www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com

بسم الله الرحمن الرحيم

انما يخشي اللّٰه من عباده العلماء

دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم

گروه زمین شناسي

سنگ شناسي آذرين و دگرگوني (زمين شناسي كاربردي: 3 واحد نظري و1واحد عملي)

منابع : سنگ شناسي آذرين مهندس فلوريز خيري

سنگ شناسي دگرگوني دكتر علي درويش زاده

انتشارات دانشگاه پيام نور

تقديم كننده اين مجموعه آموزشي :

اسماعيل اله پور

عضو هيئت علمي دانشگاه پيام نور و دانشجوي دكتراي پترولوژي

طرح درس

سنگ شناسي آذرين و دگرگوني (*Igneous & metamorphic Petrography*)

علم مطالعه ي سنگ هاي آذرين و دگرگوني است.سنگ هاي آذرين از تبلور و انجماد مذاب موسوم به ماگما حاصل ميشوند.ممكن است بخشي از ماگما به شكل گدازه از طريق دهانه هاي آتشفشاني به سطح زمين رسيده، منجمد شده وسنگهاي آتشفشاني رابسازد.درحالي كه بخش عمده ماگما در زيرزمين متبلورشده وتشكيل سنگهاي آذرين دروني راميدهد.

اين سنگ ها به تدريج در اثر فرسايش در معرض ديد قرار مي گيرند.

سنگ هاي دگرگوني ازتغيير شكل سنگ هاي قبلي به علت تغييرشرايط فيزيكي(فشار – دما) يا شيميايي و در حالت جامد به وجود مي آيند.

اهداف درس

با آموختن اين درس دانشجويان محترم با مكانيسم تشكيل سنگهاي آذرين و دگرگوني و عوامل اثرگذار در تشكيل آنها آشنا شده وقادر خواهند بود، سنگهاي آذرين و دگرگوني را از جهت رنگ، اندازه دانه ها و كانيهاي اصلي در نمونه دستي تا حدودي شناسايي كرده و به كمک ميكروسكوپ پلاريزان و شناخت دقيقتر كانيها و تفكيک آنهاومطالعه روابط بين اجزاي تشكيل دهنده سنگ، اين شناخت را تكميل نمايند.

تفكيک گروههاي مختلف سنگهاي آذرين ودگرگوني،مطالعه محيطهاي پيدايش گونه هاي مختلف اين سنگها ودرنهايت توجه به ارزش اقتصادي آنهااز ديگراهداف اين درس است.

جايگاه درس

درس سنگ شناسي آذرين و دگرگوني يكي از درسهاي اصلي درزمين شناسي كاربردي است كه براي فراگيري آن لازم است دانشجو قبلا جميع مفاهيم مرتبط با بلورشناسي و كاني شناسي را آموخته باشد. فراگيري كامل و عميق سنگ شناسي اعم از آذرين، دگرگوني و رسوبي ازاهميت فوق العاده اي درزمين شناسي برخورداربوده و دانشجويان را قادر به ايجاد ارتباط بين فرايندهاي مختلف زمين شناسي،درک عميق روابط وفرايندها و فهم بهتر مطالب درسي پيش رو مي نمايد.

بخش اول

سنگ شناسی آذرین

فصل اول

MAGMA

ماگما

Magma and Lava

ماگما؛ عبارتست ازماده اي طبيعي و قابل تحرک که ازذوب سنگهادراعماق زمين بوجود مي آيد.

گدازه (*Lava*) بخشي از ماگماست که بصورت مايع از دهانه آتشفشان خارج شده و به سطح زمين مي رسد.

Composition of magma

ماگما تركيبي عمدتاً سيليكاته است كه مي تواند حاوي فازهاي جامد (مانند بلورها) و گازي(مواد فرارموجود درآن مثل بخار آب) باشد. اين مواد در يک دماي معين متبلور نمي شوند و بازه ي حرارتي تبلور آنها وسيع است.

Products of Magma

طي فرايند پيچيده تغيير و تحولات ماگما پس از ايجاد تا سنگ زايي(ماگماتيسم) نه تنها سنگهاي آذرين،بلكه مواد گازي و محلولهاي آبكي گرم(هيدروترمال)نيز شكل ميگيرند.از انجماد گدازه در سطح زمين سنگهاي آتشفشاني(ولكانيكها) و در اثر تبلور ماگما در زير سطح زمين سنگهاي آذرين دروني(پلوتونيک ها) ايجاد مي گردند.

خصوصيات مهم ماگما عبارتند از:

1- دماي ماگما
2- فشارهاي موثر بر ماگما
3- گازها و مواد فرار موجود در ماگما
4- گرانروي ماگما

به علت اينكه ماگما فقط در زيرزمين يافت مي شود،تشخيص ويژگيها ومشخصات آن به طور كامل ميسر نيست. امروزه دانشمندان از طريق مشاهده و انجام برخي محاسبات در مورد خصوصيات زير اطلاعاتي بدست آورده اند:

۱- دمای ماگما و روشهای اندازه گیری آن

دماي ماگما با توجه به تركيب ماگما متفاوت بوده و به روشهاي زير اندازه گيري مي شود:

الف)اندازه گيري دماي گدازه ها توسط دماسنج نوري

ب)اندازه گيري دما در اعماق درياچه گدازه توسط ترموكوپل پيروپ

ج)اندازه گيري دماي ماگما با استفاده از رنگ گدازه

۲- فشارهای موثر بر ماگما:

2 –الف)- فشار ليتواستاتيک: فشارناشي ازوزن سنگهاي بالايي ومعادل است با *pgh*

- فشار ليتواستاتيک براي سنگهايي در عمق 1 کيلومتر و چگالي 7/2 گرم بر سانتيمترمکعب(چگالي پوسته قاره اي) تقريبا 265 بار برآورد مي گردد.
- فشار ليتواستاتيک براي سنگهايي در عمق 1 کيلومتر و چگالي 3 گرم بر سانتيمتر مکعب(چگالي پوسته اقيانوسي) تقريبا 295 بار برآورد مي گردد.

2 – ب)- فشار هيدرواستاتيک: ناشي از فشار سيالات اثر گذار بر ماگما که معمولا برابر ثلث فشار ليتواستاتيک برآورد مي گردد.

۳- گازها و مواد فرار موجود در ماگما

فراوانترين گازهاي ماگمايي كه در تشكيل سنگهاي آذرين نقش دارند آب و گاز كربنيک مي باشند. تجزيه شيميايي گازهاي موجود در حفرات سنگهاي بازالتي و درونگير(Xenolith) هاي دونيتي منتج از گوشته نشان داده است كه 95درصد گازهاي ماگمايي را گاز كربنيک و كمتر از 1 درصد را آب تشكيل مي دهد.

- ساير گازهاي ماگمايي عبارتند از:

F_2 – Cl_2 – HCl – H_2 – CO – N –SO_2

4 – گرانروی ماگما

گرانروي یک سیال خصوصیتي است که سبب حفظ مقاومت داخلي آن ماده دربرابر جریان یافتن مي شود.

گرانروي ماگما به نوع و تعداد پیوندهاي تترائدري سیلیکاته بستگي دارد.

بر این اساس گرانروي در ماگماي گرانیتي بیشتر از ماگماي بازالتي است.

- افزایش محتوي SiO_4, Al_2O_3, CO_2 سبب افزایش گرانروي مي شود.
- افزایش محتوي H_2O ،افزایش حرارت و فشارو به ترتیب اهمیت افزایش یونهایي مثل *Rb & K- Na- Li- Ba- Sr- Ca- Mg - Fe* باعث کاهش گرانروي ماگما مي گردد.

انواع ماگما

- ماگماي اسيد ي،مقدار سيليس اين ماگما بيش از 66%،باعث ايجاد سنگهاي اسيدي مي گردد،گرانروي و محتوي گاز آن بالا بوده و به همين سبب باعث انفجارات آتشفشاني مي گردد.

- ماگماي بازيک،مقدارسيليس آن از ماگماي اسيدي کمتراست،سنگهاي بازيک از تبلور اين ماگما پديد مي آيند(ماگماي الترابازيک کمتر از 45% سيليس دارد).

مکانیسم های ایجاد ماگما

- انرژي گرمايي ناشي از تحولات مواد راديواکتيو در داخل زمين

- پديده فرورانش که در اثر آن مواد فرار موجود در قطعه ليتوسفر فرورونده آزاد مي شوند و با توليد مواد فرار،گرمايي ايجاد مي شود که درذوب سنگهاموثراست.

انواع پديده ذوب

- ذوب متعادل (يكنواخت) ؛ كه با افزايش تدريجي دما سنگها به طور يكنواخت ذوب شده و به مقدار ماگما افزوده مي شود، بدين ترتيب ماگماي ايجادي مشابه سنگ اوليه است.

- ذوب بخشي ؛ كه مايع جداشده از سنگ تحت تاثير ذوب ازآن جداشده وبنابراين مايع جداشده با بلورهاي باقيمانده واكنش نمي كند.

پديده های موثر بر فرآيند ذوب در استنوسفر

در عمق250-60 كيلومتري گوشته سنگها به دماي ذوب نزديک هستند و در اين منطقه تحت تأثير فرآيندهاي زير ماگما توليد مي شود.

1- افزايش دما (بدليل وجود مواد راديواكتيو) در فشار ثابت

2- كاهش فشار در دماي ثابت : 2- الف) حركت سريع و بالارونده دياپيري

2- ب) كاهش بارليتواستانيک

3- كاهش درجه حرارت ذوب سنگها بر اثر افزايش مواد فرار كه نقطه ذوب را پايين مي آورند.

عوامل مؤثر بر نحوه حرکت و صعود ماگما:

الف) هر چه حجم ماگما در محيط منشأ بيشتر باشد سرعت صعود كمتر مي گردد.
ب) هر چه عمق مخزن بيشتر باشد سرعت صعود كمتر مي گردد.
ج) اختلاف چگالي با سنگهاي اطراف : افزايش اختلاف چگالي در محيط باعث افزايش سرعت صعود مي گردد.
د) عرض مجراي عبور و ويژگي هاي آن:با كاهش عرض مجراي عبورسرعت صعود كم مي گردد.
ه) گرانروي كه با افزايش آن سرعت صعود كم مي شود.
و) سرعت كاهش حرارت ماگما نسبت به سنگهاي درگير: سرعت صعود ماگماهاي بازالتي كه از حرارت و عمق تشكيل بيشتري برخوردارند و اختلاف گرانروي بيشتري با سنگهاي پوسته قاره اي دارند بيشتر از ماگماهاي اسيدي است.

تبلور ماگما

منظوراز تبلور ماگما مجموعه شرايطي است كه سبب مي شود،ماگما به عنوان ماده اي مذاب به سنگي متشكل از كاني هاي متفاوت با ساختمان بلورين خاص تبديل شود. مهمترين عامل در تبلور ماگما كاهش حرارت است،گرچه عواملي چون فشاروحضور عناصر مختلف درمحيط نيزبردرجه حرارت تشكيل كانيها مؤثر بوده و در فرآيند تبلور نقش دارند.

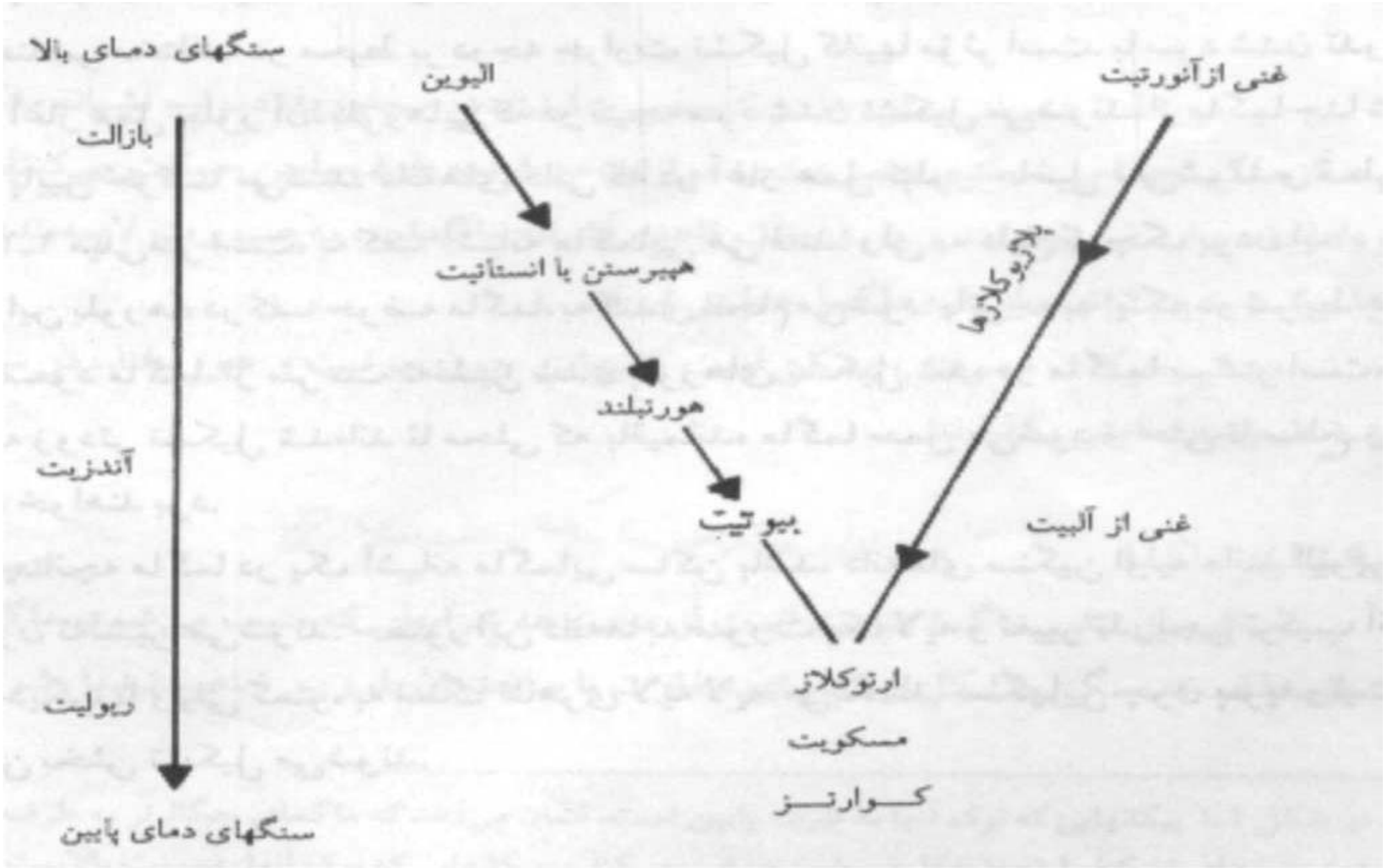
واکنش در ماگما و ایجاد حلقه و زون در بلورها

گاهي ضمن تبلور، بلورهايي كه زودتر تشكيل شده اند با ماگما وارد واكنش شده و متحمل تغييراتي مي شوند كه نشان دهنده عدم تعادل بين ماگما و بلورهاي تشكيل شده است.

مثال : حضور حلقه هاي هيپرستن پيرامون بلورهاي اليوين

سري واكنش باون

معمولا واكنشها در محيط ماگمايي بين يک کاني با کاني ديگر منطبق بر سري واكنش باون صورت مي گيرد.در اين سري کانيهايي که در قسمت بالاي سري قرار دارند، در حرارت بالاتر و کاني هاي زيرين در درجه حرارت کمتر متبلور مي شوند.



سري واكنشي باون

تكامل فاز گازي و اثر آن بر تبلور و انفجار

ضمن تبلور ماگما ابتدا كاني هاي داراي آب كمتر متبلور مي شوند ودرنتيجه تدريجا فاز گازي ماگما تكامل مي يابد تا جايي كه بخار آب در مذاب به حد اشباع رسيده و مذاب مي جوشد. اين نوع جوشش ضمن سرد شدن و بلوري شدن ماگما را جوشش ثانويه مي گويند.

تشكيل دايک هاي پگماتيتي در محيط هاي متأثر از ماگماتيسم اسيدي و خروج سريع خاكسترو تشكيل اسكوريا(سنگ پا)درماگماتيسم بازالتي ناشي ازفرايند *secondary boiling* هستند.

فرايندهايي كه تركيب ماگما را تغيير مي دهند

1- انجام عمل تفريق در ماگما

2- هضم

3- مخلوط شدن دو نوع ماگما (اختلاط ماگمايي)

4- خروج مواد فرار و محلولهاي هيدروترمال

Magma differentiation

جدايش تركيب خاصي از ماگماي مادرراتفريق ماگمايي مي گويند.بعبارت ديگر تفريق تغييرات تدريجي تركيب ماده مذاب در اثر جدايش كانيهايي است كه در ابتدا تشكيل شده اند.

پديده هاي زير عامل ايجاد تفريق ماگمايي هستند :

1- تبلور جزء به جزء

2- تفريق صافي در ماگما 3- عدم اختلاط ماگما

4- انتقال گازها

Assimilation

هضم عبارتست از ورود مواد بيگانه و معمولا جامد به ماگما وحل شدن در آن كه سبب تغيير تركيب ماگماي اوليه مي شود.

اين مواد بيگانه معمولااز نوع سنگهايي هستندكه ماگما رادربرمي گيرند و يا سنگهاي ميزبان هستند.

Magma mixing

ايده آل ترين حالت اختلاط ماگمايي وضعيتي است كه دو ماگما با تركيب كاملا متفاوت يكي غني ازموادآهن و منيزيم دار(بازيک) و ديگري غني از مواد روشن تر(اسيدي)با يكديگر مخلوط شوند.درچنين حالتي ماگماي جديدي با خصوصيت حد واسط ايجاد مي گردد.

خروج مواد فرار

خروج مواد فرار موجود درماگما که قابليت حلاليت کمتري دارند به طرف مناطق کم فشار اطراف و سطوح بالاتر باعث ايجاد تغييردرماگما مي شود.به اين فرآيند پالايش گازي نيز مي گويند.

فصل دوم

شكل و نحوه استقرار سنگهاي آذرين

مهمترين عوامل مؤثر در شكل توده هاي آذرين

1- تركيب ماگما
2- گرانروي و حجم ماگما
3- عمق تزريق يا عمق جايگزيني ماگما
4- موقعيت تكتونيكي ساختمان و تركيب سنگهاي دربرگيرنده ماگما

اشكال و نحوه استقرار سنگهاي پلوتونيک

معمولا سنگهاي آذرين دروني به ويژه انواع سيليسي به صورت توده هاي بزرگ و گاهي لايه هاي ضخيم در زير سطح زمين استقرار مي يابند. با توجه به اين كه اغلب سنگهاي درونگيررسوبي يا دگرگوني هستند، بسته به اين كه توده نفوذي با طبقات رسوبي و يا سنگهاي دگرگوني موازي يا متقاطع باشد توده هاي نفوذي را به دو گروه بزرگ توده هاي هم شيب وتوده هاي متقاطع با سنگ درونگيرتقسيم مي كنند.

انواع توده هاي نفوذي هم شيب

1- سيل *Sill*

توده آذرين ورقه اي شكلي كه به موازات چينه بندي طبقات رسوبي و يا موازي شيستوزيته سنگهاي دگرگوني تزريق شده است.

سيل ممكن است قائم،مايل و يا افقي باشد.

ضخامت سيل ها از *Cm* تا *Km* و بيشتربوده و طول سيل ممكن است به بيش از 100 كيلومتر برسد.

2- لاکولیت *Lacolith*

توده آذرين قارچي شكلي است كه قسمت فوقاني محدب وقاعده صاف ومسطح داشته باشد.

معمولا ماگماي مولد آنها آلكالن (قليايي) است. قطر لاكوليت ها در حدود چند كيلومتر و ضخامت آنها در حدود يک كيلومتر است.

3- لوپوليت *Lopolith*

توده هاي آذرين دروني بزرگ تشتک مانند بوده که ترکيب سنگهاي تشکيل دهنده آنها اغلب گابروييي است.

ضخامت لوپوليت هابه هزاران متروعرضشان ممکن است به بيش از 15کيلومتر برسد.

ساختمان لوپوليت ها براي مطالعه نحوه تبلور و ته نشيني بلورها مناسب است.

4- فاکولیت *Phacolite*

دراین نوع توده آذرین،ماده مذاب در فضاي كم فشاربين طبقات چين خورده،مثل قله تاقديس ها و يا قعر ناوديس ها جايگزين مي شود.

انواع توده هاي نفوذي متقاطع با سنگ درونگير

1- باتوليت *Batholith*

باتوليت توده آذرين دروني بسيار بزرگي را گويند كه مساحت سطح فرسايش يافته آن به بيش از 100 كيلومتر مربع برسد.

- ضخامت متوسط باتوليت ها بيش از 10 كيلومتر است.
- گرانيت الوند يک باتوليت است.

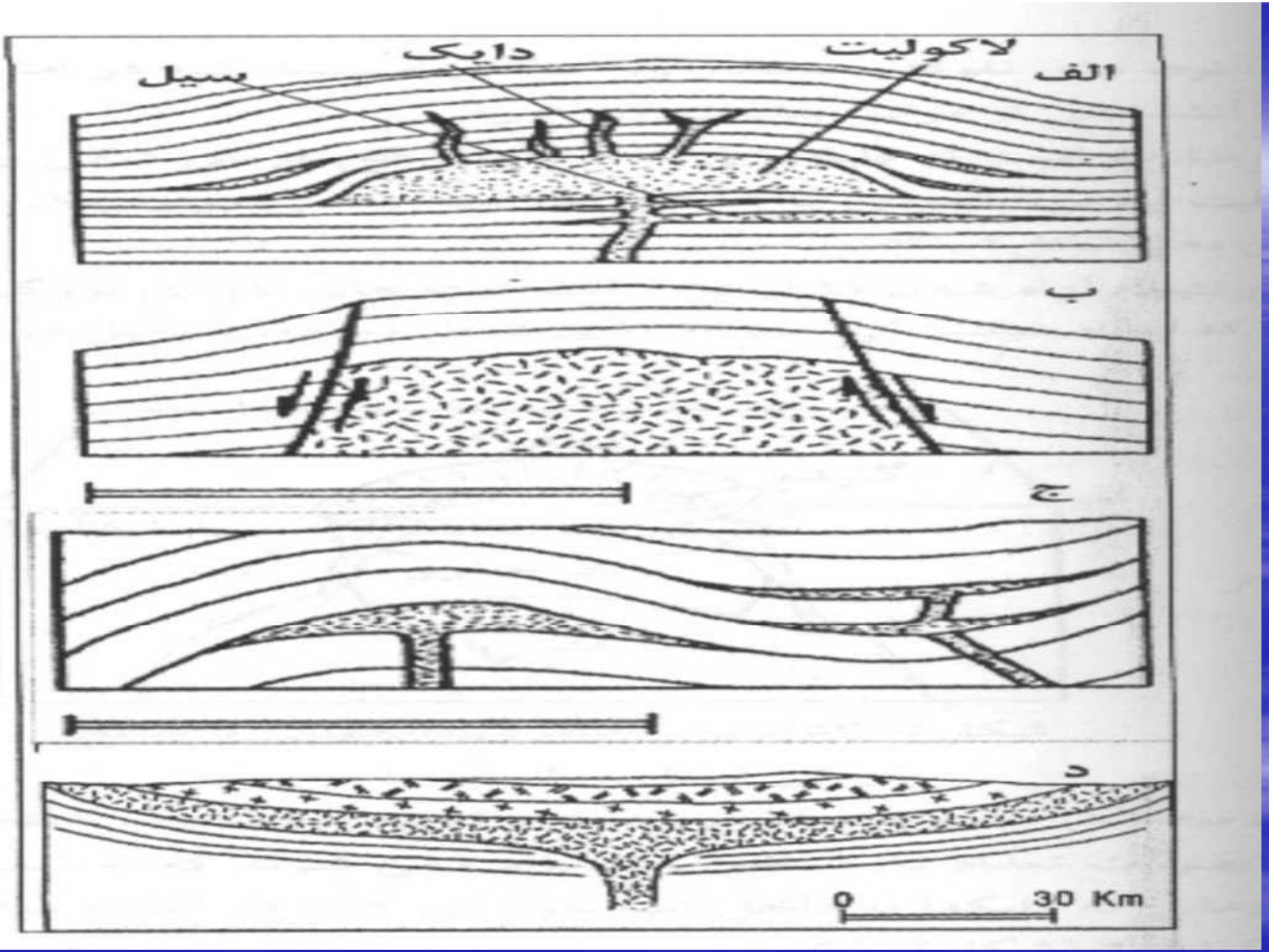
2- استوک *Stock*

استوک به باتوليتهاي كوچک گفته مي شود كه مساحت سطح فرسايش يافته آنها كمتر از 100 كيلومتر مربع است.

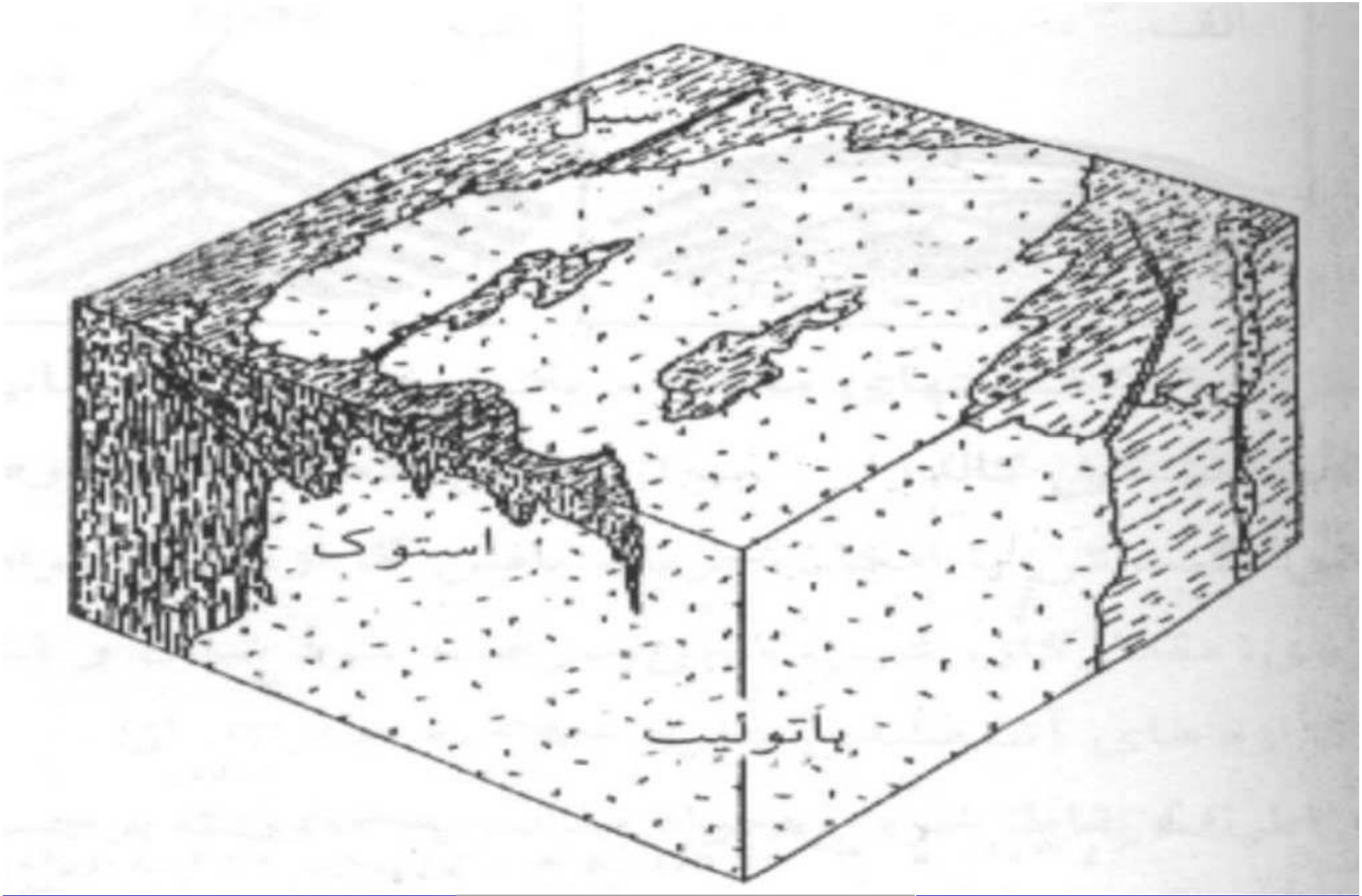
3- دایک *Dike*

دایک توده آذرین ورقه اي شكلي است كه سنگهاي اطراف خود راقطع كرده باشد.

- عرض دایک ها از سانتیمتر تا کیلومتر و یا بیشتر متغیر است.
- غالبا دايك ها به صورت موازي يا شعاعي (مجموعه دایک) ديده مي شوند.



