

منشاء یابی مواد پرتوزای طبیعی در منطقه رامسر

اعظم شعبانی^{1*}، عیسی متاجی امیررود²، جعفر قمی اویلی³

1- دانشجوی کارشناسی ارشد چینه و فسیل شناسی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس،

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، چالوس، ایران

2- استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

3- استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

* عهده دار مکاتبات: (shabani_qeo@hotmail.com)

چکیده

بخش کرانه‌ای رامسر در شمال ایران از جمله مناطقی است که به پرتوزایی طبیعی مواد رادیو اکتیو از جمله رادیوم 226 و رادیوم 222 در آن بالا می‌باشد، بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد، پرتوزایی چشمه‌های آب گرم آب سیاه، وزیر گراما، طالش محله و خاک سفید چندین برابر حد طبیعی است، پرتوزایی رادیوم 226 در خاک رامسر از 740 تا 3700 بکرل بر کیلوگرم، میزان تشعشعات گاز رادون در هوا 10Bqm^3 ، در درون ساختمانهای طالش محله 10Bqkg است که 110 برابر حد میانگین در سبزیجات برگی است. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد، از نظر زمین شناسی مرز بین کرانه و رشته کوه البرز گسل شمال البرز است تمامی چشمه‌های آب گرم منطقه رامسر از مسیر این گسلها عبور می‌کنند. این چشمه‌ها عمدتاً پرتوزایی بالا داشته، تماماً در ردیف چشمه‌های سولفوره - کلسیک با PH بین 5/5 تا 6 قرار دارند، در این بین نسبت آنیون CL در چشمه‌های آب گرم خیلی قدیمی 14667 برابر، میزان سدیم 162/9 بابر و 79 برابر نسبت حد استاندارد چشمه‌ها هستند، بالا بودن میزان کلر و سدیم همچنین سولفوره، کلسیک بودن چشمه‌ها و ارتباط آن با گسل جنوب خزر نشان می‌دهد، آب دریای خزر با نوسان سطح ایستایی آب شیرین کرانه در اعماق رسیده و پس از تبادلات کاتیونی و بالا رفتن غلظت در مسیر گسلها به سطح زمین می‌رسد، نتایج بدست آمده بر خلاف نتایج مطالعات قبلی می‌باشد که منشاء آلودگی به مواد پرتوزا را در کرانه خزر از واحد های سنگی بالا دست البرز می‌دانند.

کلمات کلیدی: رامسر، مواد پرتوزای طبیعی، رادون-222، رادیوم 226

مقدمه

شهر رامسر با اقلیم معتدل و مرطوب بین طول جغرافیایی 50 درجه و 38 دقیقه تا 50 درجه و 44 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 36 درجه و 49 دقیقه تا 36 درجه 57 دقیقه شمالی در ارتفاع 20 متر از سطح دریای آزاد واقع شده است. مطالعات زمین شناسی منطقه نشان می‌دهد که ارتفاعات حوزه رامسر از سنگهای آذرین تشکیل شده، این گونه کانیها حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای مواد پرتوزا می‌باشند. عوامل کوهزایی و فشارهای تکنونیک، شرایطی را فراهم آورده تا کانیهای مزبور در امتداد گسلهای جنوبی- شمالی و مسیر کانالهای طبیعی به سطح زمین آمده و پس از فرسایش در منطقه پراکنده شوند و یا رادیوم محلول در آب توسط چشمه‌های متعدد در محدوده رامسر و حوزه ساحلی گسترده‌گی سطحی یافته باشد. از طرف دیگر در تشکیلات مارنی و ماسه‌سنگی نیز مواد پرتوزای طبیعی حضور دارند. تصاعد گاز رادون هم عاملی جهت توزیع محصولات فروپاشی زنجیره‌های پرتوزای اورانیوم و توریوم به شمار می‌رود. بنابراین، منشأ اولیه رادیوم رامسر از سنگ‌های آذرین گرانیتی ارتفاعات جنوبی است. بررسیهای قبلی مبتنی بر نمونه‌گیری از آب، خاک و صخره‌ها از دره دو هزار به طرف جلگه رامسر در امتداد آبراه‌ها و رودخانه‌ها مویده این نظر بوده و نشان می‌دهد موجودی مواد پرتوزا از ارتفاعات به سمت دشت کاهش یافته ولی غلظت رادیوم-226 افزایش می‌یابد. علت آن میزان انحلال فراتر رادیوم نسبت به سایر اعضای زنجیره اورانیوم است که از طریق آبهای زیرزمینی به سطح زمین انتقال یافته و رسوب می‌نماید. این بررسیها همچنین نشان دهنده موجودی فراتر توریوم نسبت به اورانیوم در کانی تراورتن است.

