

بررسی ژئوشیمی آلتراسیون و ارتباط آن با کانه زایی مولیبدن و مس
در منطقه قره چیلر - قره دره (شمالغرب ایران)

مرضیه رضایی اقدام، قهرمان سهرابی*
گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، میانه، ایران

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۵

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۲۸

چکیده

مقدمه: کانه زایی مس و مولیبدن منطقه قره چیلر - قره دره در ارتباط با سنگ های نفوذی اسیدی بوده که در مرکز باتولیت رخ داده است. کانه زایی به سه حالت قابل مشاهده است: (۱) در ارتباط با رگه های کوارتزی: این رگه های کوارتزی غالباً روند $NW - SE$ و گاهی روند $NE - SW$ داشته که ضخامت آن ها از ۰/۱ تا ۳ متر در تغییر است. (۲) در ارتباط با دایکهای مینرالیزه: در مرکز فعالیت هیدروترمالی یکسری دایک های اسیدی با روند $NW - SE$ و گاه $NE - SW$ نفوذ کرده اند که عموماً دارای بافت پورفیری می باشند. (۳) در ارتباط با سنگ های نفوذی: مینرالیزاسیون مولیبدن و مس در سنگ های نفوذی منطقه به صورت افشان در متن سنگ و هم به صورت استوک ورک تشکیل شده است. بارزترین ویژگی این منطقه مینرالیزه، گسترش آلتراسیون سیلیسی به صورت رگه و رگچه و هم چنین زون پتاسیک و پروپیلیتیک می باشد.

هدف: در این منطقه مطالعه رخداد کانه زایی مولیبدن و مس مرتبط با توده های نفوذی و زون های دگرسانی ایجاد شده (سیلیسی، پتاسیک، پروپیلیتیک) می تواند بعنوان الگویی برای اکتشاف در سایر مناطق مورد استفاده قرار گیرد.

روش بررسی: در این مطالعه کلیه زون های دگرسانی و رگه های مینرالیزه مورد شناسایی قرار گرفته، سپس از مناطق مستعد نمونه برداری به عمل آمده است. نمونه های آلتره و سالم به روش

*عهده دار مکاتبات: q_sohrabi@yahoo.com ، تلفن: ۰۹۱۴۳۱۰۹۸۶۶

XRF تجزیه شدند، سپس کانی ها و کانه ها به صورت ماکروسکوپی و میکروسکوپی مطالعه گردیدند که نتایج آنها با مطالعات ژئوشیمی به روش *Maclean* و *Grant* مقایسه شد.

نتایج: در این مطالعه تلفیق اطلاعات حاصل از مطالعات مینرالوگرافی و ژئوشیمی عناصر نشان می‌دهد که تغییرات کانی شناسی با تغییرات ژئوشیمیایی (تهی و غنی شدگی عناصر) مطابقت داشته و دو زون پتاسیک و پروپیلیتیک قابل تفکیک است. زون پتاسیک با وجود کانی های فلدسپات پتاسیم ثانویه، بیوتیت ثانویه و کانه های مس، مولیبدن و آهن (کالکوپیریت، مولیبدنیت و مگنتیت) و زون پروپیلیتیک با وجود کانی های اپیدوت و کلریت قابل تشخیص هستند. اکثر رگه های کوارتزی، زون ها و دایک های مینرالیزه در داخل زون پتاسیک گسترش یافته است.

نتیجه گیری: نوع دگرسانی و مینرالیزاسیون منطقه با کانه زایی تیپ رگه ای مرتبط با توده های نفوذی بزرگ (باتولیتی) مطابقت داشته، اما گسترش دایک های مینرالیزه پورفیری در زون پتاسیک قره چیلر نشانگر آن است که احتمالاً زیر این دایک ها و رگه های مینرالیزه یک استوک پورفیری مینرالیزه وجود داشته باشد.

واژه های کلیدی: قره چیلر- قره دره، کانه زایی مس و مولیبدن، ژئوشیمی، دگرسانی پتاسیک و پروپیلیتیک، غنی و تهی شدگی

مقدمه

منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیایی بین $36^{\circ} 20' 36''$ تا $36^{\circ} 24' 24''$ و عرض جغرافیایی بین $38^{\circ} 49' 53''$ تا $38^{\circ} 51' 47''$ به فاصله ۶ کیلومتری از جنوب رودخانه مرزی ارس در مرکز باتولیت قره داغ واقع شده است. این زون کانه دار از زمانهای گذشته مورد توجه اکثر زمین شناسان و محققان بوده است. بازین و هوبز^(۱) و در سال ۱۳۷۱ برنا^(۲) و افراد دیگری^(۳و۴) مطالعاتی در خصوص کانه زایی و زمین شناسی این منطقه انجام داده اند. نامبردگان کانی سازی در این منطقه را از نوع رگه ای دانسته اند که حاوی پیریت، کالکوپیریت، مولیبدنیت، کربنات مس با رگچه های کوارتز می باشد. بازین و هوبز^(۱) آلتراسیون موجود در این نهشته را از نوع سیلیسیفیکاسیون و تیپ کانی سازی را از نوع رگه ای سیلیسی در داخل توده های بزرگ نفوذی در نظر گرفتند. محققین دیگر منشاء کانه زایی را در اثر نفوذ پورفیرهای حاصل از ماگمای گرانودیوریتی، نفوذ دایک های اسیدی به داخل گرانیت ها و در زون های شکسته شده، شدیداً آلتیره و میلوئیتیزه درون توده اصلی در نظر گرفته اند. بعضی از محققین فوق الذکر معتقد هستند که این نوع کانی سازی در قفقاز کوچک (آذربایجان و ارمنستان) نیز تکرار می شود. بر اساس مطالعات انجام یافته توسط نامبردگان متوسط عیار مس ۳ تا ۵ در صد، عیار مولیبدن ۰/۲ تا ۰/۸ درصد و طلا ۲ تا ۳ گرم در تن تعیین شده است. هم چنین در سال ۱۳۵۱ نمونه گیری از خاک به فواصل متراکم تر به منظور مطالعات ژئوشیمیایی

و عملیات اکتشافی ژئوفیزیکی با روش مقاومت سنجی و شارژ بیلیتی (پلاریزاسیون القایی) برای تعیین محل زون های مینرالیزه در نواحی قره چیلر - قره دره - انیق - اروج توسط موحد اول و ملاکپور^(۳) صورت گرفت که ناحیه قره چیلر آنومالی های جالب توجهی از نظر ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی نشان داد. متعاقب این مطالعات و به منظور تکمیل اطلاعات زیرسطحی در سال ۱۳۵۲ دو گمانه در قسمت جنوب غربی و جنوب قره چیلر به عمق ۱۱۴ و ۴۹ متر حفاری گردید که میانگین عیار مس حدود ۰/۷ درصد و عیار مولیبدن از ۱۰۰ تا ۳۶۸۰۰ و میزان طلا از ۰/۵ تا ۰/۷ گرم در تن در تغییر بوده است. در سال ۱۳۷۳، امینی فضل^(۵) سه کمپلکس: گرانیوئیدی، دیوریت - سینیتی و گابرو مونزونیتی را در این باتولیت مشخص کرد. به عقیده وی سنگ های نفوذی منطقه طی پنج فاز به وجود آمده اند که جزو توده های نیم ژرف بوده و در فاصله زمانی ائوسن میانی - میوسن زیرین تشکیل شده اند. هرچند که مطالعاتی در خصوص کانه زایی و زمین شناسی این زون مینرالیزه توسط افراد مختلف به صورت پراکنده انجام گرفته اما مطالعه جامع در خصوص دگرسانی های منطقه و ارتباط آنها با کانه زایی و نحوه گسترش زون های مینرالیزه منطقه صورت نگرفته است، لذا در این مطالعه سعی شده تا با در نظر گرفتن نحوه گسترش زون های دگرسانی و مینرالیزه درون سنگ های پلوتونیک، رخداد کانه زایی مولیبدن و مس مرتبط با توده های نفوذی و ارتباط آن با زون های دگرسانی (سیلیسی، پتاسیک، پروپیلیتیک) در زون مینرالیزه قره چیلر - قره دره (مرکز باتولیت قره داغ) مورد بررسی قرار گیرد. در این بررسی تعداد ۱۶ نمونه (۸ نمونه آلترو و ۸ نمونه سالم) از زون مینرالیزه قره چیلر برداشت شد و در آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی به روش XRF مورد آنالیز قرار گرفت (جدول ۱). نمونه های ۳، ۵ و ۷ از زون پتاسیک، ۴ و ۶ از دایک های مینرالیزه و ۱ و ۲ و ۸ از زون پروپیلیتیک و بقیه از سنگ های سالم برداشت شده اند.

زمین شناسی

مهم ترین واحد زمین شناسی محدوده مورد مطالعه باتولیت قره داغ می باشد (نقشه شماره ۱). این باتولیت توسط یکسری سنگ های دگرگونی قبل از کرتاسه (اسلیت، دیاباز دگرگون شده، میکاشیست) احاطه شده و در بخشهای غربی با واحدهای آهکی کرتاسه کنتاکت داشته و سبب اسکارن زایی گشته است. (اسکارن پهناور و کوه کامتال). مطالعات پترولوژیکی و پتروگرافی نشان میدهند که این باتولیت در چندین مرحله نفوذ کرده و در هر مرحله متحمل تفریق محلی شده است، به طوریکه در محدوده کانی زایی، سنگ هایی با بیش از ۶۵ درصد سیلیس قابل مشاهده هستند.

