

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم - گروه زمین شناسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد (گرایش پترولوژی)

عنوان:

پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی منطقه ماری (شمال زنجان) با نگرشی بر کانه‌زایی مس

نگارش و تدوین:

احمد حاتمی

استاد راهنما:

دکتر محمد ابراهیمی

استاد مشاور:

مهندس فرگس یاسمی

دیماه ۱۳۹۰

اگر شایسته تقدیم باشد

تقدیم به آنان که مهرشان

روشنی بخش زندگی ام بود

و آنان که دوستشان دارم

تشکر و قدردانی

خدایا تو را شکر می‌کنم که هستی‌ام بخشیدی و مرا به راه علم و دانش رهنمون کردی و این توفیق را نصیبم نمودی تا بتوانم چند صباحی از محضر اساتید بزرگی بهره‌مند شوم.

از خانواده‌ام که مشوق من در امر ادامه تحصیل و پژوهش بودند، نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم خصوصاً از پدر دلسوز و مادر فداکارم که مشوقین اصلی من در پیمودن این راه دشوار بودند.

از استاد راهنمای فرزانه‌ام جناب آقای دکتر محمد ابراهیمی که در طی انجام این پژوهش صبر و حوصله فراوان مبذول داشتند و راهنمایی‌های بسیار ارزنده ایشان باعث پربارتر شدن محتوای علمی این پایان‌نامه گردید، صمیمانه تشکر و قدردانی نموده و موفقیت روز افزون ایشان را در تمام مراحل زندگی از خداوند متعال خواستارم.

از استاد مشاورم خانم دکتر یاسمین صمیمانه قدردانی می‌نمایم، چرا که ایشان با دلسوزی فراوان و نظرات ارزشمندشان باعث پربارتر شدن محتوای علمی این پژوهش گردیدند.

از جناب آقای دکتر موید و همچنین جناب آقای دکتر کوهستانی که قبول زحمت نموده و داوری این رساله را به عهده گرفتند متشکرم.

از دیگر اساتید محترم آقایان دکتر حاج ابوالفتح و دکتر ایزدیار که مرا در امر تحصیل یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

از دوست عزیزم مهندس موسوی که همچون استادی دلسوز در کنارم بودند، متشکرم.

از دوست عزیزم صمد بهنام بخاطر تمام زحمات و تلاش‌های صادقانه‌ای که برای اینجانب انجام داده‌اند ممنونم.

از همکلاسی‌ها و دوستان عزیزم آقایان و خانم‌ها به خاطر دوران خوش تحصیل تشکر و قدردانی می‌نمایم و امیدوارم که در تمام مراحل زندگی‌شان موفق و پیروز باشند.

چکیده:

منطقه ماری در ۴۰ کیلومتری شمال زنجان در زون البرز غربی- آذربایجان واقع شده است. سنگهای آتشفشانی منطقه ماری عمدتاً از بازالت، آندزی بازالت- آندزیت و آذرآاریها تشکیل شده‌اند. کانیهای عمده در واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه عبارتند از پلاژیوکلاز، پیروکسن، بیوتیت، الیوین و آمفیبول. کوارتز و آلکالی فلدسپار نیز به مقدار کمتر وجود دارند. کانی‌های ثانویه موجود در سنگ‌های آتشفشانی منطقه نظیر اپیدوت، کلریت، ژئولیت، سرپانتین و کلسیت می‌توانند نشانگر دگرسانی حاصل از سیالات گرمایی منشاء گرفته از توده‌های نفوذی باشند. از دگرسانی‌های موجود در منطقه می‌توان به دگرسانی پروپیلیتیک، سیلیسی شدن، هماتیتی شدن و لیمونیتی شدن اشاره کرد.

کانه‌زایی در ماری بیشتر به صورت رگه‌ای و رگچه‌ای و ندرتاً افشان دیده می‌شود. گاهی نیز کانه‌های سوپرژن مس، مانند مالاکیت و آزوریت درون آمیگدالهای سنگ میزبان را پر کرده‌اند. بر اساس مطالعات کاننگاری، کانه‌های مس در منطقه ماری عبارتند از (۱) مس طبیعی (۲) کانه‌های سولفیدی مس شامل کالکوسیت و کولیت (۳) کانه‌های اکسیدی مس شامل کوپریت و تنوریت (۴) کانه‌های کربناتی مس شامل مالاکیت و آزوریت. از نظر توالی زمانی، مس طبیعی اولین کانه ته‌نشست شده و کانه‌های سوپرژن آخرین کانه‌های تشکیل شده هستند.

