

رادن

گردد آوری و تدوین

فرید اصغری راد

مجتبی کاکایی

مؤلف: فرید اصغری زاده، ۱۳۴۰، مجتبی کاکی، ۱۳۵۶.

رادن / [گردآوری و تدوین]:

مؤلفین: فرید اصغری زاده، مجتبی کاکی

تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۹۶.

۲۰۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۲۰-۰

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا

عنوان اصلی

۱. رادن

۲. جنبه‌های زیست محیطی

۳. اندازه گیری

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

رده بندی کنگره: ۹۶ ۲ ۶۰۰ ۱۸۱ QD

رده بندی دیویی: ۶۶۸ ۹۶

شماره کتابشناسی ملی: ۲۰۱۶۴۷۰

نام کتاب: رادن

مؤلفین: فرید اصغری زاده، مجتبی کاکی

ویراستار علمی: سید مهدی حسینی پویا

ویراستار ادبی و فنی: مهدیه السادات عامل ابرامیمی

ویرایش صفحه بندی و تنظیم جلد: شادی معماری آذر

ناظر فنی: فریا علی اکبری

تیراژ: ۱۰۰ جلد

چاپ: ۱۳۹۶

نوبت چاپ: اول

قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: چاپخانه دیجیتال آبنوس

ناشر: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۲۰-۰



پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

کلیه حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای است.

براساس آخرین اطلاعات ارائه شده از کمیته علمی سازمان ملل در زمینه اثرات پرتوهای اتمی (UNSCAR)، استنشاق گاز رادون و محصولات واپاشی آن از جمله مهم ترین عوامل پرتوگیری انسان از منابع پرتوزای طبیعی به شمار می رود. گاز رادون مؤثرترین عامل در دوز دریافتی مردم از منابع پرتوزای طبیعی است. براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)، در بیشتر کشورهای دنیا، حدود ۵۰٪ پرتوگیری عمومی از منابع پرتوی طبیعی مربوط به رادون بوده است.

کمیته ملی حفاظت در برابر پرتو ایالات متحده، آمریکا (NCRP) در گزارش سال ۱۹۸۷ میلادی خود اعلام کرده است که بیش از ۸۰٪ پرتوگیری افراد جامعه ای آمریکا ناشی از منابع پرتوزای طبیعی بوده است که از این میزان بیش از ۵۵٪ پرتوگیری سالانه دریافت شده به علت استنشاق گاز پرتوزای رادون-۲۲۲ و محصولات واپاشی آن است. حدود ۱۰٪ از همه ی مرگ و میرهای ناشی از سرطان ریه به علت استنشاق گاز رادون در فضای بسته بوده است. در برخی از کشورها براساس میزان آسیب ناشی به سلامت عموم مردم و کارکنان در ساختمانها (مسکونی - شغلی) و معادن زیرزمینی، حدود آستانه ای تعیین شده است که براساس آن نباید فرد در معرض پرتوگیری تجمعی بیش تر از این حد در سال قرار گیرد. همچنین بر این اساس و با توجه به عوامل مختلف تأثیرگذار، اقدامات چاره ساز یا حفاظتی پرتوی باید صورت گیرد.

با توجه به مطالب ذکرشده و بررسی و پژوهش‌هایی که مؤلفان و چند تن از همکاران طی سالیان گذشته در زمینه‌ی بررسی نحوه‌ی تولید و انتشار و اندازه‌گیری رادُن انجام داده بوده‌اند، بر آن شدیم که اطلاعات گردآوری‌شده را در قالب کتابی در اختیار علاقمندان و به ویژه پژوهشگران و دانشجویان عزیز قرار دهیم.

در این کتاب پس از ارایه‌ی مطالبی در خصوص شناخت رادُن و نحوه‌ی تولید و انتشار آن، به بررسی اثرات و خطرات آن پرداخته و روش‌های اندازه‌گیری رادُن ارایه شده است. در سه فصل پایانی مطالبی در زمینه‌ی ایمنی و حفاظت پرتوی در برابر گاز رادُن، رادُن در معادن و کار ده‌ای رادُن تدوین شده است.