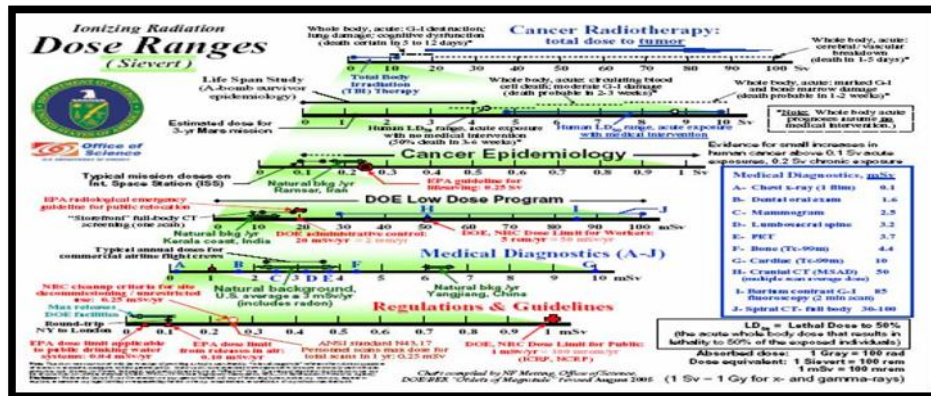
نواحی تالش محله، چپرسر، آب سیاه و رمک جزو مناطق پرتوزایی طبیعی بالا (HBRA) شناخته شده است. دز دریافتی افراد ساکن در این نواحی بیش از 132 mSv در سال می باشد که به مراتب فراتر از حداکثر دز مجاز تعیین شده برای پرتوکاران می باشد. از این رو این منطقه جزو بالاترین مناطق با پرتوزایی بالا در سطح جهان می باشد. بر اساس پروتکل سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) که در شکل 1-2 انعکاس یافته است، میزان پرتوگیری در رامسر در بازه 0/1 تا 0/2 سیورت قرار گرفته که انجام مطالعات اپیدمیولوژی جهت بررسی بروز سرطان در منطقه را ضروری می شمرد.



شکل 1-1- موقعیت شهرستان رامسر در استان مازندران و ایران

1-1* سنجشهای پرتوی انجام شده در محیطهای گوناگون

هسته های پرتوزا موجود در محیط زیست موجبات آلودگی هوا، آب، خاک و ارگانوسمهای موجود در محیط زیست را فراهم می سازند. عمده پرتوزایی طبیعی در منطقه رامسر ناشی از رادیوم-226 و دخترانش می باشد. از آن جا که این رادیوایزوتوپ یکی از مهمترین و شاخص ترین آلاینده های طبیعی در محیط می باشد، تعیین میزان غلظت آن در منابع آبی، خاکی و مواد غذایی و تعیین میزان دز جذبی ناشی از آن حائز اهمیت بوده است. نتایج این اندازه گیریها در مورد مسیرهای اصلی پرتوگیری شامل، آب، خاک، هوا و مواد غذایی در این بخش مطرح می گردد.



شکل 1-2* طرح واره پروتکل EPA

توجه: تمامی اطلاعات * دار از سازمان انرژی اتمی ایران گرفته شده است.

1-1- *پرتوزایی آب

رامسر دارای بیش از 50 چشمه آب گرم با غلظت‌های متفاوت رادیوم-226 می‌باشد. این چشمه‌ها در ارتفاعات جنوبی شهر رامسر و تقریباً در یک خط قرار دارند. میانگین غلظت رادیوم-226 در فصول مختلف در چشمه‌های آبگرم متغیر بوده و نتایج بررسی یک ساله در جدول 1-1 آمده است.