بررسی داده‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های آتشفشانی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که ماگمای ایجاد کننده آن‌ها متعلق به سری‌های کالک‌آلکان می‌باشد.

با مطالعاتی که بر روی روند عناصر کمیاب در دیاگرام‌های عنکبوتی انجام شد عناصر Ta، Nb و Ti آنومالی منفی نشان می‌دهند که منعکس کننده آرایش ماگما توسط سنگ‌های پوسته قاره‌ای است. این نوع

آلایش خاص ماگماهایی است که در ارتباط با فرورانش هستند. در نمودارهای مشخص کننده جایگاه تکتونیکی سنگ‌های آتشفشانی در محدوده بازالت‌های کالک‌آلکان قرار می‌گیرند.

مطالعه آماری داده‌های تجزیه شیمیایی سنگ‌های حاوی ماده معدنی مس مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار SPSS وجود همبستگی بالایی را بین برخی عناصر به شرح زیر آشکار ساخت:

همبستگی خیلی بالا بین عنصر مس با عناصر Ag و C و مقدار مواد فرار موجود در سنگ (LOI). همبستگی بالا بین مس و S، Hg، Pb و Au و همبستگی متوسطی نیز بین مس، Cd و As. استفاده از ضریب همبستگی، آنالیز خوشه‌ای و هیستوگرام‌های بدست آمده تاییدی بر مطالعات کانه‌نگاری و توالی پاراژنزی بدست آمده در منطقه می‌باشد. نتایج بدست آمده از مطالعات آماری نیز تیپ کانه‌زایی هیدروترمال را برای ماده معدنی موجود در منطقه تایید می‌نماید.

فهرست مطالب

بخش اول: پتروژئولوژی و ژئوشیمی

فصل اول: کلیات

- ۱-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۳
- ۲-۱ راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه ۳
- ۳-۱ ناهمواری‌های استان زنجان ۵
- ۴-۱ هواشناسی و اقلیم استان زنجان ۶
- ۵-۱ مطالعات پیشین ۷
- ۶-۱ روش تحقیق ۸
- ۷-۱ هدف از مطالعه ۹

فصل دوم: زمین شناسی عمومی

- ۱-۲ زمین‌شناسی عمومی البرز غربی- آذربایجان ۱۱
- ۲-۲ تکتونیک عمومی البرز غربی- آذربایجان ۱۲
- ۳-۲ زمین شناسی و جایگاه تکتونیکی منطقه زنجان در زمین شناسی ایران ۱۴
- ۴-۲ ماگماتیسم و توده‌های نفوذی منطقه زنجان ۱۶

فصل سوم: پتروگرافی

- ۱-۳ مقدمه ۱۹
- ۲-۳ پتروگرافی نمونه‌های آندزیت و آندزی بازالت ۲۰
- ۱-۲-۳ مطالعات کانی شناسی ۲۱

۲۷	..... ۲-۲-۳ بافت شناسی
۲۸	..... ۳-۳ پتروگرافی نمونه‌های بازالت
۲۹	..... ۱-۳-۳ مطالعات کانی‌شناسی
۳۵	..... ۲-۳-۳ بافت شناسی
۳۶	..... ۴-۳ پتروگرافی آذرآواری‌ها
۳۷	..... ۱-۴-۳ مطالعات کانی‌شناسی
۴۱	..... ۵-۳ نتیجه‌گیری

فصل چهارم : ژئوشیمی

۴۴	..... ۱-۴ مقدمه
۴۸	..... ۲-۴ نمودار مجموع آلكالی - سيليس (TAS)
۵۰	..... ۳-۴ نمودارهای دومتغیره
۵۵	..... ۴-۴ نمودار تغییرات مثلثی
۵۷	..... ۵-۴ استفاده از عناصر خاکی نادر (REE)
۶۰	..... ۶-۴ نمودارهای چند عنصری عادی شده (نمودارهای عنكبوتی)
۶۰	..... ۱-۶-۴ نمودارهای عنكبوتی عادی شده نسبت به کندریت
۶۲	..... ۷-۴ تعیین سری ماگمایی
۶۳	..... ۸-۴ جایگاه تکتونیکی
۶۶	..... ۹-۴ بحث و نتیجه‌گیری

