

بررسی گامای محیطی چشمه های آبگرم قینرجه، ایلاندو و موییل سویی شهرستان مشکین شهر در سال ۸۶-۱۳۸۵

سلمان علی زاده^۱، دکتر حمید سموات^۲، دکتر محمد تقی صمدی^۳

^۱ نویسنده مسئول: کارشناس ارشد بهداشت محیط شبکه بهداشت و درمان شهرستان مشکین شهر E-mail: alizadhe_salman@yahoo.com
^۲ دانشیار گروه فیزیک پزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان
^۳ استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان

چکیده

زمینه و هدف: یکی از مهمترین بحث های قابل تحقیق در چشمه های آب گرم بررسی احتمال پرتوزایی اشعه گامای حاصل از مواد رادیو اکتیو طبیعی موجود در ترکیبات زمین شناسی چشمه های آب گرم که بیشتر در مناطق آتشفشانی قرار دارند می باشد. مشکین شهر با طبیعتی زیبا در شمالغربی کشور واقع شده است. وجود کوه آتشفشانی سبلان باعث بوجود آمدن تعداد زیادی چشمه های آب گرم در اطراف آن شده است. از مهمترین آنها آب گرم قوتور سویی با $pH = ۲/۵$ در شمال شرق، قینرجه با متوسط دمایی ۸۰ درجه سیلسیوس و ایلاندو و موییل سویی در شمالغرب کوه سبلان قرار دارند. این مطالعه به منظور اندازه گیری گامای محیطی و تعیین دز جذبی سالیانه برای آبهای گرم فوق الذکر و مقایسه آن با استاندارد جهانی طی سالهای ۸۶-۱۳۸۵ در منطقه توریستی مشکین شهر انجام گرفت.

روش کار: در این مطالعه توصیفی، مقطعی و کاربردی از یک درزیمتر کایگر مولر مدل Smart Ion برای اندازه گیری میزان پرتوزایی گامای محیطی استفاده شد. با استقرار درزیمتر در دو ارتفاع مختلف به ترتیب ارتفاع یک متری و پنج سانتی متری میانگین میزان پرتوزایی گامای محیطی به دست آمد. تعداد موارد درزیمتری در هر فصل حداقل سی بار در قبل و بعد از ظهر انجام شد، در هر بار عملیات درزیمتری سه نقطه در اطراف مظهر چشمه ها انتخاب شدند و در صورت وجود رسوب در اطراف مظهر چشمه ها عملیات درزیمتری روی رسوبات نیز تکرار گردید. دستگاه درزیمتری مدت ده دقیقه در هر ارتفاع روی چهار پایه به طور ثابت نگه داشته شد و موارد درزیمتری که به صورت لحظه ای اعلام می شد ثبت گردید. آنالیز نتایج دزهای ثبت شده با استفاده از آزمون آماری T-test انجام شد.

یافته ها: در مدت یکسال میانگین کل پرتوزایی گامای محیطی آب گرم قینرجه ۲۶/۳، آب گرم ایلاندو ۲۱/۶ و آب گرم موییل سویی ۲۲/۰۴ میلی سیورت بود.

نتیجه گیری: نتیجه یکسال مطالعه نشان داد که میانگین دز پرتوزایی اشعه گاما در چشمه های آب گرم مورد مطالعه نسبت به استاندارد جهانی حاصل از تمام منابع طبیعی رادیو اکتیو بیش از ۱۰-۸ برابر بالاتر بوده و می توان منطقه را جزء منطقه با پرتوزایی طبیعی بالا به شمار آورد.

کلمات کلیدی: مواد رادیو اکتیو، اشعه گاما، چشمه های آب گرم، مشکین شهر

دریافت: ۸۶/۹/۲۳ پذیرش: ۸۷/۳/۲۹

مقدمه

اثرات پرتوها بر طبیعت به ویژه موجودات زنده و منابع زیست محیطی مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته است. تولید اشعه گاما به هنگام فروپاشی یک هسته رادیواکتیو انجام می شود.

یکی از بزرگترین دستاورد های بشر در قرن بیستم کشف رادیواکتیویته و فعل و انفعالات هسته ای و خواص مختلف پرتوها است که همزمان با این کشفها موضوع

در هسته محصول (دختر)، تغییر انرژی (کاهش انرژی) با تابش اشعه الکترومغناطیسی اتفاق می افتد. این اشعه از جنس فوتون گاما می باشد [۲۰۱].