از مجموعه ساختهاي آذرين : ب- بيسماليت ج- فاكوليت د-لوپوليت



تصوير سه بعدي بعضي از توده هاي آذرين نفوذي

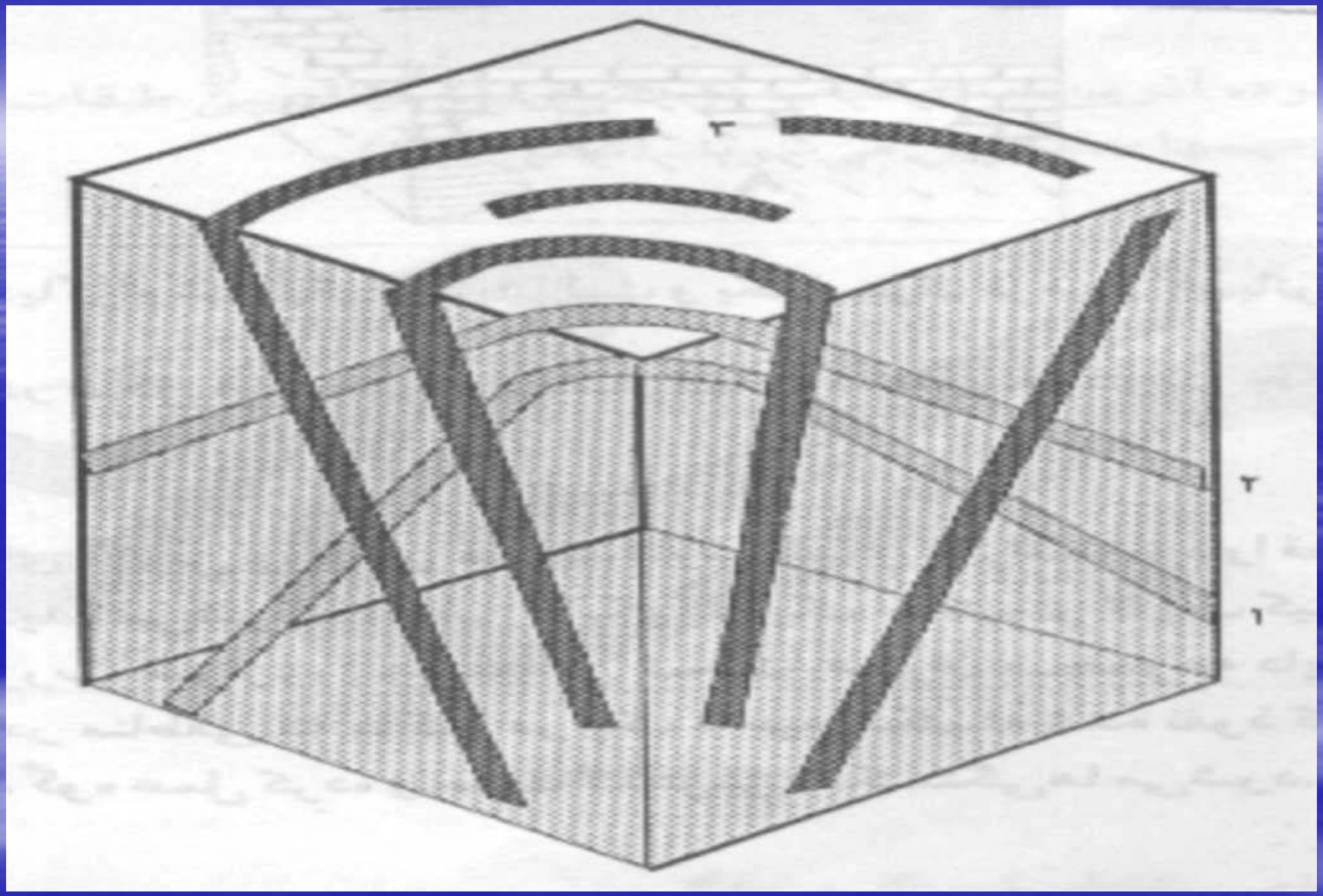
Ring dikes

دایک هاي حلقوي حلقه هاي قوسي شكلي هستند كه به بيرون انحنا دارند و يا شكستگيهاي گنبدي شكلي كه توسط ماگما پر شده اند. آزاد شدن فشار و يا استقرار ماگما در نزديكي سطح زمين عامل ايجاد آنهاست.

دايكهاي مخروطي

عبارتند از حلقه هاي قوسي شكلي كه به طرف داخل انحنا دارند.در حقيقت آنها شكستگي هاي مخروطي شكلي هستند كه از ماگما پر شده اند.

- اين شكستگيها معمولا همراه حركت ماگما ايجاد مي گردند.
- دايكهاي مخروطي داراي اهميت اقتصادي هستند، چنانكه گاهي در اين دايكها نهشته هاي مس داري ديده مي شود كه تحت اثر گازهاي آتشفشاني و محلولهاي گرمابي و فرايند دگرساني بوده اند.



1 و2 دايكهاي حلقوي و 3 تصويري از دايک مخروطي

شكل و نحوه استقرار سنگهاي آذرين بيروني

سنگهاي آذرين خروجي دراثرسرد شدن ماگما درسطح زمين به اشكال زيرديده مي شوند:

الف) مخروط آتشفشاني

ب) جريان يافتگي ماگما روي سطح زمين(گدازه)

ج) موادي كه در اثر انفجار آتشفشاني بصورت قطعات و ذرات پرتاب شده وبه سطح باز مي گردند(مواد آذرآواري).

الف) مخروط آتشفشان

مخروط آتشفشان از گدازه يا از مواد آذرآواري و يا از هر دو تشكيل مي شود.

- مجراي خروج گدازه واقع درامتداد محورمخروط آتشفشان دودكش آتشفشان نام دارد.
- در قله مخروط آتشفشان دهانه آتشفشان قرار دارد.
- گاهي در اثر فرسايش مخروط آتشفشان از بين رفته ودودكش بصورت ستوني سنگي موسوم به Neck ديده مي شود.

ب) مهم ترين اشكال ناشي از سرد شدن گدازه آتشفشاني

ب-1) گدازه نوع اسكوريا

ب-2) گدازه پاهوئي هوئي

ب-3) گدازه آآ

ب-4) گدازه بالشي

ب-1) *Scoria lava*

زماني كه ماگما حاوي مقدار قابل ملاحظه اي گاز محلول باشد،به تناسب كاهش فشار اين گاز از ماگما جدا شده و به صورت حبابهايي درون آن پخش مي شود و اشكال تاول مانندي ايجاد مي كند.

سنگي كه از انجماد چنين گدازه ايي ايجاد گردد نسبتا سبک و متخلخل بوده وبه اسكوريا (سنگ پا) شهرت دارد.

ب-2) گدازه پاهوئي هوئي

اشكال ناشي ازاين نوع گدازه داراي سطح صاف وبه صورت رشته هاي چين خورده است و عرض آن به چند سانتيمتر مي رسد.

اين نوع از گدازه معمولا در جريانهاي بازالتي داراي گرانروي كم ديده مي شود.

ب-3) اشكال ناشي از گدازه آآ

اشكال ناشي از اين نوع گدازه داراي سطحي ناصاف و درهم ريخته است و بيشتر از گدازه هاي بازالتي تشكيل مي شود و شامل رشته هايي است كه ضخامت متوسط آنها 5 تا 10 متر است.

در چنين حالتي هريک از واحدهاي سرد شده به صورت متراكم و شامل يک مركز توده اي و ماسيو است كه بين لايه هايي از قلوه هاي تفاله مانند قرار گرفته اند.

گدازه نوع اسکوري در يك سکانس آتشفشاني

گدازه نوع پاهوئي هوئي

گدازه نوع آآ

ب-4) گدازه هاي بالشي

اين نوع گدازه ها زماني تشكيل مي شوند كه لاواهاي بازالتي در اقيانوسها و ساير محيط هاي آبي ويا روي رسوبات مرطوب جاري شوند.چون قسمت محدب بالش ها به سمت پايين جريان است،با استفاده ازآنها مي توان جهت جريان گدازه رامشخص كرد.

گدازه بالشي(پيلولاوا)

دبي سنگهاي آذرين

در سنگ شناسي آذرين دبي يعني شكستگيهاي طبيعي سنگها كه در نتيجه عوامل مختلف به خصوص عمل انقباض و انبساط در حين سرد شدن به وجود مي آيند. عوامل طبيعي و نيز تأثيرفيزيكوشيميايي آبهاي نافذ درتشكيل اين شكستگيهامؤثرند.

دبي دياكلازي

در سنگهاي آذرين نفوذي و بعضي گدازه ها شكستگي هاي نامنظم در توده آذرين به وجود مي آيد كه توده را به قطعات چند وجهي نامنظم تقسيم مي كند.اين اشكال به دليل سرد شدن توده آذرين و نيز به سبب نيروهاي تكتونيكي كه پس از انجماد توده بر سنگ اثر كرده، بوجود آمده اند.

دبي برشي

در زير دريا،گدازه هايي كه در اثر تماس با آب در حين حركت به سرعت منجمد مي شوند،غالبا منظره برشي به خود مي گيرند. اين مناظر به دبي برشي معروفند.

دبي منشوري

در سنگهاي آتشفشاني،دبي منشوري بر اثر انقباض ضمن سرد شدن سريع ماگماي بازالتي به وجود مي آيد.ستونهاي منشوري عموما پنج يا شش وجه دارند و ابعاد و تعداد منشورها به سرعت سرد شدن آنها بستگي دارد . به طوري كه سرد شدن سريع باعث آزاد سازي هر چه بيشتر نيروها شده و در نتيجه منشورها باريكتر مي شوند.

تـ صاو يري از ستونهاي مذ شوري و سيـ ستم درزه هاي سازنده آن

فصل سوم

بافت سنگهاي آذرين

Texture

بافت یک سنگ عبارتست از: درجه بلوري،اندازه دانه ها و شکل و نحوه قرار گرفتن دانه هاي آن سنگ نسبت به یکدیگر که شواهد مستقیمي از منشأ و چگونگي تشکیل سنگ را در اختیار مي گذارد.

عوامل مؤثر بر بافت سنگهاي آذرين

1- درجه تبلور
2- اندازه دانه ها
3- شكل دانه ها
4- نحوه قرارگيري كاني ها نسبت به يكديگر

1- درجه تبلور

درجه تبلور عبارتست از نسبت مقدار بلورها به شيشه ي موجود درسنگ
درجه تبلور به الف) سرعت سرد شدن و ب) تركيب و گرانروي ماگماي اوليه بستگي دارد.

الف) تأثير سرعت سرد شدن ماگما بر درجه تبلور

به طور كلي هر چه ماگما سريعتر سرد شود مقدار شيشه در سنگ بيشتر خواهد بود و چنانچه ماگما به تدريج سرد شود مقدار بلورهاي موجود در سنگ بيشتر بوده و سنگ از درجه تبلور خوبي برخوردار ميگردد . شيشه ها كه مهمترين عامل تشكيل آنها سرعت سرد شدن مذاب است،ذاتاً ناپايدارندوشيشه هاي آتشفشاني تمايل دارند به بلورتبديل شوند. گاهي درون شيشه بلورهاي باريكي موسوم به ميكروليت ديده مي شود.

ب- تأثير گرانروي و تركيب ماگما بر درجه تبلور

هر چه ماگما اسيدي تر بوده واز گرانروي بيشتري برخورداراباشد،امكان تشكيل بلور كمتر است. به طورمثال در ماگماهاي ريوليتي گرانروي زياد مانع حركت يونها شده و درنتيجه بلور كمي تشكيل مي شود.

2- دانه بندي يا اندازه دانه ها

اندازه بلورهاي يک سنگ متأثراز سرعت سردشدن،ترکيب ماگما،غلظت ماگما،تعداد هسته هاي بلورين و نحوه حرکت ماگما مي باشد.

بلورهاي درشت ناشي از سرد شدن آهسته ماگما در اعماق و بلورهاي ريز ناشي از سرد شدن سريع ماگما در سطح زمين مي باشند.

افزايش سرعت هسته زايي با افزايش سرعت سرد شدن ماگما نسبت مستقيم داشته و با حضور آب در محيط نسبت عكس دارد.يعني هر چه مقدار آب ماگما بيشتر باشد، سرعت هسته زايي كاهش مي يابد زيرا آب به عنوان مانع اتصال بين تترائدرهاي سيليس عمل مي نمايد.

تعداد هسته هاي بلوري موجود در سنگ نيز در دانه بندي مهم است. تعداد هسته هاي بلورين در يک سنگ دانه ريز زياد و در يک سنگ دانه درشت کم است. چون رشد بلوري فقط درصورت وجود هسته امکان پذيراست بنابراين هسته زائي معدود سبب افزايش رشد بلورها مي شود.

بافت هاي شيشه اي به دليل درجه بالاي «تراكم ذرات» در ماگماي سيليسي و در نتيجه گرانروي بالاي آن گسترش مي يابند. اگر سرعت سرد شدن ماگما زياد باشد، پايين آمدن سريع درجه حرارت سبب افزايش گرانروي مي شود و سرعت سرد شدن باعث مي شود كه مايع بدون تبلور منجمد شود. تشكيل ابسيدين به دليل عدم وجود مواد فرار، گرانروي بالا و عدم انتشار دروني ماگما مي باشد.

-- مقايسه اندازه بلورهاي سنگهاي آذرين نشان مي دهد كه ماگماهاي بازيک در يک عمق مناسب سنگهاي دانه درشت به وجود مي آورند.در صورتي كه ابعاد دانه ها در سنگهاي نفوذي با تركيب اسيدي در همين عمق ريزتر است.

-- علت پديد آمدن دانه هاي فوق العاده درشت در پگماتيت گرانيتها تشكيل مقادير فراوان آب و مواد فرار در مرحله تاخيري بلورش ماگمامي باشد. آب و مواد فرار باعث سستي پيوندهاي تترائدري سيليس و پايين آمدن گرانروي و در نتيجه ممانعت از حركت سريع يونها گرديده و سبب رشد بيشتر بلورها مي شوند.

3- شکل بلورها

شكل كاني يكي از مهم ترين مشخصات آنهاست.مهمترين انواع بافت بر اساس شكل كاني ها عبارتند از :

- *Idiomorphic Texture* - بافتي از سنگ كه تمامي بلورهاي آن شكل دار هستند.(مثل بافت لامپروفيرها)
- *Hypidiomophic Texture* – بافتي از سنگ كه تقريبا نيمي از بلورها شكل دار هستند.(مثل بافت گرانيت ها)
- *Xenomorphic Texture* _ بافتي از سنگ كه تقريبا تمامي بلورها بي شكل هستند.(مثل بافت آپليت ها)

عوامل مؤثر بر شكل كاني ها

1- شرايط زماني تبلور؛به طور مثال كاني هايي كه اول درماگما متبلور مي شوند، شكل دار بوده و كاني هاي تأخيري از نظرشكل تحت تأثير فضاي خالي مي باشند.(گرچه بعضي كاني هاي دگرگوني چون سيليمانيت و گارنت تحت تأثير نيروي تبلور كه عبارتست از نسبت انرژي سطوح بلور در حال تشكيل به انرژي سطوح بلورهايي كه قبلا تشكيل شده اند،اغلب شكل دارند).

2- سرعت سرد شدن ماگما؛ سرد شدن سريع سبب ايجاد اشكال استخواني و دندريتي و سرد شدن خيلي سريع سبب ايجاد تجمعات اسفروليتي،شعاعي ويا سوزني مي گردد.

4- نحوه قرارگيري كاني ها نسبت به يكديگر

مهمترين حالاتي كه از نحوه قرارگيري اجزاي سنگ ايجاد مي گردند عبارتند از :

الف) بلورهاي همسان؛ در اين حالت بلورهاي تشكيل دهنده سنگ هم اندازه هستند.

ب) بلورهاي ناهمسان؛ در اين حالت بلورهاي تشكيل دهنده سنگ هم اندازه نيستند و دانه هاي درشت (فنوكريست ها) كه در اثر سرد شدن تدريجي در درون زمين تشكيل شده اند،توسط دانه هاي ريزتر احاطه شده اند.

ج) وجود بلور و شيشه در سنگ؛ در اين حالت فنوكريستها توسط زمينه شيشه اي احاطه شده اند.

انواع بافت در سنگ شناسي آذرين

مهمترين عوامل در تشخيص انواع بافت عبارتند از :

درجه تبلور

اندازه بلورها

شكل بلورها

ارتباط بلورها با يكديگر

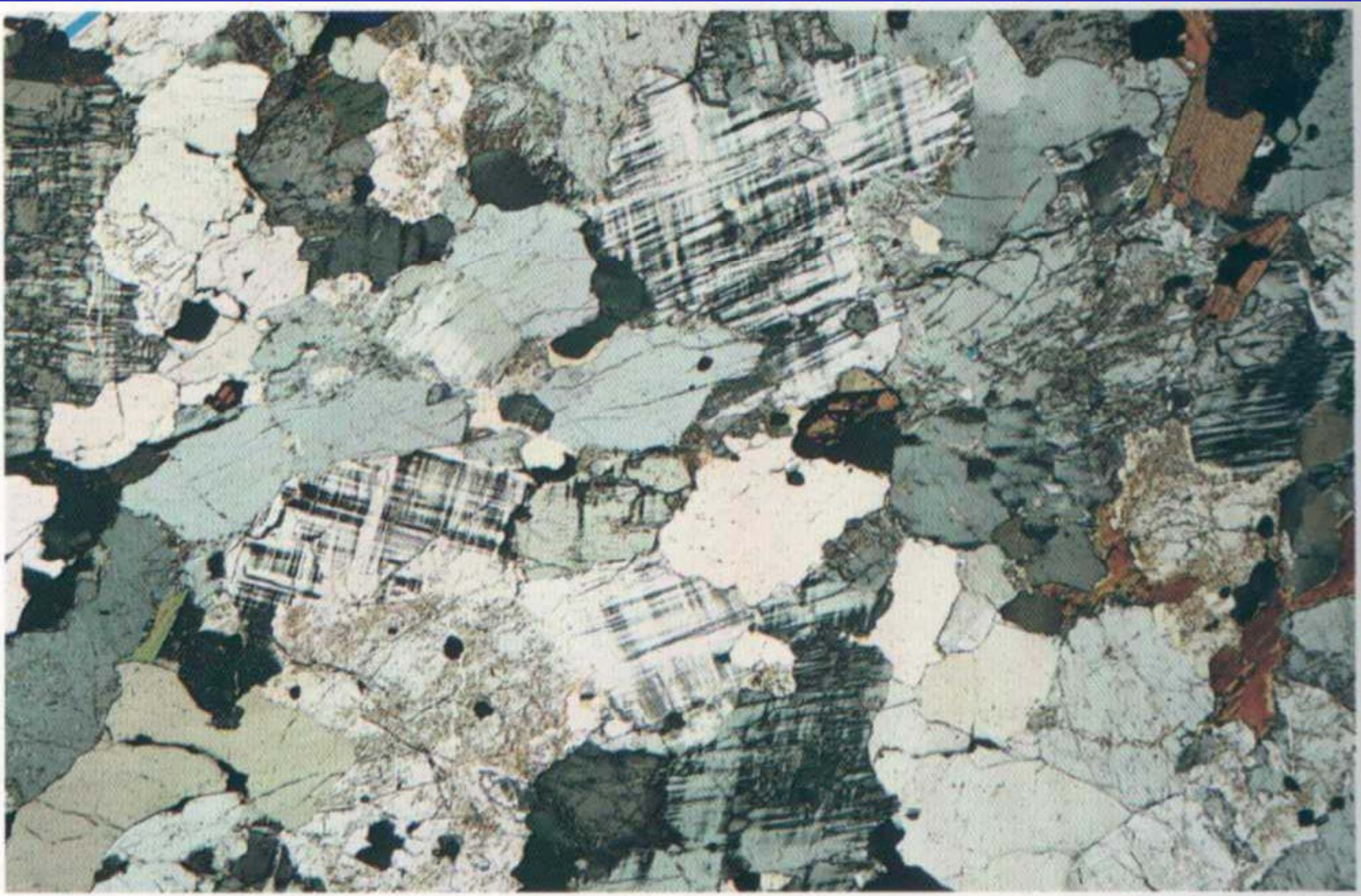
تقسيم بندي بافت ها:

- بافتهاي سنگهاي آذرين دروني و نيمه عميق
- بافتهاي سنگهاي آذرين خروجي

الف) بافت هاي سنگهاي دروني و نيمه عميق

الف-1) بافت گرانولار (دانه اي)؛

بافتي است با دانه هاي مساوي كه كاني هاي تشكيل دهنده آن را مي توان با چشم غير مسلح ديد.كانيهاي تشكيل دهنده اكثرا فلدسپاتها،آمفيبولها،ميكاها و كوارتز هستند. در اين بافت ممكن است بلورها شكل دار،نيمه شكل دار و يا مجموعه اي از دانه هاي شكيل،بي شكل و نيمه شكل دار مي باشند.



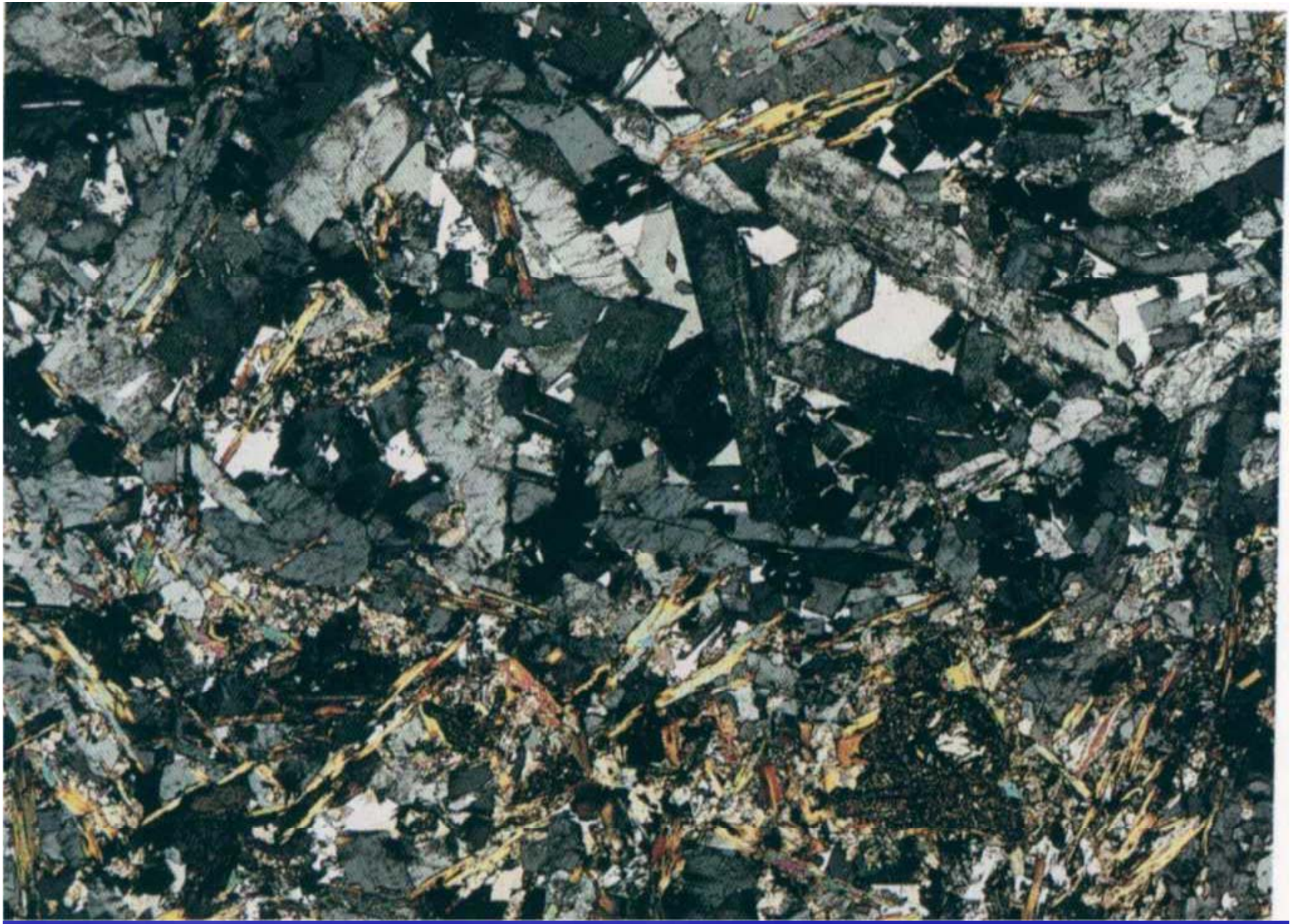
بافت گرانولار در گرانیت

عموما بافتهاي زير را نيز جزء بافت هاي دانه اي محسوب مي نمايند.

الف-1-1):

بافت لامپروفيريک:

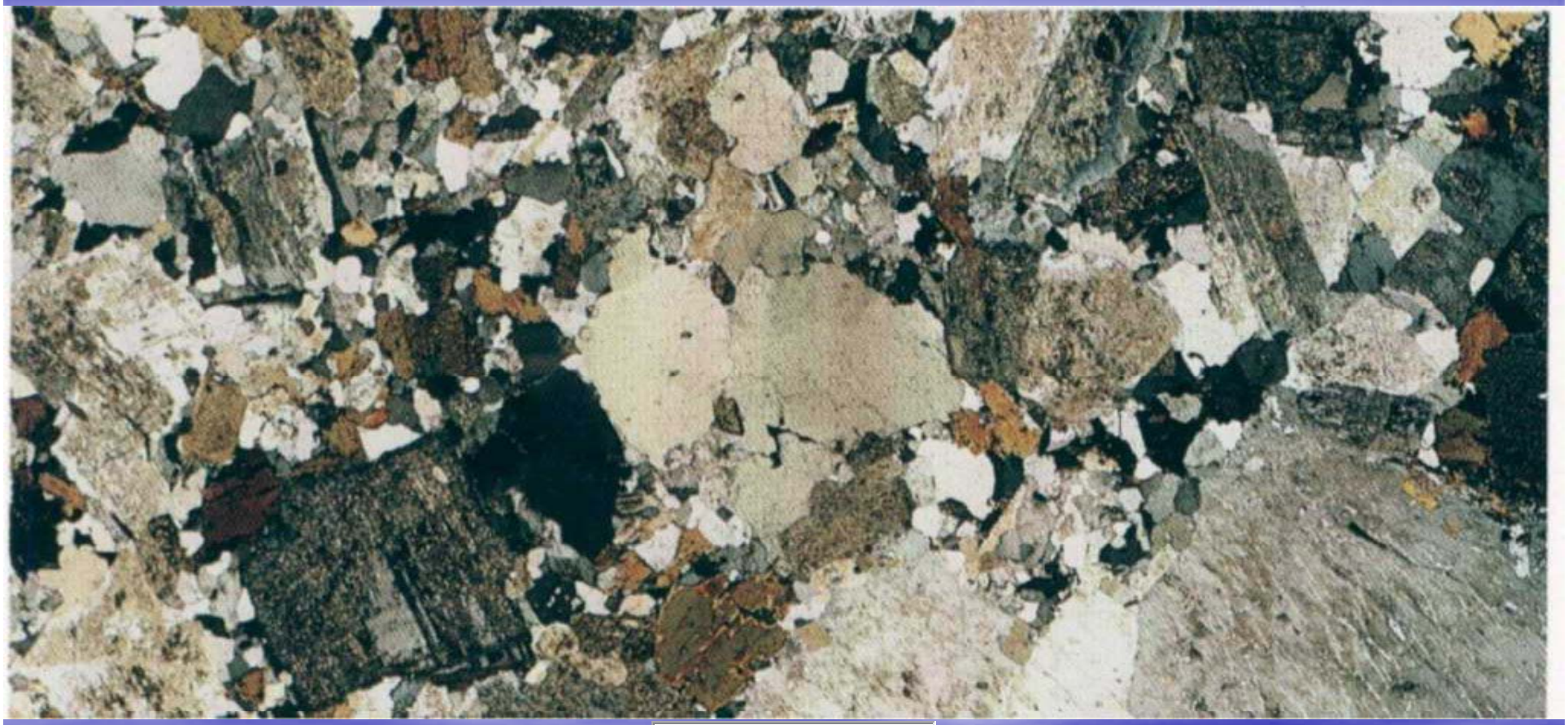
عبارتست از بافت دانه اي با بلورهاي خود شکل (شکل دار) و چون اين بافت در سنگهاي لامپروفيري معمول است به آن لامپروفيريک مي گويند.



بافت لام‌پروفیریک

الف-1-2) : بافت آپليتيک

اگر بلورهاي تشکيل دهنده در يک سنگ داراي بافت دانه اي،بي شکل باشند بافت آپليتيک شکل مي گيرد. اين بافت در سنگهاي آذرين نيمه عميق آپليتي ديده شده و به بافت دانه شکري نيز موسوم است.



تصويري از بافت آپليتي

الف-1-3)؛ بافت هيپيديومرفيک

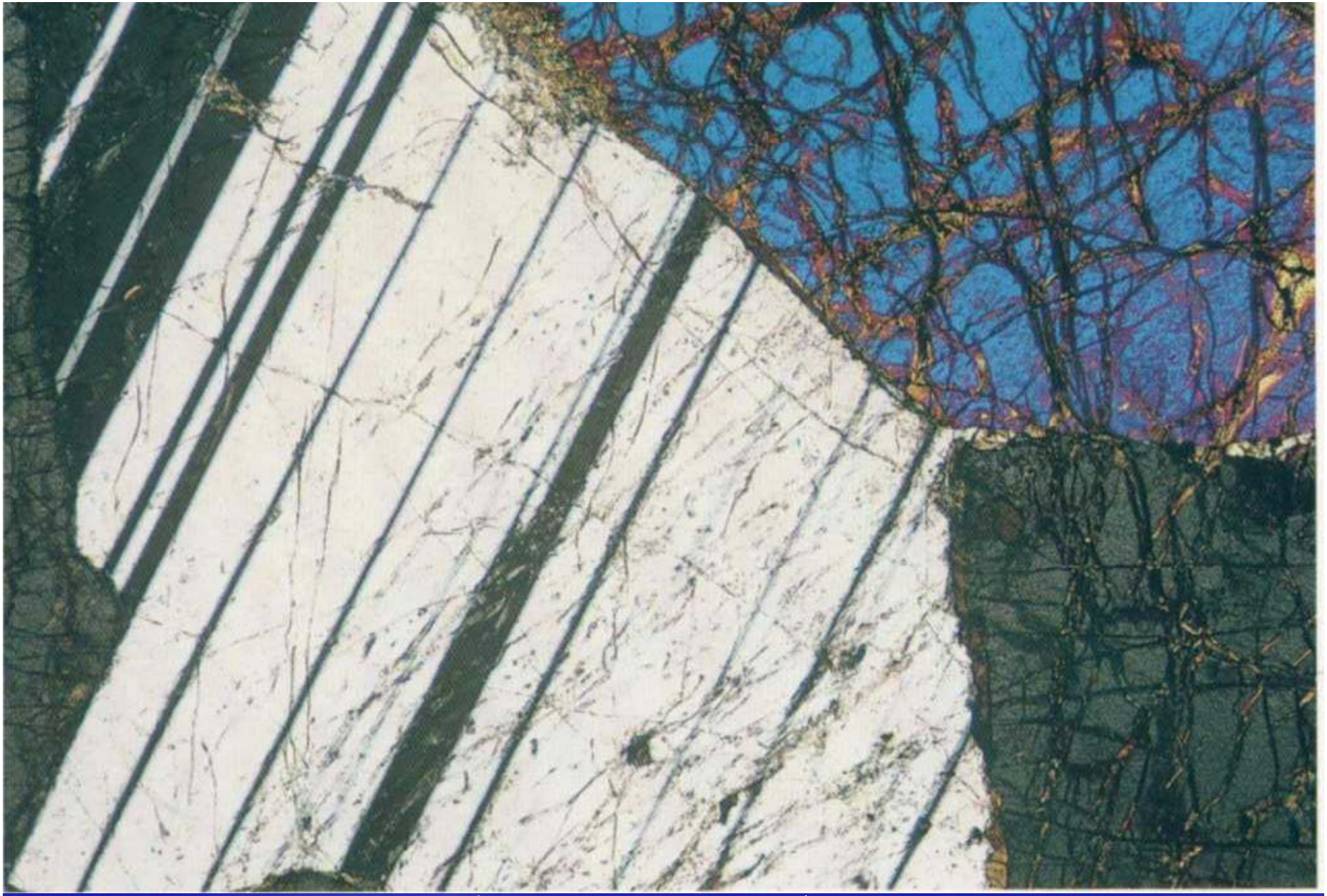
اگر بلورهاي سنگي با بافت دانه اي،شكل دار،نيمه شكل دار و بي شكل باشند،سنگ داراي بافت هيپيديومرفيک خواهد بود.