جدول ۱ - نتایج آنالیز نمونه‌های سنگی آلتره (۱ تا ۸) و غیر آلتره (۹ تا ۱۶) از منطقه قره چیلر

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	۵۹/۲۶	۵۵/۸۵	۶۵/۷۸	۴۰/۸۲	۶۶/۱۳	۷۱/۱۸	۶۹/۳۴	۷۲/۱۳	۵۸/۷۵	۵۳/۴۳	۶۱/۶۱	۶۲/۴۲	۶۴/۵۴	۶۹/۳۶	۶۲/۹۳	۶۵/۰۱
Al ₂ O ₃	۱۴/۳۶	۱۴/۰۶	۱۲/۳۳	۱۵/۸۱	۱۵/۹۲	۱۳/۷۷	۱۳/۴۷	۱۲/۳۶	۱۶/۱۸	۱۷/۶۲	۱۵/۶	۱۵/۰۲	۱۵/۰۳	۱۴/۱۶	۱۵/۳	۱۴/۰۳
Na ₂ O	۳/۲۳	۳/۳۱	۰/۱۶	۲/۶۸	۳/۳	۳/۰۲	۲/۸۷	۲/۹۵	۴/۱۲	۳/۲۸	۳/۳۷	۲/۸۶	۲/۹۸	۳/۸۳	۳/۱۳	۲/۶۸
MgO	۳/۶۷	۴/۶۴	۰/۴۱	۰/۶۴	۲/۰۵	۱/۰۵	۱/۵۷	۰/۸۱	۲/۷۵	۴/۱۷	۲/۵۵	۲/۷۹	۲/۱۲	۱/۲۶	۲/۴۸	۲/۸۴
K ₂ O	۱/۶۳	۱/۸۶	۳/۷۹	۳/۱۹	۲/۸۷	۴/۳۸	۴/۸۵	۴/۴۱	۳/۱۲	۰/۶۸	۲/۲۷	۲/۲۴	۲/۸۸	۳/۲۱	۲/۳۲	۲/۱۸
TiO ₂	۰/۴۹۲	۰/۹۰۴	۰/۳۹۱	۰/۶۰۲	۰/۵۳۴	۰/۳۵۲	۰/۳۸۲	۰/۳۲۳	۰/۹۴۱	۰/۳۵۲	۰/۵۵۱	۰/۵۸۲	۰/۴۷۵	۰/۳۸۶	۰/۵۶۸	۰/۵۵۳
MnO	۰/۱۸۹	۰/۱۴۲	۰/۰۱۵	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	۰/۰۲۱	۰/۱۱۶	۰/۱۷۳	۰/۱۰۹	۰/۱۲۷	۰/۱۰۹	۰/۰۳۶	۰/۱۱	۰/۱۲۵
CaO	۶/۶۷	۷/۹۶	۱/۲۱	۲/۵۶	۴	۲/۱۶	۲/۱۴	۳/۱۷	۷/۰۵	۹/۳۹	۶/۲۴	۶/۳	۵/۵۴	۲/۹۳	۶/۰۷	۵/۶
P ₂ O ₅	۰/۱۳۶	۰/۵۲۳	۰/۰۷۷	۰/۰۸۹	۰/۱۳۳	۰/۱۰۹	۰/۱۳۱	۰/۱۱۸	۰/۵۴۲	۰/۲۲۸	۰/۱۲۴	۰/۱۲۳	۰/۱۲۵	۰/۱۴۳	۰/۱۳۵	۰/۱۲
Fe ₂ O ₃	۶/۹۹	۷/۹۵	۶/۰۵	۳۲/۸۹	۳/۷۸	۳/۳۳	۴/۳۷	۲/۰۵	۶/۳۸	۸/۵۱	۶/۲۱	۶/۶۱	۵/۶۳	۳/۰۶	۵/۹	۵/۶۹
LOI	۲/۷	۲/۳۹	۵/۸۹	۰/۵	۱/۰۱	۰/۵۸	۰/۴۹	۱/۵۷	۰/۰۴	۱/۲۸	۰/۹۸	۰/۴۹	۰/۳۱	۰/۵۲	۰/۴	۱/۱
Ga	۲۱	۲۲	۱۵	۱۵	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۲۱	۱۸	۱۵	۱۹	۱۵	۱۸	۱۷	۱۵
Nd	۲	۲۰	۴۱	N	۴۰	۲۰	N	۲۶	۵۱	N	۱۴	۱۰	۵	۱۷	۲۴	۲۱
Sb	N	N	۱۴	N	۶	N	N	۳	۹	N	۳	N	N	۲	N	۹
Sn	۵	۳۴	۶۷	N	N	N	N	N	N	۸	۱۷	N	۱۸	۱۹	N	N
Zr	۹۴	۱۳۸	۷۹	۶۱	۱۲۸	۱۴۵	۱۴۰	۱۲۸	۲۳۳	۳۳	۱۰۸	۱۱۳	۱۲۷	۱۳۵	۱۱۶	۱۱۵
Zn	۷۴	۶۱	۴۰	۲۱	۲۶	۲۶	۲۷	۲۶	۸۱	۷۷	۵۰	۶۳	۵۳	۳۴	۶۴	۵۵
Mo	۸	۱۰	۵۲۹	۲۱	۱۱	۷	۶۵	۸	۹	۹	۷	۱۳	۸	۱۱	۱۰	۶
U	۶	N	۱۲	۴	۵	۲	۶	۴	N	N	N	۳	۴	N	۲	۳
Th	N	N	N	N	N	۷	۱۰	۹	N	N	N	۳	۳	۶	N	۴
Rb	۴۶	۵۶	۱۱۱	۵۱	۱۱۲	۹۰	۱۵۴	۱۰۴	۵۸	۱۹	۶۳	۵۷	۶۱	۷۵	۶۳	۵۱
Sr	۴۶۷	۱۰۴۳	۵۱	۲۶۷	۳۵۶	۶۷۸	۶۴۴	۷۱۸	۱۱۶۲	۶۳۴	۴۰۱	۳۸۸	۳۷۴	۶۴۳	۳۹۴	۳۳۶
V	۱۰۵	۱۴۲	۹۳	۸۹	۷۷	۵۰	۶۱	۵۰	۱۲۶	۱۳۷	۱۰۷	۱۱۳	۸۸	۵۴	۹۸	۱۰۳
W	N	N	۵	۱۵	N	N	۲۱	۱۷	N	N	N	N	N	N	۱۱	N
Y	۱۵	۱۵	۲۱	۱۶	۲۰	۱۷	۲۱	۱۷	۱۷	۱۲	۱۹	۱۸	۱۹	۱۴	۱۸	۱۵
La	۱۰	۲۸	۶	۶	N	۴۰	۲۶	۳	۵۱	۲۰	۲۰	۲۵	۱۳	۱۴	N	۱۳
Nb	۸	۱۲	۵	۷	۵	۹	۹	۶	۹	۶	۸	۶	۱۰	۹	۷	۸
Ni	۶	۲۴	۱۰	N	۶	N	۱۹	۶	۱۵	۲	۲	۷	N	۲۰	۶	۲
Pb	۱۹	۹	۱۲	۷	۱۱	۱۲	۹	۱۱	۲۱	۵	۹	۸	۸	۱۴	۱۱	۱۹
As	N	۵۲	۵۱۲	۵۲	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Ba	۲۸۶	۲۶۵	۲۶۹	۱۰۱۹	۵۳۶	۱۱۰۹	۹۷۰	۹۳۹	۹۵۸	۴۹۸	۵۱۳	۳۸۹	۶۵۲	۶۷۹	۵۱۸	۴۵۳
Ce	۴	۶۴	۲۲	۲۲	۱۰	۱۹	۲۶	۵۶	۱۰۹	N	۵	N	N	۷	۴۰	۱۸
Co	۱۱	۱۶	۲۰	۳۶	۹	۷	۶	۶	۱۵	۱۸	۱۱	۱۵	۸	۴	۱۱	۱۲
Cr	N	۲۹	N	N	N	N	۱۳	۲	۷	۳	N	۴	N	N	N	۱۵
Cu	۳۶	N	۳۳۵۹۴	۴۳۲	۱۰۶۳	۷۶	۱۰۴۱	۱۰۲	۵۰	۸۷	۷۱	۱۱۹	۵۰	۱۰۵	۸۱	۸۴

ترکیب نفوذی های آن از گرانتیت، مونزونیت گرانودیوریت تا دیوریت متغیر بوده و کانی های اصلی آن ها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار باکانی های فرعی بیوتیت، آمفیبول می باشد. در اکثر نفوذی های منطقه دو کانی آبدار هورنبلند و بیوتیت کم و بیش حضور دارند. حضور آن ها نشانگر بالا بودن میزان آب ماگمای مولد آن هاست که شرایط لازم برای تشکیل محلول های هیدروترمال کانه دار را فراهم آورده است. نفوذی های این منطقه خصلت متآلومینوس داشته و سری ماگمایی آنها کالک آلکالن با پتاسیم متوسط تا بالا بوده و جزء گرانتیوئیدهای نوع I می باشد. در حقیقت این باتولیت بخشی از نوار ولکانوپلوتونیک ترشیری در شمال باختر ایران بوده که نفوذ آن به همراه استوک های مرتبط، دایک های آندزیتی، آپلیتی، پگماتیتی و سیالات هیدروترمالی منتج از آن ها سبب ایجاد یک زون دگرسانی وسیع در منطقه شده که با مینرالیزاسیون مس، مولیبدن، طلا، سرب و... همراه می باشند.

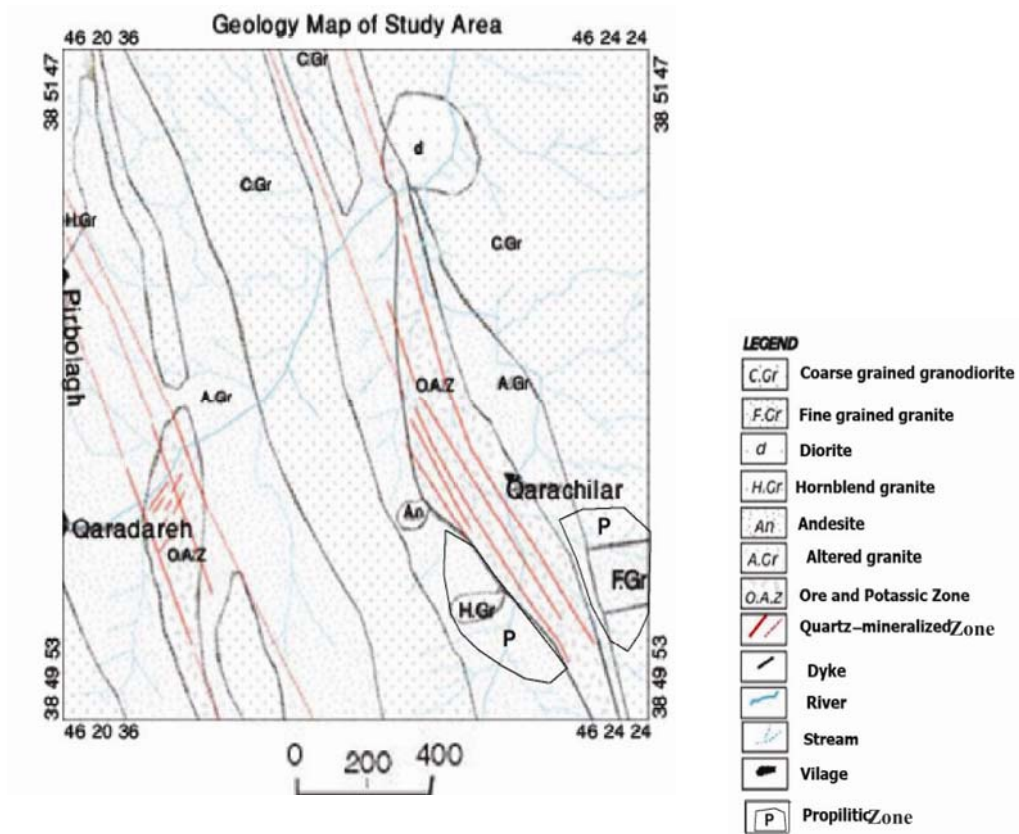
نتایج و بحث

کانه زایی

مطالعات انجام گرفته نشان می دهد^(۶) که کانه زایی مس، مولیبدن و طلا در مرکز باتولیت قره داغ، در ۴ منطقه (قره چیلر- قره دره- انیق- پیربلاغ)، در محدوده ای به وسعت تقریباً ۴۰ کیلومتر مربع رخ داده است. این مناطق بر اساس نزدیک ترین روستا به محل کانه زایی نامگذاری شده که موقعیت آن ها در روی نقشه زمین شناسی شماره ۱ نشان داده شده است. از میان این مناطق قره چیلر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس نمونه برداری از این زون، میانگین عیار مس و مولیبدن در نمونه های غیرآلتره به ترتیب ۸۳ و ۹ گرم در تن و در نمونه های شدت آلتره به ترتیب ۱/۲ و ۰/۱۹ درصد بوده، اما در بعضی رگه های مینرالیزه عیار مس و مولیبدن به ترتیب به حداکثر ۱۵ و ۳ درصد نیز میرسد. در حالت کلی رخدادهای کانه زایی در این منطقه به چهار حالت می باشد:

