*بررسی خطرات گاز رادون و مسیرهای ورود آن به منازل مسکونی*

حمیدرضا مکرمی[[1]](#footnote-1)، علی خوانین

اهداف آموزشی:

از خواننده مقاله انتظار می‌رود:

1- مشخصات فیزیکی و شیمیایی گاز رادون را شرح دهد.

2- اثرات زیان آور گاز رادون را بیان نماید.

3- مقادیر مجاز مواجهه با رادون را بیان نماید.

4- منابع نشر گاز رادون در شهرها را شرح دهد

5- نحوه پیشگیری از عوارض گاز رادون را بیان نماید.

خلاصه

رادون یک گاز پرتوزای طبیعی بدون بو، مزه و رنگ، با نقطه میعان 62- درجه سانتی­گراد با چگالی 8 برابر هوا است. طبق گزارش­های سازمان جهانی بهداشت، این گاز بعد از سیگار، دومین عامل سرطان شش در جامعه محسوب می­شود. آمار نشان می­دهد گاز رادون هر سال مسئول 21000 مرگ ناشی از سرطان ریه در امریکا می­باشد. تقريباً مي توان گفت رادون يكي از خطرناك ترين موادي است كه هر روزه افراد را مورد تهديد قرار مي دهد. بررسی­های صورت گرفته نشان می­دهد بیشترین مواجهه انسان با رادون در منازل مسکونی و درپی نشت رادون از پی ساختمان و ورود آن به داخل ساختمان رخ می­دهد. با این وجود، نتایج بررسی­های به عمل نشان می­دهد خانه­های مسکونی نقاط مختلف کشور ما از نقطه نظر گاز رادون مورد بررسی دقیق قرار نگرفته و برآورد دقیقی از میزان پرتوگیری متوسط مردم در این رابطه وجود ندارد. علاوه بر این، اطلاع رسانی دقیقی در مورد خطرات گاز رادون توسط سازمان­های مسئول صورت نگرفته است. در نتیجه هدف از این تحقیق، بررسی خطرات رادون، منابع تولید رادون، راه­های ورود آن به منازل مسکونی و بررسی مطالعات انجام گرفته در کشور در مورد ارزیابی میزان رادون در منازل مسکونی و میزان خطر آن در مناطق مختلف کشور می­باشد.

می­شود. نسبت موارد ابتلا به سرطان­های ریه ناشی از رادون با توجه به غلظت آن در کشورهای مختلف و نحوه محاسبات، از ۳ تا ۱۴ درصد تخمین زده شده است]1[. نتایج تحقیقات حاکی از آن است که کارگرانی که در معادن اورانیوم با غلظت بالایی از این

مقدمه

گاز رادون از جمله مهمترین و خطرناک ترین گازهای موجود در محیط­های مسکونی و کاری است. طبق گزارش­های سازمان جهانی بهداشت، این گاز بعد از سیگار، دومین عامل سرطان شش در جامعه محسوب خی

گاز مواجهه دارند، ریسک ابتلا به سرطان ریه در آنها بالا است. مطالعات در اروپا، امریكای شمالی و چین تایید كرده است كه غلظت كمتر رادون در محیط های مسکونی نیز خطراتی برای سلامتی دارد و اساساً در بروز سرطان های ریه در سراسر جهان تاثیرگذار است]2[. طبق بررسی های صورت گرفته، گاز رادون هر سال مسئول 21000 مرگ ناشی از سرطان ریه در امریکا می­باشد]3[. خطر گاز رادون برای افراد سیگاری به مراتب بیش­تر از افراد غیر سیگاری است. به ­طوری که نتایج مطالعات نشان می­دهد خطر ابتلا به سرطان ریه برای افرادی سیگاری که در معرض غلظت­های بیش از حد رادون هستند، تقریباً 25 برابر بیشتر از افراد غیر سیگاری است]4[. بررسي محققان نشان مي دهد كه زندگي در خانه اي كه ميانگين غلظت رادون Pci/L 5/1 باشد، خطر مرگ در اثر سرطان را 3/0 درصد افزایش می­دهد. طبق گزارش دانشمندان انگليسي ارتباط معني­داري بين مقدار رادون در محيط­هاي بسته و وقوع سرطان در كودكان وجود دارد. تقريباً مي توان گفت رادون يكي از خطرناك ترين موادي است كه هر روزه افراد را مورد تهديد قرار مي دهد]5[.

