



زمین‌شناسی، پترولوژی و کانی‌شناسی توده‌های نفوذی منطقه کلاته آهنی- گناباد

محراب مرادینقندر*، محمد حسن کریمپور، احسان سلاطی
گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد
mehrabmoradi61@gmail.com

چکیده

منطقه مطالعاتی در فاصله ۲۵ کیلومتری جنوب گناباد واقع شده است. واحدهای سنگی شامل توده‌های نفوذی متنوع، از ترکیب گرانیتی تا دیوریتی، سنگهای دگرگونی نظیر اسلیت و کوارتزیت و ماسه سنگ می‌باشد. گرانودیوریت به صورت باتولیت با روند تقریبی شرقی- غربی در اسلیت و کوارتزیت‌های ژوراسیک نفوذ نموده است. براساس ترکیب کانی‌شناختی و پذیرفتاری مغناطیسی کم $[SI (5 \text{ to } 11) \times 10^{-5}]$ ، توده‌های گرانیتی مربوط به سری ایلمنیت (نوع احیایی) و از گرانیت‌های نوع S است. این توده‌ها از نوع متا آلومینوس، عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ (LILE) شامل Rb, Ba, Zr, Th, Hf, K و عناصر کمیاب (REE) شامل Ce, Sm غنی‌شدگی و عناصر Sr, P, Ti کاهیدگی نشان می‌دهند. در نمودار عناصر کمیاب، غنی‌شدگی عناصر نادر خاکی سبک (LREE) در حد متوسط و کاهیدگی عناصر خاکی سنگین (HREE) در حد عادی مشاهده می‌شود. با توجه به پایین بودن نسبت $7/45$ تا $11/5$ $(La/Yb)N =$ و عناصر کمیاب ماگمای گرانودیوریتی منشأ پوسته قاره‌ای داشته است. توده‌های مونزونیت پورفیری، هورنبلند بیوتیت مونزونیت پورفیری و بیوتیت مونزونیت پورفیری که از بیوتیت گرانودیوریت جوانتر هستند در منطقه شناسایی شدند. براساس ترکیب کانی‌شناختی و پذیرفتاری مغناطیسی زیاد $[SI (>500) \times 10^{-5}]$ ، مونزونیت‌ها مربوط به سری مگنتیت (نوع اکسیدان) و از گرانیت‌های نوع I هستند. غنی‌شدگی عناصر نادر خاکی سبک (LREE) در حد متوسط و کاهیدگی عناصر خاکی سنگین (HREE) زیاد است. نسبت $9/6$ تا 64 $(La/Yb)N =$ بسیار متفاوت است. مونزونیت‌ها خارج از محدوده پوسته قاره‌ای منشأ گرفته‌اند.

Abstract

The study is located 25 km south of Ghonabad city. Rock units mapped in the area are: different types of intrusive, Granite to diorites in composition, slate- quartzite, and sandstone. Granodiorite as batholite is trending east-west and intruded Jurassic slate and sandstone. Based on mineralogy and low values of magnetic susceptibility $[(5 \text{ to } 11) \times 10^{-5} SI]$, therefore it is classified as belonging to the ilmenite-series of reduced type granitoids (S-type granitoid). Chemically, biotite granodiorite is met-aluminous, and show enrichment in LILE = Rb, Ba, Zr, Th, Hf, K and REE = Ce, Sm and depletion in Sr, P and Ti. Biotite granodiorite is characterized by medium light rare earth element (LREE) enrichment and less low heavy REE (HREE). Based on REE content and low $(La/Yb)N = 7-11.5$ magma originated from continental crust.

Hornblende monzonite porphyry, hornblende biotite monzonite porphyry and biotite monzonite porphyry which are younger than granodiorite are identified. Based on mineralogy and high values of magnetic susceptibility $[(>500) \times 10^{-5} SI]$, therefore it is classified as belonging to the magnetite-series of oxidant type granitoids (I-type granitoids). Monzonite porphyries are characterized by medium light rare earth element (LREE) enrichment and high low heavy REE (HREE). Based on REE content and $(La/Yb)N = 9-64$ magma did not originate from continental crust.



