



## پترولوژی، آلتراسیون و کانی سازی توده های نفوذی مناطق طاهرآباد و بجستان

ملیحه قورچی روکی<sup>۱</sup>، سعید سعادت<sup>۲</sup>، علیرضا عاشوری<sup>۳</sup>

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

۲- گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

۳- گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۱۰/۲، نسخه نهایی: ۱۳۸۸/۱/۲۵

### چکیده

منطقه مورد مطالعه در جنوب باختر استان خراسان رضوی و در محدوده شهرستانهای بجستان و فردوس واقع شده است. از نظر ساختاری، ناحیه مورد نظر در بخش شمالی بلوک لوت قرار گرفته است. قدیمی ترین واحد سنگی شامل متاچرت، اسلیت، کوارتزیت، آهک کریستالین نازک لایه و متا آرژیلایت در شمال توده های نفوذی خاور بجستان رخمون دارد. سازند سردر (کربونیفر)، سازند جمال (پرمین) و سازندهای سرخ شیل و شتری (تریاس) به همراه واحدهای کربناته (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 بجستان و طاهرآباد بعد از اواخر کرتاسه شروع و در مقاطع زمانی مختلف در ترشیاری تکرار شده است. دست کم سه مرحله فعالیت 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 بجستان و طاهرآباد در سنگهای آتشفشانی نفوذ کرده اند و به احتمال به لحاظ سنی مربوط به الیگومیوسن هستند. ترکیب غالب توده های بجستان گرانیته، گرانودیوریت و کوارتز مونزونیت و توده های طاهرآباد دیوریت - کوارتز مونزونیت - کوارتز دیوریت - لاتیت است. گرانیتهای بجستان از نوع احیایی (سری ایلمینیت) هستند و توده های نفوذی طاهرآباد از نوع اکسیدان (سری مگنتیت) می باشند. بر مبنای ژئوشیمی عناصر جزئی - کمیاب و آنالیز ایزوتوپی توده های بجستان 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. نواحی متعدد کانی سازی مس - طلا و سرب در منطقه شناسایی شده است.

واژه های کلیدی: پترولوژی، کانی سازی، طاهرآباد، بجستان.

## مقدمه

منطقه مورد مطالعه در جنوب باختر استان خراسان رضوی در محدوده شهرستانهای بجستان و فردوس واقع شده است. راه اصلی دسترسی به منطقه مسیر مشهد - فیض آباد - بجستان است.

ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد در محدوده  $30^{\circ} 57'$  تا  $34^{\circ} 58'$  طول شرقی و  $34^{\circ} 30'$  عرض شمالی و ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بجستان در محدوده  $30^{\circ} 58'$  تا  $34^{\circ} 30'$  طول شرقی و  $34^{\circ} 30'$  تا  $35^{\circ}$  عرض شمالی قرار گرفته است.

از نظر ساختاری، ناحیه مورد مطالعه بر اساس تقسیم‌بندی علوی [۱]، در بخش شمالی بلوک لوت از بلوکهای ایران مرکزی (بلوک لوت - بلوک طبس - بلوک پشت بادام - بلوک یزد) واقع شده، به طوری که توسط گسل نهبندان در خاور از کمر بند زمین ساختی خاور ایران، توسط گسل نایبند در باختر از بلوک طبس و توسط گسل بزرگ کویر (درونه) در شمال از ایالت زمین شناسی سبزوار جدا می‌گردد.

گسلهای منطقه به طور عمده از یک سامانه گسلهای راستالغز (strike slip) و پلکانی یا نردبانی (enechlon) در یک دستگاه برشی ساده (simple shear) و رژیم کنیماتیکی همگرا شکل گرفته‌اند.

در اثر جابه‌جایی گسلهای برشی و گسلهای موازی با آن، سامانه گسلهای مرتبط با پهنه برشی به صورت شکستگیهای مزدوج (conjugate) در دو سری گسل اصلی شکل گرفته، به طوری که در منطقه مورد مطالعه دست‌کم 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.

به علت پوشیده شدن سنگهای تریاس و ژوراسیک توسط نهشته‌های کواترنری، رخنمون آنها در منطقه قابل مشاهده نیست ولی رخنمون وسیعی از نهشته‌های کرتاسه را در مرکز و شمال منطقه می‌توان مشاهده کرد.

پس‌روی دریای کرتاسه پیشین در ناحیه بجستان با یک قاعده کنگلومرای قرمز رنگ همراه است که به صورت دگرشیب رسوبات قدیمی‌تر از خود را می‌پوشاند. پیش‌روی دریای کرتاسه پیشین سبب نهشته شدن سنگهای کربناته در ناحیه شده است. از نظر زمین ساختی در اواخر کرتاسه در اثر حرکات ناشی از فاز کوه‌زایی لارامید یک رژیم کنیماتیکی به شدت

همگرا در سرتاسر منطقه مسلط شده 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.

