استفاده از دزیمترهای TLD در برآورد گامای محیطی ناشی از هسته‌های پرتوزای موجود در خاک

INC29-1091

بهارک اسلامی*

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، ص. پ. ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵ تهران، ایران.

چکیده:

هسته‌های پرتوزا به‌صورت طبیعی و مصنوعی در آب، خاک، سنگ و هوا وجود دارند پس همه انسان‌ها در معرض تابش‌های هسته‌ای قرار دارند. اندازه‌گیری تابش زمینه طبیعی در ارزیابی میزان دز جذبی حائز اهمیت است. زیرا نتایج حاصل از این اندازه‌گیری می‌تواند به‌عنوان داده‌های پایه برای ارزیابی مقدار نسبی اثرات هسته‌های پرتوزای طبیعی و یا دست‌ساز بشر استفاده شوند. به دلیل اهمیت هسته‌های پرتوزای طبیعی، بررسی میزان دز ناشی از پرتودهی هسته‌های پرتوزای موجود در خاک به‌منظور برآوردی از میزان دز جذبی گامای محیطی در مناطق مختلف سودمند می‌باشد. زیرا در بعضی از مناطق تابش‌های زمینه نسبتاً بالایی ناشی از تجمع برخی از هسته‌های پرتوزا در خاک مشاهده شده است. به این منظور در این مقاله سعی شده است تا برآوردی از میزان دز جذبی ناشی از گامای محیطی با استفاده از دزیمترهای حساس به پرتو گامای TLD-۱۰۰ انجام شود.

کلیدواژه‌ها : تابش‌زمینه، هسته‌پرتوزا، خاک.

The use of TLD dosimeters in the assessment of environmental gamma radiation caused by radioactive nucleus in the soil

B. Eslami[1*]

Department of Physics, Payame Noor University (PNU), P.O. Box 19395-4697, Tehran, Iran

Abstract:

Radioactive nuclei exist naturally and artificially in water, soil, rock, and air. So, all humans are expose to nuclear radiation. Measurement of natural background radiation is important in evaluating radiation exposure. Because the results of this measurement can be used as basic data to evaluate the relative amount of the effects of the release of natural or fabricated radioactive nucleus. Due to the importance of natural radioactive nucleus, it is useful to investigate the dose caused by the radiation of radionuclides in the soil in order to estimate the amount of environmental gamma radiation in different areas. Because relatively high background radiation has observe due to the accumulation of some radioactive nucleus in the soil. For this purpose, in this article, it has been try to estimate the amount of radiation exposure caused by environmental gamma using TLD-100 gamma radiation sensitive dosimeters.

Keywords: Background radiation, Radioactive nucleus, Soil.

۱. مقدمه

انسان‌ها همواره در معرض پرتوهای یون‌ساز قرار دارند. یکی از منابع این پرتوها، تابش‌های هسته‌ای مربوط به هسته‌های پرتوزای موجود در آب، خاک، سنگ است. پرتوهای یون‌ساز برای موجودات زنده مضر هستند و باعث بروز بیماری‌های مختلف و گاها ناهنجاری‌های ژنتیکی می‌گردند[1]. برخی از این ویژه هسته‌های پرتوزا از طریق چرخه مواد غذایی و دستگاه تنفس وارد بدن انسان می‌شوند و باعث دز جذبی داخلی می‌گردند. پرتوگیری داخلی به‌مراتب خطرناک‌تر از دز جذبی خارجی بوده و حفاظت در مقابل آن پیچیده‌تر و مشکل‌تر می‌باشد. پرتوهای یونیزانی که موجودات زنده همواره و به‌طور طبیعی در معرض تابش آن‌ها قرار دارند، پرتوهای زمینه نامیده می‌شوند. منابع اصلی تابش به موجودات زنده، پرتوهای کیهانی که از فضای خارج و سطح خورشید به زمین می‌رسند و همچنین هسته‌های پرتوزای موجود در پوسته زمین که در خاک، مواد ساختمانی، آب، هوا و گیاهان یافت می‌شوند، مربوط می‌شوند. لذا می‌توان گفت منابع طبیعی پرتوزا عامل اصلی در پرتوگیری انسان و موجودات زنده محسوب می‌گردند، بسته به غلظت هسته‌های پرتوزای طبیعی در مواد طبیعی موجود در محیط و نحوه به‌کارگیری آن‌ها، ممکن است زیان‌هایی را با شدت‌های متفاوت به همراه داشته باشند. مطالعه پرتوزایی طبیعی دارای اهمیت است زیرا نسل بشر از آغاز همواره تحت تابش این پرتوهای یونیزان بوده است. وقتی‌که ما درباره پرتوهای یونیزان ساخت بشر دچار نگرانی می‌شویم، مقایسه و اندازه‌گیری مقادیر پرتوزایی مصنوعی با پرتوزایی طبیعی که سهم طبیعی انسان است، از اهمیت بسیار برخوردار می‌باشد.