اين بافت كه در گرانيتها معمول است به بافت گرانيتيک نيز مشهور است.

بافت میپیدیومرفیک گرانولار در یک گرانیت

الف-2) بافت پگماتيتي

اين بافت در سنگهاي آذرين نيمه عميقي ديده مي شود كه بسيار دانه درشت هستند وابعاد متوسط كانيهاي تشكيل دهنده آنها بيش از 5 ميلي متر است.



بافت پگماتيتي در يک الیوین گابرو

الف-3) بافت گرافيكي

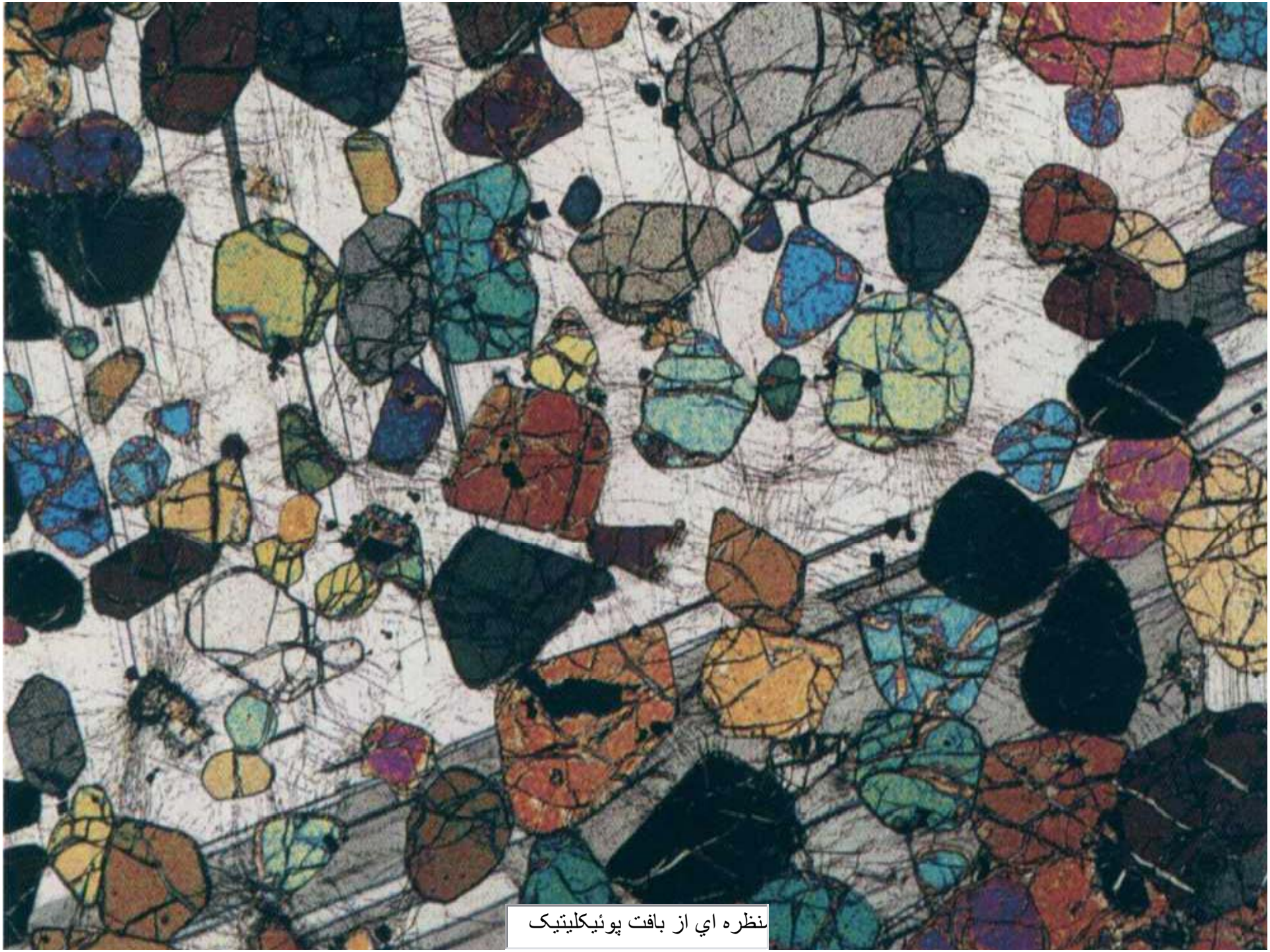
در اين بافت بلورهاي كوارتز به شكل ميخ در يک متن فلدسپاتي قرارگرفته اند.اين بافت در سنگهاي گرانيتي،گرانيت پگماتيتي و گرانوفيري ديده مي شود.

تصویر بافت گرافیک

الف-4) بافت پوئي كليتيک

در اين بافت تعداد زيادي بلورهاي ريز،در جهات نامعين توسط بلورهاي درشت با تركيبات مختلف محاط شده اند.

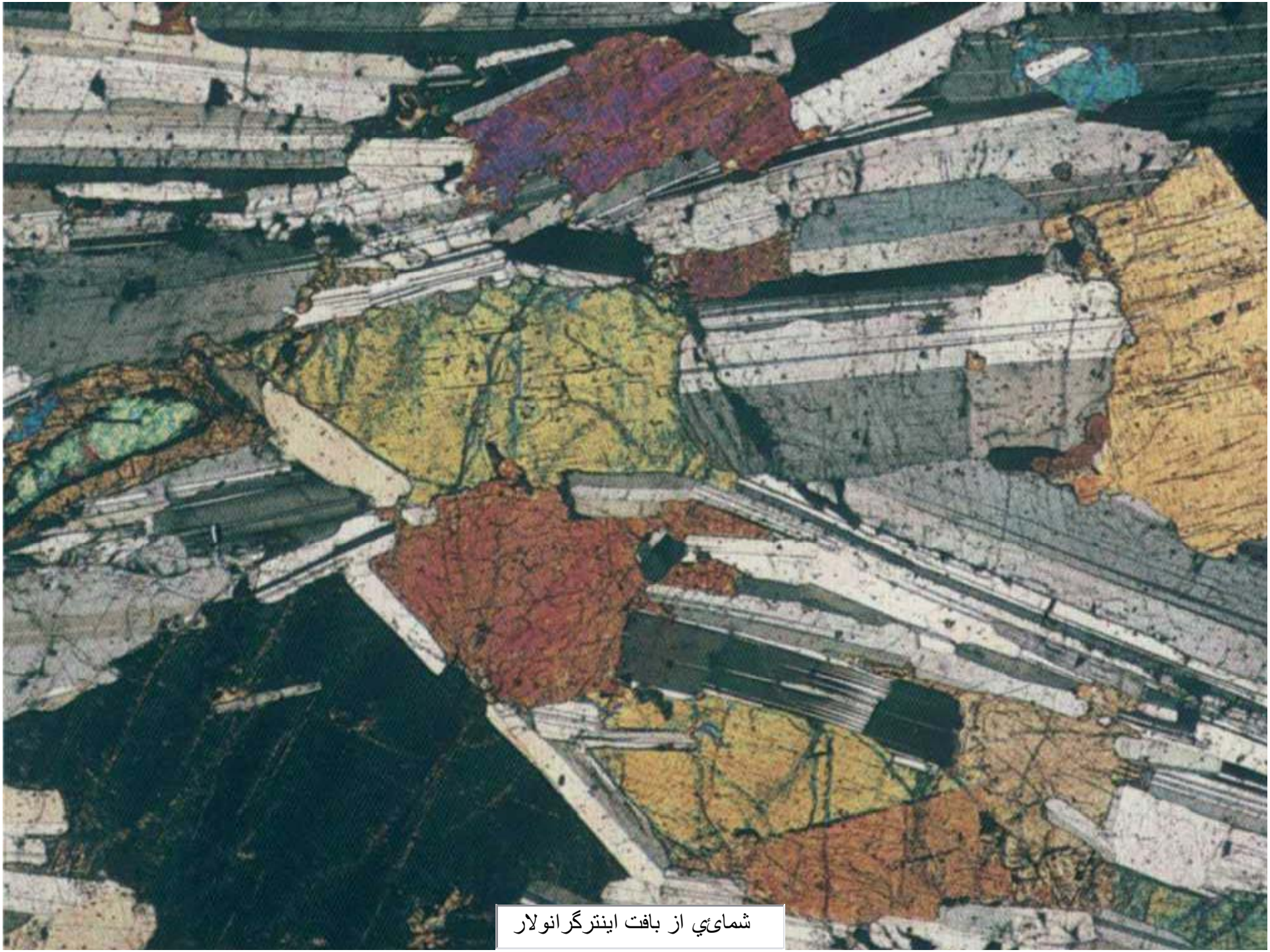
برخی معتقدند اين بافت به دليل ورود انكلوزيونها (ادخال ها) به درون بلورهای درشت در حال رشد به وجود می آيد.



منظره اي از بافت پوئيكليتيک

الف-5) بافت اينترگرانولار

در اين بافت بلورهاي پلاژيوكلاز به صورت مستطيل هايي در جهات مختلف قرارميگيرند و فضاي ايجادي در بين آنها توسط بلورهاي پيروكسن واليوين پر ميشود.اين بافت در سنگهاي آذرين نيمه عميق ديده مي شود.

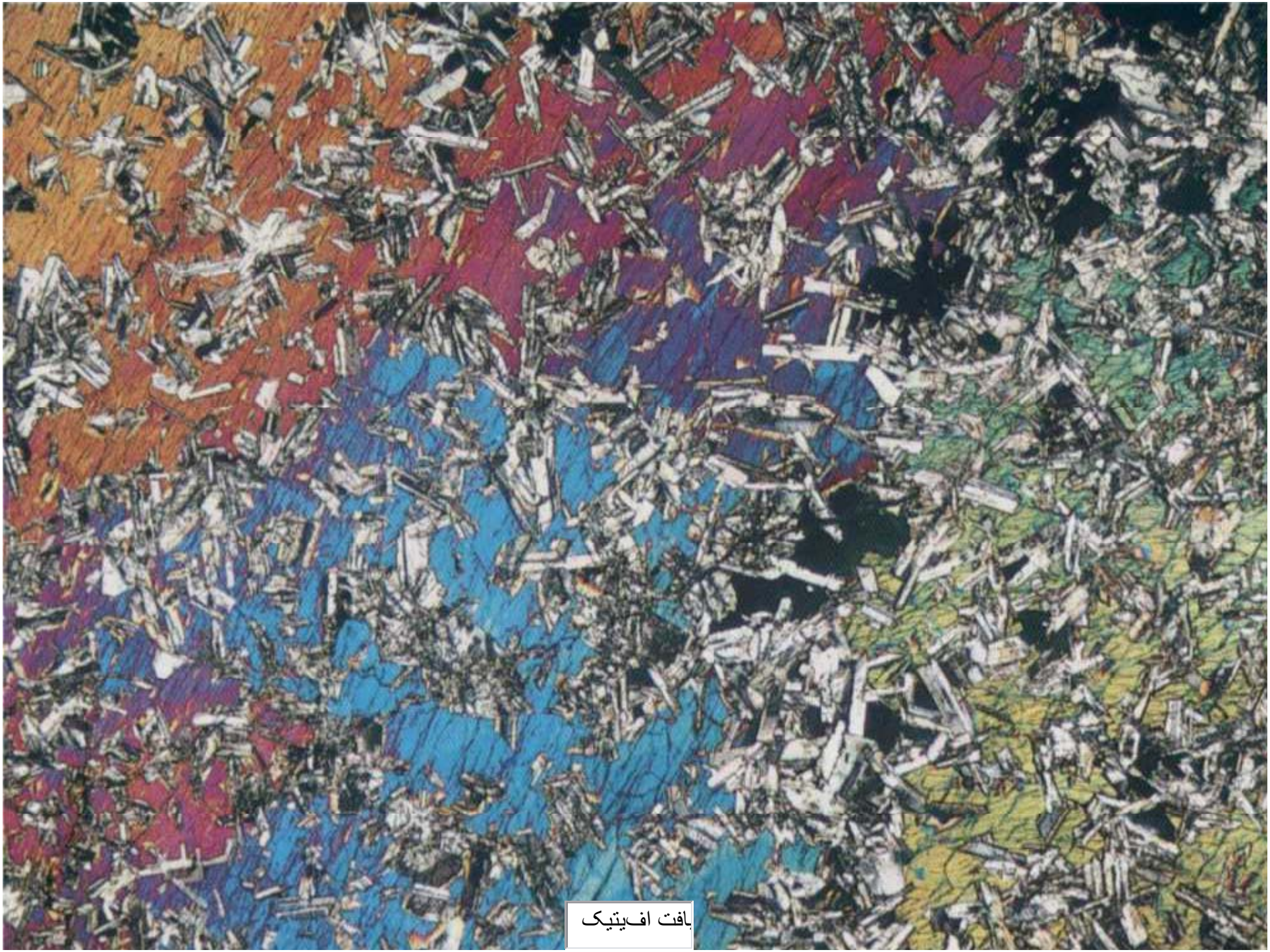


شمائي از بافت اينترگرانولار

الف-6) بافت افي تيک

در اين بافت بلورهاي پلاژيوکلاز در داخل پيروکسن ها قرار گرفته اند.

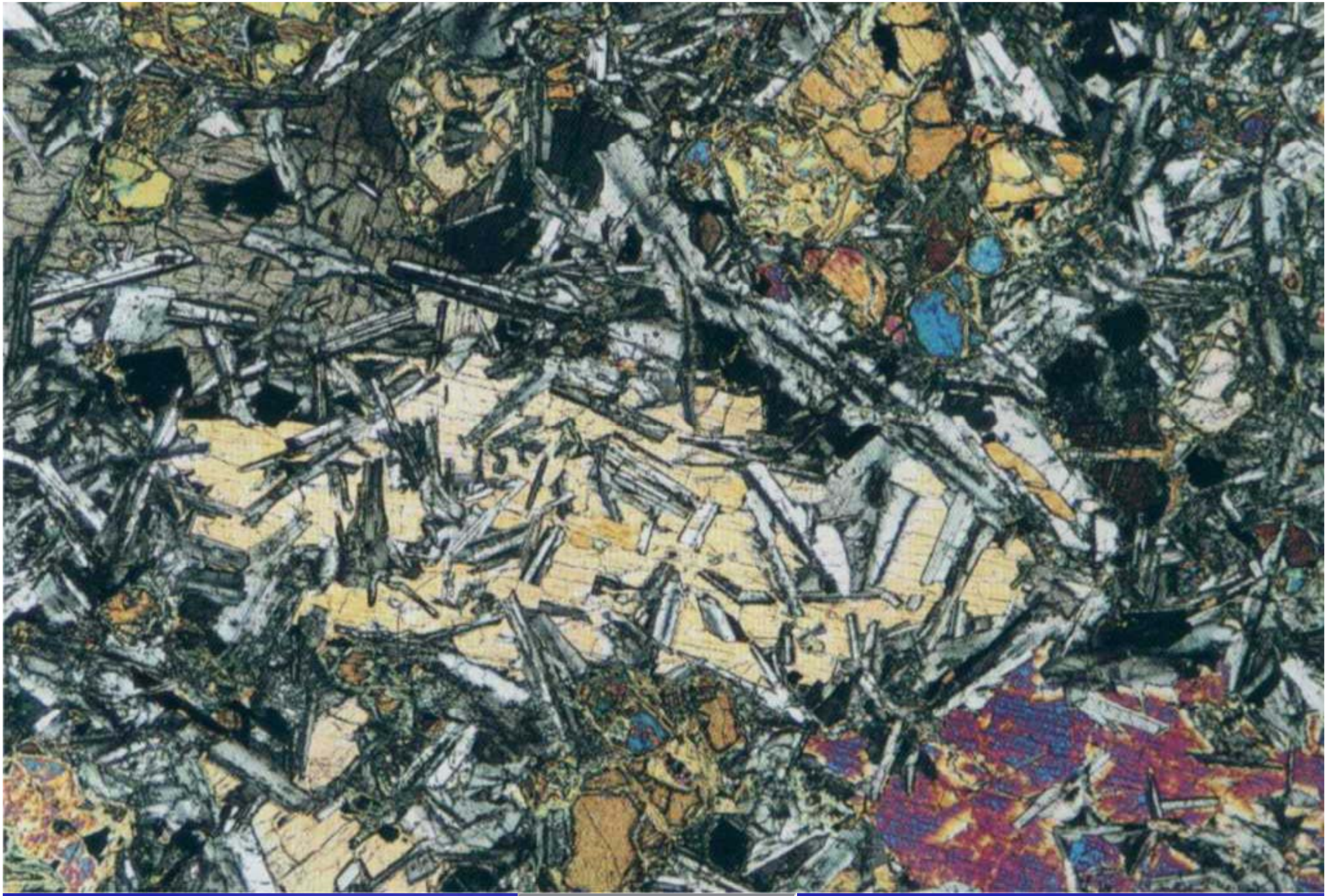
اين بافت در سنگهاي بازيک و به خصوص ديابازها ديده مي شود.



بافت افـیتیک

الف-7) بافت ساب افيتيک

چنان چه در بافت افيتيک طول پلاژيوکلازها بيشتر از قطرپيروکسن باشد وپيروکسن فقط بخشي از *Plg* را در بر گرفته باشد،بافت را ساب افيتيک مي گويند.

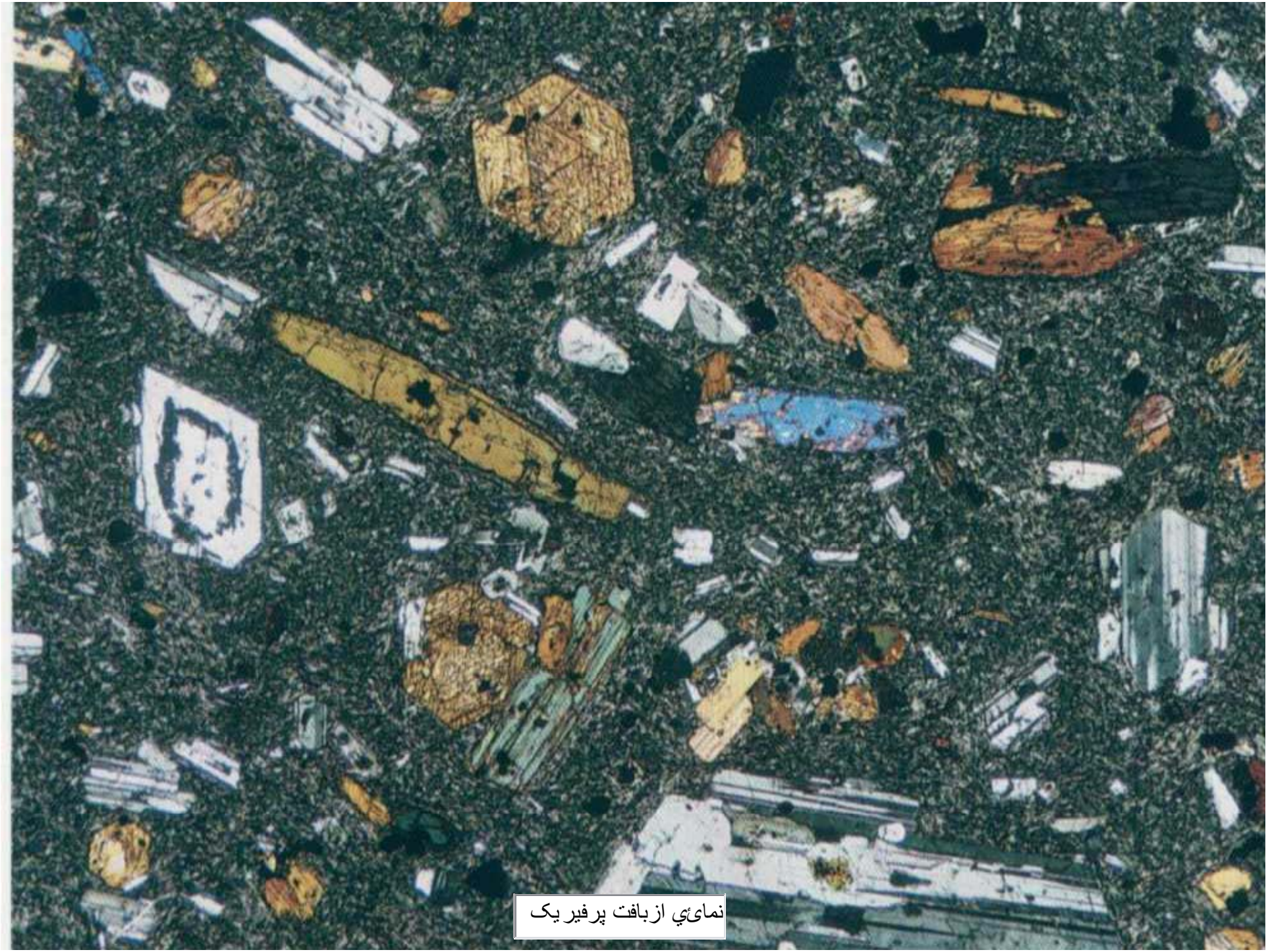


تصویري از بافت ساب افیتیک

ب)مهمترين بافتهای موجود در سنگهاي آذرين خروجي

ب-1) بافت پرفيريک

اگر متن سنگي دانه اي باشد و بلورهاي خيلي درشت در آن مشاهده شود بافت مربوطه را پرفيريک مي گويند.اين بافت ناشي از سرد شدن ماگما در دو مرحله است مرحله اول سرد شدن آهسته در زيرزمين که بلورهاي درشت شکل مي گيرند و مرحله دوم سرد شدن سريع در اعماق کمتر که زمينه دانه ريز شکل مي گيرد.گاهي ممکن است بلورهاي درشت در زمينه شيشه اي قرار گرفته باشند.

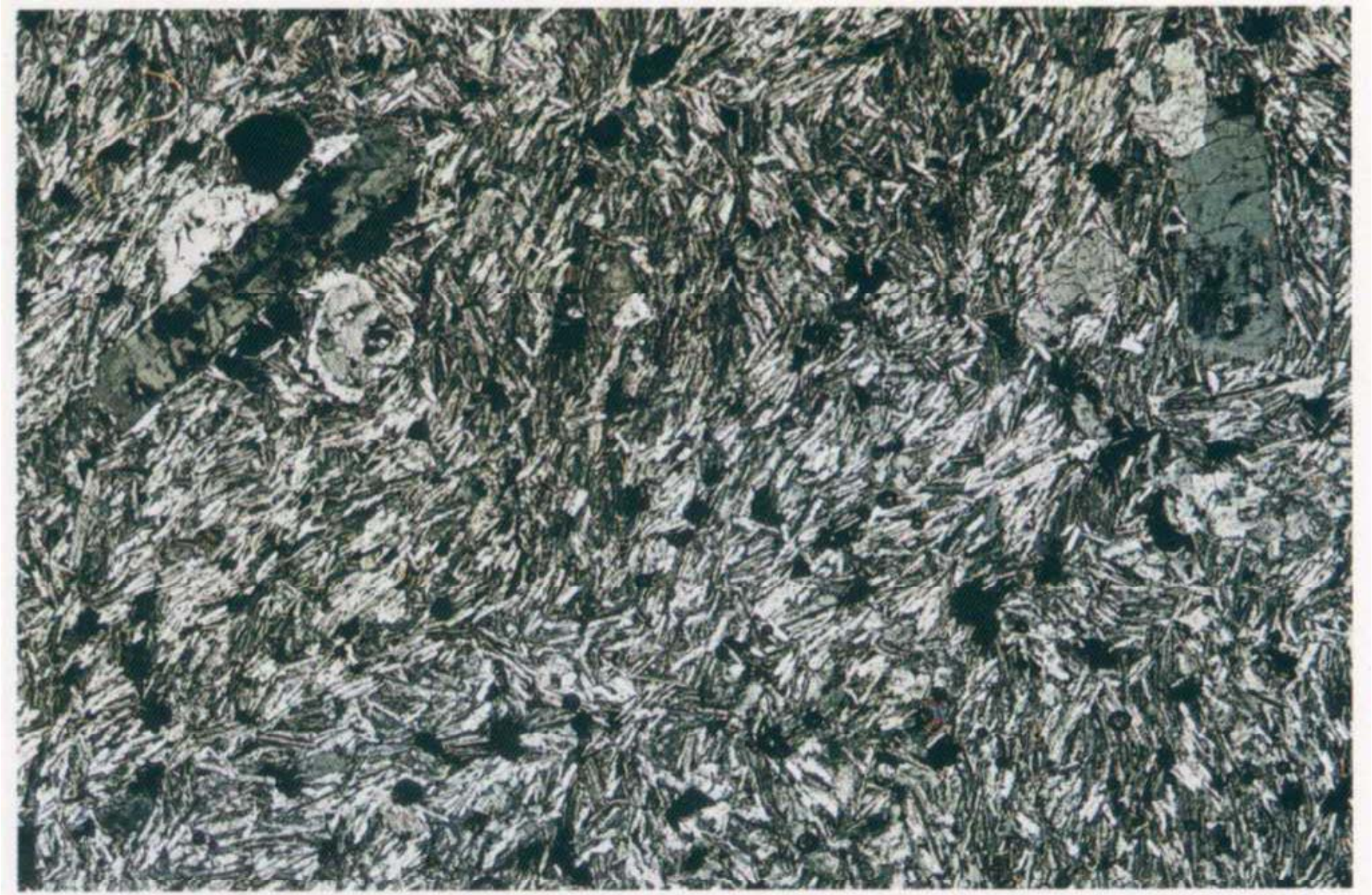


نمائي از بافت پرفیریک

ب-2) بافت ميكروليتي

سنگي داراي اين بافت است كه از اجتماعي از ميكروليتها تشكيل شده باشد.

ميكروليت؛به كانيهايي اطلاق مي شود كه به صورت تيغكهاي ريز و ظريف بوده و طول آنها از عرضشان بيشتر است.



نمایش بافت میکرولایتي

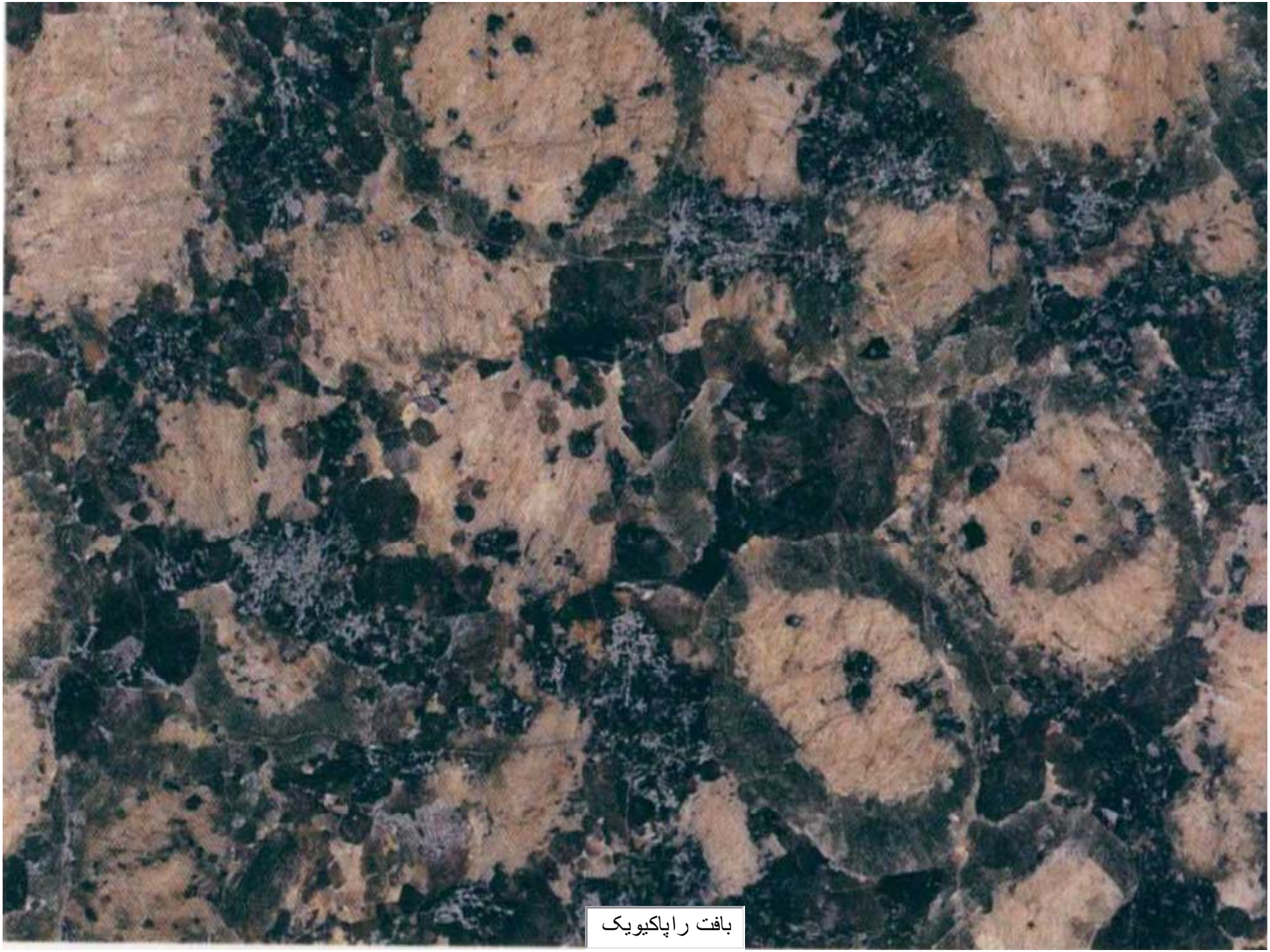
ب-3) بافت گلومروپرفيريتيک

در سنگي با بافت پرفيري اگر بلورهاي درشت،به صورت يک مجموعه خوشه اي پيرامون هم جمع شوند بافت گلومروپرفيريتيک شکل مي گيرد.

منظره بافت گلومروپرفیریتیک

ب-4) بافت راپاكي ويک

معمولا اين نام در مورد سنگهايي با بافت پرفيروئيدي به كار مي رود كه اليگوكلاز به صورت هاله اي پيرامون ارتوز تشكيل و مشاهده مي گردد.اين بافت درگرانيتها وكوارتز مونزونيتها ديده مي شود.



