



ISSN 2345 - 4997

Available online at: www.geo-dynamica.com

Vol. (1)- No. 01- Fall 2013
3rd Article- P. 25 to 37

GRIB

Geodynamics Research
International Bulletin

The Impact of Different Orogenic Phases on Deformation and Metamorphism of Volcano-Sedimentary Rocks in the Almbulage Complex (NW of Iran)

Mahbubeh Jamshidi Badr

Department of Geology, Payam Noor University, Tehran, Iran.

m_jamshidi@pnu.ac.ir

Article History:	Received: Dec. 09, 2013	Reviewed: Dec. 12, 2013
Revised: Dec. 14, 2013	Accepted: Dec. 15, 2013	Published: Dec. 16, 2013

ABSTRACT

Almbulage complex with volcano-sedimentary rocks that have been affected by three metamorphism phases are outcropped in northwest of Sanandaj-Sirjan metamorphic zone. Petrography and mineralogy by XRD analysis show that minerals such as talc, chlorite, epidote and muscovite were formed in the first phase of metamorphism and tremolite, actinolite and biotite in the second phase. Second metamorphism phase is the peak metamorphism phase and is related to green-schist facies. Four phases of deformation were determined in this complex. The first and the second deformation phases were related to the first and the second metamorphism phases, respectively and were determined with different crenulations. The third deformation phase coincided with the intrusion of acid rocks that were formed in the subduction zone and caused dome, metasomatism, skarn, the third phase of retrograde metamorphism and iron mines in this complex. The fourth deformation phase is distinguishable with created brittle fault.

Keywords: Almbulage Complex, Metamorphic, Deformation, Metasomatism.

تأثیر فازهای مختلف کوهزایی بر دگرشکلی و دگرگونی واحدهای رسوبی - آتشفشانی مجموعه آلمابولاغ (شمال غرب ایران)

محبوبه جمشیدی بدر

گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران (m_jamshidi@pnu.ac.ir)

تاریخ داوری: ۱۳۹۲/۹/۲۱	تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱۸	تاریخچه انتشار مقاله
تاریخ انتشار: ۱۳۹۲/۹/۲۵	تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲۴	تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۲/۹/۲۳

چکیده

مجموعه آلمابولاغ با واحدهای رسوبی - آتشفشانی که تحت تأثیر سه فاز دگرگونی قرار گرفته‌اند، در شمال غرب زون دگرگونی سنج - سیرجان برونزد دارد. پتروگرافی و بررسی XRD گویایی تشکیل کانی‌های تالک، کلریت، اپیدوت و موسکویت در فاز دگرگونی اول و کانی‌های ترمولیت، اکتینولیت و بیوتیت در فاز دگرگونی دوم می‌باشد که اوج دگرگونی مربوط به فاز دگرگونی دوم بوده و در گستره رخساره شیب سبز است. چهار فاز دگرشکلی در این مجموعه قابل تفکیک می‌باشد که فاز دگرشکلی اول و دوم با دگرگونی اول و دوم همزمان بوده و با ایجاد چین‌خوردگی‌های مختلف مشخص می‌شود. همزمان با فاز دگرشکلی سوم توده نفوذی اسیدی که در یک محیط فرورانش تشکیل شده، باعث گنبدی شدن، متاسوماتیسم، اسکارنزایی، تشکیل معادن آهن و دگرگونی پسرونده فاز سوم، در مجموعه آلمابولاغ شده است. فاز دگرشکلی چهارم با ایجاد انواع گسل‌ها در شرایط شکنا نسبت به بقیه فازهای دگرشکلی قابل تفکیک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مجموعه آلمابولاغ، دگرگونی، دگرشکلی، متاسوماتیسم

۱. مقدمه

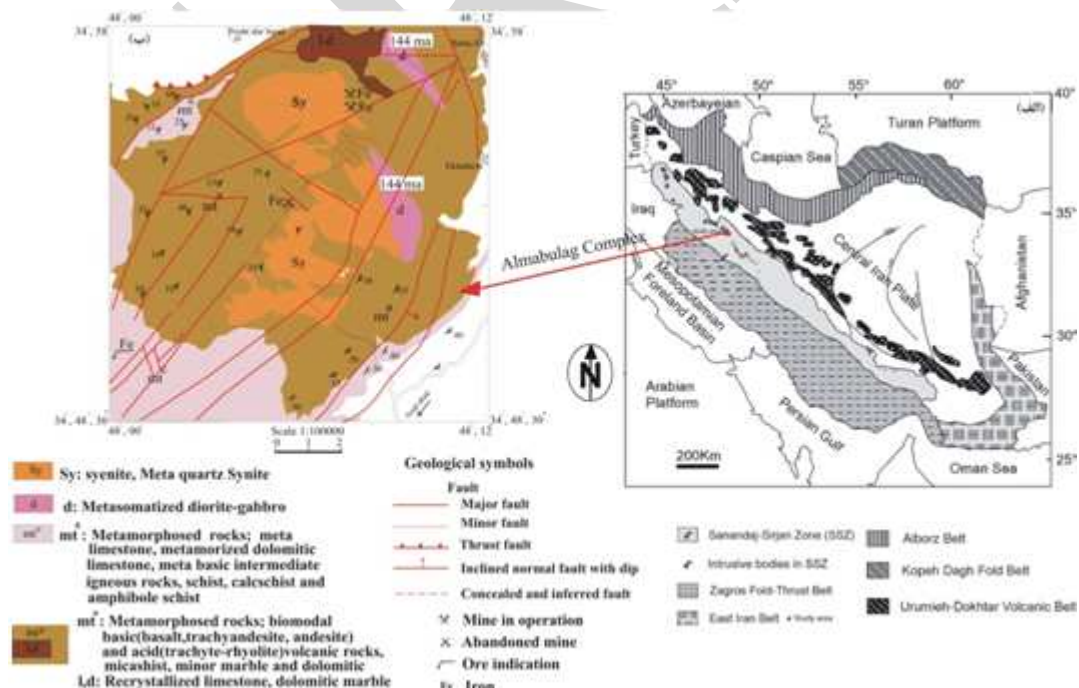
شیست‌های همدان که در اطراف این مجموعه برونزد دارند و همچنین مواد معدنی آهن که در چند منطقه برداشت می‌شود، است. در این تحقیق مجموعه دگرگونی آلمابولاغ از لحاظ سنگ‌های مادر و ارتباط فازهای دگرشکلی و دگرگونی و نحوه جایگزینی توده‌های نفوذی آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته و ارتباط دگرشکلی‌ها منطقه با مطالعات انجام شده قبلی (محجل و ایزدی کیان، ۱۳۸۶؛ توکلی، ۱۳۸۳؛ Aliani et.al 2012) در شمال غرب زون سنندج - سیرجان مقایسه شده تا روند تشکیل، جای‌گیری، حرارت و فشار سنگ‌های دگرگونی مجموعه آلمابولاغ مشخص شود.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. زمین‌شناسی عمومی منطقه

مجموعه آلمابولاغ در شمال غرب زون دگرگونی سنندج - سیرجان قرار گرفته و در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تویسرکان معرفی شده است (شکل ۱) (Rutner & Alavi 1991؛ Stoklin 1996 and؛ اشراقی و محمودی، ۱۳۸۲).

