

## تعیین دمای تشکیل زونهای دگرسانی گرمابی مناطق شمال غرب زنجان با دماسنجی کلریتهای ثانویه و مقایسه آن با روش سیالات درگیر

بهزاد حاج علیلو\* / احمد خاکزاد\*\*

### چکیده

تعیین دمای تشکیل کانسارهای گرمابی و زونهای دگرسانی آنها، ابزار مهمی برای مطالعات اکتشافی است. دماسنجی کلریتهای ثانویه، روش مناسبی برای شناخت درجه حرارت تشکیل انواع مختلف دگرسانی است. با استفاده از این روش، که در سال ۱۹۸۵ کاتلینه آن را ارائه کرد و براساس آنالیز کلریتهای ثانویه و محاسبه مقدار آلومینیم تتراندی در ساختمان کلریتها بنا شده است و با مطالعه در زونهای دگرسانی گرمابی موجود در مناطق شمال غرب زنجان، شرق میانه و جنوب خلخال، مشخص شد که دمای تشکیل زونهای سرسیستیک، آرژیلیک پیشرفته، آرژیلیک متوسط و پروپلیتیک در این ناحیه به ترتیب  $340^{\circ}\text{C}$  تا  $365^{\circ}\text{C}$ ،  $330^{\circ}\text{C}$  تا  $355^{\circ}\text{C}$ ،  $315^{\circ}\text{C}$  تا  $325^{\circ}\text{C}$  و  $290^{\circ}\text{C}$  تا  $305^{\circ}\text{C}$  بوده است. ترکیب کلریتهای منطقه نیز براساس نسبت منیزیم و آهن به مقدار آلومینیم جانشین شده به جای سیلیس از نوع ریپیدولیت است. مطالعات سیالات درگیر بر روی همین پهنه‌های دگرسانی، تا حد زیادی اطلاعات بالا را مورد تأیید قرار داده و دمایی نزدیک به دماهای فوق را ارائه داده است، لذا پیشنهاد می‌شود برای بررسی درجه حرارت تشکیل پهنه‌های دگرسانی گرمابی، هر دو این روشها به صورت مکمل با همدیگر مورد استفاده قرار گیرد.

### کلید واژه

دگرسانی گرمابی، کلریتها، حرارت‌سنجی، مناطق دگرسانی، سیالات درگیر.

\* عضو هیئت علمی دانشگاه پیام‌نور، مرکز تبریز

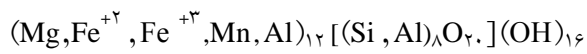
\*\* عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

## مقدمه

است (۲). رودخانه دایمی قزل‌اوزن که از کوه‌های کردستان و کرمانشاه سرچشمه می‌گیرد، پس از عبور از بخش میانی منطقه مورد مطالعه به سد سفیدرود (منجیل) می‌رسد و در نهایت به دریاچه مازندران می‌ریزد. نقش فرسایش این رودخانه در آشکار کردن مناطق دگرسانی بسیار مهم بوده، به طوری که اختلاف بستر رودخانه که لکه‌های دگرسانی در اطراف آن مشاهده می‌شود، تا بالای دیواره دره‌ها به طور متوسط ۷۵۰ متر می‌باشد (۲).

این منطقه در زون زمین‌ساختی البرز غربی - آذربایجان واقع است. طی فازهای کوهزایی پیرنه (پلیو - پلیوستن) این منطقه شاهد پلوتونیزم و ولکانیزم بسیار گسترده بوده که ضمن خروج منطقه از آب، دگرسانی‌های گرمابی بسیار شدید و گسترده‌ای بر واحدهای قدیمتر، به‌ویژه توفها و گدازه‌های آندزی بازالتی سازند کرج و نیز سنگهای تراکیتی و کوارتز مونزونیتی حاصل از فرایندهای آذرین که در بالا اشاره شده صورت گرفته است (۲). به نظر می‌رسد نقش عوامل ساختمانی از جمله گسله‌های معکوس و معمولی با راستای شمال غربی - جنوب شرقی، که حداقل بخشی از رودخانه قزل‌اوزن در بستر این گسله‌ها جاری است، در جای‌گیری توده‌های نفوذی و بسط و توسعه مناطق دگرسانی بسیار مهم بوده است (نقشه ۲). حاصل این فعالیتها، تشکیل کانسارهای متعدد مس، سرب، روی، کائولن و آلونیت در منطقه می‌باشد (۲).

