

پترولوژی، پذیرفتاری مغناطیسی، موقعیت تکتونیکی و کانی سازی توده های نفوذی و سنگ های آتشفشانی طاهر آباد و شرق بجنستان

محمد حسن کریم پور^{۱*}، علیرضا عاشوری^۲، سعید سعادت^۳، ملیحه قورچی روکی^۴

۱- گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- قطب فسیل شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

*پست الکترونیک: mhkarimpour@yahoo.com

چکیده

قدیمی ترین واحد سنگی شامل متاچرت، اسلیت، کوارتزیت، آهک کریستالین نازک لایه و متا- آرژیلیت در شمال توده های نفوذی خاور بجنستان رخنمون دارد. نظر به این که سازندهای سردر (کربونيفر) و جمال (پرمین) که در نزدیکی این مجموعه رخنمون دارند، فاقد دگرگونی ناحیه ای هستند، بنابراین رخداد دگرگونی ناحیه ای و سن سنگها بایستی قدیمی تر از کربونيفر باشد. سازند سردر (کربونيفر)، سازند جمال (پرمین) و سازندهای سرخ شیل و شتری (تریاس) به همراه واحدهای K_1 ، K_2 و K_3 (کرتاسه) و واحد چینه سنگی معادل کنگلومرای کرمان (کرتاسه تا پالئوسن)، مجموعه واحدهای رسوبی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می دهند. براساس سن نسبی، ماگماتیسم در خاور بجنستان و طاهرآباد بعد از اواخر کرتاسه شروع و در مقاطع زمانی مختلف در ترشیری تکرار شده است. دست کم سه مرحله تکاپوی آتشفشانی در این منطقه شناسایی شده است. اولین مرحله به صورت گدازه های آتشفشانی با ترکیب مافیک و به طور محدود، حدواسط دیده می شود. دومین مرحله دارای ترکیب بیشتر حد واسط است و در مرحله سوم ترکیب ماگما به تدریج از حد واسط به سمت اسیدی تغییر کرده است. توده های نفوذی بجنستان و طاهرآباد در سنگهای آتشفشانی نفوذ کرده اند و به احتمال به لحاظ سنی مربوط به الیگومیوسن هستند. ترکیب غالب توده های بجنستان گرانیت، گرانودیوریت و کوارتز مونزونیت و توده های طاهرآباد دیوریت - کوارتز مونزونیت - کوارتز دیوریت - لائیت است. پذیرفتاری مغناطیسی گرانیت های بجنستان [SI] 10^{-5} تا 10^{-4} بوده و لذا از نوع احیایی (سری ایلمینیت) هستند و توده های طاهرآباد در محدوده [SI] 10^{-2} تا 10^{-3} و از نوع اکسیدان (سری مگنتیت) می باشند. برمبنای ژئوشیمی عناصر جزئی - کمیاب و $(Si^{87}/Si^{86})_i=0.71$ ، توده های بجنستان منشأ پوسته قاره ای داشته و موقعیت تکتونیکی زمان تشکیل، زون تصادم قاره ای بوده است. توده های طاهرآباد در زون فروانش تشکیل شده و منشأ ماگما پوسته اقیانوسی بوده است. توده های طاهرآباد پتانسیل کانی سازی مس - طلا دارند.

واژه های کلیدی: طاهرآباد، بجنستان، پترولوژی و کانی سازی.

مقدمه

شمالی غرب بلوک لوت از بلوکه های ایران مرکزی واقع شده است. ماگماتیسم در محدوده مورد نظر، به طور عمده حاصل تکاپوهای ماگمایی ترشیری است که به صورت سنگهای آذرین بیرونی و درونی در منطقه رخنمون دارند.

منطقه مورد مطالعه در جنوب باختر استان خراسان رضوی در محدوده شهرستان بجنستان و فردوس واقع شده است. راه دسترسی اصلی به منطقه مسیر مشهد - فیض آباد - بجنستان می باشد. از نظر ساختاری، ناحیه مورد نظر در بخش

چینه شناسی ورقه طاهر آباد - بجنستان

واحد mcs: در شمال توده‌های نفوذی خاور بجنستان، مجموعه‌ای از متاچرت، اسلیت، کوارتزیت، آهک کریستالین نازک لایه و متا-آرژیلیت رخنمون دارد. ضخامت بخش متاچرتی بیش از ۳۰ متر است. نظر به این که سازندهای جمال (پرمین) و سردر (کربونیفر) که در نزدیکی این مجموعه رخنمون دارند، فاقد دگرگونی ناحیه‌ای هستند، بنابراین رخداد دگرگونی ناحیه‌ای بایستی قدیمی‌تر از کربونیفر باشد. این مجموعه قدیمی‌ترین واحد سنگی منطقه است.

سنگهای معادل سازند سردر (کربونیفر)، شیل‌های سبز تیره حاوی نودول‌های آهکی، شیل ارغوانی رنگ و بخش ماسه سنگی تشکیل می‌دهد. سازند جمال (پرمین)، واحدهای سنگ آهکی دولومیتی و لایه‌های آهکی خاکستری رنگ علاوه بر فسیلهای براکیوپودا، بریوزوآ و سوزنهای اسفنج واجد میکروفسیلهای فرامینیفری قابل توجه است. سازند سرخ شیل (تریاس) شامل شیل‌های سرخ رنگ تا زرد با درون لایه‌های آهکی به ضخامت حداکثر ۳۰ متر و سازند شتری (تریاس) شامل سنگ آهکها و دولومیت‌های زرد رنگ تا قهوه‌ای متوسط تا ضخیم لایه هستند.

واحد K₇ (کرتاسه پسین): این واحد در شمال روستای سوسناری (بی بی غیبی) رخنمون دارد. در این منطقه، واحد مذکور بیشتر شامل سنگ آهک و سنگ آهکهای ماسه‌ای فسیل دار است. در این مجموعه سنگی فسیلهای فراوانی از دوکفه‌ایها به خصوص هیپوریت و فسیلهای خارپوستان و سفالوپودها دیده می‌شود. واحدهای مذکور به شدت گسله بوده و توالی سنگ‌شناسی آن به هم ریخته است.

واحد K₂ (کرتاسه پسین): شروع واحد K₂، تناوبهایی از ماسه سنگ و میکروکنگلومرات. روی واحد کنگلومرایی

یک واحد مارنی سبز تا خاکستری با میان لایه‌های سنگ آهکی به ضخامت حدود ۱۵ متر قرار دارد که خود توسط لایه‌های سنگ آهکی نازک پوشیده می‌شود.

واحد K₃ (کرتاسه پسین): این واحد، بیشتر شامل سنگ آهکهای ضخیم لایه تا متراکم و توده‌ای صخره ساز به رنگ کرم تا خاکستری است که در برخی نقاط با تغییر رخساره به سنگ آهکهای ماسه‌ای و ماسه سنگهای آهکی تبدیل می‌شود. واحد مذکور در برخی مناطق، به طور محلی و تحت تأثیر محلولهای غنی از اکسید آهن، دچار تغییر رنگ شده و به رنگ صورتی تا قرمز مشاهده می‌شود. این واحد از نظر فسیلی غنی است و علاوه بر بقایای بریوزوآ و سوزنهای اسفنجها، فسیلهای رودیستها که مشخص کرتاسه پسین است در آن به وفور یافت می‌شود. همچنین از فرامینیفرها، جنسهای *Marssonellaoxycon*، *Marginulina*، *Headbergella* و *Globotruncana* sp. نشانگر سن کرتاسه پسین برای این مجموعه است.

سنگهای رسوبی معادل سازند کنگلومرایی کرمان (Pg_k): این واحد کنگلومرایی که به اواخر کرتاسه و اوایل ترشیری منسوب است، در باختر روستای طاهر آباد مشاهده می‌شود و در واقع فاز پیش‌رونده رسوب گذاری دوره ترشیری است. در بیشترین رخنمون حدود ۴۰ متر ضخامت دارد. این واحد از قلوه‌های بیشتر آهکی، ماسه سنگی و قطعات فسیلی آواری واحدهای کرتاسه با اندازه‌های مختلف (در حد میلی‌متر تا ۱۵ سانتی‌متر) تشکیل شده است که توسط یک سیمان ماسه‌ای به رنگ قرمز ارغوانی به هم متصل می‌شوند.

وضعیت ساختاری و تکامل زمین ساختی

از نظر ساختاری، ناحیه مورد مطالعه بر اساس تقسیم‌بندی علوی (۱۹۹۱)، در بخش شمالی بلوک لوت از بلوکهای

راسترو است. این سامانه گسلی در منطقه جوانترین نسل می‌باشد به طوری که در برخی موارد سبب جابه‌جایی گسل برشی اصلی مسبب آن و دیگر گسلها شده است. شکستگیهای برشی نوع (P) به طور عمده روند $55^{\circ}W - N50^{\circ}$ داشته و سازوکار راستالغز چپرو دارند. از دیگر گسلهای منطقه می‌توان به گسل راندگی با مؤلفه راستالغز راسترو در شمال روستای ابوالخازن واقع در شمال خاوری منطقه اشاره کرد که سبب جای‌گیری واحدهای T^d-a, K_3 در مقابل T^a شده است و جهت حرکتی از شمال خاور به سمت جنوب باختری دارد.