کانه زایی مرتبط با رگه های کوارتزی

منطقه قره چیلر- انیق: مهم ترین زون مینرالیزه این منطقه قره چیلر بوده (شکل ۱) که بارزترین ویژگی آن گسترش سیستم رگه ای و دایک های مینرالیزه می باشد. در این زون تعداد ۶ رگه کوارتزی مینرالیزه به صورت منقطع با ضخامت ۲۰ سانتی متر تا ۲ متر، طول ۵۰ تا ۲۰۰ متر در داخل گرانتیت دگرسان شده رخنمون دارند. این رگه ها در محدوده ای به طول ۸۰۰ متر و عرض ۳۰۰ متر تشکیل شده که جهت امتداد آن ها N5W تا N30W، جهت شیب آنها به طرف NE و زاویه شیب آنها ۵۰° تا ۹۰° می باشد (شکل ۲). این رگه ها در بخش مرکزی حاوی مولیبدن بوده و به طرف NW و SE میزان مس آن ها افزایش می یابد.



نقشه ۱ - نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

هر چه از مرکز کانه‌زایی (قره‌چیلر) در جهت NW و SE دور می‌شویم علاوه بر تغییر نوع کانه‌زایی، از شدت کانه‌زایی و ضخامت رگه‌ها و زون‌های مینرالیزه نیز کاسته شده و در نهایت به رگه‌های فاقد مینرالیزاسیون ختم می‌شوند.^(۷) هم‌چنین حدود یک کیلومتری جنوب قره‌چیلر و به طرف انیق رگه‌های کوارتزی مینرالیزه مشابه با زون قره‌چیلر توسعه یافته است. با این حال رگه‌های مینرالیزه انیق با قره‌چیلر تفاوت‌هایی دارد: ۱- گسلش در رگه‌های انیق بیشتر از قره‌چیلر رخ داده لذا انسجام و یک‌پارچگی آنها از بین رفته به طوری که اکثراً قطعه‌قطعه و برشی شده‌اند. ۲- بخش‌های فوقانی و برشی رگه‌های انیق از نظر کانه‌زایی طلا قابل توجه بوده، به طوری‌که در بعضی از آنها میانگین عیار طلا تا ۶ ppm میرسد، اما در قره‌چیلر میزان مولیبدن زیاد بوده و در بعضی رگه‌ها حداکثر تا ۳ درصد می‌باشد.^(۸)

منطقه قره‌دره-پیربلاغ: زون مینرالیزه قره‌دره به فاصله دو کیلومتری شمال‌غربی قره‌چیلر واقع شده و سنگ‌میزبان آن شامل مونزوگرانیت خاکستری روشن است. در این منطقه دو سیستم رگه‌ای بارز قابل پیگیری است: (۱) رگه‌های کوارتزی اصلی (۲) رگه‌های کوارتزی فرعی

الف) رگه‌های کوارتزی اصلی: در منطقه قره‌دره داخل مونزوگرانیت یک زون آلتره به عرض تقریباً ۲۰۰ متر در جهت NW-SE گسترش یافته که در داخل آن دو رگه اصلی کوارتزی به ضخامت ۰/۵ تا ۲ متر، به طول حدود ۴۰۰ متر و به صورت منقطع تشکیل شده است. جهت امتداد این رگه‌ها N15W تا N30W، جهت شیب آنها به طرف NE و زاویه شیب آنها ۶۰° تا ۹۰° می‌باشد. این رگه‌ها بیشتر حاوی کالکوپیریت، بعضاً پیریت، کالکوسیت، کولیت با مقدار کمی مولیبدنیت می‌باشند. در اطراف این رگه‌ها و رگه‌های سایر مناطق مینرالیزه (قره‌چیلر-انیق) زونهای دگرسانی به عرض ۱ تا ۱۰ متر گسترش یافته که در بخش اکسیدان به وسیله کربنات‌های مس (مالاکیت و آزوریت)، اکسیدهای آهن (هماتیت، لیمونیت و گوتیت) همراهی می‌شوند.^(۶)

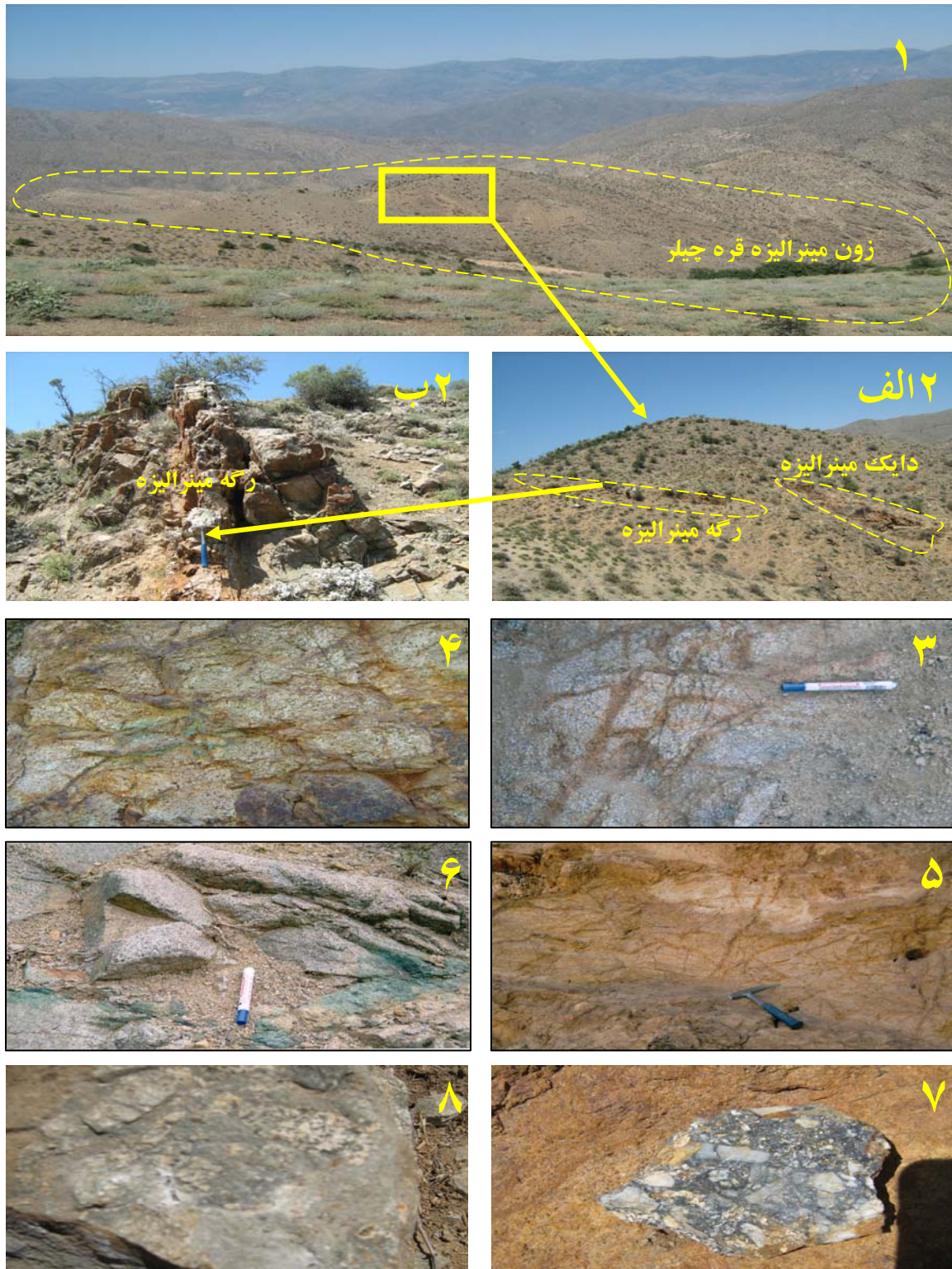
ب) رگه‌های کوارتزی فرعی: این رگه‌های کوارتزی با ضخامت ۲ تا ۲۰ سانتی‌متر، با جهت امتداد N5E تا N20E و N-S، در زون آلتره مذکور تشکیل شده‌اند که گاهی به صورت متقاطع با همدیگر یا با رگه‌های کوارتزی اصلی دیده می‌شوند. طول آنها از ۵ تا ۵۰ متر متغیر بوده و بعضاً توسط گسل‌های جوان تر قطع شده‌اند. این سیستم رگه‌ای مهم می‌باشد چرا که در همه جا حاوی مقدار قابل توجهی مولیبدنیت با مقدار اندکی کالکوپیریت و پیریت بوده که در زون اکسیدان همراه با پوولیت، فری مولیبدنیت و اکسیدهای آهن (هماتیت و لیمونیت) می‌باشند. گاهی ورقه‌های مولیبدنیت با اندازه ۱ تا ۱۰ میلی‌متر مشاهده می‌شود. امتداد زون مینرالیزه قره‌دره بطرف NW به زون مینرالیزه پیربلاغ و بطرف SE به زون مینرالیزه انیق ختم می‌شود. زون مینرالیزه پیربلاغ در واقع ادامه و امتداد زون قره‌دره بطرف NW بوده با این تفاوت که در این زون میزان مس قابل توجه بوده و مولیبدن بسیار اندک می‌باشد. در بخش‌های مختلف این زون کانه‌زایی متفاوت بوده، به طوری‌که کانه‌زایی مولیبدن بیشتر در مرکز سیستم (قره‌دره) طلا در بخش SE (انیق) و مس در بخش NW (پیربلاغ) رخ داده است.^(۸)