**حرارت سنجی بوسیله تجزیه کلریتها و روشها  
کانی شناسی و کریستالوشیمی کلریتها**  
فرمول کلی کلریت:



شناخت نوع کانسارها و دگرسانی‌های احتمالی همراه آنها و نیز تعیین درجه حرارت تشکیل کانسارها و دگرسانی‌های همراه، به‌ویژه در کانسارهای گرمابی، از اهمیت خاصی برخوردار است و یکی از شاخصهای مهم، جهت شناخت تیپ کانی‌سازیهاست (۴). روشهای مختلفی برای شناخت درجه حرارت تشکیل کانسارها و زونهای دگرسانی آنها پیشنهاد شده که از جمله می‌توان به روشهای مطالعه سیالات درگیر، حرارت‌سنجی کلریت‌های ثانویه، سنتز کانیها، مطالعه ایزوتوپهای پایدار و ... اشاره کرد. در بین روشهای فوق، دو روش سیالات درگیر و حرارت‌سنجی کلریتها، در صورتی که همزمان با هم انجام شوند، با وجود هزینه‌های نسبتاً پایین، نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهند. لذا در مطالعه‌ای که برای شناخت درجه حرارت زونهای دگرسانی مناطق شمال غرب زنجان و شرق میانه (دگرسانی‌های گرمابی حاشیه رودخانه قزل‌اوزن) صورت گرفت از این دو روش به صورت همزمان استفاده شد که نتایج حاصل همخوانی دارند. در این مقاله تأکید بیشتر، بر روش حرارت‌سنجی کلریت‌های ثانویه است.

### موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

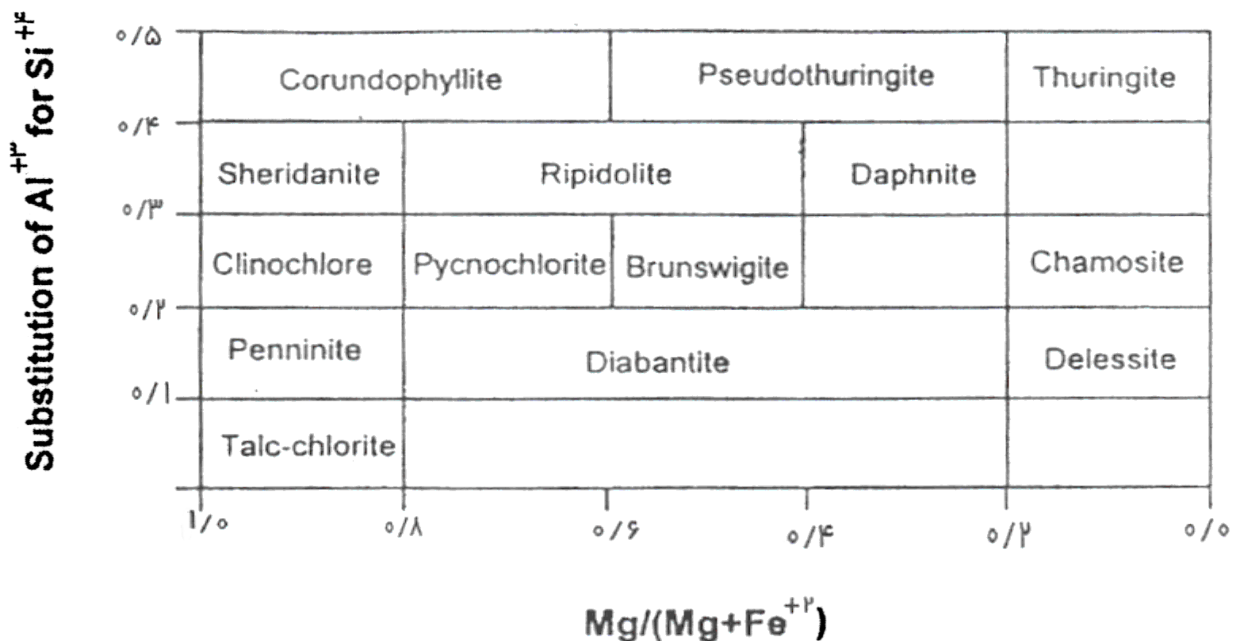
پژوهش حاضر در نمونه‌های جمع‌آوری شده از پنج لکه دگرسانی گرمابی در نواحی شمال غرب زنجان، غرب کوه‌های تالش، جنوب خلخال و شرق میانه صورت گرفته است (نقشه ۱- الف و ۱- ب). این منطقه که منطقه غرب تالش یا منطقه هشجین نامیده می‌شود، در چهار گوش بندرانزلی و ورقه ۱:۱۰۰/۰۰۰ هشجین با مختصات ۴۸° تا ۴۸° ۳۰' تا ۴۸° ۳۰' طول شرقی و ۳۷° تا ۳۷° ۳۰' عرض شمالی واقع





شاموزیت، کلینوکلر، پنینیت، سودوئیت دارند (شکل ۳). گستردگی وسیع ترکیب کلریت و تشکیل آن در یک محدوده وسیع از نظر فشار، حرارت و اکتیویته آب باعث گوناگونی خواص فیزیکی، نوری و نیز پارامترهای سلول اولیه می شود.