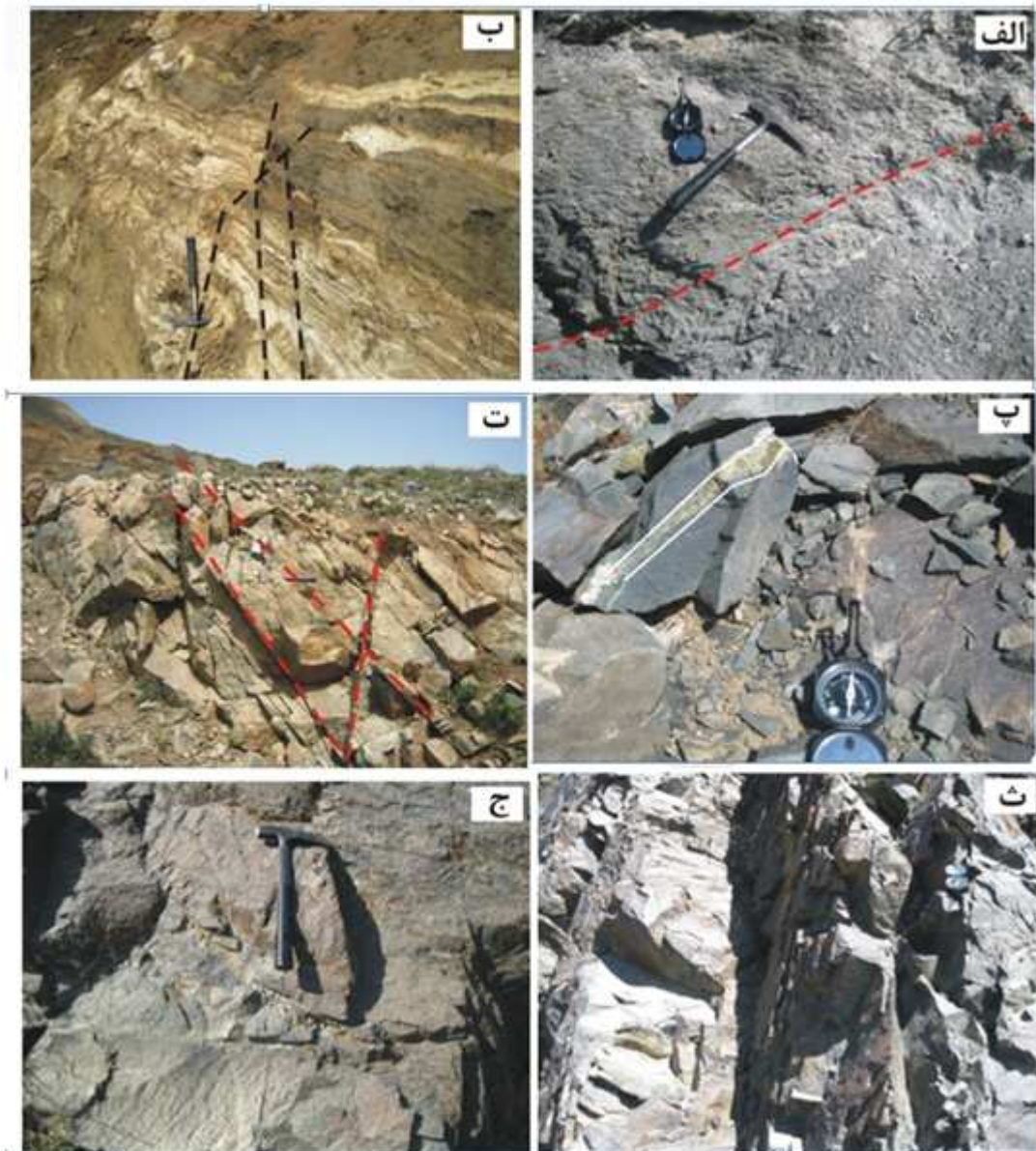
سنگ مادر سنگ‌های دگرگونی، تحلیل ساختارها، بافت‌ها و ارتباط آن‌ها با فازهای دگرگونی می‌تواند در جهت تشخیص محیط، زمان تشکیل و نحوه جای‌گیری توده‌های نفوذی همراه با سنگ‌های دگرگونی در مجموعه‌های دگرگونی کاربردی باشد (حاج‌علی‌اوغلی، ۱۳۹۰؛ Jamshidi et.al 2013؛ Bell 2003؛ Waters and Lovegrove 2002؛ Kruhl and Vernon et.al 1993؛ Peternell 2001). تشکیل کانی‌های مختلف دگرگونی گویایی حرارت و فشار منطقه است و در سنگ‌های مادر مختلف کانی‌های دگرگونی متفاوت در شرایط حرارت و فشار یکسان تشکیل می‌شوند. کانی‌های شاخص دگرگونی در مجموعه‌های دگرگونی و نحوه ارتباط آن‌ها با فازهای دگرشکلی کمک مؤثری در تحلیل شرایط تشکیل مجموعه‌های دگرگونی است (Passchier and Trouw 2005؛ Jamshidi et.al 2012). منطقه آلمابولاغ که در شمال غرب ایران و در ۱۵ کیلومتری غرب همدان برونزد دارد، دارای تکتونیک فعال بوده و شامل واحدهای رسوبی - آتشفشانی آلمابولاغ، واحدهای آهکی چنارشیخ و واحد



شکل ۱. الف) موقعیت مجموعه آلمابولاغ در نقشه زمین‌شناسی ایران اقتباس از (Rutner and Stocklin 1967؛ Alavi 1991) با تفکیک توده‌های نفوذی و ولکانیکی در زون سنندج - سیرجان و زون اورمیه - دختر، ب) نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه آلمابولاغ اقتباس از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تویسرکان (اشراقی و محمودی، ۱۳۸۲).

رگه‌های اپیدوت و تورمالین و دو واحد سنگی آذرین بازیک و اسیدی است. در شکل (۲) و (۳) برونزد انواع سنگ‌های مختلف در این مجموعه نشان داده شده است.

در نقشه چهار گوش تویسرکان قدیمی‌ترین واحدهای سنگی، سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی مجموعه آلمابولاغ معرفی شده‌اند که مربوط به زمان پیش از تریاس میانی بوده و شامل شیست‌ها، کالک‌شیست‌ها، مرمرها، آمفیبولیت‌ها،



شکل ۲. برونزد سنگ‌های مجموعه آلمابولاغ و ساختارهای گسل در آن‌ها. الف) گسل در شیست‌های منطقه غرب روستای بابا علی، دید عکس رو به سمت شمال است، ب) برونزد کالک‌شیست‌ها در غرب منطقه و ساختار گسل‌های موازی و متقاطع در آن‌ها، دید عکس رو به سمت شمال، ت) برونزد توده‌های آذرین اسیدی در مرکز مجموعه آلمابولاغ و ساختار گسل‌های متقاطع در آن‌ها، دید عکس رو به سمت شمال، پ) و ت) برونزد آمفیبولیت‌ها و اپیدوتیتی شدن آمفیبولیت‌ها در غرب منطقه، ج) برونزد سنگ‌های آذرین مافیک (متاگابروها) در جنوب منطقه.

(اواخر ژوراسیک - اوایل کرتاسه) تعیین شده است (Valizadeh and Cantagrel 1975). شواهد فیلدی که شامل حضور انکلاوهایی از توده بازیک در داخل توده اسیدی است

برونزد توده آذرین بازیک در سه قسمت از مجموعه آلمابولاغ مشاهده می‌شود. از لحاظ حجم نسبت به توده نفوذی اسیدی کمتر بوده و سن‌سنجی مطلق Rb-Sr این توده گویایی جای‌گیری آن در زمان 144 ± 7 میلیون سال

گویایی قدیمی‌تر بودن توده بازیگ نسبت به توده اسیدی می‌باشد.



