



Vol. 12, No. 2, 1383/2004 Fall & Winter



Petrography and geochemistry of jarosite in Rangan (southwest of Ardestan)

A. Parsapoor, M. Khalili, M. Noghreyan, M. Makizadeh

*Department of Geology, University of Isfahan, Iran
E-mail: anis_parsa@yahoo.com*

(Received: 19/02/2004, received in revised form: 03/08/2004)

Abstract: The study area is a part of central Iranian Cenozoic magmatic belt. The dominant rock type in the area is rhyodacite with Eocene in age. These rocks have been effected by Qum-Zefreh fault as well as alteration by hydrothermal solutions. Due to sulfate - acid alteration, the following minerals are formed: pyrite + alkali feldspar + sericite + pyrophyllite + barite + jarosite + hematite + quartz. The presence of abundant jarosite mineral and the high heavy elemental content, as well as the high K/Na ratio, we suggest that the Rangan jarosite may have a magmatic - hydrothermal origin.

Keywords: *Rangan, Jarosite, Hydrothermal solutions.*



سال دوازدهم، شماره ۲، پائیز و زمستان ۸۳، از صفحه ۲۰۳ تا ۲۱۴

مجله
پتروشیمی
و ژئوشیمی
ایران

مطالعه سنگ شناسی و ژئوشیمی ژاروسیت در رنگان (جنوب غرب اردستان)

انیس پارساپور، محمود خلیلی، موسی نقره‌ئیان، محمدعلی مکی‌زاده

گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان
پست الکترونیکی: anis_parsa@yahoo.com

(دریافت مقاله ۱۳۸۲/۱۱/۳۰ ، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۳/۵/۱۲)

چکیده: منطقه مورد مطالعه بخشی از نوار ماگمایی سنوزوئیک ایران مرکزی را شامل می‌شود. سنگ‌شناسی غالب منطقه ریوداسیت ائوسن است که تحت تأثیر غسل زون قم - زفره و هجوم محلولهای گرمابی، دگرسان شده است. مجموعه کانیه‌های حاصل از دگرسانی اسید - سولفات که در محیط اسیدی ایجاد شده است عبارتند از: پیریت + آلکالی فلدسپات + سریسیت + پیروفیلیت + باریت و ژاروسیت + هماتیت + کوارتز. با توجه به فراوانی کانی ژاروسیت و عناصر سنگین آن در منطقه و بر مبنای مقدار بالای K/Na، خاستگاه ماگمایی - گرمابی برای ژاروسیت‌های رنگان می‌توان در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: رنگان، ژاروسیت، محلول‌های گرمابی.

مقدمه

ژاروسیت با فرمول عمومی $AB_2(SO_4)_2(OH)_6$ یکی از کانیه‌های گروه آلونیت است که در آن A نماینده K^+ , Na^+ و H_2O^+ (هیدرونیوم) و B نشانگر Fe^{3+} (ژاروسیت) و Al^{3+} (آلونیت) است [۱]. این دو کانی، شاخص دگرسانی گرمایی (آرژیلیک پیشرفته) هستند که وقوع آنها دلالت بر کانسازسازی اپی‌ترمال دارد. از طرفی حضور وافر پیریت در این نهشته‌ها نشانگر وجود یک سیستم گرمایی با سولفیدزایی بالاست، که ایجاد شرایط اسیدی را به همراه دارد.

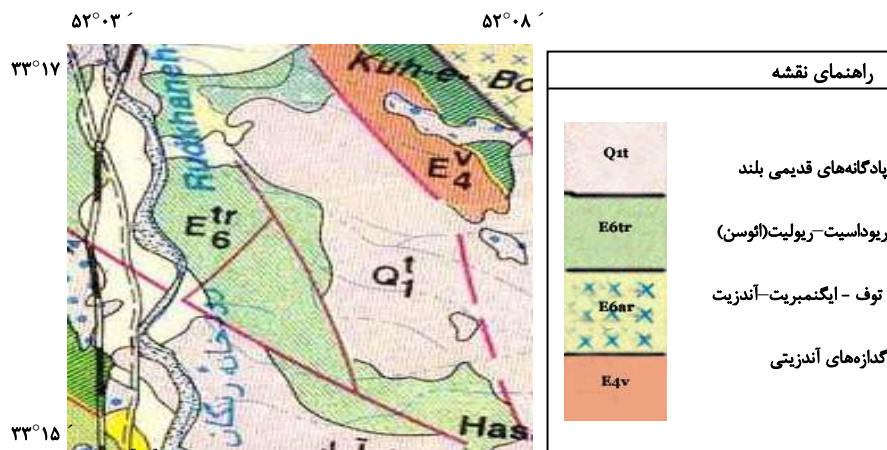
مطالعات مختلفی برای بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی و ساختاری ژاروسیت، برای دستیابی به پتانسیل‌های کاربردی این کانی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به تحقیقات انجام شده از سوی انجمن‌های زمین‌شناسی آمریکا و مکزیک اشاره کرد. این انجمن‌ها با استفاده از ایزوتوپ‌های گوگرد و دوتریم و نیز تعیین مقادیر پتاسیم و سدیم موجود در این کانی، توانسته‌اند ژاروسیت‌های اولیه (ژاروسیت گرمایی) را از ژاروسیت‌های ثانویه (حاصل از اکسایش پیریت)، تفکیک کنند [۱ و ۲].