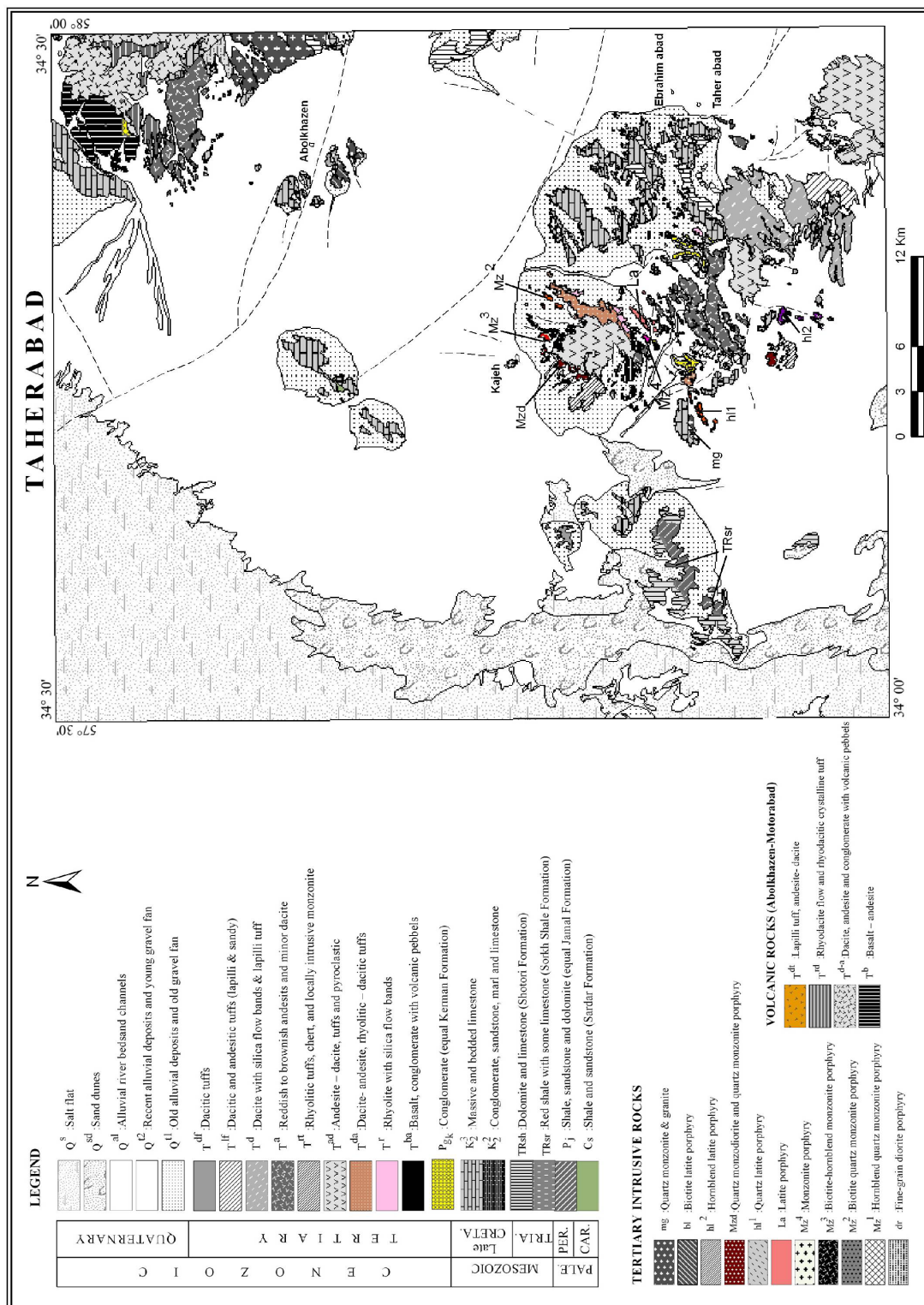
## سنگ شناسی آذرین ورقه طاهرآباد

## سنگهای آتشفشانی

بخش عمده واحدهای سنگی ترشیری از نوع سنگهای آذرین است. براساس بررسیهای صحرایی، 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 به شرح زیر است.

قدیمی‌ترین سنگهای آذرین این منطقه، سنگهای آتشفشانی با طیف ترکیبی آندزیتی و داسیتی است. این مجموعه در شکل (۱) با علامت اختصاری  $T^{ba}$  مشخص شده است. رخنمون اصلی این سنگها در جنوب جاده ابراهیم‌آباد به کجه است (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 می‌شوند. مجموعه مذکور به صورت گدازه، توف و لاپیلی توف با ضخامت بین ۲۵ تا ۴۵ متر بر روی واحد معادل کنگلومرای کرمان قرار دارد. در این منطقه یک واحد کنگلومرای اپی‌کلاستیک با قلوهای 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 گدازه بازالتی با ضخامت کمتر از ۹ متر مشاهده می‌شود که بیانگر تغییرات فعالیت آتشفشانی از طیف حد واسط به سمت مافیک در مراحل بعدی است.

در منطقه کلاته منجی بر روی سنگهای معادل سازند کنگلومرای کرمان سنگهایی شامل بازالت و بازالت - آندزیت با وسعتی حدود ۱۴ کیلومتر مربع رخنمون دارد. این واحد که در شکل (۱) با علامت اختصاری  $T^b$  مشخص گردیده، به شدت اکسیده شده و به رنگ قرمز در سطح زمین دیده می‌شود. این واحد 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



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی طاهرآباد [۲].

فعالیت‌های آتشفشانی باشد.

در بخش جنوبی (شمال کوه سمند) و شمال خاوری محدوده مورد مطالعه رخنمون گسترده‌ای از ترکیبات آندزیتی به رنگ قرمز تا قهوه‌ای قابل مشاهده است. این واحد در شکل (۱) با علامت اختصاری ( $T^a$ ) مشخص شده است. این واحد حاوی ۳-۴ درصد هورنبلند و ۱۰ درصد فلدسپات به صورت فنوکریست است. اندازه فنوکریست‌ها کمتر از ۵ میلی‌متر و زمینه سنگ بسیار ریز بلور است.

در جنوب خاوری محدوده واحدهایی با ترکیب داسیتی (واحد  $T^d$ ) به صورت توف و گدازه یافت می‌شود. بافت سنگ ریز بلور است و سیلیس در آن حالت جریان‌ی نشان می‌دهد. این واحد علاوه بر این در بخش‌هایی از لاپیلی توف هم مشاهده می‌شود (شکل ۱).

واحد آتشفشانی  $T^{lf}$  شامل توف‌های داسیتی - آندزیتی است که به طور محدود داسیت‌هایی با سیلیس جریان‌ی نیز به همراه دارد و در جنوب باختر روستای طاهرآباد رخنمون یافته است (شکل ۱).

رخنمون محدودی با ترکیب داسیتی و بیشتر به صورت توف در باختر نقشه طاهرآباد وجود دارد. رخنمون این واحد ( $T^{df}$ ) محدود به همین ناحیه است (شکل ۱). وسعت این رخنمون ۷ کیلومتر مربع است. این سنگ دارای ۱۵ درصد فنوکریست و زمینه دانه ریز است. کانی‌های قابل شناسایی فلدسپار بوده و قطعات سنگ‌های قدیمیتر در ابعاد مختلف مشاهده می‌شوند.

مجموعه‌ای از چند مرحله فعالیت آتشفشانی با ترکیب غالب داسیت و به طور محدود آندزیت (واحد  $T^{d-a}$ ) در گوشه شمال خاوری نقشه طاهرآباد رخنمون دارد. 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 شمال نیان و جنوب موتورآباد به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۱).

چند واحد کنگلومرای پی‌کلاستیک در این مجموعه مشاهده می‌شوند. با پایان هر مرحله از فعالیت آتشفشانی و شروع سیکل فرسایشی کنگلومرای تشکیل شده که با عنوان

رخنمون دارد، دارای طیف ترکیبی آندزیت، داسیت و ریوداسیت است.

واحد بعدی که با ترکیب ریولیتی مشخص می‌شود (واحد  $T^r$ )، بیشتر حالت گدازه‌ای دارد و با نوارهای سیلیسی جریان‌ی (Silica flow band) همراه است. علت تشکیل حالت نوار، تغییر در میزان گازهای موجود در گدازه است. این موضوع موجب تغییر غلظت و در نتیجه اختلاف سرعت حرکت ماگما در گدازه می‌شود. نوارهای تشکیل شده در گدازه‌های اسیدی معمولاً نازک‌تر از ماگماهای حدواسط است. 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 میلی‌متر (کوارتز) و نوارهای سیلیسی به صورت جریان‌ی مشاهده می‌شود. گدازه‌های ریولیتی مجموعه  $T^{ba}$  را می‌پوشاند و در بخش وسیعی در قاعده دیگر سنگ‌های آتشفشانی با گسترش تقریبی شمال خاور - جنوب باختر برون‌زدگی دارند (شکل ۱).

گدازه‌هایی با ترکیب داسیت و به طور محدود آندزیت که با تناوب‌هایی از توف‌های داسیتی همراه هستند، واحد  $T^{da}$  را تشکیل می‌دهند که در محدوده وسیعی در جنوب روستای کجه در ارتفاعات مشرف به جاده ابراهیم‌آباد 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 پیروکلاستیک و توف هستند، پوشیده شده است.