کانه‌زایی مرتبط با دایک‌ها: نفوذی‌های منطقه عموماً به وسیله دایک‌های بازالتی، آندزیتی، آپلیتی، پگماتیتی قطع شده‌اند. این دایک‌ها از نظر پاراژنتیکی نیز متفاوت بوده، طوری که دایک‌های آپلیتی و ریولیت پورفیری معمولاً قبل و حین کانه‌زایی و دایک‌های بازالتی و آندزیتی بعد از کانه‌زایی نفوذ کرده‌اند.^(۹) به طور کلی در داخل سنگ‌های پلوتونیک منطقه مینرالیزه دو سیستم دایکی بارز قابل مشاهده است:^(۱)

(۱) دایک‌های غیرمینرالیزه: یکسری دایک‌های غیرآلتزه که ترکیبی در حد آندریت و بازالت داشته و به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر تا ۴ متر عمدتاً با جهت امتداد NW-SE و بعضاً با جهت امتداد NE-SW و N-S در سنگ‌های پلوتونیک منطقه نفوذ کرده‌اند. غیر آلتزه بودن آنها حاکی از آن است که بعد از کانه‌زایی نفوذ کرده‌اند. (۲) دایک‌های مینرالیزه: این نوع دایک‌ها شامل آپلیت، گرانیت، ریولیت پورفیری و آندزیت پورفیری هستند. ضخامت آنها بین ۱/ تا ۳ متر متغیر بوده و بیشتر در جهت NW-SE و گاهی NE-SW و N-S نفوذ کرده‌اند (شکل ۲). تراکم آنها در محدوده کانه‌زایی قره‌چیلر بیشتر از سایر جاهاست.

کانه‌زایی مرتبط با رگچه‌های استوک ورکی: علاوه بر زون‌های خرد شده در بعضی سنگ‌های پورفیری، دایک‌ها و اطراف رگه‌های ضخیم، سیستم رگچه‌ای (استوک ورکی) توسعه یافته است (اشکال ۳، ۴، ۵، ۶). این رگچه‌ها عمدتاً از کوارتز، کوارتز-فلدسپار پتاسیم دار، کوارتز-پیریت، کوارتز-کالکو پیریت، کالکوپیریت-پیریت تشکیل یافته‌اند. بیشتر رگچه‌های سولفیدی در اثر فرآیند سوپرژن به هیدروکسیدهای آهن و کربنات مس تبدیل شده‌اند. کانه‌زایی در این زون‌ها علاوه بر سیستم رگچه‌ای، به فرم افشان نیز در متن سنگ انجام گرفته است. مطالعات نشان داده که سنگ میزبان هر دو منطقه مینرالیزه (قره‌چیلر-قره‌دره) شامل بیوتیت گرانیت، هورنبلند گرانیت، مونزونیت و گرانودیوریت بوده و دگرسانی آن‌ها شامل سیلیسی، پتاسیک و پروپیلیتی می‌باشد. ضمن این که در زون مینرالیزه قره‌چیلر زون بندی قائم و افقی قابل تفکیک است، طوری که این زون در قسمت مرکزی بیشتر حاوی Mo-Cu، در بخش SE حاوی Cu-Mo و در بخش NW، حاوی Cu می‌باشد. کانه‌زایی در افق‌های بالایی، در رگه‌ها و در افق‌های میانی به صورت استوک ورک رخ داده است. هم‌چنین گسترش دایک‌های مینرالیزه نزدیک زون قره‌چیلر (آپوفیزهایی از توده پورفیری مدفون) وجود کانه‌زایی پورفیری را در عمق تقویت می‌نماید.^(۸)

کانه‌زایی مرتبط با زونهای خرد شده: این نوع کانه‌زایی در ارتباط با زون‌های خرد شده و برشی بوده که بیشتر به صورت موازی و پرشیب می‌باشد و از سیستم‌های گسلی با روند NW-SE تبعیت می‌کنند.^(۱۰) عملکرد گسل‌ها ضمن ایجاد معبر مناسب جهت نفوذ محلول‌های هیدروترمال، سبب برشی و خرد شدن سنگ‌های پلوتونیک و رگه‌های کوارتزی شده است. بخشی از مس و مولیبدن منطقه در شکستگی‌ها و زونهای خرد شده گسلی تشکیل شده است. بیشتر این شکستگی‌ها در توده معدنی اصلی ایجاد شده‌اند و دارای کانه‌زایی بیشتری نسبت به سایر شکستگی‌ها هستند. خصوصاً در رگه‌های کوارتزی برشی شده جنوب قره‌چیلر کانه‌زایی طلا (شکل ۷) و در گرانیت‌های برشی شده قره‌چیلر کانه‌زایی مس رخ داده است (شکل ۸).



شکل ۱- زون مینرالیزه قره چیلر (دید به شمال) شکل ۲ الف و ب- موقعیت رگه ها و دایک های مینرالیزه در داخل زون اصلی قره چیلر (دید به شمال) اشکال ۳، ۴، ۵، ۶- توده نفوذی استوک ورکی در زون قره چیلر حاوی مالاکیت و هیدرواکسیدهای آهن شکل ۷- کوارتز برشی طلا دار شکل ۸- گرانیت برشی شده از قره چیلر.

دگرسانی

دگرسانی نتیجه کنش و واکنش سیالات هیدروترمال با سنگ های مجاور بوده که با تغییرات مینرالوژیکی، شیمیایی، رنگ و بافت سنگ های دیواره همراه می باشد. همچنین شدت، گسترش و نوع دگرسانی علاوه بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی سیالات به ترکیب سنگ دیواره نیز بستگی دارد. سنگ های ولکانیکی بدلیل واکنش پذیری و تخلخل بالا نسبت به سنگ های پلوتونیک مستعد دگرسانی بوده به طوری که دگرسانی های معمول هیدروترمالی (آرژیلیک، سریسیتیک، پتاسیک و پروپیلیتیک) در آنها بخوبی توسعه می یابد. اما در سنگ های پلوتونیک بدلیل واکنش پذیری کم، بیشتر دگرسانی نوع پتاسیک و پروپیلیتیک رخ می دهد. دگرسانی های نوع اخیر (پتاسیک و پروپیلیتیک) در توده های زون مینرالیزه قره چیلر- قره دره به خوبی توسعه یافته است. طی فرآیندهای دگرسانی در این زون مینرالیزه تبادلات عنصری انجام پذیرفته، طوری که سنگ های دیواره با غنی یا تهی شدگی عناصر همراه بوده است. در بعضی جاها غنی شدگی به حدی هست که سبب کانه زایی مس و مولیبدن گشته است. دگرسانی سنگ میزبان و غنی یا تهی شدگی عناصر، مبنای اصلی این مطالعه بوده که ضمن مشخص کردن زون های مینرالیزه، دگرسانی های منطقه (سیلیسیفیکاسیون، پتاسیک و پروپیلیتیک) نیز شناسایی گردیده که توضیح آنها به شرح زیر است:

سیلیسیفیکاسیون: دگرسانی سیلیسی بارزترین ویژگی این زون مینرالیزه است^(۶) که به صورت رگه و رگچه های کوارتزی (استوک ورک) منطبق بر زون پتاسیک گسترش یافته است (شکل ۱ و ۲). همه رگه های کوارتزی واقع در زون پتاسیک مینرالیزه بوده و حاوی کانه های اولیه مس و مولیبدن (کالکوپیریت، مولیبدنیت) و گاهی مگنتیت هستند. مطالعات نشان می دهد که کوارتزهای این منطقه به دو طریق شکل گرفته اند: ۱- بخشی از کوارتزها در طی فرآیند دگرسانی از تجزیه پلاژیوکلازها و آلکالی فلدسپار پتاسیم دار حاصل شده اند. این نوع کوارتزها بیشتر به فرم رگچه های منقطع در متن سنگ های دگرسان شده و یا به حالت جانشینی با پلاژیوکلازها در مقاطع نازک مشاهده می شوند. ۲- حجم زیادی از کوارتزها در رگه های بزرگ کوارتز (حداکثر تا ضخامت ۴ متر) و در رگه و رگچه ها (زون استوک ورکی) متمرکز شده است. به نظر می رسد این نوع کوارتزها از سیالات هیدروترمال حاوی SiO_2 مایع متبلور شده اند.

دگرسانی پتاسیک: این نوع دگرسانی نزدیک مرکز فعالیت هیدروترمال قابل توجه بوده و منطبق بر زون کانه دار در دو مرحله به شرح زیر رخ داده است:^(۶)

الف) دگرسانی پتاسیک ضعیف: در این مرحله تمام آمفیبول های سنگ (هورنبلند) به بیوتیت تبدیل شده است. گاهی مقدار بیوتیت آنقدر زیاد است که به صورت رگچه های منقطع دیده می شود. در مطالعه نمونه های این منطقه دو نوع بیوتیت از نظر شکل تشخیص داده شد: ۱) بیوتیت های شکل دار (اولیه) که ماگمایی بوده و بعضاً به وسیله کلریت و اکسیدهای آهن جانشین شده اند. ۲) بیوتیت های بی شکل (ثانویه) که فضاهای خالی را پر کرده و به صورت رگچه های منقطع دیده می شوند، این نوع بیوتیت ها در نتیجه عملکرد فرآیند هیدروترمال حاصل شده اند (شکل ۹ الف و ب).

ب) دگرسانی پتاسیک شدید: بر اثر این دگرسانی پلاژیوکلازها اکثراً به سریسیت تبدیل شده، در مقابل فلدسپات های پتاسیم اولیه (ارتوز) تقریباً سالم مانده اند. هم چنین ارتوز فضاهای خالی را پر کرده (شکل ۹ الف و ب) و گاه به صورت بیش رشدی روی فلدسپات های سالم اولیه مشاهده می شود. بیشتر رگه ها و زون های مینرالیزه در ارتباط با این زون دگرسانی بوده و شامل کانه های اولیه مس و مولیبدن (کالکوپیریت، بورنیت، مولیبدنیت) با مقداری مگنتیت می باشد (اشکال ۱۰ تا ۱۴).

دگرسانی پروپیلیتیک: این زون در فواصل دورتر از منطقه مینرالیزه با ظهور کانی های اپیدوت + کلریت در متن سنگ (شکل ۱۵ و ۱۶) و هم به صورت رگچه ای و بعضاً با وجود رگچه های اسپیکولاریت مشاهده می شود. از مرکز فعالیت هیدروترمالی (زون پتاسیک) به سمت این زون از میزان کانه زایی و هاله پیریتی به شدت کاسته می شود.

