط زیست و سلامتی بشر است. رادون یک گاز رادیواکتیو است که در اثر واپاشی رادیواکتیو اورانیوم و توریم ایجاد می‌شود. این گاز با سنگ‌های اورانیوم دار همراه است. سنگ‌ها و مناطق برشی اغلب غنی از اورانیوم هستند به‌همین دلیل چنین مناطقی تمرکزهای بالائی از گاز رادون دارند. در طول گسل‌ها این افزایش به سبب افزایش میزان رادون در اثر مهاجرت آن است زیرا نفوذ پذیری آن در طول گسل‌ها زیاد است. اورانینیت منبع مهم رادیوم و رادون به شمار می رود. اثرات افزایش گاز رادون در ایران مربوط به سنگ های تشکیل شده در دوره زمانی پروتروزوئیک پسین تا پالئوزوئیک پیشین با شرایط کششی مربوط به کوهزائی پان افریقائی با مشخصه ماگماتیسم قلیائی و کربناتیت-متاسوماتیت خطی که این دوره فلززائی در ایران مرکزی و جزیره هرمز قابل رؤیت است.این گاز از نظر زیست محیطی می‌تواند خطرناک باشد زیرا موجب ایجاد ذرات آلفا می‌شود و اگر این ذرات خورده یا استنشاق شود، به بافت‌های بدن صدمه وارد می‌سازد.

واژگان کلیدی: رادون، رادیوم، رادیواکتیو، اورانیوم، زیست محیطی

Radon genesis in view point of economic geology and effect of their bioenvironmental

Dr.Sayed Vahid Shahrokhi
Khorramabad Branch of Islamic Azad University
(**Vahid.shahrokhi@Gmail.com**)

Abstract

The main aim of this paper is identification of anomal radon area in view point of regional geology and effect of beaker health.

Radon is a radioactive gas that was synthetic of uranium and thorium collapse. Rocks and ductile area are usually rich of uranium. These areas have sur-concentration of radon gas. Faults have equally sur-concentration reason of radon emigration.

Uraninite is important sores for radium and radon. in Iran, radon gas in related to post proterozoic to upper Paleozoic with requirement tensile that respected of pan African orogeny. This orogeny is identification with alkali magmatism and line carbonatite-matesomatite that visible in central Iran and Hormoz Island. This gas is very

dangerous with environmental because produced α-boson. If this boson eat or snuff, will contusion to body tissue.
Key words: Radon, Radium, Radioactive, Uranium, bioenvironmental

مقدمه

رادون یک ماده شیمیائی بی اثر، رادیواکتیو طبیعی، بدون رنگ، بو و مزه است که از واپاشی رادیوم حاصل می شود. رادیوم نیز خود در اثر فروپاشی اورانیوم بدست می آید. این عنصر یکی از عناصر شیمیایی جدول تناوبی است که نماد آن Rn و عدد اتمی آن 86 است. این عنصر از گازهای بی اثر و پرتوزا و یکی از سنگین‌ترین گازها بوده و برای سلامتی مضر است.

برای عنصر رادون 20 ایزوتوپ شناخته شده است. پایدارترین ایزوتوپ آن، رادون 222 است که محصول فروپاشی (ایزوتوپهای دخترخوانده) رادیوم 226 است که با نیمه عمر 3,823 روز ذرات آلفا پرتوزا از خود می‌تاباند. و در پرتو درمانی کاربرد دارد.رادیوم 220 حاصل تجزیه توریوم (Thorium) است که تورون نامیده می‌شود که نیمه عمر آن 55,6 ثانیه است و پرتو آلفا از خود بازمی‌تاباند. رادون 219 از آکتینیوم (Actinium) گرفته شده و آکتینون نامیده می‌شود که تاباننده پرتو آلفا بوده و نیمه عمرش 3,96 ثانیه است.

شرح و بحث

از میان کانی های تولید کننده رادیوم که خود منشأ رادون است می توان به اورانینیت، پچبلند، توریانیت، کارنوتیت، تیویامونیت، توربرنیت و اتونیت اشاره نمود. تجزیه شیمیائی این کانی ها علاوه بر اورانیوم و توریوم، وجود مقادیر اندکی سرب، رادیوم، رادون، سریم، ایتریم، نیتروژن، هلیوم، آرگون و غیره را نشان می دهد. از این میان اورانینیت منبع مهم رادیوم و رادون به شمار می رود که مقدار رادیوم آن بسیار کم است(Cornelis et al, 1999). از 750 تن کانسنگ استخراج شده، 12 تن کنسانتره تهیه می شود و از این میان، حدود یک گرم نمک رادیوم تهیه می شود. به عبارت دیگر؛ به طور میانگین در هر 1 x10^21 مولکول هوا یک مولکول رادون وجود دارد. و در هر یک مایل مربع از خاک به عمق 6 اینچ یک گرم رادیوم وجود دارد که به رادون تجزیه شده و مقادیر بسیار ناچیزی از این گاز کشنده را در هوا منتشر می‌کند. رادون همچنین در برخی از

چشمه های آب گرم نیز یافت می‌شود. (آزمایشگاه ملی لوس آلاموس) سنگ‌ها و مناطق برشی اغلب غنی از اورانیوم هستند به‌همین دلیل چنین مناطقی تمرکزهای بالائی از گاز رادون دارند. در طول گسل‌ها این افزایش به سبب افزایش میزان رادون در اثر مهاجرت آن است زیرا نفوذ پذیری آن در طول گسل‌ها زیاد است.

مناطق مستعد برای حضور اورانیوم و به تبع آن رادیوم و رادون، شامل دگرگونی ناحیه ای مانند کانسار راسینگ در افریقای جنوبی و بای ژوان در کبک کانادا (Guilbert &, Park, 1997)، کربناتیت ها (Lazanicka, 1985)، کانسارهای پورفیری اورانیوم (Armstrong ,1974)، پگماتیت های کمپلکس (Cerny,1993)، اسکارن ها (Guilbert &, Park, 1997)، کانسارهای لوله ای (Evans, 1997)، و آتاباسکا یا دگرشیبی (Guilbert &, Park, 1997) و ماسه سنگی (Dahlkamp, 1978) است.

اثرات افزایشی گاز رادون در ایران مربوط به سنگ های تشکیل شده در دوره زمانی پروتروزوئیک پسین تا پالئوزوئیک پیشین با شرایط کششی مربوط به کوهزائی پان افریقائی با مشخصه ماگماتیسم قلیائی و کربناتیت-متاسوماتیت خطی که این دوره فلز زائی در ایران مرکزی و جزیره هرمز قابل رؤیت است.

ضمن این رخداد، گرانیت ها و میگماتیت های فراوانی در ایران مرکزی و در نواحی کلمرد، پشت بادام و ساغند تشکیل شده و گرانیت های زریگان و نریگان در ناحیه بافق(Berberian &King, 1981)، گرانیت دوران در نواحی زنجان(اسماعیلی و همکاران، 1376) نیز دارای همین مشخصات می باشند.

ریولیت های مربوط به سازند هرمز نیز در نتیجه همین فعالیت کوهزائی بوجود آمده است.(سامانی، 1373) اورانیوم رسوبی نیز همزمان با سری هرمز در سطح فرسایش یافته سنگ های ریولیتی تشکیل شده است.

از دیگر مناطق مستعد ایران می توان به کانسارهای پلی متالیک مسکنی و طالمسی در انارک اشاره نمود که در کمربند آتشفشانی ایران مرکزی یا ارومیه دختر قرار دارد. زمان این کانی سازی مربوط به ائوسن و میوسن بوده و ضخامت کانی سازی در حد چند دسیمتر است (Tarkian et al, 1983).

البته تمامی ایران دارای برون دهی گاز رادون به میزان ناچیز هستند که این میزان در نواحی مستعد بیشتر است، لذا بایستی به اثرات زیست محیطی این گاز توجه شود.

این گاز از نظر زیست محیطی می‌تواند خطرناک باشد زیرا موجب ایجاد ذرات آلفا می‌شود. رادیواکتیویته رادون بر حسب بکرل محاسبه می شود. یک بکرل با فروپاشی (تجزیه) یک هسته اتم در زمان یک ثانیه متناسب می باشد. غلظت رادون در هوا با تعداد فروپاشی (تجزیه) در هر ثانیه در یک متر مکعب هوا Bq/m^3 برابر است.

میانگین سطح رادون در هوای خارج از خانه بین 5 تا 15 Bq/m^3 متغیر است، اما مقادیر بالاتر و پائین تر نیز مشاهده شده است.

بر اساس چند بررسی، میانگین جهانی غلظت رادون در هوای داخل منازل $39\ Bq/m^3$ محاسبه می شود که توسط UNSCEAP (کمیته محققان آثار تشعشع اتمی سازمان ملل متحد) با تفاوت های آشکار در بین کشورها گزارش شده است. بیشترین غلظت رادون در ($1000\ Bq/m^3$‹) در کشورهائی گزارش شده که منازلشان روی زمین های دارای اورانیوم بالا و یا زمین های قابل نفوذ بنا شده است. برای مثال در برخی کشورهای اروپائی رادون در آبهای زیرزمینی به داخل سنگ های سطحی نفوذ کرده و وارد ساختمانها می شود. بهر حال در بعضی کشورهای جهان و از جمله مناطق از ایران هزاران خانه وجود دارد که غلظت رادون در آنها بالاتر از حد مجاز است.

مهم ترین خطر قرار گرفتن در معرض رادون با دوز بالا، افزایش احتمال ابتلا به سرطان ریه است، که این امر در چند مطالعه بر روی معدنچیان به اثبات رسیده است. برآوردهای اخیر نشان می دهد که 6 تا 15 درصد مبتلایان به سرطان ریه به واسطه تأثیرات رادون به این بیماری مبتلا شده اند. برآورد آنالیز مطالعات در کشورهای غربی نشان می دهد که به ازای افزایش هر $100\ Bq/m^3$ گاز رادون، 16% افزایش می یابد. پس احتمال افزایش ابتلا به سرطان ریه با افزایش تماس با رادون نسبت مستقیم دارد.

بر اساس نتایج این مطالعات، خطر ابتلا به سرطان در سن 75 سالگی در غلظت های 100-0 و 400-0 Bq/m^3 به ترتیب 4 تا 5 و نهایتاً هفت در هزار می باشد. در حالیکه این نسبت برای افراد سیگاری 25 برابر افزایش می یابد (یعنی به طور اسمی 100 و حتی 120 و حتی 160 در هزار) بنابر این بیشترین تعداد ابتلا به سرطان ریه در بین افراد سیگاری روی داده است.

نتیجه گیری

مناطق مستعد برای حضور اورانیوم و به تبع آن رادون، شامل دگرگونی ناحیه ای مانند کانسار راسینگ در افریقای جنوبی و بای ژوان در کبک کانادا، کربناتیت ها، کانسارهای پورفیری اورانیوم، پگماتیت های کمپلکس، اسکارن ها، کانسارهای لوله ای، و آتاباسکا یا دگرشیبی و ماسه سنگی است.

اثرات افزایش گاز رادون در ایران مربوط به سنگ های تشکیل شده در دوره زمانی پروتروزوئیک پسین تا پالئوزوئیک پیشین در ایران مرکزی و جزیره هرمز و نواحی زنجان است. از دیگر مناطق مستعد ایران می توان به کانسارهای پلی متالیک مسکنی و طالمسی در انارک اشاره نمود. البته تمامی مناطق ایران دارای برون دهی گاز رادون به میزان ناچیز هستند.

مهم ترین خطر قرار گرفتن در معرض رادون با دوز بالا، افزایش احتمال ابتلا به سرطان ریه است، که این امر در چند مطالعه بر روی معدنچیان به اثبات رسیده است.

منابع

1-سامانی، ب، 1373، فلززائی و ایالت های متالوژنی در ایران، سیزدهمین گردهمائی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

2-اسماعیلی، د.، ولی زاده، م.، کنعانیان، ع.، 1376، محیط تکتونیکی گرانیت دوران، اولین همایش انجمن زمین شناسی ایران

1-Armstrong, F.C., 1974, Uranium resources of the future “Porphyry” Uranium deposit, information of Uranium ore deposit, Inten. Atomic Energy Agency, Vienna, P.625-635

2-Berberian, M., King, G. C. P., 1981, Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran: Can. J. Earth Sci. V.18, P: 210- 265

3-Cerny, P., 1993, Rare-element granite-pegmatite, Part II: Regional to global environments and petrogenesis, in Sheahan, P.A., Chery, M. E., (eds) ore deposite models, V. 2, p. 49-62

4-Cornelis, K., Cornelius, S., Hurlbut, Jr., 1999, Manual of mineralogy, John Wiley & Sons, P.780

5-Dahlkamp, F.J., 1978, Classification of Uranium deposit, Mineral. Deposita, V.13, P.83-104

6-Guilbert, J.M., Park, Jr. C. F., 1997, The geology of ore deposit, freaman and company, New York, 985P.

7-Evans, A.M., 1997, An introduction of Economic geology, and its environmental impacts: Black well Science, 364 p.

8-Lazanicka, P., 1985, Empirical metallogeny: depositional environments, Lithologic Association and metallic ores, Vol: 1, Phanerozoic environments, Association and deposit, Developments in economic geology 19. Elsevier, Amesterdom-oxford-New York-Tokyo, 1758p.

9-Tarkian M., Bock, W.D., Newmann, M., 1983, Geology and mineralogy of the Cu-Ni-Co-U ore deposit of the at Talmessi and Meskani, Central Iran: TMPM, Tschermaks Mineralogische und petrographische Mitteilungen, V.11,P.111-133

رادون و اثرات بیولوژیکی آن

فهیمه فرگاهی دانشجوی کارشناسی ارشد زیست شناسی
تکتم فرقانی کارشناس بهداشت عمومی

چکیده :

رادون گاز رادیواکتیو شناخته شده ای است که از زوال طبیعی رادیوم و در حقیقت اورانیوم به عنوان هسته مادر آزاد میشود.به عبارتی دقیق تر، ایزوتوپهای رادون از سه زنجیره واپاشی طبیعی وابسته به تشکیل زمین یعنی اورانیوم و توریوم بوجود می آیند که در این بین، دو زنجیره واپاشی اورانیوم 238 و توریوم 232 دارای بیشترین سهم در پرتوگیری انسان میباشد . به طور کلی رادون با عدد اتمی 86 دارای 27 نوع ایزوتوپ میباشد که از رادون 200 شروع و به رادون 226 ختم میشود. رادون 222 دارای نیمه عمر 3.8 روز که محصول واپاشی اورانیوم 238 میباشد در حالیکه سایر فرمهای گاز رادون نیمه عمر کمتر از یک دقیقه دارند.

وقتی رادون 222 تخریب می شود عناصر گازی غیر رادیواکتیو تولید می کند و در طی تخریب رادون پرتوهای الفا ساتع می شود که برای بافتهای داخلی بدن خطرناک است وقتی این ذرات با عناصر رادیو اکتیو متسع می شود می تواند در ریه ته نشین شود. بسیاری از دانشمندان اعتقاد دارند اگر فردی به مدت طولانی در معرض سطوحی از رادون و مشتقات آن قرار بگیرد شانس ابتلا به سرطان ریه در او افزایش می یابد .

هرچه زمان مواجهه با رادون بیشتر باشد ، احتمال پیشرفت کانسر ریه بیشتر خواهد بود بسیاری از گروههای دولتی و بین المللی رادون را بعنوان یک کارسینوژن انسانی طبقه بندی کرده اند .

واژگان کلیدی فارسی: گاز رادون،واپاشی هسته ای،کانسر ،محیط زیست

Abstract:Radon is a naturally occurring odorless, radioactive gas formed from the breakdown of uranium and thorium into radium which then decays into radon. The most common radon produced is Radon 222 (Rn 222) which is the decay product of radium 226 (Ra 226), used extensively at the Safety Light Corporation site. Elevated levels of radon and radon progeny can be found in areas with elevated levels of radium. The half-life of Rn 222 is 3.8 days; whereas, other forms of radon gas have half-lives shorter than 1 minute. Typically in discussions of radon, it is the radon 222 which is the subject of the discussion.

When Rn 222 decays, it produces non-gaseous radioactive elements (progeny) which attach to particles in the air. The progeny of greatest concern are those that emit alpha radiation during their decay as alpha radiation can be very damaging to internal tissues when either ingested or inhaled. When these particles with the radioactive elements attached to them (attached fraction) are inhaled, some of the attached fraction will deposit in the lung, the remaining being exhaled. The attached fraction deposited in the lung continues to decay which results in a radiological dose to the lung. Many scientists believe that the alpha particle radiation dose from long-term exposure to elevated levels of radon and radon progeny in air increases your chance of getting lung cancer.

key word :radon ،lung cancer ، radiation ،health effect

مقدمه :

رادون یک عنصر گازی پرتوزا، بیرنگ و نامرئی است که میتواند از انواع سنگ های آذرین درونی و بیرونی تولید و ساتع گردد و از طریق منافذ به سطح زمین برسد. نفوذ گاز رادون بستگی به خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک از قبیل تخلخل و نفوذ ناپذیری و خواص مؤئینگی آن دارد. مواد آتشفشانی و خاکسترهای آنها و رسوبات ولکانوژنیکی بویژه در تولید گاز رادون حساسیت فوق العاده از خود نشان می دهند. رادون از طریق خاک ، معادن فسفات، واپاشی اورانیم و احتراق زغال وارد طبیعت میشود و به آسانی قابلیت انحلال در آب را دارد که توسط تجهیزات خاصی و با اندازه گیریهای مستمر میتوان اطلاعات لازم در مورد پارامترهای ژئوتکنیکی را بدست آورد. اثرات وجود گاز رادون بویژه در معادن و بر روی کارگران و معدنچیان بسیار زیانبار است. گاز رادون یک گسیلنده آلفاست که از طریق تنفس وارد مجاری تنفسی شده و به خاطر نیم عمر کوتاه سریعاً واپاشیده و به عنصری جامد تبدیل میشود. تجمع این جامدات پرتوزا در شش ها میتواند سبب بروز بیماری ریوی و سرطان مجاری تنفسی شود.

تنها خطر در معرض خطر قرار گرفتن رادون که شناسایی شده است افزایش خطر کانسر ریه می باشد . گاز رادون و مشتقات آن در هوا می تواند همراه با تنفس وارد ریه ها شود و ذرات آلفا ساتع شده از آنها از طریق بافتهای نزدیک به ریه جذب شوند و انرژی آزاد شده از این طریق باعث آسیب و مرگ سلولی در ریه می گردد که این امر پتانسیل ایجاد کانسر را افزایش می دهد .