این مجموعه تحت تاثیر دگرسانی سیلیسی، سرسیتیک و پروپیلیتیک واقع شده‌اند. کانی‌سازی مس همراه با رگه‌های کوارتز در کنده کاری‌های قدیمی مشاهده می‌شود. عملکرد گسل راندگی با مؤلفه راستالغز راست‌رو در شمال روستای ابوالخازن واقع در شمال خاوری منطقه سبب جای‌گیری واحد  $T^{d-a}$  در مقابل  $T^a$  شده است.

در غرب کوه رحیمی واحدی با گستره قابل توجه ( $T^{rt}$ ) وجود دارد (شکل ۱). ترکیب این واحد ریولیتی است و به صورت توف با میان لایه‌هایی از چرت رخنمون دارد. این امر می‌تواند نشانگر وجود حوضه دریایی در زمان این گونه

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 استوکه‌های 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 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 است و بیشتر ارتفاعات تپه ماهوری حاشیه جاده را تشکیل می‌دهد. فلدسپار کانی قابل شناسایی این سنگ است.

**واحد  $hl^1$  هورنبلند کوارتز لایت:** این واحد سنگی که بیشتر به صورت تپه ماهوری رخنمون دارد، در وسعتی در حد ۰/۷ کیلومترمربع 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 حالتی از رنگ سبز، از دیگر واحدهای سنگی مجاور متمایز می‌گردد.

می‌شوند که تمامی آنها دارای بافت پورفیری بوده و میزان فنوکریست آنها بین ۳۰ تا ۳۵ درصد متغیر است. اندازه

کنگلومرای آتشفشانی اپی کلاستیک معرفی شده است. مجموعه ریوداسیت با حالت گدازه و توف (واحد  $T^{rd}$ ) 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).

### توده‌های نفوذی ترشیاری

**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 تقریبی 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.

**واحد  $Mz^1$  هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری:** این توده بیشتر در کیلومتر ۱۷ حاشیه شمالی جاده ابراهیم‌آباد 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 آن آپلیتی است.

**واحد  $Mz^2$  بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری:** رخنمون این واحد در شمال واحد  $Mz^1$  به شکل استوکه‌های 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 **واحد  $Mz^d$ :** در این واحد مجموعه‌ای از سنگهای کوارتز مونزودیوریت، کوارتز مونزونیت و مونزودیوریت مشاهده

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

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

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

**واحد  $T^{vc2}$  (کنگومرای آتشفشانی):** روی سنگهای آتشفشانی با ترکیب آندزیت - داسیت، کنگومرای قرار دارد که بخش عمده قطعات آن را آندزیت و داسیت تشکیل می‌دهد. این کنگومرا در شمال جاده سوسناری به خارفیروزی رخنمون بسیار خوبی دارد (شکل ۲). در این منطقه روی کنگومرای مذکور سنگهای آتشفشانی با ترکیب داسیت قرار گرفته است.

**واحد  $T^{da}$  (داسیت - آندزیت):** بر روی واحد کنگومرای  $(T^{vc2})$  گدازه داسیتی قرار گرفته است (مسیر جاده سوسناری به خارفیروزی) (شکل ۲). بافت سنگ پورفیری ریز بلور و رنگ ورقه بجهستان و در شمال مسیر راه آهن گدازه ریوداسیتی رخنمون 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.

**واحد  $T^h$  (ریوداسیت):** در خاور ورقه بجهستان و در شمال مسیر راه آهن گدازه ریوداسیتی رخنمون 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.

فئوکریستها 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 سریسیستیک، پروپیلیتیک و به طور محدود آرژیلیک واقع شده‌اند. پیریت به صورت رگه‌چه و افشان تا ۵ درصد در بعضی نقاط مشاهده شد. کانی‌سازی مس نیز مشاهده گردید. این منطقه برای اکتشاف مس - طلا دارای پتانسیل بسیار خوبی است.

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

**واحد  $bl$  بیوتیت لایتیت:** رخنمون این واحد را به ویژه در جنوب روستای ابوالخازن در وسعتی معادل ۰/۱۵ کیلومترمربع به صورت صخره‌ساز می‌توان مشاهده نمود. این واحد سنگی با زمینه خاکستری متمایل به سبز که در برخی نقاط کمی قرمز می‌شود، از دیگر واحدهای سنگی متمایز می‌گردد. فئوکریست در حد ۱۰-۱۵ درصد، خمیره ریز بلور، اندازه فئوکریست کمتر از ۴ میلی‌متر و میزان بیوتیت کمتر از ۱ درصد است.

**واحد  $mg$**  این واحد با ترکیب کوارتز موزونیت و موزونیت در بخش خاوری روستای ابوالخازن در محدوده‌ای به وسعت ۹/۶ کیلومتر مربع رخنمون دارد. عمده این توده‌ها دارای بافت پورفیری هستند.

### سنگ شناسی آذرین ورقه بجهستان سنگهای آتشفشانی و آذرآواری

**واحد  $T^{ba}$  (بازالت - آندزیت):** فعالیت‌های آتشفشانی با ترکیب بازالت - آندزیت در منطقه‌ای به وسعت  $۴ \times ۴$  کیلومترمربع به صورت تپه‌های کم ارتفاع در شمال تلخابوند قابل مشاهده است (شکل ۲). بافت این سنگها ریزبلور و ترکیب غالب آنها



### توده‌های نفوذی ترشیری ورقه بجستان

**واحد  $T^g$  :** این توده‌ها در خاور بجستان در گستره‌ای به وسعت  $4 \times 2$  کیلومتر مربع رخنمون 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 گرانیات تا گرانودیوریت است که در بخشهای مختلف تغییر می‌کند. میزان بیوتیت در واحد گرانیاتی بیشتر از گرانودیوریتی است. این توده‌ها حالت استوک دارند.

**واحد  $T^{mz}$  :** توده‌های هورنبلند کوارتز مونزونیت، مونزودیوریت پورفیری در شمال و خاور گرانودیوریت - گرانیات ( $T^g$ ) رخنمون دارند (شکل ۲). گسترش این توده در نقشه  $4/5 \times 3/5$  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 گرانیات و به میزان محدود گرانیات است. این توده در خاور  $T^{mz}$  رخنمون دارد (شکل ۲). بافت این توده‌ها پورفیری است و به صورت استوک و دایک رخنمون دارد.

**واحد  $T^{ms}$  :** این واحد نیز شامل لاتیت، دیاباز و آلکالی مونزونیت است که تفکیک آنها در مقیاس این نقشه مقدور نیست. بافت این سنگها پورفیری است. توده‌ها به حالت استوک و دایک رخنمون دارند.

### کانی سازی و دگرسانی ورقه طاهرآباد

**معدن متروکه حیدری:** در جنوب روستای کجه واقع شده - است. فعالیتهای معدنی شدادی به صورت حفاریهای بسیار محدود و سرباره‌های حاصل از ذوب کانسنگ در منطقه دیده می‌شود. عملیات معدن کاری جدید به صورت حفر ترانشه و روبرداری است.