از جمله مهمترین بحث قابل تحقیق در چشمه های آب گرم منطقه، بررسی احتمال پرتوزایی و ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی این منابع میباشد. علت آن آتشفشانی بودن کوه سبلان و بیشتر بودن آهنگ دز گامای محیطی آبهای گرم سرعین نسبت به مقادیر نرمال در مطالعه صادق زاده اقدام می باشد. مطالعه سموات و آقا میری در گردنه حیران نشان می دهد که افزایش دز پرتوزایی بیش از حد نرمال است [۳].

آبهای معدنی ناشی از فعل و انفعالات آتشفشانی بسترکوههای فعال آتشفشانی در داخل زمین پس از نفوذ در لایه های پوسته، گوشته و هسته زمین که از مواد جامد و فلزات معدنی داغ و جوشان عبور کرده، تشکیل می شوند. و به ازاء هر ۳۳ متر نفوذی که به این لایه ها دارند یک درجه گرم شده، حرارت و املاح آنها را به خود گرفته و پس از حرکت در درون شکافها و طبقات قطع شده یا گسلها در نهایت از محلی مناسب بیرون می آیند. منشاء چنین آبهای معدنی نیز مختلف است برخی از آنها می تواند منشاء ماگمایی داشته باشد که از عمق زیاد سرچشمه می گیرد و دمای داخل این نوع اکثراً بالا است. برخی نیز منشاء فسیلی یا منشاء نفوذی دارند. و بر این اساس خواص شیمیایی، فیزیکی و رادیواکتیو آنها نیز دست خوش تغییر می شود [۴].

به لحاظ عبور آبهای معدنی چشمه های آب گرم از رگه های معدنی و آتشفشانی همچون معادن اورانیوم یا اکتینیوم، احتمال حل شدن این مواد در آب زیاد است، مواد حل شده در آب ناپایدار بوده و همیشه در حال تجزیه و واپاشی هستند و در طی مراحل مختلف تجزیه و واپاشی پرتوهای آلفا، بتا و گاما منتشر میکنند. و در ضمن رسوبات موجود در اطراف چشمه ها و مظهر آنها را نیز می توان به عنوان یک منبع گامای محیطی محسوب کرد. پرتوگامای محیطی درواقع پرتوهای ناشی از واپاشی منابع طبیعی رادیواکتیو سری اورانیوم و توریم هستند که منابع زیست محیطی اطراف خود را

آلوده می کنند. به همین لحاظ لازم است میزان دز پرتوزایی گامای محیطی این مناطق بررسی شود [۵]. طبق نظر تورن^۱ (۱۹۶۷) درجه حرارت چشمه های آب گرم از طریق روش های زیر حاصل میشود

- ۱- فعل و انفعالات شیمیایی ۲- تشعشعات رادیواکتیو
- ۳- مخلوط شدن آب نواخته با آبهای
- جوی ۴- بخارات آتشفشانی [۷،۶].

مطالعات بنی جمالی و شاکری در مورد پرتوزایی منطقه گچین بندرعباس نشان می دهد که این منطقه یکی از مناطق با پرتوزایی بالا است، علت آن مواد معدنی پرتوزا موجود در منطقه است آنها مشخص نمودند که خطرات پرتوزایی اشعه گاما در این منطقه بیشتر از گاز رادن و دختر آن می باشد. برای اندازه گیری اشعه گاما در این محل از دستگاه Eberli surveymeter با دکتور (HP-177) GM استفاده شده است [۸].

مطالعه ای که در لهستان توسط نیو دومسکی^۲ در خصوص میزان پرتوزایی اشعه گاما در بناها و سازه های ساختمانی انجام شد نشان داد که متوسط پرتوزایی اشعه گاما در هوای اطراف بناهایی که از آجر قرمز استفاده کردند نسبت به خانه های که از شن و ماسه ساخته شده بیشتر است [۱۰،۹].