از گسلهای جوان و کواترنری منطقه می‌توان به گسلهای واقع در مرکز و شمال منطقه اشاره نمود که سبب قطع رسوبات کواترنری و تغییر شکل و جابه‌جایی پادگانه‌های آبرفتی شده‌اند. از دیگر عناصر ساختاری می‌توان به چین خوردگی در منطقه اشاره نمود که به صورت چینهای ملایم و باز به صورت تاقدیس و ناودیسهای پی در پی در کل منطقه در اثر فاز کوه‌زایی لارامید و جوانتر ایجاد شده است. از نظر زمین‌ساختی در اواخر کرتاسه در اثر حرکات ناشی از فاز کوه‌زایی لارامید یک رژیم کنیما تیکی به شدت همگرا در سرتاسر منطقه حاکم گشته به طوری که در اثر آن ناحیه چین خورده و از آب خارج گشته و بعد از آن با یک وقفه رسوب‌گذاری کنگلومرای معادل کرمان شکل گرفته است.

سنگ شناسی آذرین ورقه طاهرآباد سنگهای آتشفشانی

براساس بررسیهای صحرائی، مطالعات پتروگرافی، نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه‌های معرف و با توجه به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، واحدهای آذرین زیر مشخص و تفکیک شدند که از قدیم به جدید عبارتند از:

ایران مرکزی (بلوک لوت - بلوک طبس - بلوک پشت بادام - بلوک یزد) واقع شده به طوری که توسط گسل نهبندان در خاور از کمربند زمین‌ساختی خاور ایران، توسط گسل نایند در باختر از بلوک طبس و توسط گسل بزرگ کویر (دروانه) در شمال از ایالت زمین‌شناسی سبزواری جدا می‌گردد. عناصر ساختاری منطقه را چینها و گسلهایی تشکیل می‌دهند که هندسه به نسبت ساده‌ای دارند.

گسلهای منطقه به طور عمده در یک سامانه گسلهای راستالغز و پلکانی یا نردبانی در دستگاه برشی ساده و رژیم کنیما تیکی همگرا شکل گرفته‌اند. گسل برشی اصلی و گسلهای موازی با آن در میان سامانه یاد شده به طور عمده روند باختر، شمال باختری تا خاور، جنوب خاوری (به طور متوسط $85^{\circ}W - N80^{\circ}$) داشته و مؤلفه اصلی حرکت آن راستالغز چپرو می‌باشد. در اثر جابه‌جایی گسلهای برشی و گسلهای موازی با آن، سامانه گسلهای مرتبط با پهنه برشی به صورت شکستگیهای مزدوج (P',P,R,R' conjugate) در دو سری گسل اصلی شکل گرفته به طوری که در منطقه مورد مطالعه حداقل تا نسل سوم توسعه یافته‌اند و در برخی موارد در اثر پیش‌روی شکستگیهای نسلهای مختلف در طی مراحل دگرشکلی، تشخیص نسل شکستگیها را مشکل ساخته است.

تکامل سامانه شکستگی Riedal موجب گسترش گسلهایی با حرکات گوناگون راستالغز راسترو (Dextral strike slip fault) و راستالغز چپرو (synstral strike slip fault) در میان قطعات گوناگون P',P,R,R' شده است.

در ناحیه طاهرآباد شکستگیهای Riedal نسل اول (R) به طور عمده روند $85^{\circ}E - N80^{\circ}$ داشته و سازوکار عمده آنها راستالغز چپرو است. سطوح برشی مکمل (R') به طور عمده روند $25^{\circ}E - N20^{\circ}$ داشته و سازوکار آنها راستالغز

واحد T^{ba} : قدیمی ترین سنگهای آذرین، سنگهای آتشفشانی با طیف ترکیبی آندزیتی و داسیتی است که به طور عمده در جنوب جاده ابراهیم آباد به کجه رخنمون دارند (شکل ۱). این واحدهای سنگی با توجه به ترکیب و قدمت، بیشتر فرسایش یافته و مناطق کم ارتفاع با رنگ سبز متمایل به خاکستری را شامل می شوند. این مجموعه به صورت گدازه، توف و لاپیلی توف با ضخامت بین ۲۵ تا ۴۵ متر بر روی واحد معادل کنگلومرای کرمان قرارداد. در این منطقه یک واحد کنگلومرای اپی کلاستیک با قله های آتشفشانی به ضخامت ۳-۴ متر بر روی مجموعه فوق قرار گرفته که قطعات تشکیل دهنده آن از واحدهای ذکر شده قبلی است و معرف پایان فعالیت آتشفشانی و شروع سیکل فرسایشی است. بر روی این کنگلومرا یک گدازه بازالتی با ضخامت کمتر از ۹ متر مشاهده می شود که بیانگر تغییرات فعالیت آتشفشانی از طیف حد واسط به سمت مافیک در مراحل بعدی است.

واحد T^r : این واحد که با ترکیب ریولیتی مشخص می شود، بیشتر حالت گدازه ای دارد و با نوارهای سیلیسی جریان (Silica flow band) همراه است. علت تشکیل حالت نواری، تغییرات در میزان گاز موجود در گدازه است. این موضوع موجب تغییر غلظت و در نتیجه اختلاف سرعت حرکت ماگما در گدازه می شود. نوارهای تشکیل شده در گدازه های اسیدی معمولاً نازکتر از ماگماهای حد واسط است. گدازه های ریولیتی مجموعه T^{ba} را می پوشاند و در بخش وسیعی در قاعده دیگر سنگهای آتشفشانی با گسترش تقریبی شمال خاور - جنوب باختر برونزد دارند (شکل ۱). ضخامت این واحد حدود ۳۰ متر است. ریولیت دارای بافت پورفیری است و میزان فنوکریست در حدود ۷ درصد است. فنوکریستهای کوچک در حد ۲ میلی متر (کوآرتز) و نوارهای سیلیسی به صورت جریانی مشاهده می شود.

واحد T^{da} : گدازه هایی با ترکیب داسیت و به طور محدود آندزیت که با تناوبهایی از توفهای داسیتی همراه هستند، واحد T^{da} را تشکیل می دهند که در محدوده وسیعی در جنوب روستای کجه در ارتفاعات مشرف به جاده ابراهیم آباد به کجه برونزد دارد (شکل ۱). واحد T^{da} بر روی واحد ریولیتی T^r قرار دارد. بافت این سنگها پورفیری، حاوی ۱۵ درصد درشت بلور و زمینه بسیار ریز بلور است. کانیهای قابل شناسایی فلدسپار و مقدار بسیار جزئی بیوتیت هستند. مجموعه فوق توسط واحدهای سنگی با ترکیب بیشتر آندزیتی و به طور محدود داسیتی که به طور عمده به صورت گدازه و گاه به صورت پیرو کلاستیک و توف هستند، پوشیده شده است.

واحد T^r : این واحد گستره قابل توجهی را در غرب کوه رحیمی در بر گرفته است (شکل ۱). ترکیب این واحد ریولیتی و به صورت توف با میان لایه هایی از چرت رخنمون دارد. این امر می تواند نشانگر وجود حوضه دریایی در زمان این گونه فعالیتهای آتشفشانی باشد.

واحد T^r : این واحد بیشتر ترکیب آندزیتی دارد و به رنگ قرمز تا قهوه ای منطقه وسیعی را در بخش جنوبی (شمال کوه سمند) و شمال خاوری محدوده مورد مطالعه در بر گرفته است (شکل ۱). این واحد حاوی ۳-۴ درصد هورنبلند و ۱۰ درصد فلدسپات به صورت فنوکریست است. اندازه فنوکریستها کمتر از ۵ میلی متر و زمینه سنگ بسیار ریز بلور است.

واحد T^r : این واحد دارای ترکیب داسیتی است و به صورت توف و گدازه یافت می شود. بافت سنگ ریز بلور است و سیلیس در آن حالت جریانی نشان می دهد. علاوه بر این در بخشهایی لاپیلی توف هم مشاهده می شود که در مجموع گستره قابل توجهی در جنوب خاوری محدوده را به خود اختصاص می دهد (شکل ۱).

واحد T^{df} : این واحد دارای ترکیب داسیتی است و بیشتر به صورت توف مشاهده می‌شود. این واحد فقط در باختر نقشه طاهرآباد رخنمون دارد (شکل ۱). وسعت این رخنمون ۷ کیلومتر مربع است. این محل تنها کانون فعالیت آتشفشانی است که رخنمون دارد. این سنگ دارای ۱۵ درصد فنوکریست و زمینه دانه ریز است. کانیهای قابل شناسایی فلدسپار بوده و قطعات سنگهای قدیمتر در ابعاد مختلف مشاهده می‌شوند.

واحد T^b : این واحد شامل بازالت و بازالت - آندزیت است که به شدت اکسیده شده و به رنگ قرمز در سطح زمین دیده می‌شود. این واحد در منطقه کلاته منجی بر روی سنگهای معادل سازند کنگلومرای کرمان با وسعتی حدود ۱۴ کیلومتر مربع رخنمون دارد و در مجموعه سنگهای آتشفشانی محدوده خاوری نقشه طاهرآباد (ابوالخازن - موتورآباد) به عنوان قدیمی‌ترین واحد آتشفشانی مشخص گردیده است (شکل ۱). این مجموعه در سایر نقاط نقشه طاهرآباد رخنمون ندارد. قدیمترین واحد آتشفشانی (T^{ba}) که در مرکز و در محدوده جنوبی نقشه طاهرآباد رخنمون دارد، دارای طیف ترکیبی آندزیت، داسیت و ریوداسیت است.