البته ترکیب بیشتر کلریتها تغییرات قابل توجهی را نسبت به این فرمول نشان می دهند. بدین صورت که  $Fe^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$  و Al جانشین Mg در لایه های تالک و بروسیت مانند می شوند (۸). همچنین Al در موضع چهاروجهی به جای Si می نشیند. به دلیل جانشینیهای بالا، کانیهای گروه کلریت نامهای مختلفی مثل



شکل ۳. نامگذاری انواع کلریتها بر اساس نسبت منیزیم به آهن و مقدار آلومینیم جانشین شده به جای سیلیس (۵).

محل کلریتهای ثانویه، بایستی پلاک نازک را با کربن پوشانند.

همان گونه که قبلاً نیز اشاره گردید، به دلیل تغییر وسیع ترکیب کلریتها، خواص نوری آنها نیز با همدیگر متفاوت است. ولی کلریتها، بیشتر به وسیله پلئوکروئیسم سبز علفی، رخ و بی رفرنزانس خویش شناخته می شوند.

با افزایش آهن در ترکیب شیمیایی کلریتها، ضرایب انکساری افزایش، علامت نوری منفی و

پتروگرافی سنگهای کلریت دار منطقه مورد مطالعه برای انجام آنالیزهای نقطه ای از کلریتها برای حرارت سنجی، ابتدا لازم است طی مطالعات پتروگرافی دقیق، کلریتهای ثانویه ای را که در دگرسانیهای گرمایی ایجاد شده اند، از کلریتهای احتمالی اولیه تشخیص و علامت گذاری نمود. برای اینکه بتوان آنالیز نقطه ای انجام داد، می بایستی مقاطع پتروگرافی بدون لامل با ضخامت ۳۰ میکرون تهیه نمود؛ سپس آنها را به خوبی صیقل داد. پس از تعیین

**روش آنالیز کلریتها و نتایج حاصل از آن**

طی مطالعات پتروگرافی ۸ نمونه از سنگهای کوارتز مونزونیتی (شماره b ۲۳۶)، توف (۲۷۶) و بازالت آندزیتی شماره‌های (۱۴۷, ۱۰۰b, ۱۷۰, ۲۶۰, ۱۰۳, ۱۷۵b) لکه آلتراسیونی انتخاب و به وسیله الکترون میکروپروپ مدل Jeol-733 در سازمان زمین‌شناسی کشور مورد تجزیه نقطه‌ای قرار گرفت. زمان هر تجزیه ۵۰ ثانیه و ولتاژ دستگاه ۲۰KV بوده است. برای نرمالیزه کردن دستگاه از یک سری استانداردهای طبیعی و مصنوعی استفاده شده است. با توجه به مجموع درصد وزنی کلریتها که بین ۸۳ تا ۲۳/۸۶ درصد در تغییر بوده و با توجه به مقدار مواد فرار (L.O.I) در کلریتها، این تجزیه‌ها از خطای کاملاً قابل قبولی برخوردار است (جدول ۱).

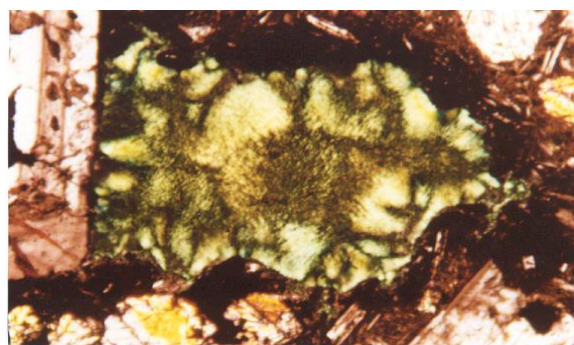
مسأله بسیار مهم در مورد تجزیه‌های میکروپروپ، چگونگی نرمالیزه کردن داده‌هاست. دو روش پیشنهادی برای نرمالیزه کردن داده‌ها وجود دارد. اول آنکه تمام تجزیه‌ها به اکسیژن ۱۴ (یا ۲۸) نرمالیزه شده و قبول کنیم که تمام آنها به صورت فرو (دو ظرفیتی) باشند. نتایج این عمل در جدول ۲ نشان داده شده است. راه دوم نرمالیزه کردن تجزیه کلریتهاست یعنی هیچ ظرفیت اکتائردی را تصور نکنیم و تمام کاتیونها را به ۱۰ نرمالیزه کنیم. نتایج حاصل از این کار نیز در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. فوستر و همکاران (۱۹۶۲) نشان دادند که بیش از ۴٪ وزنی  $Fe_2O_3$  در کلریتهای غنی از منیزیوم و بیش از ۲۰٪ وزنی  $Fe_2O_3$  در کلریتهای غنی از آهن وجود دارد (۹).

