

رادون و سلامت

* واحد اجرای زمین شناسی پزشکی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

قسمت اول

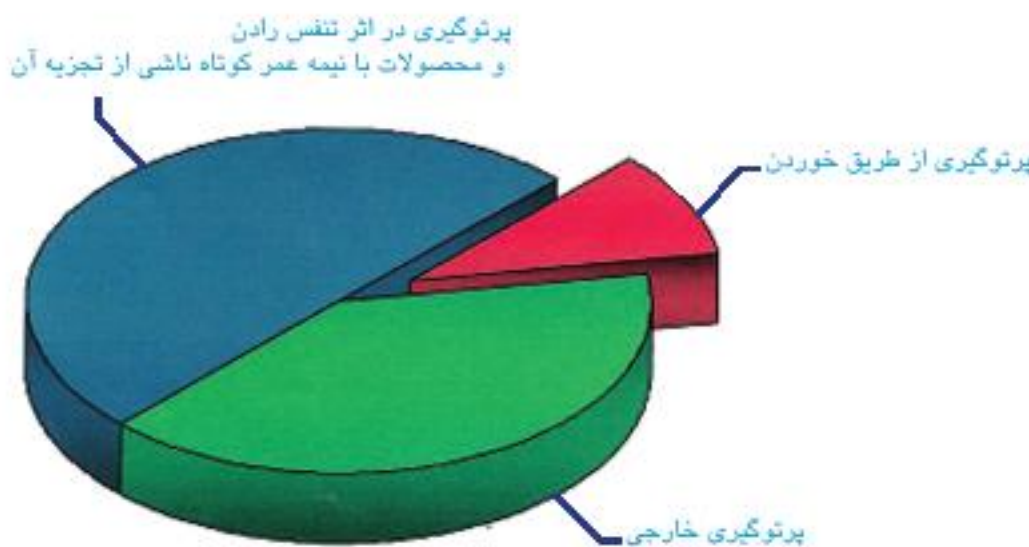
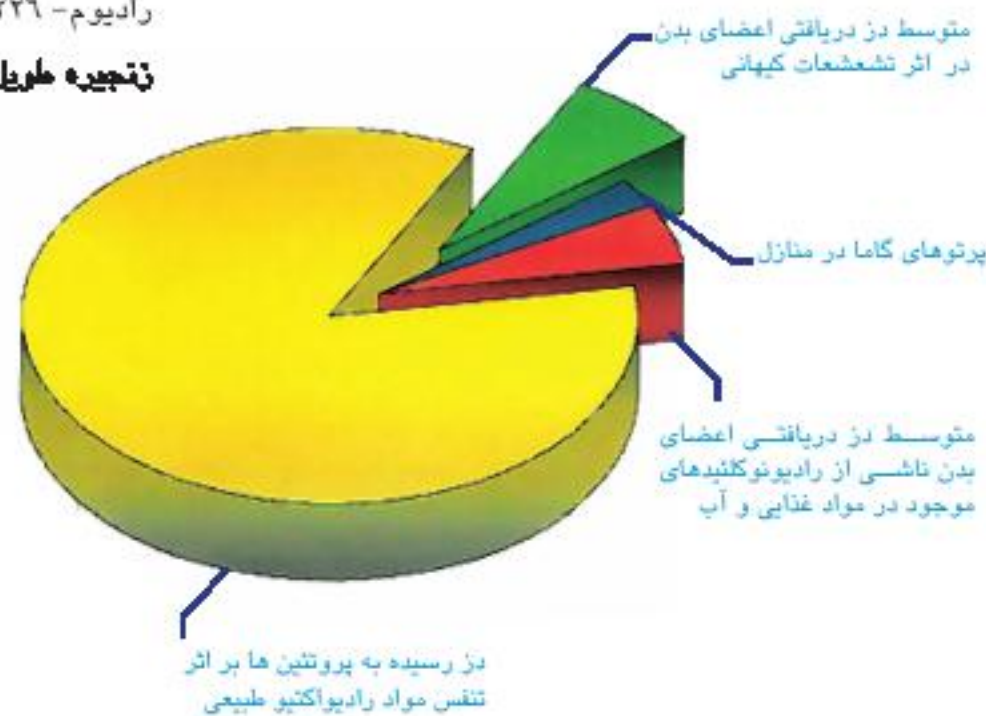
از این شماره قصد داریم به بررسی خصوصیات عنصر رادون و اثرات زیانبار آن روی جوامع بپردازیم. ابتدا از خواص این گاز رادیواکتیو و آسیب های ناشی از آن می گوئیم و سپس در شماره های بعدی به راههای ورود رادون به خانه ها و ساختمان های مسکونی و تأثیر پرتوزایی رادون روی سلامت انسان ها و حیوانات می پردازیم.