شکل ۳. برونزد سنگ‌های مختلف مجموعه آلمابولاغ و ساختارهای چین‌خوردگی در آن‌ها. الف) برونزد شیست‌ها با ساختار ریزچین‌های در جنوب منطقه و غرب روستای آخته‌چی دید عکس رو به سمت شمال، ب) برونزد نیمه‌شیست‌ها با ساختار چین‌های خوابیده و ریزچین‌ها در غرب منطقه، پ) برونزد کالک شیست‌ها با ساختار چین‌های باز در جنوب منطقه، دید عکس رو به غرب، ت) و ث) کالک شیست‌ها با ساختار چین‌های خوابیده و ریزچین‌ها در غرب منطقه، دید عکس رو به سمت جنوب، ج) بزرگ‌نمایی قسمت مقطع چهار گوش تصویر (ث) که چین‌خوردگی‌های دگرشکلی دوم را به خوبی نشان می‌دهد، چ) برونزد اپیدوتیت‌ها در جنوب منطقه با چین‌های شکنا حاصل از دگرشکلی سوم و ریزچین‌ها، دید عکس رو به شمال، ح) برونزد رگه‌های کوارتز در شیست‌های جنوب منطقه حوالی روستای آخته‌چی، خ) برونزد کالک شیست‌ها با ساختار ریزچین‌ها و چین‌های شکنا در غرب منطقه.

متادیوریت نامیده می‌شود (شکل ۲-ج). توده اسیدی به رنگ خاکستری روشن تا متوسط در مرکز مجموعه آلمابولاغ برونزد دارد که حالت گنبدی شکل دارد و باعث حالت گنبدی شدن کل مجموعه آلمابولاغ شده است. همچنین آثار فعالیت گسل‌های متقاطع در حالت شکنا در این توده مشاهده

. آثار دگرشکلی در این توده مشاهده نمی‌شود ولی آثار دگرسانی در این توده به وضوح قابل تشخیص است. به طوری که پیروکسن‌ها به طور کامل به آمفیبول تبدیل شده‌اند و فقط آثار بافت افیتیک و ساب افیتیک اولیه باقی مانده است. به دلیل دگرگونی پسرونده در این تحقیق متاگابرو-

شیست‌های مجموعه آلمابولاغ دارای برگوارگی مشخص و شامل کانی‌های صفحه‌ای موسکویت و بیوتیت که فراوانی موسکویت خیلی بیشتر بوده و کانی‌های دانه‌ای کوارتز، پلاژیوکلاز و در بعضی از نمونه‌ها کانی‌های دانه‌ای کدر نیز مشاهده می‌شود. از لحاظ بافتی در این نوع شیست‌ها دو نوع برگوارگی به وضوح قابل تشخیص است. برگوارگی اول (S1) که باعث طولیل‌شدگی و جهت‌دار شدن کانی‌های میکایی شده است و برگوارگی دوم (S2) که در اثر چین خوردگی برگوارگی S1 و رشد کانی‌های صفحه‌ای بیوتیت بر سطح محوری چین خوردگی ثانویه تشکیل شده است و در (شکل ۴ الف - چ) به وضوح این دو نوع برگوارگی قابل تشخیص است. در بعضی از شیست‌ها کانی‌های فلزی همراه با لایه‌بندی اولیه تشکیل شده است که می‌تواند مربوط به همزمان با رسوب‌گذاری باشد (شکل ۴ ت و ث).

۲.۲.۲. نیمه‌شیست‌ها

نیمه‌شیست‌ها دارای فراوانی بیشتری نسبت به شیست‌ها می‌باشند چون محیط رسوبی و آتشفشانی بوده لذا لایه‌بندی اولیه واحدهای رسی کوارتزار در مجموعه آلمابولاغ بیشتر است. در این نوع شیست‌ها کانی‌های میکایی مثل موسکویت و بیوتیت با بافت صفحه‌ای و کانی‌های کوارتز با خاموشی موجی مشخص و حالت کشیدگی واضح که گویایی تأثیر نیروهای دینامیکی در محیط می‌باشد، در بعضی از نمونه‌ها کوارتزها دارای حاشیه مضرص نیز می‌باشند (شکل ۴ - ح). لایه‌بندی اولیه و برگوارگی S1 که باعث طولیل‌شدگی کانی‌های صفحه‌ای و کشیدگی کانی‌های دانه‌ای کوارتز شده است، در این نمونه‌ها قابل تشخیص است.

همچنین دگرشکلی دوم (D2) که باعث چین‌خوردگی برگوارگی S1 و حتی تشکیل و رشد کانی‌های جدید صفحه‌ای بر روی سطح محوری چین‌ها شده است. علاوه بر دو نوع برگوارگی ذکر شده در این نوع سنگ‌ها حالت برش و سایه‌های فشاری در اطراف کانی‌های فلزی و پلاژیوکلازهای درشت بلور دیده می‌شود (شکل ۴ - ر).

می‌شود (شکل ۲ - ت). در بافت‌های میکروسکوپی از توده نفوذی سینوگرانیته شواهدی از دگرشکلی شکل‌پذیر وجود ندارد. فقط هم‌رشدی‌های ماگمایی در این توده نفوذی مشاهده می‌شود که مربوط به زمان تبلور ماگما است. همچنین با توجه به آنومالی بالای سدیم (Na) در این توده نفوذی و شرایط بافتی توده نفوذی اسیدی جایگیری آن در دو مرحله گزارش شده (جمشیدی‌بدر و همکاران، ۱۳۹۲) که جایگیری نهایی با تأثیر شاره‌های فلوردار در منطقه می‌باشد، همچنین اطراف توده اسیدی در این مجموعه رگه‌های تورمالین از نوع هیدروترمال حضور دارند که می‌تواند دلیلی بر فعالیت شاره‌های ماگمایی فلوردار در منطقه باشد (جمشیدی‌بدر و همکاران، ۱۳۹۲). از لحاظ دگرشکلی فقط تأثیر گسل‌های متقاطع در این توده نفوذی که در حالت جامد و بدون شکل‌پذیری مشاهده می‌شود، که می‌تواند مربوط به فعالیت‌های تکتونیک بعد از جای‌گیری و سرد شدن توده نفوذی باشد (شکل ۲).

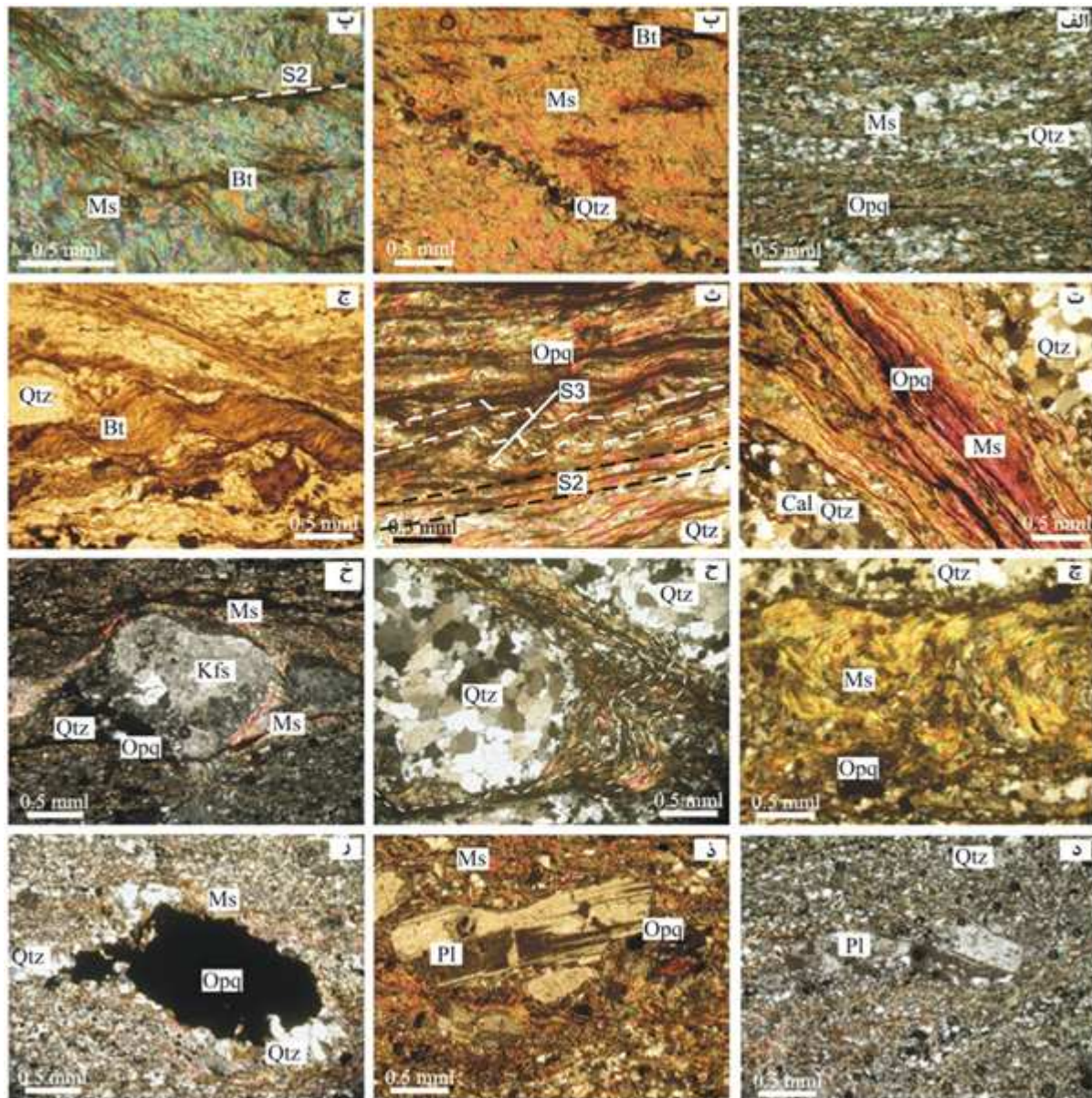
۲.۲.۲. دگرشکلی سنگ‌های دگرگونی مختلف مجموعه آلمابولاغ