**محاسبه آلومینیم تترائردی و ترمومتری کلریتها**

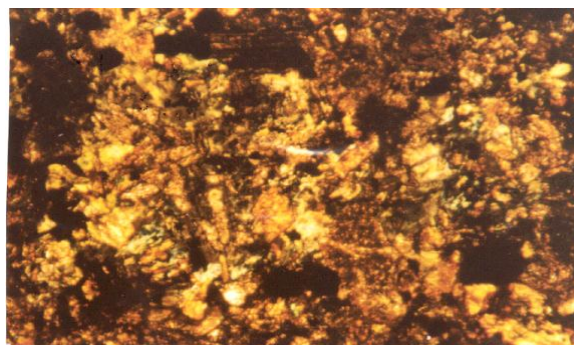
ترکیب شیمیایی بسیاری از کانیها متأثر از شرایط زمین‌شناسی تشکیل آنها از جمله درجه حرارت و

طولیل شدگی مثبت شده و بی رفرنژانس از قهوه‌ای به بنفش یا آبی تبدیل می‌شود (۹).

پس از بررسیهای کامل پتروگرافی از بسیاری از مقاطع نازک، ۸ نمونه از توفها، بازالتها و کوارتز مونزونیت‌های زونهای گوناگون دگرسانی گرمابی (سریسیتیک، آرژیلیک، پروپلیتیک و کلریتیک) انتخاب و کلریت‌های ثانویه آنها بر روی مقاطع نازک صیقلی علامت گذاری گردید. در شکل شماره ۴ کلریت‌های ثانویه تشکیل شده در بازالت و کوارتز مونزونیت زون دگرسانی پروپلیتیک نشان داده شده است.



شکل ۴- الف. تشکیل کلریت در نمونه بازالت از زون دگرسانی کلریتی در منطقه روستای کمر (بزرگنمایی XPL-100X)



شکل ۴ - ب. تشکیل کلریت و کلسیت در نمونه کوارتز مونزونیت پیریت دار از منطقه روستای مندجین (بزرگنمایی XPL-50X)

کلریتها را به دست آورد (۷ و ۶). برای محاسبه حرارت، پس از آنالیز نقطه‌ای کلریتها بایستی فرمول ایده آلی کلریتها ساخته شده و مازاد آلومینیم مصرف شده در ساختمان کلریت (آلومینیم اکتائدری) را باید به صورت آلومینیم تترائدری در نظر گرفت. این کار را می‌توان به وسیله نرم‌افزارهای مختلف از جمله MINCALC انجام داد (۱۱).

فشار است. کلریتها نیز از جمله کانیهای هستند که ترکیب شیمیایی آنها به‌ویژه نسبت منیزیم به آهن و مقدار آلومینیم آنها به شدت تابع درجه حرارت تشکیل آنهاست (۱۱). بر همین اساس افراد مختلف و از جمله کاتلینه (۱۹۸۸) نمودارهای مختلفی ارائه داده‌اند که می‌توان بر اساس ترکیب شیمیایی کلریتها، و به‌ویژه مقدار آلومینیم تترائدری (IV) (Al) موجود در ترکیب شیمیایی آنها، درجه حرارت تشکیل