برای تقسیم‌بندی و نام‌گذاری ژاروسیت‌ها، برخی محققین بر اساس سه بنیان سولفات، ارسنات و فسفات نمودارهایی ارائه کرده‌اند که در بخش ژئوشیمی به آنها اشاره شده است [۳ تا ۵]. در مرجع [۶] رفتار عناصر نادر خاکی و عناصر سنگین در کانی ژاروسیت مطالعه و تغییرات این عناصر در کانی ارائه شده است. رفتار عناصر نادر خاکی در ژاروسیت‌های منطقه رنگان و نوسانهای این عناصر در جریان فعالیت محلول‌های گرمایی در مرجع [۷] گزارش شده است. این مقاله علاوه بر ارائه شواهد صحرایی بر وقوع ژاروسیت، به مطالعه میکروسکوپی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی این کانی در منطقه رنگان واقع در جنوب غرب شهرستان اردستان می‌پردازد.

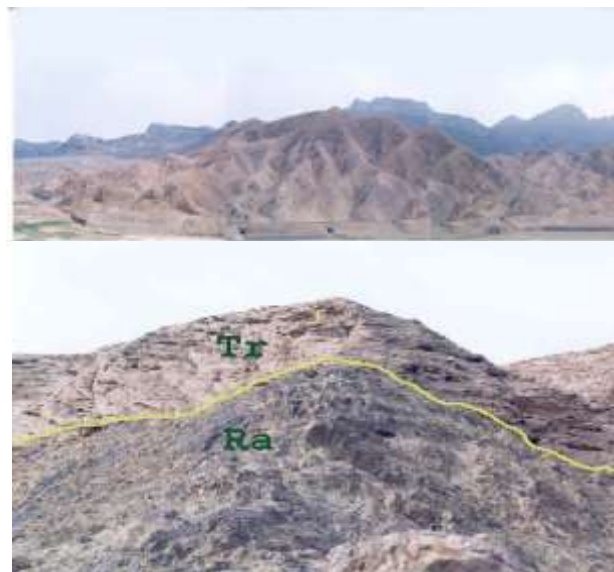
زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در $۵۲^{\circ} ۰۳'$ تا $۵۲^{\circ} ۰۸'$ طول شرقی و $۳۳^{\circ} ۱۵'$ تا $۳۳^{\circ} ۱۷'$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱) [۸]. از نظر تقسیمات واحدهای زمین‌شناسی و ساختاری ایران و با توجه به پیشنهاد اشتوکلین و نقشه زمین‌ساختی ایران که زیربنای کار بسیاری از محققین زمین‌شناسی در ایران است، منطقه مورد بحث در پهنه ایران مرکزی و زیر پهنه ارومیه - دختر واقع است. در غرب روستای گل‌آباد و در اطراف روستای رنگان و شورقستان که بخش اصلی محدوده مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد، بیشترین رخنمون‌ها مربوط به فعالیت آتشفشانی ائوسن با ترکیب آندزیت، داسیت و ریولیت است که تحت تأثیر دگرسانی گرمایی دگرسان شده‌اند و این در حالی است که بازالتها از حجم کمتری برخوردارند. این امر می‌تواند مبین این مطلب باشد که سنگهای آتشفشانی اسیدی از تفریق بازالتها به وجود نیامده‌اند و از نظر شیمیایی در محدوده آتشفشانهای حاشیه قاره‌ای قرار می‌گیرند [۸].