در این جا ر همه‌ی همکارانی که با ما در تألیف و گردآوری این کتاب همکاری داشته‌اند صمیمانه تشکر می‌کنیم. اسامی این عزیزان به ترتیب تدوین و گردآوری مطالب هر فصل پس از ایدمه‌ی کتاب ارایه شده است.

فرید اصغری زاده

مجتبی کاکالی

۹۶۰۰

فهرست

۱

۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	پرتوزایی طبیعی ناشی از اثرات زمینی	۱
۱-۲-۱	پرتوزایی طبیعی ناشی از اثرات زمینی - گاز رادون	۲
۲-۲-۱	پرتوزایی طبیعی ناشی از اثرات زمینی - اورانیم	۴
۳-۱-۱	پرتوزایی طبیعی ناشی از اثرات زمینی - توریم	۵
۴-۲-۱	پرتوزایی طبیعی ناشی از اثرات زمینی - پتاسیم	۵
۴-۱	پرتوزایی زمین‌شمار از اثرات پرتوهای کیهانی	۵
۵-۱	مقایسه‌ی اثرات بردگیری از منابع طبیعی و مصنوعی	۷
۶-۱	مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا (HLNRA)	۹
۶-۱-۱	تعریف و معیارهای مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا	۹
۶-۱-۲	مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا در جهان	۱۱
۶-۱-۳	منشأ پرتوزایی طبیعی در منطقه‌ی رامهرمز ایران	۱۳
۶-۱-۴	مطالعات جهانی بر روی ساکنان مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا	۱۴
۶-۱-۴-۱	کرالا در هند	۱۴
۶-۱-۴-۲	یانگ‌جیانگ در چین	۱۵
۱۶	مراجع	

۲

۲۱	شناخت رادون	
۱-۲	مقدمه	۲۱
۲-۲	ایزوتوپ‌های رادون	۲۲
۳-۲	تولید و انتشار رادون ۲۲۲	۲۳
۴-۲	دختران رادون	۲۵
۵-۲	غلظت گاز رادون در محیط‌های مختلف	۲۶
۵-۲-۱	گاز رادون در آب	۲۶

۲۷.....	۲-۵-۲ گاز راژن در ساختمان‌ها.....
۲۷.....	۲-۵-۳ میزان غلظت راژن در سنگ‌ها.....
۲۹.....	۲-۶-۲ راه‌های ورود راژن به بدن.....
۳۰.....	۲-۷-۲ سطح مرجع و آستانه‌ی اقدام در کشورهای مختلف.....
۳۱.....	۲-۸-۲ راه‌های کاهش اثرات راژن.....
۳۲.....	مراجع.....

۳

۳۷.....	تولید انتشار راژن.....
۳۷.....	۳-۱-۱ مقدمه.....
۳۸.....	۳-۲-۲ اثرات عوامل محیطی بر انتشار گاز راژن.....
۳۸.....	۳-۲-۳ ۱-۲-۲ دما.....
۳۸.....	۳-۲-۳ ۲-۲-۲ فشار هوا.....
۳۸.....	۳-۲-۳ ۳-۲-۲ بارندگی.....
۳۹.....	۳-۲-۳ ۴-۲-۲ سرعت وزش باد.....
۳۹.....	۳-۳-۲ فرایند انتشار گاز راژن.....
۳۹.....	۳-۳-۳ ۱-۳-۳ متصاعدشدن گاز راژن.....
۳۹.....	۳-۳-۳ ۲-۳-۳ انتقال.....
۳۹.....	۳-۳-۳ ۳-۳-۳ آزادسازی یا خروج از خاک.....
۴۰.....	۳-۴-۲ آهنگ تولید راژن.....
۴۱.....	۳-۵-۲ ضریب تصاعد.....
۴۲.....	۳-۶-۲ عوامل موثر در تصاعد گاز راژن.....
۴۲.....	۳-۶-۳ ۱-۶-۳ اندازه‌ی ذرات و توزیع رادیوم.....
۴۳.....	۳-۶-۳ ۲-۶-۳ رطوبت.....
۴۴.....	۳-۶-۳ ۳-۶-۳ نوع کانی.....
۴۵.....	۳-۷-۲ ضریب تصاعد راژن از مواد طبیعی.....
۴۶.....	۳-۸-۲ ضریب بخش.....
۵۰.....	۳-۸-۱ آزادسازی راژن.....
۵۱.....	۳-۹-۲ اندازه‌گیری متغیرهای موثر بر شار آزادسازی راژن.....
۵۱.....	۳-۹-۳ ۱-۹-۳ اندازه‌گیری ضریب تصاعد.....
۵۴.....	۳-۹-۲ ۲-۹-۳ اندازه‌گیری ضریب بخش.....
۵۶.....	۳-۱۰-۲ تخمین متغیرهای موثر بر شار آزادسازی راژن.....