جدول ۱. آنالیز ۸ نمونه کلریت با مقادیر آلومینیم تترائدری و اکتائدری

| شماره نمونه                    | b236   | ۱۴۷   | ۱۰۰ B  | ۱۷۰    | ۲۶۰   | ۱۰۳    | b176   | ۲۷۶      |
|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|----------|
| محل                            | مندجین | کچل   | جیزوان | جیزوان | کمر   | مندجین | جیزوان | نیمه هیل |
| SiO <sub>2</sub>               | ۲۵.۱۱  | ۲۵.۱۶ | ۲۷.۳۱  | ۲۶.۷۸  | ۲۵.۷۵ | ۲۶.۲۶  | ۲۶.۰۳  | ۲۵.۳۸    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ۲۰.۵۵  | ۲۰.۵۲ | ۱۸.۴۴  | ۱۹.۴۱  | ۲۰.۳۳ | ۲۰.۱۵  | ۲۰.۳۷  | ۲۰.۴۴    |
| CaO                            | ۰.۰۵   | ۰.۰۶  | ۰.۶۹   | ۰.۰۵   | ۰.۵۲  | ۰.۲۳   | ۰.۶۰   | ۰.۲۶     |
| MgO                            | ۱۴.۷۱  | ۱۷.۷۳ | ۱۵.۸۸  | ۱۶.۵۵  | ۱۶.۸۵ | ۱۶.۲۶  | ۱۶.۹۸  | ۱۶.۵۵    |
| K <sub>2</sub> O               | ۰.۰۴   | ۰.۰۳  | ۰.۰۵   | ۰.۰۵   | ۰.۰۴  | ۰.۰۵   | ۰.۰۶   | ۰.۰۸     |
| Na <sub>2</sub> O              | ۰.۰۱   | ۰.۰۱  | ۰.۰۱   | ۰.۰۴   | ۱۹.۵۹ | ۰.۰۷   | ۰.۰۶   | ۰.۱۱     |
| FeO                            | ۲۲.۸۰  | ۲۲.۷۵ | ۲۲.۵۲  | ۲۲.۰۲  | ۰.۵۱  | ۲۰.۲۵  | ۱۹.۷۰  | ۲۰.۱۰    |
| TiO <sub>2</sub>               | ۰.۶۶   | ۰.۰۶  | ۰.۹۶   | ۰.۰۱   | ۱۹.۵۹ | ۰.۲۰   | ۰.۵۵   | ۰.۰۸     |
| Total                          | ۸۳.۳۳  | ۸۶.۳۲ | ۸۵.۸۶  | ۸۴.۹۱  | ۸۳.۶۴ | ۸۳.۴۷  | ۸۴.۳۵  | ۸۳.۰۰    |
| Al(VI)                         | ۱.۴۱   | ۱.۲۲  | ۱.۲    | ۱.۳۰   | ۱.۳۴  | ۱.۳۹   | ۱.۳۳   | ۱.۳۷     |
| Al(IV)                         | ۱.۲۵   | ۱.۳۴  | ۱.۱۰   | ۱.۲۳   | ۱.۲۳  | ۱.۱۷   | ۱.۲۳   | ۱.۲۴     |

جدول ۲. آنالیزهای نرمالیزه شده به اکسیژن (O<sub>28</sub>)

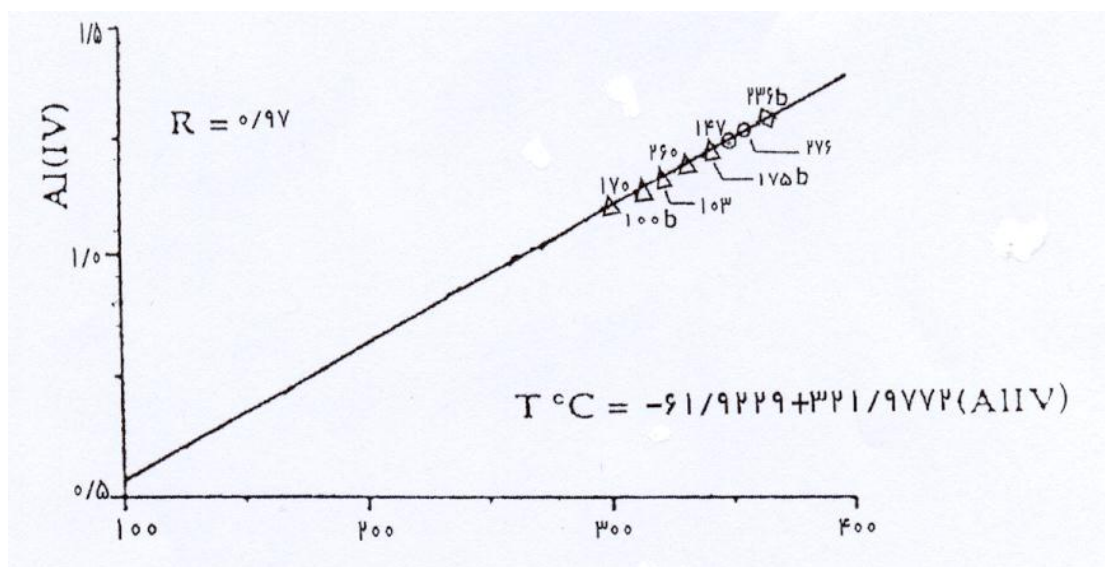
| شماره نمونه       | b236   | ۱۴۷   | ۱۰۰ B  | ۱۷۰    | ۲۶۰   | ۱۰۳    | b176   | ۲۷۶      |
|-------------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|----------|
| محل               | مندجین | کچل   | جیزوان | جیزوان | کمر   | مندجین | جیزوان | نیمه هیل |
| Si                | ۵.۵۰   | ۵.۳۳  | ۵.۸۰   | ۵.۷۲   | ۵.۵۴  | ۵.۶۶   | ۵.۵۵   | ۵.۵۱     |
| Al                | ۵.۳۱   | ۵.۱۲  | ۴.۶۱   | ۴.۸۹   | ۵.۱۵  | ۵.۱۲   | ۵.۱۲   | ۵.۲۳     |
| Ca                | ۰.۰۱   | ۰.۰۱  | ۰.۱۶   | ۰.۰۱   | ۰.۱۲  | ۰.۵۴   | ۰.۱۴   | ۰.۰۶     |
| Mg                | ۴.۸۱   | ۵.۶۰  | ۵.۰۲   | ۵.۲۷   | ۵.۴۰  | ۵.۲۲   | ۵.۳۹   | ۵.۳۶     |
| K                 | ۰.۰۱   | ۰.۰۱  | ۰.۰۱   | ۰.۰۱   | ۰.۰۱  | ۰.۱۴   | ۰.۰۲   | ۰.۰۲     |
| Na                | ۰.۰۰   | ۰.۰۰  | ۰.۰۰   | ۰.۰۲   | ۰.۲۰  | ۰.۳۰   | ۰.۰۲   | ۰.۰۵     |
| Fe <sup>++</sup>  | ۴.۱۸   | ۵.۰۳  | ۴.۰۰   | ۳.۹۳   | ۳.۵۲  | ۳.۶۵   | ۳.۵۱   | ۳.۶۵     |
| Fe <sup>+++</sup> | ۰.۰۰   | ۰.۰۰  | ۰.۰۰   | ۰.۰۰   | ۰.۰۰  | ۰.۰۰   | ۰.۰۰   | ۰.۰۰     |
| Ti                | ۰.۰۱   | ۰.۰۱  | ۰.۱۵   | ۰.۰۰   | ۰.۰۸  | ۰.۳۲   | ۰.۰۹   | ۰.۰۱     |
| Total             | ۱۹.۸۳  | ۲۱.۱۱ | ۱۹.۷۵  | ۱۵.۸۹  | ۱۹.۸۴ | ۲۰.۹۵  | ۸۴.۱۹  | ۱۹.۸۹    |