رادون (222Rn) یک گاز پرتوزای طبیعی بدون بو، مزه و رنگ، با نقطه میعان 62- درجه سانتی­گراد و چگالی 8 برابر هوا است. این گاز محصولی از سری واپاشی طبیعی 238U، 235U و 323Th است]6[. بر طبق گزارش کمیسیون بین­المللی حفاظت در برابر پرتوها (ICRP)، رادیو ایزوتوپ 222Rn تولید شده از واپاشی 238U، منبع اصلی (تقریباً 65 درصد) تابش­های داخلی در زندگی بشر بوده و بیش از نیمی از دوز جذبی طبیعی در افراد ناشی از رادون می­باشد]7[. بطور کلی عنصر رادون با عدد اتمی 86 دارای 27 نوع ایزوتوپ می­باشد که از رادون 200 شروع و به رادون 226 ختم می­گردد. با توجه به اینکه اغلب آن­ها ناپایدار هستند، فرصت رسیدن به سطح زمین و تجمع در محیط­های بسته را پیدا نمی­کنند. اما رادون 222 با نیمه عمر 82/3 روز که محصول واپاشی اورانیوم 238 می­باشد، فرصت رسیدن به سطح زمین و تجمع در منازل و سایر محیط­های بسته را پیدا می­کنند. با توجه به اینکه رادون گازی شکل است می­تواند از طریق تنفس وارد ریه می­شود. در جریان تنفس، به علت کوتاه بودن زمان توقف هوا در ریه­ها، در اثر بازدم، 75 تا 80 درصد از رادون هوا- تقریباً بدون آسیب رساندن به بدن- خارج می­شوند؛ اما محصولات واپاشی 20 تا 25 درصد دیگر آن، یعنی 218Po، 214Pb، 214Po و214Bi عامل اصلی خطر می­باشند، که در میان آنها 214Po و 218Po مهمتر هستند]8[. این عناصر پرتوزا که همه جامدند، هنگامی تولید در ریه به جدار آن می­چسبند و ممکن است حتی وارد خون شوند]9[. محصولات واپاشی برای رسیدن به حالت پایداری، از خود ذرات آلفا ساطع می­کنند. انرژی ذرات آلفای ساطع شده در حجم کوچکی از نسوج متمرکز می­شود و باعث شکستن پیوندهای شیمیایی، یونش، تشکیل بنیان­های آزاد و آسیب رساندن به مولکول­های DNA می­گردد. در هر حال، تغییراتی که در سلول­ها پدیدار می­شوند، ممکن است برگشت پذیر و یا برگشت ناپذیر باشند. تغییرات برگشت ناپذیر ممکن است موجب سرطان در ریه شوند]10[.