فرآیندهای زمین‌ساختی در به وجود آوردن دگرسانی‌های گرمابی منطقه مورد مطالعه تأثیر به‌سزایی داشته است، چنانکه وجود درزه‌ها و شکستگی‌های فراوانی که در نتیجه عملکرد فازهای زمین‌ساختی مختلف مانند فاز پیرنه به وجود آمده‌اند از یک سو و حضور تراورتن بر روی نهشته‌های دگرسان‌شده از سوی دیگر، حکایت از چشمه‌های فراوان قدیمی دارد که توانسته‌اند جریانهای گرمابی را به سمت بالا هدایت کنند (شکل ۲). گسل مارین - رنگان با روند شمال غرب - جنوب شرق که با زاویه حاده گسل اصلی قم - زفره را قطع می‌کند نقش مهمی در هدایت محلولهای گرمابی رنگان ایفا کرده است [۸].



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (گنبد ریولیتی (E6tr) [۱].



شکل ۲ مرز بین تراورتن‌ها (Tr) و ریولیت‌های دگرسان حاوی پیریت (Ra)

روش مطالعه

برای مطالعه دگرسانی‌های منطقه مورد مطالعه، نخست نمونه‌برداری‌های صحرایی بر اساس نوع متفاوت دگرسانی انجام گرفت و سپس از آنها مقاطع صیقلی تهیه شد. در نهایت تعدادی از نمونه‌ها مورد آنالیز XRF (در شرکت کیان‌طیف زاگرس)، XRD (در دانشگاه اصفهان) و میکروپروب (در دانشگاه اکلاهماستی آمریکا) قرار گرفتند.

ویژگی‌های نمونه دستی و میکروسکوپی ژاروسیت در منطقه رنگان

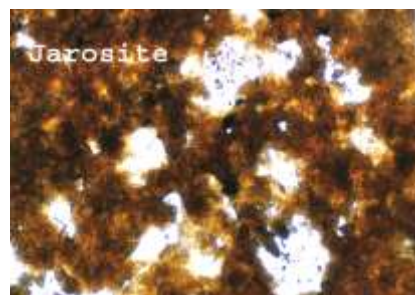
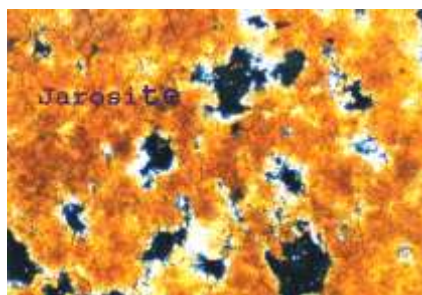
ژاروسیت در نمونه دستی رنگ زرد کهربایی داشته و از نظر درخشندگی کدر تا صمغی و نیمه-شفاف تا مات است و در سیستم ششگوشی متبلور می‌شود. سطح شکست آن صدفی و سختی آن ۲٫۵ تا ۳٫۵ است [۹]. این کانی به آسانی دگرسان شده و تولید لیمونیت می‌کند. پاراژنهای آن معمولاً باریت، گالن، فیروزه، فلوریت، گوتیت، هماتیت و دیگر کانیهای آهن‌دار است. در رنگان، ژاروسیت‌ها به صورت ریزدانه (در متن سنگهای دگرسان شده)، توده‌ای و یا میان‌لایه‌ای با کائولینیت‌ها قابل مشاهده‌اند، که نوع اخیر، به احتمال زیاد از کائولینیت‌ها به‌وجود آمده‌اند و می‌توانند از نوع ژاروسیت‌های ثانویه باشند (شکل ۳). در مقاطع میکروسکوپی ژاروسیت به صورت اشکال داربستی^۱ و رگچه‌ای^۲ قابل تشخیص است. در نور قطبیده، ژاروسیت به رنگ زرد عسلی و در نور طبیعی، رنگ‌های تداخلی درجه بالا را نشان می‌دهد. برجستگی زیاد این کانی نیز قابل توجه است (شکل ۴).



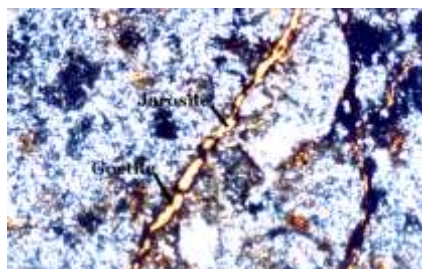
شکل ۳ ژاروسیت با رنگ زرد (a) به همراه کائولینیت (b).

- 1- Stockwork.
- 2- Veinlet.