در چشمه های آب گرم پیتو^۳ واقع در شمال شهر تایپه پایتخت تایوان مطالعه ای جهت بررسی غلظت ایزوتوپهای رادیوم و تعیین غلظت آنیونهای کلرید و سولفات انجام شد که مطابق مطالعات انجام شده غلظت یون کلرید و سولفات به ترتیب ۶۳/۵ و ۹۲/۵ میلی اکی والان در لیتر به دست آمد. و غلظت ^{224}Ra در آبهای گرم نسبت به ^{226}Ra و ^{228}Ra بیشتر مشاهده شد و علت آن هم وجود ترکیبات توریم دار می باشد چون رادیوم ۲۲۴ در چرخه واپاشی عنصر رادیواکتیو توریم مشاهده می شود [۱۲،۱۱].

¹ Thurne

² Niewiadomski

³ Pito

سرویمترها در واقع دزیمترهای هستند که توانایی اندازه گیری دقیق و پایدار آهنگ دز زمینه و ثبت آن حتی با کوچکترین تغییرات معنی دار را دارا هستند. این سرویمترها با نامها و مدل‌های متفاوت موجود هستند به همین خاطر اینگونه روش ها را اصطلاحاً روش surveymeter نامگذاری کردند. به این ترتیب که دزیمتر مورد استفاده در این روش یک بار در ارتفاع یک متری و یک بار در سطح زمین به فاصله ۱۰-۵ سانتیمتر مستقر می شود و مقدار تشعشعات آلفا، بتا و گامای ناشی از رادیو نوکلیدهای موجود در منابعی مثل آب، خاک، گیاهان و حیوانات قابل اندازه گیری و مقایسه خواهد بود. علت انتخاب دو ارتفاع متفاوت بررسی تاثیر ارتفاع در میزان پرتوزایی حاصل از گامای محیطی می باشد. امکان وجود ذرات یونیزاسیون دیگر که در جریان واپاشی عناصر رادیواکتیو ناپایدار ایجاد می شود را نمی توان نادیده گرفت اما هدف بررسی فوتون گامای محیطی در این تحقیق بود [۱۷-۱۵].

در این مطالعه که در مدت یک سال از مهر ۱۳۸۵ تا شهریور ۱۳۸۶ به طول انجامید. میزان پرتوزایی گامای محیطی چشمه های آب گرم مشکین شهر به روش زیر انجام شد. در این مطالعه از یک دزیمتر گایگر مولر ساخت کشور انگلستان با مدل STS Model 905 با مارک smart Ion که قابلیت اندازه گیری اشعه گاما و بتا را دارد استفاده شده است و دزیمتر میزان پرتوزایی اشعه گاما را بر اساس واحد میکرو سیورت در ساعت اعلام می کرد که بعداً این واحد به واحد میلی سیورت در سال تبدیل، نتیجه نهایی نیز با استاندارد جهانی مقایسه گردید. به این ترتیب که حداقل هفته ای چهار بار قبل از ظهر و چهار بار بعد از ظهر دزیمتر فوق الذکر را به چشمه های آب گرم مورد مطالعه انتقال داده شده که در نهایت حداقل سی بار عملیات دزیمتری توسط دزیمتر لحظه ای اشعه گاما برای مشخص شدن میزان پرتو زایی گامای محیطی انجام شد.

به علت زیاد شدن مدت مطالعه در روزهای مراجعه از ساعت ۹ صبح تا ۱۲ برای شیفت قبل از ظهر و از ساعت ۳ تا ۶ عصر برای شیفت بعد از ظهر عملیات

منبع پرتوزایی زمینی چشمه های آب گرم وجود عناصر رادیو اکتیو با نیمه عمر بالا است که در پوسته زمین به ویژه مناطق آتشفشانی یافت می شود.

شهرستان مشکین شهر از توابع استان اردبیل در فاصله ۹۰ کیلومتری مرکز استان با جمعیت حدود ۱۹۰۰۰۰ نفر در دامنه و ضلع شمال غربی کوه سبلان واقع گردیده است در این منطقه پنج چشمه معروف آب گرم معدنی بنامهای قوتورسویی و شاییل در فاصله ۵۰ کیلو متری و قینرجه، موپیل سویی و ایلاندو در حدود ۲۰ کیلو متری از مرکز شهرستان قرار دارند و خود کوه سبلان نیز به لحاظ جاذبه های طبیعی و آب و هوای بیلاقی و مطبوع یک منطقه توریستی و پر تردد محسوب می شود.