در این قسمت پتروگرافی و بافت سنگ‌های دگرگونی در مجموعه دگرگونی آلمابولاغ توصیف می‌شود.

۲.۲.۱. شیست‌ها

برونزد شیست‌ها در مجموعه آلمابولاغ کم بوده و بیشتر به صورت بین لایه‌ای همراه با نیمه شیست‌ها و کالک شیست‌ها در جنوب و شمال این مجموعه دیده می‌شوند، سنگ مادر شیست‌ها از سنگ‌های پلیتی است که در زمان رسوب‌گذاری با واحدهای دیگر تشکیل شده‌اند و در اثر تأثیر فاز دگرگونی اول و دوم (M1, M2) در این منطقه به شیست تبدیل شده‌اند (شکل ۴).

اکثر شیست‌ها با پورفایروبلست‌های مختلف خارج از مجموعه آلمابولاغ برونزد دارند که به عنوان اسلیت‌ها و شیست‌های همدان نام‌گذاری شده‌اند. چون در این تحقیق هدف از بررسی معرفی پتروگرافی و بافتی سنگ‌های مادر رسوبی و آتشفشانی مجموعه آلمابولاغ است لذا در مورد بافت و کانی‌شناسی شیست‌های همدان توضیحی داده نمی‌شود.



شکل ۴. تصویر سنگ‌نگاری و بافت سنگ‌های دگرگونی شیست‌ها و نیمه‌شیست‌های مجموعه آلمابولاغ. الف) لایه‌بندی اولیه همراه با برگوارگی S1 در شیست‌ها، ب) حالت چین‌خوردگی و رشد کانی بیوتیت در سطح محوری چین‌ها و ایجاد برگوارگی S2، همان طوری که در تصویر دیده می‌شود جهت برگوارگی دوم عمود بر برگوارگی اول است، پ) رشد کانی بیوتیت در سطح محوری چین‌ها و ایجاد برگوارگی دوم و چین‌خوردگی بیوتیت‌های رشد کرده در سطح محوری در اثر دگرشکلی سوم، ت) ایجاد ریزچین‌ها در برگوارگی دوم در اثر دگرشکلی D3، ث) ایجاد برگوارگی S3 در شیست‌های منطقه، ج) ایجاد ریزچین‌ها در برگوارگی S2 در اثر دگرشکلی D3، چ) و ح) ایجاد ریزچین‌ها در میکاهای اطراف گرهک‌های کوارتز، خ) ایجاد حالت چشمی در کانی آلکالی فلدسپار و تشکیل نوارهای موسکویت در اطراف کانی آلکالی فلدسپار، د) دگرشکلی در نیمه‌شیست‌ها، ذ) دگرشکلی پلاژیوکلاز و همراه با نوارهای بیوتیت و موسکویت در اطراف آن، ر) حالت برش در کانی تیره فلزی و ایجاد و رشد کانی‌های کوارتز در مناطق کم استرس.

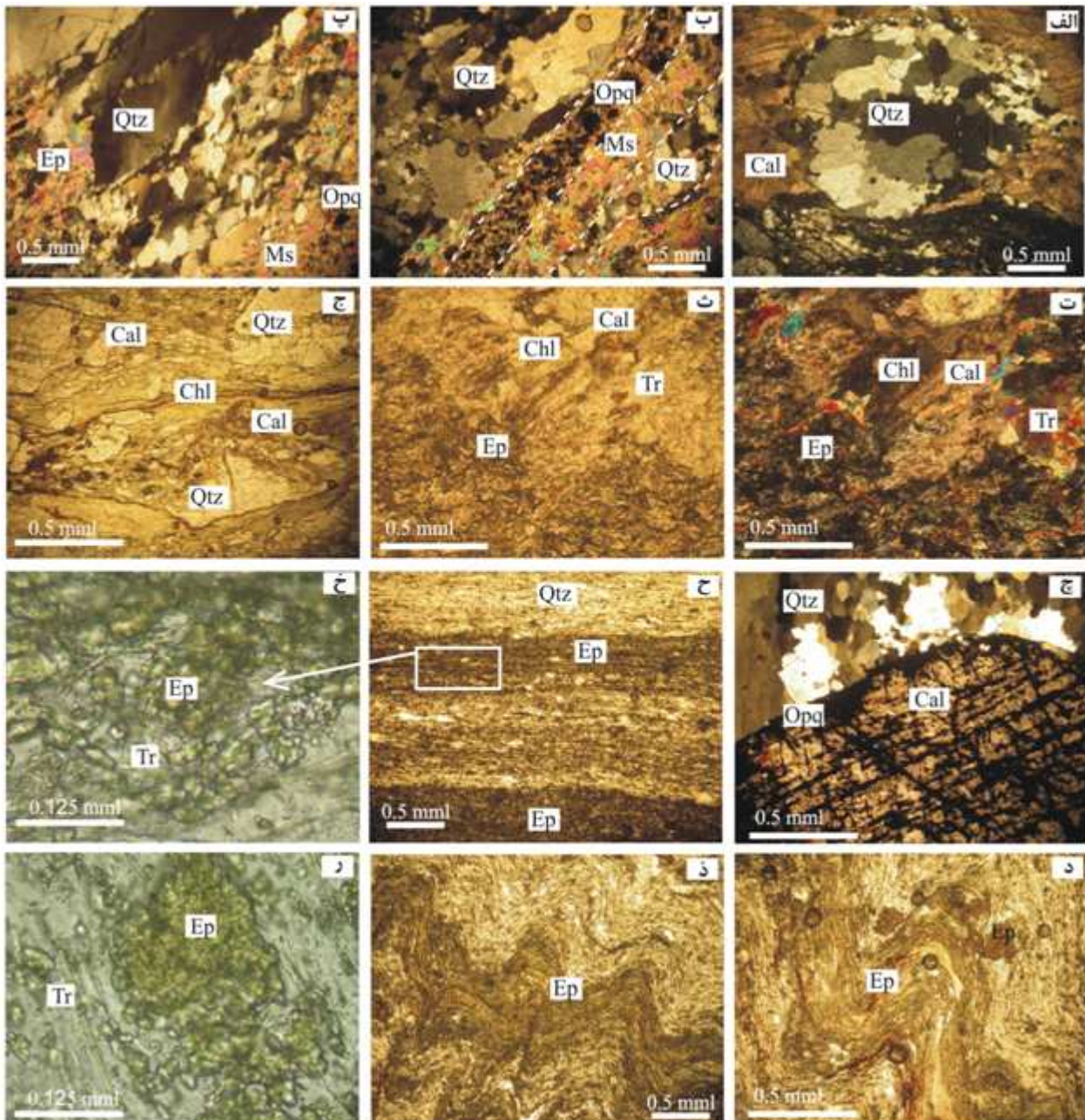
می‌شوند. سنگ‌های آهنی دربرگیرنده توده‌های نفوذی اسیدی تشکیل ذخایر آهن قابل استخراج در این مجموعه را در ارتباط با اسکارنزایی داده‌اند (توکلی، ۱۳۸۳). از لحاظ کانی‌شناسی شامل کلسیت‌های با ماکل دگرشکلی مشخص و در اندازه‌های متغیر می‌باشند و در بعضی از نمونه‌ها در امتداد