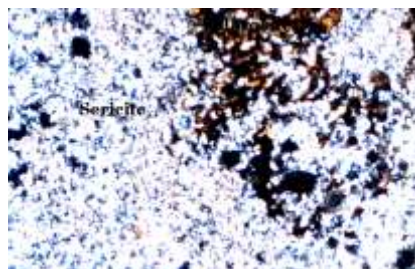
در مطالعات میکروسکوپی انجام‌شده، کانی ژاروسیت همراه با کانی‌های اصلی (فلدسپاتهای قلیایی کوارتز و سربیسیت) و در همجواری کانه‌های اکسید آهن به وضوح دیده می‌شوند. در این مقاطع، فلدسپاتهای قلیایی به کانیهای بسیار ریز رسی (احتمالاً کائولینیت) تبدیل شده‌اند. این کانی به صورت پراکنده درون فلدسپاتهای قلیایی و یا به صورت روکشی بر روی آنها مشاهده می‌شود. ژاروسیت به صورت مستقل در همیافتی با بلورهای کوارتز و به طور پراکنده در متن ریزدانه سنگ نیز قابل رویت است (شکل‌های ۵ تا ۸).



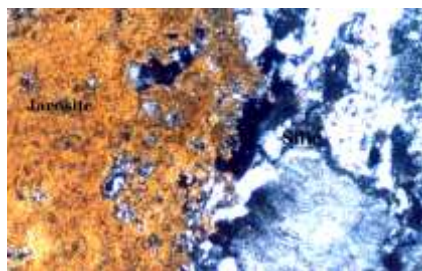
شکل ۴ ژاروسیت در مقطع نازک (از راست به چپ به ترتیب PPL100 و XPL100).



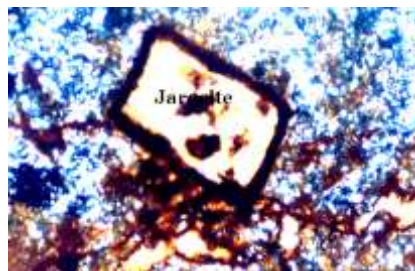
شکل ۶ ژاروسیت‌های رگه‌ای که در حاشیه به گوتیت تبدیل می‌شوند (XPL100).



شکل ۵ ژاروسیت به طور پراکنده و به صورت دانه‌های زرد رنگ به صورت همیافت با سربیسیت دیده می‌شود (XPL100).

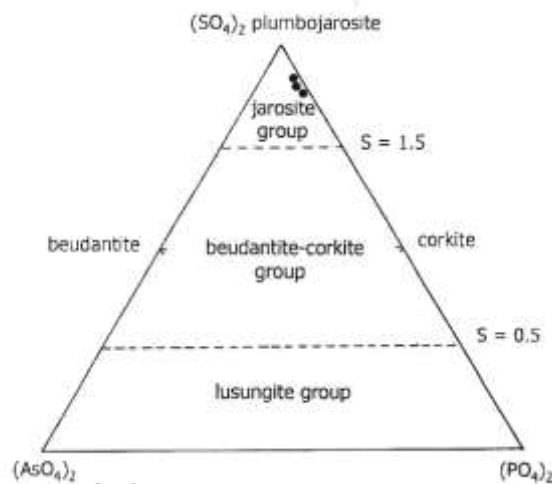


شکل ۸ تبدیل کامل سنگ به ژاروسیت (XPL100).



شکل ۷ تبدیل پیریت به ژاروسیت با حفظ شکله اولیه پیریت به خوبی دیده می‌شود. ژئوسیمی ژاروسیت در منطقه رنگان