بر اساس اطلاعات مندرج در این جدول، غلظت رادیوم در آبگرمهای آب سیاه، وزیرگرما، طالش محله و خاک سفید از دیگر مناطق بیشتر است.

1-2- *پرتوزایی خاک

غلظت زیاد رادیوم در چشمه‌های متعدد سبب آلودگی خاک نواحی مجاور و افزایش پرتوزایی آنها شده است. این امر ناشی از حل مواد پرتوزا در آبهای زیرزمینی و انتقال به سطح زمین توسط چشمه‌ها است. حلالیت نسبی فراتر رادیوم، در این زمینه نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. غلظت رادیوم-226 در خاک رامسر از 740 تا 37000 بکرل بر کیلوگرم ثبت شده است. در مورد خاک کشاورزی در منطقه رامسر، گستره گزارش شده بین $38/2 \pm 3/46 \text{ Bq kg}^{-1}$ و $88/9 \pm 5/19 \text{ Bq kg}^{-1}$ (با میانگین $55/8$) می‌باشد.

جدول 1-1: * میانگین غلظت رادیوم-226 در فصول مختلف در چشمه‌های آبگرم رامسر

پرتوزایی ویژه ی رادیوم-226 بر حسب Bq l^{-1}				محل نمونه برداری	شماره
بهار 1369	زمستان 1368	پائیز 1368	تابستان 1368		
1/06±0/15	1/64±0/32	1/83±0/18	1/84±0/13	سادات محله	1
7/95±0/61	9/36±0/70	11/49±0/83	4/84±0/33	استخر طبی	2
5/60±0/44	4/18±0/33	12/49±0/92	4/80±0/20	بنیاد	3
113/71±8/6	141/25±9/8	146/54±9/81	112/34±7/84	آب سیاه	4
2/72±0/38	2/96±0/24	-	2/99±0/13	سنگ بنه	5
87/4±6/16	76/07±0/33	78/81±0/81	103/9±7/3	وزیر گرما	6
1/65±0/16	1/34±0/13	1/23±0/15	1/3±0/11	کش	7
-	25/94±0/84	19/35±1/43	16/5±0/70	طالش محله	8
16/84±1/31	16/32±1/16	16/79±0/56	16/17±1/23	خاک سفید	9

1-3- *پرتوزایی هوا

یکی از مهمترین عوامل پرتوگیری داخلی بدن انسان از طریق استنشاق هوا، گاز رادن-222 می‌باشد که این گاز از واپاشی رادیوم-226 در زنجیره اورانیوم-238 حاصل می‌گردد. گاز رادن از طریق تنفس وارد ریه می‌گردد و انرژی ذرات آلفای ناشی از دختران خود را در ریه آزاد می‌نماید. منشأ اصلی انتشار این گاز از زمین می‌باشد که از مسیر پی ساختمانها به درون محیط‌های بسته وارد

می‌شود. همچنین مصالح ساختمانی از قبیل سیمان، آجر و سنگهای ساختمانی حاوی مواد پرتوزای طبیعی، منابع دیگر آزادسازی گاز رادن می‌باشند. آبهای زیرزمینی نیز از منابع تولید گاز رادن بشمار می‌روند. میانگین غلظت متداول گاز رادن در محیط‌های باز 10Bq m^{-3} برآورد شده است. غلظت این گاز در درون ساختمانهای منطقه طالش محله رامسر تا 3700Bq m^{-3} گزارش شده است. میانگین دز موثر سالیانه در مورد پرتوگیری داخلی ناشی از رادن-222 برای مناطق عادی $1/2\text{ mSv}$ برآورد گردیده که این مقدار برای نواحی با پرتوژیایی طبیعی بالا می‌تواند تا بیش از 10 mSv در سال افزایش یابد.