- ۱۰-۳-۱ ضریب تصاعد راژن (E) ۵۶
- ۱۰-۳-۲ ضریب پخش (Dr) ۵۸
- ۱۰-۳-۳ غلظت پرتوزایی راژن ۵۹
- مراجع ۶۰

۴

- اثرات و خطرات راژن ۶۷
- ۱-۴ مقدمه ۶۷
- ۲-۴ آشنایی با مفاهیم مورد نیاز برای تخمین میزان پرتوگیری از راژن و دختران آن ۶۹
- ۳-۴ آبروکار اثر راژن ۷۵
- ۴-۴ تأثیر راژن بر سانی افراد در محیط‌های بسته ۷۷
- ۵-۴ خطر ابتلا به سرطان در معادن راژن ۸۱
- ۶-۴ طرح‌های پیشنهادی انجمن ملی علوم در گزارش ششم اثرات بیولوژیکی پرتوهای ۸۳
- ۷-۴ برون‌یابی از شرایط سندن شرایط مسکونی ۸۵
- مراجع ۸۶

۵

- اندازه‌گیری غلظت گاز راژن و محصولات واپاشی آن ۸۹
- ۱-۵ مقدمه ۸۹
- ۲-۵ دستگاه‌های غیرفعال ۹۰
- ۱-۲-۵ آشارسازهای ردپای هسته‌ای حالت جامد (SSNTD) ۹۱
- ۱-۱-۲-۵ مزایا و معایب این روش به شرح زیر است ۹۳
- ۲-۱-۲-۵ ردپای ذرات آلفا (بدون فیلتر) ۹۴
- ۲-۲-۵ آشکارساز الکترت ۹۴
- ۳-۲-۵ روش گیراندازی راژن ۹۵
- ۱-۳-۲-۵ سلول سوسوزن یا روش لوکاس ۹۵
- ۲-۳-۲-۵ سلول سوسوزن تخلیه‌شده ۹۶
- ۴-۲-۵ آشکارسازهای جذبی زغال فعال ۹۶
- ۵-۲-۵ کارت آلفا ۹۸
- ۳-۵ دستگاه‌های فعال ۹۹
- ۱-۳-۵ پایش پیوسته‌ی راژن ۹۹