۳.۲.۲. کالک - شیست‌ها

کالک - شیست‌ها نیز همانند نیمه شیست‌ها نسبت به شیست‌ها در مجموعه آلمابولاغ فراوانی زیاد دارند. به طوری که در اکثر منطقه بروزند داشته و در قسمت غرب منطقه به صورت خالص بوده که مررها را تشکیل داده‌اند و مجموعه چنار شیخ نامیده

بعضی از واحدهای کالک شیست‌ها دارای ندول‌های چرتی می‌باشد که گویایی تشکیل سنگ مادر آن‌ها در محیط‌های رسوبی زیر دریایی است (شکل ۵ الف).

رخ‌های کلسیت کانی‌های فلزی تشکیل شده‌اند (شکل ۴ چ). از لحاظ بافتی بر گوارگی و لایه‌بندی اولیه در این نمونه‌ها قابل تشخیص است و حالت چین خوردگی هم در لایه‌های غنی از کانی‌های میکایی به وضوح دیده می‌شود (شکل ۴ ت).



شکل ۵. تصویر سنگ‌نگاری و بافت سنگ‌های دگرگونی کالک-شیست‌ها و اپیدوتیت‌های مجموعه آلمابولاغ. الف) گرهک‌های کوارتز در کالک شیست‌ها، ب) تشکیل لایه‌های غنی از کانی‌های تیره فلزی در کالک-شیست‌ها، پ) دگرشکلی کانی کوارتز با حاشیه‌های دندان‌های و خاموشی موجی در کالک-شیست‌ها، ت) حضور کانی‌های اپیدوت، کلریت، کلسیت، ترمولیت و کوارتز در کالک شیست‌ها در نور PPI و XPI، ج) جهت یافتگی در کالک شیست‌ها نور PPI، چ) تشکیل کانی‌های تیره فلزی در امتداد رخ‌های بلور کلسیت در کالک شیست‌ها، ح) لایه‌بندی اولیه و جهت یافتگی در اپیدوتیت‌ها، خ) بخش چهارگوش نشان داده شده در شکل (ح) می‌باشد که حضور کانی‌های اپیدوت و ترمولیت با بزرگنمایی بیشتر نشان داده شده است، د) و ذ) ریز چین‌ها در اپیدوتیت‌ها نشان داده شده است، ر) حضور اپیدوت و ترمولیت در اپیدوتیت‌هایی که دارای چین خوردگی می‌باشند با بزرگنمایی بیشتر و در نور PPI نشان داده شده است.

۴.۲.۲. اپیدوتیت‌ها

اپیدوتیت‌ها با رنگ سبز در صحرا قابل تشخیص هستند و در اطراف توده‌های نفوذی اسیدی که در مرکز مجموعه آلمابولاغ برونزد دارد به فراوانی دیده می‌شوند و در بعضی از نمونه‌ها به دلیل حضور کوارتز به رنگ سفید تا سبز کم رنگ دیده می‌شوند.

کانی‌های اپیدوت با رنگ سبز و برجستگی بالا نسبت به بقیه کانی‌ها قابل تشخیص هستند و دارای بافت دانه‌ای بوده و همراه با کانی کوارتز لایه‌بندی اولیه، برگوارگی و حتی چین‌خوردگی واضحی را نشان می‌دهند که حالت‌ها چین‌خوردگی در نمونه‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی به وضوح قابل تشخیص است (شکل ۳-ج و ۵-ح، ۵-ر). بعضی از نمونه‌ها دارای تالک و ترمولیت نیز می‌باشند که با توجه به پاراژنز کانی‌های موجود در این نوع سنگ‌ها، سنگ مادر آن‌ها از نوع مارن است (شکل ۵-ت).

۵.۲.۲. آمفیبولیت‌ها

آمفیبولیت‌ها اکثراً از کانی‌های آمفیبول با بافت ستونی که جهت‌یافتگی مشخصی دارند و پلاژیوکلازهای کلسیک که دارای بافت دانه‌ای هستند، تشکیل شده‌اند. برونزد آن‌ها بیشتر در جنوب منطقه است. از لحاظ دگرشکلی در این نمونه‌ها آثار برشی به وضوح قابل تشخیص می‌باشد. همراه آمفیبولیت نیز با فراوانی کمتر کانی‌های اپیدوت و تالک نیز حضور دارند (شکل ۲-پ و ت، شکل ۴-الف و ب).

۶.۲.۲. متاگابروها

متاگابروها در سه منطقه در مجموعه آلمابولاغ حضور دارد آثار دگرشکلی شکل‌پذیر همانند بقیه واحدهای سنگی در این سنگ‌ها مشاهده نمی‌شود. فقط آثار دگرگونی پسروده و متاسوماتیسم که شامل تبدیل پیروکسن‌ها به آمفیبول و کلریت است. به طوری که شواهدی بابتی آذرین اولیه در سنگ باقی مانده است (شکل ۲-ج و شکل ۵-ب و ت).

۳.۲. آنالیز XRD

جهت اطمینان از حضور کانی‌های دگرگونی در سنگ‌های دگرگونی، از سنگ‌های دگرگونی مختلف ۱۰ نمونه جهت بررسی XRD انتخاب شدند و در آزمایشگاه بررسی XRD مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور (استان البرز) بررسی انجام شده است. نتایج بررسی گویایی حضور کانی‌های تالک، اپیدوت، کلینوزویت، ترمولیت، اکتینولیت، موسکویت، فلوگوپیت، بیوتیت، کلسیت، دولومیت، کوارتز، آلپیت، آنورتیت و آلکالی فلدسپار در سنگ‌های مادر مختلف مجموعه دگرگونی آلمابولاغ می‌باشد.

۴.۲. شرایط تشکیل کانی‌های دگرگونی در مجموعه آلمابولاغ

واکنش‌های تشکیل کانی‌های دگرگونی در سنگ‌های مادر مختلف می‌تواند به صورت زیر باشد (علائم اختصاری استفاده شده در واکنش‌های دگرگونی و تصاویر از (کرتز، ۱۹۸۳) است).