4-1- *پرتوژیایی مواد غذایی

رادیوم از نظر رفتار شیمیایی مشابه کلسیم است. با مصرف مستقیم آب، این ماده می‌تواند به انسان منتقل شود یا از طریق خاک جذب گیاهان شده سپس از مسیر زنجیره غذایی وارد بدن انسان گردد. این مسیر می‌تواند مستقیماً توسط گیاهانی که مصرف غذایی دارند به انسان منتهی شود یا جانداران واسطه‌ای دیگری را نیز شامل شود. لذا زنجیره غذایی و آشامیدن آب حاوی رادیوم راههای اساسی انتقال این ماده به انسان محسوب می‌شوند.

دز موثر سالیانه ناشی از بلع هسته‌های پرتوزای طبیعی در مناطق عادی $290\mu\text{Sv}$ می‌باشد که قریب $120\mu\text{Sv}$ آن ناشی از اعضای خانواده‌های اورانیوم و توریوم می‌باشد. میانگین دز موثر ناشی از رادیوم-226 صرفاً از طریق مصرف سبزیجات مشخص (سبزیجات متداول کشت شده و مورد مصرف غذایی محلی) توسط گروه بحرانی در منطقه معادل $51/6\mu\text{Sv}$ در سال می‌باشد. این مقدار 13 برابر میانگین دز موثر این رادیونوکلئید از طریق مصرف کلیه مواد غذایی و آشامیدنی در مناطق با پرتوژیایی عادی است.

با توجه به میزان رادیوم-226 جذب شده در سبزیجات کشت شده در مناطق با پرتوژیایی بالای رامسر، میانگین غلظت رادیوم-226 اندازه‌گیری شده در سبزیجات منطقه طالش محله معادل $5/78\text{ Bq kg}^{-1}$ در سبزی تازه بدست آمده که تقریباً 110 برابر حد میانگین غلظت این رادیونوکلئید در سبزیجات برگی و در حدود 200 برابر حد میانگین آن در سبزیجات ریشه‌ای و میوه‌جات می‌باشد. در سال 1975 در منطقه رامسر جهت انتقال رادیوم-226 از خاک به گیاه اندازه‌گیری‌هایی انجام شده است. بر اساس این مطالعات، در مناطق سه گانه پرتوژیایی کم، متوسط و زیاد، موجودی اورانیم به ترتیب 68، 103 و 132 میکروگرم در گرم (ppm) برآورد شده است. میانگین ضریب انتقال برای نمونه‌های سبزیجات برابر $1/2 \times 10^{-2}$ بدست آمده و جذب رادیوم توسط برگ هویج بزرگترین ضریب انتقال را به خود اختصاص داده است.

4-2- *بررسی منابع پرتوژیایی

سنگهای دولومیتی تریاس، ماسه‌سنگ و کنگلومرا، خاک رس و ماسه‌های نرم، رسوبات آهکی از جنس تراورتن، وجود توریوم، و رگه‌هایی از ترکیبهای اورانیم در توده‌های گرانیتی، در زمره منابع مواد پرتوزا در منطقه رامسر به شمار می‌روند. چشمه‌های آب معدنی و گوگردی رامسر دارای مواد پرتوزا است. مطالعات نشان می‌دهد منشأ مواد پرتوزا و گرمای چشمه‌های آب در منطقه، ناشی از توده‌های زیرزمینی بوده که وجود یک گسل باعث تظاهر این چشمه‌ها در یک خط شده است. هر جا که تراورتن آهکی چشمه‌ها بیشتر باشد پرتوژیایی آن بیشتر است. چشمه‌های آب معدنی و گوگردی رامسر از دیر باز به عنوان آب گرم سخت شناخته شده و برای علاج بسیاری از بیماریها از جمله بیماریهای جلدی به کار برده می‌شده است. اولین بار وجود مواد پرتوزا توسط