بر اساس آمار ارایه شده از طرف اداره میراث فرهنگی و صنایع دستی شهرستان مشکین شهر سالانه بیش از ۸۰۰۰۰۰ نفر جهت استفاده از خاصیت درمانی چشمه های آب گرم معدنی و جاذبه های طبیعی و توریستی منطقه به این محل مراجعه می کنند [۱۴، ۱۳]. در این تحقیق با توجه به جمعیت قابل توجه مراجعه کننده به این منطقه، میزان انتشار گامای محیطی از چشمه های آب گرم قینرجه، ایلاندو و موپیل سوئی در فصول مختلف سال مورد اندازه گیری و مطالعه قرار گرفته است.

هدف اصلی این تحقیق بررسی و اندازه گیری مقادیر پرتوزایی گامای محیطی چشمه آب گرم قینرجه، چشمه آب گرم موپیل سویی و چشمه آب گرم ایلاندو از چشمه های آب گرم شهرستان مشکین شهر می باشد.

روش کار

فاکتورهای اصلی مورد نظر در اندازه گیری پرتوزایی شامل هدف مطالعه، نوع و منبع پرتوزایی می باشد. اندازه گیری مکرر در نقاط مختلف یک محل طی زمانهای متفاوت در مورد پرتوزایی اقدامی است مفید که دقت و صحت حاصل از عملیات دزیمتری را بالا می برد. در این مطالعه اندازه گیری گامای محیطی به روش surveymeter انجام شده است.

دزیمتری انجام شده است و در تمام مراجعه ها زمان برای همه ثابت و یکسان در نظر گرفته شده است. ابتداء دزیمتر smart Ion که در واحد کالیبراسیون سازمان انرژی اتمی به دقت کالیبره شده است را روی یک چهار پایه چوبی ثابت به ارتفاع یک متری که از قبل تهیه شده و فضای بالا و پایین آن باز می باشد مستقر گردید و سپس در ارتفاع یک متری از سطح زمین به مدت ده دقیقه دزیمتر به طور ثابت نگه داشته شده و بعد از اعلام مقادیر پرتوزایی، اعداد مربوط به هر چشمه قرائت و ثبت گردید. در مرحله دوم دزیمتر در فاصله ۵-۱۰ سانتیمتری از سطح زمین مستقر شد و مقدار پرتوزایی مانند دفعه قبل قرائت و ثبت گردید. و بر اساس آزمون آماری T-test میانگین سالیانه میزان پرتوزایی محاسبه گردید [۱۶-۱۸].

یافته ها

جداول ۱، ۲ و ۳ نتایج حاصل از عملیات دزیمتری جداگانه چشمه های آب گرم را نشان می دهد. نمودار یک دز پرتوزایی طبیعی گامای محیطی چشمه های آب

گرم را در چهار فصل به صورت مجزا و سالیانه نسبت به تراز جهانی (۲/۴ میلی سیورت بر سال) نشان می دهد. میانگین کل به دست آمده منطقه مورد مطالعه را که یک منطقه فعال زمین شناسی است نمی توان به کل منطقه شمالغرب کشور نسبت داد به طوریکه در خیلی از کشورهای جهان نقشه جامعی در خصوص میزان پرتوزایی با مقیاس کم تهیه شده است [۱۹].

بحث

در مطالعات متعددی که در چشمه های آب گرم در منطقه رامسر انجام شده پرتوزایی اشعه گاما و گاز رادن مورد تایید قرار گرفته است. در مطالعه ای که توسط سهرابی و همکاران در مورد چشمه های آب گرم معدنی انجام شد و مطالعات دیگری که توسط علی آبادی و همکاران در مورد مواد و مصالح ساختمانی مورد استفاده محلی در آن منطقه انجام گردیده پرتوزایی آنها تایید شده است و امکان پرتوزایی گامای محیطی را در نقاط مختلف این منطقه حدود 1 mSv.y^{-1}

جدول ۱. پرتوزایی گامای محیطی اندازه گیری شده از چشمه آب گرم قینرجه مشکین شهر در طی چهار فصل

فصل	ارتفاع ۵ سانتیمتری از سطح زمین	میانگین دز اندازه گیری گامای محیطی (mSv/y)*		میانگین فصلی	انحراف معیار
		ارتفاع ۱ متری از سطح زمین	ارتفاع ۵ سانتیمتری از سطح زمین		
بهار	۲۶	۲۴/۱	۲۵/۰۵	۱/۳۴	
تابستان	۲۸/۲	۲۶/۴	۲۷/۳	۱/۳	
پاییز	۲۶/۶	۲۶	۲۶/۳	۰/۴	
زمستان	۲۵/۶	۲۷/۳	۲۶/۵	۱/۲	
میانگین سالیانه		۲۶/۳	۲۶/۳	۰/۹۳	