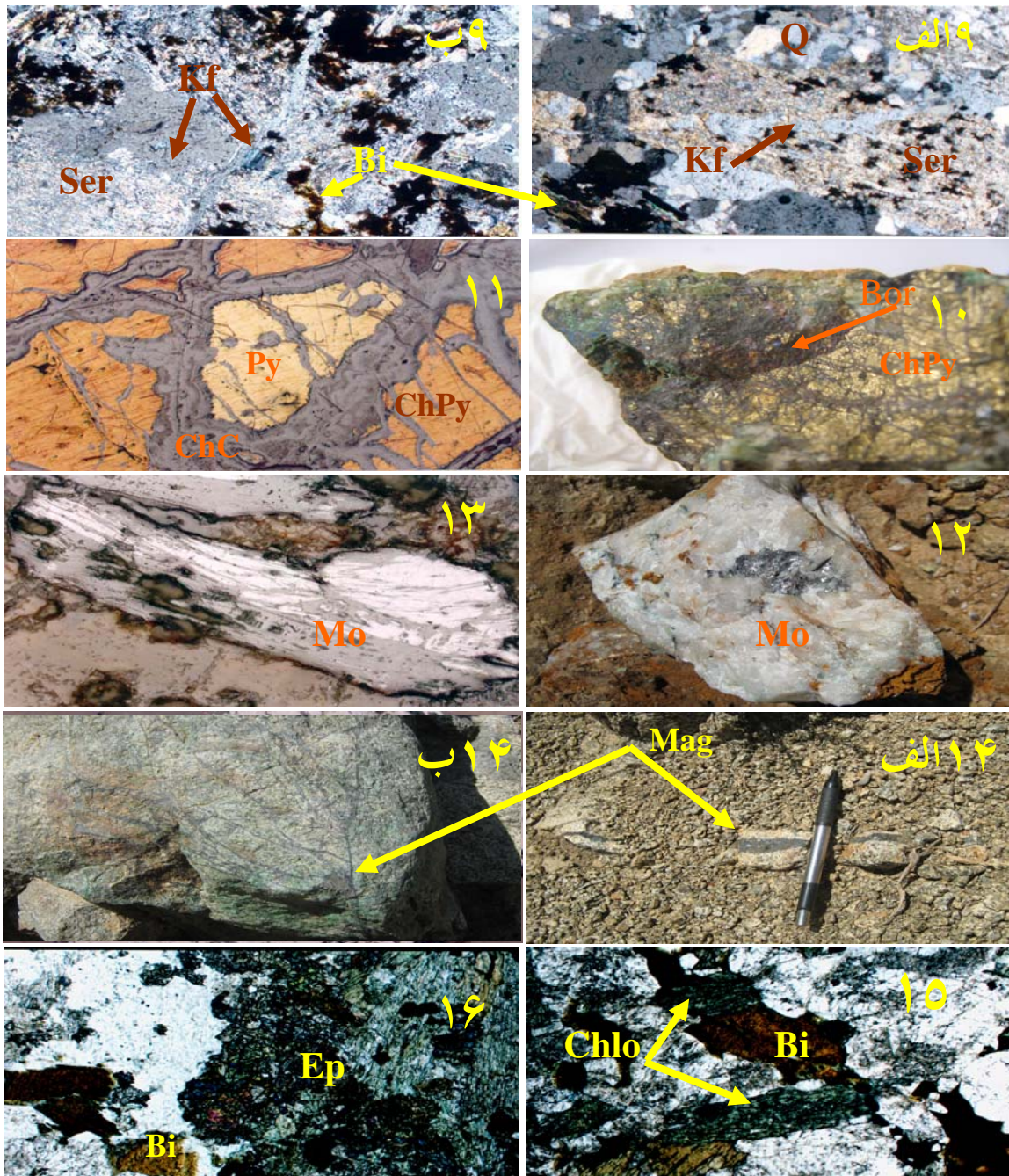
ژئوشیمی آلتراسیون

جهت تعیین زون های دگرسانی موجود در منطقه علاوه بر مطالعات میکروسکوپی و صحرایی نمونه های دگرسان، از مطالعات ژئوشیمیایی به روش Grant^(۱۱) و Maclean^(۱۲) نیز استفاده کردیم که نتایج حاصل از آن ها باهم مطابقت دارد. تلفیق اطلاعات حاصل از مطالعات کانی شناسی و ژئوشیمیایی نشان داد که زون های دگرسانی پتاسیک و پروپیلیتیک در منطقه بخوبی گسترش یافته بطوریکه استفاده از این روش جهت آشکار سازی مناطق دگرسانی و تفکیک آن ها از هم و تعیین زون های مینرالیزه و ارتباط آن ها با نوع دگرسانی بسیار سودمند بوده است. برای اولین بار Gresens روش آنالیز تغییرات در جرم و غنی شدگی را در طول آلتراسیون هیدروترمالی بکار برد. این روش بعدها توسط^(۱۱) به صورت فرمولی بیان شد. Grant با استفاده از روش Gresens با قرار دادن سنگ های دگرسان در مقابل سنگ های مادر سالم و رسم نمودارهای ایزوکون تغییرات عناصر را در طول آلتراسیون تعیین کرد. در منطقه قره چیلر- قره دره تغییرات عناصر در طول دگرسانی با روش Gresens در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. در مطالعه ژئوشیمی آلتراسیون منطقه جهت محاسبه تغییرات جرم و تعیین مقدار و نوع عناصر تهی شده و غنی شده در سنگ های دگرسان نسبت به سنگهای سالم با روش Grant و Maclean به صورت زیر عمل شد: برای محاسبه تغییرات جرم به روش Grant از فرمول زیر استفاده کردیم (جدول ۲ و ۳):

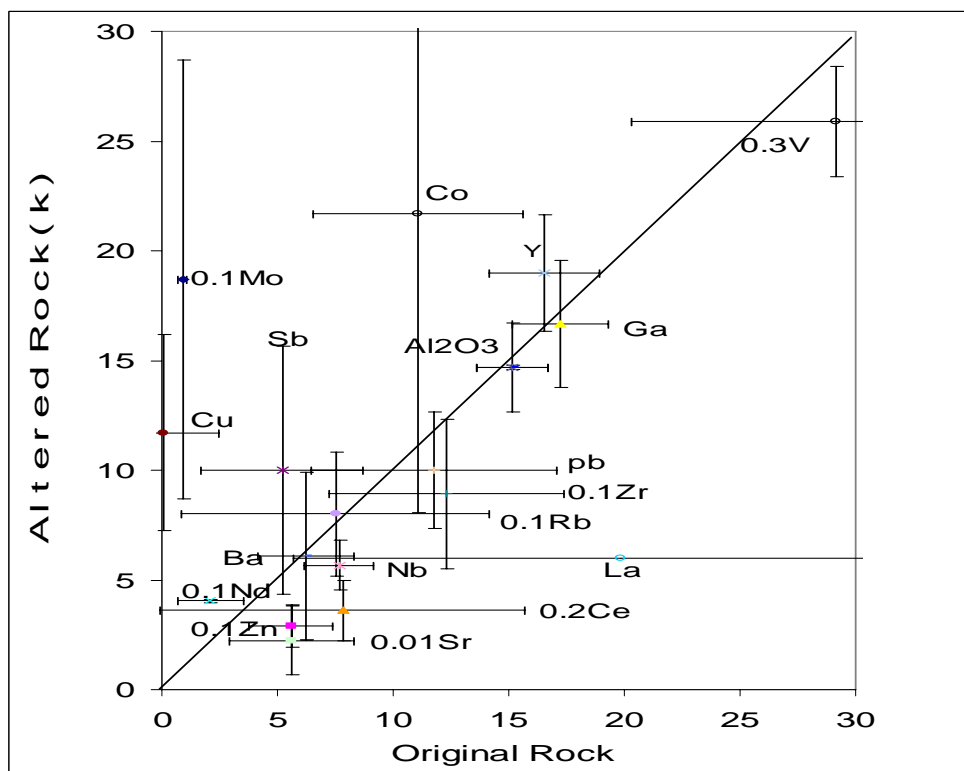
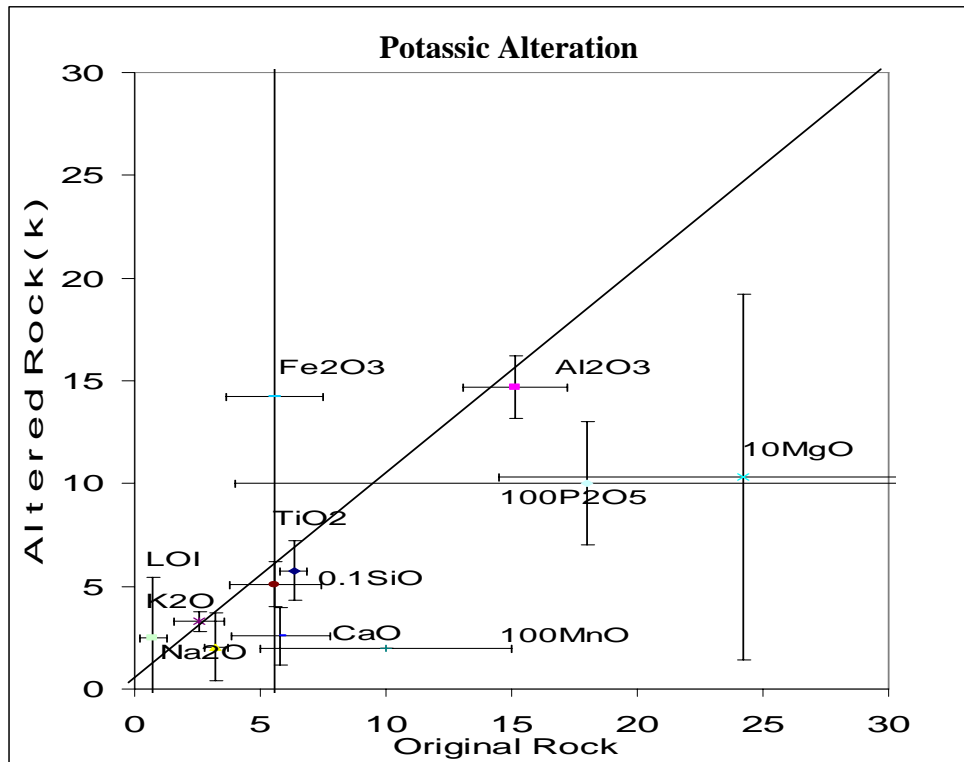
$$\frac{\Delta C_i}{C_i^O} = (C_{Al_2O_3}^O / C_{Al_2O_3}^A) (C_i^A / C_i^O) - 1$$