۱.۴.۲. موسکویت

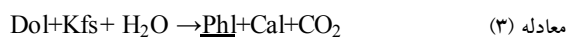
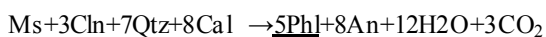
کانی دگرگونی موسکویت در سنگ‌های دگرگونی مختلف با سنگ‌های مادر متفاوت پلیتی، نیمه‌پلیتی و مارن‌ها حضور دارد و فراوان‌ترین کانی دگرگونی در سنگ‌های دگرگونی مجموعه آلمابولاغ است. با توجه به جهت یافتگی برتر موسکویت در سنگ‌های مادر مختلف گویایی تشکیل آن در شرایط دگرگونی ناحیه‌ای می‌باشد. واکنش‌های دگرگونی که باعث تشکیل موسکویت در مجموعه آلمابولاغ شده، می‌تواند به صورت زیر باشد:

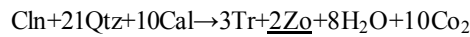
شیست‌ها و نیمه‌شیست‌ها (متاپلیت‌ها):



کالک‌شیست‌ها (متامارن‌ها):

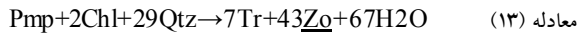
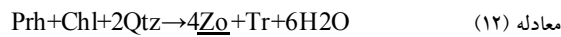
معادله (۲)





۲.۴.۲ بیوتیت

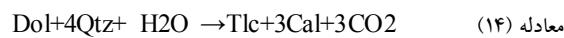
آمفیبولیت‌ها (متابازیک‌ها):



۲.۴.۵ تالک

کانی تالک در کالک‌شیت‌ها حضور دارند و واکنش‌های تشکیل تالک می‌تواند در اثر واکنش‌های زیر باشد.

کالک - شیت‌ها (متامارن‌ها):



کانی دگرگونی بیوتیت در دومین فاز دگرگونی با جهت یافتگی مشخص تشکیل شده است. این کانی‌ها در امتداد سطح محوری چین خوردگی‌های ایجاد شده در برگوارگی S1 تشکیل شده و باعث ایجاد برگوارگی S2 شده است. واکنش‌های دگرگونی تشکیل بیوتیت در شیت‌ها و نیمه‌شیت‌ها می‌تواند در ارتباط با واکنش‌های دگرگونی زیر باشد:

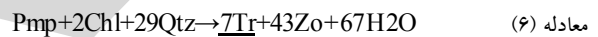
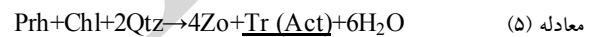
شیت‌ها (متابلیت‌ها):



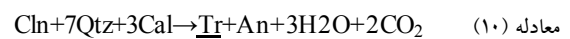
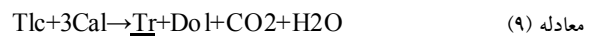
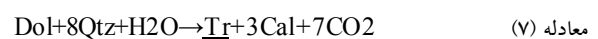
۲.۴.۳ آمفیبول

کانی دگرگونی آمفیبول از نوع ترمولیت و اکتینولیت در سنگ‌های دگرگونی آمفیبولیت و کالک شیت‌ها حضور دارند. شرایط تشکیل آمفیبول در سنگ‌های مادر مختلف، می‌تواند در اثر واکنش‌های زیر باشند:

آمفیبولیت‌ها (متابازیک‌ها):



کالک - شیت‌ها (متامارن‌ها):



۲.۴.۴ اپیدوت

کانی دگرگونی اپیدوت در سنگ‌های مادر مارن‌ها، کالک - شیت‌ها و با فراوانی کمتر در آمفیبولیت‌ها حضور دارد. واکنش‌های تشکیل اپیدوت در سنگ‌های مادر مختلف می‌تواند در اثر واکنش‌های زیر ایجاد شوند.

کالک - شیت‌ها (متامارن‌ها):

معادله (۱۱)

۳. بحث و نتایج

مطالعات پتروگرافی و بررسی XRD گویایی حضور کانی‌های کلسیت، دولومیت، تالک، اپیدوت (کلینوزویت)، ترمولیت، اکتینولیت، موسکویت (فلوگوپیت)، آلپیت، آنورتیت و آلکالی فلدسپار در کالک شیت‌ها، حضور کانی‌های موسکویت، بیوتیت، کوارتز و پلاژیوکلاز در شیت‌ها و نیمه‌شیت‌ها و حضور کانی‌های ترمولیت، اکتینولیت، اپیدوت، کلریت، پلاژیوکلاز در آمفیبولیت‌ها در مجموعه دگرگونی آلمابولاغ می‌باشد.

واکنش‌های دگرگونی که شرایط تشکیل این کانی‌ها را به وجود می‌آورند به طور ویژه حضور مجموعه کانی‌های کلریت + اپیدوت + اکتینولیت در متابازیک‌ها و حضور ایزوگرا د ترمولیت در کالک شیت‌ها مشخصه گسترده رخساره شیت سبز بوده که حرارت و فشار لازم برای ایجاد این سنگ‌های دگرگونی در گستره دمایی ۵۵۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و گستره فشار ۵-۴/۵ کیلو بار می‌باشد (شیخی و همکاران، ۱۳۹۱).

سه نوع چین خوردگی در سنگ‌های مادر مختلف مجموعه آلمابولاغ که شامل چین‌های خوابیده و چین‌های باز و چین‌های شکنا هستند، قابل تفکیک می‌باشد (شکل ۳) که با بررسی‌های قبلی که توسط محجل و ایزدی کیان (۱۳۸۶) در

بعد از جای‌گیری کل مجموعه تحت تأثیر دگرشکلی D4 که یک دگرشکلی شکنا می‌باشد، قرار گرفته‌اند.

دگرشکلی فاز D4 گسل‌های متقاطع در توده نفوذی اسیدی که آخرین فاز آذرین منطقه است، ایجاد کرده و همچنین باعث دگرشکلی‌های برشی در واحدهای مختلف سنگی در مجموعه آلمابولاغ شده است.

جای‌گیری توده نفوذی اسیدی در واحدهای آهکی باعث اسکارنزایی و تشکیل مواد معدنی در چند منطقه از این مجموعه شده است.

مواد معدنی که به صورت اسکارن تشکیل شده‌اند تحت تأثیر آخرین فاز دگرشکلی D4 قرار گرفته و حالت برشی نشان می‌دهند (شکل ۴-ر).

تأثیرات فازهای دگرشکلی D1, D2 در مواد معدنی فلزی مجموعه آلمابولاغ نیز مشاهده می‌شود (شکل ۴-ب و ت) تشکیل مواد معدنی مربوط در این مجموعه علاوه بر اسکارنزایی در زمان رسوب‌گذاری با بقیه واحدهای رسوبی هم تشکیل شده و تحت تأثیر فازهای دگرشکلی D1 همراه با بقیه کانی‌ها به صورت جهت‌دار قرار گرفته و در اثر دگرشکلی فاز D2 چین‌خوردگی پیدا کرده است.

با توجه به شواهد پتروگرافی و بافتی در این مجموعه مواد معدنی در طی چندین فرایند مختلف که شامل همزمان با رسوب‌گذاری، طی چین‌خوردگی و اسکارنزایی تشکیل شده و تحت تأثیر آخرین فاز دگرشکلی شکنا D4 تجمع پیدا کرده است.

بیشترین ذخیره مواد معدنی آهن مربوط به مرحله اسکارنزایی که حاصل از جای‌گیری آخرین فاز آذرین اسیدی (توده سینوگرانیته) در مجموعه آلمابولاغ است.

شواهد کانی‌شناسی و بافتی گویایی تشکیل سه فاز دگرگونی در مجموعه آلمابولاغ می‌باشد که کانی‌های تالک، کلریت، موسکویت در دگرگونی‌های فاز M1 و کانی‌های ترمولیت، اکتینولیت، بیوتیت در فاز دگرگونی M2 تشکیل شده‌اند و اوج دگرگونی مربوط به فاز دگرگونی M2 و مربوط به رخساره شیست سبز است.

مجموعه‌های چنار شیخ، آلمابولاغ و شیست‌های همدان معرفی کرده‌اند، همخوانی دارد.

چین‌خوردگی‌های نسل اول و دوم در شرایط کاملاً شکل‌پذیر تشکیل شده‌اند و با دگرگونی M1 و M2 همراه می‌باشند ولی چین‌خوردگی نسل سوم در حالت نیمه‌شکل‌پذیر تا حالت شکنا تشکیل شده است. سه نسل چین‌خوردگی که در اثر سه دگرشکلی مختلف تشکیل شده‌اند که در مقیاس میکروسکوپی با برگوارگی‌های S1, S2, S3 قابل تشخیص هستند.