جدول ۳. آنالیزهای نرمالیزه شده کاتیونها به ۱۰

| شماره نمونه       | b۲۳۶   | ۱۴۷    | ۱۰۰ B  | ۱۷۰    | ۲۶۰    | ۱۰۳    | b۱۷۶   | ۲۷۶      |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| نیمه هیل          | مندجین | کچل    | مندجین | جیزوان | کمر    | مندجین | جیزوان | نیمه هیل |
| Si                | ۲.۷۷۵  | ۲.۶۴۹  | ۲.۹۳۴  | ۲.۹۳۴  | ۲.۷۹۰  | ۲.۸۶۱  | ۲.۷۹۷  | ۲.۷۷۱    |
| Al                | ۲.۶۷۷  | ۲.۵۴۷  | ۲.۳۳۵  | ۲.۳۳۵  | ۲.۵۹۶  | ۲.۵۸۰  | ۲.۵۸۰  | ۲.۶۳۰    |
| Ca                | ۰.۰۰۶  | ۰.۰۰۷  | ۰.۰۷۹  | ۰.۰۷۹  | ۰.۰۶۰  | ۰.۰۲۷  | ۰.۰۶۹  | ۰.۰۳۰    |
| Mg                | ۲.۴۲۳  | ۲.۷۸۳  | ۲.۵۴۳  | ۲.۵۴۳  | ۲.۷۲۱  | ۲.۶۴۱  | ۲.۷۱۹  | ۲.۶۹۳    |
| K                 | ۰.۰۰۶  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۷  | ۰.۰۰۷  | ۰.۰۰۶  | ۰.۰۰۷  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۱۱    |
| Na                | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۱۵  | ۰.۰۱۲  | ۰.۰۱۳    |
| Fe <sup>++</sup>  | ۲.۱۰۷  | ۱.۸۲۲  | ۲.۰۲۳  | ۲.۰۲۳  | ۱.۷۷۵  | ۱.۸۴۵  | ۱.۷۷۰  | ۱.۸۳۵    |
| Fe <sup>+++</sup> | ۰.۰۰۰  | ۰.۱۵۱  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰    |
| Ti                | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۷۸  | ۰.۰۷۸  | ۰.۰۴۲  | ۰.۰۱۶  | ۰.۰۴۴  | ۰.۰۰۷    |
| Total             | ۱۰.۰۰۰ | ۱۰.۰۰۰ | ۱۰.۰۰۰ | ۱۰.۰۰۰ | ۱۰.۰۰۰ | ۱۰.۰۰۰ | ۱۰.۰۰۰ | ۱۰.۰۰۰   |

که توسط کاتلینه ارائه شده وصل کرد و سپس درجه حرارت نمونه‌های گوناگون روی محور افقی قرائت شد. با توجه به اینکه ۸ نمونه مطالعه شده، از زونهای مختلف دگرسانی انتخاب شده بود، مشخص شد که در منطقه مورد مطالعه درجه حرارت تشکیل زون دگرسانی سریسیتیک بین ۳۴۰ تا ۳۶۵°C و زون پروپلتیک بین ۲۹۰ تا ۳۰۵°C بوده است.