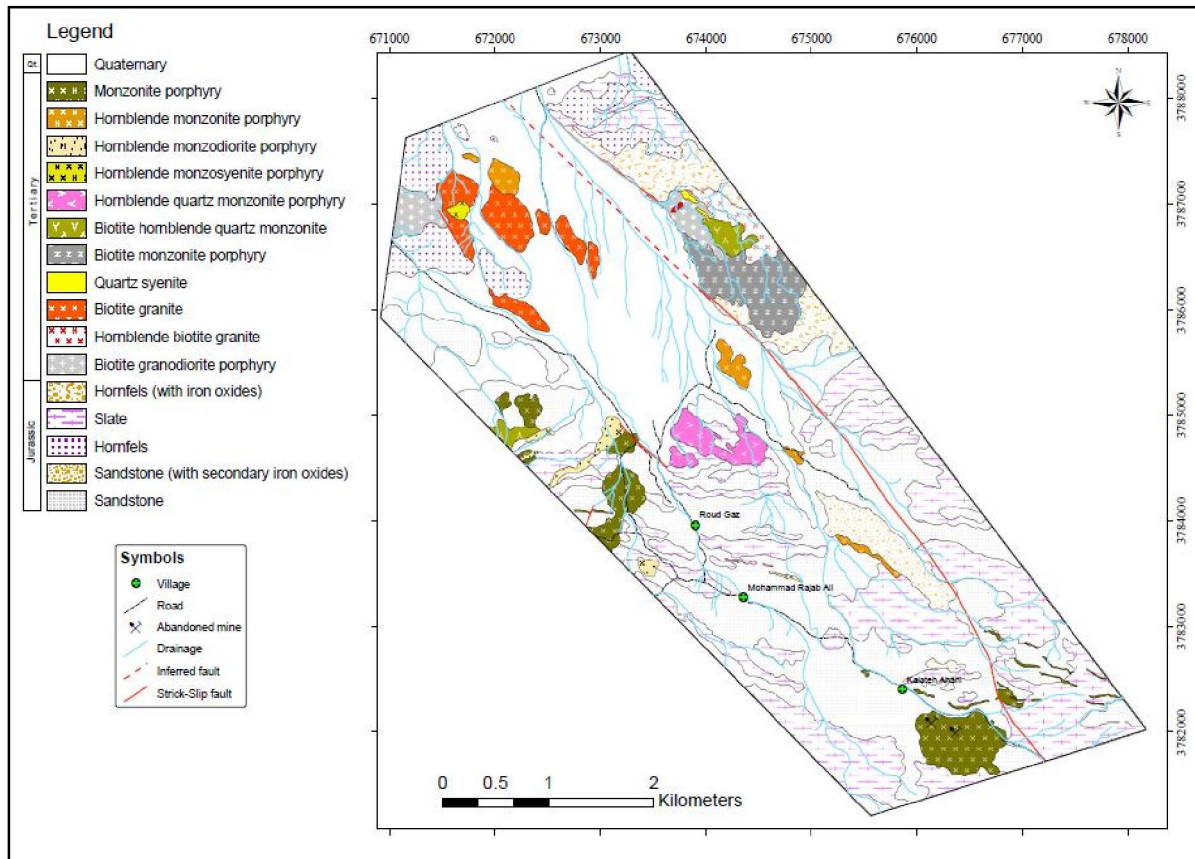
بحث

منطقه مطالعاتی بخشی از بلوک لوت است که بلوک لوت خود بخشی از خرد قاره شرق مرکز ایران به شمار می‌آید. داوودزاده و اشمیت (۱۹۸۴) چرخش ۱۳۵ درجه‌ای در جهت خلاف عقربه‌های ساعت را برای بلوک ایران مرکزی قائل شده‌اند. بر این اساس، ساختمانهای تکتونیکی اصلی در چنین رژیم تکتونیکی، گسل‌های راست‌الغز عمیق با حرکت خمیده است، که سبب می‌شود بلوک‌های مختلف در کنار یکدیگر حرکت کنند. به همین دلیل خرد قاره ایران مرکزی به بلوک‌های کوچکتری تقسیم شده که هر یک از آنها حالت خمیده پیدا کرده و نسبت به یکدیگر از خود حرکت انجام می‌دهند. گسل‌های اصلی موجود در منطقه از نوع راست‌الغز بوده و بیشتر از راستای شمال غرب- جنوب شرق تبعیت می‌کنند و اصلی‌ترین آن گسل کوه هنگام می‌باشد (شکل ۱)، که با حرکت خود ریخت منطقه را سبب شده‌اند (قائمی، ۱۳۸۴). به طور کلی توده‌های نفوذی منطقه کلاته آهنی را می‌توان به ۳ دسته عمده تقسیم بندی نمود که عبارتند از: گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌ها، سینیته‌ها، مونزونیت‌ها.

گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌ها: این واحد دارای بافت سری‌آیت با زمینه دانه درشت است. درصد درشت بلورها حدود ۳۵ درصد است. کانیهای درشت بلور شامل ۷ تا ۱۰ درصد پلاژیوکلاز تا اندازه ۲/۵ میلی‌متر، ۱۰ تا ۱۵ درصد فلدسپات پتاسیم تا ۱/۲ میلی‌متر و ۱۰ تا ۱۵ درصد کوارتز در زمینه تا ۲ میلی‌متر می‌باشد. کانیهای قابل رویت در زمینه سنگ نیز شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، پتاسیم فلدسپات و بیوتیت است. کانی‌های اپیک شکل‌دار تا اندازه ۰/۴ میلی‌متر بوده و مقدار آنها تا ۰/۲ درصد می‌رسد. فلدسپات ۴ تا ۵ درصد به سرسیت تبدیل شده است. مقدار کربنات ۰/۲ درصد و کوارتز ۰/۲ درصد می‌باشد. مهمترین آلتراسیونی که در این واحد مشاهده می‌شود، زون سیلیسی است که دانه‌های کوارتز به متن سنگ افزوده شده‌اند. در قسمتی از شمال منطقه اکتشافی رخنمونی از این واحد مشاهده می‌شود. این واحدها به سن ترشیاری بزرگترین توده نفوذی منطقه است که به صورت باتولیت در سنگ‌های ژوراسیک- کرتاسه منطقه نفوذ نموده و منجر به یک دگرگونی همبري در سنگ‌های مجاور خود شده است (شکل ۱).

سینیته‌ها: این واحد دارای بافت گرانولار یا دانه درشت است. کانیهای اصلی و اولیه موجود در این واحد شامل کوارتز، فلدسپات، پلاژیوکلاز و مسکویت است. کانیهای اولیه سنگ شامل ۵ تا ۶ درصد پلاژیوکلاز تا اندازه ۰/۵ میلی‌متر، ۸۰ تا ۸۵ درصد فلدسپات پتاسیم تا ۰/۵ میلی‌متر و ۵ تا ۷ درصد کوارتز تا ۰/۸ میلی‌متر می‌باشد. کانی مسکویت نیز در این سنگ تا اندازه ۰/۲ میلی‌متر می‌رسد و مقدار آن کمتر از یک درصد است. کانی‌های اپیک بی شکل تا اندازه ۰/۱ میلی‌متر بوده و مقدار آنها تا ۰/۵ درصد می‌رسد. فلدسپات به مقدار جزئی به کانی رسی تبدیل شده است و پلاژیوکلاز ۱ تا ۲ درصد به اپیدوت تبدیل شده است. مهمترین آلتراسیونی که در این واحد مشاهده می‌شود، زون پروپلیتیک ضعیف است. این واحد در قسمت شمال شرقی محدوده مورد مطالعه بر وزن دارد. وسعت رخنمون این واحد بر روی سطح زمین ۰/۱۲ کیلومتر مربع است.