C_i^O : درصد وزنی اکسید یا عنصر در سنگ سالم $C_{Al_2O_3}^O$: درصد وزنی Al_2O_3 در سنگ سالم
 C_i^A : درصد وزنی اکسید یا عنصر در سنگ آلتره $C_{Al_2O_3}^A$: درصد وزنی Al_2O_3 در سنگ آلتره

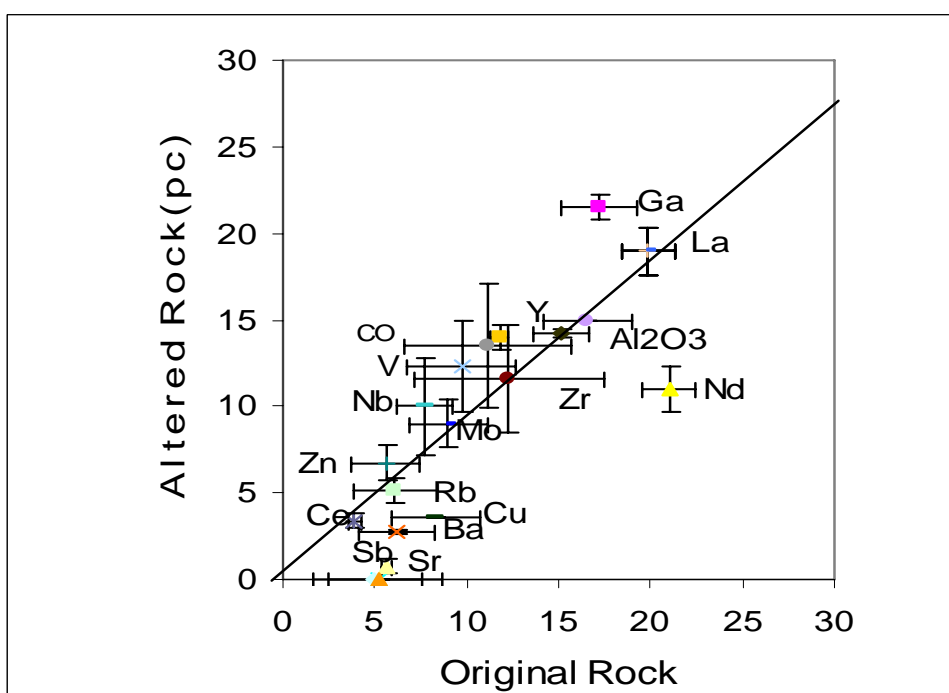
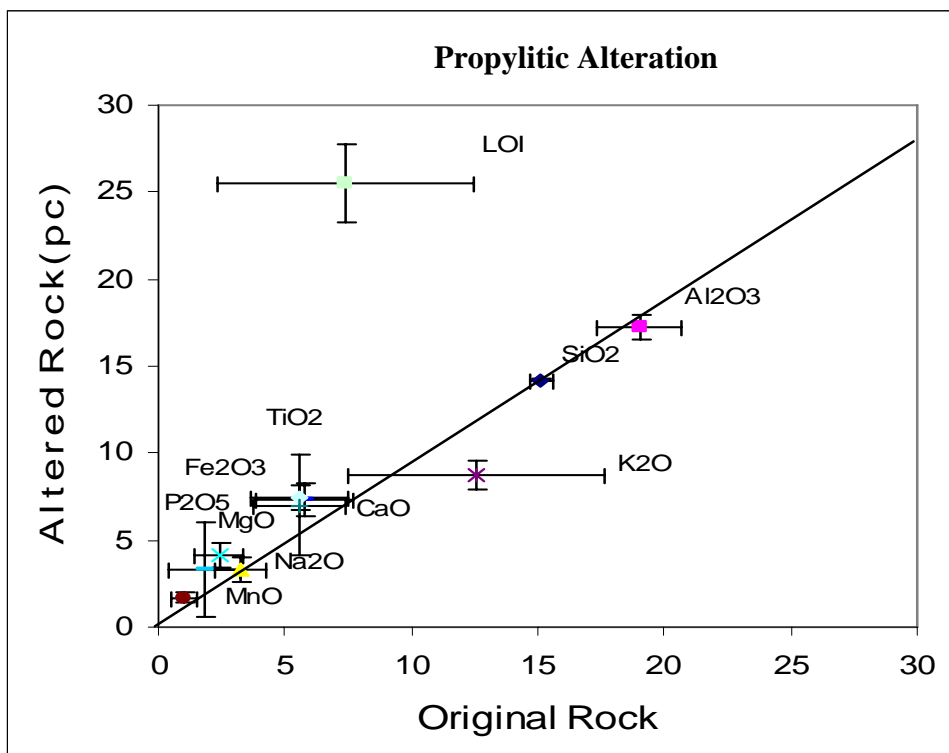
$\frac{\Delta C_i}{C_i^O}$: تغییرات جرم عنصر یا اکسید در طول آلتراسیون (gain or loss)



شکل ۹- الف و ب- جانیشینی پلاژیوکلاز با فلدسپار پتاسیم (kf) و قطع آن توسط رگچه های kf و بیوتیت (Bi) هیدروترمالی در زون پتاسیک قره چیلر ۱۰- کالکوپیریت (Chpy) و بورنیت (Bor) در نمونه دستی ۱۱- کالکوپیریت و پیریت (Py) که به وسیله کالکوسیت (ChC) قطع شده (مقطع صیقلی با بزرگنمایی ۵x) ۱۲- ورقه های مولیدنیت (Mo) داخل کوارتز به اندازه ۱ تا ۱۰ میلی متر ۱۳- مولیدنیت (Mo) داخل کوارتز در مقطع صیقلی (بزرگنمایی ۵x) ۱۴ الف و ب- مگنتیت (Mag) از زون پتاسیک قره چیلر در نمونه دستی به ضخامت ۱ تا ۱۰ میلی متر ۱۵- کلریت (Chlo) و بیوتیت از زون پروپیلیتیک ۱۶- اپیدوت (Ep) و بیوتیت از زون پروپیلیتیک (بزرگنمایی ۵x).



نمودار ۱- نمایش تغییرات عناصر اصلی و فرعی به صورت ایزوکون در زون پتاسیک



نمودار ۲- نمایش تغییرات عناصر اصلی و فرعی به صورت ایزوکون در زون پروپیلیتیک

جدول ۲- محاسبه تغییرات جرم به روش Grant در زون پتاسیک

	Average P	Average G	C_i^A/C_i^O	$C_{Al_2O_3}^O/C_{Al_2O_3}^A$	$(C_{Al_2O_3}^O/C_{Al_2O_3}^A) / (C_i^A/C_i^O)$	gain or loss
0.3SiO2	۱۴/۶۹	۱۵/۱۴	۰/۹۷۰	۱/۰۳	۱	۰/۰
Al2O3	۲/۰۵	۳/۲۴	۰/۶۳۱	۱/۰۳	۰/۶۵	-۰/۳۵
Na2O	۱۰/۳۰	۲۴/۲۰	۰/۴۲۶	۱/۰۳	۰/۴۴	-۰/۵۶
MgO	۳/۲۸	۲/۵۹	۱/۲۶۸	۱/۰۳	۱/۳۱	۰/۳۱
5K2O	۵/۱۰	۵/۶۰	۰/۹۱۱	۱/۰۳	۰/۹۴	-۰/۰۶
10TiO2	۲	۱۰	۰/۲۰۰	۱/۰۳	۰/۲۱	-۰/۷۹
10MnO	۲/۵۹	۵/۸۱	۰/۴۴۶	۱/۰۳	۰/۴۶	-۰/۵۴
CaO	۱۰	۱۸	۰/۵۵۶	۱/۰۳	۰/۵۷	-۰/۴۳
10P2O5	۱۴/۲۴	۵/۵۶	۲/۵۶۱	۱/۰۳	۲/۶۴	۱/۶۴
Fe2O3	۲/۴۷	۰/۷۴	۳/۳۱۸	۱/۰۳	۳/۴۲	۲/۴۲
10LOI	۱۶/۶۷	۱۷/۲۲	۰/۹۶۸	۱/۰۳	۱	۰/۰
Ga	۴/۰۵	۲/۱۰	۱/۹۲۹	۱/۰۳	۱/۹۹	۰/۹۹
Nd	۱۰	۵/۲۰	۱/۹۲۳	۱/۰۳	۱/۹۸	۰/۹۸
Sb	۸/۹۳	۱۲/۳۱	۰/۷۲۵	۱/۰۳	۰/۷۵	-۰/۲۵
0.1Zr	۲/۹۰	۵/۵۸	۰/۵۲۰	۱/۰۳	۰/۵۴	-۰/۴۶
0.1Zn	۱۸/۷۰	۰/۹۰	۲۰/۷۷۸	۱/۰۳	۲۱/۴۲	۲۰/۴۲
Mo	۹/۱۳	۶/۱۲	۱/۴۹۲	۱/۰۳	۱/۵۴	۰/۵۴
0.1Rb	۲/۲۴	۵/۶۱	۰/۳۹۹	۱/۰۳	۰/۴۱	-۰/۵۹
0.01Sr	۲۵/۸۹	۲۹/۱۹	۰/۸۸۷	۱/۰۳	۰/۹۱	-۰/۰۹
0.1V	۱۰	۱۴	۰/۷۱۴	۱/۰۳	۰/۷۴	-۰/۲۶
Y	۱۹	۱۶/۵۶	۱/۱۴۸	۱/۰۳	۱/۱۸	۰/۱۸
La	۶	۱۹/۸۸	۰/۳۰۲	۱/۰۳	۰/۳۱	-۰/۶۹
Nb	۵/۶۷	۷/۶۷	۰/۷۳۹	۱/۰۳	۰/۷۶	-۰/۲۴
Pb	۱۰	۱۱/۷۸	۰/۸۴۹	۱/۰۳	۰/۸۸	-۰/۱۲
0.01Ba	۶/۰۸	۶/۲۲	۰/۹۷۷	۱/۰۳	۱/۰۱	۰/۰۱
0.1Ce	۳/۶۰	۷/۸۳	۰/۴۶۰	۱/۰۳	۰/۴۷	-۰/۵۳
Co	۲۱/۶۷	۱۱/۱۱	۱/۹۵۰	۱/۰۳	۲/۰۱	۱/۰۱
0.1Cu	۱۱/۷۰	۰/۰۸	۱۴۰/۹۶۴	۱/۰۳	۱۴۵/۳۴	۱۴۴/۳۴
						۱۶۶/۸۱