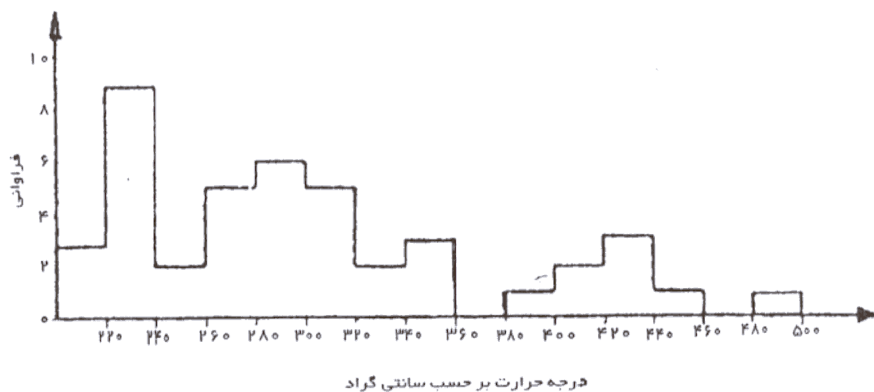
پس از به دست آوردن درصد اکسیدهای اصلی تشکیل دهنده کلریتها و نرمالیزه کردن آنها (جداول ۱، ۲ و ۳) محاسبه  $Al(VI)$  صورت گرفت. برای به دست آوردن درجه حرارت تشکیل کلریتها از نمودار تصحیح شده کاتلینه (۱۹۸۸) با رگرسیون خطی ۰/۹۷ استفاده گردید. (شکل ۶) (۶ و ۷). ابتدا محل نمونه‌ها با توجه به مقادیر  $Al(VI)$  در محور قائم این نمودار مشخص و سپس این نقاط با خطوط افقی به خطی



شکل ۶. مقادیر آلومینیم تتراندری  $Al(VI)$  از کلریتهای آنالیز شده در پهنه مورد مطالعه بر روی دیاگرام Cathlineau (۱۹۸۸)

توف ○ بازالت Δ کوارتز مونزونیت ◇





شکل ۷. درجه حرارت همگن شدن سیالهای درگیر نسبت به فراوانی آنها در کل کانی سازیهای منطقه ۲

اطلاعات به دست آمده از مطالعات سیالات درگیر موجود در رگه سیلیسی، کلسیتی و فلئوریتی در زونهای مختلف دگرسانی نشان داد که درجه حرارت تشکیل زونهای دگرسانی سریسیتیکی بین  $370^{\circ}\text{C}$  تا  $400^{\circ}\text{C}$ ، زون آرژیلیک پیشرفته بین  $340^{\circ}\text{C}$  تا  $365^{\circ}\text{C}$  و پروپلیتیک بین  $280^{\circ}\text{C}$  تا  $310^{\circ}\text{C}$  بوده است. مقایسه این اطلاعات با داده‌های حاصل از حرارت‌سنجی کلریتها، انطباق قابل قبولی بین آنها را نشان داده و بیانگر تأیید ترمومتری کلریتها با مطالعات سیالات درگیر است. با توجه به شکل شماره ۷، که نشانگر درجه همگون شدن سیالات نسبت به فراوانی آنها در کل نمونه‌های منطقه است، مشخص می‌شود که کانی‌سازی مس منطقه همزمان با تشکیل پهنه‌های دگرسانی آرژیلیک متوسط و کانی‌سازی سرب و روی منطقه، همزمان یا پس از تشکیل پهنه‌های دگرسانی پروپلیتیک صورت گرفته است.

### نتیجه‌گیری

روش حرارت‌سنجی کلریتها برای به دست آوردن درجه حرارت تشکیل پهنه‌های دگرسانی روشی بسیار کارآمد می‌باشد و در صورتی که کنترل‌های لازم در مراحل مختلف آماده‌سازی و آنالیز صورت بگیرد، اطلاعات به دست آمده بسیار قابل اعتماد است.