مونزونیت‌ها: این واحد دارای بافت پورفیری با زمینه دانه ریز است. درصد درشت بلورها حدود ۲۰ درصد است. کانیهای درشت بلور شامل ۵ تا ۱۰ درصد پلاژیوکلاز تا اندازه ۰/۴ میلی‌متر، ۵ تا ۱۰ درصد فلدسپات پتاسیم تا ۰/۵ میلی‌متر و ۱ تا ۲ درصد کوارتز تا اندازه ۰/۲ میلی‌متر می‌باشد. کانیهای قابل رویت در زمینه سنگ نیز شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، پتاسیم فلدسپات است. میزان کل فلدسپاتها در واحد مونزونیت پورفیری ۴۵ تا ۵۰ درصد و میزان کل پلاژیوکلازها نیز در حدود ۴۵ تا ۵۰ درصد است. کانی‌های اپیک بی شکل تا اندازه ۰/۱ میلی‌متر بوده و مقدار آنها تا ۰/۲ درصد می‌رسد. در قسمتهای شمالی محدوده مورد مطالعه در این واحد فلدسپات ۱۲ تا ۱۵ درصد به کانیهای رسی تبدیل شده است و میزان کربنات به ۲ تا ۳ درصد می‌رسد. بنابراین مهمترین آلتراسیون در این نواحی در این واحد زون آرژیلیک می‌باشد. در قسمتهای جنوب شرقی منطقه که این واحد بصورت دایک رخنمون دارد، مهمترین آلتراسیون زون آرژیلیک است که کانیها در حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد به کانیهای رسی تبدیل شده‌اند. در محدوده آبدی کلاته آهنی این واحد دارای زون آلتراسیونی سیلیسی به صورت یک توده سیلیسی شده می‌باشد. این واحد که هم در قسمتهای شمالی و هم جنوبی محدوده مورد مطالعه دیده می‌شود، به دو صورت دایک و توده رخنمون پیدا کرده است. این واحد در قسمتهای مرکزی- غربی به صورت توده و در قسمتهای جنوب شرقی محدوده فقط بصورت دایک بر وزن دارند. به طور کلی وسعت رخنمون این واحد در محدوده مورد مطالعه ۰/۳۷۵ کیلومتر مربع بر روی سطح زمین است.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه کلاته آهنی

ژئوشیمی عناصر اصلی، جزئی و کمیاب: براساس مطالعات پتروگرافی ۱۹ نمونه از توده‌های نفوذی (که فاقد آلتراسیون بوده و نیز معرف بودند) انتخاب و برای اکسیدهای اصلی و عناصر جزئی با دستگاه XRF در دانشگاه فردوسی مشهد تجزیه شدند. نتایج تجزیه در جدول (۱) گزارش شده است. توده‌های نفوذی منطقه کلاته آهنی عمدتاً تحت تاثیر آلتراسیون قرار گرفته‌اند. نمونه‌های آلتره به علت تحرك و تغییر مقدار عناصر در حین پدیده آلتراسیون، ارزش بررسی ژئوشیمیایی ندارند، لذا پس از مطالعات گسترده میکروسکوپی و ماکروسکوپی، توده‌هایی با حداقل آلتراسیون انتخاب شدند. آنالیز اکسیدهای اصلی کلیه توده‌ها توسط دستگاه XRF فیلیپس (مدل X Unique II) در آزمایشگاه XRF گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. استانداردهای استفاده شده در این تجزیه از سازمان زمین‌شناسی آمریکا و کانادا خریداری شده و بین‌المللی هستند. آنالیز عناصر فرعی و خاکی کمیاب کلیه توده‌های نفوذی با دستگاه ICP-MS در آزمایشگاه ACME با روش ذوب قلیایی انجام شده است. در این روش ۰/۱ گرم از نمونه در لیتیم متابورات/تتراپورات ذوب شده و در اسید سیتريك هضم می‌شود. این روش برای آنست که همه کانیها ذوب شده و مقدار عناصر بویژه عناصر خاکی کمیاب بدرستی اندازه‌گیری شوند. لازم به ذکر است که ماهیت توده‌ها قبل از انجام آنالیزها به لحاظ تقسیم‌بندی ایشیهارا (۱۹۷۷) مشخص گردیدند و برای هر یک از توده‌های نوع I و S تجزیه‌ها به طور جداگانه انجام گردید.