برگوارگی S1 که در اثر دگرشکلی فاز D1 ایجاد شده است، باعث شده کانی‌های میکایی مثل کلریت و موسکویت به موازات همدیگر قرار گیرند.

دگرشکلی فاز D2 باعث چین‌خوردگی برگوارگی S1 و رشد کانی‌های بیوتیت در سطح محوری این چین‌خوردگی‌ها شده که برگوارگی S2 را تشکیل داده است.

دگرشکلی فاز D3 در بعضی از نمونه‌ها باعث چین‌خوردگی‌های برگوارگی S2 شده و برگوارگی S3 را ایجاد کرده است ولی گسترش برگوارگی S3 خیلی کمتر از برگوارگی S2 است. شکل (۴-ب و ج) به طور وضوح تأثیر سه نوع دگرشکلی را در شیست‌ها نشان می‌دهد.

گسل‌های متقاطع که در شرایط کاملاً شکنا تشکیل شده و تأثیرات آن در توده نفوذی اسیدی (سینوگرانیته) و بقیه واحدهای سنگی مشاهده می‌شود (شکل ۲).

بررسی توده نفوذی اسیدی در مقیاس میکروسکوپی گویایی این است که این توده فاقد آثار دگرشکلی‌های D1, D2 و همچنین فاقد حضور کانی‌های دگرگونی است لذا بالاآمدگی و جای‌گیری این توده نفوذی بعد از دگرشکلی‌های D1, D2 بوده و همزمان با دگرشکلی D3 و یا بعد از آن می‌باشد.

به دلیل حجم عظیم این توده نفوذی حالت گنبدی شکل به این مجموعه داده است که باعث چین‌خوردگی حاصل در فاز دگرشکلی D3 و در بعضی از پرتولیت‌ها باعث برش شده است.

توده‌های آذرین مافیک و فلسیک مجموعه آلمابولاغ همانند بقیه توده‌های نفوذی مجاور مثل توده‌های نفوذی الوند، بروجرد و قروه در یک محیط فرورانشی و ماگمایی که حاصل بسته شدن نئوتیس و فرورانش بین پلیت ایران و عربستان می‌باشد (Aliani et.al 2012؛ Mehrabi et. al 2009؛ Shabaz et.al 2010؛ Ahmadi Khalaji et.al 2007).

روند جای‌گیری توده‌های فلسیک در مجموعه آلمابولاغ در دو مرحله انجام گرفته است (جمشیدی‌بدر و همکاران، ۱۳۹۲) که جای‌گیری نهایی توده‌های فلسیک باعث گنبدی شدن منطقه شده است و در واحدهای دولومیتی و کلسیتی باعث تشکیل مواد معدنی طی فرآیند اسکارنی شده است و همچنین به دلیل حضور سیال‌های ماگمایی باعث اپیدوتیتی شدن، کلسیتی شدن، آلیتی شدن، فراوانی کانی‌های اکسیدی هماتیت و مگنتیت، تشکیل رگه‌های کوارتز و تورمالین هیدروترمال و دگرگونی پسرونده نهایی در منطقه شده است.

۴. نتیجه‌گیری

مجموعه آلمابولاغ دارای واحدهای رسوبی - آتشفشانی بوده که تحت تأثیر سه فاز دگرگونی M1, M2, M3 قرار گرفته‌اند. کانی‌های دگرگونی مختلف در سنگ‌های مادر متفاوت آن تشکیل شده است.

بررسی‌های پتروگرافی و بررسی XRD گویایی حضور کانی‌های تالک، اپیدوت، کلریت، موسکویت در فاز دگرگونی M1 و کانی‌های ترمولیت، اکتینولیت، بیوتیت در فاز دگرگونی M2 در سنگ‌های مادر مختلف تشکیل شده‌اند. اوج دگرگونی مربوط به فاز دگرگونی M2 که بر اساس مجموعه کانی‌ها مربوط به رخساره شیبست سبز می‌باشد. چهار فاز دگرشکلی در این مجموعه قابل تفکیک می‌باشد که فاز دگرشکلی D1 همراه با دگرگونی M1 و فاز دگرشکلی D2 همراه با دگرگونی M2 همزمان می‌باشد و با ایجاد چین‌های خوردگی مختلف مشخص می‌شود.

جای‌گیری توده نفوذی اسیدی همزمان با فاز دگرشکلی D3 همراه بوده و با توجه به حجم عظیم این توده باعث گنبدی شدن منطقه شده است.

تشکیل کانی‌های کلریت و آمفیبول حاصل از دیوپسیدها در متاگبروها حاصل از تأثیر سیال‌های متاسوماتیسم است. در اثر حضور تأثیر شاره‌های حاصل از نفوذ توده نفوذی اسیدی در انتهای فاز دگرشکلی D3 تشکیل شده است که توانسته روی سنگ‌های آذرین مافیک که قبل از سنگ‌های آذرین اسیدی در منطقه نفوذ کرده‌اند نیز مؤثر باشد.

حضور سیال‌های هیدروترمال ماگمایی و ایجاد متاسوماتیسم در مناطق دگرگونی با شواهدی از قبیل اپیدوتیتی شدن سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای، فراوانی عناصر آلکان به‌طور ویژه آلپیت‌زایی، کلسیتی شدن، حضور کانی‌های اکسیدی، هماتیت و تشکیل رگه‌های مرتبط با هیدروترمال مثل تورمالین و کوارتز است، شواهدی از همراهی متاسوماتیسم و دگرگونی ناحیه‌ای می‌باشد که در مناطق مختلف معرفی شده‌اند (مسعودی و همکاران، ۱۳۸۶؛ Kent et. al 2000؛ Ashley 1992؛ Cook and Ashley et.al 1998a؛ Ashley et.al 1998b؛ Skirrow and Ashely 1999).

در این مجموعه آلمابولاغ هم فراوانی اپیدوتیتی شدن آمفیبولیت‌ها، آلپیتی شدن در پلاژیوکلازها، فراوانی حضور کانی‌های اکسیدی مثل هماتیت، مگنتیت و رگه‌های کوارتز و تورمالین هیدروترمال مشاهده می‌شود.

فراوانی عناصر آلکان و آلپیتی شدن در این سنگ‌های آذرین این مجموعه نیز توسط جمشیدی‌بدر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش شده است. لذا مجموعه آلمابولاغ نیز علاوه بر دگرگونی تحت تأثیر سیال‌های هیدروترمال قرار گرفته و آخرین فاز دگرگونی M3 منطقه از نوع دگرگونی پسرونده بوده که حاصل تأثیر سیال‌های هیدروترمال در منطقه می‌باشد.

سنگ مادر سنگ‌های دگرگونی شامل پلیت‌ها، نیمه‌پلیت‌ها با گرهک‌های چرتی، مارن‌ها و متابازیک‌ها می‌باشد که مربوط به یک محیط رسوبی - آتشفشانی زیر دریایی بوده که توده‌های آذرین مرتبط با محیط‌های فرورانش و از نوع [Type-I] (جمشیدی‌بدر و همکاران، ۱۳۹۲؛ شفیع و همکاران، ۱۳۹۱) در این منطقه نفوذ کرده و باعث برآمدگی و گنبدی شدن منطقه شده است.

شفیعی، ر.، ابراهیمی، م.، جمشیدی‌بدر، م.، معانی‌جو، م.، (۱۳۹۱) هم‌رشدی کانی‌های فلسیک در کمپلکس آلمابولاغ. بیستمین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه اهواز.

شیخی، ف.، اعلی‌نیا، ز.، طباطبائی، ا.ع.، (۱۳۹۱) زمین-دماسنجی اسکارن‌های سرانجیک (جنوب غرب قروه، استان کردستان). مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۲، ۳۴۳-۳۵۴.