در طبیعت اتمهای زیادی هستند که ناپایدارند و می توانند به اتمهای دیگر عناصر تبدیل شوند و تشعشع آزاد کنند. این فرآیند "رادیواکتیویته" و تغییر مذکور "واپاشی رادیواکتیو" خوانده

می شود. اتمهای ناپایدار که طی واپاشی تغییر می کنند و به عناصر دیگر تبدیل می شوند، رادیونوکلئید یا رادیوایزوتوپ نام دارند. سرعت تغییر یا واپاشی یک رادیونوکلئید ناپایدار از طریق نیمه عمر آن تعیین می شود و عبارت است از مدت زمانی که طی آن، نیمی از اتم های یک عنصر تخریب شوند. هر چه نیمه عمر کوتاهتر باشد، انرژی ساطع شده شدت تخریبی بیشتری دارد. این تشعشعات اغلب از ذرات آلفا، بتا و گاما تشکیل شده اند.

انسان دائماً از منابع پرتوزای طبیعی در محیط زیست پرتوگیری می کند. یکی از این منابع، گاز رادون است. رادون یک گاز رادیواکتیو طبیعی با علامت اختصاری Rn، عدد اتمی ۸۶ و عدد جرمی ۲۲۲ است که به شدت سمی، بی رنگ، بی بو و بی مزه است. رادون، گازی نادر و از لحاظ شیمیایی بی اثر است و به دلیل سنگینی محل تجمع آن رطوبت پایین و زیرزمینها می دانند. رادون، سنگین ترین گاز بوده و ۹ برابر سنگین تر از هواست. این گاز از واپاشی رادیوم-۲۲۶ به وجود می آید که یکی از اجزای **زنجیره طولی واپاشی اورانیوم-۲۳۸** است.

همه ما دائماً در حال پرتوگیری از منابع طبیعی پرتوزا (خانواده های اورانیوم-۲۳۸، توریوم-۲۳۲ و اورانیوم-۲۳۵)، رادیونوکلئیدهای طبیعی منفرد از قبیل پتاسیم که در خاک وجود دارند و نیز تشعشعات کیهانی هستیم. البته از طریق منابع پرتوزای مصنوعی (ریزشهای اتمسفریک، تأسیسات هسته ای، کاربرد رادیوایزوتوپ ها در صنعت، پزشکی و ...) نیز پرتوگیری می کنیم، اما بالاترین دز پرتوها از پرتوهای طبیعی است که قسمت اعظم آن مربوط به پرتوگیری رادون است. گاز رادون در ردیف عوامل سرطان زا (Carcinogen) قرار دارد و می تواند از طریق تنفس وارد بدن شود و به عنوان دومین عامل ابتلاء به سرطان ریه پس از استعمال دخانیات شناخته شده است. مقادیر جزئی رادون از طریق غذا و آب وارد بدن می شود، اما تنفس، راه اصلی ورود رادون و دخترانش به بدن است. محصولات حاصل از تجزیه رادون با اتصال به آئروسول ها، ذرات موجود در هوا و دود از طریق تنفس وارد بدن شده و برخی از آنها در بدن می مانند و باعث پرتوگیری می شوند. ۲ دختر رادون به نامهای پلونیوم-۲۱۸ و پلونیوم-۲۱۴ ساطع کننده ذرات آلفا (α) هستند که در صورت تجزیه در ریه، به راحتی در مجاری تنفسی می مانند و باعث