بحث :

تاثیر گاز رادون بر سلامتی چیست ؟

1) مواجهه با رادون از طریق تنفس:

اثر بر روی سیستم تنفسی:

وقتی نفس می‌کشیم ، پس مانده‌های رادون روی سلولهای جدا مجاری تنفسی قرار می‌گیرند که در اینجا ذرات آلفا می‌توانند به مولکول وراثتی DNA آسیب برسانند و احتمالا سبب بروز سرطان ریه می‌شوند. .لازم بذکر است سرطان ریه در بین افراد سیگاری که در معرض رادون هم قرار دارند بیش از افراد غیر سیگاری میباشد. در بسیاری از کشورها، رادون دومین عامل مهم ابتلا به سرطان ریه بعد از سیگار است. نسبت موارد ابتلا به سرطان‌های ریه ناشی از رادون از 3 تا 14 درصد تخمین زده می‌شود. در ازای هر 100(3Bq/m) افزایش غلظت رادون، خطر بروز سرطان ریه 16 درصد بیشتر می‌شود. ارتباط دوز – واکنش خطی است یعنی خطر ابتلا به سرطان ریه به طور نسبی با افزایش تماس با رادون، بیشتر می‌شود.

مقامات کمیته علمی سازمان ملل در مورد آثار تشعشات اتمی (unscear) می گویند: این یافته ها نخستین شواهد در تایید خطر گاز رادون در خانه ها را فراهم می آورد.

دانشمندان مدتهاست که رادون را یک عامل خطرناک برای سلامتی می دانند.
WHO و دیگر سازمانها ، بر پایه 20 تحقیقی که بر روی بر دهها هزار بیمار مبتلا بـه سـرطان ریـه در آمریکای شمالی، اروپا و چین انجام داده اند، توصیه های ارایه شده در مورد حداکثر میزان رادون در منازل و محل های کار را مورد تجدید نظر قرار داده اند.
رادون عنصر رادیو اکتیوی است که به سختی قابل شناسایی است. این گاز می توانـد در سـاختمانها انباشته شود، از طریق شکاف های موجود در زیرزمین نشت کند و از چشمه های آب گـرم متصـاعد شود.
برخی از کشورهای توسعه یافته مانند سوئیس و آلمان تحقیقاتی در زمینه تهیه نقشه های مشـخص کننده مناطق دارای رادون زیاد و رادون کم انجام داده اند، اما بسیاری از کشـورها چنـین اطلاعـاتی در اختیار ندارند. در ایـن گـزارش آمـده اسـت، غلظـت رادون در هـوای محـیط هـای سربسـته در خاورمیانه در کمترین میزان و در برخی از کشورهای اروپا که دارای ذخایر زیاد اروانیوم در زیـرزمین هستند در بیشترین میزان است.

تاثیرات قلبی عروقی:

ارتباط مشخصی بین در معرض قرار گرفتن رادون و مرگ ناشی از بیماری های قلبی عروقی به علت مواجهه با رادون گزارش نشده است .

تاثیرات هماتولوژیک:

هیچ مطالعه ای نیز ، تاثیرات هماتولوژیکی بعد از مواجهه با رادون را نشان نداده است .

تاثیرات کلیوی:

مرگ و میر قابل توجهی به علل بیماری های کلیوی در کارگران معادن در ایالـت متحـده و کانـادا مشاهده گردیده است ولیکن این یافته ها تنها مربوط به مواجهه با رادون نبوده است. هیچ اطلاعاتی راجع به تاثیرات کلیوی مواجهه با رادون در حیوانات مشاهده نگردیده است.

تاثیرات ایمونولوژیکی:

سیستم ایمنی به وسیله پاسخ به مواد خارجی مسئول نگهداری ارگانیسم های بدن میباشد . پاسـخ اختصاصی سیستم ایمنی از طریق عملکرد سلولهایT می باشد. لنفوسیتهای T شامل حداقل انـواع زیر می باشد:
1- سلولهای T سایتوتوکسیک که به سلولهای آلوده به ویروس و یا سـلولهای تومـوری پاسـخ مـی دهد . 2- سلولهای T کمک کننده که با ترشح واسطه هایی باعث فعال سازی لنفوسیتها مـی شـوند .3- سلولهای ماکروفاژ که باعث از بین بردن سلولها می شود .
مکانیسم های مشابهی در هنگام مواجهه با پرتوها عمل می کنند :

مطالعات تجربی پاسخ ایمنی را به تشعشعات که مستلزم وجود کلسیم بین سلولی و آنزیم پروتئین کیناز C می باشد مشخص می کند که این 2 باعث ترجمه ژن C-FOX و تولید اینترلوکین -2 و فعال سازی سلول Tمی باشد .

مطالعات تجربی اندکی در خصوص تاثیرات رادون بر سیستم ایمنی وجود دارد . تاثیر رادون وارد شده از طریق تنفس بر روی فعالیت SOD در رتها مطالعه شده است تنفس رادون بطور واضح افزایش فعالیت SOD را در کبد و کلیه ها 4 ساعت پس از تماس نشان می دهد ولی بعد از 16 ساعت ، سطح SOD کاهش می یابد و باعث ایجاد عملکرد رادون به عنوان محرک می شود . تحقیقات مشابهی توسط Nagarkatti و همکارانش در خصوص تاثیرات تنفس رادون و تغییرات آن بر سیستم ایمنی در موشها انجام شده است . قرار گرفتن در معرض زیاد رادون باعث کاهش توده سلولها در بیشتر ارگانهای لنفوئیدی ، گره های لنفی محیطی مرتبط با ریه ها شده است . در زمان مشابه رادون، منتهی به افزایش پاسخ سلولهای B و T به موتاسیون در طحال و گره های لنفی محیطی شده است .

تاثیرات عصبی:

هیچکدام از مطالعات انجام شده تاثیری از نظر نورولوژیکی بعد از تماس گزارش نکرده اند

2) مواجهه با رادون از طریق بلع :

در مطالعات انجام شده در بررسی تاثیرات رادون در مواجهه با آن از طریق بلع ، هیچکدام از تاثیرات مشابه مواجهه با رادون از طریق تنفس در انسان و حیوان گزارش نشده است. البته به جز کانسر

3) مواجهه با رادون از طریق تماس پوستی :

در مطالعات انجام شده در بررسی تاثیرات رادون در مواجهه پوستی با آن ، هیچکدام از تاثیرات مشابه مواجهه با رادون از طریق تنفس در انسان و حیوان گزارش نشده است. البته به جز کانسر(افزایش قابل ملاحظه ای در شیوع کانسر سلولهای بازال پوستی در کارگران معدن اورانیوم مشاهده شده است.)

- رادون در منازل:

▪ برای اکثر مردم، بیشترین میزان تماس با رادون ، از خانه ناشی می‌شود. غلظت رادون در یک خانه به نکات زیر بستگی دارد:

1) مقدار اورانیوم در سنگ‌ها و خاک‌های زیر ساختمانی2) راه‌های موجود برای نفوذ رادون به درون خانه3) میزان تبادل بین هوای داخل و خارج که به ساخت منزل، عادات وسایل تهویه‌ای ساکنان و درزگیری پنجره‌ها بستگی دارد.

- کاهش گاز رادون در منازل:

▪ میزان رادون در خانه‌ها را می‌توان به روشهای زیر کاهش داد:

1) بهبود تهویه منزل2) جلوگیری از نفوذ رادون از زیرزمین به درون اتاق‌های مسکونی

3) افزایش سیستم تهویه زیر کار4) نصب یک سیستم کارتل رادون در زیرزمین
5) درزگیری سقف‌ها و دیوارها6) نصب یک سیستم تهویه یا فشار ساز مثبت.

ایمنی در برابر رادون به هنگام ساخت خانه‌های جدید ویژه در مناطقی با غلظت بالای رادون، باید مورد توجه قرار بگیرد. در اروپا و ایالات متحده آمریکا، گنجاندن ابزار محافظتی در خانه‌های جدید یک اقدام معمول شده است. در برخی کشورها این کار یک روش اجباری شده است. سیستم‌های منفعل تعدیل نشان داده شده که می‌توانند مقدار رادون موجود در محیط بسته را تا 50 درصد کاهش دهند. وقتی فن‌های تهویه رادون هم به این سیستم‌ها افزوده شوند می‌توان مقدار کاهش رادون را حتی از این هم بیشتر کرد.

- رادون در آب شرب:

در بسیاری از کشورها آب شرب از منابع زیرزمینی از قبیل چشمه‌ها، چاه‌ها و گودال‌ها بدست می‌آیند. این منابع آب به طور طبیعی دارای غلظت بیشتری از رادون نسبت به آبهای سطحی حاصل از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و جویبارها هستند. تا این زمان، در مطالعات همه‌گیر شناسی ارتباطی بین رادون در آب آشامیدنی و سرطان دستگاه گوارش و سایر دستگاه‌های بدن یافت نشده است.

- واکنش سازمان جهانی بهداشت:

سازمان جهانی بهداشت (WHO) توصیه می‌کند که کشورها و برنامه‌های ملی برای کاهش خطر ناشی از تماس با متوسط ملی غلظت گاز رادون برای جوامع را اجرا کنند و هم چنین خطر مواجهه افرادی را که در تماس با مقادیر بالا رادون هستند، کاهش دهند. مقدار مرجع ملی 100 (3Bq/m) توصیه می‌شود اما اگر این مقدار تحت شرایط غالب مخصوص کشوری قابل دستیابی نباشد، مقدار مرجع نباید بیشتر از 300 (3Bq/m) شود.

نتیجه گیری:

با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده درزمینه تاثیرات تراتوژنیک گاز رادون و واقع شدن بسیاری از مناطق کشور ما بر روی بسترهائی از سنگهای گرانیت و وجود گاز رادون بیش از حدمجاز در داخل خانه ها، لازم است با برنامه ریزی جهت بررسی و اندازه گیری میزان این گاز در محیط های زیست و کار،کنترل و استفاده صحیح از مصالح ساختمانی بویژه انواع سنگها مورد توجه جدی قرار گیرد.

منابع

1. The Atsdr Public Health Assessment: Safety Light Corporation Bloomsburg, Columbia Contry, Pennsylvania Epa faciltty ID: AUGUST 24, 2009
2. WHO Handbook ON indoor Random A Public Health Perspective (2009)
3. Radon: A Guide for Manitoba Homeowners. Revised: 2003, 2004, 2006, 2007 Printed in Canada Produced by CMHC and Health Canada
4. Environmental Factors in Cancer: Radon December 4, 2008
5. "رادون" سایت اینترنتی بانک داده های محیط زیست ، 1386

6. 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
7. Department of Medical Physics, Faculty of Medicine - University of Cantabria (Spain) . Effects of Radon on the Immune System
8. . National Research Council (1991). Comparative dosimetry of Radon in mines and homes. Washington, DC: National Research Council. 244 pp
9. Karanta, A.,Konithy,E.,Jondal,M.: Mitogen stimulation increases c-fos and c-jun protein levels , AP-1 binding and AP-1 transcription activity . Cell Signal(1992) 275-286
10. 26 عباس نژاد "اثرات زیست محیطی گاز رادون و اهمیت توجه به آن در ایران .مجله علوم و فنون هسته ای شماره
11. U.S. Environmental Protection Agency (2007). A Citizen's Guide to Radon: The Guide to Protecting Yourself and Your Family From Radon. Available online: http://www.epa.gov/radon/pdfs/citizensguide.pdf.

بررسی روشهای سنجش غلظت رادون در منازل مسکونی

و مقایسه آن با رادون سنج ذغال فعال

پرویز پرورش[1]، سهیلا اسدی*[2]،محمد رضا بنام[3]
1-دانشگاه پیام نورمرکز مشهد،عضو هیات علمی،دکترای مهندسی هسته ای
pzparvaresh@yahoo.com Email :
۲ -دانشگاه پیام نور مشهد،مهندس برق والکترونیک،دانشجوی ارشد فیزیک هسته ای
: s_asadi_eng@yahoo.com
3- دانشگاه پیام نورمرکز مشهد،عضو هیات علمی،دکترای فیزیک ماده چگال
reza_benam@yahoo.com

چکیده

رادون گاز پرتوزایی است که بر اثر واپاشی اورانیوم و به طور طبیعی در زمین ایجاد می شود و از طریق منافذ موجود در خاک و صخره ها به درون ساختمانها نفوذ می کند. به دنبال تاکید سازمان بهداشت جهانی" WHO " که رادون را دومین عامل اصلی ایجاد سرطان ریه بعد از سیگار دانسته است، شناسایی و اندازه گیری این گاز به ویژه در داخل ساختمانها همواره در سطح جهانی اهمیت بیشتری یافته است . با توجه به اهمیت موضوع و فقدان سازوکار رادون سنجی در ساختمانها در کشور و با هدف ایجاد انگیزش در این زمینه، در این مقاله به بررسی عوامل و روشهای موثر و مهم در مورد رادون سنجی پرداخته شده است. همچنین با در نظر گرفتن ویژگیهای ماده جاذب ذغال فعال، استفاده از آن"به عنوان دستگاهی با عملکرد غیرفعال" برای اندازه گیری و پایش کوتاه مدت سطح رادون داخل ساختمانهای مسکونی در ایران توصیه شده است.

واژگان کلیدی

رادون، اندازه گیری رادون در داخل منازل مسکونی، آشکار ساز رادون، آشکار ساز ذغال فعال.

Investigation of radon concentration measurement methods in residential homes and comparison with active charcoal radon detector

Parviz Parvaresh[1],Soheila Asadi[2]*, Mohamad reza Benam[3]
1. payam nur university of mashhad, Ph.D. of nuclear engineering
Email:Pzparvaresh@yahoo.com
2. payam nur university of mashhad , graduate student of nuclear physics
Email:s_asadi_eng@yahoo.com
3. payam nur university of mashhad, Ph.D. of condense matter physics
Email: reza_benam@yahoo.com

Abstract

Radon is a radioactive gas which is naturally produced by decaying the Uranium atoms into the ground. It penetrates through the pores of the soil and rocks into buildings. The World Health Organization "WHO" emphasized that this gas is the second factor for creating lung cancer after smoke. Thereafter identifying and measuring levels of the radon gas especially in the inside buildings, became more worldwide important. Considering the importance of the subject and lack of mechanisms of radon measurement in buildings in the country and establish incentives in this field, this paper reviews important factors and effective methods of radon measurement. Also considering the features of active

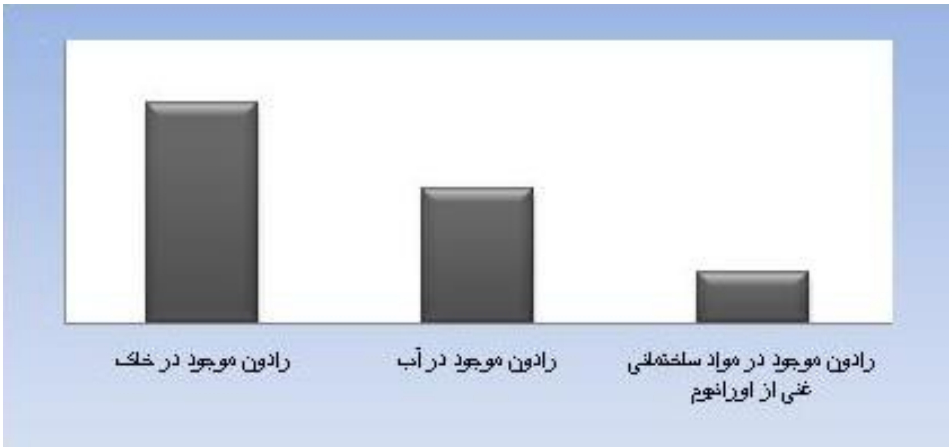
charcoal absorbent material, it "as a passive device performance" for measuring and monitoring the short-term radon levels in residential buildings in Iran is recommended.

Key words:
Radon, radon measurements in residential homes, radon detector, active charcoal detector.

مقدمه

با توجه به گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO) که به طور متوسط 10% سرطانهای ریه در سرتاسر جهان را ناشی از تنفس گاز رادون دانسته است،تلاش گسترده ای که در بسیاری از کشورها برای بررسی و تعیین سطح رادون در مناطق مختلف و میزان پرتو گیری مردم این کشورها صورت می گیرد ولی متاسفانه تا کنون در ایران اندازه گیری سطح گاز رادون در منازل مسکونی به عنوان عامل حیاتی و موثر برسلامتی انسان به طور قابل توجهی انجام نشده است. این در حالی است که باید جزو مهمترین عوامل کنترلی و نظارتی در ساختمانها، از نظر مسایل زیست محیطی، بهداشت و سلامت و همچنین مورد توجه سازمانهای ذیربط در امر ساخت و ساز، به ویژه نظام مهندسی باشد.
منظور از گاز رادون تنها مولکول رادون با عدد اتمی 86 نیست، بلکه این ماده دارای 31 نوع ایزوتوپ 198Rn تا 228Rn است که بیشترشان ناپایدارند و به لت نیمه عمر کوتاه در حدود چند ثانیه یا دقیقه، فرصت رسیدن به سطح زمین را به دست نمی آورند. اما از آن میان 222Rn ، که خود محصول واپاشی اورانیوم 238 با نیمه عمر 3/8 روز و پایدارترین ایزوتوپ رادون است، از این قاعده مستثنی می باشد و امکان نفوذ به داخل ساختمانها و پرتو دهی ساکنان منازل را داراست. لذا بررسی و سنجش این ایزوتوپ مورد توجه است. [1]
بر اساس گزارشهای کامل کمیته علمی اثر پرتوهای اتمی سازمان ملل (UNSCEAR)، در سال 2000 میلادی، مقدار متوسط پرتوگیری سالیانه انسان از تمام منابع طبیعی پرتوزا حدود 2/4 میلی سیورت برآورد شده است، که تقریبا 52% آن (1/25میلی سیورت) ناشی از تنفس رادون به تنهایی می باشد. [3]
عواملی که انتشار رادون از خاک به هوا را تحت تاثیر قرار می دهند عبارتند از:[4]

- غلظت اورانیوم و رادون در خاک و صخره ها
- ظرفیت انتشار از زمین یا خاک
- تخلخل خاک و صخره ها
- میزان تغییر فشار هوا در فضاهای موجود
- رطوبت خاک و درجه اشباع آب محیط پیرامون



شکل 1 مقایسه تقریبی تاثیر منابع موثر در نفوذ رادون به هوای داخل ساختمانهای مسکونی

ظرفیت انتشار رادون به منازل مسکونی به سرعت انتشار گاز از خاک، مقدار فشار هسته ای 222Rn و سرعت تهویه آنها بستگی دارد. تاثیرموادساختمانی غنی از اورانیوم (مانند سنگهای گرانیتی) مورد استفاده در پی این ساختمانها در تامین رادون داخلی نباید نادیده گرفته شود، هرچندکه در مقایسه با منابع دیگر انتشار رادون مانند خاک و آب ازاهمیت کمتری برخوردار است.[۵،۶]

در شکل 1 تاثیر عوامل موثر در نفوذ گاز رادون به داخل ساختمانها مقایسه شده است.