عوارض مخرب ناشی از پرتوهای یونیزان از دیرباز شناخته‌شده است. عمده اثرات زیان‌بار آن به‌این‌علت است که مولکول‌های مختلف موجود در سلول‌های بدن را یونیزه می‌کنند. واکنش سلول‌های بدن نسبت به دزهای دریافت شده غیر از فاکتورهای بیولوژیکی مانند نژاد و سن افراد و جنس و اندام تحت اشعه و مکانیزم‌های بازسازی صدمات ناشی از پرتوها به فاکتورهای دیگری ازجمله شدت پرتو، قدرت و نوع و الگوهای تغییر زمانی پرتوها نیز بستگی دارد[2]. مردم عادی به‌واسطه‌ی وجود هسته‌های پرتوزای منتشرکننده پرتوهای یون‌ساز در پوسته‌ی زمین (پرتوهای زمینی) و متعاقب آن در ترکیبات مصالح ساختمانی و سایر منابع نظیر فروریزه‌های ناشی از آزمایش‌های اتمی و همچنین پرتوهای کیهانی(عمدتاً گاما) به‌طور مستمر در معرض شدت‌های مختلفی از پرتوهای یون‌ساز قرار می‌گیرند. این نوع دز جذبی را حاصل از منابع طبیعی می‌نامند. با توجه به برآورد شورای ملی حفاظت و اندازه‌گیری پرتوها حداقل ٪۸۰ دز جذب‌شده توسط افراد از این نوع منابع می‌باشد. پرتوهای گاما چون دارای قدرت نفوذ و برد زیادی در هوا می‌باشند لذا انسان بیشترین پرتوهای مذکور را از محیط خارج دریافت می‌کند.

همان‌طور که توضیح داده شد، اندازه‌گیری تابش زمینه طبیعی در ارزیابی میزان دز جذبی حائز اهمیت است چراکه نتایج حاصل از این اندازه‌گیری‌ها به‌عنوان داده‌های پایه برای ارزیابی مقدار نسبی اثرات هسته‌های پرتوزای طبیعی و یا دست‌ساز بشر استفاده می‌شوند. ازآنجاکه پرتودهی زمینه نسبتاً بالایی ناشی از تجمع برخی از هسته‌های پرتوزا در خاک مشاهده‌شده است در این مقاله سعی شده است تا برآوردی از میزان دز جذبی ناشی از گامای محیطی ناشی از هسته‌های پرتوزا در خاک با استفاده از دزیمترهای حساس به پرتو گامای TLD[1]-۱۰۰، انجام شود.

۲. روش‌کار

پرتوی گامای محیطی درواقع پرتوهای ناشی از واپاشی هسته‌های پرتوزای طبیعی مانند هسته‌های سری اورانیوم و توریم هستند که منابع زیست‌محیطی اطراف خود را آلوده می‌کنند. پرتوزایی زمینه همیشه در محیط اطراف وجود دارد و همه افراد جامعه به‌طور ثابت در مواجهه با آن قرار دارند[3-4]. پرتوهای گاما از پرتوهای الکترومغناطیسی با انرژی بالا هستند. در معرض تابش قرار گرفتن می‌تواند به‌عنوان عاملی در جهت افزایش خطر ابتلا به سرطان باشد. بر همین اساس فوتون‌های گاما ممکن است صدها و هزاران متر در هوا تا زمانی که به‌طور کامل جذب یا پراکنده شوند،

[1] Thermo Luminescence Dosimeter

مسیر خود را طی نمایند. از مهم‌ترین منابع مواجهه مردم با گاما، هسته‌های پرتوزای طبیعی به‌ویژه پتاسیم- ۴۰ موجود در خاک آب و مواد غذایی است[5-6].