بخش دوم: زمین‌شناسی اقتصادی

فصل اول: کلیات

- ۱-۱ طبقه بندی کانسارها ۷۳
- ۲-۱ طبقه بندی ذخایر مس در ایران ۷۴
- ۳-۱ کانی‌شناسی عنصر مس ۷۶
- ۴-۱ روش تحقیق ۷۹

فصل دوم: کانه نگاری

- ۱-۲ کانه‌نگاری ۸۲
- ۲-۲ توالی پاراژنزی ۸۹

فصل سوم: تجزیه و تحلیل آماری

- ۱-۳ مقدمه ۹۱
- ۲-۳ پردازش آماری تک متغیره ۹۲
- ۱-۲-۳ نمودارهای گرافیکی ۹۳
- ۱-۱-۲-۳ هیستوگرام‌ها ۹۳
- ۲-۱-۲-۳ نمودارهای جعبه‌ای ۹۹
- ۳-۳ پردازش آماری چند متغیره ۱۰۱
- ۱-۳-۳ رسم ماتریس ضریب همبستگی ۱۰۱
- ۴-۳ آنالیز خوشه‌ای ۱۰۶
- ۵-۳ نتیجه‌گیری ۱۰۹

نتیجه‌گیری نهایی ۱۱۱

منابع ۱۱۴

بخش اول

پترو لوژی

فصل اول

کلیات

۱-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

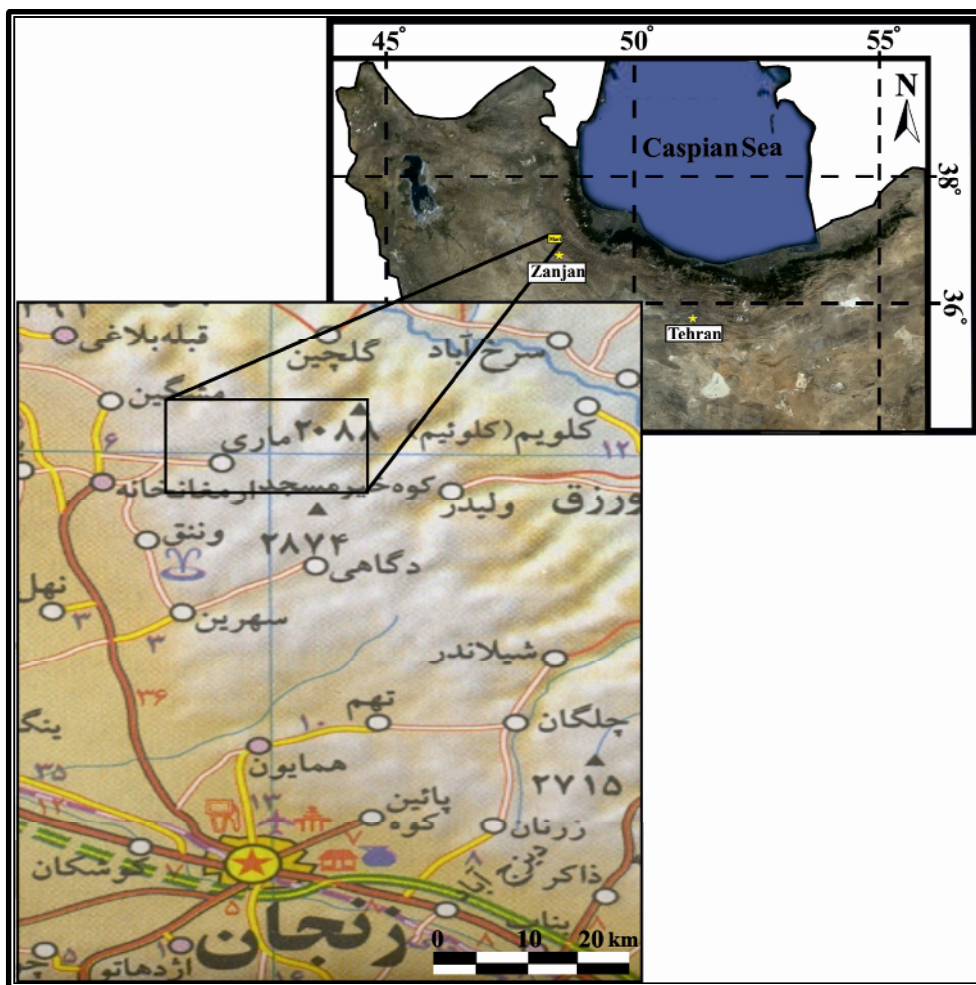
منطقه مورد مطالعه در ۴۰ کیلومتری شمال زنجان و در محدوده طولهای جغرافیایی $48^{\circ}22'$ تا $48^{\circ}30'$ شرقی و در عرضهای جغرافیایی $36^{\circ}55'$ تا $37^{\circ}3'$ شمالی قرار دارد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱ تصویر گوگل ارت که موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی آن مشخص شده است.