• میانگین پرتوزایی سالیانه بر حسب میلی سیورت در سال: ۲۶/۳

جدول ۲. پرتوزایی گامای محیطی اندازه گیری شده از چشمه آب گرم ایلانندو مشکین شهر در طی چهار فصل

فصل	ارتفاع ۵ سانتیمتری از سطح زمین	میانگین دز اندازه گیری گامای محیطی (mSv/y)*		میانگین فصلی	انحراف معیار
		ارتفاع ۱ متری از سطح زمین	ارتفاع ۵ سانتیمتری از سطح زمین		
بهار	۱۹/۸	۲۴/۹	۲۲/۴	۳/۶	
تابستان	۲۲/۸	۲۶/۳	۲۴/۵	۲/۵	
پاییز	۲۱/۵	۱۷/۶	۱۹/۶	۲/۸	
زمستان	۱۶/۸	۲۲/۸	۱۹/۸	۴/۲	
میانگین سالیانه		۲۱/۶	۲۱/۶	۲/۳	

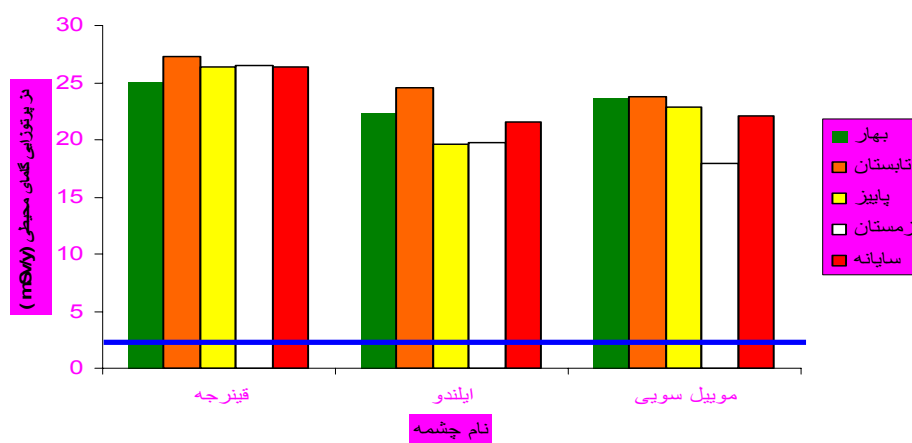
• میانگین پرتوزایی سالیانه بر حسب میلی سیورت در سال: ۲۱/۶

جدول ۳. پرتوزایی گامای محیطی اندازه گیری شده از چشمه آب گرم موبیل مشکین شهر در طی چهار فصل

فصل	میانگین دز اندازه گیری گامای محیطی (mSv/y)			میانگین فصلی	انحراف معیار
	ارتفاع ۵ سانتیمتری از سطح زمین	ارتفاع ۱ متری از سطح زمین	ارتفاع ۱ متری از سطح زمین		
بهار	۲۴/۵	۲۲/۸	۲۳/۶	۲۳/۶	۱/۲
تابستان	۲۴/۵	۲۳/۲	۲۳/۶	۲۳/۸	۰/۹۲
پاییز	۲۱/۹	۲۳/۶	۲۳/۶	۲۲/۸	۱/۲
زمستان	۱۷/۵	۱۸/۴	۱۷/۹۵	۱۷/۹۵	۰/۶۴
میانگین سالیانه				۲۲/۰۴	۲/۷۵

* میلی سیورت بر سال واحد دز پرتوزایی

• میانگین پرتوزایی سالیانه برحسب میلی سیورت در سال: ۲۲/۰۴



نمودار ۱. مقایسه فصلی و سالیانه میزان پرتوزایی گامای محیطی چشمه های آب گرم مورد مطالعه نسبت به استاندارد جهانی

۱۸۶-۱/۲ گزارش شده است [۱۸،۱۷].