ابزار و روشها

استانداردهای اندازه گیری رادون:

اولین عامل مهم در هر اندازه گیری، استفاده از استاندارد مناسب است که دو مورد از مهمترین آنها در جدول 1 ارایه شده است. [7]

جدول1 استانداردهای اندازه گیری رادون

نوع دستگاه	واحد استفاده شده	توضیحات
دستگاههای اندازه گیری غلظت گاز رادون	بکرل بر متر مکعب (Bq/m^3) (کانادا)	1 بکرل معادل 1 واپاشی در هر ثانیه است.
	پیکوکوری بر لیتر (Pci/L) (ایالات متحده امریکا)	$5/4\,pci/l \approx 200\,Bq/m^3$
دستگاههای اندازه گیری پرتوهای گسیلی از دختران رادون	سطح کار (wl) یا یک هزارم سطح کار (mwl)	تبدیل wl به Bq/m^3 نیاز به اطلاع دقیق عاملهای تصادفی دارد.

روشهای اندازه گیری غلظت رادون داخلی [۸،۱۰]

با توجه به مدت زمان در معرض گذاری دستگاههای سنجش رادون در منازل مسکونی، دو روش آزمون و هر یک همراه با دستگاههای ویژه خود، در نظر گرفته شده است.

الف) آزمون کوتاه مدت

شامل اندازه گیری در بازه زمانی 2 تا 90 روزه است که در این حالت کنترل و ایجاد شرایط بسته محیطی دست کم 12 ساعت قبل و در طول مدت اندازه گیری ضروری است. شرایط بسته محیطی به شرایطی اطلاق می شود که درآن:[7]

1. پنجره های تمام سطوح و درهای بیرونی بسته نگهداشته شوند و فقط در صورت رفت و آمدهای اضطراری باز و بسته شدن مختصر فقط یک درآن هم در حدود 5 دقیقه مجاز است .
2. دستگاههای تهویه و تبادل هوایی نظیر هواکشها نباید به کار گرفته شود به جز هواکشهای کنترل دما، رطوبت، منابع جبران کننده گرمای هوای داخل منازل و هواکشهای جبران انرژی به ویژه در منازلی که دارای دستگاه کاهش رادون است.
3. عملکرد دستگاههای تهویه هوایی که بازیافت هوای داخلی را انجام می دهند بلا مانع است.

دستگاههای مورد استفاده در آزمون کوتاه مدت:

- آشکار ساز جاذب ذغال فعال
- آشکار ساز سوسوزن کربن مایع
- اتاق یون – الکترون
- دستگاه سنجش و پایش پیوسته رادون
- دستگاه سنجش و پایش پیوسته تراز کار

ب)آزمون بلند مدت[7]

شامل اندازه گیری در بازه3 ماه تا 1 سال است. در این شرایط، کنترل شرایط محیطی به خاطر دراز مدت بودن زمان اندازه گیری عامل تعیین کننده ای نیست زیرا تاثیر نوسانها و تغییرات غلظت رادون در زمانها و فصول مختلف سال تا حد زیادی یکدیگر را جبران می کنند.

دستگاههای مورداستفاده درآزمون بلند مدت:

- آشکار ساز رد الفا

- آشکار ساز تپی - رقمی
- اتاق یون – الکترون

جدول 2 دستگاههای سنجش رادون منازل مسکونی

نوع آشکارساز (نام اختصاری)	فعال/ غیرفعال	شاخص عدم قطعیت (%)	دوره شاخص نمونه برداری	هزینه
ردیاب آلفا (ATD)	غیرفعال	10-25	1-12 ماه	کم
ذغال فعال (ACD)	غیرفعال	10-30	2-7 روز	کم
اتاق یون الکتریکی (EIC)	غیرفعال	8-15	5روز تا 1 سال	متوسط
انتگرال گیر الکترونیکی (EID)	فعال	~25	2 روز- سال (ها)	متوسط
نمایشگر پیوسته رادون (CRM)	فعال	~10	1 ساعت- سال (ها)	زیاد

براساس جدیدترین گزارش سازمان بهداشت جهانی(WHO-2009)،امروزه از بین تمام دستگاههای سنجش رادون،5 دستگاه بیش از دیگران استفاده می شود. (جدول 2)
نکته: در جدول 2 شاخص عدم قطعیت هر دستگاه مربوط به نوسانات مجاز مقادیر اندازه گیری شده غلظت رادون با توجه به حالت بهینه در معرض گذاری (یعنی $200\,Bq/m^3$) می باشد.[9]

بحث

طبق مشخصات دستگاههای سنجشی ذکر شده در جدول 2 و با توجه به ویژگی منحصر به فرد ذغال فعال در جذب گازها، تخلخل پذیری و درجه خلوص بالا، عدم استفاده از مواد سوسوزن مایع (که علاوه برهزینه دار بودن، امکان واحتمال احتراق در آنان کم نیست)، رادون سنج ذغال فعال مورد توجه می باشد. از مزایای دیگر آن سرعت تحلیل است که در تشخیص به موقع موثر می باشد. بدیهی است که به علت کوتاه بودن زمان اندازه گیری، نتایج حاصل در مقایسه با آزمون بلند مدت به ویژه در مواردی که اهداف درمان و پیشگیری مورد نظراست، از دقت و ضریب اطمینان بالائی بهره مند نخواهند بود. هر چند که می توان تا حد نسبتا قابل توجهی با رعایت شرایط و کنترلهایی از قبیل تعیین بهترین مکان، زمان، شرایط آب و هوایی،استفاده از استانداردها و ضرایب

مناسب سنجه ای، تکرار مجدد آزمایش و مقایسه با نتایج حاصل از روشهای بلند مدت، ضریب دقت و اطمینان کاربردی آن را ارتقا بخشید.

زمان مناسب: با توجه به اهمیت شرایط بسته محیطی در آزمونهای کوتاه مدت، فصلهای سرد سال (از اواخرآبان تا اواخر اسفند)، به ویژه زمستان، به علت بسته بودن تمامی پنجره ها و روشن بودن تجهیزات گرمایی، بهترین زمان برای اندازه گیری است، به استثنای زمانهایی با شرایط بحرانی آب و هوایی (مانند بادهای شدید و طوفانهای سخت). متقابلا بدترین زمان اندازه گیری،تابستان،آنهم به علت باز بودن درها و پنجرها است.

مکان مناسب: اعمال فضای مناسب اطراف آشکارساز برای عبور و گردش هوای پیرامونش الزامی است. همچنین دستگاه نباید نزدیک به نور مستقیم، وسایل ایجاد کننده حرارت، هواکشها، تهویه ها، وسایل الکتریکی، محیطهای مرطوب، دروپنجره ها قرار گیرد. بهترین فواصل نصب آشکارساز 50cm فاصله از سقف، 80cm تا 2/5m ازکف (برای قرارگرفتن در نواحی تنفسی)، 10cm از اشیاء، 40cm از دیواره داخلی و 50cm از دیواره خارجی است.

مطابق با نظر سازمان محیط زیست ایالات متحده (EPA)، احتمال حضور رادون بیشتر در طبقات زیرین تا طبقه سوم ساختمانهای مسکونی است. هر چند که امکان جابه جائی در ساختمان از طریق آسانسور یا کانالهای هوائی مثل کانال کولر امکان پذیراست. در تمامی این طبقات، اتاق خواب یا اتاق نشیمن که ساکنین بیشترین زمان را در آن به هنگام استراحت و یا گرد همایی صرف می کنند، بهترین مکان می باشد.

نتیجه

بر اساس مطالب ذکر شده و با توجه به نمودار مقایسه تاثیرهای منشاء رادونی(شکل2)، اهمیت سنجش رادون در هوای داخلی منازل مسکونی امری کاملا ضروری است، زیرا به علت سکونت طولانی افراد در آن، منزل، به صورت مهمترین مکان پرتو گیری از طریق رادون در آمده است. از طرفی چون در انتخاب روش اندازه گیری، اهداف اندازه گیری، نوع ساختمانها، میزان دقت، زمان تحلیل نتایج و قیمت، عوامل موثری هستند[8]، از بین تمام دستگاههایی که نام برده شد، آشکار ساز رادون با ماده جاذب ذغال فعال، که بر خلاف نام آن در گروه آشکار سازهای غیرفعال (بدون نیاز به انرژی برق برای راه اندازی) جای می گیرد، به دلیل داشتن ویژگی هائی از قبیل کم هزینه بودن آن نسبت به سایر دستگاهها، برخورداری از حجم و اندازه مناسب، قابل حمل بودن و از همه مهتر به علت دسترسی ساده به امکانات مورد نیاز برای ساخت آن مانند ماده اولیه اصلی مورد نیاز

(ذغال فعال)، که خوشبختانه صنعت ساخت و فناوری آن در کشور موجود است، مناسب ترین و کاربردی ترین دستگاه از این نوع به ویژه برای مصارف عمومی می باشد.

مراجع

1. *روفه گری نژاد ج، روفه گری نژاد ر، خطرات ناشی از تجمع گاز رادون و راههای جلوگیری و کاهش آن در ساختمانها*
2. http://www.ngdir.ir/, National Geosciences database of iran , Available on: 17/11/2009.
3. UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, source and effect of ionizing radiation, Report to general, 2000.
4. AC Canoba,FO López, MI Arnaud, and AA Oliveira, Presentado; Indoor Radon Measurements in Argentina; *Nuclear Regulatory Authority;*14-19 May 2000.
5. PN Houle, J Michael, A Polashenski; A NOVEL APPROACH FOR AUTOMATION OF RADON MEASUREMENTS USING ACTIVATED CHARCOAL; *International Radon Symposium*; 1998.
6. http://www.ePa.gov/radon/Pubs/consguid.html; How to fix your home; *EPA*; December 2006.
7. Guide for Radon Measurements in Residential Dwellings (Homes); authority of the Minister of Health; 2008.
8. http://www.ePa.gov/radon/Pubs/devPort1,2.html; Indoor radon and decay product measurement device, Protocols; *U.S.EPA;office of air and radiation;*Jan. 16th 2009.
9. WHO hand book on indoor radon; A public health perspective; *World Health Organization;* 2009.
10. Residential Indoor Radon Testing; National Collaborating Centre for Environmental Health 2009; Public Health Agency of Canada, www.ncceh.com, May 2009.

کاهش گاز رادون در منازل با استفاده از سیستم HVAC

قاسم سوری*

کارشناس ارشد فیزیک هسته ای،مدرس دانشگاه پیام نور مرکز همدان

Abstract

Understanding the design, operation and maintenance of a building's Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC) system and how it influences indoor air quality can be beneficial in determining the management strategy for a radon problem. Quite often the problem can be solved without the need for extensive and sometimes costly radon mitigation systems

Keywords : indoor air- system HVAC- radon mitigation systems

چکیده

درک و فهم طرح ها، عملیات ها و نگهداری گرمای ساختمان ها، تهویه کننده ها و سیستم تهویه هوا (HVAC) چگونه می توانند بر روی کیفیت هوای درونی تاثیر بگذارند و یا چگونه می توانند استراتژی هایی را برای رادون و گاهی اوقات سیستم کاهش رادون طراحی کنند.

کلمات کلیدی: هوای داخل منازل- سیستمHVAC - سیستم کاهش رادون

1-مقدمه

آژانس پشتیبانی محیطی US (EPA) و دیگر ایالت ها و سازمانهای علمی بینالمللی استدلال می کند که رادون یکی از گازها می باشد که به طور جدی سلامت افراد را در محیط تهویه می کند بررسی های اولیه در مورد رادون درونی بیشتر بر روی خطرات این گاز در خانه ها متمرکز می شود. بیشتر تحقیقات اخیر EPA ، بر روی اندازه گیری رادون در ساختمان ها متمرکز شده است. گزارشات اولیه از این بررسی ها سبب شد تا EPA آزمایش هایی را بر روی ساختمان ها برای اندازه گیری میزان سطح گاز رادون در خانه ها انجام دهد و سطحی را به نام سطح فعال ایجاد کند. پیشنهاد EPA برای کاهش سطح رادون هنگامی است که در سطح درونی رادون بیشتر از $4\frac{pic}{L}$

باشد آزمایش تنها از طریقی انجام می پذیرد که نشان دهد آیا غلظت رادون در اتاق ساختمان زیر سطح فعال می باشد یا خیر.

2-سیستم HVAC

در سال 1995 نشان داده شد که فیلترهای هوا در اطراف ساختمانهای اصلی قرار گرفت. سیستم HVAC جدیدی نیز در سال 1994 نصب شد. اندازه گیری مرتب این گاز نشان داد که میزان هوای ساختمانها ممکن است با ورود ایین گاز کاهش یابد. سیستم تهویه HVAC به چندین یافته دست یافت . جریان درونی هوا نیز در این مواقع کنترل شد. در بیشتر ساختمانهای اداری، سیستم تهویه HVAC به گونه ای تعبیر شده که جریان هوا را به داخل ساختمان انتقال می دهد. ترکیب مولفه های اساسی در این موقعیت ها سبب می شود تا معتقد شویم که این ساختمانها از عدم یک سیستم تهویه مناسب رنج می برند.

بر اساس سیستم های تهویه مناسب HVAC ، سیستم های تهویه کامپیوتری جدید HVAC ساخته شد.

حدود 50 درصد از آرایش هوا را این سیستم فراهم می کرد و همچنین میزان گردش جریان هوای داخل ساختمانها را افزایش می داد. همچنین این سیستم حدود 20 درصد از گردش هوا را به داخل اتاق جایگزین هوای تازه می کند. سیستم HVAC در صورت خاموش بودن می تواند میزان گرش هوای خانه را به میزان چشم گیری کاهش دهد. توسط این اصلاحیات انجام گرفته میزان سطح رادون اتاق ها مورد آزمایش قرار گرفت.

3- اندازه گیری

اندازه گیری سطح رادون در ساختمان ها نسبتاً ساده می باشد و در مقایسه با دیگر فعالیتهایی که برای دیگر پارامترهای ساختمان انجام می پذیرد، ساده تر است. یکی از اولین چیزهایی که برای اندازه گیری باید چک شود هنگامی است که کشف و ارزیابی سطح رادون عملیاتی از سیستم HVAC محسوب می شود سیستم HVAC ساختمان ممکن است فشار مثبت/ منفی در موقعیت یا ساختمان ایجاد کند. خوشبختانه در اینجا هیچ سطح بالایی از رادون در کلاس ها دیده نشده است. البته سطح نسبتاً جزئی در ساختمان های اجرایی و دیگر ساختمانهای آموزشی دیده شده است. غلظت رادون که در کلاسها مشاهده شده دارای توالی 6 تا 16 $\frac{pic}{L}$ است. در حالی که تراز آن در ساختمانها و اتاق اجرایی 28 $\frac{pic}{L}$ است هنگامی که EPA این مناطق را مورد بررسی قرار داد یک ماه بعد میانگین این گازها توسط اندازه گیری های دقیقی مطرح شد. البته نتایج آزمایشهای ثانویه تاحدی نزدیک به بررسی های اولیه بود. چنانچه ساختمان اجرایی اولین نشانه ای

بود که نشان می داد به محض باز شدن در اتاق می تواند این گاز وارد اتاق شود. این نشان می دهد که ساختمانها دارای فشار منفی هستند. ساخت ساختمانها به طور استاندارد نیست.

4- تحلیل نتایج

نتایج بدست آمده از این آزمایشها نشان داد که میزان رادون کمتر از $2\frac{pic}{L}$ می باشد. در حالی که از سطح فعال EPA یعنی $4\ \frac{pic}{L}$ نیز کمتر می باشد.

بنابراین نصب سیستم تهویه کننده می تواند تا حدی برای کاهش میزان گاز رادون در فضای اتاق مفید باشد. با بررسی هوای داخل اتاق، مشکلات چشم گیری مطرح شده نیز فوراً هل شد. بنابراین با فشارمنفی داخل اتاق نیاز به سیستم تهویه کننده داریم یکی از این دو سیستم های تهویه کننده می توانند جریان هوای تازه ایی را به داخل اتاق منتشر کنند. بدین نحو با افزایش فشار منفی اتاق، گاز رادون می تواند از طریق سوراخ ها و ترک ها راهی اتاق شود. راه حل واضح تری نیز برای این مشکل مطرح شد.

هنگامی که این فرایند (فرایند تهویه) انجام می پذیرد(یعنی دو سیستم تهویه نصب می شود) به طور وحشتناکی میزان گاز رادون داخل اتاق کاهش می یابد. برای مثال میزان گاز رادون ممکن است از $28\ \frac{pic}{L}$ به $0/9\ \frac{pic}{L}$ کاهش یابد.

هنگامی که کفیت هوای درونی ساختمان همانند ساختمان ها، توسط نصب تهویه ی صحیح بهبود می یابد، بنابراین از آن پس نصب سیستم تهویه کننده هوا پیشنهاد می شود. هنگامی که طراحی ساختمانها خیلی خوب است عملیات و بازسازی آنها ممکن است بر اساس استانداردهای صحیح انجام پذیرد. دانش اینکه چگونه سیستم HVAC بر روی هوای درونی ساختمان تاثیر می گذارد ما را در حل مشکلات رادون یاری می رساند.

5- راهکاروتوصیه های ایمنی

هزینه های که برای کاهش رادون در ساختمان های خاص صرف می شود به موارد ذیل باید توجه خاص گردد:

1- غلظت رادون و میزان سطح رادون در ساختمانها
2- طرحی و ساخت ساختمانها
3- طراحی و تعبیه سیستم تهویه HVAC
4- توانایی پرسنل نظارت بر ساختمان به منظور پیش بینی مشکلات رادون

اگر سیستم تهویه کننده HVAC به سرعت سبب کاهش میزان گاز رادون شود، در این مواقع پی خواهییم برد که این سیستم به درستی فعالیت می کند. عملکرد این سیستم در این مدت دستخوش تغییراتی قرار گرفت و این تغییرات با عملیات سیستم HVAC در ارتباط است و باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند.

کاهش رادون می تواند همچنین سبب کاهش میزان هوای موجود در ساختمان و در نهایت جلوگیری از مشکلات دیگری شود.

6- منابع

1-Designs for New Residential HVAC Systems to Achieve Radon and Other Soil Gas Reduction, 1993 International Radon Conference, by Timothy M. Dyess, Chief of the Radon Mitigation Branch, U.S. Environmental Protection Agency, Air & Energy Engineering Research Laboratory Research Triangle Park, NC.

2-Radon Prevention in the Design and Construction of Schools and Other Large Buildings, January 1993, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington DC 20460, EPA/625/R-92/016, p 25.