- ۱-۳-۵ کالیبراسیون آشکارسازهای پایش پیوسته‌ی رادن..... ۱۰۱
- ۲-۳-۵ بررسی زمینه..... ۱۰۲
- ۲-۳-۵ کرن اکتیو..... ۱۰۲
- ۳-۳-۵ پمپ-کیسه‌ی تاشو..... ۱۰۲
- ۴-۵ آشکارسازهای اندازه‌گیری سطح کاری..... ۱۰۳
- ۱-۴-۵ آشکارساز آنی سطح کاری..... ۱۰۳
- ۲-۴-۵ آشکارسازهای تجمعی سطح کاری..... ۱۰۳
- ۳-۴-۵ آشکارسازهای گیراندازی سطح کاری..... ۱۰۳
- ۵-۵ روش‌های اندازه‌گیری رادن در آب..... ۱۰۴
- ۱-۵-۵ شمارش سوسوزن مایع..... ۱۰۴
- ۲-۵-۵ استخراج رادن از..... ۱۰۴
- ۶-۵ اندازه‌گیری شار رادن از خاک..... ۱۰۵
- ۱-۶-۵ روش جمع‌آوری رادن..... ۱۰۵
- ۱-۱-۶-۵ معیار انتخاب محفظه‌ی جمع‌کننده..... ۱۰۶
- ۲-۱-۶-۵ مدلی برای تفسیر اطلاعات غلظت..... ۱۰۷
- ۲-۶-۵ روش جریانی..... ۱۰۹
- ۳-۶-۵ جذب سطحی..... ۱۱۰
- ۷-۵ مقایسه بین روش‌های اندازه‌گیری رادن..... ۱۱۱
- ۸-۵ روش‌های عملی اندازه‌گیری رادن با دستگاه آلفاگارد..... ۱۱۴
- ۱-۸-۵ معرفی دستگاه آلفاگارد..... ۱۱۵
- ۲-۸-۵ کارکرد دستگاه..... ۱۱۵
- ۳-۸-۵ ذخیره‌سازی اطلاعات..... ۱۱۶
- ۴-۸-۵ کالیبراسیون دستگاه..... ۱۱۶
- ۵-۸-۵ اندازه‌گیری رادن در خاک به وسیله‌ی دستگاه آلفاگارد..... ۱۱۶
- ۱-۵-۸-۵ مکان‌یابی محل اندازه‌گیری رادن..... ۱۱۶
- ۲-۵-۸-۵ مراحل اندازه‌گیری رادن در خاک..... ۱۱۷
- ۳-۵-۸-۵ محاسبه‌ی میزان غلظت رادن..... ۱۱۹
- ۴-۵-۸-۵ محاسبه‌ی عدم قطعیت..... ۱۱۹
- ۶-۸-۵ رفع مشکل اشباع شدن..... ۱۲۱

۱۲۱	 ۸-۶-۱ اندازه گیری غلظت راژن
۱۲۲	 ۸-۶-۲ محاسبه ی خطا
۱۲۳	 ۸-۷-۷ اندازه گیری راژن در هوای فضای بسته به وسیله ی دستگاه آلفاگارد
۱۲۳	 ۸-۷-۱ ملاحظات قبل از اندازه گیری
۱۲۴	 ۸-۷-۲ محل های اندازه گیری
۱۲۴	 ۸-۷-۳ مدت زمان اندازه گیری
۱۲۵	 ۸-۷-۴ ذخیره و ثبت اطلاعات دستگاه و پارامترهای محیطی
۱۲۵	 ۸-۷-۵ روش اجرا
۱۲۷	 ۸-۸-۱ اندازه گیری راژن در آب
۱۲۸	 ۸-۸-۱-۱ مرحله ی اول
۱۲۸	 ۸-۸-۲ مرحله ی دوم
۱۳۱	 ۸-۸-۳ مرحله ی سوم
۱۳۲	 مراجع

۶

۱۳۵	 ایمنی و حفاظت در برابر راژن
۱۳۵	 ۶-۱ مقدمه
۱۳۶	 ۶-۲ منشأ راژن در ساختمان ها
۱۳۸	 ۶-۳ جلوگیری از نفوذ راژن و کاهش آن
۱۳۸	 ۶-۳-۱ سازماندهی اقدامات لازم برای کاهش و پیشگیری از نفوذ راژن
۱۳۸	 ۶-۳-۲ معیارهای طراحی سیستم های کنترل راژن
۱۳۹	 ۶-۳-۳ پژوهش براساس دستورالعمل ها و استانداردها
۱۳۹	 ۶-۳-۴ آموزش متخصصان راژن و آزمون مهارت های لازم
۱۳۹	 ۶-۴ پیشگیری از نفوذ راژن در ساختمان های جدید
۱۴۰	 ۶-۴-۱ ارزیابی کارایی روش های پیشگیری از نفوذ راژن
۱۴۰	 ۶-۴-۲ ارزیابی منطقه قبل از ساخت
۱۴۰	 ۶-۵ روش های کاهش راژن در منازل مسکونی موجود
۱۴۱	 ۶-۵-۱ روش کاهش فشار زیرسطحی (SSD)
۱۴۲	 ۶-۵-۱-۱ کاهش فشار خاک به روش فعال (ASD)
۱۴۴	 ۶-۵-۱-۲ کاهش فشار خاک به روش غیرفعال (PSD)
۱۴۵	 ۶-۶ نقاط مکش متعدد
۱۴۶	 ۶-۷ تهویه ی زیرهمکف
۱۴۶	 ۶-۸ درزبندی کف ساختمان و استفاده از غشا