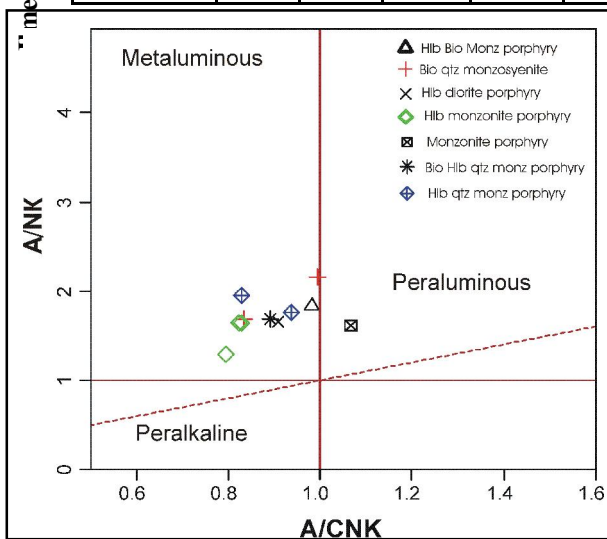
ژئوشیمی توده‌های نفوذی سری مگنتیت: نتایج تجزیه اکسیدهای اصلی توده‌ها و محاسبه نورم آنها به روش C.I.P.W در جدول شماره (۱) آمده است. مقدار SiO_2 توده‌ها از ۵۵/۸۴ تا ۷۰/۰۵ درصد متغیر است. برای نامگذاری سنگها براساس اکسیدهای اصلی از دیاگرام سنگهای پلوتونیک Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 (میدلموست، ۱۹۹۴) استفاده شد که این توده‌ها در محدوده گرانودیوریت، مونزونیت و گرانیت قرار گرفت. مقدار $A/NK > 1$ و $A/CNK < 1$ برای توده‌های نفوذی سری مگنتیت منطقه کلاته آهنی نشان می‌دهد که غالب این توده‌های کالک‌آلکان از نوع مت‌آلومینوس هستند و تنها توده مونزونیت پورفیری در محدوده پر‌آلومینوس پلات می‌شود (شکل ۲). دیاگرام K_2O در مقابل SiO_2 نشان می‌دهد که این واحدهای نفوذی در محدوده سنگهای کالک



آلکانل پتاسیم بالا، کالک آلکانل و تولنیتی قرار می‌گیرند (شکل ۳). به عبارت دیگر می‌توان گفت که توده‌های مونزونیت پورفیری و هورنبلند کوارتز مونزونیت در محدوده سری تولنیتی، هورنبلند مونزونیت پورفیری، هورنبلند بیوتیت مونزونیت پورفیری، هورنبلند دیوریت پورفیری و بیوتیت هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری در محدوده سری کالک آلکانل پتاسیم بالا قرار می‌گیرند.

جدول (۱): تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی توده‌های نفوذی سری مگنتیت و ایلمنیت منطقه کلاته آهنی

Sample No	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
	Magnetite Series										
KAP-6	62.53	0.59	14.32	4.53	2.09	0.09	3.58	4.28	2.01	3.08	0.16
KAP-7	66.1	0.29	15.31	2.71	1.79	0.07	1.14	3.99	4.1	1.49	0.12
KAP-9	62.6	0.58	14.81	3.63	2.08	0.1	2.3	4.93	3.84	2.29	0.14
KAP-23	66.61	0.43	15.07	1.18	1.93	0.02	1.7	4.14	4.69	1.25	0.15
KAP-24	64.53	0.56	14.94	1.74	2.06	0.03	2.18	4.92	4.74	1.2	0.24
KAP-26	64.7	0.55	15.5	1.46	2.05	0.02	1.79	5.2	4.75	1.48	0.24
KAP-27	55.84	0.4	8.15	3.37	1.9	0.2	1.65	21.35	0.59	0.47	0.25
KAP-34	70.05	0.26	15.61	0.65	1.76	n.d	0.2	2.74	5.06	1.23	0.09
KAP-35	64.88	0.48	15.85	1.68	1.98	n.d	1.29	4.63	4.96	1.12	0.15
KAP-37	66.11	0.45	15.75	1.26	1.95	n.d	0.61	4.32	4.82	0.95	0.18
KAP-40	66.23	0.37	14.93	0.56	1.87	0.05	0.91	3.97	5.2	2.82	0.13
KAP-49	68.89	0.35	14.63	0.31	1.85	0.01	0.99	5.59	3.97	0.9	0.11
Monzonite Series											
KAP-1	64.32	0.58	13.81	3.8	2.08	0.09	2.27	5.45	2.05	2.99	0.16
KAP-2	73.98	0.07	12.49	0.32	1.57	0.02	0.34	1.97	2.87	6.25	0.05
KAP-29	63.52	0.56	15.09	4.06	2.06	0.05	2.97	2.95	2.47	3.29	0.14
KAP-56	68.3	0.26	14.85	1.1	1.76	0.04	1.1	2.7	4.72	2.15	0.09
KAP-67	66.48	0.41	21.53	1.64	1.91	0.29	0.99	4.31	0.18	n.d	0.1