محجل، م. و ایزدی کیان، ل. (۱۳۸۶) چین‌خوردگی‌های چند مرحله‌ای و ساز و کار تشکیل آنها در تکتونیت‌های موجود در ساختار گنبدی منطقه آلمابولاغ (باختر همدان)، فصلنامه علوم زمین، سال ۱۷، ۶۶، ۱۱۶-۱۳۳.

مسعودی، ف.، جمشیدی‌بدر، م.، صالحی، ز.، (۱۳۸۶) کاربرد شواهد کانی‌شناسی و بافتی در تشخیص متاسوماتیسم آلکان در استوک گرانیتوئیدی دودهک (شمال شرق محلات). مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی، شماره ۲، ۴۷۰-۴۵۳.

Ahmadi Khalaji, A., Esmaeily, D., Valizadeh, M.V. & Rahimpour-Bonab, H. (2007) Petrology and geochemistry of the granitoid complex of Boroujerd, Sanandaj-Sirjan Zone, Western Iran, *Journal of Asian Earth Sciences* Sci 29, 859-877.

Alavi, M., (1991) *Tectonic Map of the Middle East*. Scale 1:2900000, Geological Survey of Iran

Aliani, F., Maanijou, M., Sabouri, Z. & Sepahi, A.A. (2012) Petrology, geochemistry and geotectonic environment of the Alvand Intrusive Complex, Hamedan, Iran. *Journal for Chemical Problems of the Geosciences and Geoecology*, 72(4), 363-383.

Ashley, P.M., Conor, C.H.H. & Skirrow, R.G. (1998a) *Geology of the Olary Domain, Curnamona Province, South Australia*. Field Guidebook To Broken Hill Exploration Initiative Excursion 13-15 October 1998. Primary Industries and Resources South Australia, 53.

Ashley, P.M., Lottermoser, B.G. & Westaway, J.M., (1998b) Iron-formations and epigenetic ironstones in the Palaeoproterozoic Willyama Supergroup, Olary Domain, South Australia. *Mineralogy and Petrology*, 64(1-4), 187-218.

Bell, T.H. (2003) Early formed regional antiforms and synforms that fold younger matrix schistosity: their effect on sites of mineral growth. *Tectonophysics*, 367 (3-4), 253-278.

Cook, N.D.J. & Ashley, P.M. (1992) Meta-evaporite sequence, exhalative chemical sediments and associated rocks in the Proterozoic Willyama Supergroup, South Australia: implications for metallogenesis. *Precambrian Research*, 56 211-226, DOI:10.1016/0301-9268(92) 90102.

Jamshidi Badr, M., Masoudi, F., Collins, A.S. & Cox, C. (2013) The U-Pb Age, Geochemistry and Tectonic Significance of Granitoids in the Soursat Complex,

نفوذ توده اسیدی این مجموعه همراه با فعالیت سیال‌های هیدروترمال بوده که باعث ایجاد متاسوماتیسم و دگرگونی فاز M3 که دگرگونی پسرونده می‌باشد، در منطقه شده است.

در اثر نفوذ توده اسیدی باعث اسکارن زایی و تشکیل معادن آهن در چند منطقه از این مجموعه شده است همچنین فرایند متاسوماتیسم باعث تشکیل و فراوانی کانی‌های اپیدوت، کانی‌های اکسیدی کوارتز، هماتیت، مگنتیت و همچنین باعث آلیت‌زایی و ایجاد رگه‌های کوارتز و تورمالین هیدروترمال در منطقه شده است.

فاز دگرشکلی D4 آخرین فاز دگرشکلی در منطقه می‌باشد که باعث ایجاد انواع گسل‌های موازی و متقاطع در واحدهای مختلف سنگی در شرایط شکنا شده است.

سنگ مادر سنگ‌های دگرگونی گویایی تشکیل آن‌ها در یک محیط رسوبی - آتشفشانی است که همزمان با بسته شدن نئوتیس دگرشکلی و دگرگونی‌های منطقه رخ داده و در نهایت نفوذ توده اسیدی منطقه در یک محیط فرورانشی همانند سایر توده‌های نفوذی شمال غرب زون سنندج - سیرجان تشکیل شده و باعث گنبدی شدن، اسکاران‌زایی و متاسوماتیسم منطقه شده است.

منابع

اشراقی، س.، محمودی قزایی، م.، (۱۳۸۲) نقشه زمین‌شناسی تویسرکان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

توکلی، ح.، (۱۳۸۳) کانی‌شناسی، ژئوشیمی و خاستگاه کانسارهای آهن شمال غرب همدان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۶ص.

جمشیدی‌بدر، م.، احمدیان، ج.، شفیعی، ر. (۱۳۹۲) شیمی کانی‌های فلدسپات در توده‌های نفوذی کمپلکس آلمابولاغ. اولین همایش زمین‌شناسی کاربردی، شهریورماه، دانشگاه دامغان.

حاج‌علی‌اوغلی، ر. (۱۳۹۰) کانی‌شناسی و شرایط دما-فشار دگرگونی پسرونده در مرمرهای دولومیتی الوبین‌دار مجموعه دگرگون تکاب-شمال غرب ایران. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال نوزدهم، شماره ۴، ۶۱۵-۶۲۶.

Vernon, R.H., Collins, W.J., & Paterson, S.R. (1993) Pre foliation metamorphism in low- pressure/ high- temperature terrains. *Tectonophysics*, 219 (4), 241-56.

Waters, D.J. & Lovegrove, D.P., (2002) Assessing the extent of disequilibrium and overstepping of prograde metamorphic reactions in metapelites from the Bushveld Complex aureole, South Africa. *Journal of Metamorphic Geology*, 20 (1), 135-49.

Northwest Iran. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22 (1), 1-31.

Jamshidi Badr M., Masoudi F., Collins A.S. & Sorbi A., 2012, Mineralogical evidence for regional metamorphism overprinted by contact metamorphism. *Acta Geologica Sinica-English Edition*, 86 (1), 48-68.

Kent, A.J.R., Ashley, P.M. & Fanning, C.M. (2000) Metasomatic alteration associated with regional metamorphism: an example from the Willyama Supergroup, South Australia. *Lithos*, 54 (1), 33-62. Available from: doi:10.1016/S0024-4937(00)00021-9.

Kertz, R. (1983) Symbols for rock-forming minerals. *Mineralogical Society of America*, 68, 277-279.

Kruhl, J.H., & Peternell, M. (2001) Sutured grain boundaries of dynamically recrystallized quartz: Crystallographic orientation and temperature control. *Geological Society of Australia*, Abstracts, 64, 105.

Mehrabi, B., Mahmoudi, S., Masoudi, F. & Corfu, F., (2009) Mesozoic and Cenozoic U–Pb ages and magmatic history of granitoid bodies in the northern Sanandaj-Sirjan metamorphic zone, Iran. *The Geological Society of America Program and Abstracts*, 41 (7), 481.

Passchier C.W. & Trouw R.A.J. (2005) *Microtectonics* Springer, page 365.

Ruttner, A. & Stocklin, J. (1967) *Geological Map of Iran*. Scale 1:1000000, Geological Survey of Iran.

Shahbazi, H., Siebel, W., Pourmoafee, M., Ghorbani, M., Sepahi, A.A., Shang, C.J. & Vousoughi-Abedini, M. (2010) Geochemistry and U-Pb zircon geochronology of Alvand plutonic complex in Sanandaj-Sirjan Zone (Iran): New evidence for Jurassic magmatism. *Journal of Asian Earth Sciences*, 39, 668-683.

Skirrow, R.G. & Ashley, P.M. (1999) Cu–Au mineral systems and regional alteration, Curnamona Province. *AGSO Record*, 2000/10:83-86.

Valizadeh M.V. & Cantagrel J.M. (1975) *Premières données radiométriques (K-Ar et Rb-Sr) sur les micas du complexe magmatique du mont Alvand, près d Hamadan (Iran occidentale)*, Comptes Rendus I, Académie des Sciences de Paris, 281, 1083–1086.