وزارت صنایع و معادن کشور در سال 1340 تایید گردید. رامسر بالاترین سطح پرتوزایی طبیعی را در جهان دارا است. در بعضی مناطق آن سطح پرتوزایی 55 تا 200 بار بزرگتر از سطح زمینه طبیعی است. این پرتوزایی را عمدتاً با وجود هسته پرتوزا رادیوم-226، که توسط چشمه‌های آب گرم به سطح زمین آورده می‌شود، و محصولات واپاشی آن در ارتباط دانسته‌اند. در نواحی پرتوزایی زمینه بالای رامسر همچون طالش محله، رمک، چپرسر و خاک سفید، ساختمان‌سازی به دو شیوه جدید (بلوک سیمانی و آجر) و قدیمی با استفاده از مصالح سنگ و خشت انجام شده است. بر اساس اندازه‌گیری‌های به عمل آمده، پرتودهی در درون بعضی واحدهای مسکونی بین $11 \mu\text{R h}^{-1}$ تا 3 mR^{-1} در ارتفاع یک متری از سطح زمین و در وسط اتاقها گزارش شده است. دز جذبی در قریب 43 در صد اتاقها، در بازه 100 تا 150 نانوگری در ساعت بوده و در حدود 8 درصد دارای دزی فراتر از 7000 نانوگری در ساعت می‌باشند. همچنین پرتو دهی در محیط باز، بین $11 \mu\text{R h}^{-1}$ تا 2 mR h^{-1} ثبت شده است.

3- نتایج حاصله از مطالعات هیدروژئوشیمی چشمه های آبگرم رامسر:

میزان آرسنیک 290ppb در چشمه های آب گرم صفارود، آنیون کلر 8800700 ppb در چشمه های آب گرم هتل 1، آلومینیوم 588 ppb در چشمه آب گرم سنگ بنه، بور 3939 ppb، بریلیم 5 ppb، برم 103643 ppb، کلر 62903 ppb، کادمیوم 5ppb، جیوه 10 ppb، منگنز 464/26 ppb، آنتیموان 5 ppb، اورانیوم 2 ppb در چشمه آب گرم آب سیاه می باشد.

جدول 1-2- مقادیر T و pH اندازه گیری شده در چشمه های آب گرم رامسر

ID	Name spring	T (C ⁰)	pH
H1	king mothers	48	6
H2	old hotel 1	65	6
H3	old hotel 2	49	6
H4	under bridg	42	6
H5	safaroud	19	5.5
H6	black water	42	6
H7	kash	40	6
H8	sadatmahale	47	5.5
H9	sangboneh	45	5.5

جدول 3-1- استاندارد کیفی آب در جوامع بشری ppb (شریعت پناهی، 1380) و نسبت حدغیرمجاز در چشمه های آبگرم رامسر

شماره	واحد / ppb	پیشینه	کمینه	سازمان بهداشت جهانی راهنمای استاندارد بین المللی 1971	دستورالعمل های مجمع اروپایی 1980	سازمان بهداشت جهانی راهنمای استاندارد 1983	سازمان خدمات بهداشت عمومی آمریکا	نسبت حد غیر مجاز
1	آلومینیوم	588	18	200	5000	250	200	2/94
2	آرسنیک	290	29/9	50	50	50	50	5/8
3	بور	23939	142	300	300	300	300	79
4	منگنز	464/26	37/43	50-50000	20-50	1000	50	9/28
5	سدیم	32594040	35789	-	175000	200000	-	162/97
6	اورانیوم	2	0/2	-	-	-	-	2
7	آهن	8849	754	200	200	3000	3000	2/94
8	آنیون کلر	8800700	21000	600	600	600	600	14667
9	جیوه	10	0/3	1	1	1	-	10

پس از اندازه گیری عناصر چشمه های آبگرم رامسر و مقایسه مقادیر بدست آمده با استانداردهای جهانی بیشترین نسبت حد غیرمجاز با نسبت 14667 برابر، نسبت به استاندارد جهانی برای عنصر -Cl در چشمه آبگرم هتل قدیمی 1 و کمترین نسبت حد غیرمجاز با نسبت 2 برابر نسبت به استاندارد جهانی برای عنصر محاسبه گردید.