سرطانی شدن سلولهای ریه می‌شوند. پرتوهای آلفا ناشی از تجزیه رادون مستقیماً به بافتهای حساس ریه آسیب می‌رسانند و در برخورد با هسته سلولها، آنها را می‌کشند یا صدمات جدی به آنها وارد می‌کنند که عقیم شدن یکی از انواع آن صدمات است. ممکن است بعضی از سلولهای آسیب دیده، قابلیت تولید مثل داشته باشند، در این صورت، شروع به تکثیر نامحدود و سرطانی شدن می‌کنند. بیشترین سرطان‌ها از آسیب وارده به یک سلول به وجود می‌آیند، بنابراین تنها یک ذره آلفا (α) هم می‌تواند تغییرات وسیعی را در DNA سلول ایجاد کند که شامل جهشهای ژنتیکی و تغییر شکل است. این جهشها ممکن است باعث نقص فیزیکی در جنین در حال رشد شود. البته هر فردی که پرتوهای رادون را دریافت کرده باشد بلافاصله به سرطان ریه مبتلا نمی‌شود بلکه همیشه بین زمان پرتوگیری و بروز عوارض، ممکن است سالها (۵ تا ۲۵ سال) فاصله باشد. سیگار کشیدن همراه پرتوگیری از رادون، خطر ابتلا به سرطان ریه را جدی‌تر دارد، ترک سیگار و کاهش سطح دریافت رادون در کم کردن خطر ابتلا به این بیماری مؤثر است. تنفس رادون در هوای داخل خانه، سالانه باعث ۲۰ هزار مورد مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در آمریکا و ۲۰۰۰ - ۲۰۰۰ مورد مرگ در انگلیس می‌شود. خطر ابتلا به سرطان ریه در غلظت های بالای رادون کاهش می‌یابد، زیرا بیشتر سلولهای ریه به دلیل پرتوگیری قبل از سرطانی شدن، کشته می‌شوند و مقداری پرتو نیز در سلولهای کشته شده ذخیره می‌شود. تحقیقات نشان داده است خطر ابتلا به سرطان ریه ناشی از رادون موجود در هوا، بیشتر از خطر ابتلا به سرطان معده بر اثر آشامیدن آب حاوی رادون است. ریسک نسبی دریافت رادون در خانه برای کودکان و خانمهای خانه دار بالاتر است زیرا آنها اغلب اوقات خود را در خانه یا طبقات همکف سپری می‌کنند و دز بیشتری را دریافت

می‌کنند. طبق قوانین وضع شده از سوی FDA و EPA میانگین تلفات ناشی از رادون ۱۰۰۰ برابر بیشتر از تلفات ناشی از هر عامل سرطان زا یا سمی دیگر است.

بعضی از بخشهای بدن نسبت به آسیب حاصل از پرتو زایی حساس‌ترند (به‌خصوص ریه‌ها و استخوان‌ها) این بخشها حساسیت بالاتری نسبت به دیگر اعضای بدن دارند.

متوسط میزان هوای مورد نیاز برای تنفس هر شخص در روز حدود ۲۰ هزار لیتر است که همراه آن مقادیری از ذرات موجود در هوا و آئروسول‌ها نیز وارد ریه می‌شوند. بیشتر رادونی که از طریق دم وارد بدن می‌شود با بازدم خارج می‌شود. همچنین قسمتی از محصولات حاصل از واپاشی رادون که به‌صورت ذرات جامد فلزی بسیار ریز و غیر قابل رؤیت است، از طریق سرفه از سیستم تنفسی خارج می‌شوند. بخشی که می‌ماند، به‌علت نیمه عمر بسیار کوتاه قبل از اینکه ریه فرصت پاکسازی آنها را داشته باشد، واپاشی می‌کنند. در حقیقت محصولات حاصل از واپاشی رادون هستند که ریسک سرطان ریه را به‌وجود می‌آورد.

آسیب‌های ناشی از پرتوهای یونیزان :

اثرات جسمی پرتوهای یونیزان از اختلال جزئی و موقتی در بعضی از اعمال فیزیولوژیک تا خطرات جدی مانند کاهش طول عمر، کاهش مقاومت بدن در مقابل بیماری‌ها، کاهش قدرت تولید مثل، آب مروارید، سرطان خون یا انواع دیگر سرطان و آسیب به جنین در حال رشد، متفاوت است.