جدول ۳- محاسبه تغییرات جرم به روش Grant در زون پروپیلیتیک

	Average P	Average G	C_i^A/C_i^O	$C_{Al_2O_3}^O/C_{Al_2O_3}^A$	$(C_{Al_2O_3}^O/C_{Al_2O_3}^A) / (C_i^A/C_i^O)$	gain or loss
0.3SiO2	۱۷/۲۷	۱۹/۰۱	.۹۱	۱/۰۷	.۹۷	-/۰۳
Al2O3	۱۴/۲۱	۱۵/۱۴	.۹۴	۱/۰۷	۱	۰/۰
Na2O	۳/۲۷	۳/۲۴	۱/۰۱	۱/۰۷	۱/۰۷	.۰۷
MgO	۴/۱۶	۲/۴۲	۱/۷۲	۱/۰۷	۱/۸۳	.۸۳
5K2O	۸/۷۵	۱۲/۱۵۹	.۶۹	۱/۰۷	.۷۴	-/۲۶
10TiO2	۷	۵/۶۰	۱/۲۵	۱/۰۷	۱/۳۳	.۳۳
10MnO	۱/۷	۱	۱/۷	۱/۰۷	۱/۸۱	.۸۱
CaO	۷/۳۲	۵/۸۱	۱/۲۶	۱/۰۷	۱/۳۴	.۳۴
10P2O5	۳/۳	۱/۸	۱/۸۳	۱/۰۷	۱/۹۵	.۹۵
Fe2O3	۷/۴۷	۵/۵۶	۱/۳۴	۱/۰۷	۱/۴۳	.۴۳
10LOI	۲۵/۵	۷/۴	۳/۴۵	۱/۰۷	۳/۶۷	۲/۶۷
Ga	۲۱/۵	۱۷/۲۲	۱/۲۵	۱/۰۷	۱/۳۳	.۳۳
Nd	۱۱	۲۱	.۵۲	۱/۰۷	.۵۶	-/۴۴
Sb	۰/۰	۵/۲	۰/۰	۱/۰۷	۰/۰	-۱
0.1Zr	۱۱/۶	۱۲/۳۱	.۹۴	۱/۰۷	۱	۰/۰
0.1Zn	۶/۷۵	۵/۵۸	۱/۲۱	۱/۰۷	۱/۲۹	.۲۹
Mo	۹	۹	۱	۱/۰۷	۱/۰۷	.۰۷
0.1Rb	۵/۱	۶/۱۲	.۸۳	۱/۰۷	.۸۹	-/۱۱
0.01Sr	.۷۶	۵/۶۱	.۱۳	۱/۰۷	.۱۴	-/۸۶
0.1V	۱۲/۳۵	۹/۷۳	۱/۲۷	۱/۰۷	۱/۳۵	.۳۵
Y	۱۵	۱۶/۵۶	.۹۱	۱/۰۷	.۹۷	-/۰۳
La	۱۹	۱۹/۸۸	.۹۶	۱/۰۷	۱/۰۲	.۰۲
Nb	۱۰	۷/۶۷	۱/۳	۱/۰۷	۱/۳۹	.۳۹
Pb	۱۴	۱۱/۷۸	۱/۱۹	۱/۰۷	۱/۲۷	.۲۷
0.01Ba	۲/۷۵	۶/۲۲	.۴۴	۱/۰۷	.۴۷	-/۵۳
0.1Ce	۳/۴	۳/۹۱	.۸۷	۱/۰۷	.۹۳	-/۰۷
Co	۱۳/۵	۱۱/۱۱	۱/۲۲	۱/۰۷	۱/۲۹	.۲۹
0.1Cu	۳/۶۰	۸/۳۲	.۴۳	۱/۰۷	.۴۶	-/۵۴
						۴/۵۸

جهت تعیین تغییرات عناصر در سنگهای آتزه نسبت به سنگ های سالم باید از عنصری استفاده نمود که تحرک پذیری پایین تری در سیستم های واکنش متقابل محلولهای هیدروترمال و سنگ داشته باشد، تا بتوان غنی شدگی و تهی شدگی سایر عناصر را نسبت به آن سنجید. عنصر Al به دلیل دارا بودن ثبات شیمیایی در

طی فرآیندهای آلتراسیون و هوازدگی، غلظت بالای آن و روش تجزیه آسان، به عنوان عنصر شاخص با تحرک پذیری پایین انتخاب شد.

روش ژئوشیمی محاسبات تغییرات جرم به روش (Maclean, 1990)

برای استفاده از این روش باید پارامترهای زیر تعیین شود:

(۱) فاکتور غنی شدگی: تغییرات جرم عناصر بطور مستقیم متناسب با غلظت عناصر در سنگ مادر نسبت به سنگ آلتره می‌باشد (Maclean, 1990). بعد از این که Al به عنوان عنصر شاخص غیرمتحرک انتخاب شد فاکتور غنی شدگی از فرمول زیر محاسبه گردید: $EF = C_{Al_2O_3}^O / C_{Al_2O_3}^A$ ، EF : فاکتور غنی شدگی $C_{Al_2O_3}^O$: فراوانی اکسید Al_2O_3 در سنگ مادر $C_{Al_2O_3}^A$: فراوانی اکسید Al_2O_3 در سنگ آلتره

(۲) تعیین ترکیب بازسازی شده: ترکیب بازسازی شده نشانگر جرم خالص یک واحد یا سنگ است که از اجزاء متحرک غنی یا تهی شده اند. ترکیب بازسازی شده نمونه‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد^(۱۲).

$$RC = EF \times C_i^A$$

RC : ترکیب بازسازی شده EF : فاکتور غنی شدگی C_i^A : فراوانی ترکیب اکسید یا عنصر در سنگ آلتره بر حسب درصد وزنی

(۳) تعیین تغییر جرم عناصر: تغییرات جرم عناصر از تفاوت بین ترکیب RC و سنگ مادر از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

MC : تغییر جرم عناصر RC : ترکیب بازی شده C_i^O : فراوانی عنصر یا اکسید در $MC = RC - C_i^O$ سنگ مادر بر حسب درصد وزنی

(۴) تعیین تغییر جرم کل: با جمع جبری تغییرات جرم عناصر (MC) تغییر جرم کل را به دست آوردیم (جداول ۴ و ۵). در نهایت تغییرات جرم عناصر در زون‌های پتاسیک، پروپیلیتیک محاسبه و علت غنی شدگی، تهی شدگی و بی‌تحرکی آن‌ها بیان شده و نتایج حاصل از ژئوشیمی آلتراسیون با مطالعات کانی شناسی مقایسه شده است. براساس مطالعات ژئوشیمی به روش Grant و Maclean طبق جداول ۵-۲ و نمودارهای ۱ و ۲ عناصر موجود در زون‌های دگرسانی پتاسیک و پروپیلیتیک منطقه به سه دسته: عناصر غنی شده، تهی شده و غیرمتحرک قابل تقسیم هستند. البته با توجه به گستردگی دامنه عناصر تعیین دقیق متحرک و غیر متحرک بودن عناصر مشکل است لذا تغییرات، به طور نسبی بررسی شده است:

جدول ۴- محاسبه تغییرات جرم به روش MacLean در زون پتاسیک

	Average P	Average G	EF	RC	MC
0.3SiO2	۵/۷۵	۶/۳۳	۱/۰۳	۵/۹۳	-/۰۴
Al2O3	۱۴/۶۹	۱۵/۱۴	۱/۰۳	۱۵/۱۴	۰/۰
Na2O	۲/۰۵	۳/۲۴	۱/۰۳	۲/۱۱	-۱/۱۳
Mgo	۱۰/۳	۲۴/۲	۱/۰۳	۱۰/۶۲	-۱۳/۵۸
5K2O	۳/۲۸	۲/۵۹	۱/۰۳	۳/۳۹	/۸
10TiO2	۵/۱	۵/۶	۱/۰۳	۵/۲۶	-/۳۴
10MnO	۲	۱۰	۱/۰۳	۲/۰۶	-۷/۹۴
Cao	۲/۵۹	۵/۸۱	۱/۰۳	۲/۶۷	-۳/۱۴
10P2O5	۱۰	۱۸	۱/۰۳	۱۰/۳۱	-۷/۶۹
Fe2O3	۱۴/۲۴	۵/۵۶	۱/۰۳	۱۴/۶۸	۹/۱۲
10LOI	۲/۴۷	/۷۴	۱/۰۳	۲/۵۴	۱/۸
Ga	۱۶/۶۷	۱۶۷/۲۲	۱/۰۳	۱۷/۱۸	-/۰۴
Nd	۴/۰۵	۲/۱	۱/۰۳	۴/۱۸	۲/۰۸
Sb	۱۰	۵/۲	۱/۰۳	۱۰/۳۱	۵/۱۱
0.1Zr	۸/۹۳	۱۲/۳۱	۱/۰۳	۹/۲۱	-۳/۱
0.1Zn	۲/۹	۵/۵۸	۱/۰۳	۲/۹۹	-۲/۵۹
Mo	۱۸/۷	/۹	۱/۰۳	۱۹/۲۸	۱۸/۳۸
0.1Rb	۹/۱۳	۶/۱۲	۱/۰۳	۹/۴۱	۳/۲۹
0.01Sr	۲/۲۴	۵/۶۱	۱/۰۳	۲/۳۱	-۳/۳
0.1V	۲۵/۸۹	۲۹/۱۹	۱/۰۳	۲۶/۶۹	-۲/۵
Y	۱۹	۱۶/۵۶	۱/۰۳	۱۹/۵۹	۳/۰۳
La	۶	۱۹/۸۸	۱/۰۳	۶/۱۹	-۱۳/۶۹
Nb	۵/۶۷	۷/۶۷	۱/۰۳	۵/۸۴	-۱/۸۲
Pb	۱۰	۱۱/۷۸	۱/۰۳	۱۰/۳۱	-۱/۴۷
0.01Ba	۶/۰۸	۶/۲۲	۱/۰۳	۶/۲۷	/۰۵
0.1Ce	۳/۶	۷/۸۳	۱/۰۳	۳/۷۱	-۴/۱۲
Co	۲۱/۶۷	۱۱/۱۱	۱/۰۳	۲۲/۳۴	۱۱/۲۳
0.1Cu	۱۱/۷	/۰۸	۱/۰۳	۱۲/۰۶	۱۱/۹۸
					/۰۲

