



# بست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

## بررسی علت تغلیظ رادیوایزوتوپها در سنگ آهن لیمونیت

رضا پورایمانی<sup>\*</sup>، حمیدرضا عظیمی<sup>۱</sup>، فریدون قدیمی<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه اراک، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک،

۲- دانشگاه صنعتی اراک، دانشکده مهندسی معدن،

### چکیده:

در این تحقیق کانیهای مختلف سنگ آهن از معدن شمس آباد اراک مورد بررسی قرار گرفت. فعالیت ویژه رادیونوکلئیدهای طبیعی به روش اسپکترومتری گاما و با استفاده از آشکارساز HPGe با بازدهی نسبی ۳۰٪ تعیین گردیدند. برمبنای نتایج بدست آمده مقدار  $Ra_{eq}$  برای هر یک از نمونهها محاسبه گردید که بر حسب  $Bqkg^{-1}$  از مقدار ۱۴/۰۲ تا ۲۹۶/۱۹ متغیر می باشد. با توجه به نظریه زمین شناسی که بیانگر مراحل مختلف شکل گیری و تجمع کانیهای آهن از هماتیت به لیمونیت در محیطهای مختلف شیمیایی می باشد، نتایج اندازه گیری فعالیت ویژه رادیوایزوتوپها نشان می دهد که لیمونیت دارای بیشینه پرتوزایی می باشد.

کلید واژه ها:  $Ra_{eq}$  سنگ آهن، HPGe، هماتیت، لیمونیت

### مقدمه

سنگ آهن دارای ذخایر بسیار زیاد در جهان می باشد و به صورت کانیهای گوناگون در طبیعت یافت می شود. اکثریت این کانیها، ماده اولیه تولید آهن بوده و در کارخانجات تولید سیمان نیز مورد استفاده قرار می گیرند. تعیین میزان فعالیت ویژه هسته های پرتوزای موجود در این کانیها، تأثیر آن بر محیط زیست، افراد ساکن در منطقه و کاربران محصول نهایی و نحوه تغلیظ در کانیهای مختلف دارای اهمیت زیادی می باشد. مهمترین کانیهای سنگ آهن هماتیت، گوتیت و لیمونیت بوده و مقدار اورانیوم، توریم و پتاسیم در سنگ آهن اساساً به نوع کانیهای موجود در آن، موقعیت زمین شناسی و جغرافیایی منطقه، نوع خاک و سنگ بستگی دارد. هماتیت و لیمونیت در انواع سنگهای آذرین نظیر سنگهای گرانیتی، گابرویی، آندریتی و غیره و همچنین در کانسارهای هیدروترمال همراه با کوارتز در محیطهای سطحی و هوازده که حاصل تبدیلات مگنتیت به هماتیت و لیمونیت در شرایط اکسیداسیون و احیاء می باشد، در درجه حرارت و فشارهای پایین (هیدرومتافریسم) تشکیل می شود [۱].

### روش کار

معدن سنگ آهن شمس آباد در محدوده عرض جغرافیایی ۴۷' و ۳۳° شمالی و طول جغرافیایی ۴۲' و ۴۵° شرقی با مساحت تقریبی ۶ کیلومتر مربع در ۵۶ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان اراک در استان مرکزی قرار دارد. بخشهای



## بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

آهن دار این منطقه دارای ترکیبات لیمونیت، هماتیت و گوتیت هستند و در پاره‌ای از بخشها بلورهای پیریت بصورت بافت افشان نیز دیده می‌شوند که با حفظ شکل بلورین خود به لیمونیت تبدیل شده‌اند. عیار آهن در محدوده این کانسار بین ۴۰/۸۶٪ تا ۵۴/۹٪ متغیر است [۱]. در این منطقه تغییر و تبدیلات هماتیت به لیمونیت از نوع رسوبی و در شرایط محیطهای سطحی طی فرآیندهای فرسایش و حمل، با تفریق یا جدایش در عناصر حاصل می‌گردد. کانسار آهن موجود در منطقه شمس‌آباد به همراه منگنز است. تشکیل کانسار رسوبی آهن و منگنز تابع شیمی محیط رسوبی می‌باشد. از طرفی پتانسیل اکسیداسیون و احیاء (Eh) و غلظت یا تراکم یون هیدروژن (PH) دو عامل کنترل کننده شیمی محلولهای آبی است [۱]. منگنز و آهن حلالیت بسیار بالایی در آبهای احیایی یا اکسیداسیون دارند. آبهای احیایی که دارای PH طبیعی هستند، منگنز و آهن را به صورت یون دو ظرفیتی در خود حمل می‌کنند. در PH معمولی مقدار منگنز و آهن محلول در آبهای احیایی بسیار بیشتر از آبهای اکسیدان خواهد بود. به عبارت دیگر در PH معمولی و محیط اکسیدان، آهن و منگنز بصورت اکسید رسوب می‌کنند اما در PH معمولی و محیط احیایی، منگنز بصورت محلول است. در محیطهای رسوبی رفتار آهن بسیار شبیه منگنز است به طوری که جدایی آن از فاز منگنز به ندرت صورت می‌گیرد [۱]. در این تحقیق تعداد ۱۲ نمونه کانی سنگ آهن هر کدام به وزن تقریبی ۳ کیلوگرم و به طور تصادفی بر مبنای رنگ ظاهری از نقاط مختلف معدن جمع‌آوری گردید. بخشی از نمونه‌ها به آزمایشگاه کانی‌شناسی دانشگاه صنعتی اراک منتقل و در آنجا شناسایی نوع کانی و کدبندی آنها انجام شد. در جدول شماره ۱ نتایج کانی‌شناسی نمونه‌های مورد مطالعه درج شده است.