واکنش‌های حاصل از یونیزاسیون در ماکروملکول‌های حیاتی (DNA) به ۲ گروه مستقیم و غیر مستقیم دسته بندی می‌شوند؛ زمانی اثر مستقیم ناشی از پرتو اتفاق می‌افتد که ملکول‌های DNA هسته مستقیماً مورد تابش پرتو قرار گیرد. نتیجه نابودی مستقیم یک ملکول DNA این است که سلول قادر به تقسیم نبوده و فقط می‌تواند مدتی به زندگی ادامه دهد.

عدم جایگزینی سلول نابود شده به مرگ بافت مورد نظر منجر می‌شود.

اثر غیر مستقیم زمانی اتفاق می‌افتد که ملکولی مانند ملکول آب که اهمیت کمتری دارد، به یونها یا رادیکال‌های فعال تجزیه شود؛ اگر این اجزای تجزیه شده با ملکول‌های مهمی مانند DNA ترکیب شوند، باعث اختلال در عمل اصلی DNA شده و آسیب‌های جدی در بافتهای بدن ایجاد می‌شود. حدود ۸۰ درصد از وزن بدن انسان را آب تشکیل می‌دهد که بیشتر یونیزاسیون‌های اولیه در ملکولهای آب صورت می‌گیرد. از تابش پرتو بر آب، رادیکال‌های آزاد H ، OH و e ایجاد می‌شود.

پرتوگیری با دُز زیاد در مدت زمان بسیار کم را پرتوگیری حاد و اثرات ناشی از آن را اثرات زودرس گویند. پرتوگیری‌های درازمدت با دُز کم را که ممکن است آثار آن بعدها مشاهده شود، پرتوگیری مزمن و اثر ناشی از آن را اثرات تأخیری می‌نامند نظیر بروز سرطان.

آسیب‌های بیولوژیکی ناشی از پرتوها به اثرات زودرس و دیررس تقسیم می‌شوند؛ اثرات زودرس با فاصله اندکی پس از پرتوگیری ظاهر می‌شوند. زمان شروع بروز اثرات زودرس می‌تواند برحسب دقیقه، ساعت، روز یا هفته باشد، برخلاف اثرات دیررس که ممکن است توسعه و تظاهر آنها تا سالها به طول انجامد.

چنانچه مقدار زیادی پرتو در زمانی کوتاه به بدن برسد، عوارض حاد آن ممکن است در مدت چند دقیقه، چند ساعت، چند هفته یا بیشتر ظاهر شود. نسوج دارای تغییرات سریع سلولی مثل نسوج گوارشی، نسوج خونساز و تولید مثل نسبت به اثرات اشعه حساس‌ترند.

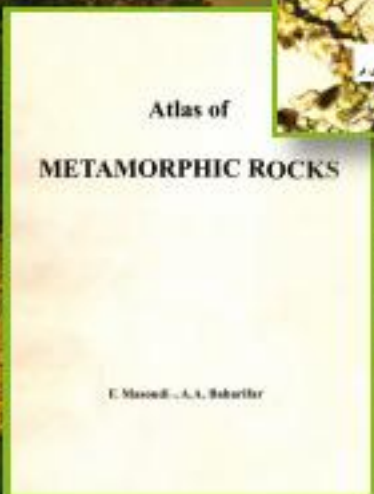
پرتوگیری ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ cGy می‌تواند باعث بروز علائم فوری در دستگاه گوارش و از دست رفتن حجم زیاد مایعات، خون و الکترولیت‌ها شود. مقادیر بیش از ۳۰۰۰ cGy کشنده است. این مقادیر باعث ناتوانی عصبی، لزش و تشنج