معدن متروکه حیدری به صورت رگه‌ای با سنگ میزبان پیروکلاستیکی می‌باشد. چاهها و ترانشه‌های استخراجی بر

روی دو رگه با امتداد N50E حفر گردیده‌اند. این دو رگه به موازات هم با فاصله حدود ۲۵۰ متر قرار گرفته‌اند [۲].

رگه اصلی از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و با امتداد N50E طولی در حدود ۲/۵ کیلومتر دارد که بر روی آن چاه اصلی و ترانشه‌ها حفر گردیده‌است. با توجه به این که کانی‌سازی مس در امتداد زون گسلی است، ترانشه‌های حفر شده نیز همین امتداد را تعقیب می‌کنند. آلتراسیون سیلیسی حامل کانی سازی می‌باشد به طوری که ماده معدنی درون سنگهای سیلیسی شده دیده می‌شود.

رگه فرعی به موازات رگه اصلی قرار گرفته و طولی حدود ۱/۵ کیلومتر دارد. حفاریها در این رگه نسبت به رگه اصلی بسیار کمتر و به صورت ترانشه‌های منقطع می‌باشد. ترانشه‌های حفر شده در این رگه ضخامتی حدود یک متر و عمق ۱ تا ۳ متر دارند [۲].

**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 رخنمون 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  $1000 \times 2000$  متر برآورد می‌شود. این ذخیره معدنی از گسترش و خلوص بسیار بالایی برخوردار است. در حال حاضر از این ذخیره برای ساخت گلوله‌های سیلیسی استفاده می‌شود که در صنایع سرامیک کاربرد دارد.

**معدن متروکه مس کجه (رحیمی):** کانی سازی آن از نوع رگه‌ای است. آثار معدن کاری شامل عملیات وسیع بهره‌برداری سطحی و زیرزمینی از رگه‌هاست. علاوه بر کارهای معدنی متروکه، آثار کارهای معدنی شدادی نیز به سختی قابل تشخیص است.

امتداد عمومی طبقات شمال شرق - جنوب غرب و شیب

عمومی آنها ملایم و به سمت شمال غرب است. کانی‌سازی در قالب دو رگه اصلی در منطقه حضور دارد. امتداد رگه‌ها شمال شرق - جنوب غرب و تقریباً به موازات لایه‌بندی طبقات است ولی شیب لایه‌ها نزدیک به قائم بوده و لایه‌های سنگ میزبان را رگه‌ها قطع می‌کنند.

رگه‌های ماده معدنی به دلیل سیلیسی بودن، نسبت به سنگهای میزبان مقاومت بیشتری در مقابل فرسایش دارند. به همین دلیل رگه‌ها در طول زمان باعث جلوگیری از فرسایش سنگهای میزبان مجاور خود شده و رشته‌ای از تپه‌ها را در امتداد شمال شرق - جنوب غرب (امتداد رگه‌ها) ایجاد نموده‌اند. این مورفولوژی می‌تواند در شناسایی رگه‌های مشابه و یا نحوه ادامه همین رگه‌ها کمک کند [۴].

فاصله دو رگه از یکدیگر حدود ۲۵۰ متر است. رگه اصلی حدود ۲/۵ کیلومتر طول دارد و ضخامت آن تا ۱۰ متر تغییر می‌کند و به طور متوسط می‌توان ضخامت ۲/۵ متر را برای آن در نظر گرفت. رگه در طول ۲/۵ کیلومتر در بعضی نقاط فاقد کانی‌سازی مس است. رگه کوچکتر نیز دارای طولی حدود ۱/۵ کیلومتر می‌باشد و ضخامت آن کمتر از رگه اصلی است. روی هر دو رگه کارهای استخراجی صورت گرفته است ولی رگه شمال غربی (رگه اصلی) دارای گسترش بیشتری از کارهای استخراجی است.

آثار کانی‌سازی در سطح زمین بصورت رگچه‌های موازی از کوارتز و اکسید آهن دیده می‌شود. فاصله رگه‌های سیلیسی و اکسید آهن را سنگ میزبان آلتزه تشکیل می‌دهد. لکه‌های کانسنگ اکسیدی مس در سطح رگه تقریباً فراوان است. وجود اکسید آهن و آثار سطحی مس اکسیدی نشان از حضور کانسنگ سولفیدی مس و آهن (کالکوپیریت) در عمق است. شواهد سطحی نشان می‌دهد که ذخیره استخراج شده قبلی دارای عیار اقتصادی بوده است. این عیار در گزارشها حدود ۳ درصد اعلام شده است [۴].

**شرق کوه رحیمی:** در بخش خاوری کوه رحیمی در مسیر جاده طاهر آباد - کجه زونهای دگرسانی سیلیسی، پروپیلیتیک و به طور محدود سرسیتیک در منطقه‌ای با گسترش قابل توجه رخنمون 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 -

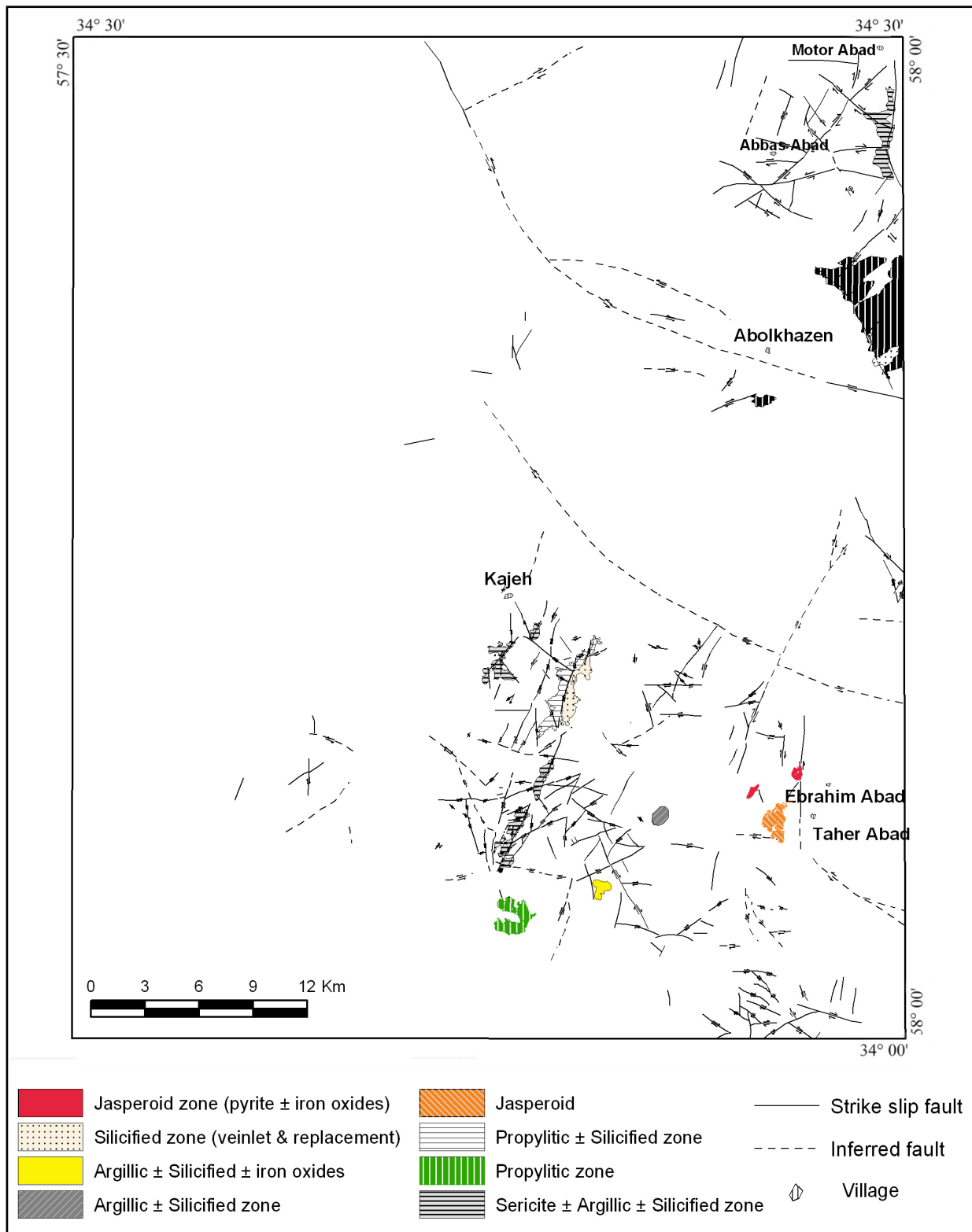
جنوب باختری کنترل می‌شود. زون سیلیسی حاوی آمیتیست است. کوارتز به حالت رگه‌چهای، رگه‌ای و جانشینی در متن سنگ مشاهده می‌شود. آثار کار قدیمی در منطقه وجود دارد. آثار کانی‌سازی مس در برخی از مناطق نیز مشاهده می‌شود. با توجه به توده‌های نفوذی، تنوع زونهای دگرسانی، شدت و گسترش قابل توجه زونهای دگرسانی و آثار کانی‌سازی مس، عملیات اکتشافی برای کانی‌سازی Cu, Ag, Au, Mo پیشنهاد می‌شود.