واحد T^{d-a} : این واحد شامل مجموعه‌ای از چند مرحله فعالیت آتشفشانی با ترکیب غالب داسیت و به طور محدود آندزیت است. رنگ غالب سنگها قهوه‌ای تا قرمز روشن است. این سنگها دارای بافت پورفیری و تا ۱۵ درصد فنوکریست هستند. زمینه بسیار ریز بلور است. بافت جریان‌ی یا flow band در این مجموعه مشاهده می‌شود. بافت ریز بلور و متراکم و تخلخل کم موجب شده تا این مجموعه کمتر در معرض فرسایش قرار گیرد. این مجموعه بیشتر

صخره ساز بوده و ارتفاعات منطقه را به ویژه در گوشه شمال خاوری نقشه طاهرآباد (شمال نیان و جنوب موتورآباد) به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۱). چند واحد کنگلومرای اپی کلاستیک در این مجموعه مشاهده می‌شوند. با پایان هر مرحله از فعالیت آتشفشانی و شروع سیکل فرسایشی کنگلومرای تشکیل شده که آن را به نام کنگلومرای آتشفشانی اپی کلاستیک معرفی می‌نمایم.

واحد T^{rd} : این واحد شامل مجموعه ریوداسیت با حالت گدازه و توف است. این مجموعه با روند شمالی - جنوبی در گوشه شمال شرق محدوده مورد مطالعه و همچنین در اطراف روستای عباس‌آباد وسعتی معادل ۷ کیلومتر مربع را در بر گرفته است (شکل ۱).

واحد T^{dt} : این واحد دارای ترکیب داسیت - آندزیت است و بیشتر به صورت لاپیلی توف در سطح زمین مشاهده می‌شود. واحد T^{dt} بر روی واحد T^a قرار گرفته و کنتاکت آن با واحد T^{rd} گسلی است.

توده‌های نفوذی تشریری

واحد dr دیوریت پورفیری: در جنوب خاوری روستای کجه، واحد دیوریت پورفیری ریز بلور به شکل استوک رخنمون دارد و براساس شواهد صحرایی قدیمی‌ترین واحد نفوذی در منطقه است (شکل ۱). این توده در واحد آتشفشانی T^{da} نفوذ نموده و رخنمونی به وسعت حدود ۱/۵ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است. بافت این سنگ پورفیری با خمیره ریز بلور است و کمتر از ۲۵ درصد فنوکریست دارد. رنگ تیره متمایل به قهوه‌ای و ترکیب کانی شناسی، این سنگ را از دیگر سنگهای نفوذی منطقه متمایز می‌سازد. کانیهای فلدسپار و مقدار جزئی بیوتیت و آمفیبول قابل تشخیص هستند.

رنگ صورتی، تا ۴ درصد آمفیبول و کمتر از یک درصد بیوتیت.

واحد Mz^4 هورنبلند مونزونیت پورفیری: رخنمون این واحد در جنوب کوه رحیمی با وسعتی حدود ۰/۲ کیلومتر مربع قابل مشاهده است. بافت این سنگ پورفیری است و حدود ۳۵ درصد فنوکریست دارد. اندازه بزرگترین دانه حدود ۱۰ میلی‌متر و خمیره ریز بلور است.

واحد La لایت: این واحد با روند تقریبی شمال غرب - جنوب شرق و وسعتی معادل ۰/۶ کیلومتر مربع در فاصله حدود ۵ کیلومتری شمال خاوری کوه پتو رخنمون دارد (شکل ۱). دارای بافت پورفیری با خمیره ریز بلور و رنگ تیره، بیشتر ارتفاعات تپه ماهوری حاشیه جاده را تشکیل می‌دهد. فلدسپار کانی قابل شناسایی این سنگ است.

واحد hl' هورنبلند کوارتز لایت: این واحد سنگی که بیشتر به صورت تپه ماهوری رخنمون دارد، در وسعتی در حد ۰/۷ کیلومتر مربع در جنوب کوه پتو قابل مشاهده است (شکل ۱). بافت این سنگها پورفیری است و کمتر از ۲۵ درصد فنوکریست دارد. خمیره سنگ ریز بلور است و با حالتهایی از رنگ سبز، از دیگر واحدهای سنگی مجاور متمایز می‌گردد.

واحد Mzd : در این واحد مجموعه‌ای از سنگهای کوارتز مونزودپوریت، کوارتز مونزونیت و مونزودپوریت مشاهده می‌شوند که تمامی آنها دارای بافت پورفیری بوده و میزان فنوکریست آنها بین ۳۰ تا ۳۵ درصد متغیر است. اندازه فنوکریستها کمتر از ۶ میلی‌متر و خمیره از حالت دانه ریز تا آپلیتی دیده می‌شود. آلکالی فلدسپارها به رنگ صورتی و بیوتیت بین ۰/۵ تا ۴ درصد و آمفیبول بین ۲ تا ۵ درصد در واحدهای مختلف متغیر است. در منطقه کله کوه مجموعه توده‌های نفوذی نیمه عمیق تحت تأثیر دگرسانیهای

واحد Mz^1 هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری: این توده بیشتر در کیلومتر ۱۷ حاشیه شمالی جاده ابراهیم آباد به کجه دیده می‌شود و وسعتی حدود ۰/۵ کیلومتر مربع را به شکل استوک به خود اختصاص داده است (شکل ۱). این واحد بیشتر در دامنه‌ها رخنمون دارد و ارتفاع ساز نیست. بافت این سنگ پورفیری و حاوی ۳۰ تا ۳۵ درصد فنوکریست است که بیشتر از نوع پتاسیم فلدسپارهای صورتی رنگ هستند. پلاژیوکلاز، کوارتز، هورنبلند ۲-۳ درصد و بیوتیت تا یک درصد، دیگر فنوکریستها را تشکیل می‌دهند. اندازه بزرگترین فنوکریست در حد ۶ میلی‌متر و زمینه آپلیتی است.

واحد Mz^2 بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری: رخنمون این واحد در شمال واحد Mz^1 به شکل استوکهای کوچکی با وسعت حدود ۰/۵ کیلومتر مربع قابل مشاهده است. بافت این سنگ پورفیری و میزان فنوکریست کمتر از ۲۵ درصد است و با حضور بیوتیت (۱ تا ۲ درصد) و نبود کوارتز به صورت فنوکریست از واحد قبلی متمایز می‌گردد. اندازه بزرگترین فنوکریست حدود ۵ میلی‌متر (پتاسیم فلدسپار صورتی، پلاژیوکلاز و بیوتیت \pm هورنبلند) است و خمیره ریز بلور می‌باشد.

واحد Mz^3 بیوتیت هورنبلند مونزونیت پورفیری: این توده به صورت استوکهای کوچکی به وسعت کلی ۰/۴ کیلومتر مربع در جنوب تا جنوب خاوری روستای کجه رخنمون دارد. بافت این سنگها پورفیری و حاوی ۲۵ تا ۳۰ درصد فنوکریست و زمینه بسیار ریز بلور است. بعضی پتاسیم فلدسپارها رنگ صورتی دارند. شایان ذکر است این واحد در بخشهای مجاور دیگر واحدها این مشخصات را داراست، اما در بخشهای داخلی توده دارای ویژگیهای زیر است: فنوکریست حدود ۷۰ درصد، زمینه آپلیتی تا سری‌ایت با

ترکیب غالب آنها بازالت - آندزیت است، رنگ سیاه متمایل به سبز دارند و بیشتر به صورت گدازه هستند.

واحد T^{vc1} (کنگلومرای آتشفشانی): روی سنگهای آتشفشانی با ترکیب آندزیت - بازالت واحد کنگلومرایی قرار گرفته است که قطعات آن را بیشتر آندزیت - بازالت تشکیل می دهند و به طور خیلی محدود دارای قطعات سنگهای کربناته است. این کنگلومرا در شمال روستای تلخابوند رخنمون دارد و ضخامت آن کمتر از ۲۰ متر است (شکل ۲).

واحد T^{ad} (آندزیت - داسیت): روی کنگلومرای آتشفشانی (T^{vc1}) سنگهای آتشفشانی با ترکیب آندزیت - داسیت قرار گرفته اند. رخنمون واحد آندزیت - داسیتی، در شمال روستای حسن آباد در منطقه ای به وسعت ۵×۴ کیلومتر مربع قابل مشاهده است (شکل ۲).

واحد T^{vc2} (کنگلومرای آتشفشانی): روی سنگهای آتشفشانی با ترکیب آندزیت - داسیت، کنگلومرایی قرار دارد که بخش اعظم قطعات آن را آندزیت و داسیت تشکیل می دهد. این کنگلومرا در شمال جاده سوسناری به خارفیروزی رخنمون بسیار خوبی دارد (شکل ۲). در این منطقه روی کنگلومرای مذکور سنگهای آتشفشانی با ترکیب داسیت قرار گرفته است.