3-HVAC Systems in the Current Stock of US K-12 Schools, U.S. Environmental Protection Agency, EPA-600/R-92/125.

4-Reducing Radon in Schools: A Team Approach, US Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, EPA 402-R-94-008, April 1994.

5-Radon Prevention in the Design and Construction of Schools and Other large Buildings. January 1993, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington DC 20460, EPA/625/R-92/016, p. 26.

5-Radon-Resistant Construction Techniques for New Residential Construction, US Environmental Protection Agency, Offices of Research and Development and Air and Radiation, Washington, DC 20460, EPA/625/2-91/032, February 1991, page 6.

بررسی میزان گاز رادون و دز جذبی ناشی از آن در ساکنین خانه های شهر تویسرکان

Monitor based on solid state nuclear detector (SSNTD)- CR-39

*قاسم سوری- **زهرا محمد ظاهری***مهدی حاج ولئیی

*کارشناس ارشد فیزیک هسته ای،مدرس دانشگاه پیام نور مرکز همدان (ارائه دهنده)
**کارشناش ارشد فیزیک اتمی ومولکولی ،مدرس دانشگاه پیام نور مرکز همدان
***دکترای فیزیک وعضوهیئت علمی دانشگاه بوعلی سینای همدان

چکیده :در این مطالعه برای اندازه گیری گاز رادون درخانه های شهر تویسرکان ازآشکارسازهای CR-39 که به ذره آلفا حساس هستنند استفاده شد . اندازه گیری هادرفصل تابستان وزمستان انجام شد. آشکارسازها حداقل به مدت سه ماه دراتاق خواب و نشیمن و در ارتفاع 50تا90 سانتیمتری از کف زمین دور از پنجره و نور آفتاب قرار داده شدند .پس از جمع آوری آشکارسازها ،در یک وان حاوی محلول مناسب آب ونمک با غلظت 32% وزنی به مدت پنج ساعت قرارداده شدند و پس ازآماده شدن در دستگاه اسکن اتو ماتیک قرارگرفتنند و با استفاده از روش آماری مناسب مقدار میانگین گاز رادون تعیین گردید.

کلمات کلیدی : آشکار ساز CR-39- گاز رادون – دستگاه اسکن اتوماتیک

Abstract

In this studies for measurement radon gas in home sity touyserkan by detectors CR-39 are sensory alpha particles . measurement dose in winter and summer article detectors minimum acolyte in chamber and sitingroom and in height 50 until 90 cm put of floor windows away and lightsun after detectors assemblage in tub one brian ommodity soluble receptacle 32% wight density houre five trem and put after prepure in automatic scan system and by commodity statistic admeasurement gas radon average value .

Keywords:detectors CR-39- radon gas- automatic scan system

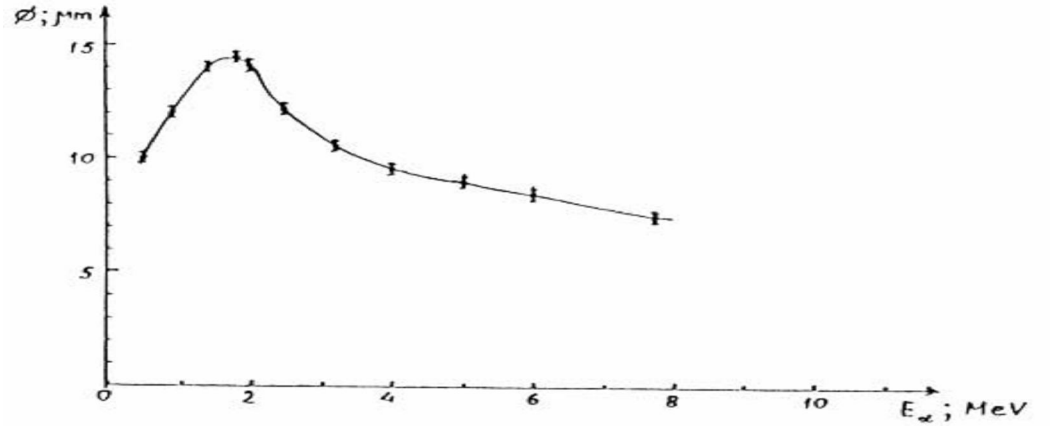
1-مقدمه

سرطان ریه یکی از مهمترین سرطانهای شایع در ایران می باشد، که یکی از مهمترین علل ایجاد آن در گام نخست سیگار ودر مرتبهً دوم گاز رادون است. گاز رادون یک مادهً رادیواکتیو است که از تجزیه عنصر رادیواکتیو اورانیوم238-U ، ایجاد می شود. این گاز در همه جا یافت می شود از جمله اتمسفر و داخل خانه ها که با تنفس کردن وارد ریه می شود. اگر غلظت گاز رادون در داخل خانه ها زیاد باشد باعث ایجاد سرطان ریه می گردد. هدف از این تحقیق اندازه گیری میزان گاز رادون موجود در خانه ها وتعیین دز دریافتی ساکنین می باشد.

2-دتکتور ردپای هسته ای حالت جامدCR-39

Monitors based on solid state nuclear detector (SSNTD)

در این روش ذرات آلفای تولید شده ضمن برخورد با آشکارساز اثراتی به صورت ردپا(شیار)از خود بر جای می گذارند که پس از ظهور به روش الکتروشیمی و نیز با استفاده از میکروسکوپ قابل رؤیت و شمارش خواهند بود. SSNTD حساسیت های مختلفی دارند. برخی از این آشکارسازها به ذرات آلفایی که در محدوده انرژی ذرات ساطع شده توسط رادون هستند حساس می باشند. از این رو به آنها آشکار سازهای رادون از طریق سونش شیار(Etched track radon))گفته می شود.در نمودار(1) وابستگی میزان سونش شیارپرتوهای آلفارانسبت به انرژی ذرات آلفادراشکار سازCR-39 نشان میدهد.پرتوهای β و γ تولید ردپاهای قابل ثبت نمی کنند.این آشکارسازها نسبت به رطوبت درجه، حرارتهای پایین ، گرم شدنهای ملایم و نور بی اثر هستند. خاصیت آشکارسازی آنها کیفیت ذاتی موادی است که از آنها ساخته شده اند و احتیاجی به منبع انرژی ندارند.



نمودار(1)

3-نتایج

مقدار میانگین گازرادون درمکانهای مختلف خانه های شهر تویسرکان در فصول تابستان و زمستان به ترتیب برابر bq/m^3 27/216 و bq/m^3 171/487شد. مقدار دز دریافتی برای ساکنین شهر تویسرکان در فصل زمستان برای حداکثر 10 ساعت اقامت در داخل خانه1.44mSvو برای فصل تابستان برابر با 0.20mSv محاسبه گردید. با در نظر گرفتن میانگین برای بقیه فصول میزان دز دریافتی سالیانه بطور تقریب برابر با year/2mSv می گردد.

ترازهای رادون در اتاقهای خواب و نشیمن 5 آپارتمان در شهر تویسرکان با استفاده از آشکار ساز cr-39

شماره آپارتمان	اتاق	طبقه کف	طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم
1	اتاق نشیمن	162/21	84/28	44/11	23/71
	اتاق خواب	159/05	81/14	40/39	19/17
2	اتاق نشیمن	173/52	93/09	66/12	32/96
	اتاق خواب	169/61	88/78	52/72	31/56
3	اتاق نشیمن	157/18	80/33	43/07	21/18
	اتاق خواب	153/25	79/36	41/47	18/76
4	اتاق نشیمن	166/69	83/44	45/77	22/32
	اتاق خواب	161/31	82/66	43/31	18/11
5	اتاق نشیمن	168/07	86/19	39/15	20/42

	اتاق خواب	165/76	84/83	38/37	19/60
میانگین	اتاق نشیمن	165/53	85/42	47/64	24/11
	اتاق خواب	161/80	83/35	43/25	21/44

*مقدار گاز رادون در خانه های شهر تویسرکان (در فصل زمستان)

شماره خانه	مقدار گاز رادون بر حسب bq/m^3	آدرس
خانه1	166/24	خیابان شهدا
خانه 2	179/56	خیابان باهنر
خانه 3	187/15	خیابان اشرفی اصفهانی
خانه 4	162/99	خیابان امیرکبیر
خانه 5	159/25	خیابان حافظ غربی
خانه 6	175/32	خیابان حافظ شرقی
خانه 7	157/11	خیابان آریافر
خانه 8	187/23	خیابان دکتر بهشتی
خانه 9	171/12	خیابان انقلاب
خانه10	168/90	خیابان هفتم تیر
میانگین	171/487 bq/m^3	

*مقدار گاز رادون در خانه های شهر تویسرکان (در فصل تابستان)

شماره خانه	مقدار گاز رادون بر حسب bq/m^3	آدرس
خانه1	30/70	خیابان شهدا
خانه 2	25/40	خیابان باهنر
خانه 3	29/32	خیابان اشرفی اصفهانی
خانه 4	31/78	خیابان امیرکبیر
خانه 5	26/52	خیابان حافظ غربی
خانه 6	25/46	خیابان حافظ شرقی
خانه 7	24/25	خیابان آریافر
خانه 8	27/02	خیابان دکتر بهشتی
خانه 9	26/16	خیابان انقلاب
خانه10	25/55	خیابان هفتم تیر
میانگین	27/216 bq/m^3	

4- نتیجه گیری و بحث

نتایج اندازه گیری گاز رادون نشان می دهد که غلظت میانگین گاز رادون در فصل زمستان و تابستان متفاوت است. بر همین اساس دز دریافتی در زمستان بیشتر از تابستان است. این اختلاف می تواند به علت عدم وجود جریان هوا و سکون گاز رادون در داخل خانه ها در فصل زمستان باشد. از آنجایی که گاز رادون تقریبا هفت برابر هوا وزن دارد غلظت گاز درفصل زمستان در داخل خانه ها بدلیل عدم وجود تهویه طبیعی و یا مکانیکی ساخت دست بشر و همچنین به علت بسته بودن درب و پنجره ها بالا می باشد.در نتیجه غلظت بالای گاز رادون می تواند باعث ایجاد سرطان ریه گردد.

5- منابع وماخذ

1- A, Vasarhely et al, Spatial distribution of radon content of soil gas and well – water , measured with etched track radon monitors , radiation measurement , 28(1997) 685-690

2- B , E. lehmann et al , An automatic static chamber for continous " Rn fluk measurements from soil , radiation measurement 38 (2004) 43-50

3- G. jonsson, radon gas – where from and what to do ? radiation measurements 25 (1995) 5537 546
4- G. Jonsson .experience from using plastic film in radon measurements , radiation measurement 31 (1999) 265 – 270

6- S. Takriti et al. , the effect of sand / cement ratio on radon exhalation from cement Specimens containing ra, radiation measurement 38 (2004) 31-36
7- Adilson Lima ,Marques et al, Direct measurement of radon activity in water from various natural sources using nuclear track decetors , applied radiation and Isotopes , 2007 (in press)

8-Salvatore de mrtino et al , radon emanation and exhalation rates from soils measured with an electrostatic collector , App , radiat . Isot 49(1998) 407-413

9- Konestantin Kovler , " radon Exhalation of harding concrete , " journal of Environment radioactivity 80 (2006) 354-366

10-[Id93] [idu , T. , Vaner Graaf , E .R. deueijer ,r .]Continuous measurements of out door radon concentration in Groningen . KVI annual report 1993, 104-105 , 1995

11-[A194] Alden kam p ,5.J., stoop , p . Sources and transport of indoor radon . Measurements and mechanisms . PHD- thesis , university of Groningen . 1994

12-[Ba 91] Ball , T.K., Cameron , D.G . Colman T.B., Roberts , P.D . Behaviour of radon in the geological environment : areview . Quart . J .eng . Geol . , 24, 269-182 .1991
13-Anderesen , C, E , Koopmans , M ., de mecjer , R.J Identification of advective entry of soil-gas radon into a crawl space covered with sheets of polyethylene foil . R-876 (EN) , KVI internal report

14- S.M . Farid and mandla mhlobo , Radon DOSIMETRY USING PLASTIK Nuclear track detector journal of Islamic academy of sciences 5: 3 153-157 (1992)

15-Jack W. Schmid , Hr Richard D . Seifert and Dr . Ronald A Johnson , NEW INSIGHTS h Rom radon AESEARCH IN INTRIOR ALASKA
university of Alaska hair banks , Alaska .99775

14- با غبانی ، آزاده ، گاز رادون و انباشتگی مرگبار آن ، مجله رشته آموزش شیمی ، دوره هفدهم 1373

بررسی اثرات دختران رادون(^{210}Bi , ^{210}Po, ^{210}pb) در پروتئین مغز در بیماری الزایمر و لیپید مغز در بیماری پارکینسون

*1- قاسم سوری2- دکتر سعید محمدی3- ویدارضایی کیونانی
1- کارشناس ارشد فیزیک هسته ای،مدرس دانشگاه پیام نور مرکز همدان*
2- عضو هیئت علمی گروه فیزیک دانشگاه پیام نور مشهد مقدس
3-کارشناس فیزیک دانشگاه آزاد تویسرکان

Abstract

We studied theoccurrence of the environmental radon daughter , ^{210}pb (alpha particles),and ^{210}Bi (beta particles) , in the portein and lipid fractions of cortical gray and subcortical white matter from the frontal and temporal lobes of human brains of persons with Alzheimer disease (AD), persons with Parkinson disease (PD) ,smokers,or persons with no previous evidence of clinical neurologic disease (controls). We found a 10- fold increase in ^{210}Po and ^{210}pb radioactivity in the protein fraction from both the cortical hray and subcortical white matter in AD and smokers , and a similar increase in the lipid fraction in PD and to the proteins in Ad was inferred to reflect the increase of local chlorine availability to which radon daughter retention in the central nervous system.

Key words: Environmental radon daughter- Parkinson disease - brains portein and lipid

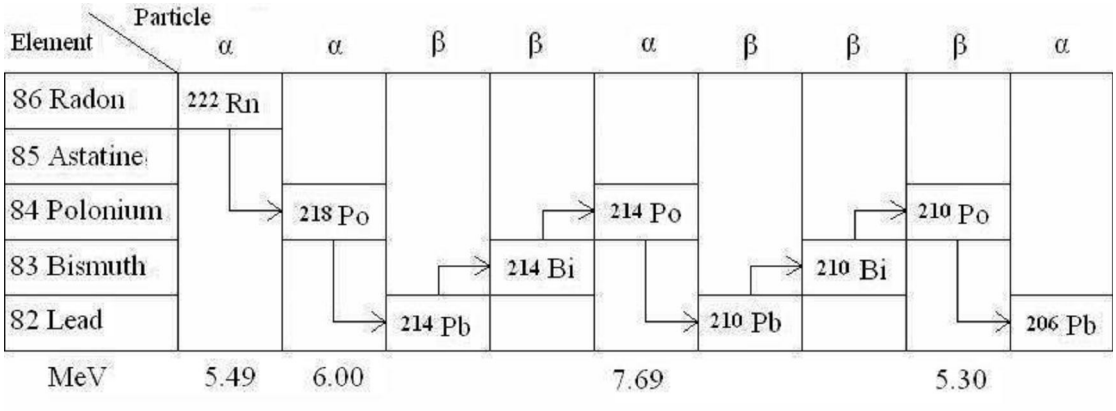
چکیده

ما موقعیت رادون محیطی دخترها ، ^{210}Bi, ^{210}Po را در پروتئین و لیپید در سلولهای خاکستری و سفید مغزدر لپ های زودگذر (موقتی) و دائمی در مغزهای انسانی افراد توسط بیماری آلزایمر(AD) ، بیماری پارکینسون (PD) ، سیگاری ها یا افرادی که نشانه های اولیه بیماری عصبی را نشان می دهند،مورد بررسی قرار می دهیم . با افزایش ^{210}pb, ^{210}Po در پروتئین هم سلولهای خاکستری و هم سلولهای سفید در بیماری الزایمر و سیگاری ها مورد بررسی قرار می دهیم و علاوه بر آن افزایش لیپیدها را در پارکسینون مطالعه می کنیم و پروتئین های موجود در آلزایمر نیز به افزایش لکودین موضعی برای رادون دختر اشاره می کند. کشیدن سیگار نیز بشدت رادون دختر را در سیستم عصب مرکزی افزایش می دهد.

کلمات کلیدی: محیط دختران رادون- بیماری پارکینسون - لیپید وپروتین مغز

1-مقدمه

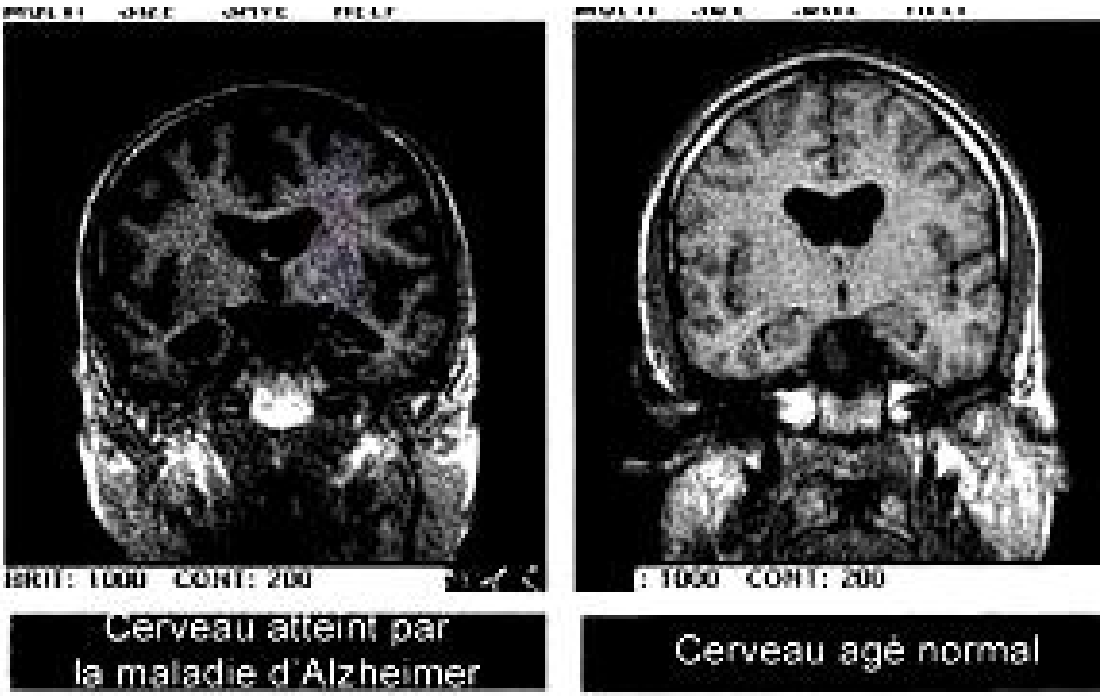
رادون (^{222}Rn) گاز رادیو اکتیو حلال در لیپید می باشد که در اطراف افراد وجود دارد. هنگامی که رادون محیطی شروع به جمع آوری بافتهای لیپید از سراسر بدن توسط غلظت زیاد آن در مغز و استخوانهای بدن می کند، این جمع آوری سبب افزایش بیسموت 214 (^{214}Bi) و انتشار اشعه گاما و تغییر سیگنالهای موجود می شوداین موضوع در نمودار 1نمایش داده شده است. هنگامی که انتشار انجام می گیرد ، رادون و رادون دختر اشعه گاما را رها می کند و یا ذره های پر انرژی آلفا و بتا بشدت سبب صدمه سلولها می شوند. در همان زمان ذره های بتا و آلفا از رادون پخش شده جدا شده و رادون دختر متولد می شود درشکل(1) این موضوع راملاحظه می فرمایید.