مطالعه ای نیز در چین به منظور اندازه گیری پرتوزایی طبیعی به سه روش انجام شده است. در این بررسی اندازه گیری لحظه ای، اندازه گیری ترکیبی و مطالعه خاک منطقه از نظر ترکیبات رادیونوکلئیدها انجام شده است میزان پرتوزایی در استانهای جنوبی بیشتر از استانهای شمالی گزارش شده است و نسبت مواد رادیو اکتیو در خاک مناطق به ترتیب برای ^{238}U (21%) و ^{40}K (30%) و ^{234}Th (48%) بوده است [۲۱،۲۰].

هنشاو^۱ و همکاران نیز ارتباط شیوع ملانوما، سرطان کلیه و لوسمی میلویید و پرتوزایی محیط اطراف زندگی انسان را تایید کردند [۲۲].

مطالعه ای در پاکستان به خاطر تهیه نقشه پرتوزایی گامای محیطی توسط علم^۲ و همکاران انجام گرفته است که دامنه تغییرات آهنگ دز در محیط و مقدار میانگین آن به ترتیب $97 - 1$ nGy/h و 59 nGy/h به دست آمده است [۱۹].

در مطالعه ای که در اطراف چشمه های آب گرم واقع در غرب اندونزی بررسی شده تعداد سه دهنه چشمه آب گرم به نام cipanas با مقدار پرتوزایی $7/97$ mSv.y⁻¹ و چشمه آبگرم ciater با مقدار پرتوزایی $14/46$ mSv.y⁻¹ و چشمه آب گرم ciseeng $21/68$ mSv.y⁻¹ گزارش شده است و با این مقدار این چشمه ها را جزء مناطق با پرتوزایی طبیعی محسوب کردند. بیشترین مقدار دز نیز به چشمه آب گرم Ciseeng

² Alam¹ Henshaw

تعلق دارد که در مقایسه با آب گرم قینرجه مقدار ۵ میلی سیورت در سال دز پرتوزایی مربوط به گامای محیطی کمتری دارد.

بر اساس این مطالعه متوسط دز پرتوزایی گامای محیطی چشمه های آب گرم قینرجه، ایلاندو و موییل سویی با استفاده از آزمون آماری T- test به ترتیب $26/6 \text{ mSv.y}^{-1}$ ، $21/6 \text{ mSv.y}^{-1}$ و $22/04 \text{ mSv.y}^{-1}$ به دست آمد و این نتایج نشان می دهد که مقادیر به دست آمده نسبت به میانگین سالیانه جهانی دز پرتوزایی طبیعی گامای محیطی یعنی $2/4$ میلی سیورت در سال خیلی بالا و بیش از $10-8$ برابر جهانی است و در نمودار یک بر اساس فصل و سال به صورت شماتیک نشان داده شده است. لذا می توان منطقه اطراف مظهر چشمه های آب گرم مورد مطالعه که در دامنه کوه آتشفشانی سبلان قرار دارند را به عنوان یک منطقه با پرتوزایی طبیعی بالا محسوب کرد. در این مطالعه نتایج دز پرتوزایی گامای محیطی در دو ارتفاع متفاوت نشان می دهد که در مقادیر به دست آمده تفاوت زیادی مشاهده نمی شود و تأثیر ارتفاع در میزان پرتوزایی کمتر بوده است و به احتمال زیاد علت پرتوزایی بالا به جنس پوسته موجود در محل بر می گردد. دمای بالای 80 درجه سلسیوس آب گرم قینرجه و نیز وجود تعداد زیاد آب های گرم در این منطقه که معروفترین آنها این سه دهنه می باشد ناشی

از فعل و انفعالات عناصر ناپایداری است که در ماکمای مذاب زیر کوه آتشفشانی سبلان قرار دارند. به همین دلیل اولین نیروگاه زمین گرمایی (ژئو ترمال) کشور در این منطقه در حال ساخت و بهره برداری میباشد. همچنین ضروری است که یک مطالعه و پژوهش تحقیقاتی مهمی در خصوص آنالیز خاک این منطقه از نظر رادیوایزوتوپهای طبیعی و ناپایدار از طریق سازمان انرژی اتمی و یا مجامع دانشگاهی انجام شود [۵].

نتیجه گیری

نتیجه مطالعه یک ساله نشان داد که اطراف چشمه های آب گرم مورد مطالعه جزء مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا است و دز پرتوزایی گامای محیطی به دست آمده برای هر یک از آنها حدود $10-8$ برابر بیشتر از مقدار تراز جهانی دز پرتوزایی حاصل از تمام منابع طبیعی است.