بافت راپاکیویک

ب-5) بافت میکروگرانولار

اگر دانه هاي تشكيل دهنده يک سنگ آنچنان ريزباشند كه فقط به كمک ميكروسكوپ ديده شوند.بافت سنگ را دانه اي ريز بلوريا ميكروگرانولارمي گويند.اين بافت ممكن است پرفيريک يا غير پرفيريک باشد.

منظره اي از بافت ميكروگرانولار

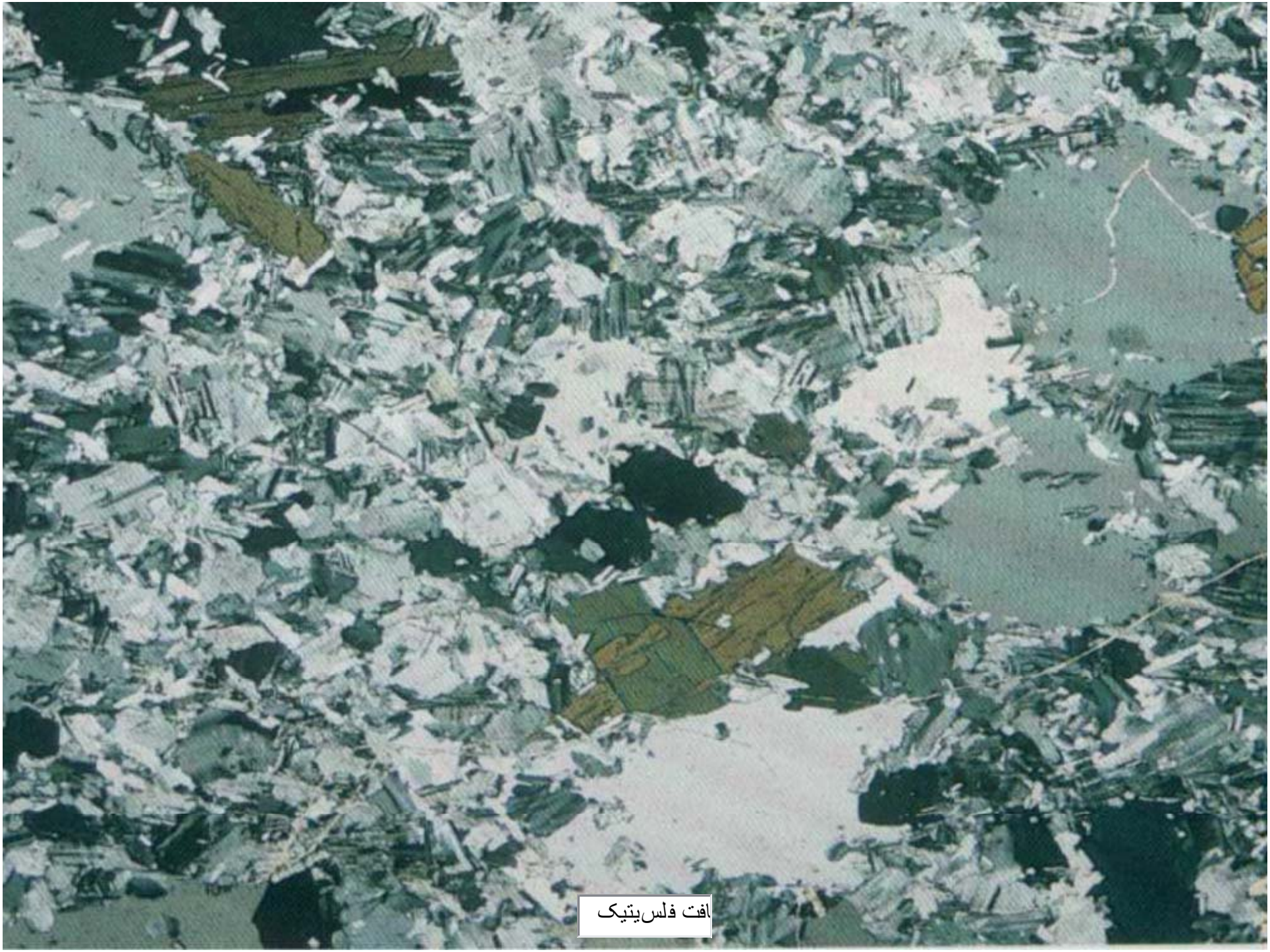
ب-6) بافت اسفرولیتی

گدازه هاي سيليسي و سنگهاي خروجي مخصوصا آن دسته كه از شيشه غني هستند مجموعه شعاعي از كاني هاي سوزني و رشته اي به وجود مي آورند كه به آنها اسفروليت مي گويند. برخي از اين اسفروليتها كروي و برخي چند وجهي و يا نامنظم هستند. تعداد كمي از اين اسفروليتها تركيبي كاملا فلدسپاتي دارند.ولي اكثرا ازكوارتز يا تريديميت يا ارتوز،سانيدين و پلاژيوكلاز سديک تشكيل شده اند.

مايئي از بافت اسفروليتي

ب-7) بافت فلسيتيک

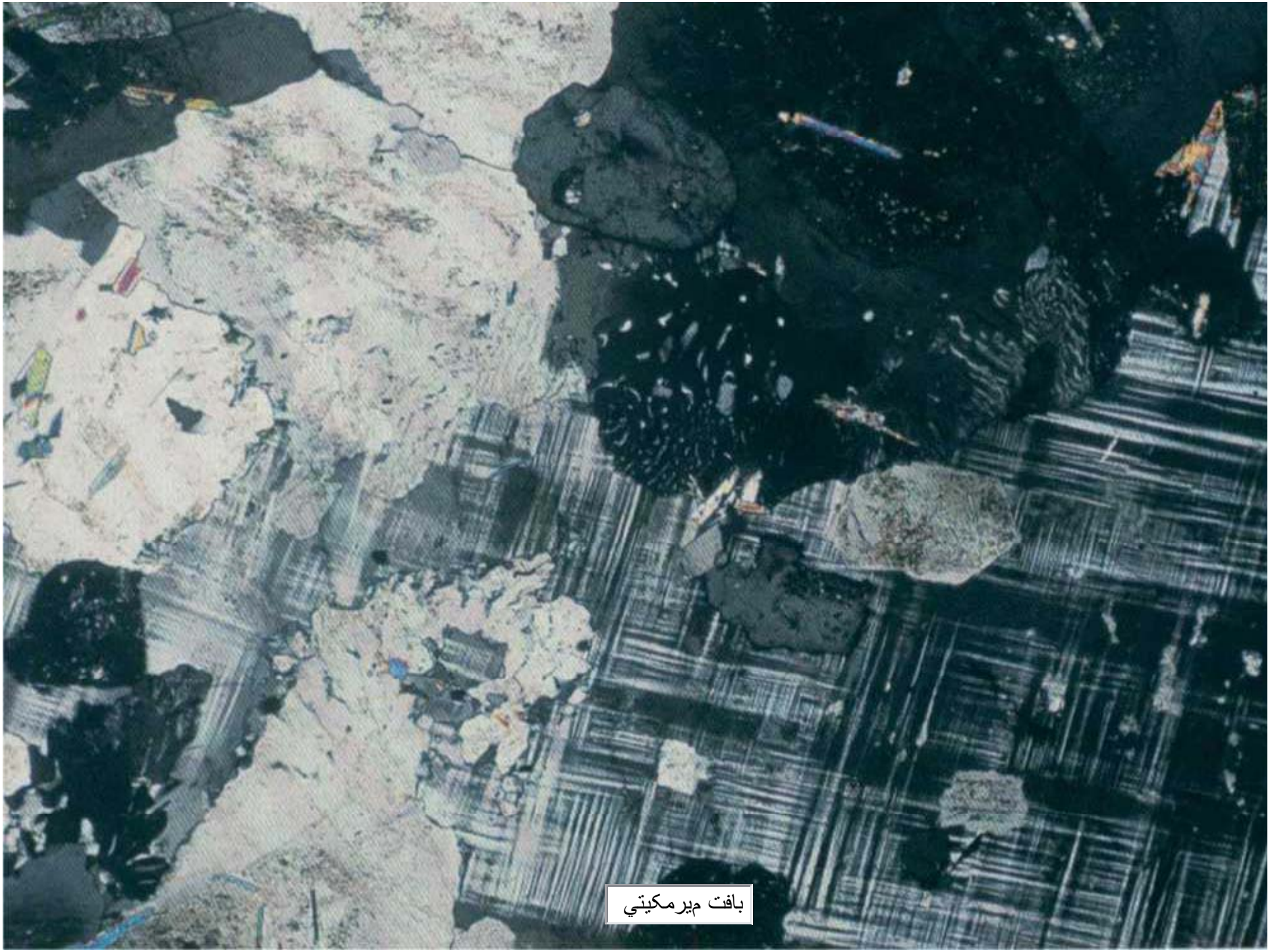
در اين بافت،رشد تؤام کوارتز و فلدسپات زمينه سنگ را تشکيل مي دهند. بافت فلسيتيک ممکن است بسيار دانه ريز باشد و يا از تبلور مجدد شيشه حاصل شده باشد.



افت فلسیتیک

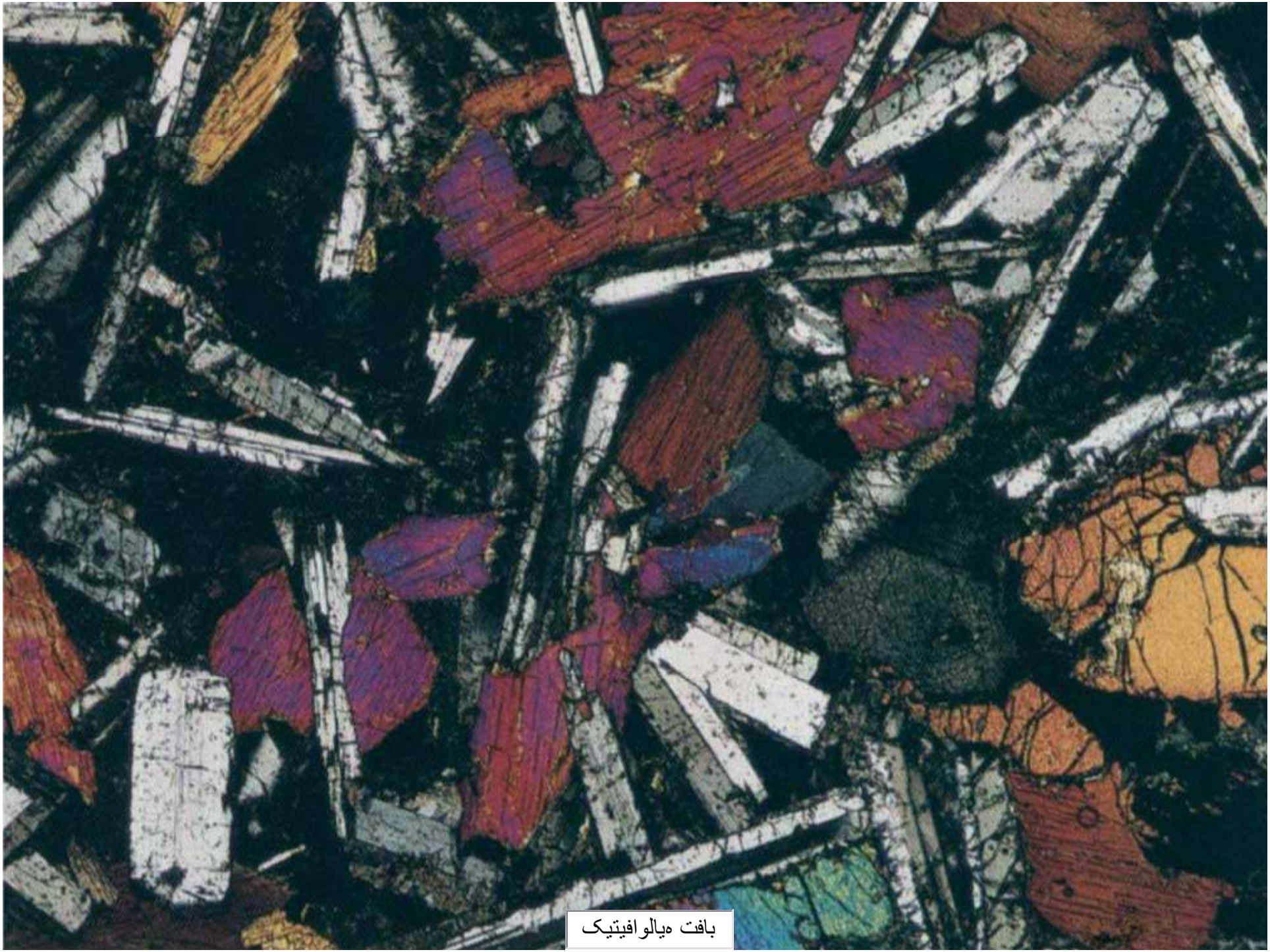
ب-8) بافت ميرمكيتي

در اين بافت توده هاي ريز كرمي شكل يا انگشتي شكل از جنس كوارتزدر زمينه اي از پلاژيوكلاز سديم دار مشاهده مي شود. اين بافت در سنگهاي آذرين دروني مثل گرانيتها نيز ديده مي شود.


بافت ميرمكيتي

ب-9) بافت هيالوافي تيک

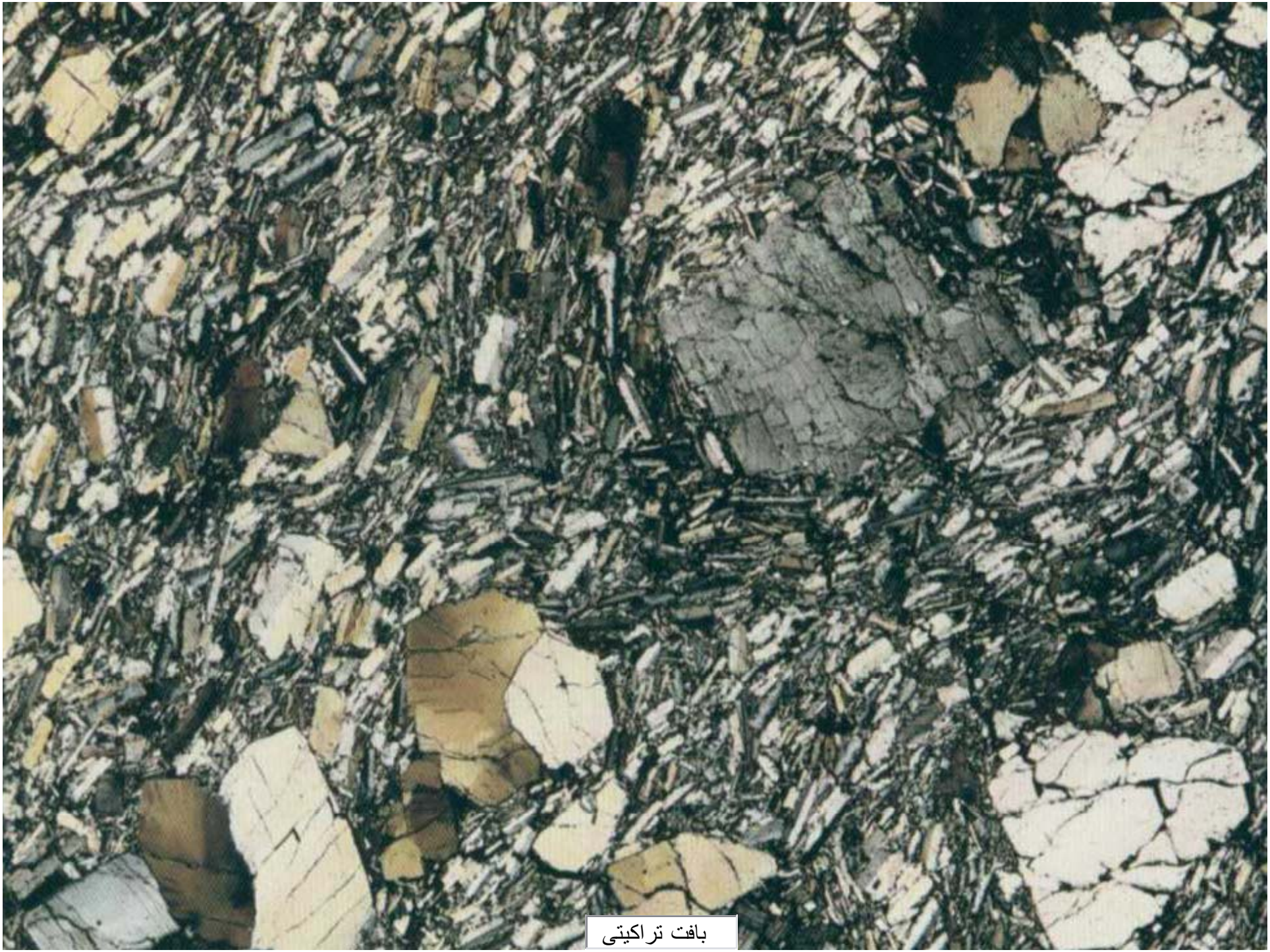
در اين بافت بلورهاي طويل پلاژيوکلاز در داخل شيشه وجود دارند.اين بافت شبيه بافت افي تيک است با اين تفاوت که دربافت افيتيک به جاي شيشه پيروکسن وجود دارد.



بافت هیالوافیتیک

ب-10) بافت تراکیتی

در مواردي كه فلدسپاتهاي تيغه اي با يكديگر موازي بوده و جهت دار باشند،بافت را تراكيتي گويند. معمولا فضاي خالي بين پلاژيوكلازها به وسيله كاني هاي ريز بلور يا مخفي بلور پر مي شود.



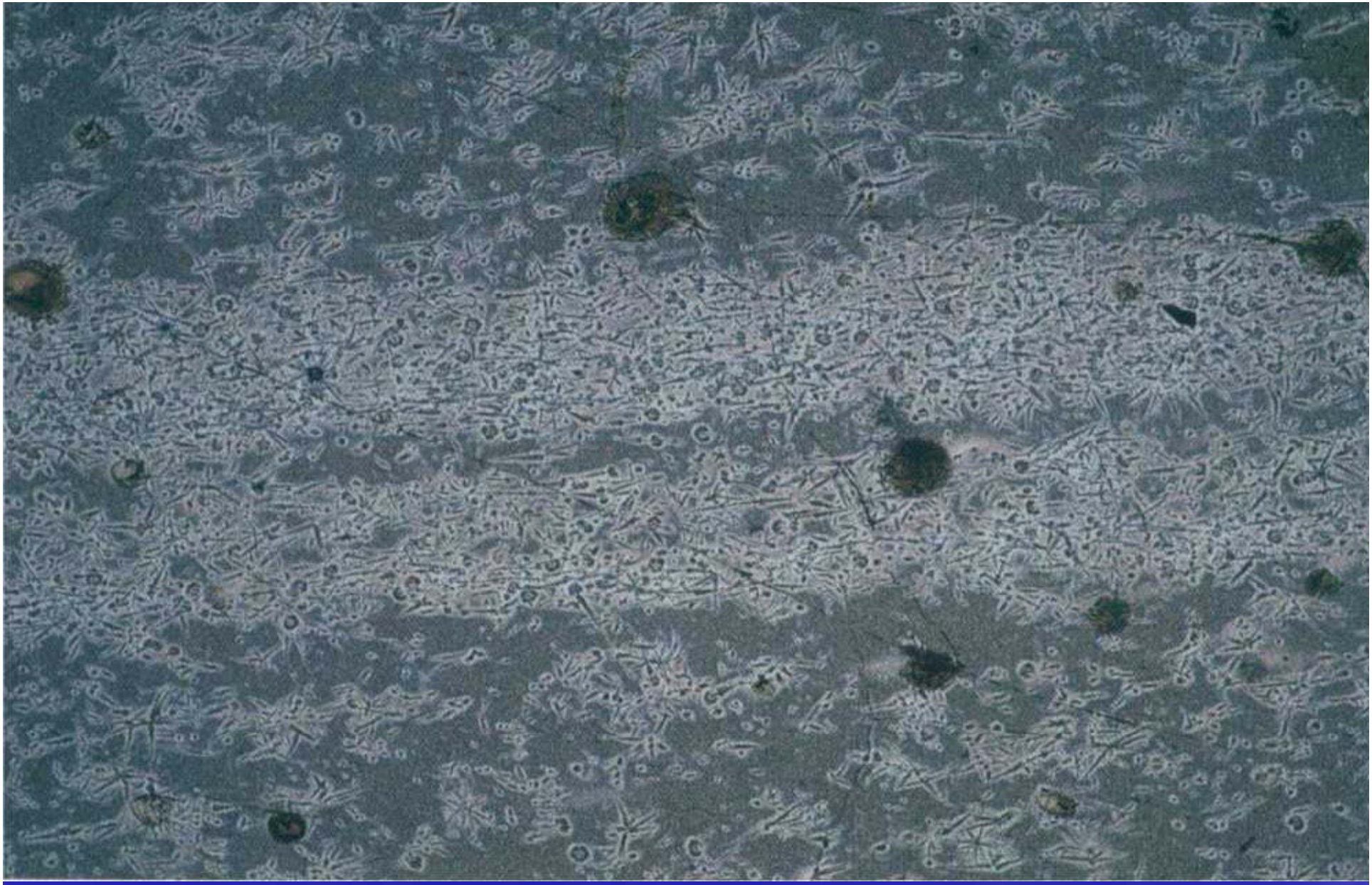
بافت تراکیتی

ب-11) بافت شيشه اي

اين بافت حالتي است كه غالب مواد تشكيل دهنده سنگ را شيشه تشكيل ميدهد وحالاتي به شرح زير وجود دارد :

ب-11-الف) بافت شيشه اي (كامل)

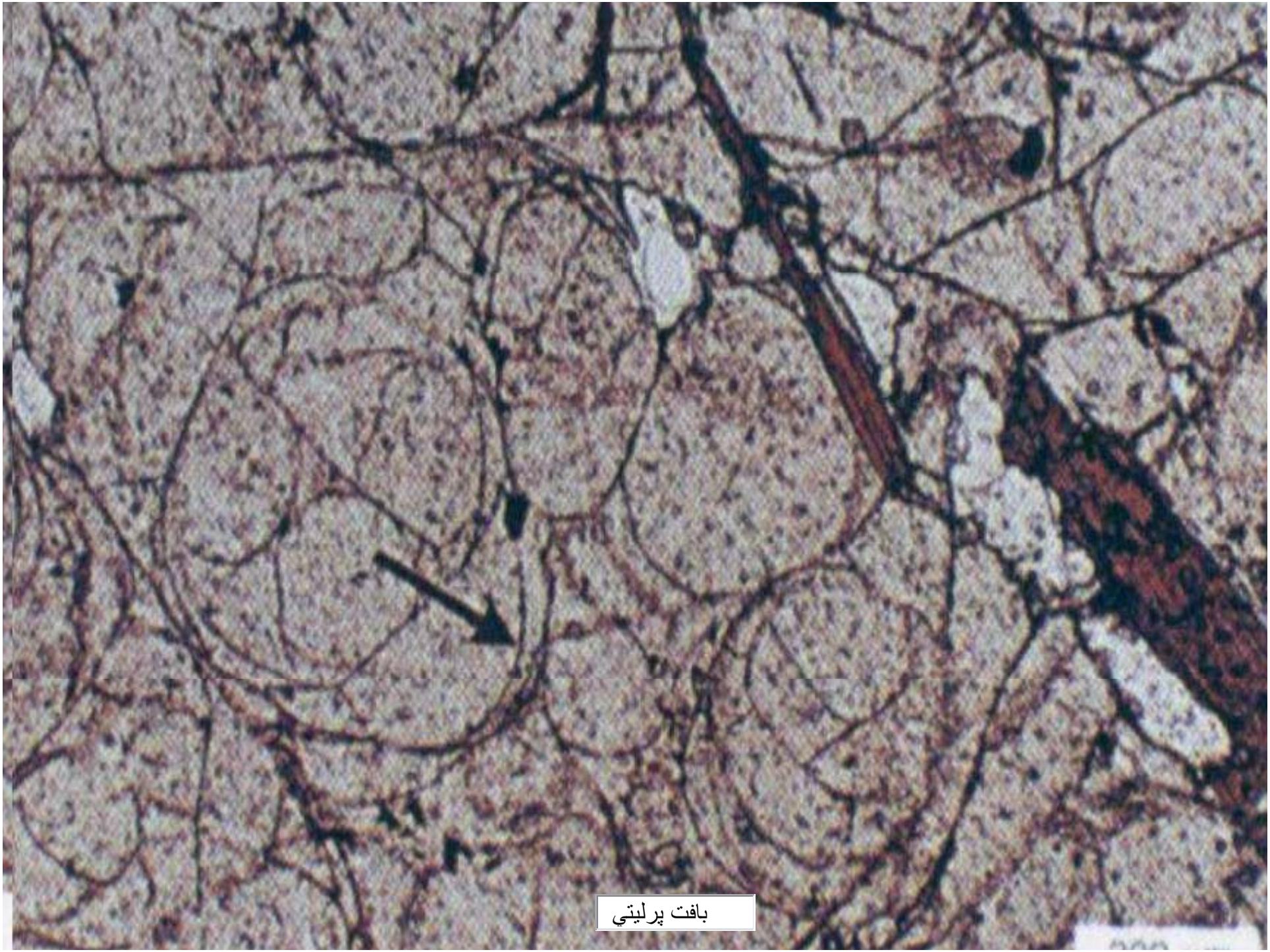
دراين حالت سنگ فقط از شيشه تشكيل شده است مثل بافت مشهود درابسيدين و پيچستن



بافت شیشه اي

ب-11-ب) بافت پوست پيازي يا پرليتي

دراين بافت شيشه به صورت قطعاتي درحد مروارید وداراي شكستگيهاي پيرامونی تقريبا متحدالمركز ديده مي شود.


بافت پرليتي

ب-11-ج) بافت شيشه اي جرياني؛

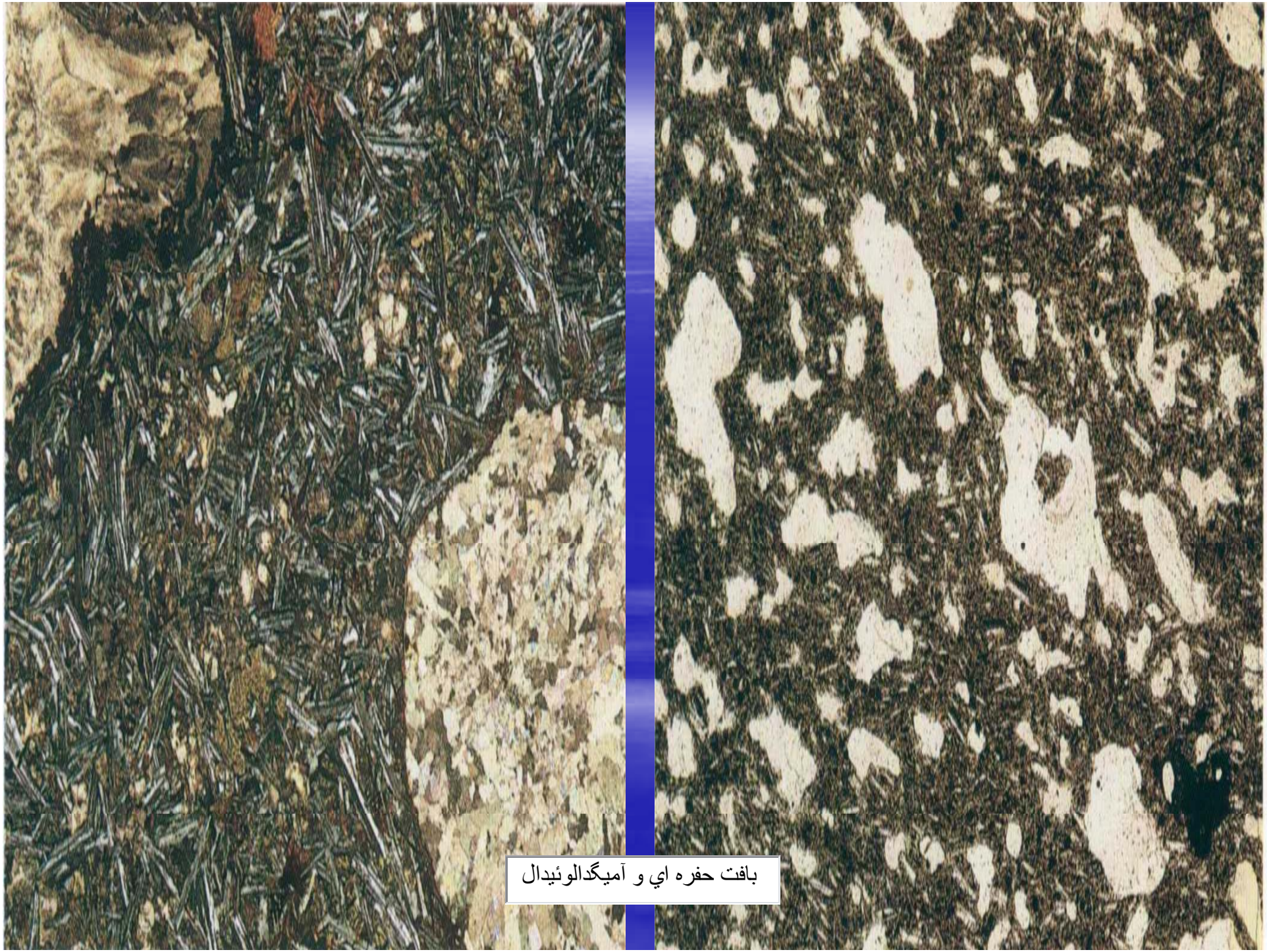
دراين نوع بافت، شيشه جريان خاصي راكه ناشي از حركت گدازه است،نشان مي دهد.

بافت شيشه اي جرياني در ابسيدين

ب-11-د) بافت شيشه اي حفره دار :

در اين بافت درون شيشه منافذ خروج گاز به صورت حفراتي ديده مي شوند ومعمولا به حبابهاي كروي آب شباهت دارند.

بافتهاي تفاله اي و بادامكي شكل از اقسام اين بافت است. در بافت تفاله اي حفرات سنگ خيلي زياد بوده ودربافت بادامكي حفرات به شكل بادام ديده ميشوند كه معمولا توسط كانيهاي ثانويه چون كلريت و زئوليت پر شده اند.



بافت حفره اي و آميگدالوئيدال

ب -12) بافت مياروليتي

اين بافت معمولا در سنگهاي آذرين نفوذي كم عمق و در استوكهاي گرانيتي كم عمق عموميت دارد.اين بافت درسنگهاي دانه متوسط تا دانه درشت ديده مي شود كه حاوي حفرات زاويه دار مي باشند كه بوسيله صفحات زاويه دار بلورهايي چون كوارتز و فلدسپات احاطه شده اند.