شکل(1):نمودار ذره های بتا و آلفا پخش شده ازدختران رادون

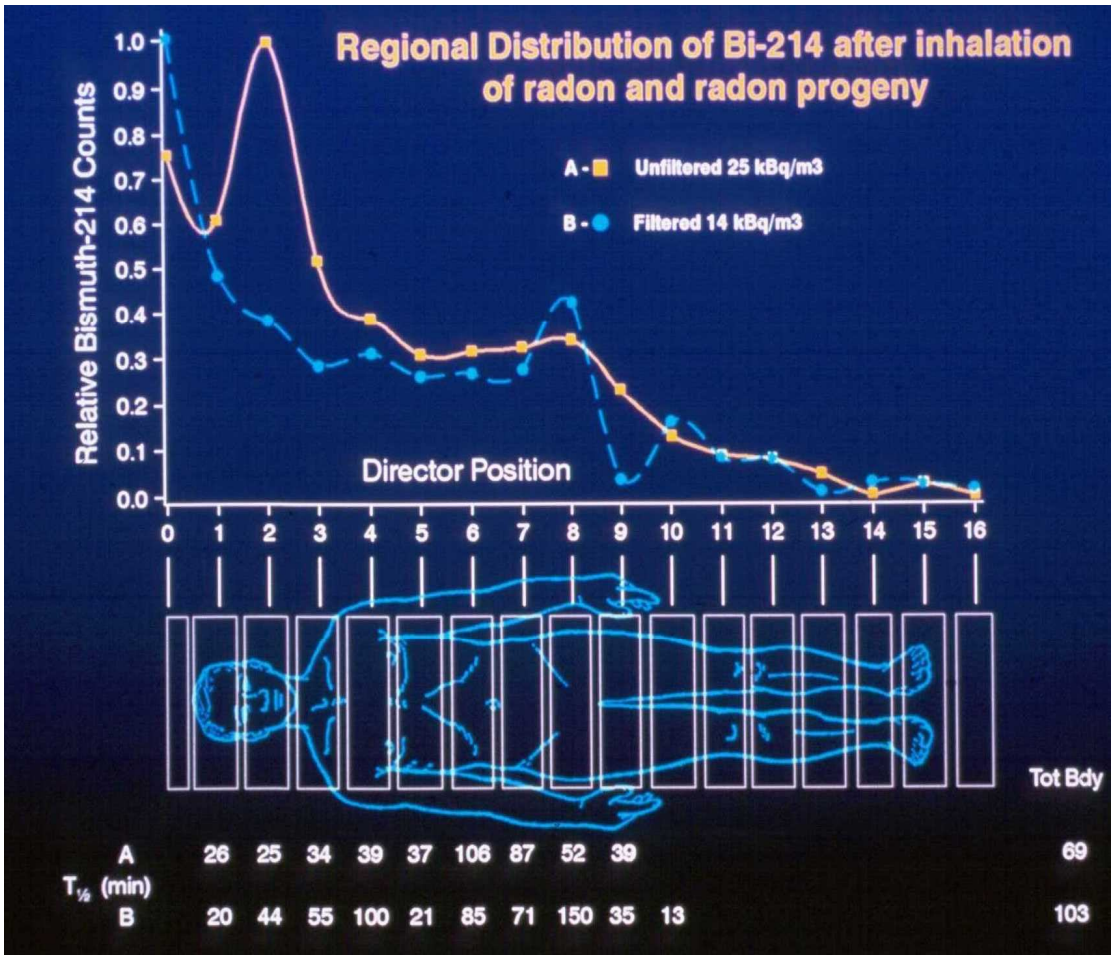
1- اثرات فیزیو لوژیک دختران رادون(^{210}Bi , ^{210}Po, ^{210}pb) برسیستم مغز

علاوه بر این رادون دختر شامل سرب ,^{210}Pb و بیسموت ^{210}Bi و پلونیوم ,^{210}Po می شود که اینها می توانند سبب پایداری سرب و آهن های سنگین شود که نیدروتوپیک و نیوروتوکسیک هستند. بر عکس در رادون مادر گاز حلال در لیپید می تواند آزادانه به بیرون از مغز حرکت کند و از موانع خونریزی مغز فرار کند، هیچ یک از فلزات سنگین رادون دختر در لیپید حل نمی شوند. در حقیقت آنها ممکن است در مغز باقی بمانند و اشعه ی صدمه زننده در مغز کاهش دهند اضافی گاما آلفاو بتا را در زمان زندگی خود و صدمات شیمیایی توسط اشعه صدمه زننده در مغز کاهش دهند. در شکل (2)دو نمونه از مغز نرمال ومغزی که دچار عارضه آلزایمر وپارکینسون شده است واثرات محیطی دختران رادون به وضوح مشخص می باشدرا نشان میدهد.



شکل (2)

موضوع این بررسی تجزیه و تحلیل الگوهای توزیع رادون های دختر محیطی ^{210}Po, می باشد که دارای زنجیره های از ذرات آلفا و همچنین ^{210}Bi که دارای زنجیره ای از ذرات بتا در پروتئین و لیپید سلولهای خاکستری و سلولهای سید در لپهای موقتی و دائمی بیماری آلزایمر و بیماری پارکینسون می باشد که هیچ علائمی از بیماری های عصبی را در سراسر دوره ی زندگی خود بروز نداده اند، هنگامی که غلظت رادون در افراد سیگاری افزایش می یابد و بدون اینکه بیماری عصبی داشته باشند به دسته های جداگانه ای تقسیم می شود.در نمودار1 تغییرات توزیع منطقه ای بیسموت-214بعد از استنشاق رادون ودختران رادون ملاحظه می فرمایید



نمودار1- تغییرات توزیع منطقه ای بیسموت-214بعد از استنشاق رادون ودختران رادون نمونه گیری

نمونه های مغزی افراد توسط پتولوژی تشخیص AD و PD افرادافراد سیگاری و افراد غیر سیگاری بدون هیچ سابقه بیماری عصبی توسط مرکز تحقیقات آلزایمر و مرکز درمان در آمریکا انتخاب شد. تمامی افراد که به AD و PD مبتلا هستند و غیر سیگاری اند و پتولوژی تشخیص AD نیز بر اساس سازگاری سنی برای بررسی بیماری عصبی کنترل شده است ما نمونه هایی از لپهای موقتی و دائمی ازمغز 29 مورد، 11 نفر مبتلا AD ، 6 نفر مبتلا به PD و 4 نفر سیگاری و 8 نفر غیر سیگاری ، سن و جنسیت نیر در بین تمامی گروهها بجز گروه افراد غیر سیگاری یکسان است. در کل ما 45 نمونه از لپهای مغزی را مورد بررسی قرار می دهیم و از این 45 نمونه، 29 نمونه مهمتر است. در هر گروه در اینجا 4 نفر وجود دارد که دستیابی لپ موقتی و دائمی را تجربه و تحلیل می کنند. نمونه های مغزی که حدود 80 گرم وزن دارد در مجاورت نیتروژن مایع یخ زده اند و در فریز نگهداری می شوند. ما سلولهای

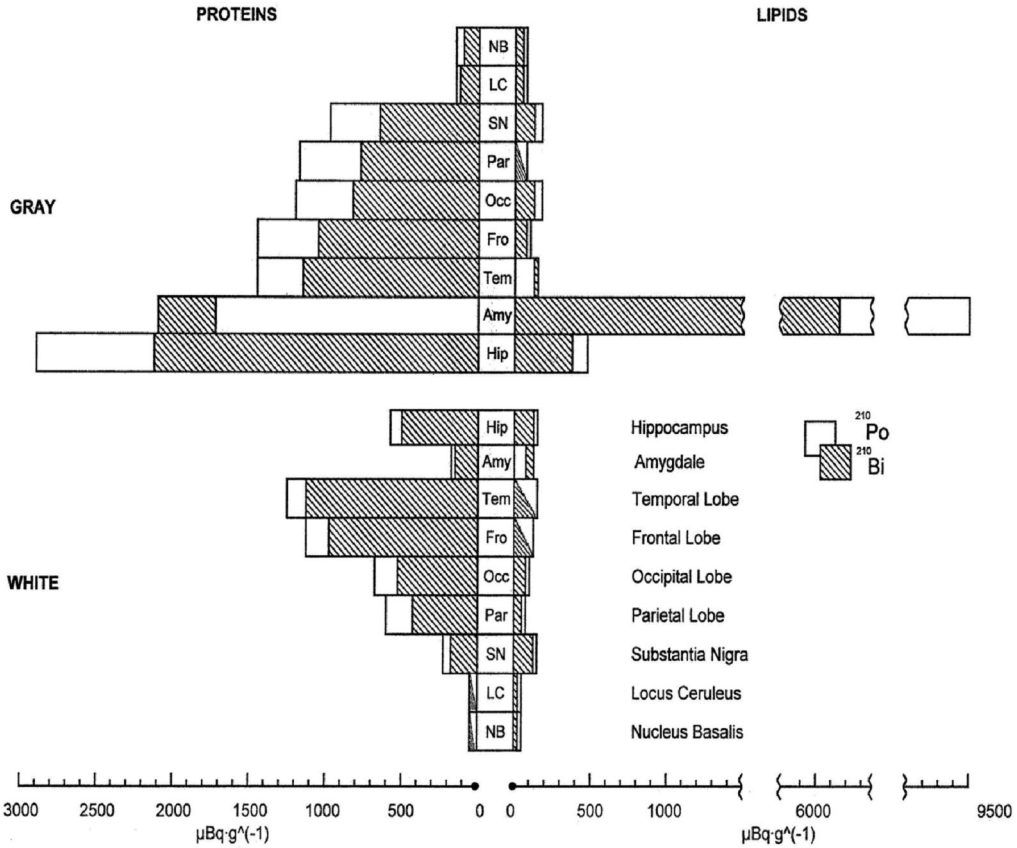
سفید و سلولهای خاکستری را از هم جدا می کنیم علاوه بر آن لپهای دائمی و موقتی را نیز در نظر می گیریم . هر گرم از این نمونه ها قبل از ارزیابی فعالیت ^{210}Bi ,^{210}Po دارای لیپید و پروتئین هستند. قسمت سفید مغز نیز مورد بررسی قرار می گیرند و حدود 0/5 سانتی متر از این به همراه قسمت خاکستری مغز نمونه برداشته می شود.

قسمت خاکستری و سفید مغزاز هم جدا هستند . یک گرم هر یک از قسمتهای مغز در دمای 4 درجه سانتیگراد در بافت شیشه ای - تفلون توسط 6 میلی لیتر آب و 0/5 میلی لیتر 100% از اسیدتری کلرید بعد از حرارات دادن آنها در 5000 rpm برای 10 دقیقه ،محلول ایجاد شده در یک لوله پلاستیکی 20 میلی لیتر ذخیره می شود.بعد از ترکیب آنها با 2 میلی لیتر آب، روش استخراجی نیز تکراری می شود. این مایع بر چسب گذاری می شود (البته به عنوان اسید قابل حل تری کلرید، این نوع اسید آزادنه برای تمامی رادونهای دختر پیدامی شود. لیپید از یک اسید تری لکرویست طبق روش فولچ استخراج می شود و پروتئینی که باقی می ماند رد یک شیشه در 1mlit از 0/1 Nao H در دمای 75 c در شب حل نشده است.

2-روش اندازه گیری

اندازه گیری ذره ی آلفا توسط سیستم طیف سنج آلفا و توسط بسته ی نرم افزاری آزمایشگاهی ساخته شده توسط همان کارخانه انجام می پذیرد این سیستم کنترل شده کامپیوتری دارای 5 سطح جداگانه آلفا توسط جدول آلفا 612 ev است که برای تشخیص ایزوتوپ ^{208}Po ، ^{209}Po ،^{210}Po به کار گرفته می شود. اندازه گیری فعالیت آلفا و بتا به عنوان dpm در هر گرم از بافت مغزی بیان می شود. این اجازه مقایسه مستقیم سازه ها را توسط شمارش موثر می دهد و از این رو برای قیاس دوروش متفاوت تجزیه و تحلیل آلفاو بتای شمارش شده مورد استفاده قرار می یگرد به عبارت دیگر بتا (Bi) و آلفا (^{210}Po) dpm نیز به عنوان استانداردهایی برای یکدیگر به کار گرفته می شوند. تمامی نمونه ها محاسبه می شوند یا اینکه تعداد شمارگان بالا به 400 برسد.

مقدار پروتئین در لب دائمی و موقتی دارای دامنه ی 57/7 تا 366/6 میلی گرم در بافت خاکستری و 42/7 تا 55/8 میلی گرم در بافت سفید است. میانگین میزان پروتئین بافتهای خاکستری تقریباً دوبرابر پروتئین بافتهای سفید است.این ترکیب توزیع مغز ناشی از اثرات^{210}Bi، ^{210}Po درشکل(3)نشان داده است



شکل (3)

3- نتیجه گیری

نتایج بررسی ها نشان می دهد:

1- قابلیت اندازه گیری رادیواکتیویته رادون دختر در مغز وجوددارد.

2- دختران رادون 10 برابر بیشتر در بیماری AD و PD مغزی و حتی در افراد سیگاری نسبت به غیر سیگاری وجود دارد

3 –این تراکم یکنواخت نیست اما انتخاب کردن وارتباط با بیماری به انتشار پروتئین در بافتهای سفید و خاکستری مغز در بیماری AD و سیگاری برای تجزیه لیپید در PD می انجامد.

4-بعضی از نتایج شامل دو تکنیک متفاوت است. یکی برای ذره های آلفا ^{210}Po و دیگری بتا ^{210}Poو قابلیت اعتمادرا به اطلاعات و قدرت تجزیه و تحلیل آماری به طور چشمگیری افزایش می یابد زیرا هر یک از نمونه به چندین طریق تجزیه و تحلیل میشوند.

4-References

1. Cummings JL, Cole G: Alzheimer disease. JAMA 2002, 287:2335-2338.

2. Momčilović B, Alkhatib HA, Duerre JA, Cooley MA, Long WM, Harris TR, Lykken GI: Environmental radon daughters reveal pathognomonic changes in the brain proteins and lipids in patients with Alzheimer's disease and Parkinson's disease and cigarette smokers. Arh hig rada tokiskol1999, 50:347-369.
3. Momčilović B, Alkhatib HA, Duerre JA, Cooley MA, Long WM, Harris TR, Lykken GI: Environmental lead-210 and bismuth-210 accrue selectively in the brain proteins in Alzheimer disease and brain lipids in Parkinson disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 2001, 15:106-115.
4. Arsipe N, Pollard HB, Rojas E: Giant multilevel channels formed by Alzheimer disease amyloid β-protein [AβP-(1–40)] in bilayer membranes. *Proc natlAcad sci USA* 1993, 90:10573-10577.

5.Etcheberrigaray R, Ibarreta D: Alteraciones de canales ionicos y segundos mensajeros en la enfermedad de Alzheimer. Relevancia de estudios en celulas extraneurales. Rev Neurol 2001, 33:740-749.
6. Ingram V: Alzheimer's disease. Am Sci 2003, 91:312-321.

7. Van Hoesen GW, Solodkin A: Cellular and systems neuroanatomical changes in Alzheimer's disease. Ann New York Acad Sci 1994, 747:12-35.

8. Ishunina TA, Fisser B, Swaab DF: Sex difference in androgen receptor immunoreactivity in Basal forbrain nuclei of elderly and Alzheimer patients. Exp Neural 2002, 176:122-132.

9. Zarow C, Lyness SA, Mortimer JA, Chui HC: Neuronal loss is greater in the locus coeruleus than nucleus basalis and substantia nigra in Alzheimer and Parkinson disease. *Arch Neurol* 2003, 60:337-341.

اندازه‌گیری میزان تراکم گاز رادون در آبهای منطقه تویسرکان و برآورد دز مؤثر سالانه

قاسم سوری *، احمد الوندی**

* کارشناس ارشد فیزیک هسته ای،مدرس دانشگاه پیام نور مرکز همدان

** دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه آزاداسلامی واحد همدان

Abstract

one of the natural radioactive sources is the ^{226}Ra gas. That produces by the decay of ^{226}Ra frome the chain of ^{238}U According to the latest published in formation by th (UNSCEAR) UN scientific committee in the field of the effects of atomic rays , semlling Radon gas and its daughters is as one of the most important natural ingredients of the human ray absorption frome the radioactive sources , as frome totally 2.4 msv annual effective dose (global mean) of the natural radioactive sources about 1.2 msv of it belongs to the radon gas and its daughters.

Accessing to healthy drinking water is one of the significant and essential criferion of a society health. considering that the nuclear contamination resulting from radon gas is one of the water contaminating resources, so in this study ,Radon (^{222}Rn) contamination was evaluated in area of touyserkan and suburban villages , in spring 1386. The variations of dissolved radon levels in water supplies remains of intrest, because of the radiation- induced public health hazards , since several studies have shown that for an individual , exposed to radon gas for a long time. There is an increase in the risk for growth of a lung cancer . Radon in water can follow two different paths to enter the human body. First, radon can escape from household water, which can then enter the respiratory tract.

Second, radon can enter the human body directly through the gastro – intestinal (GI) tract . A lucas cell technique , using a portable device, PRASSI " (SILENA mod 5s) , for Rn-222 measurements in spring and well water sources in Shirvan region was used. After the measurement it was found that of the 15 sites sampled , only foure radon levels above the revised refrence level proposed by the revised refrence level proposed by the Enviromental protection Agency , 10 BqL^{-1} . A preliminary national average radon levels was determined to be about 8.15 BqL^{-1}. In the samples that only had high radon contamination , installing a system for keeping water in a still state and exposing to air is advisable , so that ; allowing radon and its decay products for further loss into the air alleviate any radon pollution problem.

Keywords : Healthy drinking water , Radon gas , PRASSI " system , touyserkan region.

چکیده:

یکی از منابع طبیعی پرتوزا گاز رادون ^{222}Rn می‌باشد که در اثر واپاشی ^{226}Ra از زنجیره ^{238}u تولید می‌گردد. بر اساس آخرین اطلاعات ارائه شده توسط کمیتهٔ علمی سازمان ملل در زمینهٔ اثرات پرتوهای اتمی (UNSCEAR 2000) استنشاق گاز رادون و دختران آن از

جمله مهمترین عوامل طبیعی پرتوگیری انسان از منابع طبیعی پرتوزا می‌باشد به طوریکه از مجموع msv 2/4 (میلی سیورت) دز مؤثر سالیانه (متوسط جهانی) از منابع طبیعی پرتوزا در حدودmsv 1/2 آن متعلق به گاز رادون و دختران آن می‌باشد.
نوسانات سطوح محلول در آب به دلیل خطرات ناشی از تشعشات ساطع شده، قابل توجه است زیرا بررسیها حاکی از آن است که قرار گرفتن در معرض گاز رادون برای مدت طولانی خطر ابتلا به سرطان ریه را افزایش می‌دهد. میزان رادون در آبهای زیرزمینی و چشمه‌ها بیشتر از آبهای جاری است. اگر آب در معرض هوای آزاد قرار گیرد؛ بالاخص وقتی به هم بخورد، رادون آب به مقدار زیادی از آن خارج می‌شود. در این مقاله، میزان تراکم گاز رادون برحسب $\frac{Bq}{L}$ در آب چاهها و چشمه‌های منطقه تویسرکان با استفاده از روش اتاقک لوکاس با استفاده از دستگاه سبک و قابل حمل (SFLENAmod5s) " PRASSI "اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد تراکم رادون در چهار نمونه از آبهای این منطقه بیشتر از $\frac{Bq}{L}$ 10^{10} که همان حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکاست، می‌باشد. در مواردیکه غلظت بالا می‌باشد، بهتر است سیستمی برای ساکن نگه داشتن و در معرض هوا قرار دادن آب نصب شود تا رادون و فراورده‌های حاصل از واپاشی آن در هوا پراکنده و مشکل آلودگی رادون رفع شود.

کلمات کلیدی:
آب آشامیدنی سالم، گاز رادون، سیستم " PRASSI "، منطقه تویسرکان

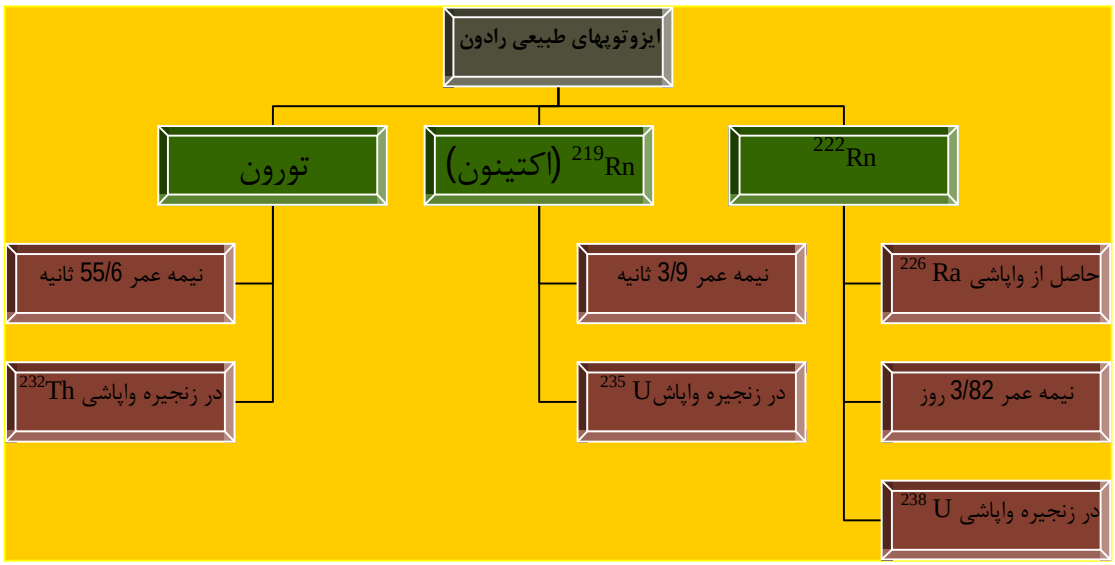
1- مقدمه

رادون با علامت شیمیایی Rn گازی بی رنگ، بی بو، بی اثر و سنگین است؛ که برای سلامتی بسیار مضر است. ^{222}Rn از واپاشی سری طبیعی ^{238}U, ^{220}Rn از واپاشی سری طبیعی ^{238}Th تولید می‌شود. با توجه به شکل 1 که ایزوتوپهای طبیعی رادون را معرفی نموده است باید دانست که بطور میانگین در هر 10^{21} مولکول هوا یک مولکول رادون وجود دارد و در هر یک مایل مربع از خاک به عمق 6 اینچ، یک گرم رادیوم وجود دارد که به رادون تجزیه شده است. این عنصر دارای 20 ایزوتوپ و پایدارترین آن ^{222}Rn که نیمه عمر آن 3/8 روز بوده و در پرتو درمانی نیز کاربرد دارد. این گاز هنگامی که تا زیر نقطه انجماد سرد می‌شود رنگ فسفری درخشانی دارد که در درجه حرارت پایین‌تر به رنگ زرد و در دمای معمولی به رنگ قرمز مایل به نارنجی تبدیل می‌شود. این عنصر در سال 1900 توسط ارنست رادرفورد و فردریچ ارن

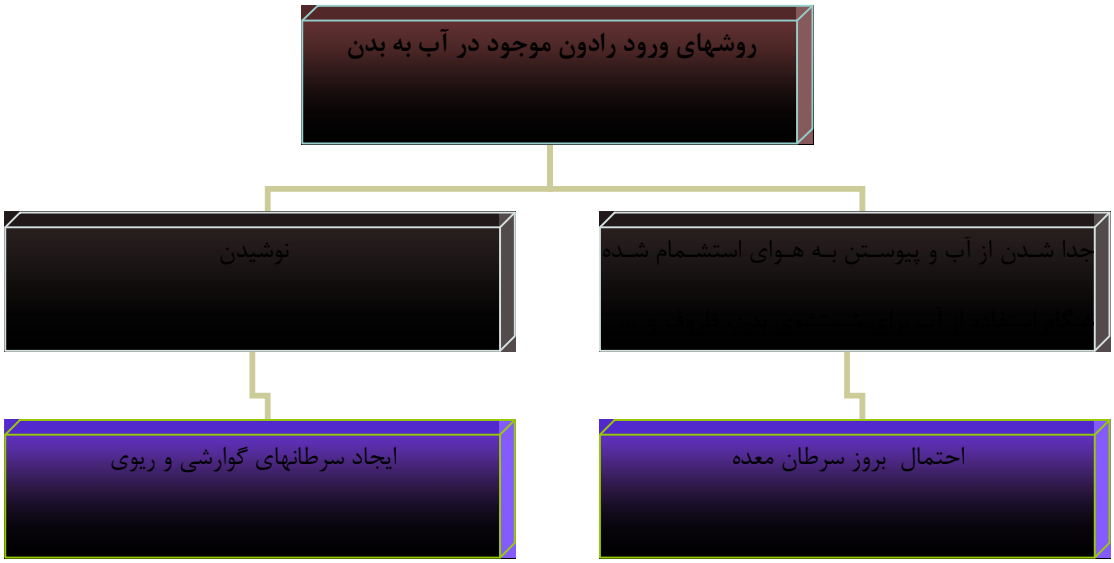
کشف شد. حدود 50% پرتوگیری طبیعی افراد ناشی از گاز رادون است و سالانه افـراد زیـادی در اثر ابتلا به سرطانهای دستگاه گوارشی و تنفسی از بین می‌روند؛ فقـط در ایـالات متحـده سالانه این رقم 21000 نفر است.

2- رادون در آب و خطرات آن

رادون علاوه بر تنفس از راه آب مثل خوردن، آشامیدن و استحمام وارد بـدن مـی‌شـودکه در شکل 2 نشان داده شده‌اند. میزان رادون موجود در آبهای زیرزمینی و کم تحرک، به ویـژه در چاههای عمیق بیشتر است. در ایالات متحده امریکا میزان فوت ناشی از سـرطان بـه واسـطه رادون موجود در آب شرب را در مجموع (سالانه) 180 نفر تخمین زده‌اند.



شکل1: ایزوتوپهای طبیعی رادون و مشخصات آنها



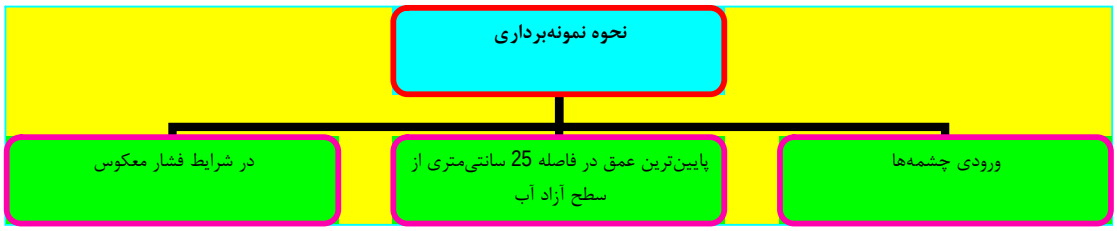
شکل2: روشهای ورود رادون به بدن از طریق آب

لازم به ذکر است که اگر فقط 40% تا 50% رادون آبها قبل از ورود به خانه‌ها کاهش یابد، آمار مبتلایان به سرطانهای دستگاه تنفسی و گوارشی به 30 تا 35 درصد کاهش یافته که در کاهش هزینه‌های درمانی در دراز مدت بسیار حائز اهمیت است.

با تو جه به اینکه یکی از آ لودگیهای آبها آلودگی هسته‌ای ناشی از رادون می‌باشد و در کیفیت آب آشامیدنی تأثیر بسزایی دارد و گزارشات اخیر در مورد احتمال آلودگی آبها در شهرستان تویسرکان و افزایش سرطان ریه، نویسندگان را بر آن داشت تا میزان غلظت گاز رادون این منابع آبی را توسط دستگاه PRASSI اندازه‌گیری نمایند.

3- اندازه‌گیری رادون در نمونه‌های آب

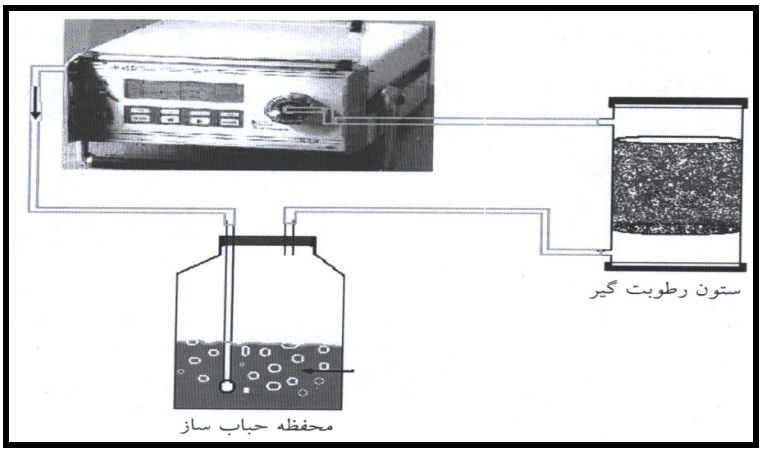
با توجه به اینکه میزان رادون در آب چشمه‌ها و چاههای عمیق مخصوصاً در آب سفره‌های زیرزمینی بیشتر است. از طرفی هر چه آب جنبانده شود یا غلط بخورد میزان رادون موجود در آن کاهش می‌یابد، بنابراین نمونه‌های آب از ورودی چشمه‌ها و از پایین‌ترین عمق در فاصله 25 سانتی‌متری از سطح آزاد آب در شرایط فشار معکوس جمع آوری و در حداقل زمان ممکن با سرد نگه داشتن آن به محل اندازه‌گیری منتقل گردیدند (شکل3).



شکل3: چگونگی نمونه‌برداری از ابهای منطقه تویسرکان

در این تحقیق از سیستم PRASSI مدل 5S برای تعیین غلظت گاز رادون در آب استفاده شده است. این سیستم ویژگیهای خاص و فوق العاده‌ای برای تعیین غلظت رادون در آب و هوا دارد که دارای حساسیت بالا، ظرفیت بالای حافظه، زمان کوتاه پاسخ و صفحه نمایش بزرگ LCD است که قادر به نشان دادن نمودار تراکم رادون می‌باشد.

در شکل 4 طرح و روش اندازه‌گیری رادون در نمونه آب با دستگاه PRASSI نشان داده شده است. این دستگاه دارای یک آشکارساز از نوع سلولهای سو سوزن (Ag) به حجم $1830cm^3$ است، و برای نوعی از اندازه‌گیری که باید در چرخه بسته صورت گیرد، مناسب می‌باشد. چرخه پمپ PRASSI با سرعت ثابت سه لیتر در هر دقیقه به منظور اخذ جواب در نمونه آب عمل می‌کند.



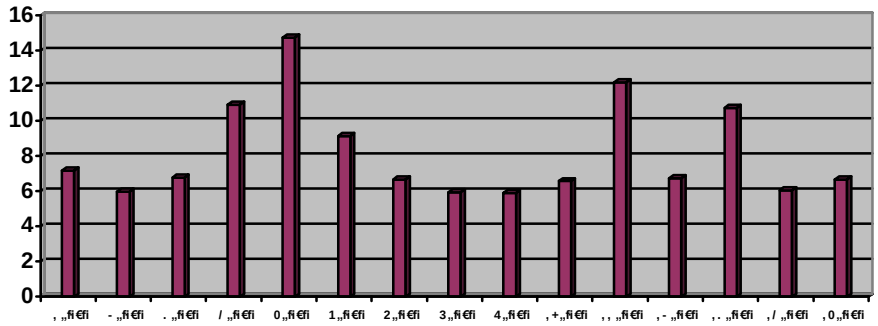
شکل4: دستگاه PRASSI mod 5S و اتصالات آن

4- بحث و نتایج

در این پژوهش غلظت گاز رادون در 15 نمونه از آبهای منطقه تویسرکان اندازه‌گیری شده است. در جدول شماره 1 میزان تراکم گاز رادون در هر نمونه برحسب $\frac{Bq}{L}$ درج شده است، همچنین در شکل 5 نمودار هیستوگرام غلظت گاز رادون موجود در نمونه‌های مختلف رسم شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان رادون در چهار نمونه آب بیشتر از $10\ \frac{Bq}{L}$ می‌باشد.

جدول 1: نتایج اندازه‌گیری گاز رادون موجود در نمونه‌های آب منطقه تویسرکان

شماره نمونه	آب نمونه مورد آزمایش	زمان برداشت	زمان اندازه‌گیری	ضریب تصحیح	$\frac{Bq}{lit}$) Qparssi (
1	آب شرب شهرک قائم گرفته شده از شیر آب	10:35	14:15	1/033	7/1952±/004
2	آب شیر داخل منزل(جوشانده)	12:10	16:46	1/035	5/9712±/004
3	آب شرب داخل شهر	12:15	17:05	1/037	6/776±/004
4	آب خروجی چاه مبارک آباد	12:20	17:40	1/041	10/9424±/004
5	آب شرب شهر سرکان	11:35	15:05	1/027	14/7408±/004
6	آب خروجی قنات امامزاده ناصر(ع)	11:40	15:00	1/026	9/11424±/004
7	آب شرب شهرک طالقانی	11:50	14:50	1/023	6/6720±/004
8	آب شرب شهر فرسفج	11:57	15:30	1/027	5/96±/004
9	آب سراب شهرک امامزاده زید(ع)	11:55	15:25	1/027	5/9152±/004
10	آب قنات شهرک فرهنگیان 10 متری ،ورودی قنات، عمق 10cm	12:00	15:45	1/029	6/5824±/004
11	آب سد مخزنی سرابی	12:05	15:50	1/029	12/1843±/004
12	آب شرب محله اسلام آباد	11:44	16:37	1/038	6/7456±/004
13	آب قنات امامزاده عبدالله شهر سرکان، ورودی قنات، عمق 20cm	11:51	15:55	1/031	10/7456±/004
14	آب شرب شهرک نیروی انتظامی	11:39	17:15	1/043	6/0624±/004
15	آب شرب شهرک شهدا	11:39	16:54	1/041	6/6752±/004



شکل5: نمودار هیستوگرام گاز رادون موجود در نمونه‌های آب منطقه تویسرکان

به منظور محاسبهٔ دز جذبی مؤثر سالیانه فرض بر این بود که هر ساکن منطقه تویسرکان روزانه 2/5 لیتر آب مصرف کند. با استفاده از نتایج بدست آمده در بررسی میزان رادون آب شهر جده در عربستان و نیز جدول شماره 1 و محاسبات مربوط به دز مؤثر معده و ریه، مقادیر ضریب تبدیل مربوط به معده و ریه به ترتیب 2/628 و 2/79 محاسبه گردید. با به کار بردن این ضرایب، دز مؤثر موجود در نمونه‌های آب منطقه تویسرکان مطابق جدول شماره 2 محاسبه گردید.

جدول 2: دز جذبی مؤثر سالیانه ناشی از رادون

شماره نمونه	مقدارگاز رادون بر حسب $\frac{Bq}{Lit}$	دز موثر سالیانه بر حسب (μSvy^{-1})		
		معده	ریه	تمام بدن
1	7/1952	18/9089	20/0747	38/4836
2	5/9712	15/6923	16/6596	32/3519
3	6/7776	17/8115	18/9095	36/721
4	10/9424	28/7566	30/5292	59/2858
5	14/36	34/7380	40/0644	77/8024
6	9/1424	24/0262	25/5027	49/5334
7	6/672	17/5340	18/6148	36/1488
8	5/96	15/6628	16/6284	32/2912
9	5/9152	15/5451	16/5034	32/0485
10	6/5824	17/2985	18/3648	35/6633
11	12/1843	33/7545	33/9939	67/7484
12	12/1843	33/7545	33/9939	67/7484
13	6/7456	17/7274	18/8202	36/5476
14	10/7456	28/2394	29/9802	58/2196
15	6/0624	15/9319	16/9140	32/8459

5- نتیجه‌گیری

با توجه به این که حدود 50% پرتوگیری طبیعی افراد ناشی از گاز رادون است، که یکی از علل اصلی مرگ سالانه افراد به علت ایجاد سرطانهای دستگاه تنفسی و گوارشی است، و با توجه به اینکه بیشترین درصد رادون از طریق آشامیدن آب و تنفس کردن به ویژه موقع استحمام کردن و ... وارد بدن انسان می‌شود، اندازه‌گیری گاز رادون در آبهای زیرزمینی منطقه تویسرکان انجام شده است.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تراکم گاز رادون در چهار نمونه از منابع آب مورد استفاده مردم، بیشتر از حد تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، $10\ \frac{Bq}{Lit}$ می‌باشد (نمونه‌های 4 و 5 و 11 و 13)؛ ولی مقدار آنها خیلی بالا نیست و خطر جدی از نظر رادون موجود در آب مردم منطقه را تهدید نمی‌کند. لذا به خاطر توجه بیشتر به سلامت عمومی جامعه و کاهش خطرات ناشی از آن، پیشنهاد می‌گردد که آبهای قابل شرب مدتی در استخرهای رو باز نگهداری شده و یا حداقل از آبشارها برای جنباندن آب جهت خروج گاز رادون عبور داده شود.