**جنوب کجه:** نتایج داده‌های ژئوشیمیایی سنگ و رسوبات رودخانه‌ای در منطقه کجه موجب شناسایی مناطقی با بی‌هنجاری عناصر مس، سرب، روی، نقره و طلا گردیده است. در این منطقه عیار مس در نمونه‌های سنگی بین ۳۰ پی‌پی‌ام تا ۳ درصد، سرب بین ۸۰ پی‌پی‌ام تا ۲/۳ درصد، روی ۱۶ پی‌پی‌ام تا ۳/۷ درصد، نقره نزدیک ۱ تا ۲۰ پی‌پی‌ام و طلا ۴۸ تا ۳۴۰۰ پی‌پی‌بی گزارش شده است. همچنین در نمونه‌های رسوب رودخانه‌ای ۲۱ تا ۲۷ پی‌پی‌ام مس، سرب ۵۰ تا ۱۴۵ پی‌پی‌ام و روی ۵۵ تا ۸۸ پی‌پی‌ام تغییر می‌کند [۵].

در جنوب روستای کجه زونهای دگرسانی سرسیتیک، آرژلیک و پروپیلیتیک به همراه اکسیدهای آهن ثانویه و بعضاً پیریت در منطقه‌ای به وسعت  $2 \times 1$  کیلومتر رخنمون دارد (شکل ۳).

مجموعه‌ای از سنگهای داسیتی و آندزیتی به سن ترشیاری 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. کانی‌سازی 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، کانی‌سازی مس و اکسیدهای آهن ثانویه، این منطقه برای اکتشاف Cu, Ag, Au استعدادهای دارد.

**کله کوه:** در منطقه کله کوه انواع توده‌های مونزونیتی، کوارتز مونزونیت و دیوریتی رخنمون دارند (شکل ۳). این



شکل ۳. نقشه دگرسانی طاهرآباد [۲].

کانی‌سازیهایی مس و آهن به ویژه در شمال شرق طاهرآباد وجود دارد.

#### 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 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 (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 [۶] موقعیت تکتونیکی 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 کمر بند زون فرورانش ترسیم شده‌اند (شکل ۸).

ایشی‌ها را [۱۰] گرانیت‌ها را بر اساس پذیرفتاری مغناطیسی به دو دسته سری مگنتیت و سری ایلمنیت تقسیم نمود. سری مگنتیت بیشتر با گرانیت‌های نوع I و سری ایلمنیت بیشتر با گرانیت‌های نوع S هم‌پوشانی دارند. سری مگنتیت حاوی مگنتیت، اسفن و پیریت است و به گرانیت‌های اکسیدان نیز معروف هستند. نسبت  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  و  $Mg/Fe$  کانی بیوتیت بالاست. گرانیت‌های سری ایلمنیت به نوع احیایی نیز معروفند. این گرانیت‌ها حاوی ایلمنیت و گارنت هستند و نسبت  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  و  $Mg/Fe$  در کانی بیوتیت پایین است. پذیرفتاری مغناطیسی گرانیت‌های سری ایلمنیت در

توده‌ها دارای بافت پورفیری بوده و به صورت استوکهای کوچک‌رخنمون دارند. دگرسانی پروپیلیتیک مهمترین زون را شامل می‌شود و زون سرسیستیک به طور محدود مشاهده می‌شود. پیریت به صورت پراکنده در متن سنگ و پرکننده 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.

**کوه سمنه:** در محدوده کوه سمنه انواع سنگهای آتشفشانی داسیتی، ریوداسیت، آندزیت و رخنمونهای کوچکی از توده‌های نفوذی مونزونیتی رخنمون دارند (شکل ۳). دگرسانی پروپیلیتیک 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 ویژه برخوردار است.

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

#### کانی سازی سرب

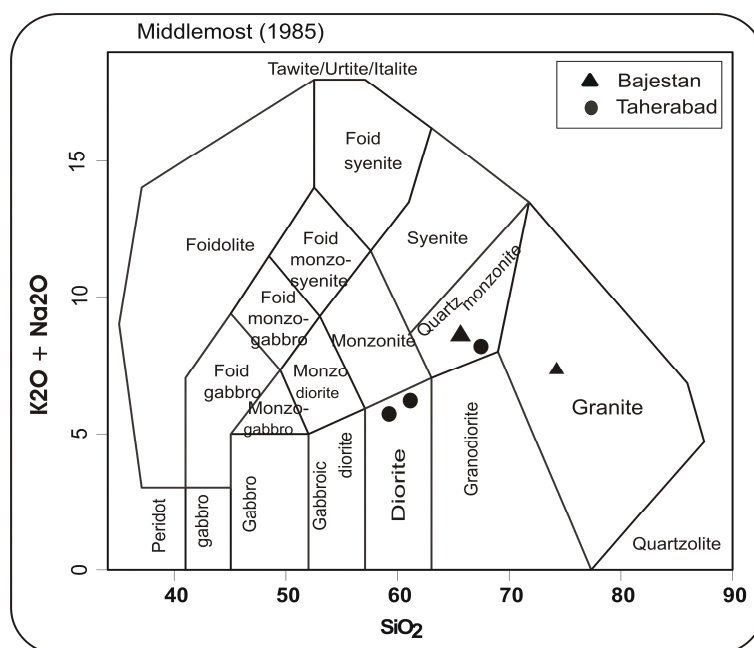
کانی سازی سرب به صورت گالن همراه با برخی از