۲-۱ راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

برای رسیدن به منطقه مورد مطالعه از شهر زنجان، بایستی از مسیر کوی فرهنگ به سمت فرودگاه اقدام کرد. بعد از طی مسیری حدود ۳۵ کیلومتر، به شهر ارمغان‌خانه و با ادامه مسیری ۷ کیلومتری به روستای ماری می‌رسیم. مسیر تا روستای ماری ماشین رو و آسفالتی است. شکل ۲-۱ راه‌های دسترسی به منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲ راه‌های دسترسی به منطقه مورد نظر (اقتباس از نقشه راه‌های سازمان جغرافیایی و کارتوگرافی گیاتاشناسی، نقشه شماره ۲۰۳)

۳-۱ ناهمواری‌های استان زنجان

در استان زنجان ناهمواری‌ها نظم خاصی داشته بگونه‌ای که رشته کوه‌ها با چاله‌های ساختمانی بین آنها، به طور مشخص امتداد شمال غرب- جنوب شرق دارند. کوه‌های زنجان توسط رودخانه‌های ابهر و زنجان به دو بخش متمایز شمال شرقی و جنوب غربی تقسیم می‌شوند. این دو رودخانه، در یک چاله

زمین ساختی با امتداد شمال غرب- جنوب شرق جریان پیدا کرده‌اند. زنجان رود شاخه‌ای از قزل اوزن محسوب می‌شود و در نتیجه جهت پیوستن به آن، به سوی شمال غرب جریان می‌یابد. ابهر رود جزء سیستم مسیله‌ی قم می‌باشد و برای پیوستن به آن حوضه به سوی جنوب شرق جریان دارد. خط تقسیم آب این دو رودخانه در شرق سلطانیه است و عارضه مشخصی ندارد. بلکه دشت زنجان از مجاورت قزل اوزن به طرف سلطانیه به تدریج ارتفاع یافته و در آن طرف خط تقسیم آب دشت ابهر قرار می‌گیرد.

فرورفتگی زنجان- ابهر از نظر شکل ظاهری از دو بخش شمالی (از زنجان تا میانه) و جنوبی (از سلطانیه تا ابهر و سپس امتداد آن تا تاکستان) تشکیل شده است. این دو بخش را در حدود شهر زنجان که عرض دشت از ۳ تا ۴ کیلومتر تجاوز نمی‌کند، می‌توان از هم تفکیک نمود. پهنای دشت ابهر (نیمه جنوبی) حداکثر به ۱۷ کیلومتر می‌رسد و سطح آن تماماً با آبرفتهای کواترنر پوشیده شده است. در حالی که پهنای دشت شمالی (زنجان- میانه) بیش از دو برابر پهنای نیمه جنوبی است و در آن زنجان رود رسوبات کواترنر را فرسایش و حذف نموده است. در نتیجه لایه های پلیوسن در بیشتر موارد سنگ بستر دشت را تشکیل می‌دهند. در طرفین بستر زنجان رود نیز چندین پادگانه‌ی آبرفتی دیده می‌شود که از عناصر توپوگرافی جالب در این دشت می‌باشد (علایی طالقانی، ۱۳۸۲).

۴-۱ هواشناسی و اقلیم استان زنجان

از بین تمامی اثرات جغرافیایی که انسان در معرض آنها واقع است به نظر می‌رسد که اقلیم موثرترین آنها باشد. تأثیری که همه موجودات را شامل می‌شود، در خشکی یا دریا، در دشتهای یا کوهها، در جوامع بدوی یا متمدن، انسان بسته به موقعیت خود باید با اقلیم رودررو شود.