پرتوهای یون‌ساز باعث تخریب رشته‌های دی‌ان‌آ[2] از طریق برخورد مستقیم و یا از طریق رادیولیز آب و تولید آب‌اکسیژنه می شود. آثار تخریبی پرتوها از مختل شدن جزئی و موقتی برخی از اعمال فیزیکی گرفته تا پیامدهای جدی مانند کوتاه شدن عمر، کاهش مقاومت بدن، کاهش قدرت تولیدمثل، ایجاد آب‌مروارید، ایجاد سرطان خون و صدمه به جنین، تراتوژن و موتاژن می‌باشد. تابش باعث یونیزاسیون در مولکول‌های سلولی زنده می‌شود. این یونیزاسیون منجر به آزاد شدن الکترون از اتم‌ها و تشکیل یون‌ها و یا اتم‌های باردار می‌گردد. این یون‌ها در واکنش با سایر اتم‌های سلول‌ها باعث ایجاد خطراتی برای سلول‌ها می‌شوند. اگر پرتو گاما از سلول عبور کند باعث می‌شود تا آب مولکولی که در نزدیکی دی‌ان‌آ قرار دارد یونیزه شده و این یون‌ها باعث واکنش با دی‌ان‌آ و شکستن زنجیره آن می‌شود. سلول‌های تغییریافته ممکن است به‌طور دائم در هنگام تکثیر، سلول‌های غیر نرمال تولید کنند [7]. اساس آخرین داده‌های ارائه شده توسط کمیته علمی سازمان ملل در زمینه اثرات پرتوهای اتمی، متوسط جهانی پرتوگیری هر فرد $2.4\ mSv$ در سال می‌باشد. که معادل $1.1\ mSv$ آن مربوط به پرتوهای گامای محیطی ناشی از پرتوهای کیهانی و مواد پرتوزای موجود در پوسته می‌باشد. میانگین دز مؤثر جهانی ناشی از پرتوهای گامای موجود در خاک ناشی از تابش خارجی برابر با $0.5\ mSv$ می‌باشد[4].

در این پژوهش به‌منظور بررسی تابش گامای محیطی در فضای خارجی از دزیمترهای ترمولومینسانس TLD استفاده شده است. به دلیل حساس بودن دزیمترهای TLD-۱۰۰ نسبت به پرتوهای گاما، برای اندازه‌گیری میزان آهنگ دز معادل حاصل از پرتوهای گاما در این پژوهش از دزیمترهای TLD-۱۰۰ و نیز به‌منظور تحلیل طیف حاصل از دزیمترها از نرم‌افزار Winrems استفاده گردید. میزان دز پرتو گاما ناشی از تابش زمینه‌ای طبیعی با استفاده از دزیمترهای TLD، در ۵ منطقه شهرستان مشکین شهر موردمطالعه قرار گرفت. مطابق جدول (۱)، ۴ ایستگاه در امتداد ۴ جهت اصلی و یک ایستگاه در مرکز مشکین‌شهر انتخاب شدند، تا برآوردی از میزان دز ناشی از پرتوهای گاما در ۳ عمق مختلف خاک در مناطق تحت مطالعه به دست آید. قبل از هرگونه استفاده از این دزیمترها، باید دزیمترها کالیبره شوند. دزیمترها در آزمایشگاه SSLD در کرج با استفاده از چشمه ^{60}Co با انرژی‌های گامای ۱٫۱۷ MeV و ۱٫۳۳ MeV کالیبره شدند. به‌این‌ترتیب ۱۵ دزیمتر TLD ۱۰۰ در مناطق مختلف در ۳ عمق مختلف ۳۰، ۷۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری خاک کاشته شدند. TLD ها به مدت ۷روز در خاک باقی ماندند و پس از گذشت ۷روز از خاک خارج و به آزمایشگاه دزیمتری، جهت قرائت و ارزیابی منتقل شدند.

جدول۱. موقعیت ایستگاه‌های موردبررسی.