در سالهای اخیر برخی از ویژگیهای آلونیت به منظور طبقه‌بندی گروههای مختلف این کانی مورد مطالعه پاره‌ای از محققین قرار گرفته است. زامبور (۱۹۹۹) بر اساس ترکیب شیمیایی و ساختار و اسکات (۲۰۰۰) تنها بر پایه ویژگیهای شیمیایی، آلونیت‌ها و ژاروسیت‌ها را نامگذاری کرده‌اند. بر اساس این مطالعات، سه بنیان AsO_4 ، PO_4 و SO_4 اساس طبقه‌بندی این کانیها را تشکیل می‌دهد و بدین ترتیب سه گروه اصلی ژاروسیت^۳، بودانتیت - کورکیت^۴ و لوسونزیت^۵ را می‌توان تمیز داد (شکل ۹) [۱۰]. گروه سوم در طبقه‌بندی پیرینگ و همکاران (۱۹۹۵) تحت عنوان سگنیتیت^۶ نامیده می‌شوند. در نمودار اسکات چنانچه $S > 1.5$ باشد، نمونه مورد مطالعه در گروه اول قرار می‌گیرد. در این حالت اسکات بر اساس نوع کاتیون فراوان، اسامی متعددی به ژاروسیت می‌دهد که در زیر به انواع آنها اشاره شده است: $KFe_2(OH)_6(SO_4)_2$ به نام ژاروسیت، $NaFe_3(OH)_6(SO_4)_2$ ناتروژاروسیت، $PbFe_6(OH)_{12}(SO_4)_4$ پلومبوژاروسیت، $AgFe_2(OH)_6(SO_4)_2$ آرژانتوژاروسیت، $NH_4Fe_3(OH)_6(SO_4)_2$ آمونیوژاروسیت و بالاخره $TiFe_2(OH)_6(SO_4)_2$ به نام دورالکارت.

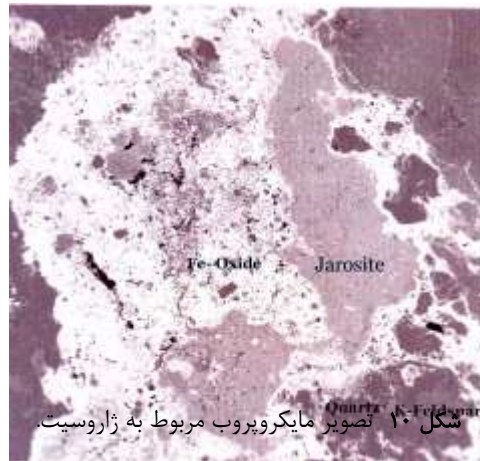


شکل ۹ نمودار نامگذاری گروه آلونیت بر پایه سیستم اسکات (۱۹۸۷) [۱۲] و جایگاه نمونه‌های منطقه رنگان (جنوب غرب اردستان) در این نمودار.

برخی از پژوهشگران [۱۱] معتقدند آلونیت‌هایی که از پتاسیم زیادی برخوردارند دارای منشاء ماگمایی-گرمایی و آنهایی که حاوی سدیم بیشتری هستند در نتیجه اختلاط آب

- 3- Jarosite
- 4- Corkite-beudantite
- 5- Lusungite
- 6- Segnitite

ماگمایی و جوی حاصل آمده‌اند. بر این اساس با استفاده از میزان سدیم و پتاسیم، منشاء ژاروسیت مشخص می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که ژاروسیت معمولی که در جایگاه A آن تنها K قرار می‌گیرد ژاروسیت گرمابی با منشاء ماگمایی و ناتروژاروسیت‌ها بیشتر دارای منشاء جوی هستند. آنالیز میکروپروب چند نقطه روی یک نمونه ژاروسیت که از منطقه رنگان انتخاب شد نشان می‌دهد که مقدار سدیم موجود در این نمونه به مراتب کمتر از مقدار پتاسیم است که این موضوع می‌تواند منشاء ماگمایی این ژاروسیت را محتمل سازد. شکل ۱۰ تصویر میکروپروب ژاروسیت را نشان می‌دهد. بنابر جدول ۱ برای نمونه آنالیز شده، مقدار اکسید سدیم در آن بسیار ناچیز است، به این معنی که نمونه مورد نظر از ناتروژاروسیت (ژاروسیت سدیم‌دار) فاصله گرفته و به سمت آلونیت گرایش دارد.

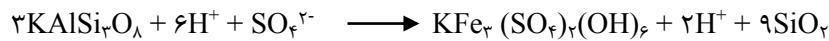
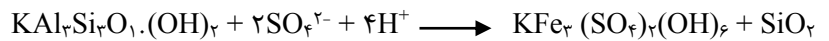


جدول ۱ نتایج آنالیز میکروپروب روی یک نمونه (آلونیت - ژاروسیت: نمونه S-22) از منطقه رنگان.