واحد T^{da} (داسیت - آندزیت): بر روی واحد کنگلومرایی (T^{vc2}) گدازه داسیتی قرار گرفته است (مسیر جاده سوسناری به خارفیروزی) (شکل ۲). بافت سنگ پورفیری ریز بلور و رنگ سنگ قهوه ای تیره است. ضخامت این گدازه ها کمتر از ۱۰ متر می باشد.

واحد T^{rf} (توف ریوداسیتی): در خاور روستای خارفیروزی بر روی گدازه داسیتی، توف ریوداسیتی قرار گرفته است (شکل ۲). توف دارای رنگ سفید تا سفید متمایل به سبز و دارای لایه بندی منظم است. ضخامت این واحد توفی حدود ۱۰ متر است.

سریستیک، پروپلیتیک و به طور محدود آرژیلیک واقع شده اند. پیریت به صورت رگه چه و افشان تا ۵ درصد در بعضی نقاط مشاهده شد. کانی سازی مس نیز مشاهده گردید. این منطقه برای اکتشاف مس - طلا دارای پتانسیل بسیار خوبی است.

واحد hl^2 هورنبلند لایت: رخنمون این واحد به شکل استوک در بخش شرقی کله کوه، با وسعتی کمتر از یک کیلومتر مربع قابل مشاهده است. بافت این سنگ پورفیری است، زمینه دانه ریز و خاکستری رنگ است. میزان فنوکریست حدود ۱۵ درصد که حدود ۲ تا ۳ درصد هورنبلند و بقیه بیشتر از نوع فلدسپار هستند.

واحد bl بیوتیت لایت: رخنمون این واحد را به ویژه در جنوب روستای ابوالخازن در وسعتی معادل $۰/۱۵$ کیلومتر مربع به صورت صخره ساز می توان مشاهده نمود. این واحد سنگی با زمینه خاکستری متمایل به سبز که در برخی نقاط کمی قرمز می شود، از دیگر واحدهای سنگی متمایز می گردد. فنوکریست در حد ۱۰-۱۵ درصد، خمیره ریز بلور، اندازه فنوکریست کمتر از ۴ میلی متر و میزان بیوتیت کمتر از ۱ درصد است.

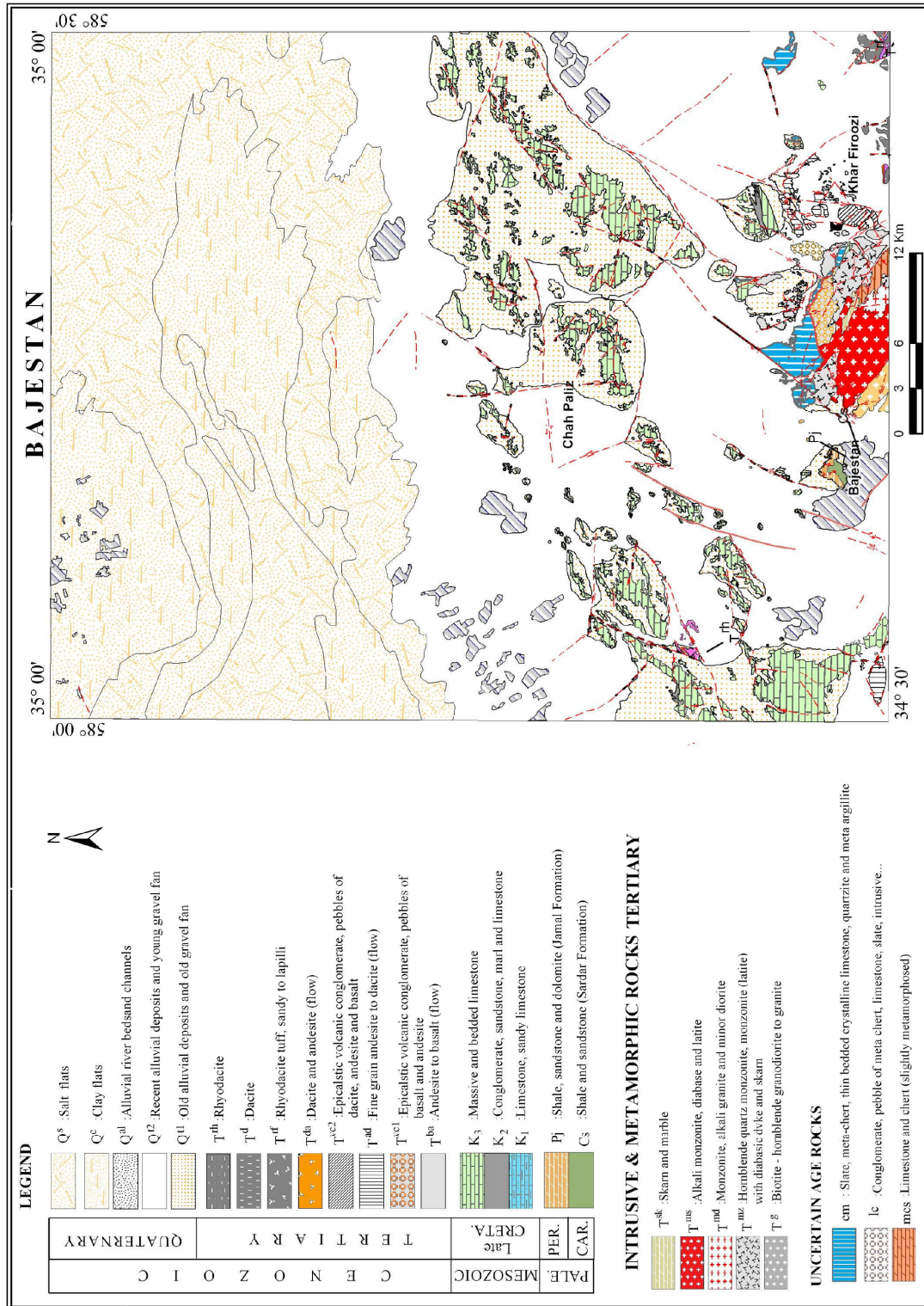
واحد mg : این واحد با ترکیب کوارتز مونزونیت و مونزونیت در بخش خاوری روستای ابوالخازن در محدوده ای به وسعت $۹/۶$ کیلومتر مربع رخنمون دارد. عمده این توده ها دارای بافت پورفیری هستند.

سنگ شناسی آذرین ورقه بچستان سنگهای آتشفشانی و آذرآواری

واحد T^{ba} (بازالت - آندزیت): فعالیتهای آتشفشانی با ترکیب بازالت - آندزیت در منطقه ای به وسعت ۴×۴ کیلومتر مربع به صورت تپه های کم ارتفاع در شمال تلخابوند قابل مشاهده است (شکل ۲). بافت این سنگها ریز بلور و

در بعضی نقاط وجود دارد. داسیتها بیشتر ارتفاعات منطقه خارفیروزی را تشکیل می‌دهند (شکل ۲). ضخامت گدازه‌های داسیتی بیش از ۴۰ متر است.

واحد T^d (داسیت): بر روی واحد توفی (T^{tf})، گدازه داسیتی قرار گرفته است. بافت سنگ بسیار دانه ریز و رنگ آن قهوه‌ای تیره متمایل به جگری است. آثار جریان سیلیس



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی بجهستان.

نیست. بافت این سنگها پورفیری است. توده‌ها به حالت استوک و دایک رخمون دارند.

کانی سازی و دگرسانی ورقه طاهرآباد

شمال باختر و باختر روستای طاهرآباد: در حدود ۴

کیلومتری شمال روستای طاهرآباد در مسیر جاده طاهرآباد - کجه در دامنه کوه، زون ژاسپروئید که حاوی پیریت و اکسیدهای آهن ثانویه است رخمون دارد (شکل ۳). این منطقه به دلیل نوع سیلیس و حضور پیریت و اکسیدهای آهن ثانویه برای طلا پتانسیل دارد. در مسیر جاده طاهرآباد به کجه در زونهای گسلی و درزه - شکستگیها، سنگهای کربناته سیلیسی شده و زون ژاسپروئید نیز تشکیل گردیده است. در بخش باختری روستای طاهرآباد سنگهای کربناته در بخشهای خاصی سیلیسی شده‌اند و زون ژاسپروئید تشکیل گردیده است (شکل ۳).

گسترش این زون حدود 1000×2000 متر برآورد می‌شود. ژاسپروئید این منطقه بیشتر به رنگ سفید است و از آن در ساخت گلوله‌های سیلیسی استفاده می‌شود.

شرق کوه رحیمی: در بخش خاوری کوه رحیمی در

مسیر جاده طاهرآباد - کجه زونهای دگرسانی سیلیسی، پروپلتیک و به طور محدود سریسیتیک در منطقه‌ای با گسترش قابل توجه رخمون دارد (شکل ۳). سنگهای منطقه شامل ریولیت پورفیری، داسیت، آندزیت و انواع مونزونیت است. بخش قابل توجه دگرسانی توسط یک گسل با امتداد شمال خاوری - جنوب باختری کنترل می‌شود. زون سیلیسی حاوی آمیتیست است. کوارتز به حالت رگه‌چه‌ای، رگه‌ای و جانیشینی در متن سنگ مشاهده می‌شود. آثار کار قدیمی در منطقه وجود دارد. آثار کانی سازی مس در برخی از مناطق نیز مشاهده می‌شود.