بطور کلی اقلیم یک منطقه می‌تواند به وسیله‌ی عواملی از قبیل عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به منابع آبی بزرگ، پستی و بلندی، ارتفاع از سطح دریاها، واقع شدن در مسیر جریانهای عظیم رطوبتی و پوشش گیاهی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تغییرات اقلیمی در استان زنجان عمدتاً متأثر از دو عامل مهم، یعنی نحوه‌ی ورود جبهه‌های عظیم رطوبتی و حرارتی و وضعیت توپوگرافی و ارتفاع از سطح دریا می‌باشند. مهمترین جبهه هوایی که حدوداً به مدت هشت ماه سطح استان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، جبهه هوای قطبی دریایی است. مبدأ این توده هوا، دریای مدیترانه و اقیانوس اطلس می‌باشد که از بخار آب غنی است و غالباً از جهت غرب (منشأ مدیترانه) و شمال غرب (منشأ اروپا و دریای سیاه) به کشور نفوذ می‌کند. توده‌های هوای مدیترانه‌ای که توده‌های قطبی غیر مستقیم نیز نامیده می‌شوند، از اوایل مهر ماه تا اواسط اردیبهشت ماه، کشور و از جمله استان زنجان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اوج فعالیت‌های آنها در فصل زمستان بوده، ولی در بهار و پاییز نیز موجب رگبارهای شدید، طوفان و رعد و برق می‌گردند. توده هوای دیگری به نام توده هوای قطبی برّی از جهت شمال غرب، استان زنجان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این توده هوا همراه با شکل‌گیری و عمیق‌تر شدن توده‌ی پرفشار سبیری در فصول سرد سال، که اوج فعالیت آن اوایل آذر ماه تا اواسط اسفند ماه می‌باشد، باعث ریزش‌های جوّی توأم با افت شدید دما می‌گردد. توده هوای دیگری که در مقیاس منطقه‌ای عمل می‌کند، توده هوای خزری است. منشأ آن، دریای خزر در شمال کشور است که بطور عمده نوار ساحلی کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ولی به دلیل اشتراک مرز استان زنجان با استان گیلان، قسمت کوچکی از ارتفاعات البرز مرکزی و غربی تحت تأثیر این توده واقع می‌شود و نزولات جوّی بیشتری را نسبت به سایر نقاط استان زنجان دریافت می‌کند. استان زنجان به دلیل ارتفاع بالا عامل صعودی در برابر توده‌های ورودی به کشور است و نیز قرارگیری در معرض جبهه هواهای مدیترانه‌ای بارندگی مناسبی را دارا می‌باشد، بطوریکه میانگین بارش سالانه آن بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر است. هسته بیشینه بارش بهاره ایران در آذربایجان قرار دارد (علیجانی، ۱۳۸۴) در نتیجه در استان زنجان نیز از نظر توزیع فصلی بیشترین

بارش در بهار می‌باشد، سپس به ترتیب در زمستان، پاییز و تابستان است و بیشترین بارش ماهیانه در فروردین ماه (آوریل) است.

۱-۵ مطالعات پیشین

منطقه مورد مطالعه از دیدگاه زمین‌شناسی ساختمانی، جزء زون البرز- آذربایجان قرار می‌گیرد (نبوی، ۱۳۵۵) و همچنین از دیدگاه فلزایی، به زون البرز غربی (طالقان- طارم) تعلق دارد (امامی و همکاران ۱۳۷۲ و آقنابتی ۱۳۷۰).

وجود توده‌های نفوذی اسیدی تا حدواسط و دگرسان‌های گسترده، زون البرز- آذربایجان را به لحاظ زمین‌شناسی، جزء مناطق مستعد برای اکتشاف و شناسایی کانسارهای فلزی و غیر فلزی نموده است.

بطور کلی مطالعات انجام شده پیشین به شرح زیر می‌باشد:

- ۱) نخستین مطالعات جامع بر روی ردیف‌های آتشفشانی- رسوبی منسوب به سازند کرج، در منطقه تارم زنجان توسط Hirayama et al, (1966) انجام شده است.
- ۲) گزارش ورقه ۱/۲۵۰۰۰۰ زنجان (شماره D4 سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور) که توسط Stocklin and Eftekharneshad, (1969) تهیه شده است.
- ۳) بررسی‌های پتروگرافی و ژئوشیمی سنگهای نوار ولکانوپلوتونیک منطقه طارم در ارتباط با ژنز مس توسط موید (۱۳۷۱).
- ۴) بررسی کانی‌سازی‌های سرب، روی و مس مناطق شمال غرب زنجان و شرق میانه در ارتباط با دگرسانی‌های گسترده گرمابی توسط خاکزاد و همکاران (۱۳۷۸).