ایستگاه	موقعیت	طول و عرض جغرافیایی
1	دانشگاه آزاد	$38^{\circ} - 24' - 15.2''\ N$ $47^{\circ} - 40' - 15.5''\ E$
2	پارک شهر	$38^{\circ} - 23' - 47.2''\ N$ $47^{\circ} - 40' - 09.5''\ E$
3	بوستان مهر	$38^{\circ} - 22' - 31.9''\ N$

[2] DNA

		$47^{\circ} - 40' - 38.4'' \; E$
4	میدان میوه و تره‌بار	$38^{\circ} - 23' - 44.8'' \; N$ $47^{\circ} - 39' - 53.6'' \; E$
5	پارک جنگلی	$38^{\circ} - 23' - 49.8'' \; N$ $47^{\circ} - 41' - 42.8'' \; E$

به‌منظور به دست آوردن میزان دز حاصل از دزیمتر برحسب mSv از رابطه ۱ استفاده کرده‌ایم [8]. که در آن دز جذبی برحسب میلی سیورت و I عدد خوانده شده برحسب nc و ECC[3] ضریب تصحیح حساسیت دزیمترها و $\frac{RL_0}{RL}$ [4] ضریب تصحیح نسبت میانگین شمارش نور مرجع TLD خوان در هنگام درجه‌بندی به شمارش آن در هر زمان دیگری می‌باشد.

$$Dose(mSv) = I(nc) \times \frac{1}{cF} \times ECC \times \frac{RL_0}{RL} \qquad (1)$$

CF[5] ضریب کالیبراسیون می‌باشد و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C = \frac{TL}{(D_w)_{60_{Co}}} \qquad (2)$$

TL سیگنال اندازه‌گیری شده از دزیمتری است که دز جذبی $[(Dw)^{60}{}_{Co}]$ حاصل از فوتون‌های ^{60}Co را دریافت می‌کند. هر دزیمتر ترمولومینسانس قبل از مرحله پرتودهی و کالیبراسیون، باید در کوره‌های مخصوص گرمادهی شود تا سیگنال‌های احتمالی به‌جامانده از اندازه‌گیری‌های قبلی از بین رفته و باعث ایجاد خطا در نتایج آزمایش نگردد. پس از قرائت دزیمترها و به دست آوردن شدت‌جریان برای هرکدام از آن‌ها، به‌منظور به دست آوردن مقدار واقعی دز در هر دزیمتر، مقدار قرائت‌شده برای هر دزیمتر از مقدار میانگین دزیمترهای مرجع کسر گردید.

۳. نتایج

نتایج مربوط به میزان دز جذب‌شده، دز مؤثر سالانه، فعالیت معادل رادیوم با تحلیل و آنالیز دزیمترها برای مکان‌های موردبررسی محاسبه و در جدول ۲ نشان داده‌شده است.

با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده و محاسبه‌شده در جدول (۲) ملاحظه می‌شود که آهنگ دز جذب‌شده در هوا (D) در نمونه‌های خاک و رسوبات از $nGy.h^{-1}$ ۵۳/۷۱ تا $nGy.h^{-1}$ ۱۶۲۵۰ متغیر می‌باشد، مقادیر به‌دست‌آمده در کل نمونه‌ها از $nGy.h^{-1}$ ۵۵ که در جدول (۳) بیان‌شده است، بیشتر می‌باشد. میانگین آهنگ دز برای نمونه‌های خاک $nGy.h^{-1}$ ۴۲۴۸ و میانگین آن برای رسوبات $nGy.h^{-1}$ ۱۰۴/۶۳ به دست آمد. مقدار میانگین کل این پارامتر در تمام نمونه‌ها $nGy.h^{-1}$ ۲۱۷۶/۳۱۵ گزارش می‌شود. بیشترین مقدار آهنگ دز مربوط به منطقه ۳ و مقدار ۱۶۲۵۰ و کمترین مقدار آن مربوط به ناحیه ۶ دارای مقدار ۵۳/۷۱ می‌باشد.

[3] Elemental Correction Coefficient
[4] Reference Light
[5] Calibration Factor

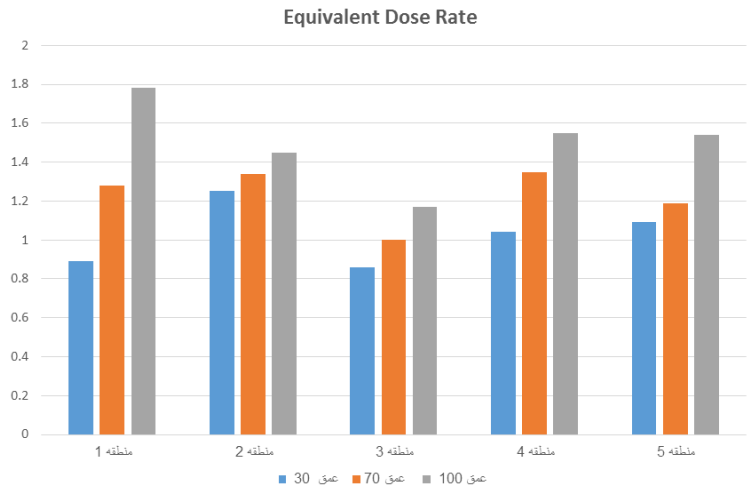
در شکل ۱ نیز مقایسه بین میزان دز معادل در مناطق مختلف برای عمق‌های مختلف ۳۰ ، ۷۰ و ۱۰۰ سانتیمتری خاک نشان داده‌شده است.