Sample	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	SrO	BaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Total
Jar1	7/73	36/1	0/00	0/00	0/09	8/42	0/04	0/73	0/35	2/21	32/9	0/05	87/8
Jar2	8/74	35/2	0/02	0/00	0/13	8/52	0/04	0/49	0/29	2/02	31/1	0/05	84/4
Jar3	8/90	35/5	0/03	0/00	0/14	8/58	0/02	0/60	0/29	2/04	32/2	0/03	88/4
Jar4	7/88	36/1	0/00	0/00	0/15	8/28	0/03	0/53	0/26	2/32	30/4	0/04	86/0
Jar5	8/43	35/5	0/01	0/00	0/10	8/51	0/01	0/68	0/27	2/23	31/9	0/05	87/9
Jar6	8/43	36/2	0/01	0/01	0/11	7/71	0/03	0/7	0/27	1/94	28/9	0/05	84/5
Jar7	9/18	34/8	0/01	0/02	0/15	8/01	0/00	0/41	0/27	1/78	29/7	0/04	84/4
Jar8	8/99	34/2	0/01	0/03	0/12	8/62	0/04	0/59	0/29	1/96	32/0	0/07	86/9
Jar9	11/8	31/5	0/00	0/00	0/12	8/85	0/02	0/48	0/18	1/67	32/6	0/06	87/3
Jar10	16/6	25/5	0/00	0/00	0/21	9/26	0/02	0/47	0/15	1/28	34/5	0/1	88/2
Jar11	15/1	27/7	0/00	0/00	0/18	8/94	0/01	0/43	0/24	1/25	34/7	0/09	88/6
Jar12	15/2	27/0	0/00	0/00	0/17	9/11	0/02	0/48	0/12	1/34	34/5	0/08	88/1

در کل همیافتی آلونیت - ژاروسیت، سربیسیت، کائولینیت، آلکالی فلدسپات، باریت و کوارتز بیانگر این است که سنگهای آتشفشانی اسیدی در یک محیط با فعالیت بالای یون هیدروژن و

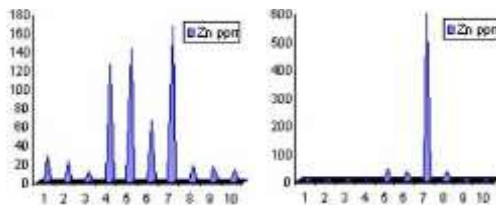
یون سولفات دگرسان شده‌اند. احتمالاً فوگاسیته بالای اکسیژن و فرآیند اکسایش موجب پیدایش یک رشته واکنش می‌شود که به صورت زیر خلاصه می‌شود [۱۲]:



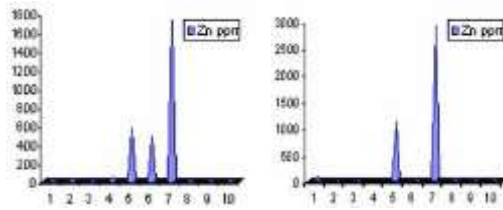
بر روی ۱۰ نمونه از منطقه مورد مطالعه آنالیز XRF نیز انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده‌اند. نمونه‌های S۴، S۵ و S۷ سنگ‌هایی هستند که کانی‌های عمده آنها منحصراً ژاروسیت و کوارتز هستند. آنالیزهای XRF سنگ‌های سالم ریولیتی (S۱، S۲، S۶) و دیگر سنگ‌های دگرسان شده فاقد ژاروسیت (S۳، S۸، S۹، S۱۰) و مقایسه آنها با نمونه‌های ژاروسیتی مورد مطالعه نشان می‌دهد که عناصر سنگین در ساختار ژاروسیت به خوبی جایگزین شده‌اند. این جایگزینی دلالت بر آن دارد که این کانی برای دربرگیری عناصر انتقالی مانند مس، سرب، روی و آرسنیک ساختار مناسبی دارد (نمودار ۱). منحنی نمونه‌ای از ژاروسیت طبیعی نیز در نمودار ۲ دیده می‌شود.

جدول ۲ آنالیز شیمیایی به روش XRF، از نمونه‌های سالم (S1, S2, S6) و دگرسان (S3, S4, S5, S7, S8, S9, S10) منطقه رنگان.