۱-۶ روش تحقیق

پس از انجام مطالعات اولیه از جمله بررسی گزارش‌ها، نقشه‌ها و عکس‌های هوایی منطقه مورد مطالعه، عملیات صحرایی در پاییز ۸۹ بصورت چند مرحله بازدید غیرمداوم مجموعاً به مدت ۱۰ روز صورت گرفت. در جریان بازدیدهای انجام گرفته برداشتهای صحرایی و نمونه‌گیری از سنگ‌های آتشفشانی منطقه انجام پذیرفت و در مجموع ۷۰ نمونه برای مطالعه سنگ شناسی برداشت شد.

پس از عملیات نمونه‌برداری، کلیه نمونه‌های برداشت شده بررسی و از بین آنها ۴۵ نمونه برای تهیه مقاطع نازک انتخاب گردید.

پس از انجام مطالعات سنگ نگاری، نمونه‌های مناسب برای انجام تجزیه شیمیایی انتخاب و پس از پودر نمودن نمونه‌ها توسط شرکت کانساران بینالود، نمونه‌های پودر شده به شرح زیر به شرکت ACME واقع در ونکوور کانادا ارسال شد:

- تعداد ۵ نمونه جهت اندازه‌گیری مقادیر عناصر اصلی، فرعی، کمیاب و عناصر خاکی نادر به روش ICP-MS.
- تعداد ۵ نمونه جهت اندازه‌گیری مقادیر عناصر اصلی، فرعی و برخی عناصر کمیاب به روش ICP-ES.

۱-۷ هدف از مطالعه

تاکنون مطالعه دقیق بر روی پتروگرافی و پتروژنز سنگ‌های آتشفشانی منطقه ماری و همچنین سازوکار کانه‌زایی مس موجود در منطقه انجام نشده است. هدف از این تحقیق بررسی پتروگرافی، ژئوشیمی و تعیین جایگاه تکتونیکی سنگ‌های آتشفشانی منطقه و همچنین بررسی کانه‌نگاری و

تعیین تیپ کاندهزایی مس می‌باشد تا از این طریق ضمن آشنایی با پتانسیل‌های معدنی موجود در منطقه زمینه پی‌جویی‌های بیشتر مواد معدنی در استان مهیا گردد.

فصل دوم

زمین شناسی عمومی

۱-۲ زمین شناسی عمومی البرز غربی - آذربایجان

با توجه به قرارگیری منطقه مورد مطالعه در زون زمین‌ساختی البرز غربی - آذربایجان (نبوی، ۱۳۵۵، افتخارنژاد، ۱۳۵۹)، در ابتدا زمین‌شناسی عمومی این زون به اختصار تشریح می‌گردد (شکل ۱-۲). سلسله کوه‌های البرز با روند تقریبی شرقی-غربی، بخشی از رشته جبال آلپ-همالیا است که طی حرکات کوهزایی آلپ پایانی به صورت فعلی درآمده است.

با توجه به مناطق دگرگون شده دامنه شمالی البرز، چنین تصور می‌شود که امتداد شرقی-غربی البرز، قدیمی است و به پرکامبرین تعلق دارد که چین خوردگیهای بعدی نیز تحت تاثیر آن قرار داشته‌اند.

در البرز، فازهای کوهزایی پرکامبرین پایانی (کاتانگایی) و آلپی اثر نموده‌اند. کوهزایی پرکامبرین موجب استحکام پی‌سنگ دگرگونی البرز و بالا آمدن آن (بدون چین خوردگی) شده است.

فاز کیمبرین پیشین و لارامین، بیش از سایر فازهای کوهزایی بر البرز تاثیر گذاشته است. بطوری که البرز غربی در پالئوسن از آب خارج شده و در معرض فرسایش قرار گرفته است. فازهای کوهزایی پیرنه (الیگوسن زیرین) و پاسادنین (پلیو-پلئیتوسن)، موجب خارج شدن کامل البرز از آب شده‌اند.