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

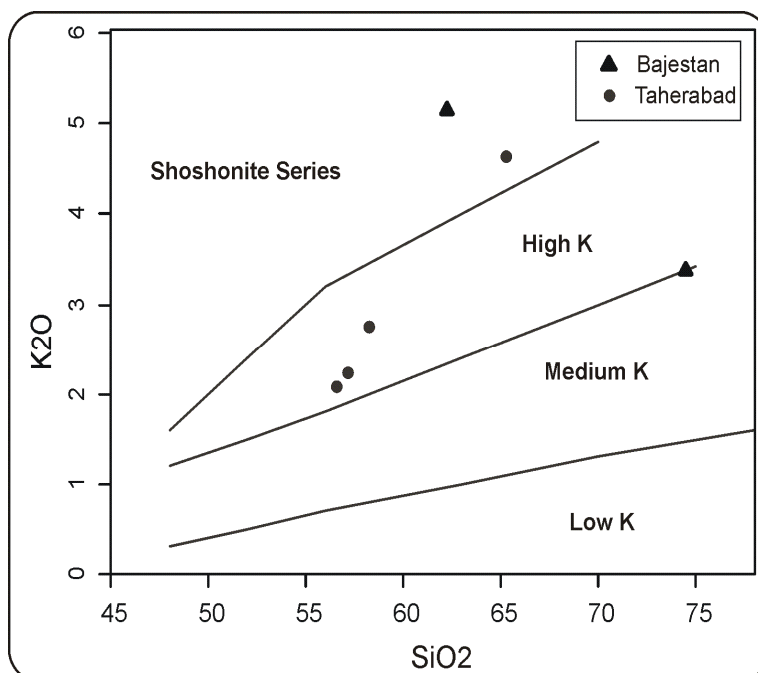
| wt%                            | بجستان          |                | طاهرآباد |       |       |       |
|--------------------------------|-----------------|----------------|----------|-------|-------|-------|
|                                | T <sup>mz</sup> | T <sup>g</sup> | hl1      | Mz1   | mg    | dr    |
| SiO <sub>2</sub>               | ۶۵/۲۴           | ۷۴/۴۳          | ۵۸/۲۰    | ۶۵/۲۸ | ۵۷/۲۶ | ۵۶/۷۵ |
| TiO <sub>2</sub>               | ۰/۴۷            | ۰/۲۳           | ۰/۸۸     | ۰/۵   | ۰/۷۱  | ۰/۹۵  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ۱۴/۹۵           | ۱۲/۲۶          | ۱۴/۸۵    | ۱۴/۱۵ | ۱۵/۵۷ | ۱۴/۴۲ |
| TFeO                           | ۱/۹۵            | ۲/۳۲           | ۶/۳۱     | ۴/۰۸  | ۵/۵۷  | ۷/۶۶  |
| MnO                            | ۰/۰۲            | ۰/۰۲           | ۰/۰۸     | ۰/۰۴  | ۰/۱۶  | ۰/۱۱  |
| MgO                            | ۲/۲۹            | ۰/۵۷           | ۳/۱۸     | ۱/۷۹  | ۴/۴۱  | ۴/۳۶  |
| CaO                            | ۳/۷۳            | ۱/۹۲           | ۶/۰۵     | ۲/۷۵  | ۲/۲۷  | ۶/۱۰  |
| Na <sub>2</sub> O              | ۳/۱۲            | ۴/۱۵           | ۳/۲۲     | ۳/۱۸  | ۳/۶۸  | ۳/۴۹  |
| K <sub>2</sub> O               | ۵/۱۵            | ۳/۳۷           | ۲/۷۳     | ۴/۶۳  | ۲/۲۲  | ۲/۰۸  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | ۰/۲۴            | ۰/۰۶           | ۰/۲۳     | ۰/۱۸  | ۰/۱۶  | ۰/۲۳  |
| L.O.I                          | ۱/۲۳            | ۲/۱۲           | ۲/۶۲     | ۱/۷۶  | ۳/۸۸  | ۱/۹۲  |
| Total                          | ۹۸/۳۹           | ۱۰۱/۴۵         | ۹۸/۳۵    | ۹۸/۳۴ | ۹۸/۸۹ | ۹۸/۰۷ |

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

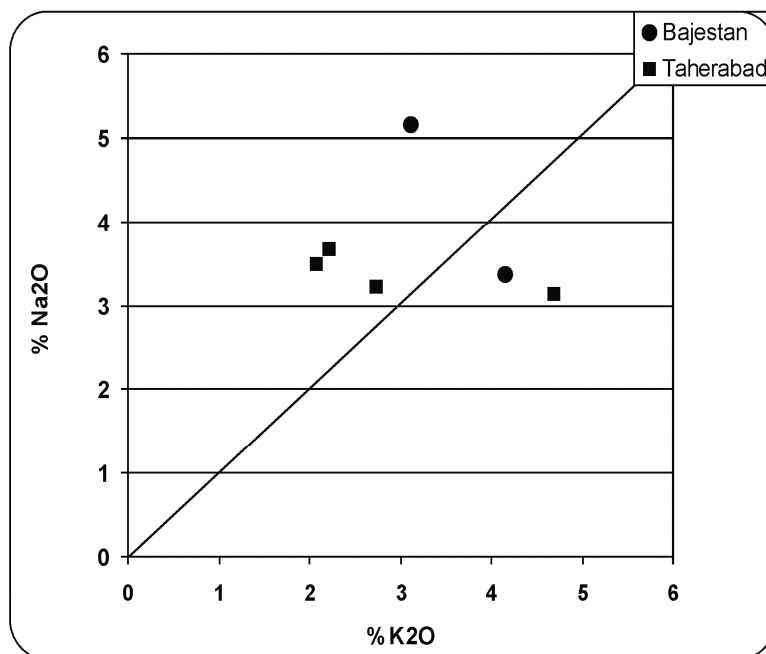
| (ppm) | بجستان          |                | طاهرآباد |     |     |     |
|-------|-----------------|----------------|----------|-----|-----|-----|
|       | T <sup>mz</sup> | T <sup>g</sup> | hl1      | Mz  | mg  | dr  |
| Rb    | ۳۰۳             | ۲۸۶            | ۱۲۹      | ۲۷۱ | ۹۷  | ۹۰  |
| Sr    | ۳۶۳             | ۳۵۶            | ۵۱۴      | ۲۵۹ | ۴۷۹ | ۳۴۸ |
| Zr    | ۲۰۹             | ۱۸۳            | ۲۴۶      | ۳۱۲ | ۱۶۴ | ۲۰۸ |
| Nb    | ۳۷              | ۲۹             | ۲۳       | ۳۳  | ۲۶  | ۱۶  |
| La    | ۴               | ۵۳             | ۴۰       | ۲۹  | ۶۹  | ۵۳  |
| Ba    | ۵۳۰             | ۶۱۹            | ۵۵۹      | ۵۲۵ | ۸۲۴ | ۵۵۹ |
| Ce    | ۳۳              | ۱۲۷            | ۱۵۲      | ۱۳۵ | ۱۸۹ | ۱۴۸ |
| Cs    | ۵               | ۶              | ۹        | ۸   | ۹   | ۹   |
| Th    | ۱۲۶             | ۱۰۰            | ۶۰       | ۱۰۷ | ۷۹  | ۴۶  |