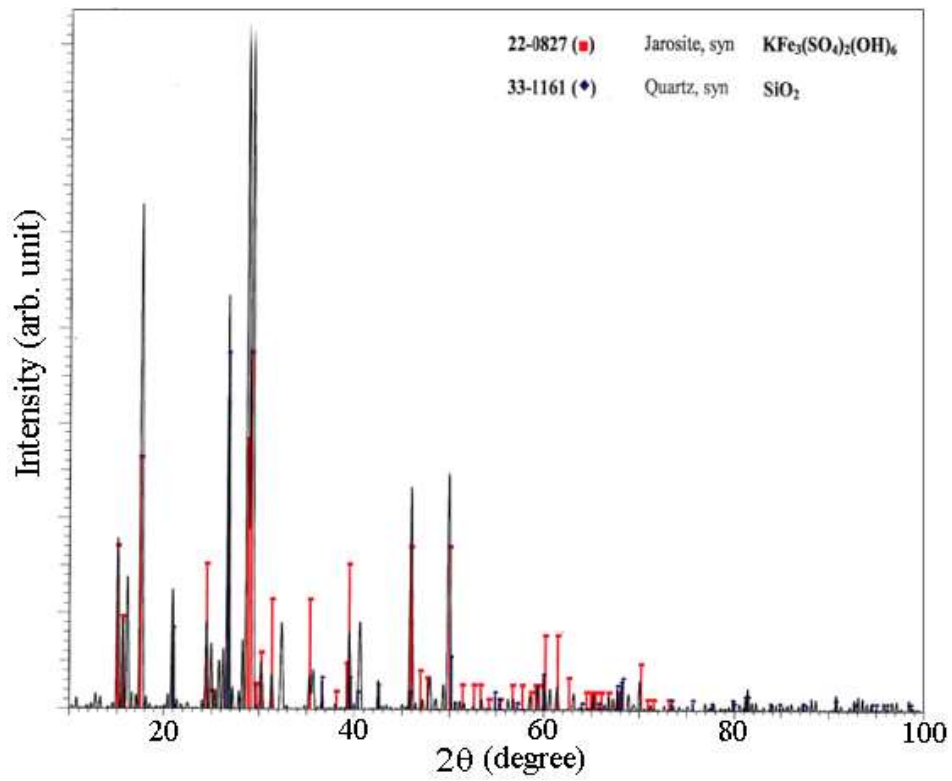
Sample	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Major Oxides (Wt%)										
SiO ₂	79.94	74.15	71.95	4.66	20.03	71.98	22.09	93.42	69.82	81.82
Al ₂ O ₃	11.63	14.33	23.65	3.08	7.04	15.32	7.47	1/26	18.59	8.98
Fe ₂ O ₃	1.16	1.55	0.23	48.15	49.97	1.36	42.47	2/72	1.93	1
CaO	0.15	0.03	0.2	0.13	0.16	0.78	0.5	0.4	0.02	2/28
Na ₂ O	5.89	1.55	0.06	0.53	0.64	0.76	0.88	0.51	0.24	0.04
K ₂ O	0.14	5.15	0.02	0.06	7.53	6.09	8.42	0.11	5.45	2.66
MgO	0.09	0.67	0.07	5/8	0.01	0.76	0.01	0.7	0.77	0.45
MnO	0.015	0.038	0.003	0/086	0.033	0.018	0.017	0.026	0.007	0.005
TiO ₂	0.176	0.196	0.877	0.001	0.034	0.409	0.022	0.006	0.648	0.438
P ₂ O ₅	0.049	0.04	0.042	0/226	0.37	0.064	0.286	0.022	0.047	0.037
LOI	0.72	1.56	2.76	3.56	3.26	1.89	4.08	0.31	2.27	2.04
Elements (ppm)										
S	244	5091	534	10	105439	2836	125454	430	402	216
Cl	70	13	10	85	350	110	212	3337	547	12
V	31	27	176	41	73	46	27	35	79	58
Cr	1	1	8	12	1	1	1	1	34	39
CO	7	2	5	2	1	4	1	7	2	5
Ni	11	10	8	10	16	10	14	9	16	13
Cu	4	1	0	2	39	30	594	30	3	6
Zn	28	21	11	125	141	65	166	17	15	13
Rb	10	158	11	36	86	242	159	12	217	113
Sr	700	690	733	110	1620	723	3168	679	644	661
Y	25	20	29	13	13	25	18	6	71	29
Nb	8	15	4	2	9	13	8	7	19	8
Ba	8	313	89	146	859	873	954	6	307	155
W	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pb	18	24	18	45	562	478	1723	12	17	16
As	72	25	21	1060	1095	27	2910	38	5	



نمودار ۱ نتایج حاصل از ۱۰ نمونه آنالیز XRF به صورت مقابل نمایش داده شده است. این نمودارها غنی‌شدگی برخی عناصر را در سنگ‌هایی که تنها کانی آنها ژاروسیت است (۷ و ۵ و ۴) در مقایسه با دیگر سنگ‌های سالم (۶ و ۲ و ۱) و دگرسان (۱۰ و ۹ و ۸ و ۳) منطقه رنگان نشان می‌دهد.