واحد T^{th} (ریوداسیت): در خاور ورقه بجستان و در شمال مسیر راه آهن گدازه ریوداسیتی رخمون یافته است (شکل ۲). رنگ این سنگها صورتی تا قهوه‌ای، بافت سنگ دانه ریز و میزان درشت بلور کمتر از ۱۵ درصد است. توپوگرافی این مناطق بیشتر تپه ماهور است.

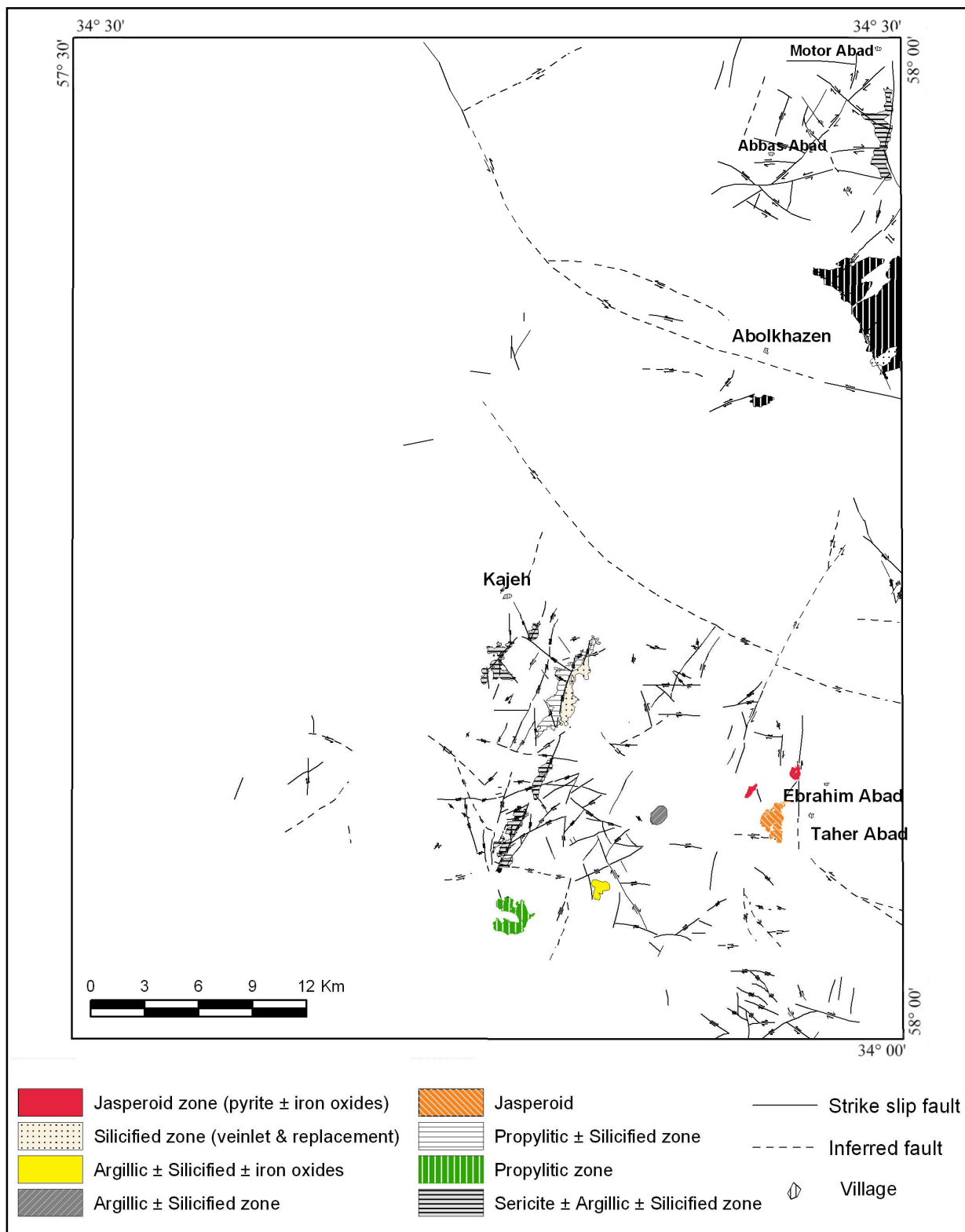
توده‌های نفوذی ترشیری ورقه بجستان

واحد T^s : این توده‌ها در خاور بجستان در گستره‌ای به وسعت 4×2 کیلومتر مربع رخمون دارند (شکل ۲). بافت این توده‌ها بیشتر گرانولار است. میزان بیوتیت ۲ تا ۴ درصد و آمفیبول ۰/۵ تا ۳ درصد است. آلکالی فلدسپات به رنگ صورتی مشاهده می‌شود. ترکیب توده گرانیت تا گرانودیوریت در بخشهای مختلف تغییر می‌کند. میزان بیوتیت در واحد گرانیتی بیشتر از گرانودیوریتی است. این توده‌ها حالت استوک دارند.

واحد T^{mz} : توده‌های هورنبلند کوارتز مونزونیت، مونزودیوریت پورفیری در شمال و خاور گرانودیوریت - گرانیت (T^s) رخمون دارند (شکل ۲). گسترش این توده در نقشه $3/5 \times 4/5$ کیلومتر مربع است. بافت این توده‌ها گرانولار و پورفیری است. تغییرات بافتی و ترکیبی در این واحد نسبتاً زیاد است که در مقیاس این نقشه قابل تفکیک نیست. گاهی قطعات زینولیت به رنگ سیاه متمایل به سبز در این سنگها مشاهده می‌شود.

واحد T^{md} : واحد T^{md} شامل مجموعه‌ای از مونزونیت، آلکالی گرانیت و به میزان محدود گرانیت است. این توده در خاور T^{mz} رخمون دارد (شکل ۲). بافت این توده‌ها پورفیری است و به صورت استوک و دایک رخمون دارد.

واحد T^{ms} : این واحد نیز شامل لایت، دیاباز و آلکالی مونزونیت است که تفکیک آنها در مقیاس این نقشه مقدور



شکل ۳: نقشه دگرسانی طاهرآباد

کوه سمند: در محدوده کوه سمند انواع سنگهای آتشفشانی داسیتی، ریوداسیت، آندزیت و رخنمونهای کوچکی از توده‌های نفوذی مونزونیتی رخنمون دارند (شکل ۳). دگرسانی پروپلیتیک و به طور محدود سیلیسی در این مناطق دیده می‌شود. این منطقه برای کانی سازی Au-Ag می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد. اولویت اکتشافی این منطقه از مناطق دیگر کمتر است.

نواحی خاوری ابوالخازن: در منطقه‌ای واقع در ۱۰ کیلومتری خاور و شمال خاوری روستای ابوالخازن سنگهای آهکی به شدت سیلیسی شده‌اند (شکل ۳). در بعضی نقاط حالتی از اسکارن مشاهده می‌شود. کانی سازی پیریت، کالکوپیریت و گالن در زونهای گسلی و درزه‌ها دیده می‌شود. کانی سازی در دو زون گسلی که دارای امتداد حدود شرقی - غربی بوده و عرض آنها به حدود ۲ متر می‌رسد، رخنمون دارد. آثار کار قدیمی در این منطقه وجود دارد. به سمت شمال مجموعه‌ای از توده‌های نفوذی مونزونیتی و کوارتز مونزونیت که همگی دگرسان شده‌اند رخنمون دارند. این منطقه برای اکتشاف مواد معدنی Cu, Au, Ag, Pb, Zn از اولویت ویژه‌ای برخوردار است.

شمال و شرق نیان: در این منطقه مجموعه‌ای از سنگهای آتشفشانی و توده‌های حدواسط که دارای دگرسانی سریسیتیک، آرژیلیک، پروپلیتیک و به طور محدود سیلیسی است، دیده می‌شود. این منطقه برای مواد معدنی Cu, Au, Ag قابل اکتشاف و پی‌گیری است.

ژئوشیمی

تعدادی نمونه معرف از سنگهای آتشفشانی و توده‌های نفوذی با روش فلورسانس اشعه مجهول (XRF) برای عناصر اصلی و جزئی تجزیه شدند. نتایج این تجزیه در جدولهای ۱ و ۲ آمده است.

با توجه به توده‌های نفوذی، تنوع زونهای دگرسانی، شدت و گسترش قابل توجه زونهای دگرسانی و آثار کانی سازی مس، عملیات اکتشافی برای کانی سازی Cu, Ag, Au, Mo پیشنهاد می‌شود.

جنوب کجه: در جنوب روستای کجه زونهای دگرسانی سریسیتیک، آرژیلیک و پروپلیتیک به همراه اکسیدهای آهن ثانویه و بعضاً پیریت در منطقه‌ای به وسعت 2×1 کیلومتر رخنمون دارد (شکل ۳). مجموعه‌ای از سنگهای داسیتی و آندزیتی به سن ترشیری و توده‌های کوارتز مونزونیت در منطقه رخنمون دارند. توده‌های نفوذی نیز آلتزه شده‌اند. اکسیدهای آهن ثانویه تا ۲ درصد به حالت پراکنده در متن سنگ و رگچه‌ای مشاهده شد. کانی سازی مس به صورت کالکوپیریت، مالاکیت و سایر کانیهای مس نیز در منطقه مشاهده گردید. آثار کار قدیمی در چند نقطه مشخص است. با عنایت به توده‌های نفوذی متنوع مونزونیتی، تنوع و گسترش زونهای دگرسانی، کانی سازی مس و اکسیدهای آهن ثانویه، این منطقه برای اکتشاف Cu, Au, Ag توصیه می‌شود.