۱۴۶	۹-۶ بهبود سیستم تهویه فضاهای مسکونی
۱۴۸	۱۰-۶ برداشت خاک‌های زیرین و اطراف ساختمان
۱۴۸	۱۱-۶ تصفیه‌ی آب
۱۴۸	۱۲-۶ چاه راذن
۱۵۰	۱-۱۲-۶ چاه راذن در هلولا (فنلاند)
۱۵۱	۱۳-۶ نمای کلی از کارآمدی روش‌های اصلاح
۱۵۶	مراجع

۷

۱۵۹	راذن در معدن
۱۵۹	۱-۷ مقدمه
۱۶۰	۲-۷ ویژگی‌های هوا در داخل معدن
۱۶۰	۱-۲-۷ دما
۱۶۰	۲-۲-۷ رطوبت نسبی
۱۶۱	۳-۲-۷ توزیع میزان ذرات هوابرد
۱۶۱	۴-۲-۷ غلظت حجمی راذن
۱۶۲	۵-۲-۷ مدت زمان تهویه‌ی هوا
۱۶۲	۶-۲-۷ غلظت حجمی محصولات واپاشی راذن
۱۶۳	۷-۲-۷ غلظت حجمی ذرات معلق در هوا با عمر طولانی
۱۶۴	۳-۷ حفاظت در برابر پرتوگیری در معدن
۱۶۴	۴-۷ پایش و کنترل دز
۱۶۵	۱-۴-۷ اندازه‌گیری دز گامای خارجی
۱۶۵	۲-۴-۷ اندازه‌گیری راذن و محصولات واپاشی آن
۱۶۵	۵-۷ ارزیابی پرتوگیری شغلی در معدن‌کاران
۱۶۵	۱-۵-۷ پایش فردی
۱۶۶	۱-۱-۵-۷ دزیمترهای فردی غیرفعال
۱۶۶	۲-۱-۵-۷ دزیمترهای فردی فعال
۱۶۷	۲-۵-۷ پایش محل کار
۱۶۹	۶-۷ تهویه در معدن
۱۶۹	۱-۶-۷ بررسی عملکرد سیستم تهویه
۱۷۰	۷-۷ کنترل گرد و غبار
۱۷۰	۱-۷-۷ اندازه‌گیری پرتوزایی آلفا در گرد و غبار
۱۷۱	۲-۷-۷ اندازه‌گیری آلودگی سطحی
۱۷۱	۸-۷ تجهیزات حفاظت فردی

۱۷۲	۱-۸-۷ وسایل حفاظت تنفسی
۱۷۲	۲-۸-۷ کمک‌های اولیه
۱۷۲	۹-۷ آموزش معدن‌کاران
۱۷۳	۱۰-۷ نظارت بر سلامت معدن‌کاران
۱۷۳	۱۱-۷ روابط بین غلظت پرتوزایی آلفا و دز موثر اجباری
۱۷۸	مراجع

۸

۱۷۹	کاربردهای رادون
۱۷۹	۱-۸ معدن
۱۸۰	۲-۸ تعیین حدود آلودگی نفتی زیر سطح زمین
۱۸۶	۳-۸ پیش‌بینی زلزله
۱۸۸	۴-۸ آب‌شناسی
۱۸۹	۵-۸ کاربرد در پزشکی
۱۹۱	مراجع
۱۹۵	واژه‌نامه

www.ketaboo.ir