6- منابع

1-Web Gam, 1992, exposure to radon radiation protection dosimetry, vol 42 no.3,

2- Nturk et al., 1996, Radon Activity concentration in the Ground and its correlation whit the water of the soil, APP. Radiate. Isot, 43:344-381

3- P.korhonen et al., 2000, Behavior of Radon progenies and particle during Room Depressurization, Atmosphere Environment. 34: 2343-2348.

4-Rent et al., 1996, radon-222concentration in water and the exposure of the public Irpa proceeding, Vienna.

5-pysicans Guide for radon (EPA).wwwepa.org, 2003

6- R.Halonen et al., 2001, Indoor radon concentrations caused by constration materials in 23 Work places, the science of the Total Environment 272:143-145

7- D.Ghosh et al., 2004, Measurement of Alpha Radioactivity in Arsenic contaminated tube well Drinking water using cR-39 Detector , Radiation Measurement, 38:19-22

8-A.Tayyebetal., 1998, A study on the Radon concentrations in water in Jeddah (Saudi Arabia) and the Associated Health effects, J. Environment. Radioactivity, 38:97-104

اندازه گیری رادون در آبهای محدوده گرانیت شیرکوه، جنوب شرقی یزد

علیرضا مظلومی[1]، کوروش رشیدی[2*]، علیرضا بینش[3]

1- دانشگاه پیام نور مشهد

2-koo_rashidi@yahoo.com

دانشگاه پیام نور یزد:

3- دانشگاه پیام نور فریمان

چکیده :

منطقه مطالعاتی درجنوب غربی شهر یزد در منطقه ایران مرکزی قرار دارد. در این پژوهش قسمتی از آبخوان بخش نیر در جنوب غربی شهر یزد مورد بررسی قرار گرفته و میزان گاز رادون در برخی از چاه های عمیق کشاورزی، آب شرب و چشمه های طبیعی اندازه گیری شده است. در منطقهی مطالعاتی توده های نفوذی نوع S با ماهیت پر آلکالن گسترش زیادی دارد. توده گرانیتی شیرکوه با گسترش زیاد ارتفاعات ناحیه را شکل داده و تامین کننده اصلی رسوبات آبرفتی و بادرفتی دشت های بین کوهستانی و مخرط افکنه جنوب کوهستان محسوب می شود. رسوبات نشات گرفته از این سنگ ها از پتانسیل بالایی برای برای تولید و نشت رادون برخوردارند. بر اساس اندازه گیری رادون محلول در نمونه های برداشت شده میزان رادون در آب های زیر زمینی منطقه بسیار بالا است. چاه های عمیق منطقه حسین آباد بالاترین میزان رادون را نشان داده اند. در آب های جاری به دلیل جا به جایی و حرکت آب، این میزان به شدت کاهش می یابد. برای نوشیدن آب های این منطقه باید رادون آن را خارج نمود.

واژگان کلیدی : رادون، گرانیت، شیر کوه، یزد، آب های زیر زمینی

Measurement of Radon at shir Kooh granitic area, South eastern Yazd

Alireza Mazloumi[1], Koorosh Rashidi[2*], Alireza binesh[3]
1-payam nour Univ. of Mashhad
2-payam nour Univ. of Yazd, Email: koo_rashidi@yahoo.com
3- payam nour Univ. of Mashhad,

ABSTRACT

Study area located in the South western of yazd city on Central Iran region. In this study, part of the aquifer in south-western part Nir consider the city of Yazd and the amount of radon gas in some deep wells agriculture, drinking water and natural springs is measured. There is several type of per alkaline S type granitoid intrusive rocks widespread all over in the area. Granite mass media Shir kooh high altitude area and the main provider eolian sediments and alluvial fans between the mountains and is alluvial fans on South Coast. Sediments that originated from these rocks have high potential for production and have a radon leakage. Based on measured radon in water samples harvested in the amount of radon in ground water area is very high. Deep wells Hussein Abad region of highest radon said. Current water due to a place where moving water, this rate is reduced severely. Drinking water for radon in this region it should be out.

Key words: radon, granite, Shir Kooh, Yazd, underground water

مقدمه :

بخش عمده ای از تابش های رادیو اکتیو که بشر به طور روزانه دریافت می کند از رادون است. بر اساس گزارشات مجامع علمی و بهداشتی جهان گاز رادون نقش انکار ناپذیری در تهدید سلامت انسان و بروز سرطان سیستم تنفسی و احتمالاً سیستم گوارشی دارد. رادون دارای 27 ایزوتوپ است که از ^{220}Rn شروع و به ^{226}Rn ختم می شود [1] اغلب ایزوتوپ های رادون نیمه عمر بسیار کوتاه و در حد کسر ثانیه داشته، از فراوانی ناچیزی برخوردارند. در بین این ایزوتوپ ها، سه ایزوتوپ

^{219}Rn ، ^{220}Rn و ^{222}Rn در طبیعت تولید می شوند. این ایزوتوپ ها به ترتیب از واپاشی عناصر توریوم (^{232}Th) اورانیوم (^{235}U) و اورانیوم (^{238}U) تولید می شوند [2]. نیمه عمر ایزوتوپ های ^{219}Rn و ^{220}Rn بسیار کوتاه و کمتر از یک دقیقه است. لیکن ایزوتوپ ^{222}Rn دارای نیمه عمر 3/8 روز و توانایی تحرک و انتقال به سطح زمین را دارد. رادون با عدد اتمی 86 در زمره گازهای نادر بوده، میل ترکیبی با هیچ عنصری را ندارد. لذا به صورت ترکیبات ثانویه از محیط حذف نشده و به دیگر محیط ها انتقال می یابد. اورانیوم موجود در خاک و سنگ منبع اصلی تولید رادون است. با توجه به این که سنگ های گرانیتی دارای مقدار متوسط بالاتر اورانیوم نسبت به سایر سنگ ها می باشند، آبرفت و بادرفت های حاصل از این سنگ ها می تواند منبع مناسبی برای ورود رادون به محیط پیرامونی خود باشد. متوسط غلظت رادون در پوسته ی زمین 2/7 ppm برآورده شده [3]، در حالیکه غلظت آن در برخی گرانیت ها ممکن است به20-40 ppm هم برسد [4]. گرانیت شیر کوه در گستره ی زمین شناسی ایران مرکزی با گسترش وسیع و ارتفاع نسبتاً زیاد نقش مهمی در گسترش و تکوین آبرفت دشت حسین آباد و تغذیه ی سفره های آب های زیر زمینی منطقه دارد(شکل 1). این توده‌ی گرانیتی حاصل ذوب بخشی پوسته ی قاره ای است و از نوع S محسوب می شود [5]. به همین دلیل پتانسیل بالایی برای تولید و نشت رادون دارد .علاوه بر این وجود درزه و شکستگی فراوان و آبرفت دانه درشت، شرایط مناسبی برای مهاجرت رادون تولیدی به سطح و نفوذ آب های زیرزمینی به منابع تولید رادون فراهم نموده است. گرچه برای رادون هیچ گونه سطح تندرستی تعریف نشده، لیکن لازم است در مناطق واجد غلظت های بالاتر رادون، تدابیر لازم برای کاهش دز رادون دریافتی به ارگان های زیر بط یا ساکنین منطقه گوشزد شود.

روش کار: در این مقاله وضعیت گاز رادون در منابع سطحی و زیر زمینی محدوده ی توده ی گرانیتی شیر کوه در بخش نیر از توابع شهرستان یزد مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه ها در زمستان 1388 برداشت و در کوتاه ترین زمان ممکن برای سنجش رادون به آزمایشگاه ارسال شد. برای اندازه گیری رادون از سیستم پراسی (PRASSI) مدل 5S استفاده شده است. این سیستم ویژگی های خاص و فوق العاده ای برای تعیین غلظت رادون در آب و هوا دارد که دارای حساسیت بالا، ظرفیت بالای حافظه، زمان پاسخ کوتاه و صفحه ی بزرگ LCD است که قادر به نشان دادن نمودار تراکم رادون می باشد. این سیستم دارای آشکار ساز (Ag) Zns به حجم 1380 cm است که با شمارش آلفای گسیل شده از رادون و دختر هسته هایش مقدار فعالیت رادون را در متر مکعب (Bq/m^3) نمایش می دهد.

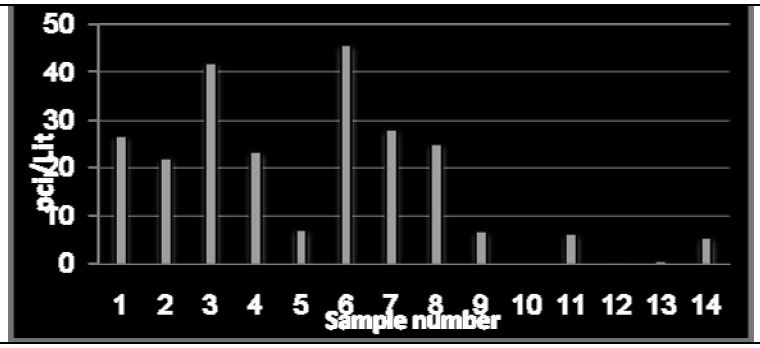
زمین شناسی عمومی: توده گرانیتی شیر کوه مهم ترین نفوذی ژوراسیک میانی ایران مرکزی است که با روند حدودی شرقی به غربی در 40 کیلومتری جنوب باختری شهرستان یزد (شهرستان تفت) رخنمون دارد. این توده نفوذی از گرانیت های درشت بلور است که با داشتن بیوتیت و گارنت فراوان شناخته می شود. فراوانی گارنت می تواند به منشا آناتکتیکی این توده اشاره داشته باشد [6]. امینی و کلانتری [5] نیز این گرانیت را از نوع S دانسته و متذکر شده اند که این توده گرانیتوئیدی پر آلومین بوده و در محدوده گرانیت های برخورد قاره ای قرار می گیرد. نامبردگان [7] به وجود زیرکان و ایلمنیت به عنوان کانی فرعی گرانیتوئیدها و سازمان زمین شناسی کشور به تمرکز آن در برخی آبرفت های منطقه اشاره کرده‌اند. نهشته های شیلی- ماسه‌سنگی ژوراسیک به عنوان سنگ در برگیرنده‌ی گرانیتوئیدها و واحدهای ماسه سنگی- آهکی موسوم به سازند سنگستان با ناپیوستگی آذرین پی، گرانیتوئیدها را می پوشاند. حاصل فرسایش واحدهای یاد شده ایجاد آبرفت های نسبتاً ضخیم تا کم ضخامت درون تا خارج توده گرانیتوئیدی است. آبرفت های کم ضخامت به

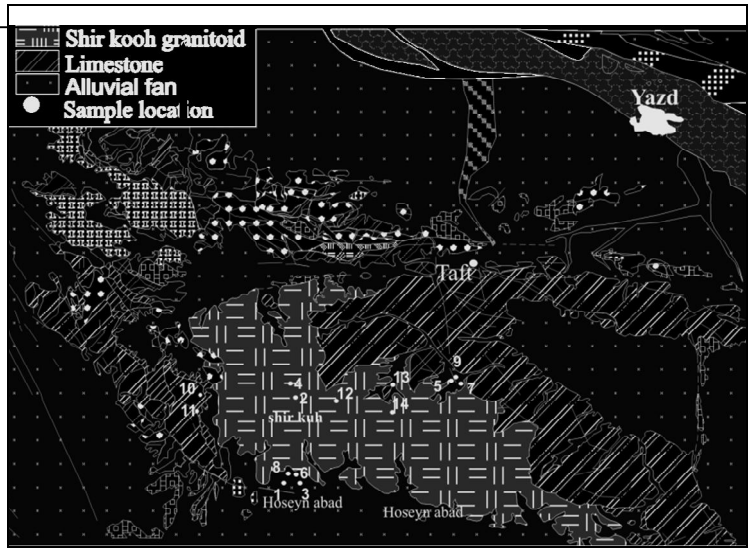
صورت دشت های فرسایشی حاشیه رودخانه ها در شمال شرق توده گرانیتی و آبرفت های ضخیم در جنوب توده ی گرانیتی، دشت های وسیع آبرفتی- بادرفتی حسین آباد را ایجاد کرده‌اند. **14** نمونه از آب از چاه های عمیق دشت جنوبی، آب شرب روستاها، چشمه ها و قنوات جاری در دشت های محدوده شمال توده گرانیتی برداشت گردید (جدول 1). مقادیر رادون در آب برحسب پیکو کوری در لیتر(PCi/L) ارائه شده است. در بین نمونه های برداشت شده کمترین میزان رادون مربوط به آب های جاری (چشمه و قنوات) در منطقه دره زرشک به میزان 0/6 PCi/L و بیشترین میزان رادون در آب های زیر زمینی اندازه‌گیری شده اند. مقدار رادون درآبرفت جنوب کوهستان شیر کوه واقع در منطقه حسین آباد به میزان 45/6PCi/L به دست آمده است(جدول1). در بین نمونه های آب مناطق مسکونی، کمترین رادون مربوط به آب لوله‌کشی ده بالا به میزان PCi/L 0/087و بالاترین آن مربوط به محله توده به میزان 5/34 PCi/L بدست آمده است. همانطور که دیده می شود کلیه نمونه های آب جاری، آب قنوات و آب شرب به شرط آنکه مدتی در مخزن نگهداری شده باشد از سطح رادون بسیار پایینی برخوردارند و این به دلیل جا به جایی و تحرک آن ونتیجتا خروج رادون موجود در آب است. کلیه نمونه های مربوط به چاه عمیق که بلافاصله از داخل آبرفت استخراج و برای اندازه گیری ارسال شده‌اند، سطح بسیار بالایی از رادون دارند که نشان دهنده ی نشت زیاد رادون به داخل خاک، آب و هوای منطقه می باشد. در نواحی درون توده گرانیتی که فرسایش و به تبع آن تولید خاک زیاد نیست. میزان رادون نشت یافته در حد متوسط است. در این میان می توان به نمونه های قنات با خاتون یا چاه محله نصیری اشاره نمود.

جدول 1- مقادیر اندازه گیری شده رادون در نمونه های منتخب از آب های سطحی و زیرزمینی منطقه نیر

شماره نمونه	منطقه	مقدار رادون (pci/Lit)
1	چاه A- حسین آباد	26/65
2	سانیچ-سه قلعه	21/95
3	چاه C – حسین آباد	41/99
4	قنات باخاتون	24/20
5	طزرجان – چاه افضل آباد	7/05
6	چاه M- حسین آباد	45/66
7	طزرجان - چاه محله نصیری	28/11
8	چاه B – حسین آباد	24/81
9	طزرجان – چاه شکرگاه	6/62
10	دره زرشک – چشمه پایین	0/29
11	دره زرشک – چشمه کلیدان	6/09
12	ده بالا – چشمه احمدآباد	0/08
13	آب شرب ده بالا	0/61
14	ده بالا- آب شرب محله توده	5/34

نمودار1 - مقدار رادون در نمونه های منتخب از آب های زیرزمینی و سطحی منطقه نیر





شکل1: نقشه زمین شناسی ساده شده منطقه شیرکوه که موقعیت نمونه ها را نشان می دهد.

نتیجه گیری :

بر اساس نتایج بدست آمده از اندازه گیری رادون در آب های سطحی و زیرزمینی جنوب غرب یزد در محدوده توده گرانیتوئیدی شیرکوه موارد زیر قابل ذکر است:

الف) توده گرانیتی شیر کوه به عنوان منشا رادون در خاک و سنگ ناحیه محسوب می شود.

ب) با توجه به حضور زیرکان، آپاتیت، بیوتیت و سایر کانی ها در توده ی شیر کوه این کانی ها مقادیر جزئی اورانیوم توده گرانیت را حمل می کنند. مقدار متوسط اورانیوم در شیر کوه بیشتر از سایر گرانیتوئیدها است.

ج) در آبرفت و بادرفت ناحیه میزان نشت رادون بالا است. این مقادیر در دشت های جنوبی به دلیل فرسایش بیشتر و حضور محصولات واپاشی اورانیوم بالاتر است.

د) چنانچه قرار است از آب های زیرزمینی منطقه به عنوان آب شرب استفاده شود، لازم است حداقل به مدت 5-3 روز به عنوان زمان ماندگاری در مخازن منظور شود.

ه) لازم است در مناطق مسکونی و فضاهای سر پوشیده ناحیه مطالعاتی سنجش رادون انجام شود.

مراجع :

[1]: Dyess, T.M., 1998, Radon in buildings, in Environmental analysis and remediation, ed., by Meyers, R.A., John Wiley and Sons, New York, 4018-4044.
[2]: Pickering, T. & Owen, L.A., 1997, an introduction to global environmental issues/2nd.ed, Rutledge, London.
[3]: Hundok, P.K., 1996, Distribution of indoor radon concentrations and uranium-bearing rocks in Texas, Environmental Geology, vol. 28, No.1, 29-33
[4] عباس نژاد، 1381، اثرهای زیست محیطی گاز رادون-222 و اهمیت توجه به آن در ایران ، مجله ی علوم و فنون هسته ای، شماره 26، صفحات 17-31.
[5] امینی،ع.، کلانتری سرچشمه، م.، 1367، مطالعه پترولوژی و ژئوشیمی باتولیت گرانیتوئیدی شیرکوه یزد، مجموعه مقالات همایش انجمن زمین شناسی ایران- تهران.
[6] درویش زاده، ع.، 1380، زمین شناسی ایران، چاپ دوم، انتشارات امیر کبیر،901 صفحه.
[7]سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور 1384 سایت پایگاه داده های علوم زمین.