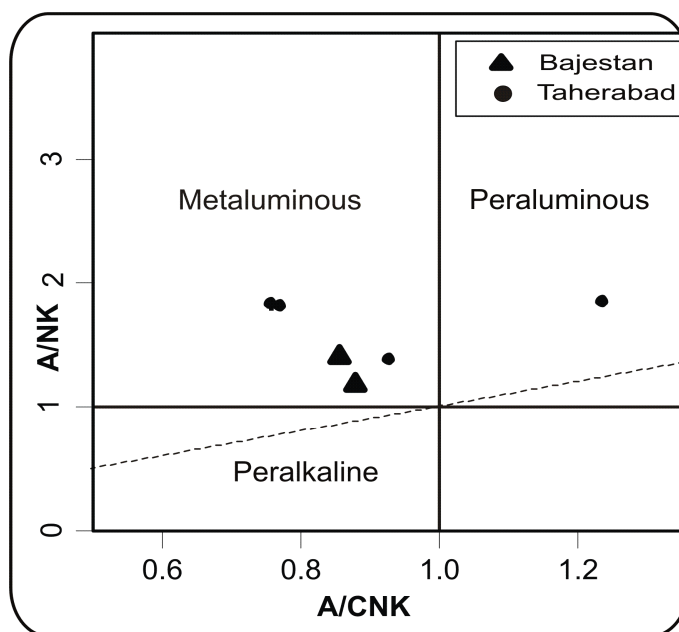
شکل ۴. نمودار نام‌گذاری توده‌های نفوذی بر اساس نمودار میدلموست [۷].



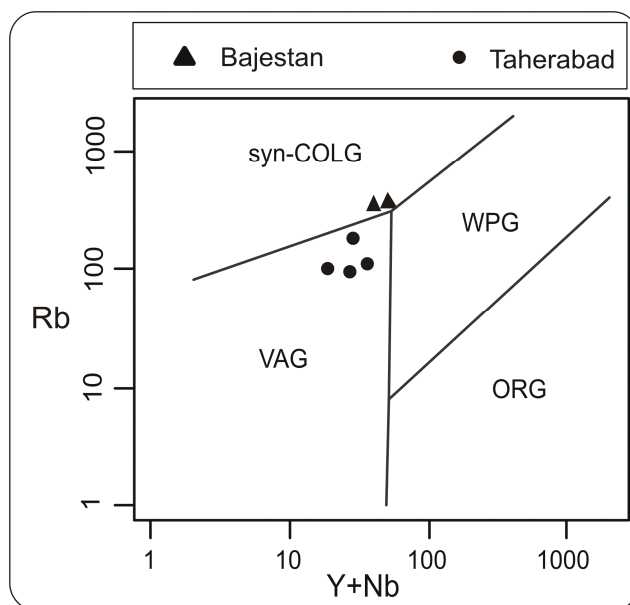
شکل ۵. نمودار تعیین میزان پتاسیم بر اساس نمودار مولر و گروز [۸].



شکل ۶. نمودار مقایسه  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{K}_2\text{O}$  در توده‌های طاهراآباد و بجستان.



شکل ۷. نمودار تعیین میزان Al بر اساس نمودار شاند [۹].



شکل ۸. نمودار تعیین موقعیت تکتونیکی گرانیت‌ها.

نمودارهای عنکبوتی براساس کندریت [۱۱] و پوسته تحتانی [۱۲] 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 ماگماست. 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.

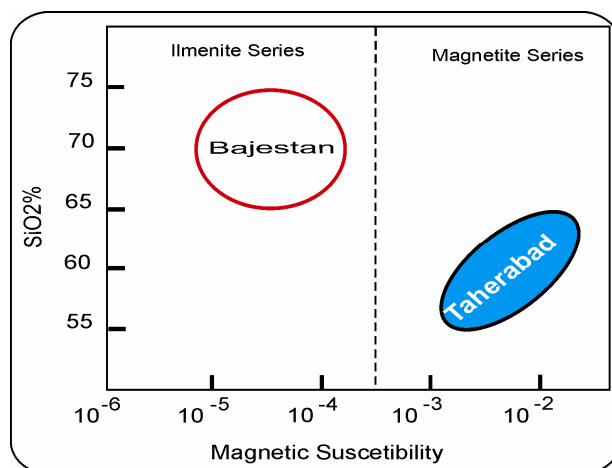
به منظور تعیین نوع سنگ مادر که در تشکیل ماگما نقش داشته است از نمودار سیلوستر [۱۳] استفاده شد (شکل ۱۲). توده‌های نفوذی بجستان در محدوده سنگهای پلیتی غنی از رس ترسیم شده‌اند در صورتی که توده‌های طاهرآباد در نزدیک به بازالت ترسیم شده است (شکل ۱۲). براساس این نمودار ماگما برای توده‌های نفوذی بجستان از سنگهای پلیتی غنی از رس پوسته قاره‌ای منشأ گرفته است. منشأ ماگما برای با توجه به مطالعات ایزوتوپی Rb-Sr انجام شده توسط

در محدوده [SI]<sup>-۵</sup> تا <sup>-۴</sup> ۱۰ و گرانیت‌های سری مگنتیت در محدوده [SI]<sup>-۲</sup> تا <sup>-۳</sup> ۱۰ 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 بررسیها نشان داد که میزان پذیرفتاری مغناطیسی در منطقه بجستان، برای مجموعه‌هایی در حد گرانیت <sup>-۵</sup> ۶-۲ × ۱۰، کوارتز مونزونیت <sup>-۵</sup> ۷/۹ × ۱۰، مونزونیت <sup>-۵</sup> ۱/۹ × ۱۰، بیوتیت هورنبلندگرانودیوریت <sup>-۵</sup> ۱۰ × ۱۲-۱۵ و سایر گرانیتوئیدها <sup>-۵</sup> ۱/۱ × ۱۰ است.