نمودار ۲ منحنی مربوط به یک نمونه ژاروسیت طبیعی.



خلاصه و برداشت

سنگهای ماگمایی ریولیت، آندزیت و داسیت منطقه رنگان، تحت تأثیر محلول‌های گرمایی، دگرسان شده و مجموعه کانیهای آلونیت، ژاروسیت، پیریت، فلدسپات‌های قلبایی، کوارتز، سریسیت و کانیهای ریز رسی (احتمالاً پیروفیلیت و کائولینیت) را به وجود آورده‌اند. ویژگیهای سنگ‌شناسی نشان می‌دهد که همیافتی دو کانی ژاروسیت - آلونیت با مجموعه کانیهای فوق بیانگر آنست که فرآیند دگرسانی سنگهای آتشفشانی اسیدی در محیطی با فعالیت بالای یون هیدروژن و سولفات به وقوع پیوسته است که می‌تواند بر دگرسانی نوع آرژبلیک پیشرفته دلالت داشته باشد.

مبنای طبقه‌بندی انواع کانیهای گروه آلونیت-ژاروسیت را کاتیونها و آنیونهای غالب (Na و Pb , K , Ag , Tl , AsO_4 , NH_4 , SO_4 , PO_4) تشکیل می‌دهد. بر پایه مطالعات ژئوشیمیایی نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در گروه اول (ژاروسیت) این طبقه‌بندی‌ها قرار می‌گیرد که از آنیون SO_4 و از دو کاتیون Fe و K غنی است. فراوانی یون پتاسیم نسبت به یون Na در این کانی به منشاء ماگمایی - گرمایی ژاروسیت منطقه رنگان اشاره دارد. ژاروسیت‌های مورد مطالعه نسبت به پوسته زمین از عناصر انتقالی Cu , As , Pb و Zn غنی است، بنابراین ساختار این کانی احتمالاً مخزن مناسبی برای جذب این عناصر است.

مراجع

- [1] Luteh V.W., Rye R.O., Peters L., "Age and stable isotope geochemistry of hydrothermal jarosite at the Copaiipo jarosite mine, New Mexico", Geological Society of America Abstracts with programs 31 (1999) A403.
- [2] Lueth V.W., Rye R.O., Peters L., "The origin and natural destruction of an ore deposit as recorded by jarosite: Hansonburg Mining District, New Mexico", Geological Society of America Annual Meeting-Reno 2000, Denver Federal Center, Denver (2000) Internet.
- [3] Pring A., Birch W.D., Dawe J., Taylor A.M., "Deliens, M. and Walenta, K. Kintoreite, $\text{PbFe}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_6$, a new mineral of the jarosite-alunite family, and lusungite discredited", Mineralogical Magazine 59 (1995) 143-148.
- [4] Jambor J.L., "Nomenclature of the alunite supergroup", Canadian Mineralogists 37 (1999) 1323-1341.
- [5] Scott K.M., "Nomenclature of the alunite supergroup: discussion", Canadian Mineralogists 38 (2000) 1277-1279.
- [6] Fulignati P., Gioncada A., Sbrana A., "Rare earth element (REE) behaviour in the alteration facies of the active magmatic - hydrothermal

system of Vulcano (Aeolin Islands, Italy)", Journal of Volcanology and Geothermal Research 88 (1999) 325-342.

[7] Parsapoor A., Khalili M., Noghreyan M., Makizadeh M., "The behaviour of REE during hydrothermal alteration in Rangan area (Central Iran), (in preparation)".

[۸] امامی م.ه.، رادفر ج.، "نقشه زمین‌شناسی اردستان در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰"، سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۷۹).

[۹] سرابی ف.، "کانی‌شناسی نوری"، انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۷۵) صفحه‌های ۲۲۳ تا ۲۲۵.

[10] Scott K.M., "Solid solution in, and classification of, gossan-derived members of the alunite-jarosite family, northwest Queensland, Australia", American Mineralogists 72 (1987) 178-187.

[11] Wanty R.B., Berger G.S., Plumlee, King T.V.V., "Remote Sensing Project", (1999) Internet.

[۱۲] نقره‌ئیان م.، مکی‌زاده م.ع.، شرافت ش.، خدای م.، "اولین گزارش از رخداد آلونیت ژاروسیت در اندیس معدنی شهرزاد"، سمینار داخلی دانشگاه آزاد اراک (۱۳۷۸) صفحه ۲۱۳.