روش های ساده برای کاهش یا حذف رادون در آب آشامیدنی شهر مشهد

علیرضا مظلومی بجستانی[1]- علیرضا بینش[2]

1- دانشگاه پیام نور مشهد 2- دانشگاه پیام نورمشهد

پست الکترونیکی : alr.mazloumi@gmail.com

چکیده: رادون(^{222}Rn) تنها گاز بی اثر دارای خاصیت رادیواکتیو است که در بخش های انتهایی از زنجیره طولانی واپاشی اورانیوم طبیعی موجود در زمین تشکیل شده و به طور طبیعی در خاک، هوا و کلیه آب های زیرزمینی و سطحی یافت می شود. استنشاق و بلعیدن رادون آسیب جدی به نسوج زنده رسانده و در موارد زیادی سبب سرطانی شدن سلول ها می شود. کاهش یا حذف رادون از محیط سبب کاهش دز دریافتی افراد و ارتقاء سطح سلامت عمومی شهروندان می گردد. در حال حاضر سعی می شود با اعمال روش های گوناگون رادون موجود در هوا یا آب به حداقل مقدار ممکن کاهش داده شود. برای حذف رادون محلول در آب آشامیدنی از دستگاه های مختلف هوادهی و سیستم های کربن فعال استفاده می شود. در این پژوهش روش های ساده، ارزان قیمت و در دسترس برای کاهش یا حذف رادون محلول در آب شرب شهر مشهد مورد آزمون قرار گرفته است. روش جوشانیدن آب دارای کمترین راندمان و بالاترین مصرف انرژی است. روش هوادهی دارای راندمان متوسط و مصرف انرژی پایین می باشد. استفاده از دستگاه های پرتابل و ثابت تصفیه آب خانگی که مجهز به کربن فعال می باشند بالاترین راندمان و کمترین مصرف انرژی را به خود اختصاص می دهند. برای اجتناب ازتجمع رادون و دختران آن در دستگاه‌های تصفیه لازم است فیلتر این دستگاه ها به موقع تعویض گردد.

واژگان کلیدی: آب آشامیدنی، حذف رادون، مشهد، کربن فعال، هوادهی، تصفیه

Simple ways to reduce or eliminate radon in Mashhad drinking water

A. Mazloumi[1] and A. Binesh[2]
1. Payam Nour Univ., Mashhad (alr.mazloumi@gmail.com)
2. Payam Nour Univ., Mashhad

Abstract
Radon (^{222}Rn) only inert gas is a radioactive end sections of the long decay chain of natural uranium in the ground and formed naturally in soil, air and all underground and surface water is found. Radon inhalation and swallowing brought serious harm to living tissue and cause cancer in many cases to be cells. Reduce or eliminate radon from the environment to reduce dose sub individuals and public health promotion are citizens. We will try applying various methods radon in air or water to the minimum amount may be decreased. Remove radon dissolved in drinking water in different air and activated carbon systems are used. The researches methods in this paper are simple, cheap and available to reduce or eliminate radon dissolved in drinking water in Mashhad have been analyzed. Decoct method of water efficiency and lowest energy consumption is highest. Air medium and a method of energy efficiency are low. Use of portable devices and fixed domestic water treatment activated carbon, which are equipped with the highest efficiency and lowest energy consumption to allocate. For avoiding radon and its daughters in the water treatment system is required to filter these units will be replaced in time.
Key words: drinking water, remove radon, Mashhad, activated carbon, air, water treatment

مقدمه:

رادون (^{222}Rn) سنگین ترین عضو خانواده گازهای نادر و تنها گاز پرتوزای طبیعی است. این گاز محصولی از زنجیره واپاشی اورانیوم است و بخشی از زنجیره محصولات پرتوزایی محسوب می شود که از اورانیوم (^{238}U) شروع و به سرب (^{206}Pb) ختم می شود. رادون

خود نیز ناپایدار است و از واپاشی آن نیز هسته های دیگری با نیمه عمرهای کوتاهتر حاصل می شوند [1]. عنصر رادون دارای 27 ایزوتوپ است که از بین آن ها فقط سه ایزوتوپ ^{219}Rn ,^{220}Rn و ^{222}Rn به طور طبیعی به وجود می آیند [2]. ایزوتوپ های^{219}Rn و^{220}Rn نیمه عمر بسیار کوتاه (کمتر از یک دقیقه) دارند و سریعا از بین می روند. لیکن ^{222}Rn دارای نیمه عمر 3/82 روز بوده و فرصت کافی برای تحرک و تجمع در فضاهای زیر زمینی و یا رسیدن به سطح زمین و تجمع در فضاهای بسته را دارد [3]. از جمله خصوصیات قابل توجه رادون (^{222}Rn) *، زنجیره واپاشی آن است که در ادامه به عناصر پولونیم (^{218}Po و^{214}Po) سرب (^{214}Po) و بیسموت (^{214}Bi) و سایر هسته ها تبدیل می شوند که دختران رادون نامیده می شوند. این عناصر جملگی جامد، پرتوزا و نیمه عمر کوتاه دارند[3]. که ضمن واپاشی پرتوهای α پر انرژی ساطع می کنند. در صورت استنشاق یا بلعیدن هوا یا آب محتوی رادون، ذرات جامد فوق الذکر در جدار نسوج باقی مانده، ضمن گسیل ذرات الفای پر انرژی، سبب آسیب رساندن به بافت های زنده و در موارد زیادی سرطانی شدن آن ها می شوند [4]. منبع تولید رادون خاک و آب حاوی مقادیر ناچیز (^{238}U) و رادیم (^{226}Ra) است. از آنجایی که با تداوم فرایندهای فرسایش سطحی مقادیر ناچیز اورانیوم مرتبا به خاک وارد می شود تولید رادون نیز همواره ادامه دارد و در نواحی واجد غلظت های بالاتر اورانیوم، غلظت رادون نشست یافته نیز بالاتر و موجودات زنده نیز در معرض خطر خواهند گرفت. در نواحی که سنگ های آذرین اسیدی، شیل های ارگانیکی [5 و 6]، فسفریت های دریایی [7] بنتونیت، بوکسیت و سنگ های دگرگونی [8] گسل و شکستگی های فعال حضور دارند، نشست و جریان رادون بیشتر است. از طرفی آبرفت های نشات یافته در این سنگ ها نیز با حفظ کانی های مقاوم حاوی اورانیوم و رادیوم مقادیر قابل توجهی رادون به خاک یا آب وارد می کنند. در آب های سطحی به دلیل جا به جایی و تحرک آب، مقدار رادون (^{222}Rn) سریعاً از آب خارج شده و هیچ نگرانی وجود ندارد. در بسیاری از شهرهای ایران بخشی از آب شرب شهری و روستایی از سفره های آب زیرزمینی تامین می شود. در صورت بالا بودن غلظت رادون محلول در آب، لازم است رادون از آب حذف شده یا مقدار آن در حد معینی کاهش داده شود. در صورت جریان یا هوادهی آب در تصفیه خانه ها مقدار رادون به شدت کاهش می‌یابد. چنانچه آب زیرزمینی بلافاصله پس از برداشت به شبکه مصرف تزریق شود، امکان جدایش و جداسازی رادون محلول فراهم نخواهد شد. در این پژوهش چندین نمونه از آب شرب مشهد به منظور کاهش سطح رادون محلول مورد بررسی قرار گرفته است.روش‌های مرسوم کاهش رادون عبارتند از سیستم کربن فعال گرانولی(GAC) و انواع سیستم های

هوادهی(ستون فشرده، پاششی، سینی کم عمق) است[9]. این دستگاه ها هنوز در ایران موجود نیست یا ساخته نشده است.

شرح و بحث:

روش مطالعه: در این پژوهش روش های متفاوت و ساده ای برای کاهش سطح رادون در آب شرب شهر مشهد به کار گرفته شده است. نمونه های مورد نظر در روز پر مصرف هفته از شبکه آب شرب شهری برداشت شده است. نمونه ها با سیستم PRASSI مدل 5S مورد سنجش قرار گرفته اند و نتایج برحسب پیکوگوری بر لیتر pci/L ارائه شده اند. ذیلا این روش ها توضیح داده می شوند:

1- روش جوشش: نمونه ها ی اخذ شده از شبکه ی آب شهری جوشانده شده به ترتیب پس از 5، 10 و 15 دقیقه میزان رادون نمونه ها اندازه گیری شد. نتایج مورد نظر در جدول 1 ارائه شده است. در این نمونه ها مقدارادون محلول با جوشش نسبت عکس دارد و پس از 15 دقیقه جوشش به حدود 20-15 درصد به مقدار اولیه کاهش می یابد (نمودار 1). راندمان رهاسازی رادون در این روش حدود 80% است. از معایب این روش رها شدن رادون محلول به محیط آشپزخانه،پایین آمدن شدید منحنی و مصرف زیاد انرژی است.

2- هوادهی: این روش نمونه بسیار ساده ای از سیستم هوادهی ستون فشرده است. در این روش با استفاده از یک دستگاه پمپ هوای 4 کانال خانگی با قدرت 20 L/min، توان 24 وات و با فشار 0/012 مگاپاسگال، هوای اتاق به بخش تحتانی ستون آب دمیده شده و در زمان های 3 دقیقه ای از آب نمونه برداری و اندازه گیری رادون صورت گرفته است. در جدول1 نتایج مزبور ارائه شده است. در این نمونه ها مقدار رادون پس از 10 دقیقه هوادهی به حدود 10 % مقدار اولیه کاهش یافت (نمودار2). راندمان این روش تا 90 % است. از معایب این روش رهاسازی رادون در فضای آشپزخانه یا محیط هوادهی است. علاوه بر این بایستی تمهیدات لازم برای شستشوی لوله ها قبل از هوادهی و تهویه هوای خروجی اندیشیده شود. مصرف انرژی در این روش نسبتا پایین است.

3- استفاده از سیستم ها ی تصفیه خانگی: این روش تا حدی به سیستم کربن فعال گرانولی(GAC) شباهت دارد. در این سیستم های تصفیه از انواع فیلتر های تصفیه میکروبی و کربن فعال گرانولی استفاده می‌شود. برای آزمایشات هم از ظروف تصفیه پرتابل و هم از دستگاه های تصفیه ثابت (یا فیلتر) قابل نصب در سیستم آب مصرفی آشپزخانه استفاده شده است. به علت اینکه نمونه آب پس از عبور از درون فیلترها به مخزن منتقل می‌شود، مدت زمان تصفیه قابل کنترل نیست.

3-1- ظروف تصفیه پرتابل: در نمونه های مورد آزمایش میزان رادون محلول در آب به حدود 50-40 درصد مقدار اولیه کاهش یافت(جدول1 و نمودار 3).

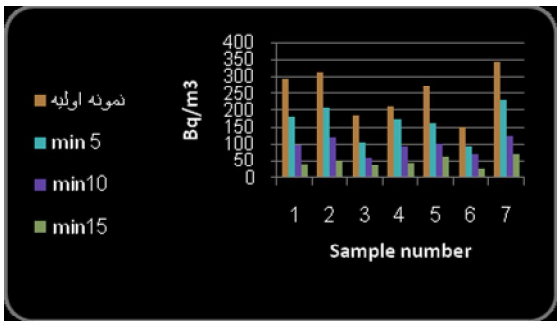
3-2- دستگاههای تصفیه ثابت: در نمونه های مورد آزمایش با این روش میزان رادون اولیه محلول در آب بین 100-90 درصدکاهش یافت. در این دستگاه ها آب تصفیه شده به یک منبع ذخیره 20 لیتری هدایت شده و سپس برای مصرف پمپاژ می‌شود. احتمالا آب تصفیه زمان کافی برای توقف و حذف مقدار ناچیز رادون باقیمانده را به دست می‌آورد. (جدول1 و نمودار 4).

مزایا:راندمان کاهش رادون در این روش از تمام روش های فوق الذکر بالاتر و مصرف انرژی آن نیز ناچیز و همزمان با تصفیه آب، رادون نیز حذف می‌گردد.در این روش دختران رادون نیز از آب جدا می‌شوند.

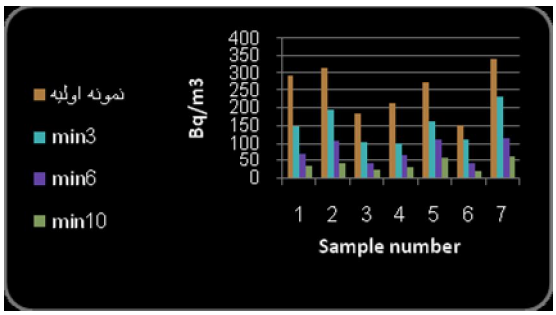
معایب: احتمال دارد که در طول زمان، با جدایش رادون، تشعشع(رادیواکتیویته) فیلتر ها زیاد شود و فضای آشپزخانه خود به منبع کسیل رادیواکتیو تبدیل شود. گرچه در این مورد آزمایشی انجام نشد. لیکن از آنجایی که در این دستگاه های تصفیه رادون محلول به طور طبیعی جدا می شود، لازم است مصرف کنندگان این سیستم فیلتر های مصرفی را براساس راهنمای دستگاه به موقع تعویض نمایند.

جدول 1 - مقادیر اولیه و کاهش یافته رادون در نمونه های مختلف آب مشهد با روش های مختلف (مقادیررادون بر حسب Bq/m^3می باشد).

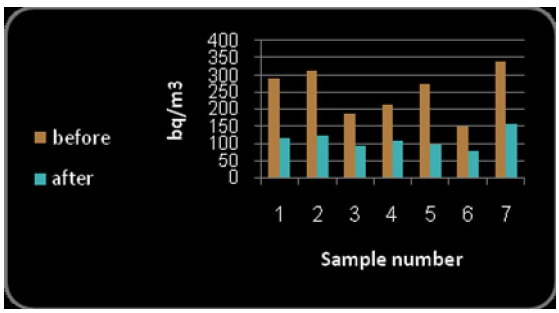
روش											
تصفیه ثابت		تصفیه پرتابل		هوادهی				جوشاندن			
پس از تصفیه	در نمونه اولیه	پس از تصفیه	نمونه اولیه	پس از 10 دقیقه	پس از 6 دقیقه	پس از 3 دقیقه	درنمونه اولیه	پس از 15 دقیقه	پس از 10 دقیقه	پس از 5 دقیقه	در نمونه اولیه
0/00	292/7	115/3	292/7	32/1	70/4	147/1	292/7	40/12	99/3	181/3	292/7
18/3	314/3	125/2	314/3	39/1	107/2	195/3	314/3	54/1	122/3	217/0	314/3
0/00	185/1	92/3	185/1	20/2	41/3	102/4	185/1	37/5	60/4	104/1	185/1
11/3	212/1	109/7	212/1	27/8	67/5	98/5	212/1	47/1	94/9	172/3	212/1
13/1	273/2	97/5	273/2	60/4	109/1	162/3	273/2	64/2	101/7	164/1	273/2
21/00	151/3	77/1	151/3	19/3	41/9	110/2	151/3	26/5	70/3	92/7	151/3
39/3	341/7	157/3	341/7	64/1	112/4	230/6	341/7	73/1	124/5	230/1	341/7



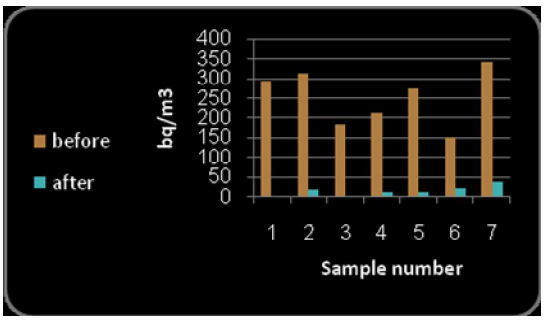
نمودار 1 - مقادیر اولیه و کاهش یافته رادون در نمونه های آب شرب مشهد پس از 5، 10 و 15 دقیقه جوش



نمودار 2 - مقادیر اولیه و کاهش یافته رادون در نمونه های آب شرب مشهد پس از 3، 6 و10 دقیقه هوادهی



نمودار 3 - مقادیر اولیه و کاهش یافته رادون در نمونه های آب شرب مشهد پس از عبور از ظروف تصفیه پرتابل خانگی مجهز به کربن فعال



نمودار 4 - مقادیر اولیه و کاهش یافته رادون در نمونه های آب شرب مشهد پس از عبور از دستگاه های تصفیه ثابت مجهز به کربن فعال

نتیجه گیری:

وجود مقدار زیاد رادون محلول در آب هم باعث خروج و تجمع رادون در مکان های مصرف آب خانگی شده و هم از طریق استنشاق و آشامیدن سبب آسیب رساندن به نسوج زنده می‌شود. بر اساس گزارشات منتشره آشامیدن آب حاوی رادون عامل فراگیر و موثر ابتلا به سرطان دانسته نشده است ولی برخی از محققان بروز سرطان معده را به دختران رادون در مدت زمان هضم مربوط دانسته اند. با توجه به تفاوت الگوی مصرف آب در ایران لازم است مقایسه تطبیقی بین میزان رادون در آب آشامیدنی و برخی بیماری ها صورت گیرد. در این پژوهش روش های ساده و ارزان جهت کاهش میزان رادون محلول در آب آشامیدنی مورد آزمون قرار گرفت. جوشانیدن آب کمترین راندمان را داشته و غیر اقتصادی ترین روش است. در روشهای هوادهی و استفاده از فیلتر های تصفیه آب مجهز به کربن فعال، ضمن تصفیه آب، رادون محلول نیز حذف می شود.

مراجع:

, Charles E. Merrill Rub. Co,[1] Kellez, E.A., 1990, Environmental geology columbul.

[2] Dyess, T.M.,1668, Radon in Environmental analysis and remediation, john Wiley and Sons, New York, 4018-4044.

[3] Mudd, Q.M./2008/Radon sources and impacts a review of mining and non-mining issues, Rev Environ Sci Biotchnol, 7:.325-353.

[4] عباس زاده، ا. ،1381، اثرهای زیست محیطی گاز رادون-222 و اهمیت توجه به آن در ایران، مجله ی علوم و فنون هسته ای، شماره 26، صفحات 31-17.

5] Nash, J.T., granger, H.C., and Adams, S.S., 1981, Geology and concepts of [Genesis of important types of uranium deposits, Econ. Geol., 75th Ann, vol., pp.66-116.

[6] Clark, S.P. and others, 1966, Abundance of U- Th and K-Ar, in handbook of Physical constants, Geol .soc. Am., Memoir, 97, PP:.251-541.

[7] Rogers, j. j. W. and Adams/j. A.S., 1967, Uranium: in wedepohl, K.H., ed., Handbook of Geochemistry, Springer Verlag, Berlin, V.2/Pt.1, chap.9, 250PP.

[8] یزدی،م ، خشنودی، خ، (مترجمین) 1386،کانسارهای اورانیوم گرمابی،پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، 292 صفحه.

[9] Robillard, P. D., Sharpe, w. E., Swistock, B. R., Reducing Radon in Drinking Water, Downloaded from Internet, resources.cas.psu.edu,WaterResources, pdfs, radon.pdf