بیشترین مواجهه انسان با رادون در منازل مسکونی رخ می­دهد. به طور معمول ورود گاز رادون به منازل از مسیرهای مختلف صورت می­گیرد که خاک و سنگ­های پوسته زمین در زیر ساختمان عموماً منبع اصلی تولید و ورود رادون به محیط­های مسکونی است. در واقع اولین منبع اصلی گاز رادون در درجه اول اورانیوم و سپس توریوم موجود در خاک و سنگ می­باشد. بسته به زمین شناسی منطقه، میزان رادونی ورودی از این طریق به خانه­ها متفاوت است. بدین معنی که گاز رادون تولید شده توسط آنها در بسترهای زیرین زمین براحتی از میان خاک­ها به بالا نفوذ کرده و به فضای آزاد راه می­یابد. مقدار متوسط اورانیوم در پوسته زمین برای سنگ ppm3 و برای خاکppm 1/2 و درکل برای پوسته زمین ppm7/2 برآورد شده است]11[. اگر چه اورانیوم و به تبع آن رادیوم در تمام سنگ­ها و خاک­ها وجود دارد، ولی مقدار آن با توجه به منطقه و نوع سنگ متغیر است. به ­طور معمول میزان اورانیوم در سنگ­های آذرین اسیدی مثل گرانیت، شیل­های سیاه و بعضی از سنگ­های دگرگونی مثل گنایس و شیست بیشتر از سنگ­های دیگر می­باشد. بعنوان مثال، مقدار متوسط آن در سنگ­ گرانیت که دارای غلظت بالای اورانیوم می­باشد، حدودppm 7/4 بوده و در بعضی از گرانیت­ها بهppm 40-20 هم می­رسد. بر عکس میزان اورانیوم در سنگ­های آذرین بازی مثل بازالت، سنگ­های رسوبی فاقد فسفات­ها و بعضی از سنگ­های دگرگونی مثل مرمر و کوارتز معمولاً اندک است. مثلاً مقدار اورانیوم در بازالت در حدود ppm 9/0 برآورد شده است]12[. به دلیل وجود اورانیوم و توریوم در اغلب سنگ­ و خاک­های که مصالح ساختمانی از آنها ساخته می­شوند مصالح ساختمانی از عوامل دیگر ورود این گاز به داخل ساختمان­ها می­باشند. روی هم رفته، مصالح ساختمانی در محیط، آهنگ دز را 40 تا 50 درصد افزایش می­دهند]13[. این نسبت به پارمترهای ساختاری منازل مسکونی مانند نوع مصالح، میزان کاربرد و نحوه به کارگیری از آنها بستگی دارد.  همچنین رادون از طریق آب بویژه آب­های زیرزمینی، گاز طبیعی و نفت وارد ساختمان­ها می­شود که مقدار آن از این مسیرها در مقایسه با رادون آزاد شده از پوسته زمین بسیار ناچیز است]14[.

گاز رادون با توجه به منبع تولیدی از طریق ترک­های موجود در کف ساختمان، اتصال دیوارها به کف، ترک دیوارها، حفره­­های کف ساختمان از قبیل چاهک­ها و زهکش­ها، حفره­های مابین بلوک­های بتونی که پر نشده­اند، قطعی­ها و بریدگی­هایی که جهت انقباض و انبساط در نظر گرفته شده­اند، حفره­های اطراف لوله­کشی سرویس­های بهداشتی و حفره­های داخل دیوار به تدریج وارد ساختمان شده و بسته به جریان و فشار هوا و دیگر شرایط ساختاری ساختمان در آن تجمع می­یابد]4[. در کل مهمترین منبع ورود گاز رادون نشت آن از پی ساختمان­ها به داخل ساختمان است که این پدیده در اثر نوسان فشار رخ می­دهد. فشار پایین در داخل یک ساختمان (فشار منفی) موجب خروج گاز رادون از خاک­های پی و نفوذ آن به داخل ساختمان می­شود. این نوسان فشار بر اثر عواملی مختلفی نظیر بالا بودن هوای داخل ساختمان، هوای مصرفی توسط بخاری، اجاق و مشعل و غیره و نیز تهویه مکانیکی یا هوای تخلیه شده به بیرون توسط هواکش داخل آشپزخانه، حمام و دستشویی رخ می­دهد. مجموع این عوامل باعث افت فشار و در نتیجه ایجاد فشار منفی گردیده و میزان آزادسازی گاز رادون را افزایش می­دهد]13[. در مجموع غلظت رادون در زیر زمین­ها بیشتر است و در طبقه همکف ساختمان­ها به طور متوسط 50 درصد بیش از طبقه اول است]10[. با توجه به اینکه در ساختمان­های جدید به منظور کاستن از اتلاف انرژی گرمایی، نسبت به خروج هوای داخل بهتر عایق­کاری می­شوند و معمولاً تهویه آنها ضعیف­­تر است، میزان تجمع رادون در آنها اغلب اندکی بیشتر از دیگر ساختمان­ها است]15[.