جدول۲. نتایج به‌دست‌آمده میزان دز جذب‌شده، دز مؤثر سالانه، فعالیت معادل رادیوم برای مکانه‌ای موردبررسی

نمونه محل	میزان دز جذب‌شده ($nGy.h^{-1}$)	دز مؤثر سالانه ($\mu Sv.y^{-1}$)	فعالیت معادل رادیم ($Bq.kg^{-1}$)
1	870.15	1080.27	1971.93
2	620.52	797.67	1450.96
3	16250	20.08×10^3	35.86×10^3
4	1215.02	1527.50	2709.71
5	108.15	135.12	250.35
6	53.71	70.40	129.92
7	124.74	164.50	307.09
8	138.00	193.77	360.08

جدول ۳. رادیونوکلئید و میزان دز.

	International UNSCEAR(1998)	***International UNSCEAR (2000)*** محدوده	***International UNSCEAR (2000)*** میانگین
^{238}**U**	35 Bq. Kg^{-1}	(16 -110)	35 Bq. kg^{-1}
^{232}**Th**	35 Bq. Kg^{-1}	(11 -64)	30 Bq. kg^{-1}
^{40}**K**	370 Bq. Kg^{-1}	(140 -850)	400 Bq. kg^{-1}
شدت دز	55 nGy. h^{-1}	(18 -93)	55 n Gy. h^{-1}
دز مؤثر سالانه			70µSv. y^{-1}



شکل ۱. میزان دز معادل برحسب $\mu Sv.h^{-1}$ در عمق‌های مختلف.

۴. نتیجه‌گیری

داده‌ها نشان می‌دهند که اختلاف معنی‌داری در عمق‌های ۳۰ و ۷۰ سانتیمتری وجود ندارد. چنین به نظر می‌رسد که توزیع مکانی هسته‌های پرتوزای منتشرکننده گاما در زمین و اتمسفر به‌گونه‌ای است که کاهش شدت گامای کیهانی در عمق‌های کم با افزایش پرتو منتشرشده از زمین خنثی می‌گردد. برای بررسی بیشتر نیاز به مطالعات وسیع‌تری می‌باشد تا بتوان با اندازه‌گیری‌های دقیق مناطق با خطرات بالاتر را شناسایی نمود.

۵. مراجع

1. Anjos, R.M., et al. Radioecology teaching: evaluation of the background radiation levels from areas with high concentrations of radionuclides in soil. European Journal of Physics, 25 (2), 133–144, 2004.
2. UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New York. 2000.
3. Lin YM, Chen CJ, Lin H. Natural background radiation dose assessment in Taiwan. *J Int Environ*; 22:45-48, 1996.
4. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report Vol. I, Annex A: Dose Assessment Methodologies. New York: United Nations; 2000.
5. Almgren S. Studies on the gamma radiation environment in sweden with special reference to 137Cs [Thesis]. Sweden: Göteborg: Sahlgrenska University Hospital; 2008.
6. Tamjidi A. The Estimated Annual Effective Dose and Dose Sensitive Organs of the Body Caused by Environmental Gamma Radiation in Open and Closed Spaces Bushehr City, Iran. Sixth Congress of Medical Physics, Mashhad: Iran, May 2004. [Persian]
7. Saghatchi F, Salouti M, Eslami A. Assessment of annual effective dose due to natural gamma radiation in Zanjan (Iran). *Radiat Prot Dosimetry*; 132:346-9, 2008.
8. Sivakumar, R., Selvasekatapandian, S., Mugunthamanikandan, N. Rayhunath, V. M. “Indoor Gamma Dose Measurments in Gudalore, India, Using TLD”. Journal of Applied Radiation and Isotopes, 56 (6), PP: 883 – 889, 2002.