حفرات مياروليتي در يک نمونه گرانيتي

ب – 13) بافت اسپینیفکس

بافت مشخصي ازالیوینهاي تیغه اي یااستخواني شکل است که درسنگهاي فوق بازیک خروجي دیده شده و شاهدي بر وجود ماگماي فوق بازیک میباشد.

بافت اسپینیفکس در یک کماتي ا یت

فصل چهارم

رده بندي سنگهاي آذرين

4-1) مقدمه

سنگهاي آذرين را اغلب بر اساس يک ويا مجموعه اي از شاخصه هاي زير رده بندي مي کنند:

1- نحوه پيدايش

2- ترکيب کاني شناسي سنگ

3- رنگ سنگ

4- شيمي سنگ

5- همبستگي و تجمع طبيعي سنگ

2-4) رده بندي سنگهاي آذرين بر مبناي نحوه پيدايش

- سنگهاي آذرين خروجي كه روي سطح تشكيل شده و معمولا دانه ريز يا شيشه اي (داراي بافت آفانيتيک) هستند.
- سنگهاي آذرين نيمه عميق كه در فاصله سطح زمين تا عمق 1 كيلومتر شكل گرفته (داراي بافت پرفيري) و عمدتا به اشكال سيل يا ورقه هاي دايكي ديده مي شوند.
- سنگهاي آذرين دروني(عميق) كه در اعماق بيش از كيلومتر تشكيل شده وداراي بافت فانريتيک مي باشند.

3-4: رده بندي بر اساس تركيب كاني شناسي

اين رده بندي با توجه به فاكتورهاي زير امكان پذير است.

الف) درصد و نوع فلدسپات

ب) حضور يا عدم حضور كوارتز و فلدسپاتوئيد و درصد فراواني مربوط به آنها

ج) درصد و نوع كاني هاي تيره (فرومنيزين)

د) اندازه دانه و بافت

1-3-4) كاني هاي موجود در يک سنگ آذرين در سه گروه قرار مي گيرند:

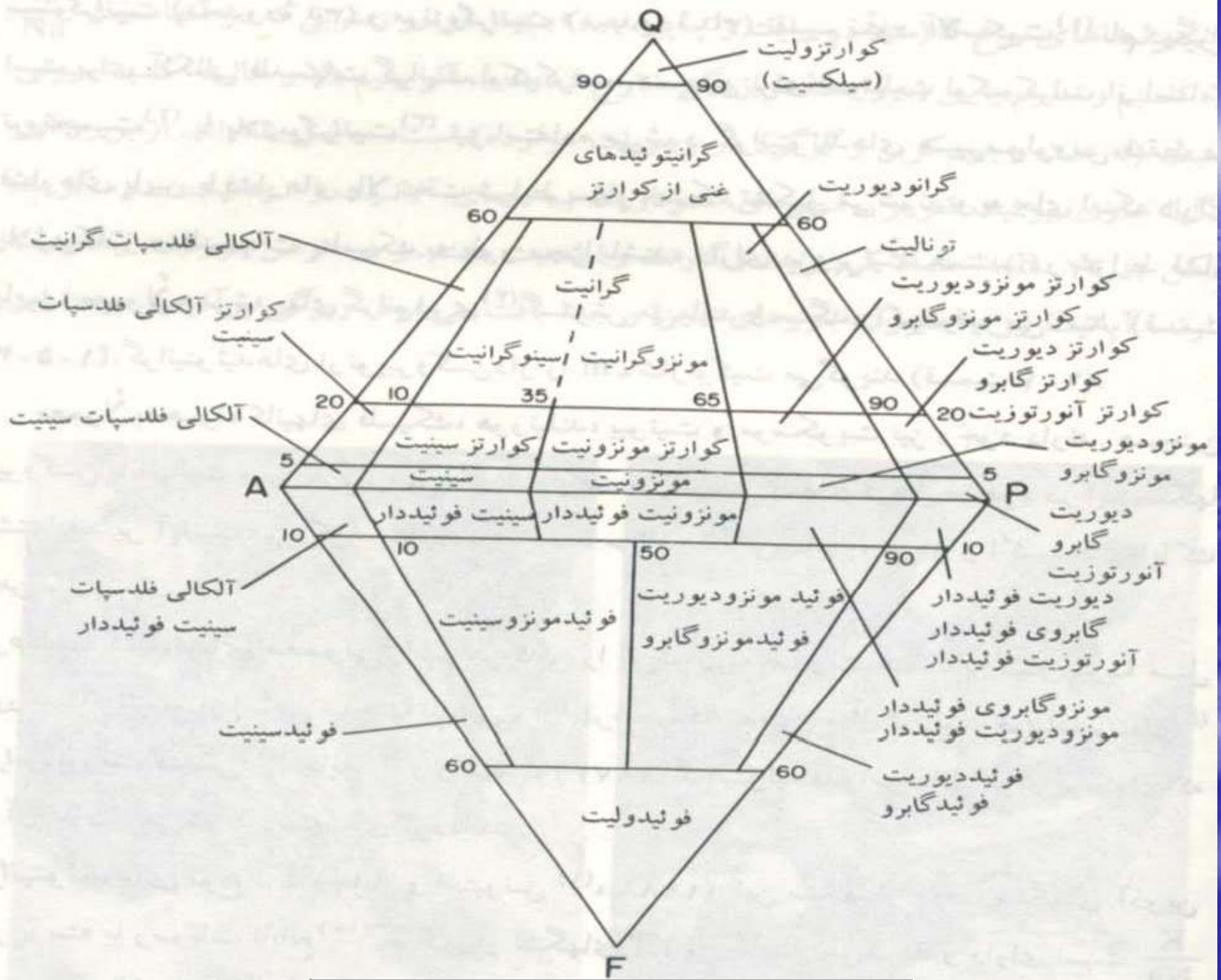
الف) كانيهاي اصلي كه حضور يا عدم حضور آنها در نامگذاري موثر است.
ب) كاني هاي فرعي كه به مقدار ناچيز در سنگ ديده شده و حضور يا عدم حضور آنها در نامگذاري سنگ مؤثر نيست.
ج) كاني هاي ثانويه كه از دگرساني و تجزيه كاني هاي اصلي عمدتا تشكيل ميگردند.

2-3-4) طبقه بندی *IUGS*

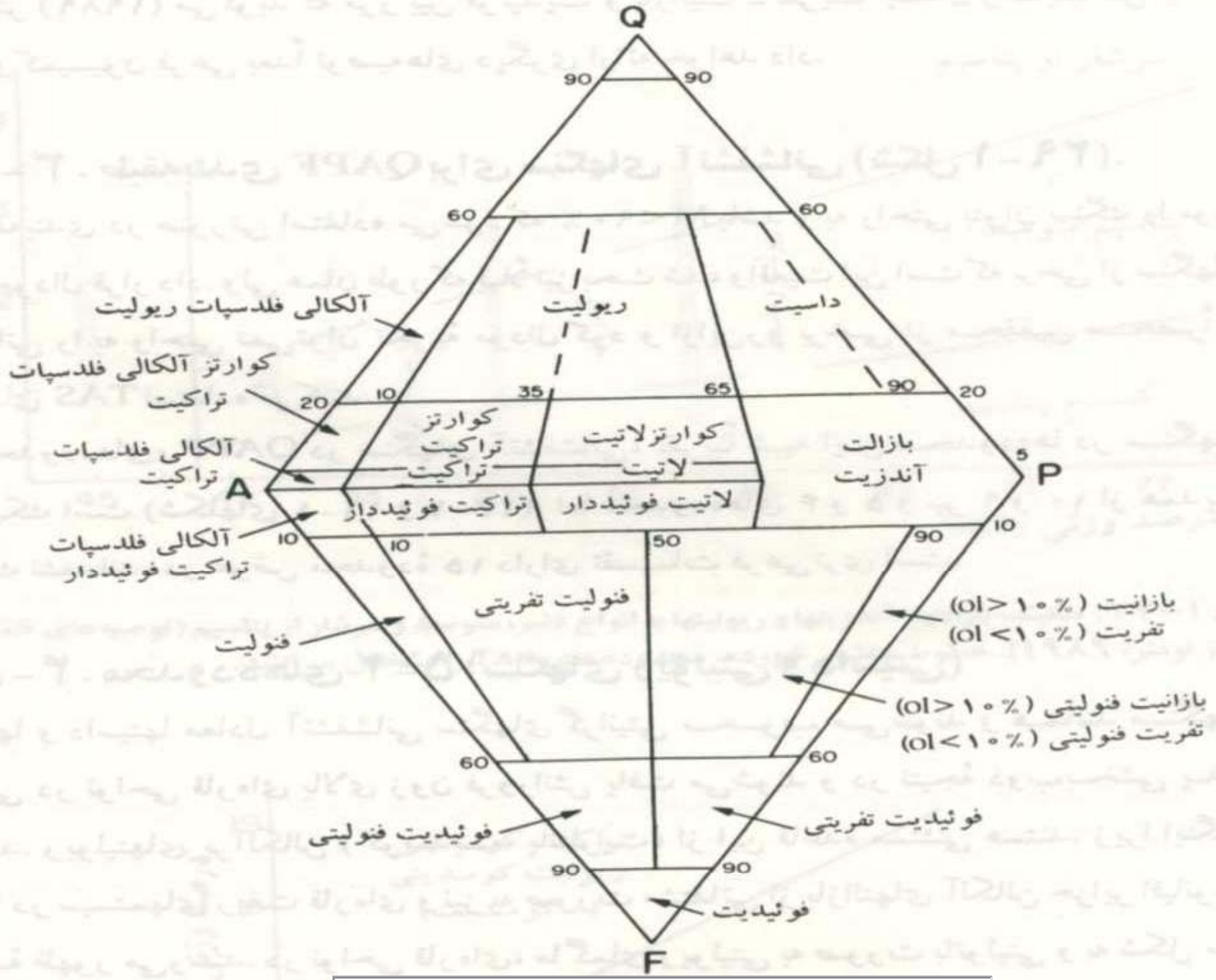
اساس این طبقه بندی وجود کانی های اصلی و درصد حجمي آنها در سنگ است.این طبقه بندي توسط اشتريكايزن و لومتر به صورت دو تترائدر يكي براي سنگهاي نفوذي و ديگري براي سنگهاي خروجي به صورتي ابداع گرديده كه رئوس تترائدرها را (كوارتز)*Q*،(پلاژيوكلاز)*P*،(فلدسپاتوئيد)*F* و (فلدسپات پتاسيم)*A* تشكيل مي دهند.

با توجه به اين كه حضور همزمان كوارتز و فلدسپاتوئيد در يک سنگ آذرين منتفي است،بايد مشخص كرد كه مقدار نسبي هر يک از كاني هاي روشن سنگ چقدر است،به طوري كه يكي از روابط زير برقرار باشد.

$$Q+A+P=100 \quad \& \quad A+P+F=100$$



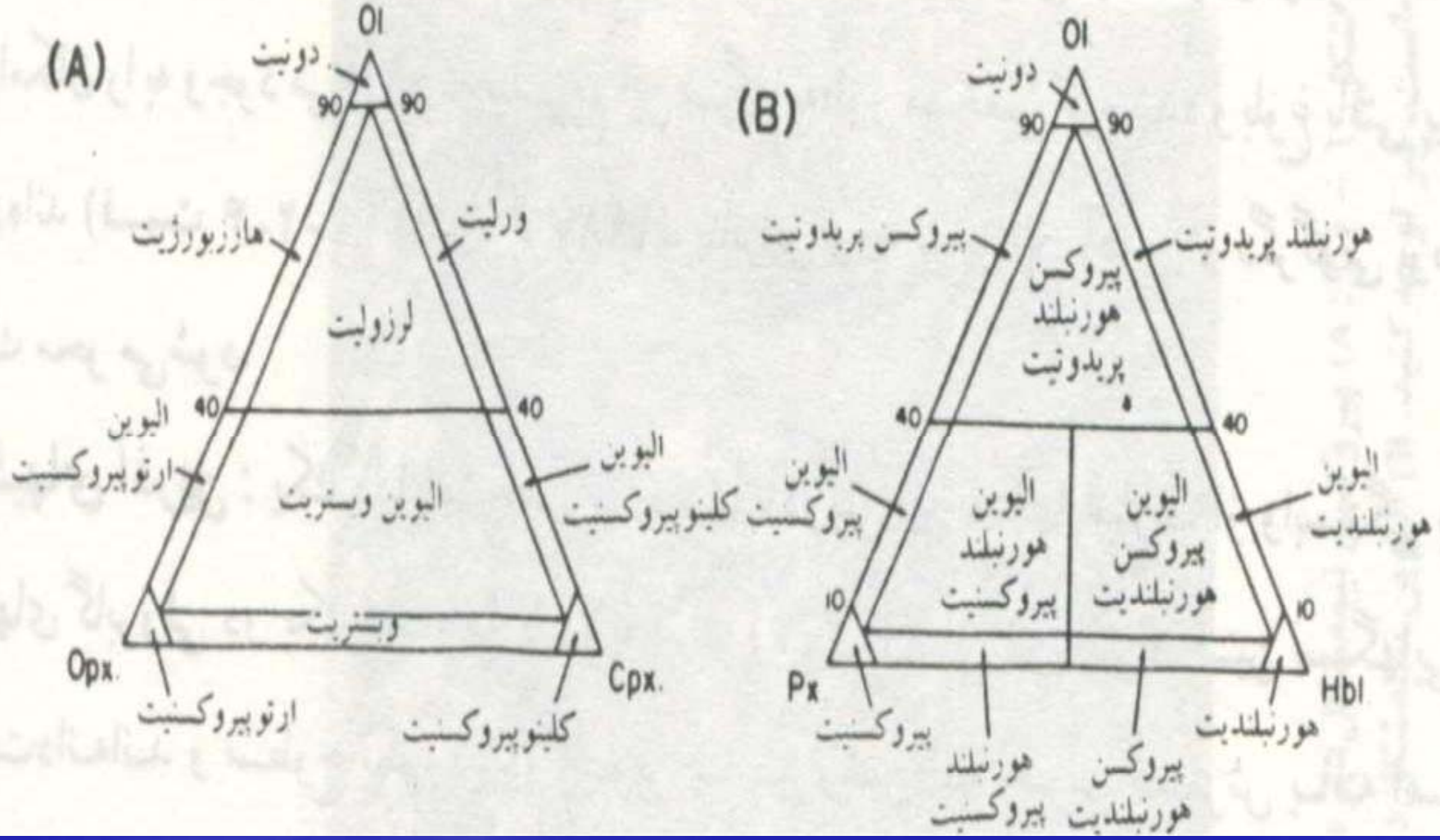
سامي سنگهاي نفوذي در تترائدر IUGS به نقل از لومتر 1989



اسامي سنگهاي خروجي در تترائدر IUGS به نقل از لومتر 1989

نكات مهم :

- در سنگهاي فلدسپاتوئيد دار، عموماً نام فلدسپاتوئيد پيشوند قرار مي گيرد مانند نفلين سينيت
- سنگهاي داراي بيش از 90% حجمي كاني هاي مافيک را توسط ديا گرامهاي مثلثي « اليوين- ارتوپيروكسن- كلينوپيروكسن » يا دياگرام مثلثي « اليوين- پيروكسن-هورنبلند » نامگذاري مي كنند.
- پريدوتيتها سنگهايي هستند كه بيش از 40% اليوين دارند.
- پيروكسنيتها سنگهايي هستند كه بيش از 60% پيروكسن (*OPX* يا *CPX*) دارند.
- دونيت سنگي است كه بيش از 90% اليوين داشته باشد.
- هورنبلنديت سنگي است كه بيش از 60% هورنبلند داشته باشد.
- كرتلنديت از هورنبلند و اليوين تشكيل شده است.



دياگرامهاي مثلثي براي نامگذاري پريدوتيتها

4-4) رده بندي بر اساس محتوي شيشه سنگ آذرين:

محتوي شيشه بين صفر تا 20% : سنگ شيشه دار

50 -20 % : سنگ سرشار از شيشه

20-80% : سنگ شيشه اي

80-100% : ابسيدين يا پيچستن (ابسيدين با جلاي صمغي وآبدار)

نكته : در سه حالت اول سنگ مورد توصيف پيشوند هيالو مي گيرد.

5-4) رده بندي بر اساس محتوي آلومين

پرآلومينوس $Al_2O_3 > CaO + K_2O + Na_2O$

ساب آلومينوس $Al_2O_3 = CaO + K_2O + Na_2O$

$Na_2O + K_2O < Al_2O_3 < CaO + K_2O +$

ساب آلكالن $Al_2O_3 = Na_2O + K_2O$ متاآلومينوس Na_2O

پرآلكالن $Al_2O_3 < Na_2O + K_2O$

6-4) رده بندي بر اساس رنگ سنگ آذرين

الف- هولولوكوكرات : سنگ كاملا روشن بوده و بخش اعظم آن را كاني هاي روشن يا كوارتز و فلدسپات تشكيل مي دهند. كاني هاي تيره = 0-10%

ب- لوكوكرات : سنگ روشن است و درصد فراواني كاني هاي روشن از كانيهاي تيره بيشتر است. كاني هاي تيره = 10-40%

ج- مزوكرات : درصد فراواني كاني هاي روشن و تيره تقريبا برابر است.

كاني هاي تيره = 40-60%

د- ملانوكرات : رنگ سنگ تيره است و بيشتر حجم سنگ را كاني هاي تيره تشكيل مي دهند. كاني هاي تيره = 60-90%

ه- هولوملانوكرات (هيپرملانيک) : رنگ كاملا تيره و بخش اعظم سنگ را كاني هاي تيره تشكيل مي دهند. كاني هاي تيره = 90-100%

7-4) رده بندي شيميايي سنگهاي آذرين

مهمترين طبقه بندي هاي شيميايي سنگهاي آذرين به قرار زيرند :

الف) رده بندي بر اساس درصد سيليس (Si_2O)

ب) رده بندي بر اساس نورم (*Norm*) سنگ آذرين

4-7-1) رده بندي بر اساس محتوي سيليس

الف) سنگهاي آذرين اسيدي بيش از 66% سيليس دارند،رنگ آنها روشن و فراواني كاني هاي تيره آنها از 40% كمتر است. (فلسيک)

ب) سنگهاي آذرين حد واسط ؛ درصد سيليس 66-52%،كاني هاي تيره آنها از سنگهاي اسيدي بيش تر و رنگ آنها با تيرگي متوسط است.

ج) سنگهاي آذرين بازيک ؛ درصد سيليس 52-45%،رنگ تيره و محتوي كاني هاي تيره بالا. (مافيک)

د) سنگهاي آذرين فوق بازيک ؛ درصد سيليس كمتر از 45% و عمده تشكيل دهنده ها كاني هاي تيره هستند. (فوق مافيک)

2-7-4) رده بندي نورماتيو سنگهاي آذرين

در اين رده بندي كه به رده بندي *CIPW* معروف است ابتدا با استفاده از درصد اكسيدهاي سنگ كه وسيله تجزيه شيميايي محاسبه شده است كاني هايي را كه سنگ آذرين در صورت داشتن شرايط تبلور مساعد مي توانست بسازد به صورت تئوري مي سازيم.اين محاسبه را محاسبه نورم و كاني هاي فرضي محاسبه شده را كاني هاي نورماتيو سنگ مي گويند.اخيرا نرم افزارهايي چون *Newpet* و *IGpet* نيز جهت بازسازي كانيهاي نورماتيو سنگ هاي آذرين وجود دارند.

8-4) رده بندي بر مبناي ارتباط و همبستگي بين سنگهاي آذرين

در اين مبحث سنگهاي آذرين به سريهاي سنگ شناسي مختلفي تقسيم مي شوند كه سنگ هاي موجود در هر سري داراي ويژگي هاي مشتركي هستند.مثلا نسبتNa_2O+K_2O /CaO ممكن است از ويژگي هاي متمايز كننده باشد.اگر چه ممكن است يک سري شامل سنگهايي باشد كه تركيب آنها بازالت،تراكي بازالت و تراكيت است.

فصل پنجم

تشريح گروه هاي مهم سنگهاي آذرين

1-5) توصيف سنگهاي گروه گرانيت – ريوليت

1-1-5) كاني شناسي سنگهاي گرانيتي ؛

كاني هاي اصلي (مد) ؛

كوارتز %60-20

فلدسپات پتاسيم (غالبا ارتوز و گاهي ميكروكلين) %60-30

پلاژيوكلاز (آلبيت و اليگوكلاز) %35-0

كاني هاي تيره (بيوتيت و هورنبلند) %35-5

كاني هاي فرعي ؛ آپاتيت،زيركن،اسفن،تورمالين،پيريت،هماتيت،ايلمينيت و منيتيت

كاني هاي دگرساني ؛

كائولينيت،سريسيت،زئوليت،كلسيت،اپيدوت،لوكوكسن،هماتيت،ليمونيت،اسفن و روتيل

2-1-5) بافت گرانيت ها

عموما بافتهاي گرانيتي عبارتند از :

بافت گرانولار

بافت ميرمكيتي و

بافت پرفيري (در انواع نيم عمق كه در اين حالت معمولا درشت بلورها فلدسپات پتاسيم هستند).

3-1-5) منشأ ماگماي گرانيتي

امروزه دانشمندان معتقدند كه ماگماي گرانيتي يا در اثر تفريق ماگماهاي بازيكتر ديگر و يا در اثر ذوب بخشي سنگهاي قديمي تر به وجود مي آيند.جديدا نظرات قابل پذيرشي در مورد ذوب بخشي پوسته قاره اي يا مانتل بالاي زونهاي فرورانش و ايجاد ماگماي گرانيتي ارائه شده است.

4-1-5) مهمترين كانسارهاي موجود در توده هاي گرانيتي

- نهشته هاي موليبدن پرفيري كه معمولا با ريوليتها و گرانيتهاي پرفيري همراهند.مقدار سيليس و فلدسپات پتاسيم در آنها بيشتر از مجموعه هاي گرانيتي است كه با كانسارهاي مس همراهند.كاني هاي همراه عبارتند از توپاز،اسپسارتين،زيركن،ايلمينيت و ساير كاني هاي كه داراي عناصر *Nb،U،Th* مي باشند.

- ممكن است در سنگهاي گرانيتي كاني هاي فلزاتي مانند مس ، روي ، طلا، نقره ، جيوه و منگنز تشكيل شود.

--- در نتيجه دگرساني گرمابي گرانيتها **گرايزن** شكل مي گيرد كه حاوي كاني هاي مسكويت ، توپاز ، تورمالين ، فلوئورين ، كاسيتريت ، ولفراميت و فازهاي اورانيم دار مي باشد.

5-1-5) انواع گرانيت ها

آپليت ؛ با محتوي اندک کاني هاي تيره و بافت آپليتي

گرانيت پگماتيت.

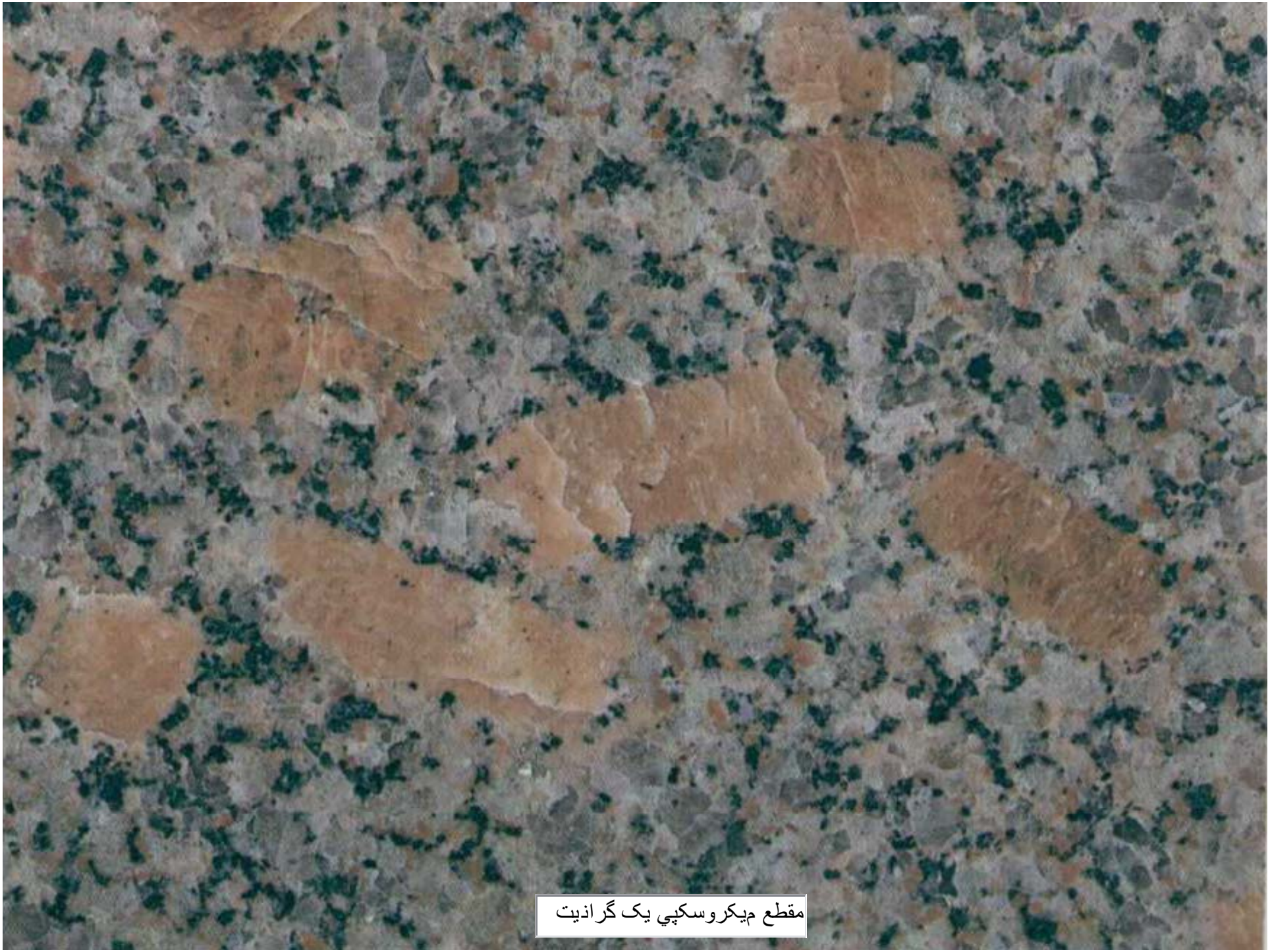
گرانوفير ؛ گرانيت ناشي از هم رشدي کوارتز و فلدسپات.

شارنوکيت ؛ حاوي کاني فرومنيزين هيپرستن.

آلاسکيت ؛ گرانيت فاقد کاني فرومنيزين.

6-1-5) ريوليت

- هترومورف خروجي گرانيت است.
- معمولا به صورت جريان گدازه يا به صورت سيل و دايک تشکيل مي شود.
- کاني شناسي آن همانند گرانيت است بااين تفاوت که درريوليت تريديميت وکريستوباليت ديده شده و فلدسپات پتاسيم آن از نوع سانيدين است.
- بافت ريوليتها تمام بلورين يا نيمه بلورين است،خميره سنگ معمولا بسياردانه ريز و يا شيشه اي است – گاهي داراي بافت جرياني.
- مصارف اقتصادي ؛ پرليت که نوعي ريوليت شيشه اي حاوي 10تا4% آب است در صنعت ساختمان کاربرد دارد – ريوليتهاي تجزيه شده به صورت پودر سفيد در سراميک سازي کاربرد دارند.



مقطع ميكروسكپي يک گرانيت

مقطع ميكرسكپي يک ريوليت

2-5) گروه گرانوديوريت – ريوداسيت

1-2-5) كاني شناسي

ضريب فلدسپات : *Kf+Ab* / مجموع فلدسپاتها = *10- 40*

كاني هاي اصلي؛

20- 45% = Q

20- 40% = A ارتوز و ميكروكلين

25- 45% = p اليگوكلاز،گاهي آندزين با متوسط An_{33}

10- 30% =M بيوتيت قهوه اي و هورنبلند سبز

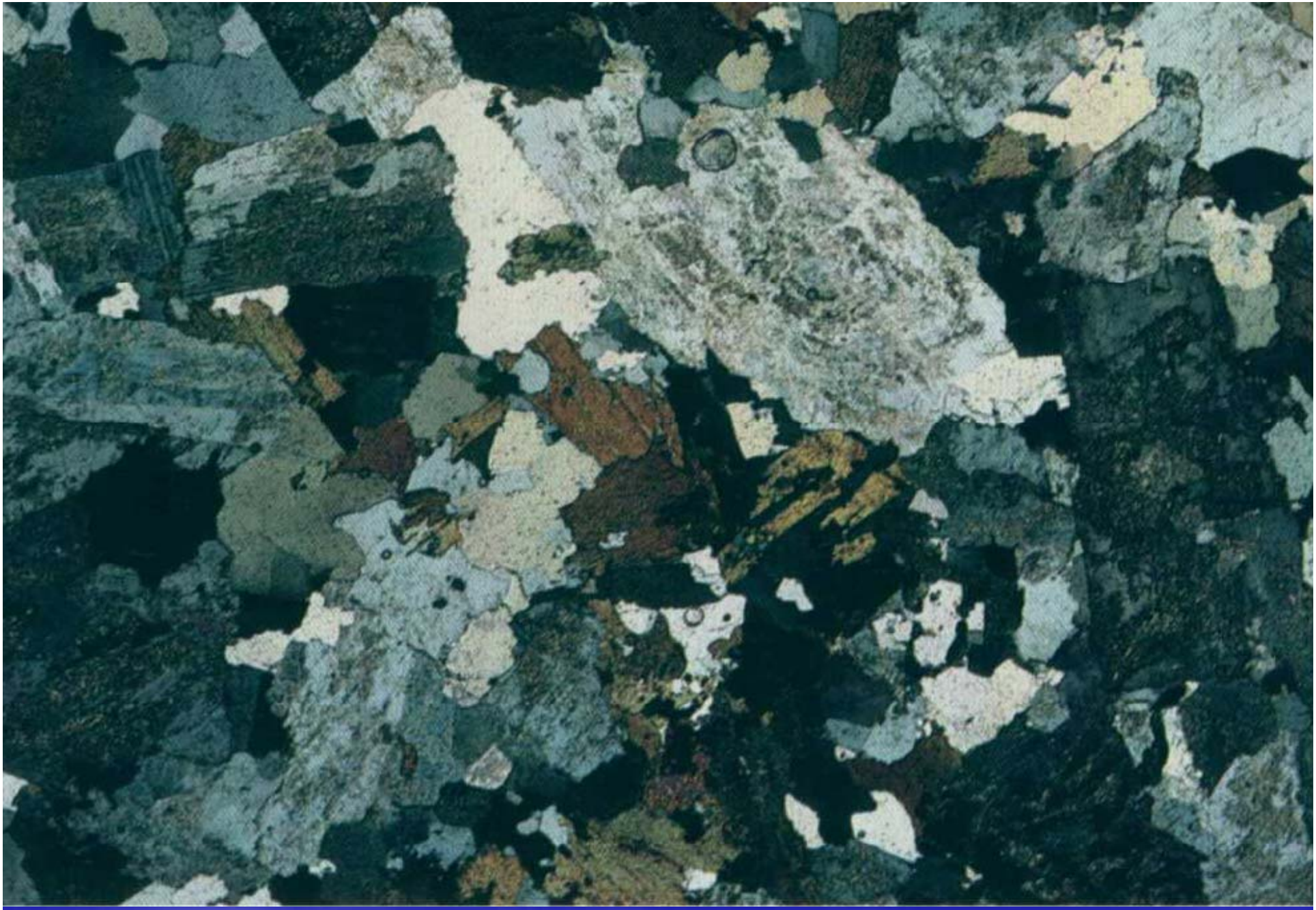
فرعي ؛ اسفن،آپاتيت،اپيدوت و كاني هاي اپاک

دگرساني ؛ كلريت،اپيدوت،سريسيت،كلسيت،كائولينيت و لوكوكسن

2-2-5) بافت و شكل جايگزيني سنگهاي گرانوديوريتي

گرانوديوريت ها ممكن است داراي بافتهاي تمام بلورين و داراي دانه بندي متوسط، پرفيري ، ميرمكيتي ، آپليتي و پگماتيتي باشند.