با توجه به گستردگی زونهای دگرسانی در همه پهنه‌های پنجگانه دگرسانی، ممکن است تغییرات حرارتی در پهنه‌های گوناگون نسبت به درجه حرارتی ذکر شده وجود داشته باشد؛ البته شناخت دقیق این حرارتها مستلزم آنالیزهای بسیار است. بر اساس مقدار  $\frac{Mg}{Fe^{+2} + Mg}$  در مقابل نسبت جایگزینی آلومینیم به جای Si و با توجه به کارهای فوستر و دیگران (۱۹۶۲) و سعد و دیگران (۱۹۶۶) (۹) کلریتهای بررسی شده این ناحیه از نوع ریپیدولیت  $(OH)_6 Al_6 Si_5 O_{20} (Ge^{+2}, Mg)$  است (شکل ۳).

**نتیجه ترمومتری حاصل از مطالعات سیالات درگیر**  
هدف از نگارش این بخش شرح و بسط مطالعات انجام شده در زمینه سیالات درگیر در منطقه مورد مطالعه نیست، بلکه هدف مقایسه بین نتایج حاصل از ترمومتری کلریتهاست تا صحت و سقم نتایج مشخص‌تر شود. در این بررسی ۲۸ نمونه (۳ نمونه کلسیت، ۳ نمونه فلئورین و ۲۲ نمونه کوارتز) از رگه‌های سیلیسی داخل پهنه‌های دگرسانی و کانی‌سازیهای اطراف آنها مورد مطالعه قرار گرفت. مجموعاً ۳۰۰ سیال درگیر در ۲۸ نمونه فوق‌مورد پتروگرافی سیالات درگیر و ۱۸۰ مورد تحت آزمایش حرارت دادن (Heating) و انجماد (Freezing) قرار گرفت (۲ و ۳).

معدن مس بولاغی و رشت آباد براساس مطالعات سیالات درگیر»، نشریه علوم زمین سازمان زمین شناسی کشور، شماره ۳۱ و ۳۰؛ ۴. کریم‌پور، م. ح. (۱۳۶۸)، زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات جاوید مشهد.

5. Blackburn, W.H. & Dennen, W. H. (1988), *Principle of mineralogy*, W. M. C. Brown, pub.co;
6. Cathelineau, M. & Nieva, D. (1985), «A chlorite Solid solution geothermometry, the Los Azufres geothermal System (Mexico) Contribution to Mineralogy and Petrology»;
7. Cathelineau, M. (1988) «Cation site occupancy in chlorite and illite as a function of temperature clay mineral»;
8. Klein, C., Hurlbut, C.(1985), *Manual of mineralogy*, John Willey and Sons, 20 th;
9. Laird, J. (1988), «Chlorite: Metamorphic petrology in: Hydrous filosilicates (exclusive of Mica)», *Review in mineralogy*, Mineralogical society of America ;
10. Saad, N. Bouseily, A. and Khalil, K.(1996), «Alteration pattern in the Vmm Rugs gold mine area, Egypt, Acta Mineralogica- Petrografica azeged XXXVII » ;
11. Shahabpour, J. (1982), «Aspects of alteration and mineralization at ar-Cheshmeh copper-molybdenum deposit, Iran, Leeds University» ;
12. Yazdi, M. (1997), «Gold mineralization in the granitoid rocks of the Voltus area, Rozmital Block, Czech republic». ■

معمولاً اطلاعات به‌دست آمده از روش سیالات درگیر نیز مؤید اطلاعات روش ترمومتری کلریتهاست. در این مطالعات نشان داده شد که درجه حرارت به‌دست آمده برای تشکیل زونهای مختلف دگرسانی گرمایی مناطق شمال غرب زنجان و شرق میانه از طریق مطالعات سیالات درگیر، با همدیگر مطابقت کامل نشان می‌دهد و لذا توصیه می‌شود برای کنترل بیشتر داده‌ها این دو روش به‌طور همزمان به‌کار رود.

شهاب‌پور (۱۹۸۲) و احمدیان (۱۳۷۰) با استفاده از همین روش درجه حرارت تشکیل زون پروپلتیک در معدن سرچشمه و زون سیرسیتیک در منطقه طارم را به ترتیب ۲۵۰ تا ۲۸۰°C ذکر کرده‌اند.

### منابع

۱. احمدیان، ج. (۱۳۷۰)، «بررسی ژئوشیمیایی زونهای دگرسانی گرمایی با نگرشی بر کانی‌سازیه‌های انجام شده در منطقه ذاکر (جنوب باختری طارم)» پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز؛
۲. حاج‌علیلو، ب. (۱۳۷۸)، «متالورژی ترشیری در البرز باختری (میانه سیه رود) با نگرشی خاص بر منطقه هشتجین»، رساله دکتری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی؛
۳. حاج‌علیلو، ب. و خاکزاد، ا. (۱۳۸۰)، «بررسی کانی‌سازیه‌های