کله کوه: در منطقه کله کوه انواع توده‌های مونزونیتی، کوارتز مونزونیت و دیوریتی رخنمون دارند (شکل ۳). این توده‌ها دارای بافت پورفیری بوده و به صورت استوکهای کوچک رخنمون دارند. دگرسانی پروپلیتیک مهمترین زون را شامل می‌شود و زون سریسیتیک به طور محدود مشاهده می‌شود. پیریت به صورت پراکنده در متن سنگ و پراکنده درزه‌ها تا ۳ درصد و کالکوپیریت به میزان کم حضور دارد. در بخش جنوبی کله کوه، سنگ آهک به اسکارن تبدیل گردیده است. منطقه کله کوه برای مواد معدنی Cu, Au, Ag دارای اهمیت اکتشافی است.

(شکل ۷). غالب توده‌های نفوذی طاهرآباد از نوع متآلومینوس بوده یک نمونه در محدوده Al زیاد ترسیم شده است (شکل ۷).

تعیین نوع گرانیتوئید

با استفاده از نمودار پیرس و همکاران (۱۹۸۴) موقعیت تکنیکی توده‌های نفوذی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۸). توده‌های نفوذی بجستان در محدوده گرانیت‌های زون تصادم قاره ترسیم شدند (شکل ۸). توده‌های نفوذی طاهرآباد در محدوده کمرند زون فرورانش ترسیم شده‌اند (شکل ۸).

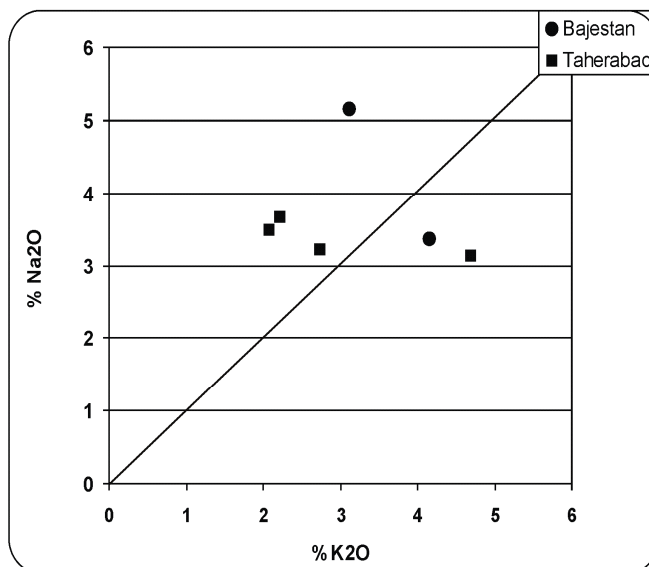
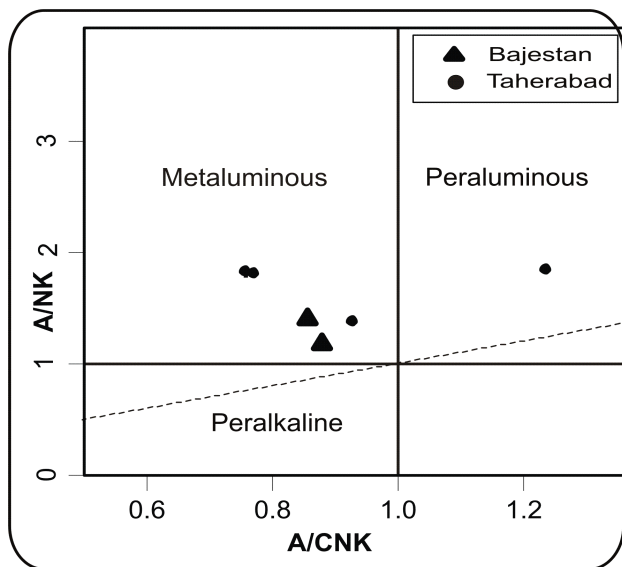
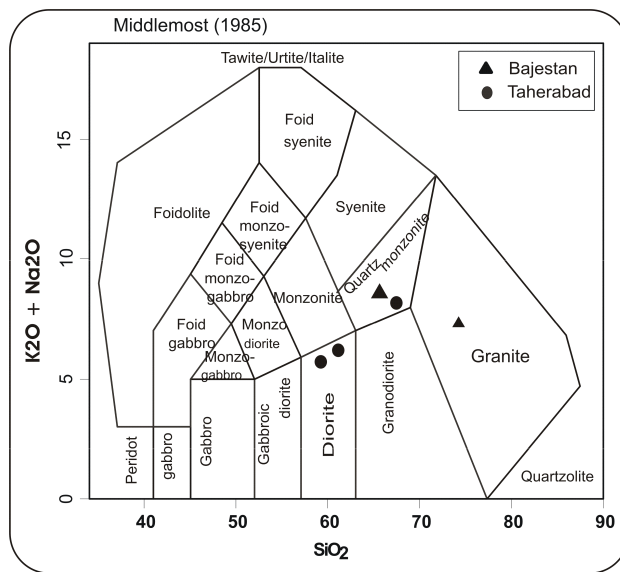
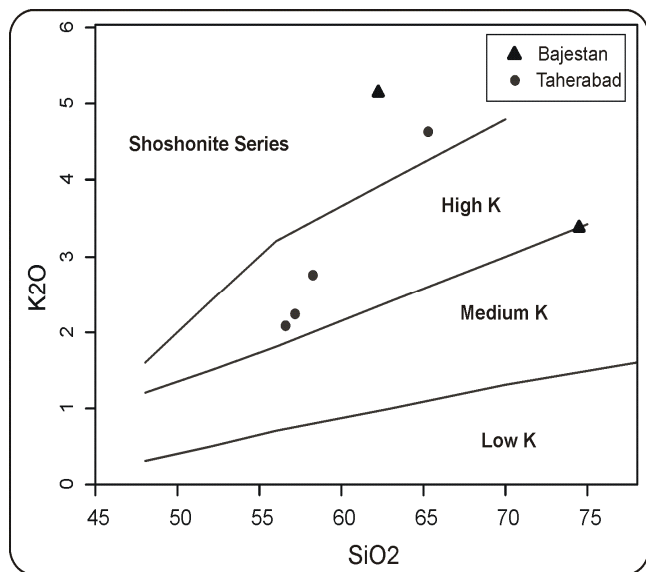
با استفاده از نمودارهای استاندارد، توده‌های نفوذی طاهرآباد و بجستان نام‌گذاری شدند (شکل ۴). توده‌های نفوذی بجستان به طور عمده گرانیت و مونزونیت و توده‌های طاهرآباد دیوریت - مونزونیت - کوارتز مونزونیت هستند (شکل ۴). در نمودار شکل (۵) توده‌های نفوذی طاهرآباد و بجستان در محدوده با پتاسیم زیاد تا خیلی زیاد قرار دارند (شکل ۵). در نمودار شکل (۶) توده‌های نفوذی طاهرآباد و بجستان به لحاظ K_2O-Na_2O مقایسه شده‌اند. بعضی از نمونه‌ها غنی از K_2O و تعدادی غنی از Na_2O هستند. برای تعیین اندیس Al از نمودار شاند (شکل ۷) استفاده شد. تمامی توده‌های نفوذی بجستان از نوع متآلومینوس هستند

جدول ۱: درصد اکسیدهای اصلی نمونه‌های معرف توده‌های نفوذی مناطق مورد مطالعه

| wt% | بجستان | | طاهرآباد | | | |
|--------------------------------|-----------------|----------------|----------|-------|-------|-------|
| | T ^{mz} | T ^g | hI1 | Mz1 | mg | dr |
| SiO ₂ | 65.24 | 74.43 | 58.20 | 65.28 | 57.26 | 56.75 |
| TiO ₂ | 0.47 | 0.23 | 0.88 | 0.50 | 0.71 | 0.95 |
| Al ₂ O ₃ | 14.95 | 12.26 | 14.85 | 14.15 | 15.57 | 14.42 |
| TFeO | 1.95 | 2.32 | 6.31 | 4.08 | 7.57 | 7.66 |
| MnO | 0.02 | 0.02 | 0.08 | 0.04 | 0.16 | 0.11 |
| MgO | 2.29 | 0.57 | 3.18 | 1.79 | 4.41 | 4.36 |
| CaO | 3.73 | 1.92 | 6.05 | 2.75 | 2.27 | 6.10 |
| Na ₂ O | 3.12 | 4.15 | 3.22 | 3.18 | 3.68 | 3.49 |
| K ₂ O | 5.15 | 3.37 | 2.73 | 4.63 | 2.22 | 2.08 |
| P ₂ O ₅ | 0.24 | 0.06 | 0.23 | 0.18 | 0.16 | 0.23 |
| L.O.I | 1.23 | 2.12 | 2.62 | 1.76 | 3.88 | 1.92 |
| Total | 98.39 | 101.45 | 98.35 | 98.34 | 98.89 | 98.07 |