نتیجه گیری و پیشنهادات:

- 1- وجود 7 دهنه چشمه آب گرم آلوده به مواد رادیواکتیو که عمدتاً در مسیر گسل جنوب کرانه خزر قرار دارند، مؤید ارتباط گسل جنوب خزر و نقش آن در انتقال آب معدنی پس از گرم شدن می باشد.
- 2- چشمه های آب گرم منطقه مورد مطالعه عمدتاً در ردیف چشمه های سولفور- کلسیک با pH بین 5/5-6 بوده، از نظر ژئوشیمیایی بیشترین نسبت عناصر مربوط به CL به میزان 14667 برابر حد استاندارد در چشمه آب گرم هتل قدیمی 1 بوده، سدیم با 162/9 برابر و عنصر بور با 79 برابر نسبت به حدود استاندارد در ردیف بعدی قرار دارند.
- 3- در میان مواد پرتوزا، غلظت رادیوم -226 بیشتر از سایر عناصر بوده، میزان آن از ارتفاعات به دشت افزایش می یابد.
- 4- غلظت رادیوم -226 در خاک رامسر از 37000-740 بکرل بر کیلوگرم، غلظت گاز در درون ساختمانهای منطقه طالش محله تا 37000 بکرل بر کیلوگرم، در سبزیجات طالش محله 5/78 بکرل بر کیلوگرم می باشد که میزان آن نسبت به میانگین غلظت در سبزیجات برگی 110 برابر و نسبت به سبزیجات ریشه ای 200 برابر است.
- 5- از نظر سنگ- چینه ای، سنگهای دولومیتی تریاس مربوط به سازند الیکا، ماسه سنگ و کنگلومراهای ژوراسیک زیرین مربوط به سازند شمشک، همچنین نهشته های آهکی مربوط به آب شیرین در جنوب رامسر پروتوزا دارند که بخش عمده آنها موارد پرتوزای بالای حد استاندارد دارند.

6- با توجه به دلایلی از قبیل: 1- سولفور کلسیک بودن نوع چشمه های آب گرم آلوده به مواد رادیواکتیو 2- بالا بودن میزان کاتیونها و آنیونهای CL و Na نسبت به سایر املاح در چشمه ها 3- خطی بودن برونزد چشمه ها و تبعیت چشمه های معدنی آب گرم از گسل جنوب کرانه خزر 4- نزدیک بودن خط آب شور و شیرین نسبت به گسل و برونزد چشمه ها 5- بالا بودن میزان سولفات کلسیم نسبت به سایر ترکیبات در دریای خزر و همخوانی این ترکیب با ترکیب چشمه های آب گرم منشاء آب گرم چشمه های آلوده به مواد رادیواکتیو در زیر گسل خزر بوده به نظر می رسد آب دریا به منطقه گرم و توده گرم زیر رسیده و از آنجا پس از افزایش غلظت مواد محلول و ورود مواد رادیواکتیو به داخل محلول در مسیر حرکت گسلها به بالا می آید. پیشنهاد می گردد با ژئوشیمی ایزوتوپی نوع ترکیبات کلر، سدیم و سایر ترکیبات محلول موجود در چشمه های آب معدنی گرم با کاتیونها و آنیونهای کلر، سدیم همچنین کلسیم موجود در آب دریا با هم مقایسه شده تا بتوان در مورد منشاء آن بهتر اظهار نظر کرد.

قدردانی:

در پایان لازم میدانم از سازمان انرژی اتمی ایران و جناب آقای دکتر عفاف که زحمت زیادی برای جمع آوری این مطالب کشیدند تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

پروتکل سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA)

ناظری م.، یزدی م.، ضیاء ظریفی ا.، حق نظر ش. (زمستان 1388). "بررسی های اولیه زمین شناسی پزشکی چشمه های آب گرم رامسر"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین و منابع واحد لاهیجان، سال دوم، شماره اول.

Sohrabi-M and. (1990). "Radiological Studies of High Level Natural Radiation Areas of Ramsar". Proceeding of an International Conference, High Levels of Natural Radiation Ramsar.

OlleSelinus – Robert B. Frinkelman – joseA.Centeno(Eds). (spring 2010).

"Medical Geology A Regional Syntesis"

Mirzaee, h. Beitollahi,M. (1993). "the modified emanation method for determination of ^{226}Ra in hot springs of ramsar", AEOL