پیشنهادهات

با توجه به بالا بودن دز پرتوزایی گامای محیطی مطالعاتی در خصوص میزان گاز رادن، غلظت رادیوم 226 در آبهای گرم و احتمال تغییرات کروموزمی و ژنتیکی در ساکنان بومی منطقه ضروری می باشد.

منابع

- ۱- ابوکاظمی محمد ابراهیم، سپهری هوشنگ، دانش علیرضا. در ترجمه: فیزیک بهداشت از دیدگاه پرتوشناسی. هرمان سمبر. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۱، ۴۶-۲۹.
- ۲- خراسانی زهرا، اسماعیلی داوود رضا. در ترجمه: فیزیک نوین. هانس کلاس، اوهانیان. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۰، ۱۴۱-۱۳۵.
- ۳- صادق زاده اقدم احمد. مطالعه تابش زمینه و عوامل موثر بر آن در منطقه آذربایجان، پایان نامه کارشناسی ارشد، مشهد، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۱۳۷۸.
- ۴- غفوری محمد رضا، شناخت آبهای معدنی و چشمه های معدنی ایران. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۶، ۴۷-۴۸.
- ۵- غیائی نژاد مهدی، بیت الهی مسعود، فلاحیان ناز آفرین. پرتوگیری از منابع طبیعی پرتوزا. چاپ اول. تهران: انتشارات سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۷۹، ۳۶-۱۹.

- ۶- شاه بیگ امیر. زمین شناسی ایران و آبهای معدنی و گرم. چاپ اول. تهران: انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۲، ۱۲۸-۱۲۱.
- ۷- غفوری محمد رضا، مرتضوی سید رضا. آب شناسی. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴، ۸۱-۷۸.
- 8- Rahnema P. Zagros diapirism & its relationships with Mineralization. 2nd ed. No. 6. scientific publication of AEOI. 1987: 156-95.
- 9- Niewiadomski T, Jasinaska M, Koperski J, Ryba E, Schwabenthan J. A comparative study of different methods used to assess population exposure to terrestrial radiation. Report IFG, Krakow / hr. 14/79/NPP. 1980.
- 10- Koperski J, Niewiadomski T, Ryban E. Indoor & outdoor Gamma Ray studies in an Urban environmental in Poland. IFG. Report No. 21/ 80/NPP. 1980.
- 11- Hamaguchi H, Lee YT, Cheng HS, Chinese Chem J. Soc; 9. 1962: 1-13.
- 12- Momoshima N, Nit J, Maeda Y, Sugihara S, Shinno I, Huang CW, et al. Radioactivity. 1997: 85-99.
- ۱۳- بختیاری سعید. اطلس جامع گیتاشناسی. چاپ اول. تهران: واحد پژوهش و تالیف گیتاشناسی. ۱۳۸۶.
- ۱۴- اطلاعات گرفته شده از اداره میراث فرهنگی و صنایع دستی شهرستان. مشکین شهر. ۱۳۸۵.
- 15- Sakai E, Terada H, Katagiri M. In situ measurement of the environmental gamma ray by portable Ge(Li) detectors, JAERI. M 6498. 1976: 33-37.
- 16- Koperski J. Monitoring Low Level Environmental Gamma Radiation With Thermoluminescence & Ionization Chamber Detector. Pros, 2nd Int. Conf. On Low Level Counting, Strbske Pleso, Cs. 1980.
- 17- khadmi B, Mesghali A. Investigation & measurement of Radium in Ramsar mineral water. Health physics. 1971; 21: 469-76.
- 18- Koblinger L. Calculation of Exposure Rates From Gamma sources in walls of dwelling Rooms. health physics. 1978; 34: 459.
- 19- Alam BK, Amont A, Qureshi AA. Estimatrion of environmental gamma background radiation level in Pakistan. Health Physics. 1998; 72 (1): 63-66.
- 20- Wang Q. preliminary results of measurement of natural environmental radiation levels & doses to population in china. Radiol chin J, Med Prot. 1985; Vol. 5 supplement: 74-46.
- 21- Ministry of public health. Investigation of Natural Radiation Back ground & Assessment of its population Dose in china. Radiol chin J, Med prot. 1988; vol 8. supplement: 21-15.
- 22- Henshaw, Eatorgh D L, Richardson J P. Radon asa cacuativ factor in induction of myeloid leukemia and other cancers. The lancet. 1990; 335: 1008-1012.