جدول ۲: میزان فراوانی عناصر جزئی - کمیاب در نمونه‌های معرف توده‌های نفوذی مناطق مورد مطالعه

| (ppm) | بجستان | | طاهرآباد | | | |
|-------|-----------------|----------------|----------|-----|-----|-----|
| | T ^{mz} | T ^g | hI1 | Mz1 | mg | dr |
| Rb | 303 | 286 | 129 | 271 | 97 | 90 |
| Sr | 363 | 356 | 514 | 259 | 479 | 348 |
| Zr | 209 | 183 | 246 | 312 | 164 | 208 |
| Nb | 37 | 29 | 23 | 33 | 26 | 16 |
| La | 4 | 53 | 40 | 29 | 69 | 53 |
| Ba | 530 | 619 | 559 | 525 | 824 | 559 |
| Ce | 33 | 127 | 152 | 135 | 189 | 148 |
| Cs | 5 | 6 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| Th | 126 | 100 | 60 | 107 | 79 | 46 |

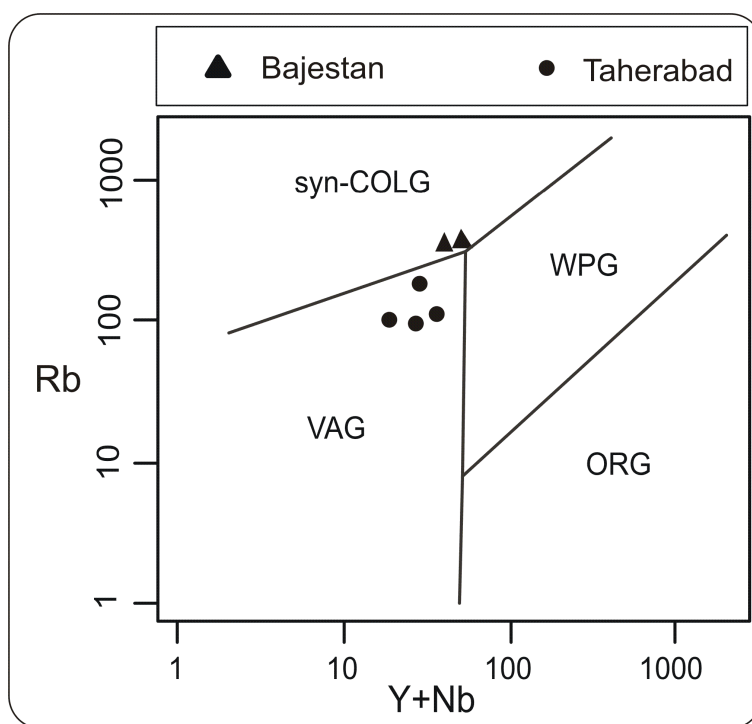


شکل ۷: نمودار تعیین میزان Al (شاند، ۱۹۴۳)

شکل ۶: نمودار مقایسه K₂O و Na₂O در توده‌های طاهراآباد و بجنستان

اکسیدان نیز معروف هستند. نسبت Fe^{3+}/Fe^{2+} و Mg/Fe کانی بیوتیت بالاست. گرانیت‌های سری ایلمینیت به نوع احیایی نیز معروفند. این گرانیت‌ها حاوی ایلمینیت و گارنت هستند و نسبت Fe^{3+}/Fe^{2+} و Mg/Fe در کانی بیوتیت پایین است.

ایشی‌هارا (۱۹۷۷) گرانیت‌ها را بر اساس پذیرفتاری مغناطیسی به دو دسته سری مگنتیت و سری ایلمینیت تقسیم نمود. سری مگنتیت بیشتر با گرانیت‌های نوع I و سری ایلمینیت بیشتر با گرانیت‌های نوع S هم‌پوشانی دارند. سری مگنتیت حاوی مگنتیت، اسفن و پیریت است و به گرانیت‌های



شکل ۸: نمودار تعیین موقعیت تکنونیک گرانیتها (پیرس و همکاران ۱۹۸۴)

ماگما است. ضریب توزیع Ce در گارنت بسیار کم است. چنانچه در سنگ منشأ گارنت موجود باشد و ذوب بخشی انجام شود ماگما نسبت به Ce غنی خواهد شد. بنابراین، منشأ ماگما برای توده‌های طاهرآباد از عمق زیاد و خارج از محدوده پوسته قاره‌ای (ذوب پوسته اقیانوسی) بوده است. منشأ ماگما برای توده‌های بجستان از پوسته قاره‌ای بوده است.

به منظور تعیین نوع سنگ مادر که در تشکیل ماگما نقش داشته است از نمودار سیلستر (۱۹۹۸) استفاده شد (شکل ۱۲). توده‌های نفوذی بجستان در محدوده سنگهای پلیتی غنی از رس ترسیم شده‌اند در صورتی که توده‌های طاهرآباد در نزدیک به بازالت ترسیم شده است (شکل ۱۲). براساس این نمودار ماگما برای توده‌های نفوذی بجستان از سنگهای پلیتی غنی از رس پوسته قاره‌ای منشأ گرفته است. منشأ ماگما برای توده‌های طاهرآباد خارج از پوسته قاره ای بوده است.

پذیرفتاری مغناطیسی گرانیت‌های سری ایلمینیت در محدوده [SI] 10^{-5} تا 10^{-4} و گرانیت‌های سری مگنتیت در محدوده [SI] 10^{-2} تا 10^{-3} است. با توجه به موارد فوق پذیرفتاری مغناطیسی توده‌های نفوذی محدوده مورد مطالعه با استفاده از دستگاه حساسیت سنج مغناطیسی مدل GMS-2 اندازه‌گیری گردید. نتایج این بررسی در جدولهای ۳ و ۴ ارائه شده است. توده‌های گرانیتوئیدی بجستان در محدوده گرانیت‌های احیایی و توده‌های گرانیتوئیدی طاهرآباد در محدوده گرانیت‌های اکسیدان قرار دارند (شکل ۹).

نمودارهای عنکبوتی براساس کندریت (تامپسون، ۱۹۸۲) و پوسته تحتانی (تیلور، ۱۹۹۵) برای توده‌های نفوذی طاهرآباد و بجستان ترسیم شدند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). عناصر کمیاب سبک (LREE) La و Ce در توده‌های طاهرآباد غنی شدگی و در توده‌های بجستان کاهیدگی شدید نشان می‌دهند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). این تغییرات مربوط به عمق و منشأ

با توجه به مطالعات ایزوتوپی Rb-Sr انجام شده توسط روزنبرگ (۱۹۸۱)، در خصوص توده‌های نفوذی بجستان نسبت ایزوتوپ $i(Sr^{87}/Sr^{86})$ اولیه ماگما بیش از ۰/۷۱ گزارش شده است. براساس این نسبت منشأ ماگمای این توده از پوسته قاره‌ای بوده است.

نتیجه گیری

فعالیت‌های ماگمایی در مناطق بجستان و طاهرآباد مربوط به بعد از اواخر کرتاسه است. فعالیت‌های آتشفشانی در چندین مقطع زمانی در ترشیاری تکرار شده است. توده‌های نفوذی بجستان و طاهرآباد در سنگهای آتشفشانی نفوذ کرده‌اند و به احتمال به لحاظ سنی مربوط به الیگومیوسن هستند. توده‌های نفوذی طاهرآباد دارای طیف ترکیبی دیوریت - کوراتز

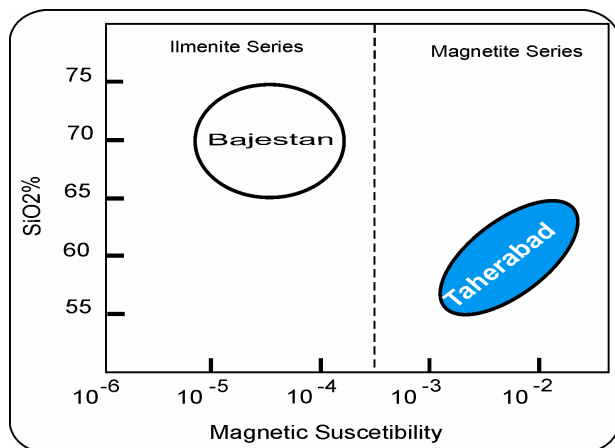
مونزونیت - کوراتز دیوریت - لاتیت بوده و از نوع اکسیدان (سری مگنتیت) هستند. این توده‌ها در زون فرورانش تشکیل شده و منشأ ماگما پوسته اقیانوسی بوده است. این توده‌ها دگرسان بوده و کانی سازی مس - طلا نیز تشکیل شده است. توده‌های نفوذی بجستان دارای طیف ترکیبی گرانیت - کوراتز مونزونیت هستند. این گرانیتها از نوع احیایی و مربوط به سری ایلمینیت‌اند. موقعیت تکتونیکی زمان تشکیل آنها زون تصادم قاره‌ای بوده و ماگما منشأ پوسته قاره‌ای داشته است (در خصوص فرورانش و تصادم قاره‌ای در آینده با توجه به اطلاعات مناسبی که در خصوص بلوک لوت به دست خواهد آمد می‌توان بیشتر صحبت نمود).