- گرانوديوريت ها معمولا به شكل بانوليتها و استوكها و گاهي به شكل سيل و دايک ديده مي شوند.
- بافت ريوداسيت ها اغلب پرفيريک با خميره ريز بلور بوده و كوارتزلاتيت نيز نام ديگر اين سنگهاست.



مقطع ميكروسكپي يک گرانوديوريت

3-5) گروه سينيت – تراكيت

1-3-5) كاني شناسي

(ارتوز)

(اليگوكلاز-آندزين)

(بيوتيت،هورنبلند،ديوپسيد)

30 – 80% = A

5 – 25 % = P

5_40% = Mm

اگر پلاژيوكلازهاي كلسيک تر از آلبيت كمتر از 5% مجموع فلدسپاتها را تشكيل دهند،سينيت از نوع قلوايي (آلكالن) و چنانچه اين مقدار بيشتر از5% باشد سينيت قلوايي – آهكي (كالكوآلكالن) است.

كاني هاي فرعي ؛ آپاتيت ، اسفن ، زيركن ، كوارتز ، فلدسپاتوئيد و اپاک

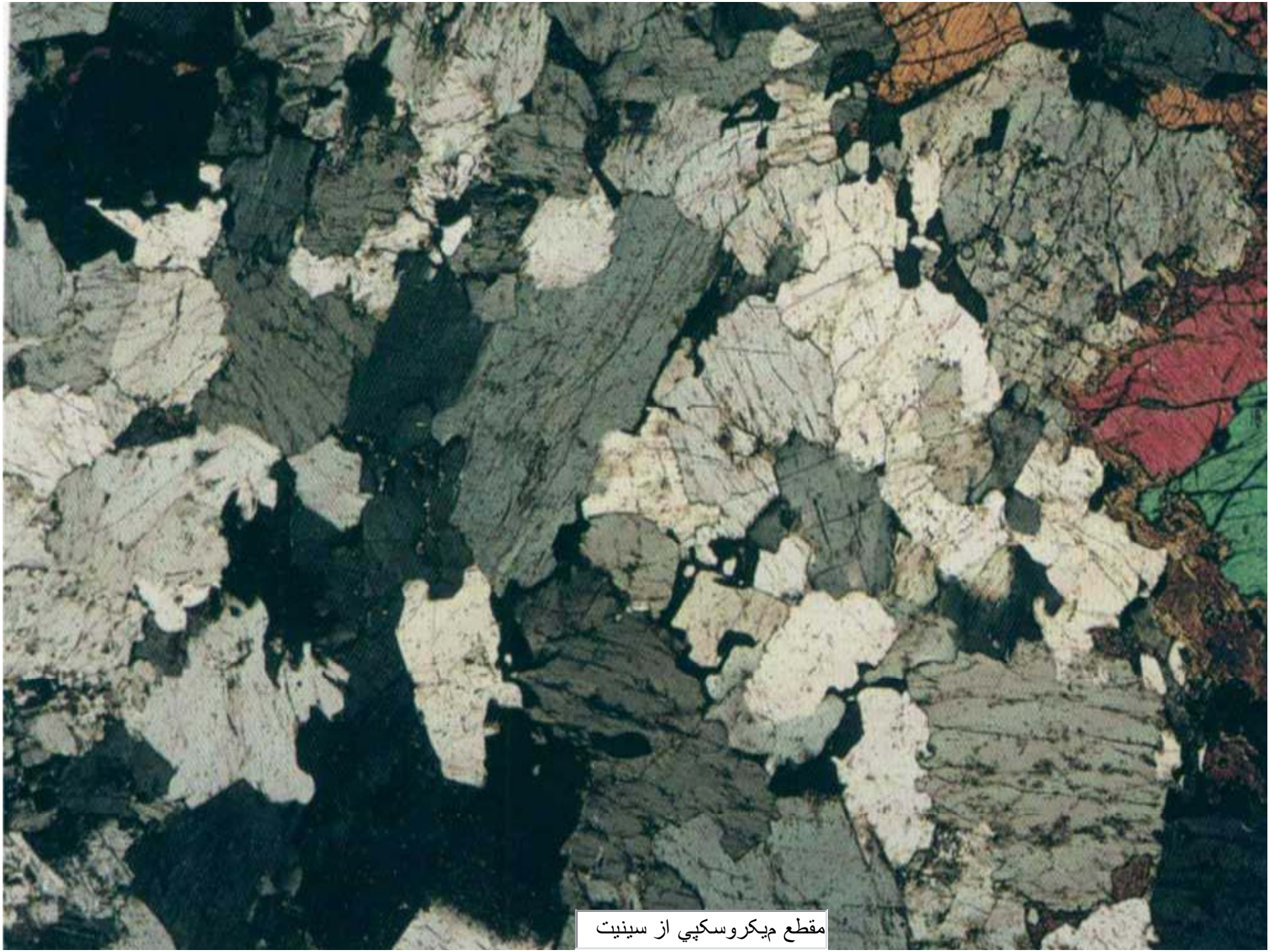
كاني هاي دگرساني ؛ كلريت ، اسفن ، كلسيت ، سريسيت ، لوكوكسن ، ليمونيت ، مسكويت و كائولينيت

2-3-5) بافت و شكل توده هاي سينيتي :

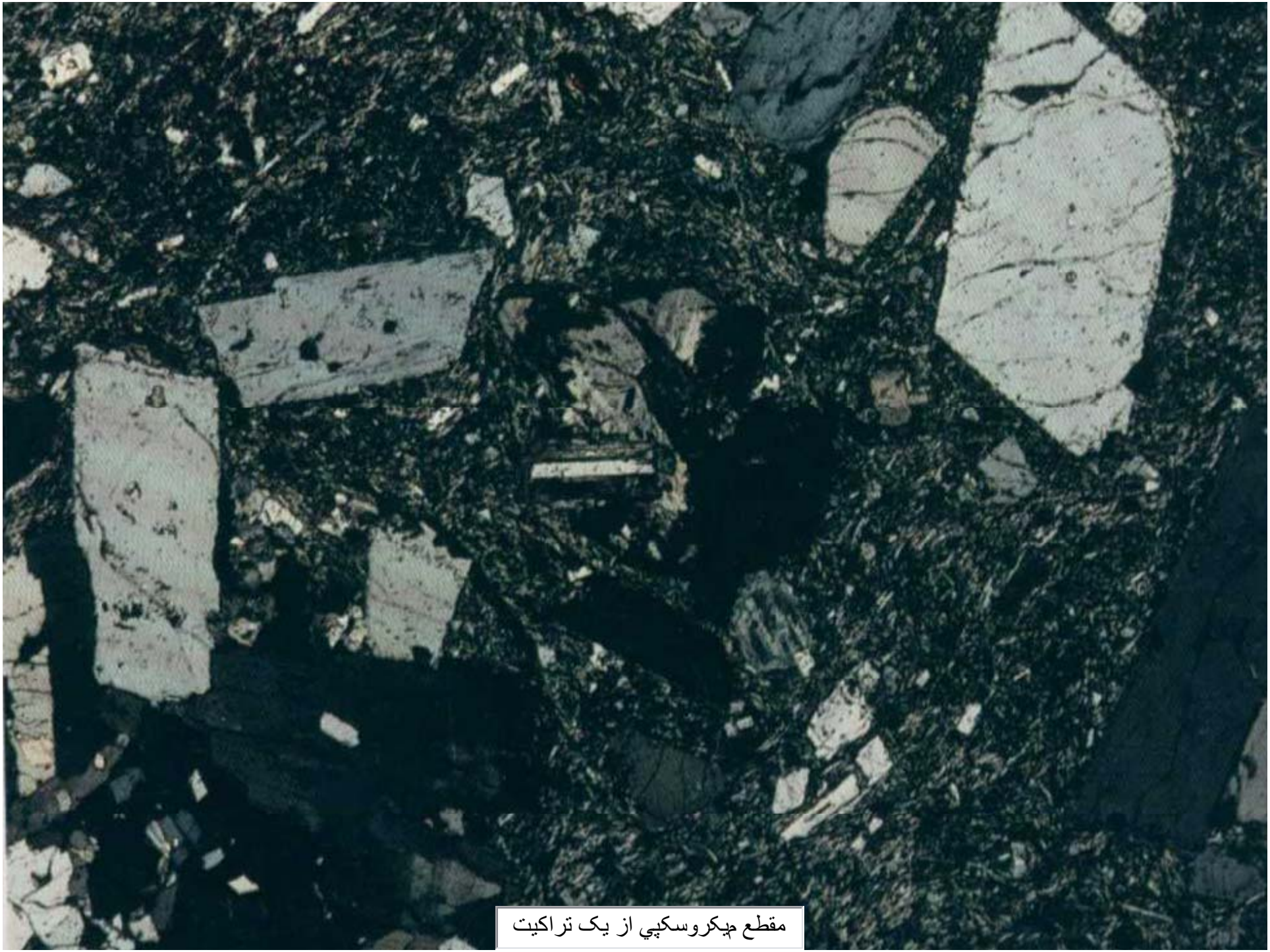
- سينيت ها معمولا دانه اي ريز بلور تا درشت بلورهستند.بافت غالب هيپيديومورفيک و گاهي پرفيري دارند.گاهي بافتهاي جرياني نيز ديده مي شود.
- اين سنگها به صورت استوک و نيز لاکوليت، سيل و دايک و به صورت توده هاي کوچک پراکنده وگاهي پيرامون مجموعه هاي حلقوي ويا به صورت انبوهي ازرگه هاي بزرگ ديده مي شوند.

3-3-5) تراکیت ها

- سنگهاي خروجي معادل سینیتها هستند و فلدسپات آلکالن و به خصوص سانیدین مهمترین کاني آنهاست.
- تراکیتها به صورت آتشفشاني،همچنین سیل،دایک و توده هاي کوچک دیده مي شوند.
- بافت غالب تراکیتها بافت جرياني است (فلدسپاتها جهت دار مي باشند).
- و گاهي بافت پرفیریک با خمیره آفانیتیک (ریز بلور) که فنوکریستها سانیدین بوده و گاهي حاوي کانیهاي فرومنیزین به صورت تداخلي هستند.



مقطع ميكروسكپي از سينيت



مقطع ميكروسكپي از يک تراکيت

4-5) سينيتهاي فلدسپاتوئيد دار- فنوليتها

1-4-5) كاني شناسي

حضور فلدسپاتوئيد در سنگ معرف كمبود سيليس است و بدين ترتيب در اين سنگهاي تحت اشباع،كوارتز ديده نمي شود.

كاني شناسي اصلي ؛

فلدسپاتوئيد (نفلين،آنالسيم،سوداليت،نوزان) *10 – 45% = F*

(ميكروپرتيت و بندرت ميكروكلين و سانيدين) *35 – 80% = A*

(آلبيت و بندرت اليگوكلاز) *10 - 45% = P*

پيروكسن هاي سديم دار و آمفيبولهاي سديم دار *10 – 65% = Mm*

(هيستينگزيت و ريبكيت)

--- ادامه كاني شناسي سينيتهاي فلدسپاتوئيددار

فرعي ؛ آپاتيت ، اسفن ، زيركن ، ميكا ، كلسيت وفلوئورين.

دگرساني ؛ سريسيت ، كانكرينيت ، آنالسيم ، سودواليت و ناترواليت (ماحصل دگرساني نفلين).

2-4-5) بافت و شكل سينيتهاي فلدسپاتوئيددار

- بافت آنها دانه اي و اندازه دانه ها از ريز تا متوسط و حتي درشت است.
- بافت جرياني به دليل حضور فلدسپاتها
- بافت پرفيري
- - اين سنگها به صور دايک،سيل،استوک و لاکوليت ديده مي شوند.

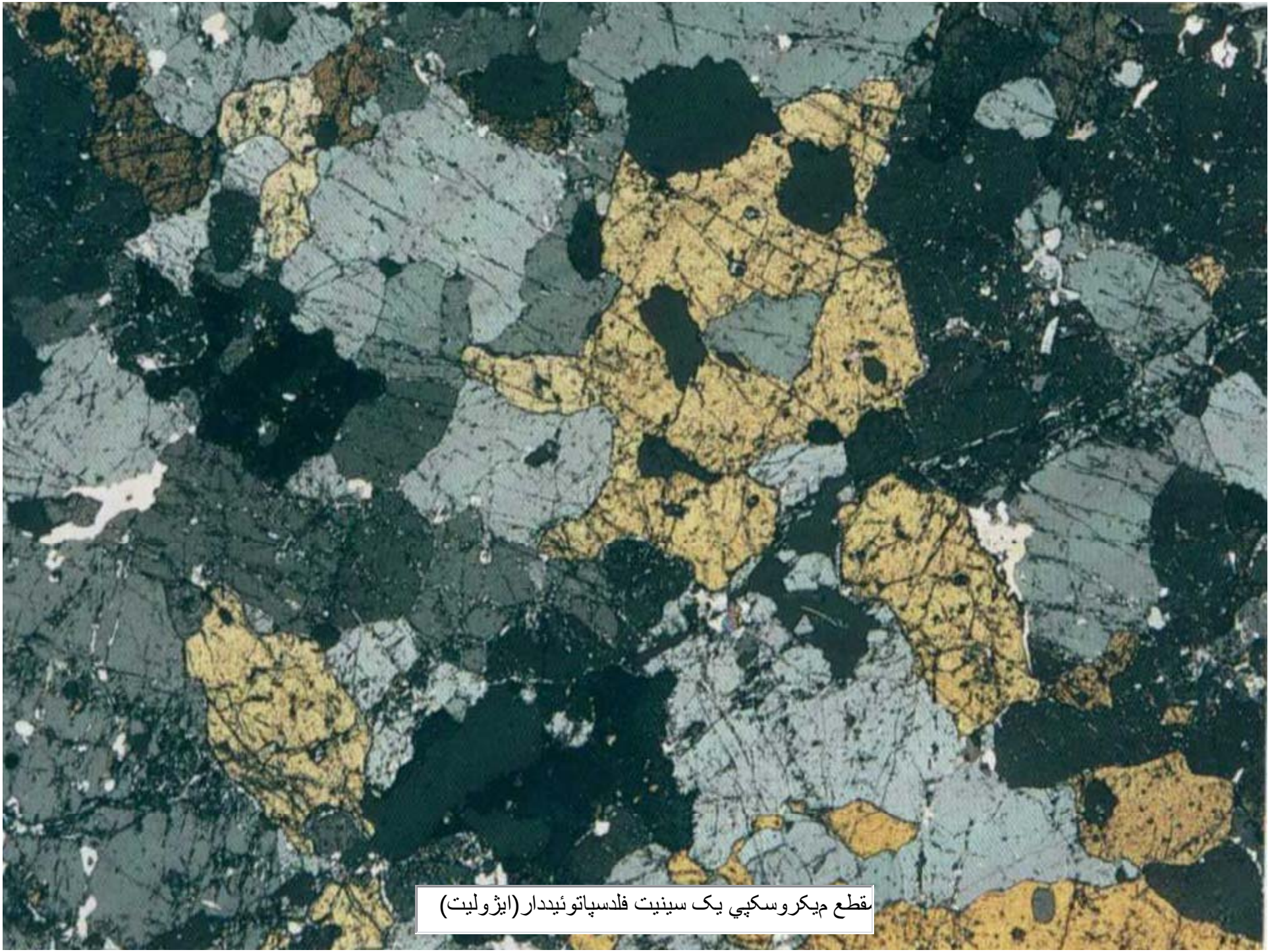
3-4-5) منشأ و گونه هاي خاص سينيتهاي فلدسپاتوئيددار

- بنا به اعتقاد *Dally* اگر ماگماي بازالتي سنگهاي كلسيم دار و رسوبات آهكي را درخود هضم كند، سيليكات كلسيم همراه با آهن و *Mg* موجود كانيهايي چون پيروكسن را مي سازند و در نتيجه ماگماي باقيمانده با كمبود سيليس مواجه شده و سينيت فلدسپاتوئيددار شكل مي گيرد.
- ايژوليت نوعي سينيت فلدسپاتوئيد دار با محتوي نفلين *50-70%* و مابقي پيروكسن سديک است.
- اورتيت نوعي سينيت فلدسپاتوئيد دار با محتوي نفلين حدود *70%* و مابقي پيروكسن سديک است.

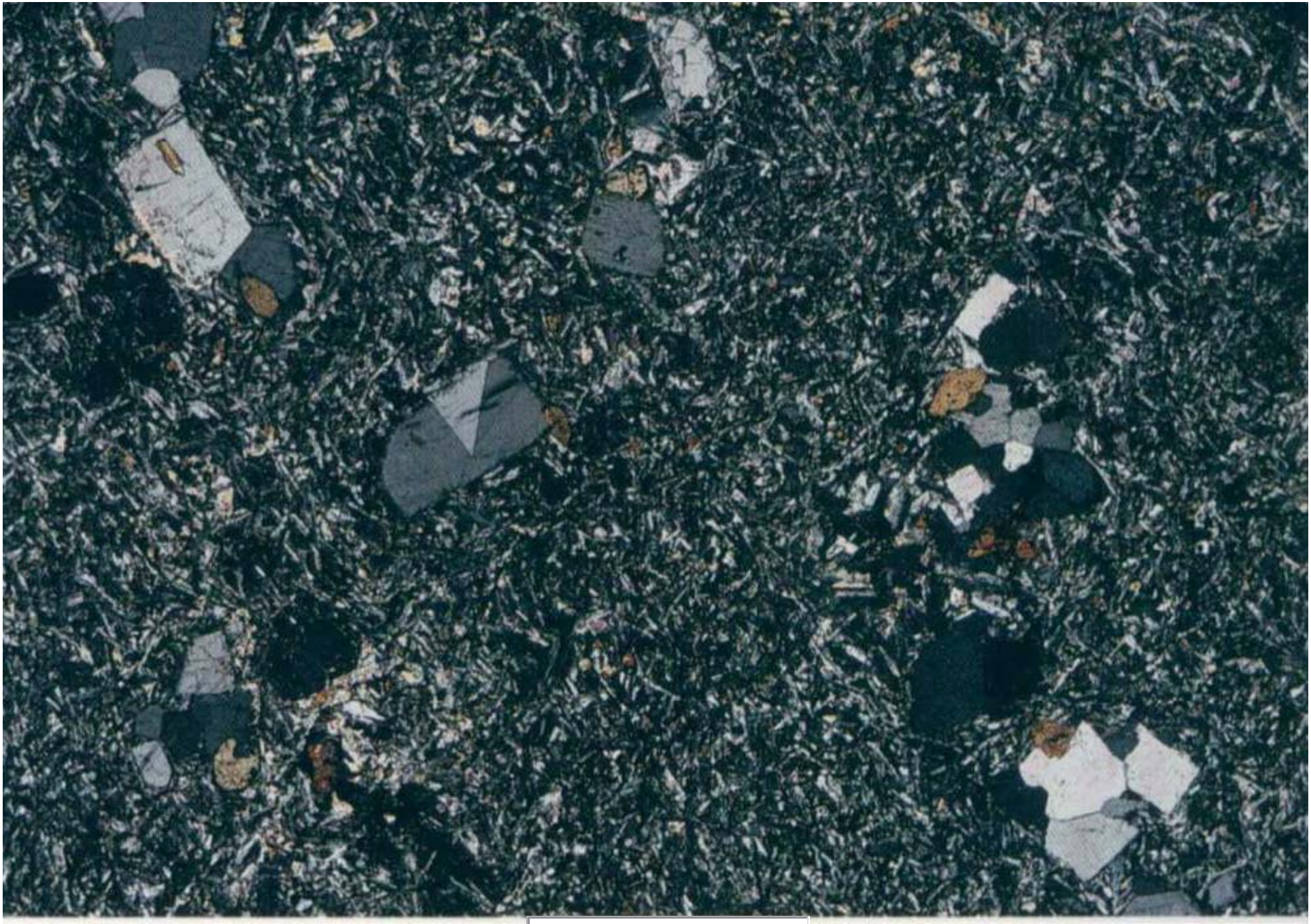
4-4-5) فنوليت

هتروموروف خروجي سينيت فلدسپاتوئيد دار بوده ، بافت عام اين سنگ ميكروپرفيري با خميره تراكيتي است.بلورهاي درشت معمولا از نوع نفلين، سانيدين و ارتوز هستند. فلدسپاتها به صورت ميكروليت زمينه سنگ را تشكيل مي دهند وآمفيبولها وپيروكسنهاي سديک به ويژه آئژيرين گاه به صورت سوزنهايي در زمينه سنگ مشاهده مي شوند.

- فنوليتها حاوي بيش از 15% فلدسپاتوئيد بوده و به صورت جريان گدازه، دايک و سيل ديده مي شوند.



مقطع میکروسکپي یک سینیت فلدسپاتوئیددار(ایژولیت)



مقطع ميكروسكپي يک فنوليت

5-5) گروه موترونيت – لاتيت

5-5-1) كاني شناسي

در موترونيتها محتوي پلاژيوكلاز و فلدسپات پتاسيم تقريبا مساوي است.

(ارتوز و بندرت ميكروكلين) *25 – 45 % = A*

(اليگوكلاز و آندزين) *30 – 50 % = P*

(بيوتيت-هورنبلند-اوژيت) *15 - 60 % = Mm*

فرعي ؛ آپاتيت ، اسفن ، زيركن ، گارنت ، فلدسپاتوئيد واپاک

دگرساني ؛ اپيدوت ، كلسيت ، كلريت ، كائولينيت و سريسيت

2-5-5) بافت و شكل توده هاي مونزونيتي:

بافت موترونيتها دانه اي با اندازه هاي مساوي و تقريبا نيمه شكل دار است.

- بافت پرفيري نيز در اين سنگها ديده ميشود كه در اين حالت پرفيرها معمولا از نوع فلدسپات هستند.
- موترونيتها معمولا به شكل توده هاي حاشيه اي پيرامون باتوليتهاي گرانيتي و يا به صورت استوک و گاهي نيز به صورت دايک و سيل ديده مي شوند.

3-5-5) لاتيتها

- اين سنگها به صورت گدازه و نيز به صور دايک و سيل ديده مي شوند.

بافت لاتيتها معمولا پرفيريک با خميره بسيار ريزبلور است در چنين حالتي پرفيرها اغلب از جنس پلاژيوکلاز حاوي انکلوزيون شيشه مي باشند. گاهي سانيدين، بيوتيت، آمفيبول و حتي پيروکسن نيز به صورت فنوکريست ظاهر مي شوند.

مقطع میکروسکپي یک مونزونیت

6-5) گروه تونالیت – داسیت

1-6-5) کاني شناسي تونالیتها

در تونالیتها درصد فلدسپات پتاسیم به کل فلدسپات سنگ از 10% تجاوز نمي کند.

پلاژیوکلاز و کوارتز کاني اصلي و فلدسپات آلکالن فاز فرعي مي باشند.

کاني شناسي اصلي ؛

کوارتز *20 – 40 %= Q*

(الیگوکلاز و آندزین با ترکیب متوسط) *50 – 80 %= P*

بیوتیت ، هورنبلندسبز و بندرت اوژیت و هیپرستن *10 – 35 % =Mm*

فرعي ؛ اپاک ، اسفن ، آپاتیت ، زیرکن ، اپیدوت ، فلدسپات پتاسیم

دگرساني ؛ کلریت ، اپیدوت ، زوئیزیت ، سریسیت ، کائولینیت ، لیمونیت و لوکوکسن

2-6-5) بافت و شكل توده هاي تونااليتي

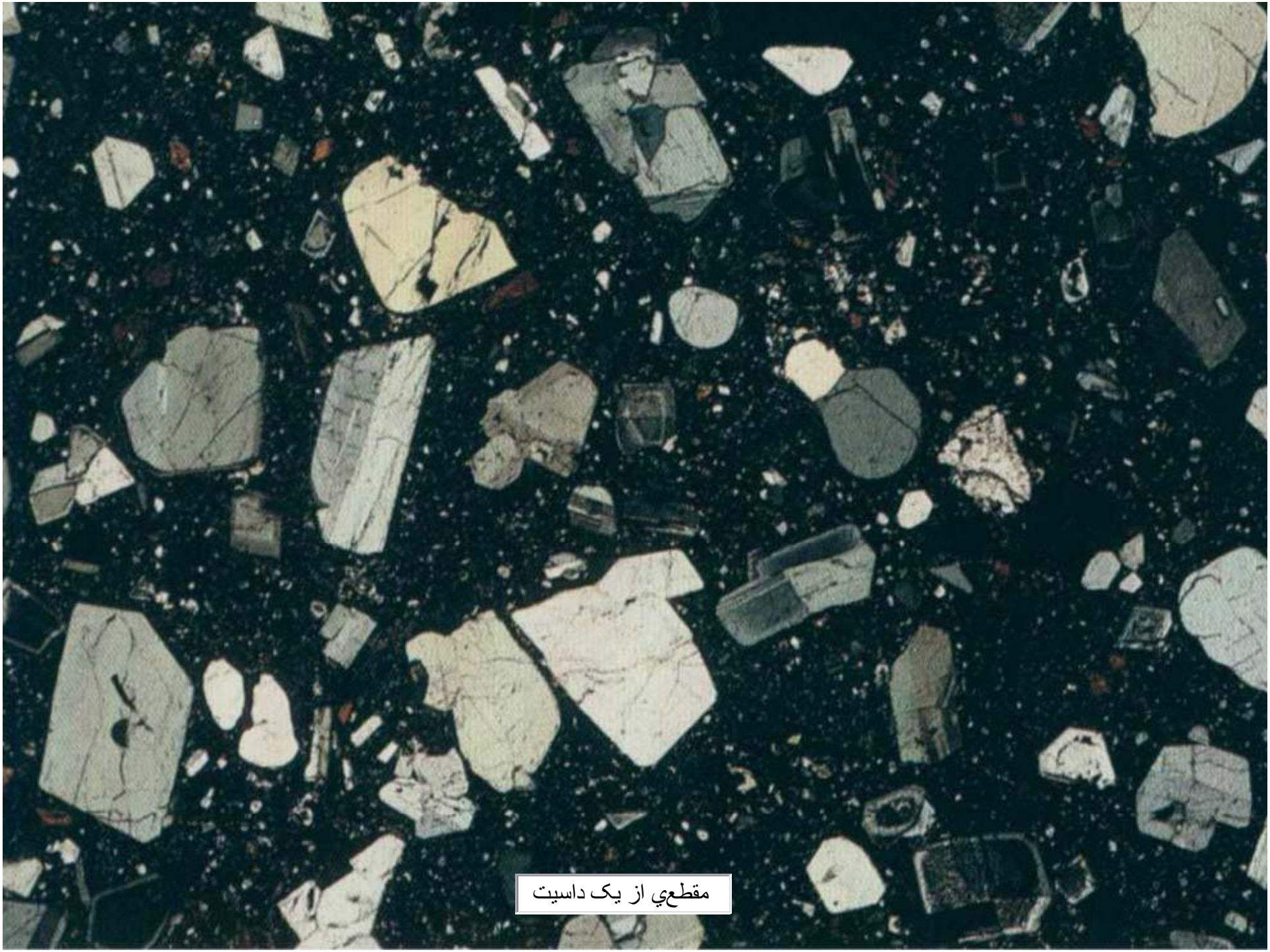
- تونااليتها معمولا دانه اي نيمه شكيل هستند و دانه ها ابعاد ريز تا متوسط دارند.
- در اين سنگها پلاژيوكلازها غالبا تيغه اي بوده و درون آنها كانيهاي تداخلي از نوع كوارتز و كانيهاي مافيک ديده مي شود.
- تونااليتها معمولا به شكل باتوليت ساده و يا مركب و استوک هاي كوچک به صورت گروهي نمود مي يابند.

3-6-5) داسیت ها

- گرچه داسيتها هترومورف خروجي تونالیتها هستند لکن مقدار فلدسپات آلکالن در آنها گاهي به 35% نيز مي رسد و آنها در واقع ريوليتهايي هستند که محتوي *Plg* آنها از کوارتز بيشتر است.
- بافت غالب در داسيتها پرفيريک بوده و داراي خميره شيشه اي و گاهي نيمه بلورين مي باشند.فنوکريست ها مي توانند کوارتز، پلاژيوکلاز و*Mm* باشند.

بافت پرليتي نيز گاهي ديده شده است.

مقطع ميكروسكپي يک تونالیت



مقطعي از يک داسيت

7-5) گروه ديوريت – آندزيت

1-7-5) كاني شناسي ديوريتها

ديوريتها سنگهاي آذرين نفوذي حدواسط هستند كه كاني اصلي آنها پلاژيوكلاز است.

(اليگوكلاز - آندزين) $60 – 80\ \% = P$

عمدتا بيوتيت و هورنبلند $25 – 40\ \% = Mm$

فرعي ؛ كوارتز، فلدسپات پتاسيم ، اپاک ، آپاتيت ، اسفن ، زيركن و نفلين

دگرساني ؛ سريسيت ، كائولينيت ، كلريت ، اسفن ، كلسيت ، اپيدوت ، زوئيزيت هماتيت و لوكوكسن.