KAP-68	64.78	0.4	21.92	0.21	1.9	0.16	0.23	5.17	0.32	2.33	0.1
KAP-70	71.99	0.25	20.07	0.24	1.75	0.17	0.14	1.36	0.21	2.91	0.07

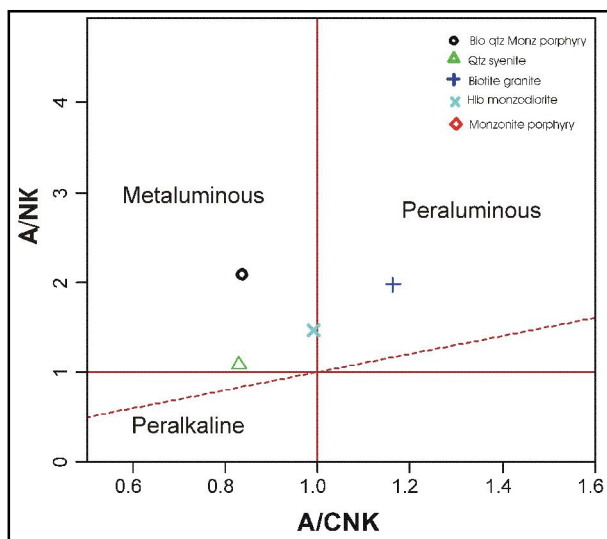


شکل ۲- توده‌های نفوذی سری مگنتیت منطقه کلاته آهنی در دیاگرام A/NK در مقابل A/CNK عمدتاً در محدوده متآلومینوس قرار می‌گیرند (شاند، ۱۹۴۷)

شکل ۳- توده‌های نفوذی سری مگنتیت کلاته آهنی در دیاگرام K₂O در مقابل SiO₂ در محدوده کالک‌آلکان پتاسیم بالا، کالک آلکان و تولیتی قرار می‌گیرند (پسرلو و تیلور، ۱۹۷۶)

عناصر فرعی و خاکی کمیاب: غنی‌شدگی در عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) نسبت به الگوی عناصر خاکی کمیاب متوسط (MREE) و سنگین (HREE) در کلیه نمونه‌ها دیده می‌شود. عنصر Eu نیز نسبتاً ناهنجاری منفی کمی بویژه در توده بیوتیت کوارتز مونزوسینیت نشان می‌دهد. تیلور و مک‌لنن (۱۹۸۵) ادعان داشتند که هر گاه مقدار نسبت Eu/Eu* بیش از ۱ باشد، ناهنجاری مثبت و هرگاه کمتر از ۱ باشد، ناهنجاری منفی است.

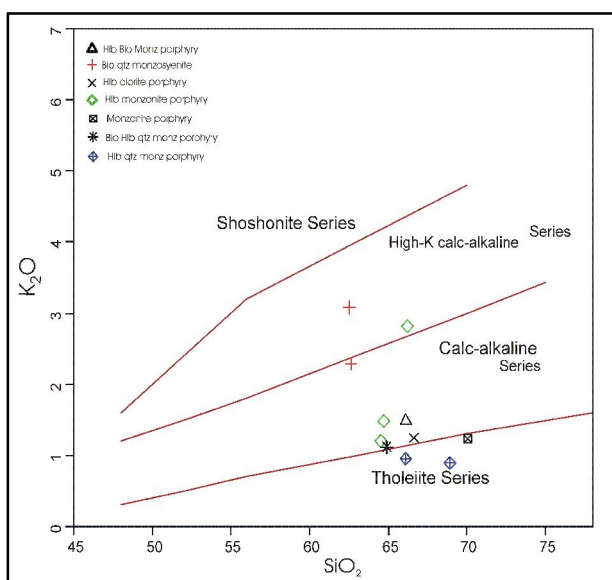
ناهنجاری منفی Eu به علت حضور کانی پلاژیوکلاز به عنوان کانی باقیمانده در منشاء ماگماست. میزان Sr پایین نمونه‌هایی که Eu پایین‌تری نیز دارند این موضوع را اثبات می‌کند.