جدول ۵- محاسبه تغییرات جرم به روش MacLean در زون پروپلیتیک

	Average P	Average G	EF	RC	MC
0.3SiO ₂	۱۷/۲۷	۱۹/۰۱	۱/۰۷	۱۸/۴۰	-۰/۶۱
Al ₂ O ₃	۱۴/۲۱	۱۵/۱۴	۱/۰۷	۱۵/۱۴	۰/۰۰
Na ₂ O	۳/۲۷	۳/۲۴	۱/۰۷	۳/۴۸	۰/۲۴
MgO	۴/۱۶	۲/۴۲	۱/۰۷	۴/۴۳	۲/۰۱
5K ₂ O	۸/۷۵	۱۲/۵۹	۱/۰۷	۹/۳۲	-۳/۲۷
10TiO ₂	۷/۰۰	۵/۶۰	۱/۰۷	۷/۴۶	۱/۸۶
10MnO	۱/۷۰	۱/۰۰	۱/۰۷	۱/۸۱	۰/۸۱
CaO	۷/۳۲	۵/۸۱	۱/۰۷	۷/۸۰	۱/۹۹
10P ₂ O ₅	۳/۳۰	۱/۸۰	۱/۰۷	۳/۵۲	۱/۷۲
Fe ₂ O ₃	۷/۴۷	۵/۵۶	۱/۰۷	۷/۹۶	۲/۴۰
10LOI	۲۵/۵۰	۷/۴۰	۱/۰۷	۲۷/۱۷	۱۹/۷۷
Ga	۲۱/۵۰	۱۷/۲۲	۱/۰۷	۲۲/۹۱	۵/۶۹
Nd	۱۱/۰۰	۲۱/۰۰	۱/۰۷	۱۱/۷۲	-۹/۲۸
Sb	۰/۰۰	۵/۲۰	۱/۰۷	۰/۰۰	-۵/۲۰
0.1Zr	۱۱/۶۰	۱۲/۳۱	۱/۰۷	۱۲/۳۶	۰/۰۵
0.1Zn	۶/۷۵	۵/۵۸	۱/۰۷	۷/۱۹	۱/۶۱
Mo	۹/۰۰	۹/۰۰	۱/۰۷	۹/۵۹	۰/۵۹
0.1Rb	۵/۱۰	۶/۱۲	۱/۰۷	۵/۴۳	-۰/۶۹
0.01Sr	۰/۷۶	۵/۶۱	۱/۰۷	۰/۸۰	-۴/۸۱
0.1V	۱۲/۳۵	۹/۷۳	۱/۰۷	۱۳/۱۶	۳/۴۳
Y	۱۵/۰۰	۱۶/۵۶	۱/۰۷	۱۵/۹۸	-۰/۵۷
La	۱۹/۰۰	۱۹/۸۸	۱/۰۷	۲۰/۲۵	۰/۳۷
Nb	۱۰/۰۰	۷/۶۷	۱/۰۷	۱۰/۶۶	۲/۹۹
Pb	۱۴/۰۰	۱۱/۷۸	۱/۰۷	۱۴/۹۲	۳/۱۴
0.01Ba	۲/۷۵	۶/۲۲	۱/۰۷	۲/۹۳	-۳/۲۹
0.1Ce	۳/۴۰	۳/۹۱	۱/۰۷	۳/۶۲	-۰/۲۹
Co	۱۳/۵۰	۱۱/۱۱	۱/۰۷	۱۴/۳۹	۳/۲۷
0.1Cu	۳/۶۰	۸/۳۲	۱/۰۷	۳/۸۴	-۴/۴۸
					۱۹/۴۷

الف) تغییرات عناصر در زون پتاسیک: با توجه به بی تحرک بودن عنصر Al مطابق نمودار ۱ با وصل کردن مبدا مختصات به Al خط شاخص بی تحرکی حاصل شده است. عناصر بالای این خط در طول دگرسانی غنی شدگی و عناصر پایین آن تهی شدگی نشان می دهند. غنی و تهی شدگی عناصر مطابق نمودار ۱ با تغییرات جرم عناصر که با روش Grant و Maclean محاسبه شده (جداول ۲، ۳، ۴ و ۵) مطابقت دارد. در این زون عناصر غنی و تهی شده و غیرمتحرک نسبت به خط شاخص بی تحرکی و تغییرات جرم به شرح زیر می باشد:

۱) غنی شدگی نسبی عناصر و اکسیدها: این عناصر و اکسیدها شامل K_2O , LOI , Fe_2O_3 , Nd , Sb , Mo , Rb , Co , Cu می باشند.

۲) تهی شدگی نسبی عناصر و اکسیدها: این عناصر و اکسیدها شامل SiO_2 , Na_2O , MgO , MnO , CaO , Cr , Ce , Nb , La , Sr , Zr , P_2O_5 می باشد.

۳) عناصر غیرمتحرک: این عناصر شامل V , Ga , TiO_2 , Al_2O_3 و Ba می باشد. علت غنی شدگی K_2O در ارتباط با سریستی شدن پلاژیوکلازها و تشکیل K -فلدسپار در زون پتاسیک می باشد. غنی شدگی Fe_2O_3 نیز به علت فراوانی بیوتیت های کلریتی شده و هیدروترمال در این زون و غنی شدگی Y , Rb , Cu , Mo , Co , Li , Sb و Nd به علت تجمع این عناصر در محلول باقی مانده می باشد که سبب کانه زایی قابل توجه مس و مولیبدن در این زون گشته است. تهی شدگی اکسیدهای Na_2O , CaO , MgO , MnO از طریق سریستی شدن پلاژیوکلازها و شستشوی کاتیون های Na^+ , Ca^{+2} و Mg^{+2} قابل توجیه است. کاهش SiO_2 بدلیل متمرکز شدن این اکسید در سیستم های رگه ای و رگچه ای می باشد. عناصری مانند V , Ga , Ba و اکسیدهای Al_2O_3 و TiO_2 تقریباً مقدارشان در سنگ های سالم و آثره ثابت بوده و تحرک پذیری پایینی داشته اند.

ب) تغییرات عناصر در زون پروپیلیتیک: عناصر غنی و تهی شده و غیرمتحرک مطابق نمودار ۲ نسبت به خط شاخص بی تحرکی (خط واصل مبدا به Al) و مطابق تغییرات جرم (جداول ۲، ۳، ۴ و ۵) در این زون به شرح زیر می باشد:

۱) غنی شدگی نسبی عناصر و اکسیدها: این عناصر و اکسیدها شامل SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , LOI , MnO , P_2O_5 می باشد. افزایش این اکسیدها در زون پروپیلیتیک بخاطر شستشوی کاتیونهای Mg^{+2} , Fe^{+2} , Ca^{+2} , Na^+ و غیره از زون پتاسیک و تمرکز آن ها در این زون در ساختمان کانی هایی نظیر کلریت، اپیدوت و بیوتیت می باشد.

۲) تهی شدگی نسبی عناصر و اکسیدها: اکسید K_2O در این زون کاهش یافته که علت آن مصرف پتاسیم در ساختمان کانی هایی نظیر K -فلدسپار، سریست و بیوتیت هیدروترمالی در زون پتاسیک است. با توجه به

هم بستگی Rb و Ba با پتاسیم این دو عنصر نیز در این زون کاهش یافته‌اند. هم چنین مقدار Sr, Sb, Cu, Nd و Ce کاهش یافته‌اند که حاکی از عدم کانی‌سازی فلزی در زون پروپیلیتیک است. ۳) عناصر و اکسیدهای بی‌تحرك: SiO_2 , TiO_2 , Mo, Zr, Y, Al_2O_3 و SiO_2 تحرك پذیری پایینی در این زون نشان می‌دهند.

نتیجه گیری

در منطقه مورد مطالعه با تلفیق اطلاعات حاصل از مطالعات کانی ها و کانه ها (در نمونه های صحرایی و میکروسکوپی) و ژئوشیمی عناصر به روش Grant و Maclean مشخص شد که تغییرات کانی شناسی با تغییرات ژئوشیمیایی (تهی و غنی شدگی عناصر) مطابقت داشته و دو زون پتاسیک و پروپیلیتیک بخوبی گسترش یافته است. زون پتاسیک با وجود کانی های فلدسپات پتاسیم ثانویه، بیوتیت ثانویه و کانه های مس، مولیبدن و آهن (کالکوپیریت، مولیبدنیت و مگنتیت) و زون پروپیلیتیک با وجود کانی های اپیدوت و کلریت قابل تشخیص هستند. اکثر رگه های کوارتزی، زون ها و دایک های مینرالیزه در داخل زون پتاسیک گسترش یافته است. در نهایت نوع دگرسانی ها و مینرالیزاسیون منطقه با کانه زایی تیپ رگه ای مرتبط با توده های نفوذی بزرگ (باتولیتی) مطابقت داشته^(۱۳،۱۴) اما گسترش دایک های مینرالیزه پورفیری در محدوده زون پتاسیک قره چیلر نشانگر آن است که این دایک ها احتمالاً آپوفیزهائی از استوک پورفیری مینرالیزه مدفون شده باشد. این نوع کانه زایی در آن سوی مرز ارس (جمهوری نخجوان) در داخل باتولیت اردوباد نیز رخ داده است (گفتگوی شفاهی با دکتر معارف زینالف).

Reference:

1. Bazin, D., and Hubner, H., *Geol. Surv. Iran Rep.*, **13**, 1 (1969).
2. Borna, B., *Prospecting of Gold in Qarachilar- Qarehdareh – Dozal Area (N, Azarbaijan)*, GSI Internal Report, 128 (1992).
3. Movahhed, A., Mallakpour, M.A, Khoi, K., *Geol. Surv. Iran Rep.*, 24 (1972).
4. Movahhed Avval, U., and Khalighi., *Geol. Surv. Iran Rep.*, 18 (1970).
5. Amini fazl, A., *Ph.D Thesis: The Study of Petrology, Minralogy and Geochemistry of Qaradagh Intrusive Body (NW Iran)*, Univercity of Azarbaijan, Iran (1994).
6. Sohrabi, Gh., *Ms Thesis: The Study of Mineralization Cu-Mo-Fe in Qulan Granite, East Azarbaijan*, Tabriz Univercity, Iran (2003).
7. Karimzadeh, A., Sohrabi, Gh., *the Study of Porphyry Mineralization of Cu-Mo-Fe in Qarachilar- Qarehdareh Area (East Azarbaijan)*, the 6th Symposium of Geology Society of Iran, Iran (2002).
8. Sohrabi, Gh., *The Zonation of Cu-Au and Cu-Mo in Metalogenic Zone of NW Iran*, the 25th Symposium on Geosciences, GSI, Iran (2006).
9. Maske, S., and Alex, H.P., *Econ. Geol.*, 97 (2002).

10. Carten, R.B., White, W.H., Stein, H.J., *Geol. Associat. Can.*, Special Paper, **40**, 521 (1993).
11. Grant, J.A., *Econ. Geol.*, **81**, 1976 (1986).
12. Maclean, W.H., and Kranidiotis, P., *Econ. Geol.*, **82**, 951 (1987).
13. David Selby., and Rochaska. Water, P., *Econ. Geol.*, **95**, 183 (2000).
14. Mike Villeneuve, J., Whalen, B., Robert, G.A., and Lambertus, C. Struik., *Econ. Geol.*, **96**, 171 (2001).