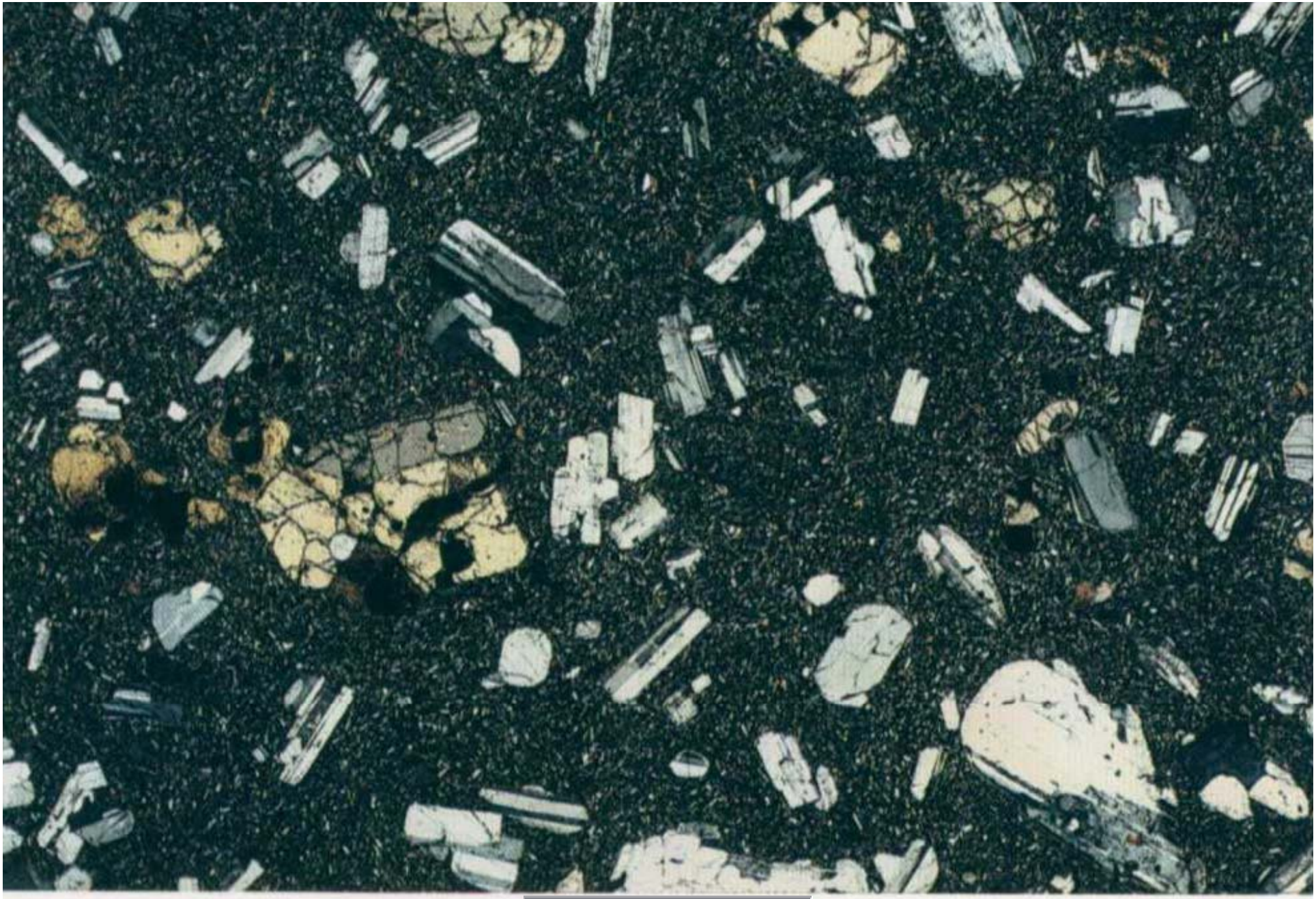
2-7-5) بافت و شكل توده هاي ديوريتي

- بافت ديوريتها معمولا دانه اي و يا نيمه شكل دار است.
- ديوريتهايي كه به صورت دايک ديده مي شوند بافت پرفيري دارند در چنين حالتي پلاژيوكلازهاي زونه كه هسته بازيكتردارند درشت بلورهاي سنگ را تشكيل ميدهند. ديوريتها بصورت توده هاي باتوليتي ونيز به صورت دايک ، سيل و استوک ديده ميشوند.

3-7-5) آندزيت ها

- آندزيتها عموما از پلاژيوكلاز تشكيل شده و به صور گدازه آتشفشاني ، سيل و دايک ديده مي شوند.
- بافت آندزيتها معمولا پرفيريک با خميره ريزبلور است.پرفيرها مي توانند پلاژيوكلاز يا كاني مافيک باشند.خميره سنگ مي تواند شيشه اي و يا جرياني باشد.بافت هاي حفره اي و بادامكي نيز ديده مي شود.
- هورنبلند (مهمترين و فراوان ترين كاني مافيک آندزيتها) و بيوتيت كمتر در خميره ديده مي شوند لكن پيروكسن هم به صورت فنوكريست و هم در خميره امكان حضور دارد.

مقطع ميكروسكپي يک ديوريت



مقطع ميكروسكپي يک آندزيت

5-8) گروه گابرو – دیاباز- بازالت

5-8-1) کاني شناسي گابروها

آندزین تا آنورتیت با ترکیب متوسط لابرادوریت

پیروکسن و الیوین

(مهمترین کاني مافیک گابروها اوژیت است).

فرعي ؛ بیوتیت ، هورنبلند ، آپاتیت ، پیریت ، روتیل ، کرومیت ، اسفن ، مانیتیت، ایلمینیت ، اسپینل ، گارنت ، کوارتز ، فلدسپاتوئید و اپاک

دگرساني ؛ کلریت ، تالک ، سرپانتین ، مانیتیت ، کربناتها ، اکسید آهن ، ایلمینیت ، سوسوریت و زوئیزیت

45 – 70 % = P

25 – 50 % = Mm

2-8-5) گونه هاي مختلفي از سنگهاي گابرويي

- به گابروي محتوي هيپرستن و پلاژيوكلازكلسيک نوريت مي گويند.
- گابروي محتوي حدود *10%* اليوين : اليوين گابرو
- گابروي محتوي اليوين و پلاژيوكلاز كلسيک تروكتوليت نام دارد.
- گابروي محتوي حدود *10%كوارتز* : كوارتز گابرو

3-8-5) بافت و شكل توده هاي گابرويي

- بافت اين سنگها گرانولار نيمه شكل دار است.اندازه دانه ها از متوسط تا درشت تغيير مي كند.اگر پلاژيوكلازها زودتر از پيروكسن متبلور شوند، توسط پيروكسنها احاطه مي شوند در غير اين صورت اين كاني ها درهم تداخل مي كنند.
- گابروها در احجام و اشكال متفاوت از استوک تا باتوليتهاي بزرگ و نيز به شكل لوپوليت ديده مي شوند.براساس مشاهدات در يک توده بزرگ گابرويي كانيهاي تيره در قسمتهاي تحتاني متمركز مي شوند.

5-8-4) منشأ و اهميت اقتصادي گابروها

- گابروهاي لايه اي در نتيجه تزريق ماگما و انجام تفريق در يک محل بوجود مي آيند.عموما ذوب گوشته مهمترين و رايج ترين منشأ ماگماي گابرويي است.
- کانيهاي سولفوره به خصوص پيريت از مهمترين کاني هاي اقتصادي گابروهاست. گابروهاي لايه اي گاهي داراي کانيهاي پلاتين و کروميت هستند.

5-8-5) ديابازها

1-5-8-5) كاني شناسي و نحوه استقرار

- ديابازها سنگهاي آذرين نفوذي كم عمق معادل گابروها مي باشند.تفاوت اساسي آنها با گابروها در بافت آنهاست به طوري كه معمولا ديابازها دانه ريزترند و بافت غالب آنها افيتيک است. اين سنگها علاوه بر پيروكسن داراي هورنبلندسبز و بيوتيت و پلاژيوكلازهاي سديک تر نسبت به گابرو مي باشند. به انواعي از ديابازها كه آثار تجزيه و دگرساني كمتري نشان مي دهند دلريت مي گويند.
- ديابازها معمولا بصور سيل ، دايک و توده هاي كوچک پراكنده ديده مي شوند.

2-5-8-5) منشأ، بافت و اهميت اقتصادي ديابازها

- معمولا مايع باقيمانده از يک ماگماي بازالتي درون شکستگيها و در گسيختگيها نفوذ کرده و ديابازها را بوجود مي آورد.
- در ديابازها دانه ها عموما ريز تا متوسط و هم اندازه هستند و بافت آنها اغلب افيتيک بوده ولي بافتهاي ميکروپرفيريتيک و اينترسرتال نيز ديده مي شود.
- در سيلهاي ديابازي کانيهاي پلاتين ، نيکل، مس و کانيهاي با ارزشي چون ارسنيدهاي آهن و نيکل و سولفوارسنيدها و ارسنيدهاي فلزي پلاتين ديده مي شود.

5-8-6) بازالت ها

5-8-6-1) كاني شناسي و بافت

- بازالتها سنگهاي خروجي معادل گابرو هستند كه محتوي پلاژيوكلاز و كانيهاي مافيک آنها تقريبا مساوي است.
- بافت غالب بازالتها پرفيريک با بلورهاي درشت پلاژيوكلاز،اليوين و يا پيروكسن است. در بافت شيشه اي نيز عمده تشكيل دهنده سنگ شيشه همراه ميكروليت است.گاهي نيز بافت نيمه بلورين به چشم مي خورد.

2-6-8-5) حالاتي كه بازالتها يافت مي شوند.

الف-همراه طبقات ضخيم سنگهاي آتشفشاني و رسوباتي چون آهک ، رس و چرت

ب- تمام كف اقيانوسها از بازالت ساخته شده است.

ج- جزاير قوسي ؛ در اثر فرورانش يک صفحه ليتوسفري به زير صفحه ديگر و وقوع فرايند ذوب ماگماي بازالتي ايجادي دراين منطقه سنگهاي بازالتي را مي سازد.

د- بازالت هاي نواحي چين خورده كه معمولا همراه آندزيت ، داسيت و ريوليت هستند.

ه- بازالتهاي رشته كوههاي وسط اقيانوسي ناشي از ذوب پريدوتيت گوشته اي

ادامه:

و - جريانات گدازه بازالتي درسطح زمينهاي مرطوب به صورت جريانات اسكورياسه

ز- بازالتهاي جلگه اي كه با ضخامت زياد همراه ديابازهاي كوارتزدار منطقه وسيعي را مي پوشانند.

3-6-8-5) منشأ بازالتها

ماگماي بازالتي از ذوب گوشته پديد مي آيد چنان كه تركيب گوشته در عمق تقريبي 100 كيلومتر در اقيانوسها ، پريدوتيت گارنت دار است كه از ذوب بخشي آن ، ابتدا بازالت و در ادامه ماگماي با تركيب بازالت غني از اليوين و در نهايت ماگماي پريدوتيتي بوجود مي آيد. تركيب ماگماي ناشي از ذوب گوشته به عامل فشار وابسته است.

4-6-8-5) تقسيم بندي ماگماهاي بازالتي بر اساس تركيب شيميايي

تركيب شيميايي ماگماهاي بازالتي بدليل تركيب سنگ مادر اوليه و عامل فشار متنوع بوده و سه گروه اصلي زير از اهميت بيشتري برخوردار است.

الف - ماگماي بازالتي تولئيتي

ب - ماگماي بازالتي آلكالن

ج - ماگماي بازالتي تحولي

4-6-8-5/ الف – ب – ج)

الف) در بازالتهاي تولئيتي، مقدار سديم و پتاسيم نسبت به انواع ديگر كمتر بوده و بر عكس مقدار سيليس نسبت به انواع ديگر بيشتر بوده و سيليس اضافي به شكل كوارتز ظاهر مي گردد.

ب) بازالتهاي آلكالن ؛ اين بازالتها حاوي تركيبات سديم و پتاسيم بيشتري نسبت به انواع ديگر و سيليس كمترنسبت به آنهاست. محتوي عناصري چون *Rb* نيزدراين بازالتها قابل توجه است.

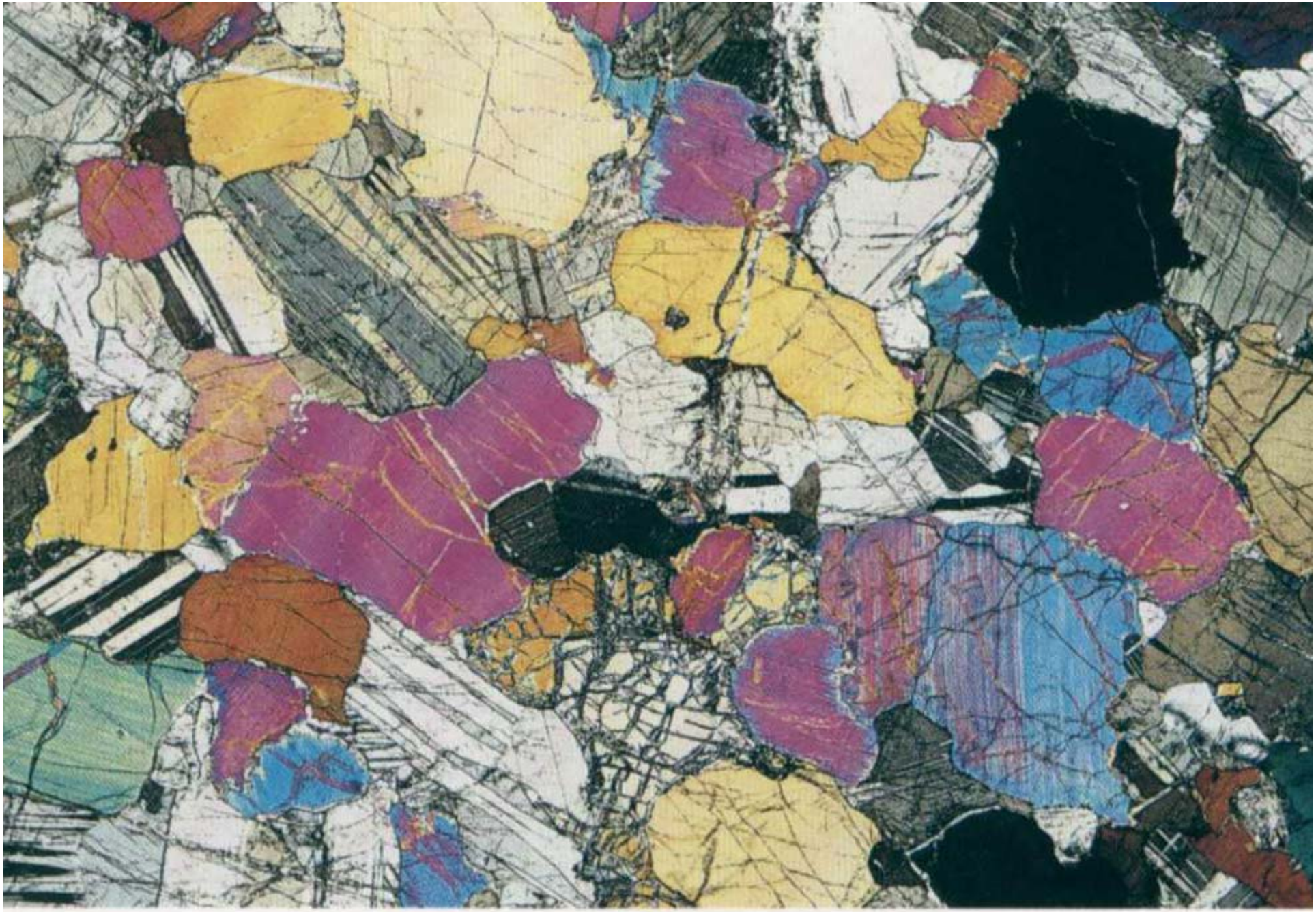
ج) بازالت هاي تحولي حد واسط ماگماهاي تولئيتي و آلكالن هستند.

انواع بازالتها / کانیها	بازالت تولئیتی	بازالت تحولی	بازالت آلکالن
پلاژیوکلاز	بلورهای درشت : لابرادور و بیتونیت بلورهای زمینه : لابرادور، آندزین	بلورهای درشت : آنورتیت لابرادور بلورهای زمینه : لابرادور، آندزین	بلورهای درشت: بیتونیت آندزین بلورهای زمینه : لابرادور، آندزین
پیروکسن	اوژیت + هیپرستن یا پیژونیت	اوژیت حاوی آهن و تیتان (تیتانوفرواوژیت)	تیتانواوژیت
الیوین	الیوین یا وجود ندارد و یا به مقدار خیلی کم، به صورت حلقه‌های واکنشی با هیپرستن	به مقدار نسبتاً کم	معمولاً فراوان بوده و زونه است و بدون حاشیه واکنشی است
کوارتز و سایر کانیها	احتمالاً حاوی مقادیر کم کوارتز	احتمالاً فلدسپات آلکالن	احتمالاً فلدسپات آلکالن یا نفلین ـ تیتانومگنتیت

کانی شناسی انواع بازالتها

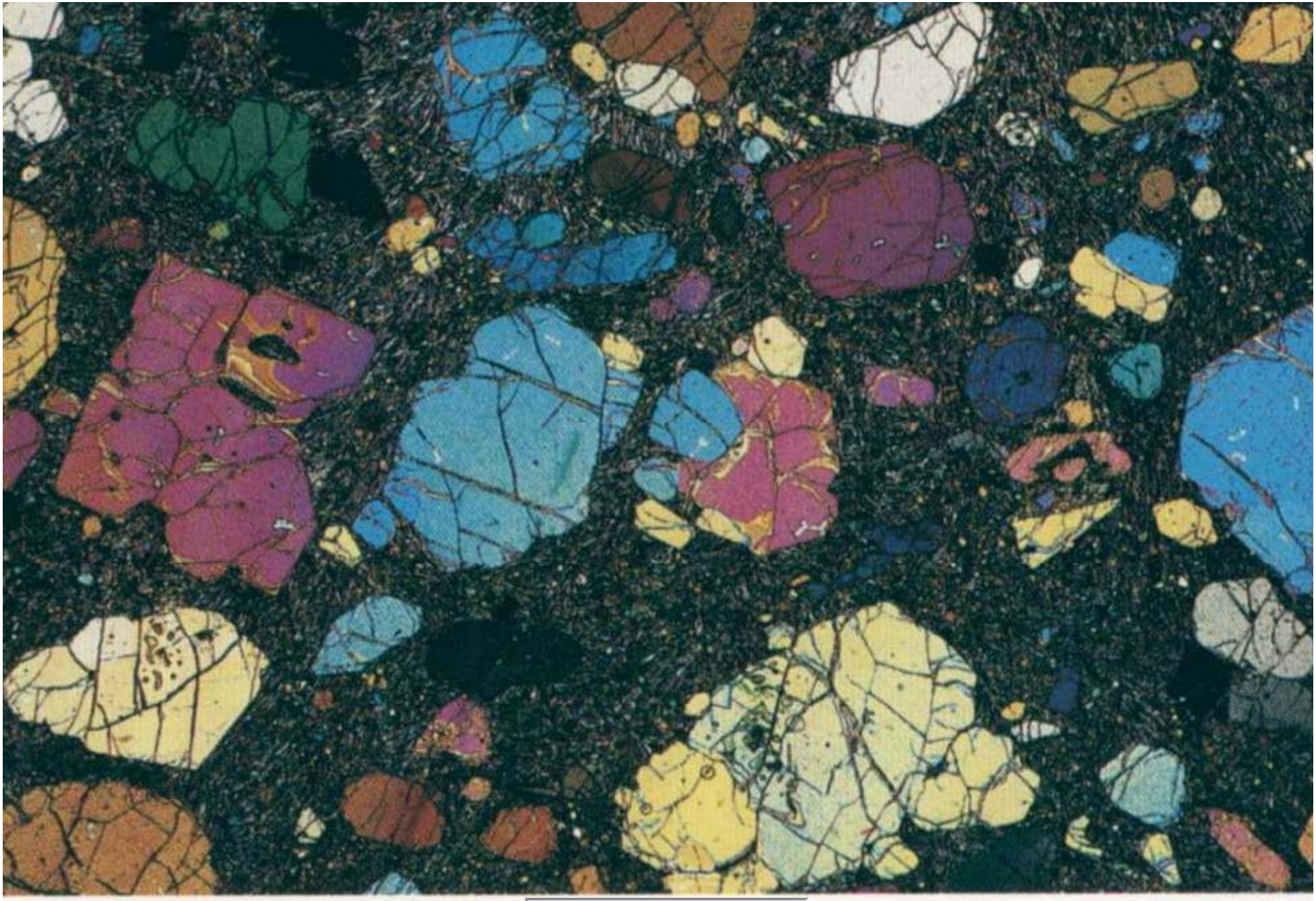
تغییرات فشار	ترکیب ماگما
فشار خیلی پایین	تولئیت اشباع از سیلیس
فشار پایین	تولئیت الیوین ـ فلدسپاتیک (بازالت تحولی و انتقالی)
فشار متوسط تا پایین	بازالت آلکالن الیوین دار
فشار متوسط	بازالت آلکالن غنی از الیوین
فشار بالا	بازالت تولئیتی غنی از الیوین

چگونگی تغییرات ترکیب بازالت با تغییرات فشار



مقطع ميكروسكپي يک گابرو

مقطع ميكروسكپي يک دلر يت



مقطع میکروسکپي یک بازالت

9-5) گروه گابروها و بازالتهاي فلدسپاتوئيد دار

1-9-5) كاني شناسي و بافت

(اوژيت - اليوين) 30 – 80% = Mm

(لابرادوريت) 5 – 35% = CaPlg

(نفلين) 15 – 45% = F

فرعي ؛ بيوتيت ، آپاتيت ، منيتيت ، آنالسيم ، اسفن كانكرينيت ،پيريت ،كلسيت و اپاک

دگرساني؛ كلريت ، كربناتها ، اكسيد آهن و ناتروليت

- گابروهاي فلدسپاتوئيددار معمولا داراي بافت تمام بلورين و داراي دانه هاي با اندازه متوسط و اغلب نيمه شكل دار بوده و كاني نفلين اغلب ادخال دارد.

2-9-5) بازالتهاي فلدسپاتوئيددار

1-2-9-5) كاني شناسي

بازالتهاي فلدسپاتوئيددار معمولا جوان بوده و در گروه سنگهاي مافيک قرار مي گيرند و پلاژيوكلازكلسيک در بعضي از انواع آنها كاني شاخص نيست.

فلدسپاتوئيد اين سنگها معمولا نفلين و لوسيت است.

كاني هاي فرعي ؛ هورنبلند ، بيوتيت ، اسفن ، پروسكيت ، ملانيت ، كروميت ، اسپينل ، آپاتيت ، سانيدين و شيشه

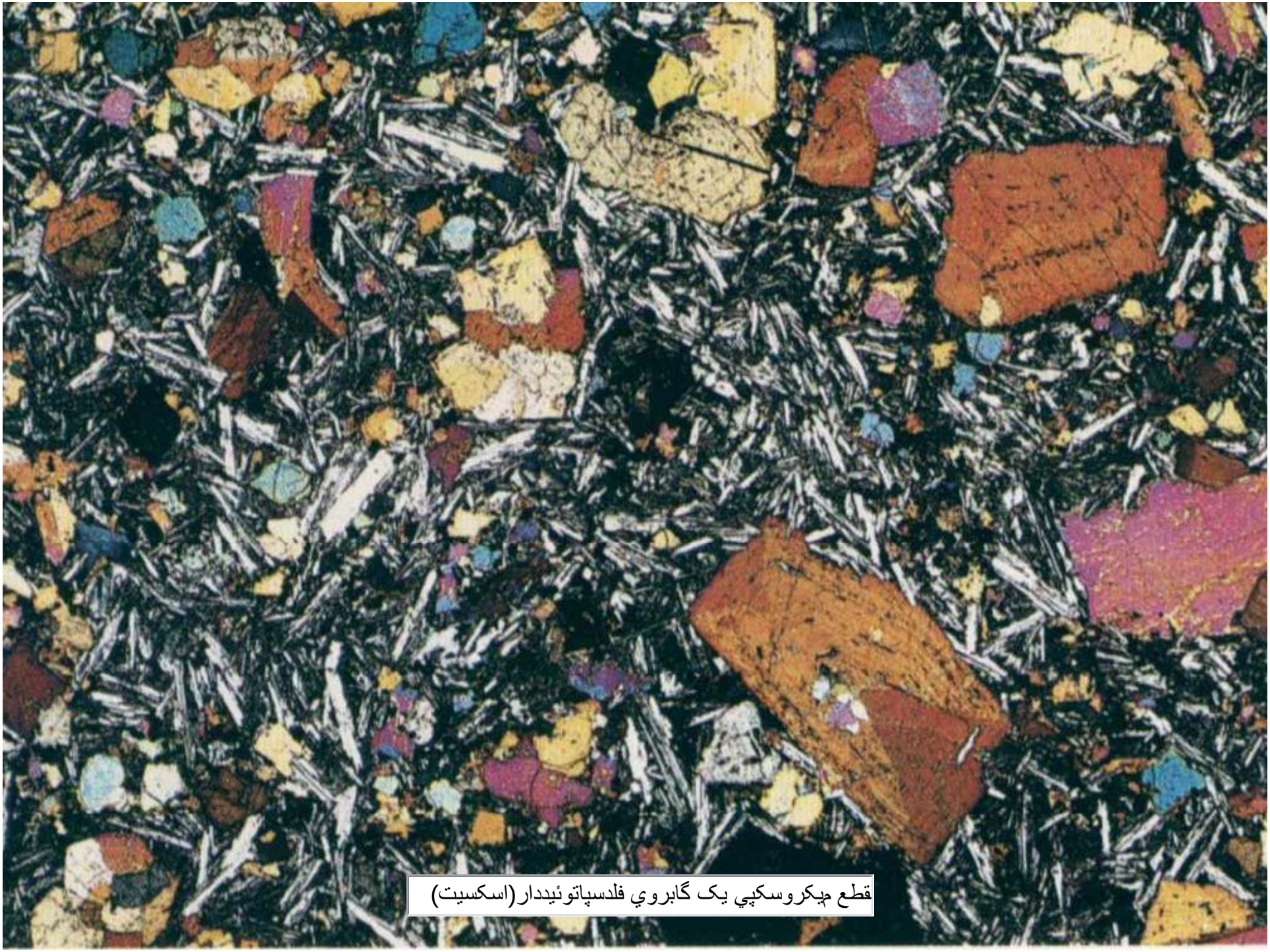
دگرساني ؛ ناتروليت ، زئوليت ، سرپانتين ، ايدينگزيت ، كانيهاي كربناته و اكسيد آهن

2-2-9-5) بافت و شكل استقرار بازالتهاي فلدسپاتوئيد دار

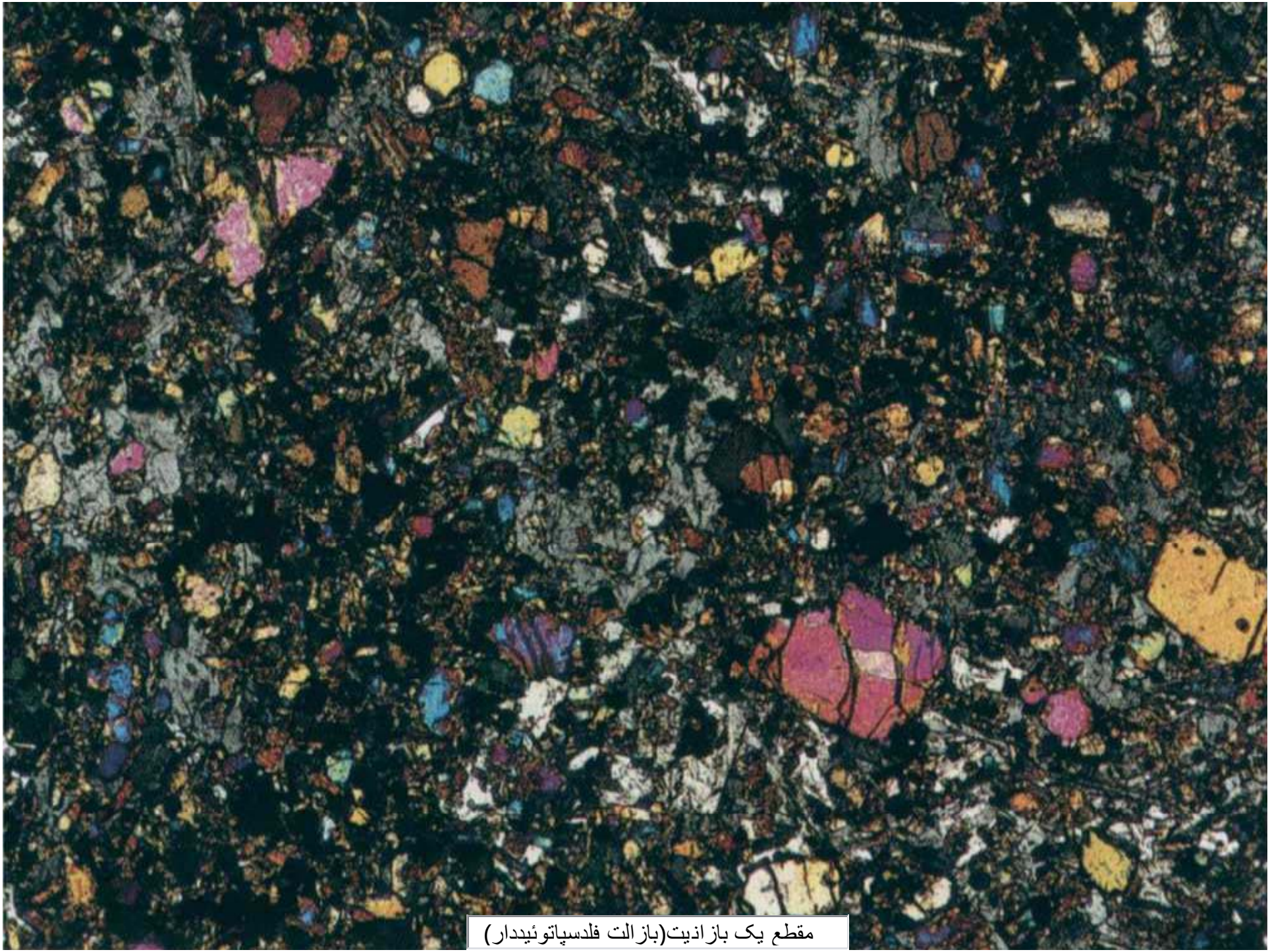
- بافت اين سنگها معمولا تمام بلورين و گاهي پرفيريک است.