گذشته؛ پرتوگیری با مقدار زیاد یا پرتوگیری با دُز کم در طول سالهای متمادی ظاهر شود .
 در هر صورت، دخالت پرتوهای یونیزان در ایجاد سرطان‌های زیر ثابت شده است :
 - سرطان استخوان حاصل از رادیوایزوتوپ‌های موضعی
 - سرطان تیروئید برای گروهی از کودکان پرتودیده جهت درمان بزرگی غده تیموس
 - سرطان کبد ناشی از ماده حاجب دی اکسیدتوریوم
 - سرطان ریه در معدنچیان اورانیوم به علت محصولات حاصل از تخریب رادون (دخترهای رادون)
 - گیلومای بدخیم پس از رادیوتراپی
 دیگر اثراتی که از پرتوگیری با مقدار زیاد ایجاد می‌شود، شامل پیری زودرس، عقب‌ماندگی ذهنی و میکروسفالی، اختلالات تولیدمثل و دستگاه تناسلی است.

پرتو قرار گرفته، فاقد علایم بالینی بوده و هیچگونه علائم ظاهری در او نمایان نباشد.
 مرحله سوم، مرحله تظاهر بیماری است . علایم و نشانه های این مرحله شامل: خستگی، تب، اسهال، بی اشتها، کاهش وزن، ریزش مو، آریتمی، آناکسی، تشنج، اغما و شوک است.
 آثاری که پرتوها در دستگاه تولید مثل و تناسلی ایجاد می‌کند، شامل عقیمی، عدم تولید اسپرم، قطع قاعدگی، مسمومیت یا مرگ جنین است.
 و مرحله آخر، مرحله بهبود یا مرگ است که یکی از این دو حالت اتفاق می‌افتد.
 اثرات دیررس تشعشعات :
 اصطلاح اثرات دیررس به اثرات درازمدتی مانند بیماری‌های بدخیم، آسیب موضعی بافتها، کاهش طول عمر، آسیب‌های ژنتیکی و اثرات بالقوه بر جنین اطلاق می‌شود . اثرات دیررس ممکن است در نتیجه یک پرتوگیری حاد در

می‌شود . با مقادیر نسبتاً بالا تقریباً خیلی سریع مرگ رخ می‌دهد.
 بیماران مبتلا به سندرم حاد ناشی از پرتوها ۴ مرحله را طی می‌کنند؛ این ۴ مرحله عبارتند از :
 ۱ - مرحله اولیه (پرودرومال)
 ۲ - مرحله نهفته
 ۳ - مرحله بروز بیماری
 ۴ - مرحله بهبود یا مرگ
 پرودرومال به مراحل اولیه بیماری اطلاق می‌شود که علایم و نشانه های آن به میزان پرتوگیری وابسته است که بی اشتها، تهوع، اسهال و استفراغ، دردهای ناکهانی شکم، افزایش ترشحات بزاق، هیدراسیون، خستگی، ضعف، آریتمی، تب، مشکلات تنفسی، سردرد و کاهش فشار خون را شامل می‌شود.
 سپس مرحله نهفته بروز می‌کند که در این مرحله ممکن است فردی که در معرض تابش

اطلس سنگهای دگرگونی



علی‌رغم افزایش روز افزون کاربرد روش‌های گوناگون در شناسائی و مطالعه کانیها و سنگ ها، هنوز مطالعه مقاطع نازک تهیه شده از سنگها به عنوان مقدمه ای بر روشهای دیگر بطور گسترده کاربرد دارد. در این میان بررسی میکروسکوپی سنگهای آذرین و رسوبی و دگرگونی اطلاعات جامع و کاملی را از سنگها ارائه می‌کند.
 این کتاب مرجع مناسبی به زبان فارسی است و میتواند مطالعه کنندگان سنگهای دگرگونی را با مطالب مربوط به این سنگها آشنا و مفاهیم اولیه را تصحیح کند. مطالب این کتاب بر مسب ضرورت و براساس برنامه درسی دوره های کارشناسی (زمین شناسی و معدن در ۴ فصل تنظیم شده است.
 در بخش اول کلیات و تعاریف درج شده است. در بخش دوم فابریکهای متداول سنگهای دگرگونی و در بخش سوم سنگهای با ترکیبات متفاوت در شرایط دگرگونی مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. و در نهایت در بخش چهارم برخی از مواردی که در تفسیر سنگهایی که دگرگونی هستند بکاررفته است مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کتابخانه سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور