افیولیت‌های زاگروس وچگونگی تشکیل آنها

نوشتهٔ

حسین معین وزیری
دکتر در سنگ شناسی
استادیار دانشسرایعالی

حسین شیخی
کارشناس اداره کل مطالعات معدنی
وزارت صنایع و معادن

چکیده :

در منطقهٔ خاورمیانه و درامتداد چین‌خوردگیهای آلپ توده‌هائی ادخالی متشکل ازسنگهای اولترا بازیک و بازیک همراه با رادیولاریت، سرپانتینیت و لاوهای آتشفشانی مشاهده میگردد که اصطلاحاً افیولیت نامیده شده است.

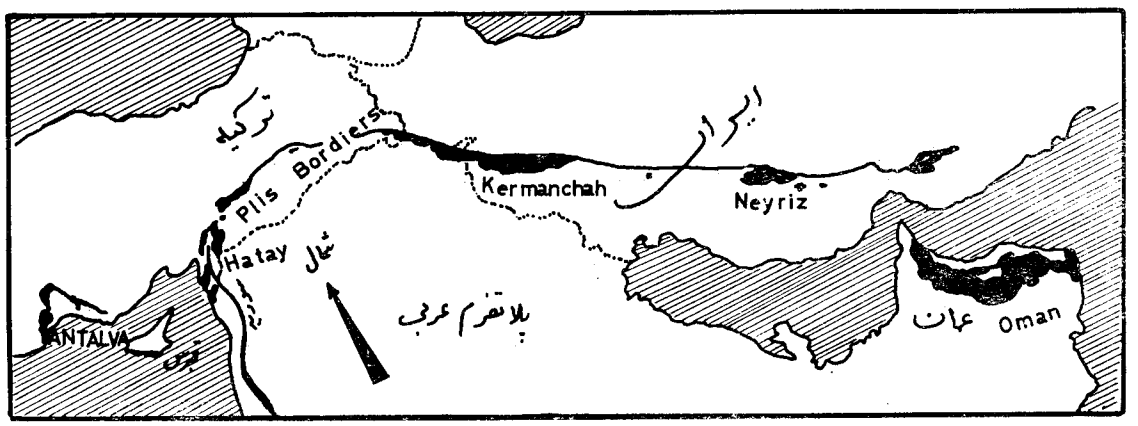
شرایط فیزیکو شیمیائی ماگمای ما در این سنگها همیشه مورد بحث وگفتگو بوده است. درگذشته جایگزینی آنها را بصورت سرد وجامد و فقط ناشی از تکتونیک میدانسته‌اند درسالهای اخیر مشاهده هاله دگرگونی (اسکارن) درحدفاصل افیولیتهای نیریز و آهکهای کرتاسه فوقانی عقیده جایگزینی ماگمای داغ و پرحرارت را دراین منطقه قوت بخشیده است .

نتایجی که از مطالعه و مقایسه اختصاصات کریستالوگرافی بلورهای اولیوین موجود در پریدوتیهای نیریز و بلورهای اولیوین موجود در آنکلاوهای پریدوتیتی بازالتها (قطعات مانتو) بدست آمده این نتیجه را عاید میسازد که ماگمای اولترابازیک دارای منشائی ازمانتو بوده و درموقع جایگزینیش در تشکیلات کرتاسه فوقانی حالتی نیمه مذاب داشته است.

در امتداد و مسیر چین‌خوردگی‌های آلپ و درحاشیهٔ شمالی و شمال شرقی پلاتفرم عربی (سپر عربستان) ، نواری متشکل ازسنگهای بازیک و اولترابازیک مشاهده می‌گردد که اصطلاحاً افیولیت » Ophiolite نامیده شده است. افیولیت به‌تشکیلات پریدوتیت ، گابرو و سرپانتینیت گفته می‌شود که در بیشتر نقاط با گدازه‌های آتشفشانی زیردریائی و در نتیجه تشکیلات رادیولاریت همراه است.

نوار افیولیتی مذکور که به‌طول تقریبی ۳۰۰۰ کیلومتراست بطور منقطع ازسوریه شروع وبه‌عمان

منتهی می‌گردد (شکل ۱) ، این باند از جنوب ترکیه (Plis Bordiers) و سلسله جبال زاگرس (کردستان و نیریز) می‌گذرد. نوار اولترا بازیک مذکور که بصورت یک قوس در امتداد تراست‌های حدفاصل دوپلاک فلات مرکزی ایران و سپر عربستان تزریق شده است بوسیلهٔ L.E. Ricou (1971) مطالعه و بنام .Croissant Ophiolitique Peri - arabe نامیده شده است.



شکل ـ معرفی نوارافیولیت و رادیولاریت سوریه ، ترکیه ، ایران ، عمان

در قاعدهٔ تشکیلات افیولیتی یک بخش تکنونیزه مشاهده می‌شود. این بخش شامل سرپانتینیت ، رادیولاریت ، و در بعضی نقاط سنگهای دگرگونی است که گانسر A. Gansser (1955) به‌آن نام کالرد ـ ملانژ (Coloured Melange) داده است.

تشکیلات تکتونیزه ودرهم (Allochtone) افیولیت و رادیولاریت که مانندیک گووه درتشکیلات چین‌نخورده (Autochtone) کرتاسه فوقانی فشرده شده است از یکطرف روی رسوبات سنومانین (عمان) ، تورونین (نیریز) ، مایستریکسین (کرمانشاه ، ترکیه ، سوریه) را پوشانیده و ازطرف دیگر خود توسط رسوبات مایستریکسین و رسوبات دوران چهارم پوشیده شده است (شکل ۲).

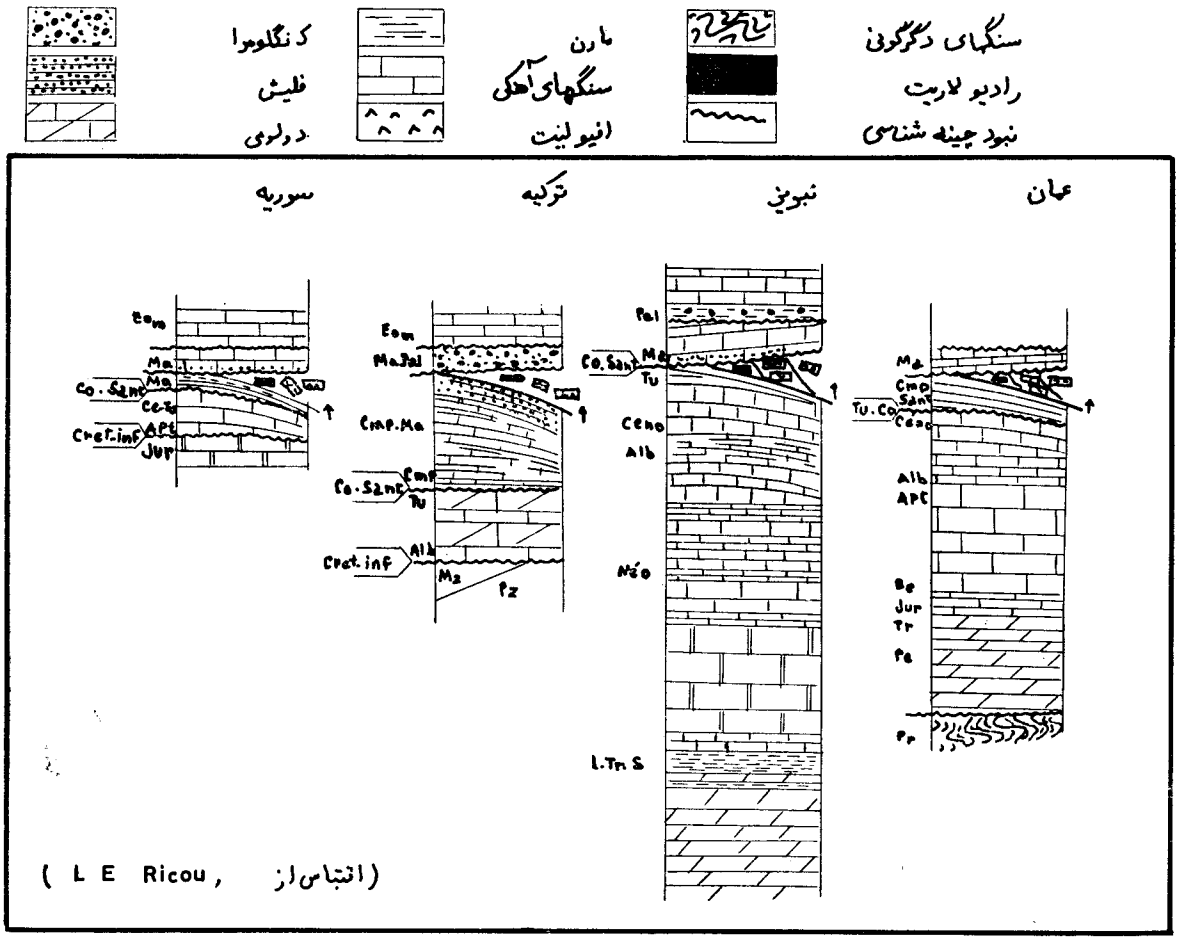
درحالیکه سن کالرملانژ متعلق به‌سنونین ذکر شده است آهک و رادیولاریت بین چینه‌ای با کالر ملانژسنی بسیار قدیمتر نشان می‌دهند که علت آن بعداً ذکر خواهد شد.

شکل ۳ موقعیت چینه‌شناسی توده‌های افیولیت و تشکیلات کرتاسهٔ فوقانی را در نیریز معرفی می‌نماید که از پائین به‌بالا شامل :

۱ ـ اتوکتون (Autochton) : این بخش که تحت اثر تکتونیک قرارنگرفته از پائین به‌بالا شامل قسمتهای زیر است :

الف ـ تخته سنگهای آهکی دارای رودیست و متعلق به‌سنومانو ـ تورونین (تشکیلات سروک).

ب ـ آهکهای رس‌دار دارای گلوبوترونکانا (Globotruncana) که متعلق به‌تورونین بوده و گاهی همراه با رادیولاریت می‌باشد.



Co	کونیاسین	Céno	سنومانین	Apt	آپتین	Ju	ژوراسیک
Eo	ائوسن	Alb	آلبین	Be	بریاسین	Li	لیاس
Pal	پالئوسن	Cmp	کامپانین	Néo	نئوکومین	Tr	تریاس
Ma	مایستریکسین	Sant	سانتونین	Tu	تورونین	Mz	مزوزوئیک

شکل ۲ - نمایش رابطهٔ بین اتوکتون و آلوکتون و پوشش افیولیت درکشورهای سوریه ، ترکیه ، ایران ، عمان

۲ - آلوکتون (Atlochtone) : این بخش تکتونیزه و چین خورده است و بطوریکه در بالا اشاره شد تناوب سنی این تشکیلات به‌علت فعالیتهای تکتونیکی یعنی چین‌خوردگی و روراندگی است.

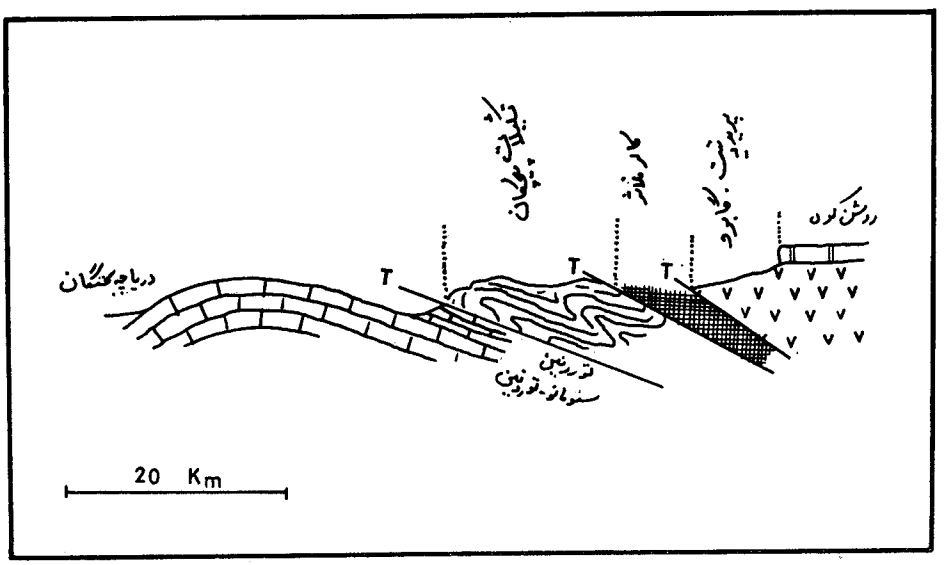
آلوکتون از پائین به‌بالا شامل سه قسمت می‌باشد :

الف - تشکیلات پیچکان - این تشکیلات شامل رخساره‌های زیر است : مارن و آهک متعلق به‌تریاس فوقانی ، آهک االیتی سیلیسی متعلق به‌ژوراسیک میانی ، رادیولاریت ، آهک تخریبی متعلق به‌کرتاسهٔ میانی. این تشکیلات که دارای چینه‌بندی مشخص می‌باشند به‌شدت چین‌خوردگی پیدا کرده و نسبت بهم روراندگی حاصل نموده‌اند و مجموعاً سطح فوقانی آهکهای دارای گلوبوترونکانا را رنده کرده‌اند.

ب - بخش خورد شده که اصطلاحاً کالرملانژ یا (Melange Coloré) گفته می‌شود و شامل

بلوکها وتکه هائی از نوع تشکیلات پیچکان ، سری رادیولاریت، آهکهای پلاژیک پیچکان ، لاوآتشفشانی، آهکهای مگالودون‌دار ، آهکهای‌فوزولین‌دار ، قطعاتی‌ازسنگهای دگرگونی (مرمر، آمفیبلیت، میکاشیست)، وبالاخره سرپانتین می‌باشد.

ج - یک طبقه پریدوتیت وگابرو به‌ضخامت چند کیلومتر که مارن وآهکهای مجاور خودرا به‌شدت دگرگون کرده است (مرمر و اسکارن جنوب دهکدهٔ تنگ‌حنا) .



شکل ۳ - موقعیت اتوکتون و آلوکتون زاگرس در نیریز

۳ - پوشش افیولیت و رادیولاریت : این بخش در بعضی نقاط اتوکتون زاگرس ، و در پاره‌ای نقاط تشکیلات افیولیت و رادیولاریت را میپوشاند . پوشش فوق‌الذکر از پائین به‌بالا شامل :

الف - آهکهای رودیست‌دار متعلق به کامپانو - مایستریکسین (تشکیلات تاربور) که خود به‌حالت افقی است ولی‌بطور دگرشیب با رادیولاریت قرارگرفته است (شیب رادیوریت درحدود ۶۰ درجه می‌باشد) .

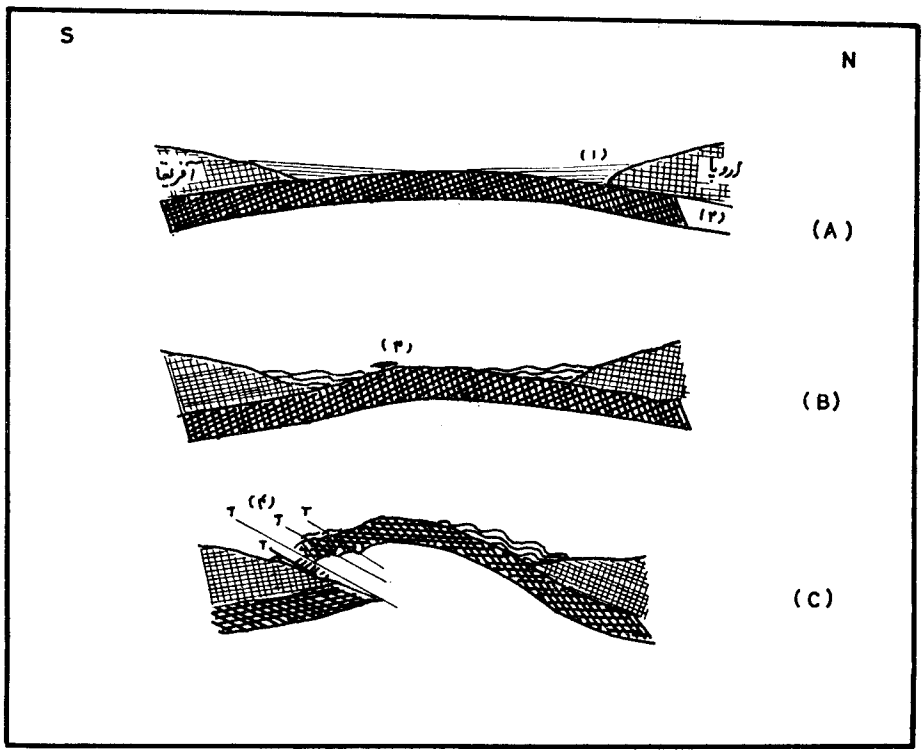
ب - بالاخره رسوبات ائوسن (بحالت پیشروی دریا) روی تمام این تشکیلات را می‌پوشاند.

شرایط جایگزینی افیولیتها ازنظر ترمودینامیک

در مورد چگونگی جایگزینی توده‌های اولترا بازیک (پریدوتیت ، گابرو و سرپانتینیت) همراه با تشکیلات کالرملانژ (لاو ، کالکر ، رادیولاریت ، سنگهای متامرفیک) نظریات چندی بیان شده است که ذیلاً درج می گردد :

۱ - جایگزینی‌تودهٔ اولترابازیک بصورت جامد و سرد : دراین‌حالت یک بخش‌از مانتوی‌پریدوتیتی

ضمن چین‌خوردن بر روی بخش دیگر رانده می‌شود (Charriage) سپس در اثر عمل فرسایش تودهٔ اولترا بازیک نمایان می گردد. این نظر در مورد افیولیتهای کوههای آلپ می‌تواند صادق باشد. (شکل ٤).



۱ ـ تشکیلات رسوبی ۲ ـ مانتوی پریدوتیتی ۳ ـ فورانهای آتشفشانی
٤ ـ تراست‌ها (Cours de D. E. A. de petrographie , ORSAY. (1970)

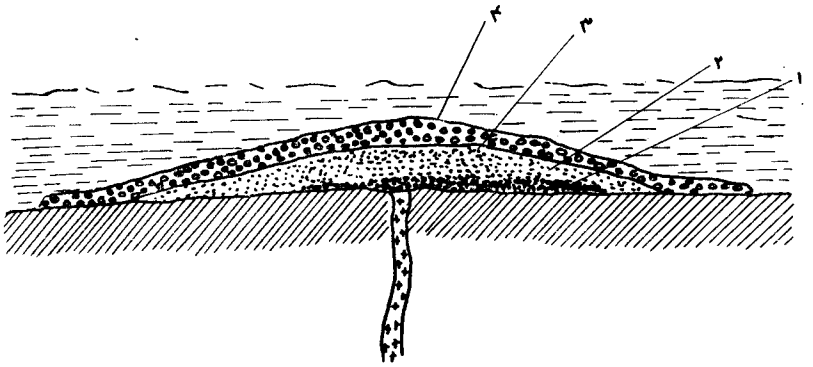
شکل ٤ ـ مراحل مختلف بالاآمدن مانتو براثر تکتونیک قاره‌ها

۲ ـ نظریهٔ Pluto - Volcanisme : طبق این نظر تشکیلات رادیولاریت وفاسیس پیلولاوا در بخشهای بالائی افیولیت‌ها نشانهٔ ولکانیسم زیردریائی است درحالیکه پریدوتیت وگابرو که قاعدهٔ این تشکیلات را می‌سازند معرف یک ماگمای پلوتونیک می‌باشند. با توجه به‌این مشاهدات J. H. Brunn .L. Dubertret (1961) و P. Routhier (1953) تشکیل افیولیتها را مربوط به یک پدیدهٔ پلوتوولکانیسم می‌دانند. بدین ترتیب که دویک آتشفشانی زیردریائی مواد مذاب در پناه پوششی از لاوهای قبلی به‌تدریج سرد شده و تفریق حاصل نموده است. نتیجتاً در پائین پریدوتیت، در وسط گابرو، و در بالا لاو همراه با رادیولاریت مشاهده می گردد (شکل ٥).

۳ ـ نظریهٔ ولکانیسم (1953) W. J. Mac Callien, E. B. Baile و E. Kundig (1954) و Rittmann (1960) عقیده دارند که تمام تشکیلات پریدوتیت، گابرو، سرپانتینیت، و لاوهای آتشفشانی دارای فاسیس بالشی، دارای منشأ خروجی (ولکانیک) می‌باشند. بدین ترتیب که لاوهای آتشفشانی دریائی براثر مجاورت با آب دریا سرپانتینیزه (Serpentinisation) شده‌اند.

٤ ـ نظریهٔ پلونونیک: M. Vuagnat (1964), A. Helke (1962) , G. Steinmann (1927)

معتقدند که افیولیتها منشأ انتروزیو دارند یعنی ماگما بصورت Lacolite دراعماق زمین نفوذ و تفریق حاصل کرده است.



۱ ـ کرومیت ۲ ـ پریدوتیت ۳ ـ گابرو ٤ ـ رادیولاریت ، سرپانتینیت ، لاو بادیی پیلولاوا

(D'après les cours de D. E. A. de petrcgraphie - ORSAY , 1970)

شکل ٥ ـ پلوتو ولکانیسم « تفریق و انجماد ماگما در زیر پوششی ازگدازه‌های منجمد شده قبلی.

L. E. Ricou (1971) با توجه به هالهٔ دگرگونی حرارتی تودهٔ پریدوتیت ناحیهٔ نیریز در منطقهٔ تنگ حنا و عدم مشاهدهٔ این پدیده در امتداد تراست‌های زاگرس عقیده دارد که ابتدا ماگمائی بازیک و پرحرارت در تشکیلات کرتاسهٔ فوقانی تزریق و براثر تفریق به‌دوبخش پریدوتیت وگابرو تقسیم شده است. پس‌ازانجماد این تودهٔ آذرین ، دنبالهٔ فعالیتهای تکتونیکی که منجر به‌ایجاد تراستهای غربی شده یک سلسله جابجائی نسبی درطبقات و تشکیلات کرتاسهٔ فوقانی بوجود آورده است. این جابجائی سبب شده است که در امتداد تراست‌ها و در مجاورت توده‌های اولترا بازیک تشکیلات غیردگوگون مشاهده نمائیم.

تطبیق نظریه‌های فوق با آنچه‌که در زاگرس به‌وقوع پیوسته

در مورد افیولیتهای کوههای آلپ که ترتیب قرارگرفتن رخساره‌های سنگ‌شناسی آن برعکس زاگرس می‌باشد (درقاعده: پریدتیت، در وسط : اپی‌دیوریت ، در بالا : پیلولاوا) می‌توان منشأ تکتونیک) ویا پلوتوولکانیک را پذیرفت.

نظریهٔ ولکانیسم بطورکلی مردود است زیرا اختصاصات سنگ‌شناسی تودهٔ اولترا بازیک نشانهٔ تبلور بطی ماگما درحرارت و فشار بالاست. در مورد افیولیتهای خاورمیانه که در امتداد خطوط Thrust و در مسیر روراندگی فلات ایران برروی سپرعربستان قرارگرفته‌اند نظریهٔ پلوتونیک و متعاقب آن تکتونیک صادق است.

مطابق عقیدهٔ ریکو (Ricou) کالرملانژقاعدهٔ تودهٔ اولترابازیک زائیدهٔ آتش‌فشانهای زیردریائی است که در کرتاسهٔ فوقانی به‌وقوع پیوسته است.

شرایط دریائی آتش‌فشان از یکطرف موجب سرپانتینیزاسیون قسمتی ازگدازه شده و ازطرف دیگر محیطی مناسب برای رشد موجودات سیلیسی فراهم آورده است. دراینصورت مجموعهٔ: رادیولاریت، لاو، سرپانتینیت وآمفیبلیت، ویا به‌عبارت دیگر تشکیلات کالرملانژ منشأ ولکانیسم زیردریائی دارد. این مرحله از فعالیت آتشفشانی در کرتاسهٔ فوقانی کاملاً از مرحلهٔ تزریق ماگمای اولترابازیک متمایز است. ضمناً تشکیلات کالرملانژ پس‌ازیک چین‌خوردگی شدید در کرتاسهٔ فوقانی، در دوران سوم نسبت بهم‌روراندگی حاصل نموده‌اند.

بنظر A. Wells (1969) تودهٔ‌اولترابازیک‌بعدازائوسن‌تزریق‌شده است ولی L.E. Ricou (1971) این نظریه را نپذیرفته و زمان ادخال این توده را به‌اواخر کرتاسه نسبت می‌دهد.

بطورکلی جایگزینی توده‌های افیولیت در استدادتراست‌های زاگرس در شرایط فشار و حرارت بالا صورت گرفته و دلایل زیر مؤید این نظر می‌باشد:

۱ - وجود هالهٔ دگرگونی حرارتی در کنتاکت پریدوتیت با تشکیلات آهکی:

در جنوب دهکدهٔ تنگ‌هنا (نیریز) و درقاعدهٔ آهکهائی که پریدوتیت را می‌پوشانند هاله‌ای دگرگونی به‌ضخامت چندین ده‌متر مشاهده می‌گردد که بوسیله Ricou (1971) مطالعه شده و از بالا به‌پائین شامل بخشهای زیر است:

آهک متبلورکه تماماً ازکلسیت تشکیل شده و درشتی بلورهایش به‌چند میلی‌متر می‌رسد.

آهک متبلور دارای پیروکسن و اسپینل (ضخامت ۱۰ متر) مقدار درصدکانی‌های فرومنیزین دراین آهک به‌سمت پائین افزایش می‌یابد. چون آهکهائی که این بخش‌را احاطه کرده‌اندکربنات‌خالص می‌باشند لذا تولید این کانیها براثر متاسوماتوز صورت گرفته است.

اسکارن (ضخامت ۳ متر): سنگی است متبلور درشتی بلورها بین چند میلی‌متر تا ۵ سانتیمتر. کانیها عبارتنداز دیوپسید، ولاستونیت، کلسیت واسفن. بخش‌تحتانی اسکارن متشکل ازگرونا، آپاتیت، و پلاژیوکلاز است که ضخامت آن بین ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر متغیر است.

گروناتیت: در بعضی نقاط و درتماس مستقیم باپریدوتیت عدسیهائی بعضخامت ۲ و به‌طول ۳۰ متر ازگروناتیت دیده می‌شود.

آنکلاوها: در داخل پریدوتیت آنکلاوهائی به‌قطرتقریبی چندین ده‌متر یافت می‌شوندکه ترکیب اسکارن فوق‌الذکررا دارند. بدین‌ترتیب که محتوی گرونا، آپاتیت، اسفن، دیوپسید، وگاهی ولاستونیت

می‌باشند. به‌نظر می‌رسد که کانی‌های این انکلاوها در شرایط نامتعادل متبلور شده‌اند زیرا گرونا در نقطهٔ تماس خود با کلسیت یک هالهٔ انعکاسی شیمیائی تولید کرده ویا ولاستونیت و دیوپسید بحالت ناپایدار دیده میشوند.

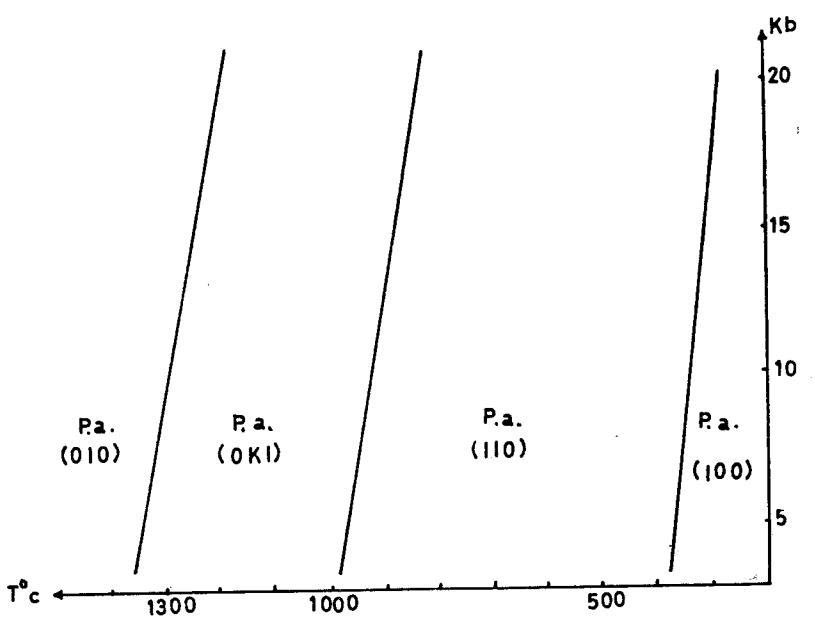
نتیجه : بطوریکه از تحقیقات Ricou نتیجه گرفته شده تودهٔ پریدوتیت نیریز ، درموقع جایگزینی، دارای حرارتی بیش از ۷۰۰ درجهٔ سانتی گراد بوده است. زیرا تشکیل ولاستونیت در فشار یک کیلوبار (متر ۳۵۰) به ۷۰۰ درجه حرارت نیازمند است (W. F. Weechs 1956).

از طرف دیگر این تودهٔ آذرین نتوانسته است آنکلاوهای خود را هضم کرده ویا درآنها موجب تولید کانیهائی شود که متناسب با پاراژنز خود باشند.

با توجه به‌مسائل فوق برای تودهٔ پریدوتیت حرارتی در حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد درموقع جایگزینی برآورد شده است (Ricou 1971).

ضمناً می‌دانیم که نقطهٔ ذوب Harzburgite بیش‌از ۱۲۰۰ درجه است دراینصورت باید برای توده‌های اولترابازیک نیریز حالتی نیمه‌جامد که درآن‌ذوب بخشی (Fusion partielle) صورت گرفته‌بوده درنظر گرفت.

۲ ـ طبق تحقیقاتی که Carter روی اولیوین انجام داده است این کانی در فشار و حرارتهای مختلف ماکلهای مکانیک متنوع می‌سازد (دیاگرام ۶).



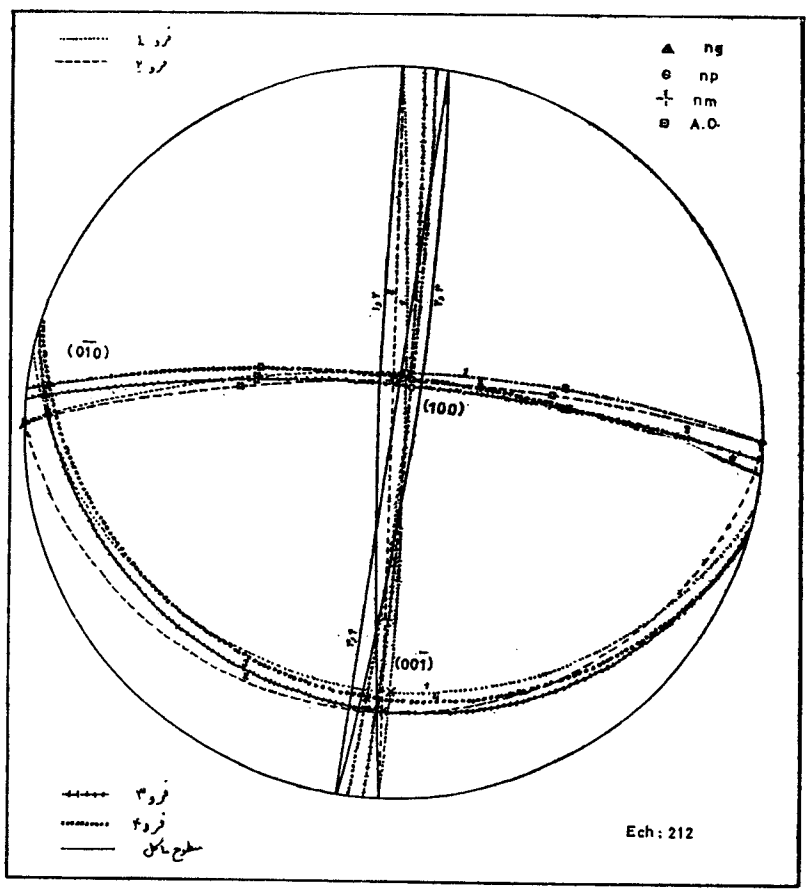
Les differnts systemes de glissements de l'olivie suivant les conditions de préssion et température. (d' aprés CARTER et all)

(شکل ۶)

دراین آزمایشها برای پائین‌آوردن نقطهٔ انجماد اولیوین از فشار بخشی بخار آب استفاده شده است.

نویسندگان این مقاله ماکل های مکانیک اولیوین را در بیش از ۵۰ نمونه ازپریدوتیت های ناحیه خواجه جمالی نیریز مطالعه نموده‌اند که ذیلاً نتایج حاصل درج می گردد :

در تمام نمونه‌ها و در تمام بلورهای اولیوین جهت سطح ماکل موازی سطح (۱۰۰) است (شکل ۷).



شکل ۷ ـ موقعیت سطوح ماکل والیپسوئید ضرایب درچند فرد از یک بلور اولیوین (Crysolite)

هیچگونه جهت یافتگی درسطوح ماکل بلورهای مختلف یک مقطع مشاهده نمی‌شود. بنابراین نمی‌توان پیدایش ماکل مکانیک مذکور را ناشی‌از نیروی تکتونیک زاگرس دانست.

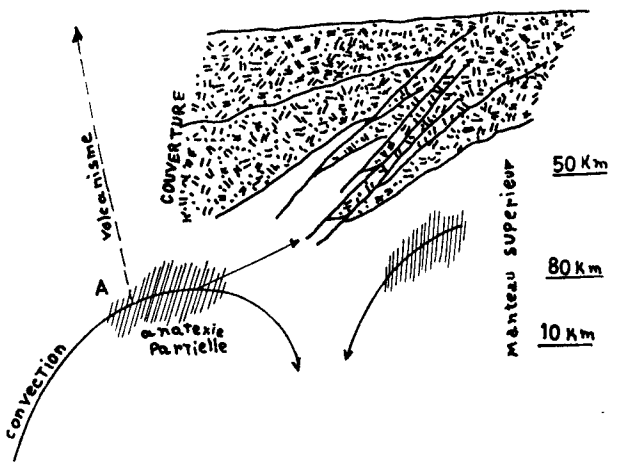
جهت‌یابی سطح ماکل [موازی (۱۰۰)] در اولیوین های پریدوتیتهای نیریز و آنکلاوهای پریدوتیتی بازالت‌ها که قطعاتی ذوب نشده از مانتو می‌باشند یکسان است.

نتیجه : اگر فرض کنیم قوانینی که ازتجارب آزمایشگاهی‌نتیجه می‌شوند درطبیعت نیز صادق‌باشند و شرایطی که درآن شرایط Carter تجربه نموده مشابه همان شرایطی باشد که درطبیعت حکمفرما بوده

است می‌توان قبول کرد که وجود چنین ماکل هائی در بلورهای اولیوین پریدوتیت ناحیه خواجه جمالی (نیریز) نشانهٔ تبلور اولیوین در حرارتهای بالاتر از ۱۳۰۰ درجه می‌باشد.

بطور کلی نتایج فوق روشن می‌سازند که تبلور بلورهای اولیوین درحرارتهای بالاتر از ۱۳۰۰ درجه ولی قبل ازجایگزینی تودهٔ اولترابازیک صورت گرفته است بنابراین باید حالتی نیمه‌جامد (bouillie cristalline) برای توده‌های اولترابازیک زاگرس، درموقع جایگزینی آنها در طبقات کرتاسهٔ فوقانی درنظر گرفت.

شکل (۸) نشان می‌دهد که وقتی براثرعمل کنوکسیون درمانتو و Carriage در قسمتی ازپوستهٔ



آناتکسی ناقص مانتوی فوقانی در عمق ۸۰ کیلومتری
ادخال قسمتی از مواد مذاب حاصل درگسستگی‌های پوستهٔ جامد فوقانی
(اقتباس از J. Kornprobst).

شکل ۸ ـ نمایش جریان کنوکسیون در مانتو

جامد زمین، بخشی از مانتوی فوقانی با ترکیب لرزولیتی (Lherzolite) بالا آمده است، براثر فشار کم از یکطرف و اینرسی حرارتی (Inertue thermique) ازطرف دیگر، شروع به‌ذوب شدن نموده است دراینحال که عمل ذوب کامل نیست بخشی‌از بلورهای اولیوین به‌حالت جامد و با اختصاصات قبلی‌خود(۱) در تودهٔ مذاب باقی می‌ماند دراینصورت ماگمای اولتر بازیک با حرارت نسبتاً کم (۱۲۰۰°C — ۱۰۰۰)

---

۱ ـ ماکل‌مکانیک (سطح ماکل موازی ۰۱۰) در اولیوین‌آنکلاوهای پریدوتیتی بازالتهای ماسیف‌سانترال فرانسه به‌وفوردیده‌شده‌ومورد‌مطالعه‌قرارگرفته‌است. H. Moinvaziri(1973),Chudoba et Frechen(1950) باتوجه به‌اینکه آنکلاوهای پریدوتیت موجود دراین بازالتها قطعات جدا شده از مانتوی زمین می‌باشند که بوسیله محیطی سیال (بازالت) بالا آمده‌اند. و با توجه به‌اینکه نیروی تیدروستاتیک موجود در ماگما نمی‌تواند تنها دریک جهت‌فضائی بلورآنهم فقط بلورهای اولیوین، مؤثر باشد لذا ماکل‌مکانیک بلورهای اولیوین زائیدهٔ فشارهای تکتونیکی سطحی نبوده بلکه این تغییر شکل اختصاصی است که فقط دراولیوین های مانتوی پریدوتیتی زمین موجود است.

و به‌حالت خمیری ، به‌سمت بالا رانده شده و درامتداد گسستگی‌های پوستهٔ جامد زمین تزریق می گردد. بعداً در نتیجهٔ تفریق ماگما بخش‌جامد وسنگین (اولیوین ، ارتوپیروکسن، کرومیت) بصورت Cumulat از بخش مایع جدا و توده‌های پریدوتیت (Harzburgite) را بوجود می‌آورد. ماگمای بازیک باقیمانده نیز به‌نوبه‌خود گابرو و فیلیون‌های دلریت این منطقه را می‌سازد. پدیهٔ تفریق ماگما وتشکیل پریدوتیت، گاهی در خود توده‌های گابرو نیز مشاهده شده است (۱).

۱ ـ درمنطقهٔ مروارید واقع بین سنندج وکرمانشاه و درامتداد تراست بزرگ زاگرس ، تودهٔ‌هائی بازیک و اولترابازیک دیده می‌شوند. درقاعدهٔ این تشکیلات کالرملانژ ، و دربالا گابرو قرارگرفته است. یک بخش متامرفیک (آمفیبلیت) که نتیجهٔ دگرگونی حرارتی سرپانتینیت بوده است تودهٔ عظیم گابرو را ازسرپانتینیت جدا می‌سازد. در داخل گابرو یک تودهٔ عدسی شکل پریدوتیت (مزوپروتیت) به‌ابعاد بیش از ۲۰۰ متر مشاهده می‌شود که با یک سیر تدریجی به گابروی اطراف مربوط می گردد.

منابع مورد استفاده

1 - Brousse , R. - 1967 - La place des ultra - basites en France. sonderuck aus der géologischen rundschau, band 57.

2 - Dumont , J. F. - M. Gutnic , J. Marcoux , O. Monod, - A , Poisson, (1972) Le Trias des Taurides occidentales (Turquie); difinition du bassin Pamphylien un nouveau domaine à la marge externe de la chaine Turque. IV^e colloque sur la géologie des régions Egéennes. 28 , 29 , 30 , Janvier 1972.

8 - Kornprobste , J. - 1969 - Le massif ultrabasique de Beni Bouchera (rif interne, Maroc): Etude des péridotites de haute température et de haute préssion , et des pyroxénolites à grenat ou sans grenat, qui leur sont associées. Laboratoire de pétrographie , Faculté des sciences de paris Contr. minéral. and petrolo. 23 , 283 - 322.

4 - Moin Vaziri. H, - 1973 - Contribution a l'étude géologique du massif du Cantal (géologie de Mur de Barrez). thése de 3 cycle - Orsay.

5 - Parrot , J. F. - 1967 - Le cortège ophiolitique du Pinde septentrional (Gréc). (O. R. S. T. O. M.) - Paris.

6 - Ricou , L. E. - 1971 - Le metamorphisme au contact des péridotites de Neyriz (Zagros interne , Iran) : developpement de Skarns a pyroxène Bull. soc. géol. de France (7) XIII , 1 - 2 , p. 146 - 155.

7 - Ricou . L. E. - Le croissant ophiolitique péri - arabe , une ceinture de nappes mise en place au crétacé supérieur. Révue de géographie phisique et de géologie dynamique. vol. XIII , f. 4 , pp 327 - 350 - Paris.

۸ - حسین معین وزیری - ۱۳۴۹ - تحقیق سنگ شناسی و کانی‌شناسی - سنگهای آذرین منطقه مروارید (واقع بین کرمانشاه و سنندج). پایان‌نامه فوق لیسانس . دانشکده علوم تهران.