مقدار گاز رادون داخل ساختمان در طول شبانه­روز متفات است، به­طوری­که در شب افزایش و در روز کاهش می­یابد؛ علاوه بر این در روز به سبب باز و بسته شدن درها، مقداری از ازن تجمع یافته تخلیه می­شود. غلظت رادون در فصل­های مختلف سال نیز تغییر پذیر است: در تابستان که تبادل هوا از طریق پنجره­ها و کولر­ها بخوبی انجام می­شود، غلظت آن کمتر خواهد بود. به­طور کلی هر اقدامی که باعث کاهش فشار هوا در داخل ساختمان شود به ورود رادون از پوسته زمین (پی ساختمان) به ساختمان کمک خواهد کرد]12[.

به­طور معمول برای بیان میزان غلظت رادون در هوا از واحد بکرل یا کوری استفاده می­شود. حد مجاز پیشنهاد شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) Pci/L4 (148 بکرل بر متر مکعب) است كه در محدوده بيش از اين مقدار بايستي عمليات احتياطي صورت گيرد و هنگامي كه ميزان آن به Pci/L8 رسيد بايستي اقدامات پيشگيرانه انجام گيرد]3[. همچنین سازمان جهانی بهداشت (WHO) حد مبنا برای کاهش خطرات ناشی از مواجهه با گاز رادون را 100 بکرل در متر مکعب را در نظر گرفته است. در صورتی که بدلیل عوامل مختلف و شرایط ویژه هر کشور نتوان این سطح را رعایت کرد، میزان مبنا نباید بالاتر از 300 بکرل در مترمکعب باشد که تقریباً برابر با 10 میلی سیورت در سال است]1[.

نتیجه گیری:

با عنایت به مطالب ذکر شده در بالا مشخص می­شود که خطر گاز رادون یک مشکل اساسی است که سازمان­های جهانی از جمله سازمان جهانی بهداشت توجه ویژه­ی به آن در سال­های اخیر داشته­اند. با این وجود، نتایج بررسی­های به عمل نشان می­دهد خانه­های مسکونی نقاط مختلف کشور ما از نقطه نظر گاز رادون مورد بررسی دقیق قرار نگرفته و برآورد دقیقی از میزان پرتوگیری متوسط مردم در این رابطه وجود ندارد. علاوه بر این، اطلاع رسانی دقیقی در مورد خطرات گاز رادون توسط سازمان­های زیرربط صورت نگرفته است. این در حالی ­است که عواملی نظیر کوهستانی بودن، سبک خانه­سازی، نازک بودن لایه خاک و زیاد بودن عمق آب­های زیر زمینی، بویژه در مناطق خشک ایران مرکزی و شرق ایران، حاکی از این است که غلظت رادون در خانه­های مناطق متعددی از ایران امکان دارد در سطحی بالاتر از حد اقدام قرار داشته

باشند. همچنین در برخی از مناطق کشور، ساختمان­ها و منازل مسکونی برروی بسترهایی از سنگ­های گرانیت و شیل­های غنی از مواد آلی احداث شده­اند که از جمله می­توان به بعضی از نواحی واقع در استان­های آذربایجان، زنجان، یزد و کرمان اشاره نمود. به­علاوه، مطالعات محدود انجام گرفته در مناطقی از ایران مانند رامسر، تهران و گناباد نیز حکایت از وجود بیش از حد مجاز گاز رادون در داخل خانه­ها دارد]12[. از سوی دیگر، معماري ساختمان­های جهان در سال­های اخیر نشان از استفاده گسترده از سنگ گرانيت داشته است كه كشور ما ايران نيز از این قاعده مستثنی نیست. مطالعات انجام گرفته نشان می­دهد نرخ آزادسازی گاز رادون از سنگ­های گرانیت مورد استفاده در ساختمان­های تهران در سطح بالای است و عامل موثر در نرخ آزادسازي گاز رادن از سنگ گرانيت، غلظت راديم و توريم در سنگ مي باشد]16[. لذا بهتر است سنگهاي گرانيت مورد استفاده از معادني استخراج شوند كه غلظت راديم و توريم يا به طور كلي غلظت اورانيوم كمتري داشته باشند كه اين امر نياز به مطالعات گسترده و تهيه نقشه پرتو زايي طبيعي كشور دارد. علاوه بر این باید در استفاده گسترده از سنگ­های گرانیت در داخل ساختمان­هایی که هوا در داخل آنها محبوس می­باشد و می­تواند تجمع یابد، محدود گردد. بنابراین برنامه­ریزی جهت بررسی و اندازه­گیری میزان گاز رادون در مناطق مسکونی و کار، کنترل و استفاده صحیح از مصالح ساختمانی بویژه انواع سنگ­ها، موضوعی است که مسئولین امر باید توجه جدی به آن داشته باشند.