ژئوشیمی توده‌های نفوذی سری ایلمنیت:

مقدار SiO₂ توده‌ها از ۶۳/۵۲ تا ۷۳/۹۸ درصد متغیر است. برای نامگذاری سنگها براساس اکسیدهای اصلی از دیاگرام سنگهای پلوتونیک Na₂O+K₂O در مقابل SiO₂ (میدلموست، ۱۹۹۴) استفاده شد که این توده‌ها در محدوده گرانیته و گرانودیوریت پلات گردید. مقدار A/NK > 1 و A/CNK < 1 برای توده‌های نفوذی سری ایلمنیت منطقه کلاته آهنی نشان می‌دهد که غالب این توده‌های کالک‌آلکان از نوع متآلومینوس هستند و تنها توده بیوتیت گرانیته در محدوده

پرآلومینوس پلات می‌شود (شکل ۴). از نکات مورد توجه، مقدار K₂O و نسبت K₂O/Na₂O بالاست. میزان K₂O از ۲/۱۵ تا ۶/۲۵ درصد متغیر است. دیاگرام K₂O در مقابل SiO₂ نشان می‌دهد که این واحدهای نفوذی در محدوده سنگهای کالک آلکان تا کالک آلکان پتاسیم بالا و شوشونیتی قرار می‌گیرند. این مطلب قابل توجه می‌باشد که توده‌های مونزونیت پورفیری و هورنبلند مونزودیوریت در محدوده کالک آلکان، توده‌های بیوتیت گرانیته و بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری در محدوده کالک آلکان پتاسیم بالا و توده کوارتز سینیت در محدوده شوشونیتی قرار گرفته‌اند (شکل ۵).



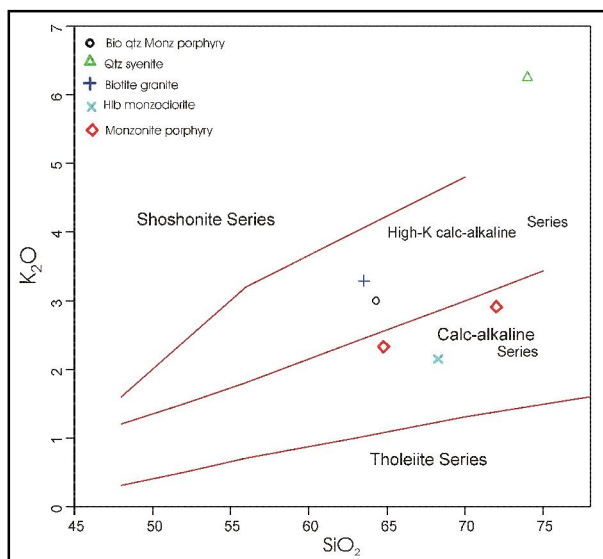


شکل ۴- توده‌های نفوذی سری ایلمنیت منطقه کلاته آهنی در دیاگرام A/NK در مقابل A/CNK عمدتاً در محدوده متآلومینوس قرار می‌گیرند (شاند، ۱۹۴۷)

شکل ۵- توده‌های نفوذی سری ایلمنیت منطقه کلاته آهنی در دیاگرام K₂O در مقابل SiO₂ در محدوده کالک‌آلکان تا کالک آلکان پتاسیم بالا و شوشونیتی قرار می‌گیرند (پسرلیو و تیلور، ۱۹۷۶)

عناصر فرعی و خاکی کمیاب: غنی‌شدگی در عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) نسبت به الگویی عناصر خاکی کمیاب متوسط (MREE) و سنگین (HREE) در کلیه نمونه‌ها دیده می‌شود. عنصر Eu نیز ناهنجاری منفی نشان می‌دهد و مقدار Eu/Eu^* کمتر از ۱ است. ناهنجاری منفی Eu به علت حضور کانی پلاژیوکلاز به عنوان کانی باقیمانده در منشاء ماگماست. نرمالیزه کردن برخی عناصر فرعی و خاکی کمیاب نسبت به پوسته قاره‌ای تحتانی (Lower Continental Crust) نشان می‌دهد که غنی‌شدگی در عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ (LILE) مانند Rb، Cs، K، Ba و Th و کمی عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) (La و Ce) نسبت به عناصر واسطه با شدت میدان بالا (HFSE) مانند Nb، Zr و Ti و عناصر خاکی کمیاب سنگین (HREE) (La و Yb) دیده می‌شود.