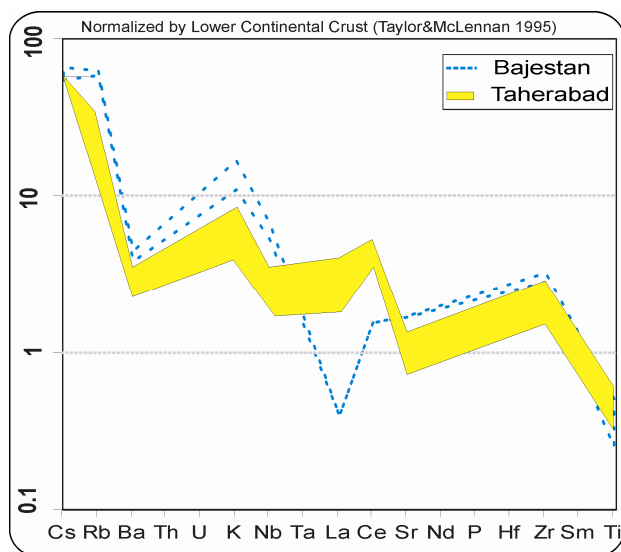
مقادیر اندازه‌گیری شده پذیرفتاری مغناطیسی توده‌های گرانیتوئیدی منطقه طاهرآباد بیانگر از آن است که این مقدار در واحد بیوتیت هورنبلند مونزونیت پورفیری <sup>-۵</sup> ۲۳۴۱ × ۱۰، دیوریت پورفیری <sup>-۵</sup> ۵۸۷ × ۱۰، بیوتیت لاتیت پورفیری <sup>-۵</sup> ۱۹۳ × ۱۰، هورنبلند لاتیت پورفیری <sup>-۵</sup> ۱۹۲ × ۱۰، بیوتیت لاتیت پورفیری <sup>-۵</sup> ۱۸۱ × ۱۰، هورنبلند کوارتز لاتیت <sup>-۵</sup> ۱۷۷ × ۱۰ و کوارتز مونزونیت و مونزودیوریت <sup>-۵</sup> ۱۰۸ × ۱۰ است. لذا توده‌های گرانیتوئیدی بجستان در محدوده گرانیت‌های احیایی و توده‌های گرانیتوئیدی طاهرآباد در محدوده گرانیت‌های اکسیدان قرار دارند (شکل ۹). توده‌های طاهرآباد خارج از پوسته قاره‌ای بوده است.

قاره‌ای بوده است.

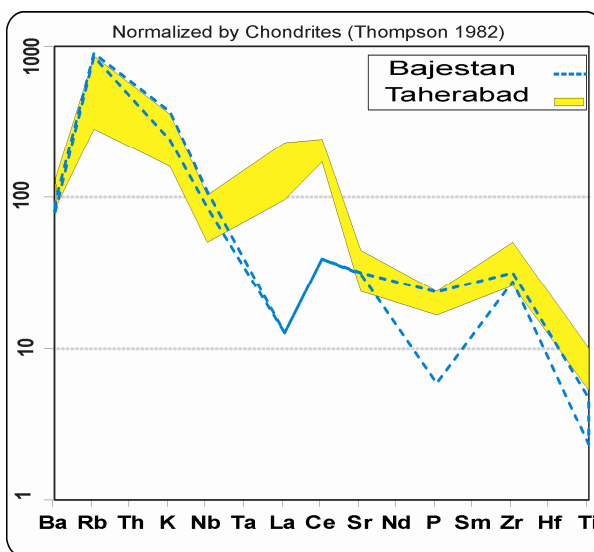
روزنبرگ [۱۴]، در خصوص توده‌های نفوذی بجستان نسبت ایزوتوپ  $i(Sr^{87}/Sr^{86})$  اولیه ماگما بیش از ۰/۷۱ گزارش شده است. براساس این نسبت منشأ ماگمای این توده از پوسته



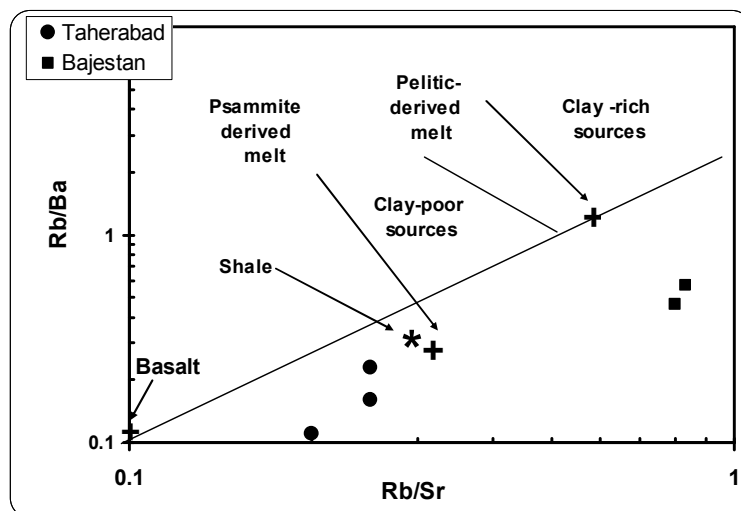
شکل ۹. نمودار گرانیتهای نوع اکسیدان از احیایی.



شکل ۱۱. نمودار عنکبوتی بر مبنای پوسته قاره‌ای [۱۲].



شکل ۱۰. نمودار عنکبوتی بر مبنای کندریت.



شکل ۱۲. نمودار تعیین نوع مواد اولیه که در تشکیل ماگما نقش دارند [۱۳].

#### نتیجه‌گیری

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 - کوارتز مونزونیت - کوارتز دیوریت - لایت بوده و از نوع اکسیدان (سری مگنتیت) هستند. این توده‌ها در زون فروورانش تشکیل شده و منشأ ماگما پوسته اقیانوسی بوده‌است. این توده‌ها دگرسان بوده و کانی‌سازی مس - طلا نیز تشکیل شده‌است. توده‌های نفوذی بجستان دارای طیف ترکیبی گرانیت - کوارتز مونزونیت هستند. این گرانیت‌ها از نوع احیایی و مربوط به سری ایلیمینیت‌اند. موقعیت تکتونیکی زمان تشکیل آنها زون تصادم قاره‌ای بوده و ماگما منشأ پوسته قاره‌ای داشته است.

#### مراجع

- [3] Ashoori A., Karimpour M.H., & Saadat S., "Geological map of Bajestan", scale 1:100,000, Geological Survey of Iran, (2005).
- [۴] سازمان صنایع و معادن استان خراسان، *انجام خدمات مشاوره عملیات اکتشاف مقدماتی مس و سرب و روی فردوس*، شرکت مهندسین مشاور زرناپ اکتشاف (۱۳۸۳).
- [5] 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.
- [6] Middlemost E.A.K., "Magmas and magmatic rocks". Longman, London, (1985).
- [7] Rickwood P.C. "Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements". Lithos, 22, (1989), 247-267.
- [8] Shand S.J., "Eruptive rocks." John Wiley & Sons, (1943) 300p.
- [9] Ishihara S., "The magnetite series and ilmenite series granitic rocks". Mining Geology, Japan, 27, (1977) 43-50.
- [10] Thompson R.N. "British Tertiary volcanic province". Scottish Journal of Geology, 18, (1982) 49-107.
- [11] Taylor S.R. McLennan S.M., "The geochemical evolution of the continental crust" Rev. Geophys. 33, (1995) 241-265.

- [1] Alavi M., "Tectonic map of Middle East", (1991).
- [2] Karimpour M.H., Ashoori A., & Saadat S., "Geological map of TaherAbad", scale 1:100,000. Geological Survey of Iran, (2005).

[12] Rosenberg R., „Geochemische and petrologische untersuchungen und Magmatiten der Intrusion Bejestan Ostiran Diplomarbeit“ Min. Petr. Hamburg, (1981).

[13] Sylvester P.J. “Post-collisional strongly peraluminous granites”. Lithos, 45, (1998) 29-44.