سوالات آموزشی:

1- مشخصات فیزیکی و شیمیایی گاز رادون را کدامند؟

2- گاز رادون چه اثرات زیان آوری بر روی سلامتی انسان دارند؟

3- میزان مجاز مواجهه با گاز رادون چقدر است؟

4- گاز رادون در شهرها چگونه منتشر می گردد؟

5- چگونه می توان از عوارض گاز رادون پیشگیری نمود؟

**منابع**

1. World Health Organization. In: Shannoun HZa, ed. WHO handbook on indoor radon, a public health perspective. Geneva: World Health Organization, 2009.
2. Veloso B, Nogueira JR Cardoso MF, Lung cancer and indoor radon exposure in the north of Portugal – an ecological study. Cancer Epidemiology 2011; 367: 1-7.
3. US Environmental Protection Agency(EPA). 2009b. News Releases By State. Radon Action Could Save Many Lives 01/07/2009. (Accessed Apr. 23, 2010). Available at: http://yosemite.epa.gov/opa/admpress. nsf/8b770facf5edf6f185
4. Kench R, Radon.The RoSPA Occupational Safety & Health Journal, July 2009: 23-26.
5. Kitto ME, Emission of radon from decorative stone. Proceedings of the American Association of Radon Scientists and Technologists 2008 International Symposium LasVegas NV, September 2008:14-17.
6. Finn LS, Detection, measurement and gravitational radiation. Phys Rev 1992; 46(12): 5236-49.
7. International Commission on Radiological Protection. Protection against radon-222 at
8. Home and at work. Annals of the ICRP. Publication 1993; 22(2), Oxford, Pergamon Press, available at: www.icrp.org/docs/histpol/.pdf.
9. Alphen EL, Radiation biophysics. Prentice hall international editions, Englewood cliffs, NJ 1990.
10. Underhill PT, Naturally occurring radioactive material, principles and practices, St. LUKE press, Delray Beach 1996.
11. Neill PO, Environmental chemistry, 2nd ed., Chapman and Hall, London 1993.
12. Hundak PK, Distribution of indoor radon concentration and uranium-bearing rocks in Texas. Environmental Geology1996; 28 (1):29-33.
13. عباس نژاد ا، اثرهای زیست محیطی گاز رادون و اهمیت توجه به آن در ایران. مجله علوم و فنون هسته­ای1381؛ شماره 26: 31-17.
14. غیاثی م، بیت الهی م، فلاحیان ن، پرتوگیری از منابع طبیعی پرتو. سازمان انرژی اتمی 1993.
15. روفه گری نژاد ج، روفه گری نژاد ر، خطرات ناشی از تجمع گاز رادون و راه­های جلوگیری و کاهش آن در ساختمان­ها. مجله پیام 1387؛ 7 (26-25):29-24.
16. Dyess TM, Radon in buildings, in; Environmental analysis and remediation, Meyers RA, Wiley J, New York 1998.
17. Ebrahimi H, Monazam MR, Evaluation of Radon Exhalation Rate from Granite Stone. Journal of Scientific &Industrial Research 2010; 69(4): 234-238.

1. گروه بهداشت حرفه­ای و محیط، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ايران Mokarami39@yahoo.com [↑](#footnote-ref-1)