جدول ۱. نتایج کانی‌شناسی نمونه‌های تهیه شده از معدن شمس‌آباد اراک

نام نمونه	علامت اختصاری	کانی‌های اصلی	کانی‌های فرعی
نمونه شماره ۱	H	هماتیت	-----
نمونه شماره ۲	H.G.L1	هماتیت	گوتیت و لیمونیت
نمونه شماره ۳	L1	لیمونیت	-----
نمونه شماره ۴	L2	لیمونیت	-----
نمونه شماره ۵	H.G.M	هماتیت	گوتیت و مالاکیت (کربنات مس)



## بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

گوتیت و لیمونیت	هماتیت	H.G.L2	نمونه شماره ۶
هماتیت و لیمونیت	گوتیت	G.H.L	نمونه شماره ۷
گوتیت	باریت	B.G	نمونه شماره ۸
گوتیت، لیمونیت و سیلیس	هماتیت	H.G.L.Si1	نمونه شماره ۹
گوتیت و سیدریت	هماتیت	H.G.S	نمونه شماره ۱۰
گوتیت و گالن (سرب)	هماتیت	H.G.Ga	نمونه شماره ۱۱
گوتیت، لیمونیت و سیلیس	هماتیت	H.G.L.Si2	نمونه شماره ۱۲

این نمونه‌ها پس از خرد شدن و آسیاب شدن با استفاده از دو نوع آسیاب فکی و گلوله‌ای، به منظور تهیه نمونه یکنواخت از مش شماره ۵۰ عبور داده شدند [۲]. پودرهای آماده شده در کوره‌ای با دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۶ ساعت خشک گردیدند. سپس نمونه‌ها در ظروف استاندارد مارینلی بیکر با وزن خالص ۹۵۰ گرم بسته‌بندی و به منظور جلوگیری از خروج گاز رادون، حاصل از واپاشی زنجیره اورانیوم و توریم، آب‌بندی گردیدند. به منظور برقراری تعادل دیرپا بین هسته مادر  $^{226}\text{Ra}$  و هسته دختر  $^{222}\text{Rn}$  نمونه‌ها به مدت ۵۰ روز نگهداری شدند. طیف-گیری با استفاده از آشکارساز HPGGe از نوع هم‌محور مدل GCD30195 شرکت BSI با بازدهی نسبی ۳۰٪ و با استفاده از نرم‌افزار Lsrmsbsi به عمل آمد [۳]. فعالیت ویژه رادیوایزوتوپها با استفاده از نرم‌افزار Gamma Vision Ortec Software محاسبه گردید. برای محاسبه فعالیت ویژه معادل رادیوم ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ )، که بیانگر اثرات رادیولوژیکی مواد پرتوزا شامل  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  است از رابطه ۱ استفاده شده است [۴]:

$$\text{Ra}_{\text{eq}} = A_{\text{Ra}} + 1.43A_{\text{Th}} + 0.077A_{\text{K}}(1)$$

در این رابطه،  $A_{\text{Ra}}$ ،  $A_{\text{Th}}$  و  $A_{\text{K}}$  به ترتیب فعالیت ویژه  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  بر حسب  $\text{Bqkg}^{-1}$  هستند.

### نتایج

از کلیه نمونه‌ها به مدت ۸۶۴۰۰ ثانیه طیف‌گیری به عمل آمد. نتایج محاسبه فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا و مقدار  $\text{Ra}_{\text{eq}}$  در نمونه‌های مورد مطالعه، در جدول ۲ درج شده است.



# بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

جدول ۲. فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا و میزان  $Ra_{eq}$  در نمونه‌های مورد مطالعه معدن شمس‌آباد اراک

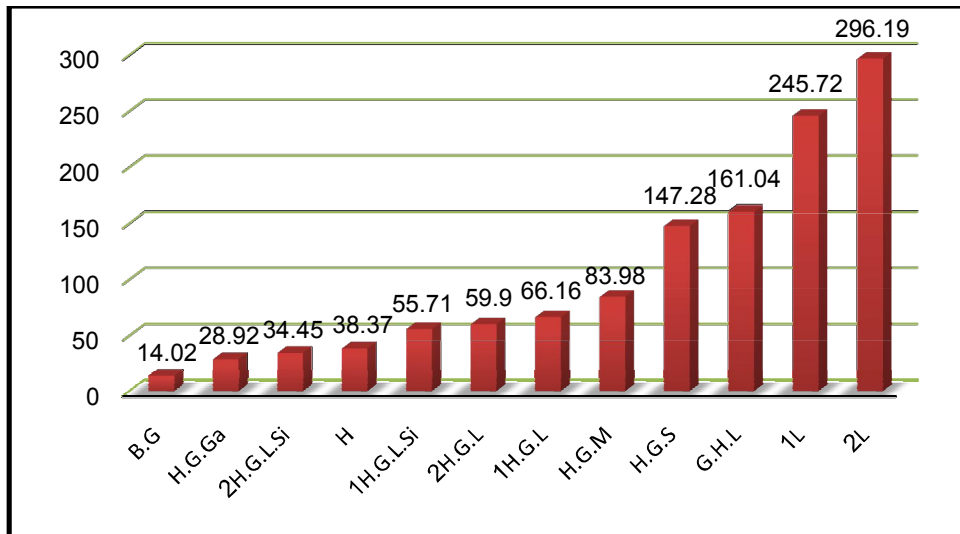
کد نمونه	Activity Concentration (Bq/kg)			$Ra_{eq}$ (Bq/kg)
	$^{226}Ra$	$^{232}Th$	$^{40}K$	
H	$24/34 \pm 0/5$	$6/16 \pm 0/52$	$67/85 \pm 1/76$	$38/37 \pm 0/82$
1	$36/92 \pm 0/61$	$13/21 \pm 1/03$	$134/37 \pm 2/73$	$66/16 \pm 2/58$
		$60/98 \pm 1/22$	$80/03 \pm 6/47$	$245/72 \pm 4/23$
L1	$96/92 \pm 0/97$	$11/58 \pm 1/68$	$102/96 \pm 6/38$	$296/19 \pm 9/39$
L2	$271/7 \pm 1/84$	$8/64 \pm 0/75$	$186/93 \pm 3/92$	$83/98 \pm 1/83$
H.G.M	$57/23 \pm 0/77$	$13/28 \pm 0/85$	$199/63 \pm 3/30$	$59/90 \pm 1/83$
2	$25/54 \pm 0/54$	$27/86 \pm 1/44$	$383/82 \pm 4/78$	$161/04 \pm 5/65$
		$91/65 \pm 1/13$	$1/44$	$29/02 \pm 1/84$
B.G	$9/39 \pm 0/53$	$< MDA$	$29/02 \pm 1/84$	$14/02 \pm 0/30$
Si1	$42/3 \pm 0/74$	$4/68 \pm 0/73$	$87/26 \pm 3/03$	$55/71 \pm 1/69$
		$22/16 \pm 1/39$	$509/13 \pm 50/55$	$147/28 \pm 4/85$
H.G.S	$76/39 \pm 0/85$	$7/48 \pm 0/88$	$25/34 \pm 2/14$	$28/92 \pm 1/80$
a	$16/27 \pm 0/44$	$5/48 \pm 0/71$	$87/52 \pm 2/70$	$34/45 \pm 1/29$
		$19/87 \pm 0/47$	$0/71$	

در شکل ۱ مقایسه میزان فعالیت  $Ra_{eq}$  در نمونه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است.



# بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۱. مقایسه مقدار فعالیت ویژه معادل رادیوم ( $Ra_{eq}$ ) بین نمونه‌های مورد مطالعه

## بحث و نتیجه‌گیری

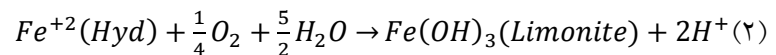
همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد، کمترین مقدار فعالیت ویژه  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  برحسب  $\text{Bqkg}^{-1}$  به ترتیب با مقادیر  $9/39 \pm 0/53$ ، کمتر از MDA و  $29/02 \pm 1/84$  در نمونه سنگ این تحقیق حاوی ترکیب اصلی باریت-گوتیت با کد B.G می‌باشد در حالیکه بیشترین فعالیت ویژه این رادیونوکلئیدها برحسب  $\text{Bqkg}^{-1}$  به ترتیب با مقادیر  $96/92 \pm 0/97$ ،  $60/98 \pm 1/22$  و  $80/03 \pm 6/47$  در نمونه سنگهای مطالعه شده حاوی ترکیب اصلی لیمونیت با کد L1 مشاهده گردید.