جدول ۳: پذیرفتاری مغناطیسی توده‌های گرانیتوئیدی بجستان

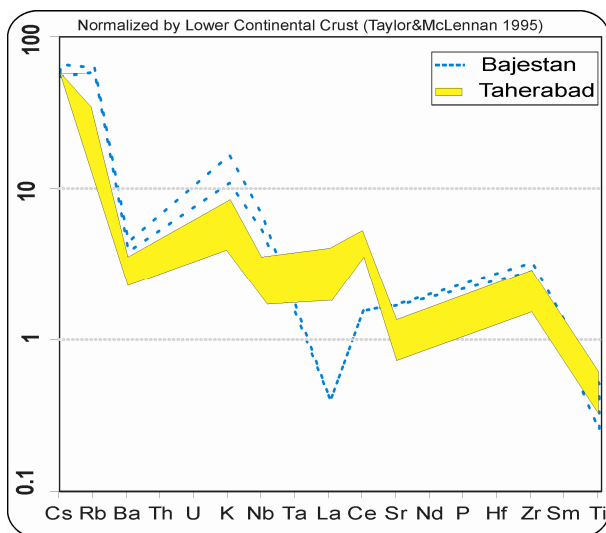
| نام واحد | نام سنگ | پذیرفتاری مغناطیسی [SI] |
|----------|-----------------------------|-------------------------|
| Tg | بیوتیت هورنبلند گرانودیوریت | 15×10^{-5} |
| Tg | بیوتیت هورنبلند گرانودیوریت | 12×10^{-5} |
| Tg | گرانیت | $2-6 \times 10^{-5}$ |
| Tms | کوراتز مونزونیت | $9/7 \times 10^{-5}$ |
| Tms | مونزونیت | $1/9 \times 10^{-5}$ |
| Tms | گرانیتوئید | $1/1 \times 10^{-5}$ |

جدول ۴: پذیرفتاری مغناطیسی توده‌های گرانیتوئیدی طاهرآباد

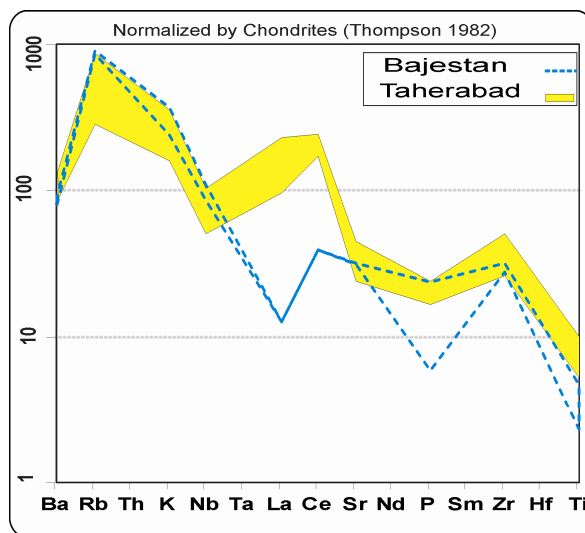
| نام واحد | نام سنگ | پذیرفتاری مغناطیسی [SI] |
|----------|----------------------------------|-------------------------|
| Mz | بیوتیت هورنبلند مونزونیت پورفیری | 2341×10^{-5} |
| dr | دیوریت پورفیری | 587×10^{-5} |
| bl | بیوتیت لاتیت پورفیری | 193×10^{-5} |
| hl2 | هورنبلند لاتیت پورفیری | 192×10^{-5} |
| bl | بیوتیت لاتیت پورفیری | 181×10^{-5} |
| hl1 | هورنبلند کوراتز لاتیت | 177×10^{-5} |
| Mzd | کوراتز مونزونیت و مونزودیوریت | 1.08×10^{-5} |



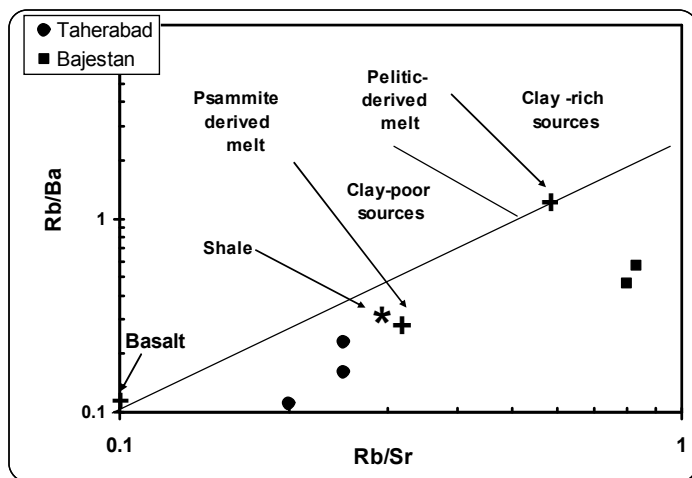
شکل ۹: نمودار گرانیتهای نوع اکسیدان از احیایی



شکل ۱۱: نمودار عنکبوتی بر مبنای پوسته قاره‌ای



شکل ۱۰: نمودار عنکبوتی بر مبنای کندریت.



شکل ۱۲: نمودار تعیین نوع مواد اولیه که در تشکیل ماگما نقش دارند (سیلوستر، ۱۹۹۸).

منابع

- Ashouri, A., Karimpour, M.H., & Saadat, S., 2009. Geological map of Bajestan, scale 1:100,000. *Geological Survey of Iran*.
- Cox, K.G., Bell, J.D., & Pankhurst, R.J., 1979. The interpretation of igneous rocks. *London Allen and Unwin*, 450p.
- Eftekharijad, J., 1977. Geological map of Ferdows, scale 1:250,000. *Geological Survey of Iran*.
- Ishihara, S., 1977. The magnetite series and ilmenite series granitic rocks. *Mining Geology*, Japan, 27:43-50.
- Karimpour, M.H., Ashouri, A., & Saadat, S., 2009. Geological map of Taherabad, scale 1:100,000. *Geological Survey of Iran*.
- Middlemost, E.A.K., 1985. Magmas and magmatic rocks. *Longman*, London.
- Miyashiro, A., 1978. Nature of alkalic volcanic rock series. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66:91-104.
- Muller, D., & Groves, D.I., 1997. Potassic igneous and associated gold- copper mineralization. *Springer*, 241 p.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., & Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, 25:956-983.
- Rickwood, P.C. 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos*, 22:247-267.
- Rosenberg, 1981. Geochemische and petrologische untersuchungen und Magmatiten... der Intrusion Bejestan Ostiran Diplomarbeit Min. *Petr.* Hamburg.
- Shand, S.J., 1943. Eruptive rocks. *John Wiley & Sons*, 300p.
- Sylvester, P.J. 1998. Post-collisional strongly peraluminous granites. *Lithos*, 45:29-44.
- Taylor, S.R. & McLennan, S.M., 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Rev. Geophys.* 33:241-265.
- Thompson, R.N., 1982. British Tertiary volcanic province. *Scottish Journal of Geology*, 18:49-107.

Petrology, Magnetic susceptibility, Tectonic setting and mineralization associated with Plutonic and Volcanic Rocks, Eastern Bajestan and Taherabad, Iran

***¹Karimpour, M.H., ²Ashouri, A.R., ³Saadat, S., ¹Ghoorchi, M.**

1- Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Center of Excellence for Paleontology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Islamic Azad University-Mashhad Branch, Mashhad, Iran

*E-mail: mhkarimpour@yahoo.com

Abstract

The oldest exposed rocks, to the north of intrusive rocks and in Eastern Bajestan, are meta-chert, slate, quartzite, thin-bedded crystalline limestone and meta-argillite. They are exposed, to the north of intrusive rocks and in eastern Bajestan. Since both Sardar Formation (Carboniferous) and Jamal Formation (Permian), close to this association, are not metamorphosed, therefore the regional metamorphism and the rocks must be older than Carboniferous. The sedimentary units are: Sardar Formation (Carboniferous), Jamal Formation (Permian), Sorkh Shale and Shotori Formations (Triassic), K₁, K₂, K₃ (Cretaceous) and lithostratigraphically equivalent to Kerman conglomerate (Cretaceous-Paleocene) are exposed in this area. Based on relative age, magmatism in eastern Bajestan and Taherabad started after Late Cretaceous and it has been active and repeated during Tertiary time. At least, three episodes of volcanic activities are recognized in this area. The first stage was mainly volcanic flow with mafic composition and minor intermediate. The second episode was mainly intermediate in composition. The third stage was changed to acid-intermediate in composition. Since the plutonic rocks intruded the volcanic rocks, therefore they may be Oligo-Miocene age. Bajestan intrusive rocks are granite-granodiorite-quartz monzonite. Taherabad intrusive rocks are diorite-quartz diorite- monzonite-latite. Bajestan intrusive rocks with magnetic susceptibility less than 20×10^{-5} SI are reduced type (ilmenite series) and Taherabad with susceptibility more than 100×10^{-5} SI are oxidized type (magnetite series). Based on geochemical analysis including trace elements, REE and $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_i = 0.71$, Bajestan intrusive rocks formed in continental collision zone and the magma has crustal origin. Taherabad intrusive rocks were formed in subduction zone and magma originated from oceanic crust. Taherabad intrusive rock has exploration potential for Cu-Au.

Keywords: Taherabad, Bajestan, petrology, mineralization.