نتیجه‌گیری



در منطقه کلاته آهنی در منطقه‌ای به وسعت ۳۰ کیلومتر مربع براساس ترکیب کانی‌شناختی و پذیرفتاری مغناطیسی ۳ سری توده نفوذی شناسایی شدند: ۱- گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌ها مربوط به سری ایلمنیت (نوع احیایی) ۲- سینیت‌ها مربوط به سری ایلمنیت و ۲- مونزونیت‌ها متعلق به سری مگنتیت (نوع اکسیدان). براساس نمودارهای عناصر کمیاب و عنکبوتی، گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌ها منشأ پوسته قاره‌ای داشته (گرانیت‌های S) و مونزونیت‌ها خارج از محدوده پوسته قاره‌ای منشأ گرفته‌اند (گرانیت‌های I). منطقه مورد مطالعه به شدت گسلیده و چین خورده است. تشکیل طاق‌دیس‌ها و گسل‌های امتداد لغز نتیجه حرکت و



چرخش بلوک لوت است. جابجایی و جایگزینی ماگمای گرانودیوریتی و مونزونیتی در زمان خود نیاز به گذرگاه و معبر (گسل) داشته‌اند. گسل بزرگ منطقه (کوه هنگام)، دره‌ای است که معدن کلاته آهنی در آن واقع شده است. زون‌های آلتراسیون مهم که در محدوده بیوتیت گرانودیوریت شناسایی شدند عبارتند از: زون سرسیتیک، زون پرولیتیک، زون سیلیسی، زون آرژیلیک و زون تورمالین. براساس نتایج داده‌های سنگ شناسی، پترولوژی، زون‌های آلتراسیون، پذیرفتاری مغناطیسی و اطلاعات ژئوشیمیایی، بیوتیت گرانودیوریت برای مواد معدنی W-Au-Sn پتانسیل دارند.

منابع

- قائم‌فرخ ۱۳۸۴، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰. گناباد. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- کریم‌پور، محمد حسن، مرادی، محراب و سلاطی احسان، ۱۳۸۸، زمین‌شناسی پترولوژی توده‌های نفوذی شرق محدوده نجم‌آباد (گناباد).
- Cox K.G., Bell J.D., Pankhurst R.J., "The interpretation of igneous rocks", London, Allen and Unwin, 450p (1979).
- Davoudzadeh M, and Schmidt, K. Plate tectonics, orogeny, and mineralization in the Iranian fold belts; report of a German-Iranian research program 1977-19. *Neues Jahrbuch fuer Geologie und Palaeontologie. Abhandlungen*. 168, 2-3 (1984) 182-207.
- Ishihara S., "The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks", *Mining geology, Japan*, 27, (1977) 43-300.
- Pearce J. A., Role of sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*—Hawkesworth C. J., Norry M. J., eds. (1983) Nantwich, UK: Shiva. (1983) 209–229.
- Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, 25 (1984) 956-983.
- Shepherd, T. J., Miller, M. F., Scrivener, R. C. & Darbyshire, D. P. F. Hydrothermal fluid evolution in the relation to mineralization in southwest England with special reference to the Dartmoor–Bodmin area. In: Halls, C. (ed.) *High Heat Production Granites, Hydrothermal Circulation and Ore Genesis*. London: Institute of Mining and Metallurgy, (1985) 345–364.
- Takagi, T. and Tsukimura, K., Genesis of oxidized and reducing Type Granites. *Econ. Geology* V. 92 (1997) 81-86.
- Taylor, S.R. & McLennan, S.M., *The Continental Crust; Its composition and evolution; an examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks*. Blackwell, Oxford. 312. (1985).