پرتوزایی در مناطق هوازده و یا آلتزه (Alteration) بیشتر از مناطق سنگیدست نخورده است. در طی عملکرد آبهای زیرزمینی، تجمع عناصر پرتوزا در مناطق آلتزه و یا لیمونیتها مشاهده می‌شود [۵]. پدیده آلتراسیون با روند پیشرونده سبب شستشو و خارج شدن عناصر پرتوزا و یا سایر عناصر فلزی و غیرفلزی از سنگ میزبان شده و عناصر پرتوزا را در طی خروج از محل در میدان پایداری شیمیایی قرار می‌دهد. به علاوه در پدیده آلتراسیون (تبدیل هماتیت به لیمونیت) نقش دو عامل PH و Eh بسیار مهم است. در PHهای اسیدی عموماً کمتر از ۵، عناصر رادیواکتیو به صورت محلول بوده و در مقادیر بالای PH، این عناصر جذب هیدروکسیدهای آهن (لیمونیت)، آلومینیم و منگنز می‌شوند. این وضعیت در شرایط احیایی بسیار مناسب است [۶]. به عبارتی بین PH و غلظت مواد رادیواکتیو رابطه معکوس وجود دارد. لذا می‌توان گفت در PH بالا و محیطهای احیاء، غلظت مواد رادیواکتیو در محیطه صورت محلول، کم و برعکس جذب مواد توسط کانی لیمونیت، منگنز و آلومینیم در محیطهای احیاء بیشتر است. مسئله دیگر این است که در بعضی از ذخایر آهن از جمله معدن شمس‌آباد اراک حضور لایه‌ها یا توده‌هایی از کانی لیمونیت یا گوتیت وجود دارد. برای تولید این لایه‌ها و توده‌ها رابطه ۲ پیشنهاد می‌گردد:



# بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



در این رابطه، محلولهای هیدروترمال غنی از یون  $Fe^{+2}$  می‌توانند با اکسیژن سطحی یا آبهای غنی از اکسیژن فرورو مخلوط شده و کانی لیمونیت را تشکیل دهند [۷].

همانطوریکه در شکل ۱ مشاهده می‌گردد فعالیت ویژه عناصر پرتوزا از هماتیت به سمت لیمونیت روند صعودی دارد و صحت نظریه فوق را تأیید می‌کند.

## سپاسگزاری

این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه اراک تأمین مالی گردیده است بنابراین نویسندگان برخود لازم می‌دانند از معاونت مذکور و همچنین از کارشناسان معدن سنگ آهن شمس‌آباد اراک و کارکنان آزمایشگاه کانی‌شناسی دانشگاه صنعتی اراک کمال سپاسگزاری را داشته باشند.

## مراجع

- [۱] رضا. فرهادی، "مطالعه زمین‌شناسی، ژئوشیمی، آنالیز رخساره و ژنر کانسار آهن منگنردار شمس‌آباد اراک"، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۴.
- [2] International Atomic Energy Agency, "Collection and Preparation of bottom sediment sample for analysis of radionuclides an trace element", IAEA- TECDOC-360, IAEA, VIENNA, 2003.
- [3] ANSN42.14, "American National Standard for Calibration and use of Germanium Spectrometers for the Measurement of Gamma Ray Emission Rates of Radionuclides", USA, 1999.
- [4] J. Beretka, P. J. Mathew, "Natural Radioactivity of Australian Building materials, Industrial wastes and by-products", Health Phys, 48, 87-95, 1985.
- [۵] سید افشین. مجیدی سیدیگلو، محمد. لطفی، محمدرضا. هزاره، افشار. ضیاء ظریفی، "بررسی توده نفیلین سینیت رزگاه و واحدهای رسوبی اطراف آن به جهت اکتشاف اورانیوم تیپ رسوبی، آذربایجان شرقی"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین و منابع واحد لاهیجان، سال سوم، شماره اول، ۱۳۸۹.
- [6] Faramarz. DoulatiArdejani, Reza. Rooki, Behshad. JodieriShokri, "Prediction of Rare Earth elements in Natural Alkaline Mine Drainage from Razi Coal Mine, Golestan, Province, Northeast Iran", Using General Regression Neural Network, Journal of Environment Engineering, 139(6), 896-907, 2013.
- [۷] مهرداد. براتی، ایرج. رساء، "مطالعه واکنشهای ردوکس و غیره آن در تبدیل کانی مگنتیت به هماتیت در اعماق معادن آهن غرب ایران"، دومین همایش منطقه‌ای زمین‌شناسی کاربردی و محیط زیست، ۱۳۸۵.