فنوکريستها فلدسپاتوئيد و پلاژيوکلازکلسيک بوده و فلدسپاتوئيدها در خميره نيز ديده مي شوند.

- بازالتها فلدسپاتوئيدداربه صورت جريان گدازه وگاهي به صورت دايک ديده مي شوند.



قطع ميكروسكپي يک گابروي فلدسپاتوئيددار (اسکسيت)



مقطع یک بازانیت(بازالت فلدسپاتوئیددار)

5-10) پريدوتيت ها

5-10-1) توصيف و كاني شناسي

اين سنگها تمام بلورين ، نفوذي و التراماڤيک بوده و كمتر از 45% سيليس دارند عناصر آلكالن يا ندارند و يا محتوي آنها اندک است درعوض كانيهاي مافيک مهمترين تشكيل دهنده آنها هستند.

كاني شناسي اصلي

اليوين- پيروكسن-هورنبلند

85 – 95% = Mm

پلاژيوكلاز كلسيک

10% كمتر از = Ca Plg

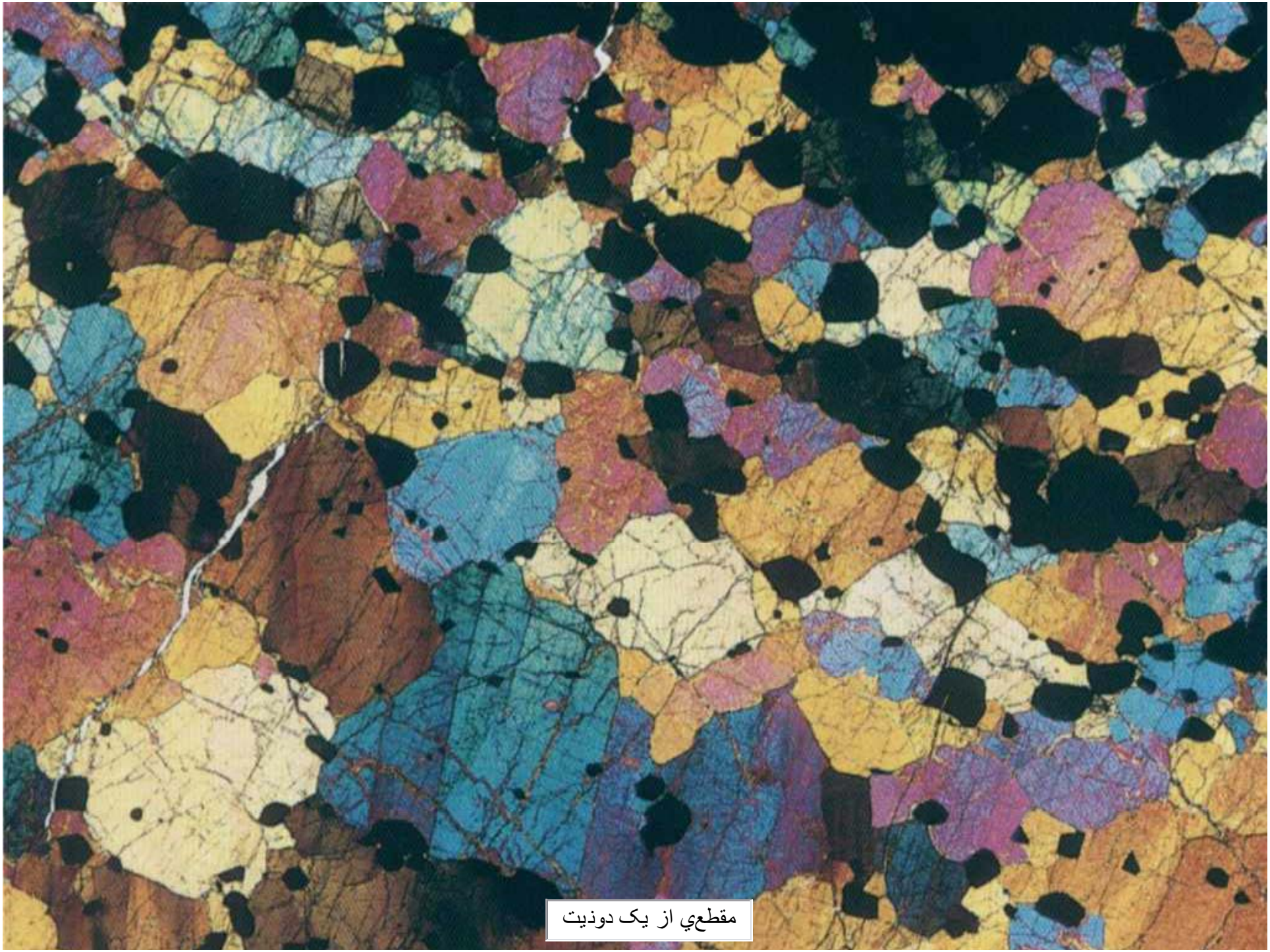
فرعي ؛ آپاتيت ، پلاتين ، پيروپ ، كرندون ، مانيتيت ، ايلمنيت ، نفلين ، آناليسم.

دگرساني ؛ ترموليت ، اكتينوليت ، كلريت ، سرپانتين ، تالک ، كلسيت ، اسفن ، هماتيت ، منيتيت ، دلوميت و منيزيت

2-10-5) بافت و شكل جايگيري پريدوتيتها

اغلب بافت پريدوتيت ها كه انواع مهم آنها قبلا در دو دياگرام مثلثي نام برده شده است دانه اي با ابعاد مساوي بوده و اندازه كانيها متوسط تا خيلي درشت است.گرچه كاني هاي تشكيل دهنده اين سنگها معمولا تركدار ويا بي شكل بوده و بافتي موسوم به مشبک را ايجاد مي نمايند.

- پريدوتيت ها معمولا به صورت استوک ظاهر مي شوند ولي گاهي آنها را در ساختمانهايي نظير باتوليتهاي مركب ، لوپوليتها ، دايكها ، سيلها و دودكشهاي آتشفشاني مي توان ديد.



مقطعي از يک دونيت

مقطع میکروسکپی از دو نمونه پریدوتیتی

5-11) کیمبرلیت ها

5-11-1) توصيف و كاني شناسي

- کیمبرلیت ها ، پریدوتیتهاي پتاسیک هستند که حاوي مقادیر زیادي مواد فرار نظیر Co_2 و H_2O و نیز زینولیت درماتریکس خود مي باشند.
- الیوین مهمترین و فراوانترین کاني اولیه این سنگهاست که به مقدار زیادي سرپانتینیزه و کربناتیزه شده است.

سایر کانیها ؛ گارنت ، ایلمنیت منیزیم دار، پیروپ ، پیروکسنها ، کلسیت ، دلومیت ، آپاتیت ، زیرکن و الماس

(کیمبرلیتها اصلي ترین منشأ الماس هستند).

2-11-5) نحوه پيدايش كيمبرليت ها

كيمبرليتها درپلاتفرمهاي قاره اي و پايدار مربوط به بيش از 2500 ميليون سال پيش و نيز در شكستگيهاي بزرگ زمين ديده شده اند. اين سنگها به صورت توده هاي نفوذي كوچک در قسمتهاي انتهايي دودكش آتشفشان به عرض 70 تا 500 متر و نيز بصورت برشي در قسمتهاي بالايي دودكش ديده مي شوند.

3-11-5) مهمترين نظرات در مورد منشأ كيمبرليتها ؛ مهمترين عاملي كه درمطالعه منشأ اين سنگها موثراست وجودزينوليت دراين سنگهاست كه به چهارنوع ديده شده:

الف- قطعاتي كه ازبخشهاي بالاتر ضمن نفوذ توده بدرون يک ستون مايع در حال حركت فروافتاده اند.

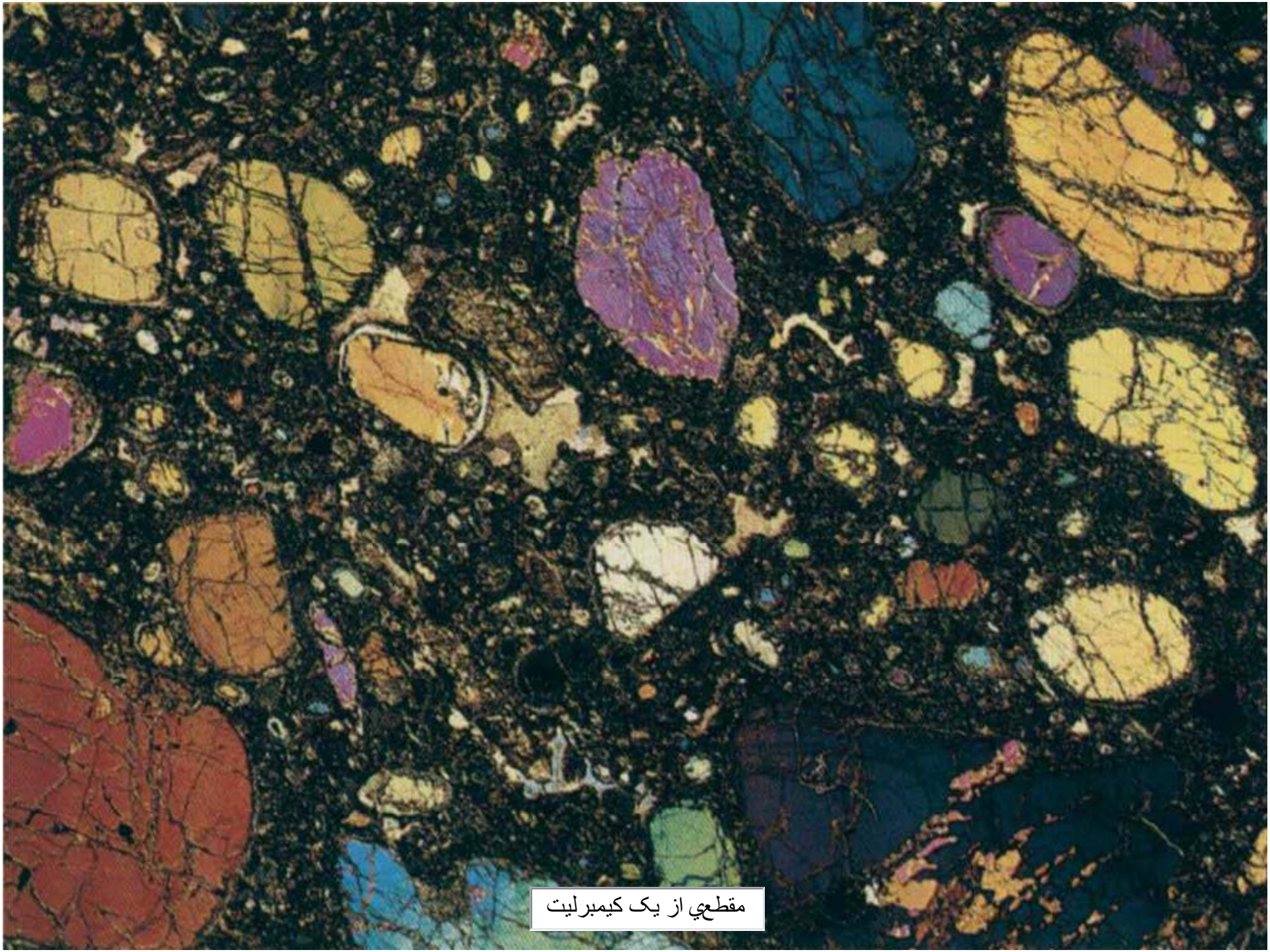
ب- قطعات زاويه داررسوبي و آتشفشاني كه درون اين سنگها نفوذ كرده اند.

ج- قطعات گرد و بزرگ سنگهاي آذرين يا دگرگوني چون شيست ، گنيس يا گابرو كه از قسمتهاي تحتاني پوسته قاره اي كنده شده اند.

د- توده هاي گرد شده سنگهاي التر امافيک كه ازگوشته، ليتوسفرياستنوسفرمنشأ گرفته اند.

نتيجه گيري از مهمترين نظرات در مورد منشأ كيمبرليتها

به نظر مي رسد كيمبرليت ها از اعماق 200-100كيلومتر گوشته منشأ گرفته باشند.به علاوه كيمبرليتها را مي توان به عنوان اولين محصول ذوب پريدوتيت گارنت دار حاوي ميكا يا آمفيبول غني از پتاسيم دانست.



مقطعي از يک کيمبرليت

12-5) آنورتوزيتها

1-12-5) توصيف و كاني شناسي

آنورتوزيتها سنگهاي نفوذي و با گسترش زياد هستند كه تقريبا تماما از پلاژيوكلاز با تركيب آندزين – لابرادوريت تشكيل گرديده اند.

فرعي ؛ برونزيت ، هيپرستن ، مگنتيت ، ايلمنيت وگارنت

دگرساني ؛ هورنبلند ، بيوتيت ، كلريت وسرپانتين

2-12-5) بافت و شكل جايگيري

- بافت آنورتوزيت ها دانه اي درشت است ، پلاژيوكلازها داراي حواشي خرد شده و ماكل خميده بوده كه نشان مي دهد اين سنگها در حالت جامد جايگزين شده اند.
- توده هاي بزرگ اين سنگها به اشكال استوك تاباتوليت ديده شده كه غالبادرسرزمينهاي متأثراز دگرگوني ناحيه اي ديده مي شوند ،دانه بندي آنورتوزيت به حاشيه ريزترمي شود.

3-12-5) منشأ و اهميت اقتصادي آنورتوزيتها

- در مورد منشأ اين سنگها ديدگاههاي زير وجود دارد.

الف) ذوب بخشي سنگهاي با تركيب آنورتوزيت

ب) جدا شدن بلورهاي پلاژيوكلاز كلسيک از ماگما و ته نشيني در كف حجره ماگما

ج) هضم سنگهاي گرانيتي يا پليتي توسط ماگماي بازالتي يا آندزيتي

- آنورتوزيتها يكي از منابع مهم آهن و تيتان به ويژه در فاز ايلمنيت به صورت توده هاي عدسي شكل و يا دايكي كانه دار مي باشند.

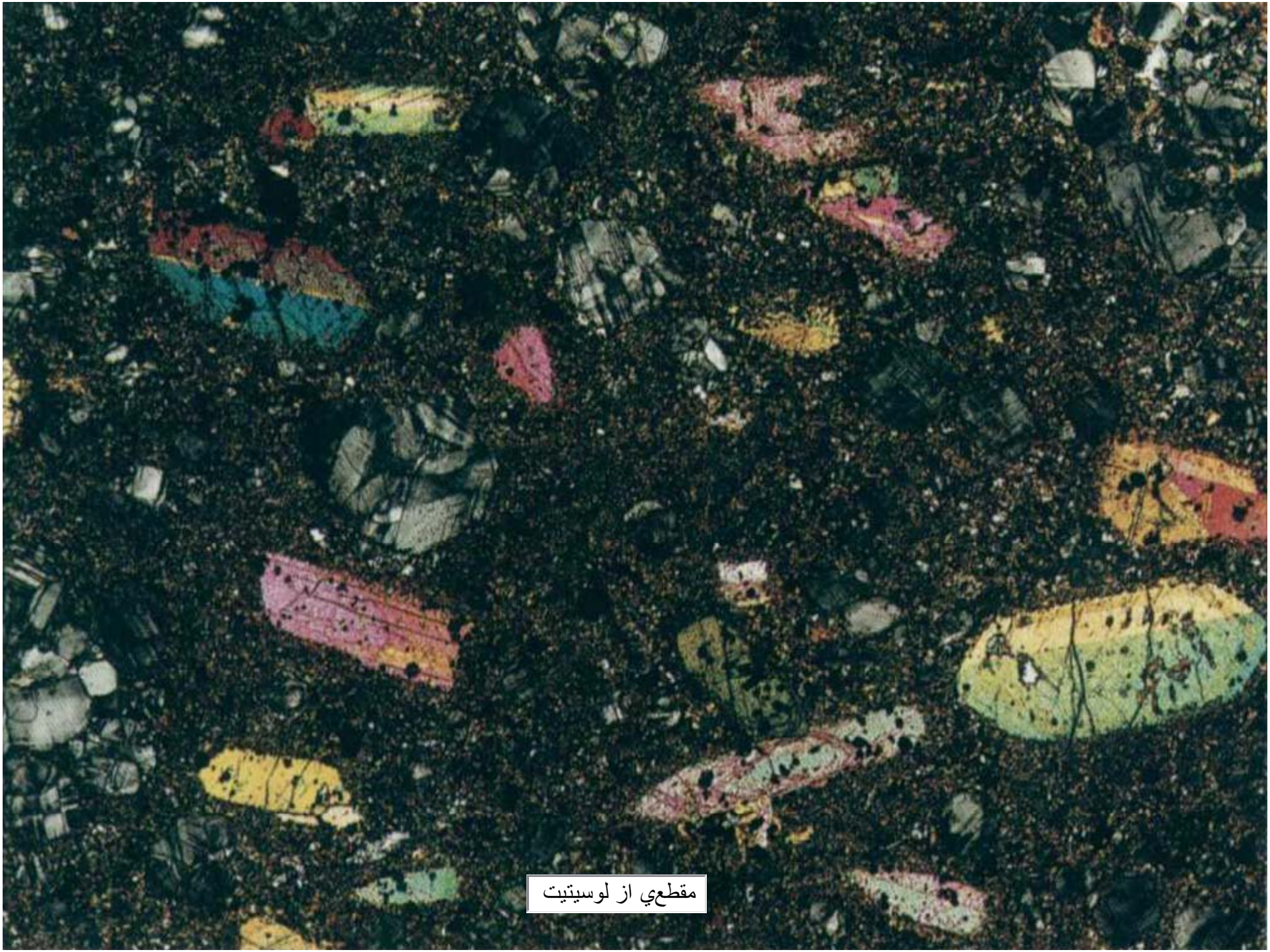
مقطعي ازيک آنورتوزيت

13-5) نفلینیت ها و لوسیتیتها

بیشتر از 95% سازندگان این سنگها را فلدسپاتوئیدها چون نفلین ، لوسیت ، نوزان ، هائوین و سودالیت تشکیل مي دهند.فلدسپاتها یا حضور ندارند و یا محتوي آنها از 10% کمتر است.دانه هاي درشت سنگ فلدسپاتوئیدها بوده و بلورهاي ریزتر شامل آپاتیت ، اسفن ، سوزنهاي ائژیرین ، بیوتیت و آمفیبول سدیم دار مي گردند.

- این سنگها غالبا به صورت توده هاي نفوذي کم عمق و یا گدازه دیده مي شود.

مقطعي از يک نفلينيت



مقطعي از لوسيتيت

14-5) کربناتيت ها

1-14-5) توصيف و كاني شناسي

بيشتر از 50% اين سنگها را كانيهاي كربناته چون كلسيت و دلوميت تشكيل مي دهند.رنگ آنها معمولا سفيد مايل به قهوه اي وگاهي واجدرگه هاي تيره مي باشد.

كاني هاي اصلي؛ كلسيت ، دلوميت ، انكريت ، سيدريت ، كربنات سديم ، آپاتيت ، مگنتيت ، ائژيرين ، آلبيت ، ارتوز و نفلين

فرعي ؛ اليوين ، باريت ، پيريت ، اسفن و زيركن

2-14-5) بافت و شكل استقرار

- بافت كربناتيتها دانه ريز تا دانه درشت است در انواع توده اي آن رگه هاي تيره رنگي حاوي آپاتيت ، مگنتيت ، فلوگوپيت و پيروكسن سديم دار ديده مي شود.
- اين سنگها به دو صورت خروجي و نفوذي ديده مي شوند.

كربناتيتهاي نفوذي معمولا به صورت مجموعه هاي حلقوي ديده مي شوند.

اين سنگها به صورت گدازه ، دايک ، استوک ، سيل و نيز به صورت دودكشهاي آتشفشاني و به اشكال نامنظم و با وسعتي بيش از 8 كيلومتر مربع يافت مي شوند.

3-14-5) منشأ و اهميت اقتصادي كربناتيتها

- ماگماي كربناتيتي مي تواند ناشي از تفريق از يک ماگماي مافيک و يا كيمبرليتي باشد.البته ممكن است مهاجرت مواد فرار و گاز كربنيک در تشكيل اين ماگما نقش داشته باشد.
- كربناتيتها داراي تركيبات مهم اقتصادي چون كاني هاي آلومينيوم ، فسفر ، تيتان ، فلوئور ، آهن ، مس ، زيركونيم ، نيوبيوم ، باريم ، توريم ، اورانيم و خاكهاي كمياب هستند.

مقطع ميكروسكپي از يک کربناتيت

15-5) لامپروفيرها

1-15-5) توصيف و ويژگيهاي مهم

- لامپروفيرها تيره رنگ بوده و داراي درخشش خاصي به دليل فراواني ورقه هاي بيوتيت مي باشند.اين سنگها دانه ريز بوده و بيشتر به صورت دايک ديده مي شوند.

- مهمترين ويژگيهاي آنها عبارتست از ؛

الف) رنگ بسيار تيره

ب) فلدسپات و فلدسپاتوئيد در صورت وجود محدود به زمينه سنگ مي گردند.

ج) اكثرا به صورت دايک و گاهي گدازه ديده مي شوند.

دنباله ويژگي هاي لامپروفيرها

د) فراواني بيوتيت و يا آمفيبول ، كلينوپيروكسن و اليوين

ه) مقدار K_2O در تركيب آنها نسبت به SiO_2 فراوان است.

و) حضور كانيهاي آبدارمثل آپاتيت ، زئوليت و كانيهاي گرمابي و دگرساني

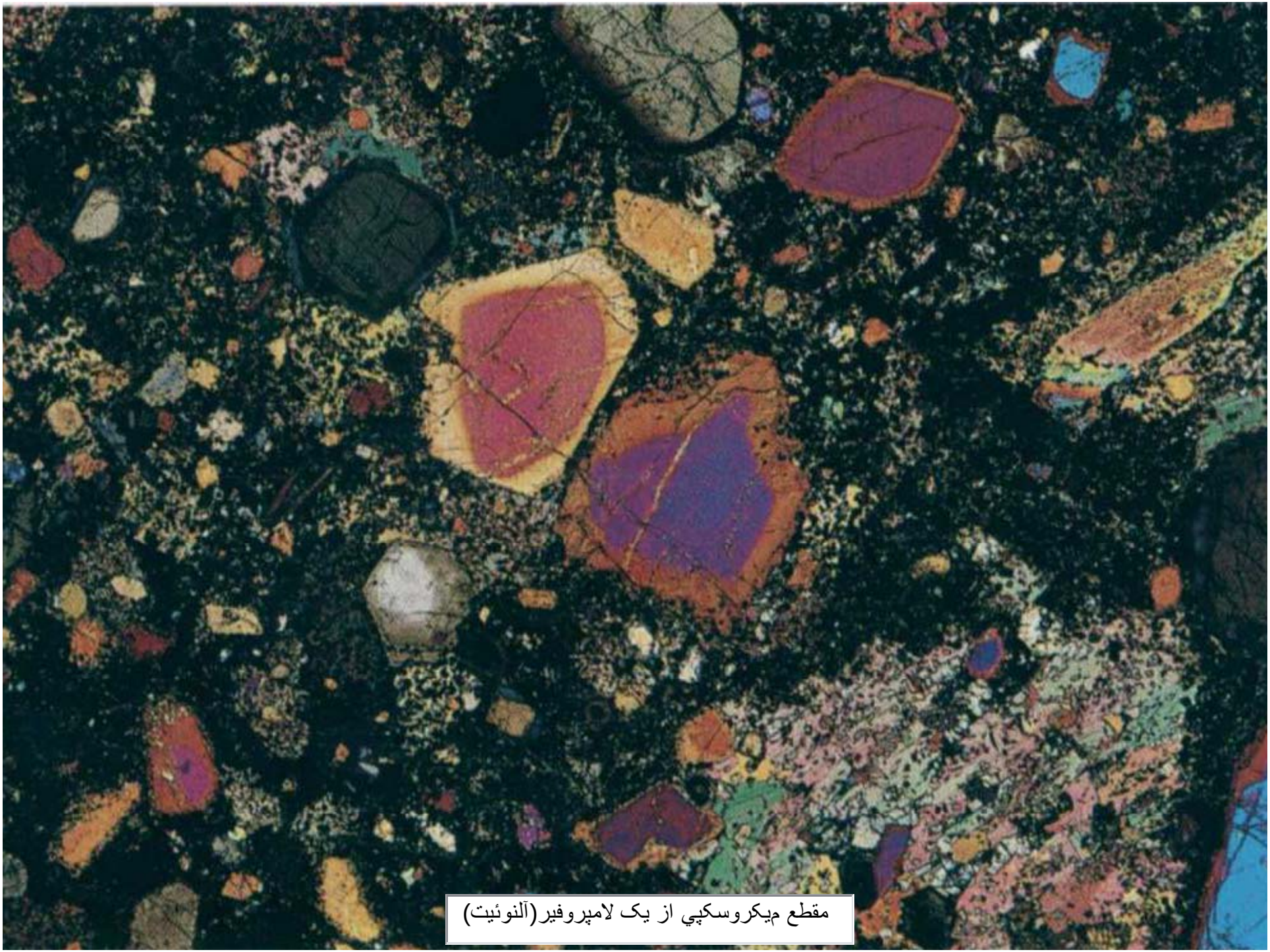
2-15-5) تقسيم بندي لامپروفيرها

اين سنگها بر اساس فراواني كانيهاي تيره و حضور يا عدم حضور فلدسپاتها تقسيم بندي مي شوند :

الف) لامپروفيرهاي كالكوآلكالن : محتوي كاني هايي چون اوژيت ، اوژيت ديوپسيديک ، هورنبلند يا بيوتيت، *Kf & Plg*

ب) لامپروفيرهاي آلكالن ؛ حاوي تيتانوژيت ، هورنبلندسديک ، بيوتيت يا اليوين ، فلدسپاتوئيد يا زئوليت.

ج) لامپروفيرهاي مليليتيک ؛ حاوي *Cpx* ، بيوتيت ، مليليت و فاقد فلدسپات.



مقطع ميكروسكپي از يک لامپروفير(آلنوئيت)

16-5) افيوليت ها

امروزه واژه افيوليت را براي توصيف سكانس ضخيمي از مواد خروجي زيردريايي، پريدوتيت ، گابرو، بازالت و رسوباتي چون چرتهاي كم ضخامت ، آهک و رس قرمز به كار مي برند.اين مجموعه از بخشي از پوسته اقيانوسي و گوشته فوقاني منشأ مي گيرد و ممكن است بخشي از مجموعه هاي جزاير قوسي باشد.افيوليت ها غالبا در حاشيه خشكي همراه مجموعه اي از رسوبات ژئوسنكلينالي ديده مي شوند.

5-16-1) سكانس افيوليتي

Coleman (1981) سكانس افيوليتي را از بالا به پايين اين گونه توصيف كرده است:

1- رسوبات دريايي عميق نظير چرتها،سنگ آهک و رس قرمز واقع بر روي توالي سنگهاي آذرين

2- گدازه هاي بالشي با تركيب بازالت اسپيليتي كه در بالا به رسوبات و گاهي به نهشته هايي از اكسيد آهن و منگنز ختم مي شوند.

3- گروه دايكهاي صفحه اي

4- مجموعه نفوذي گابرويي

5- پريدوتيتهاي كمتر دگرگون شده و

6- پريدوتيتهاي دگرگون شده و تكتونيكي شده.

(2-16-5) ويژگيهاي گدازه هاي بالشي

ضخامت اين بخش بطور متوسط 1 كيلومتر است. روي بالشها سطوح مواجي با طول تقريبي 5/0 تا 1 متر ديده شده و گاهي ممكن است قطعاتي از چرت و كربنات بين بالشها ديده شود.

عموما جنس بالشها بازالت اسپيليتي است كه آلبيت و اليگوكلاز فلدسپاتهاي اصلي آن بوده و كانيهاي كلريت، اپيدوت و كلسيت و گاهي اوژيت دگرسان شده ديگر تشكيل دهنده هاي آن هستند. رنگ اين بازالتهاي سديم دار سبز خاكستري بوده و تجزيه شديد و بافت ريزدانه از مشخصات اين سنگهاست.

عموما اين بازالتها به سري تولئيتي تعلق دارند.

3-16-5) دايكهاي صفحه اي

گروهي از دايكها هستند كه موازي يكديگر بوده و درهم تزريق شده اند.

اين دايكها ريزدانه تا دانه متوسط بوده و داراي زمينه شيشه اي هستند.

اين سنگها غالبا از جنس دياباز يا ميكروديوريت و حاوي پلاژيوكلاز و اوژيتهايي هستند كه گاهي به هورنبلند تبديل شده اند.

فرعي؛ مگنتيت و ايلمينيومگنتيت

دگرساني؛ آلبيت، كلريت،اكتينوليت،اپيدوت، اسفن و كربناتها

5-16-4)مجموعه هاي گابروئي

اين مجموعه ها گاهي در بخش هاي فوقاني به گرانيت غني از پلاژيوكلاز (پلاژيوگرانيت) ختم ميشوند .ضخامت اين بخش تقريبا 5/0– 3كيلومتراست .

كاني شناسي مجموعه هاي گابرويي در بخش زيرين مشتمل بر كلينوپيروكسن، اورتوپيروكسن ، اوليوين، پلاژيوكلاز و كروميت است.

كاني شناسي در بخش فوقاني؛هورنبلندقهوه اي،پيروكسن،اوليوين(Fo_{70-85}) و پلاژيوكلاز.

در گابروها پلاژيوكلازها معمولا زونه بوده و كانيهاي اوليه اغلب به آلبيت ،اپيدوت،كلريت واكتينوليت تجزيه ميگردند.

5-16-5) پريدوتيتهاي كمتردگرگون شده و دگرگون شده – تكتونيكي

-- پريدوتيتهاي كمتر دگرگون شده شامل هارزبورژيت و دونيت با نوارهاي سرپانتينيزه هستند.

-- پريدوتيتهاي دگرگون شده – تكتونيكي پايين ترين قسمت افيوليتها بوده و داراي شواهدي ازتغييرشكل و تبلوردوباره ناشي از دماي بالا مطابق با شرايط گوشته زيرين مي باشند.كاني هاي عمده اين بخش اليوين، ارتوپيروكسن، كلينوپيروكسن واسپينل كروم دارميباشند.

6-16-5) منشأ افيوليتها

مهمترين نظرات در اين زمينه به قرار زيرند:

الف) افيوليتها حاوي نشانه هايي از پوسته اقيانوسي و گوشته فوقاني هستند.

ب) تشكيل افيوليتها ميتواند مرتبط با تشكيل جزاير قوسي آتشفشاني باشد.

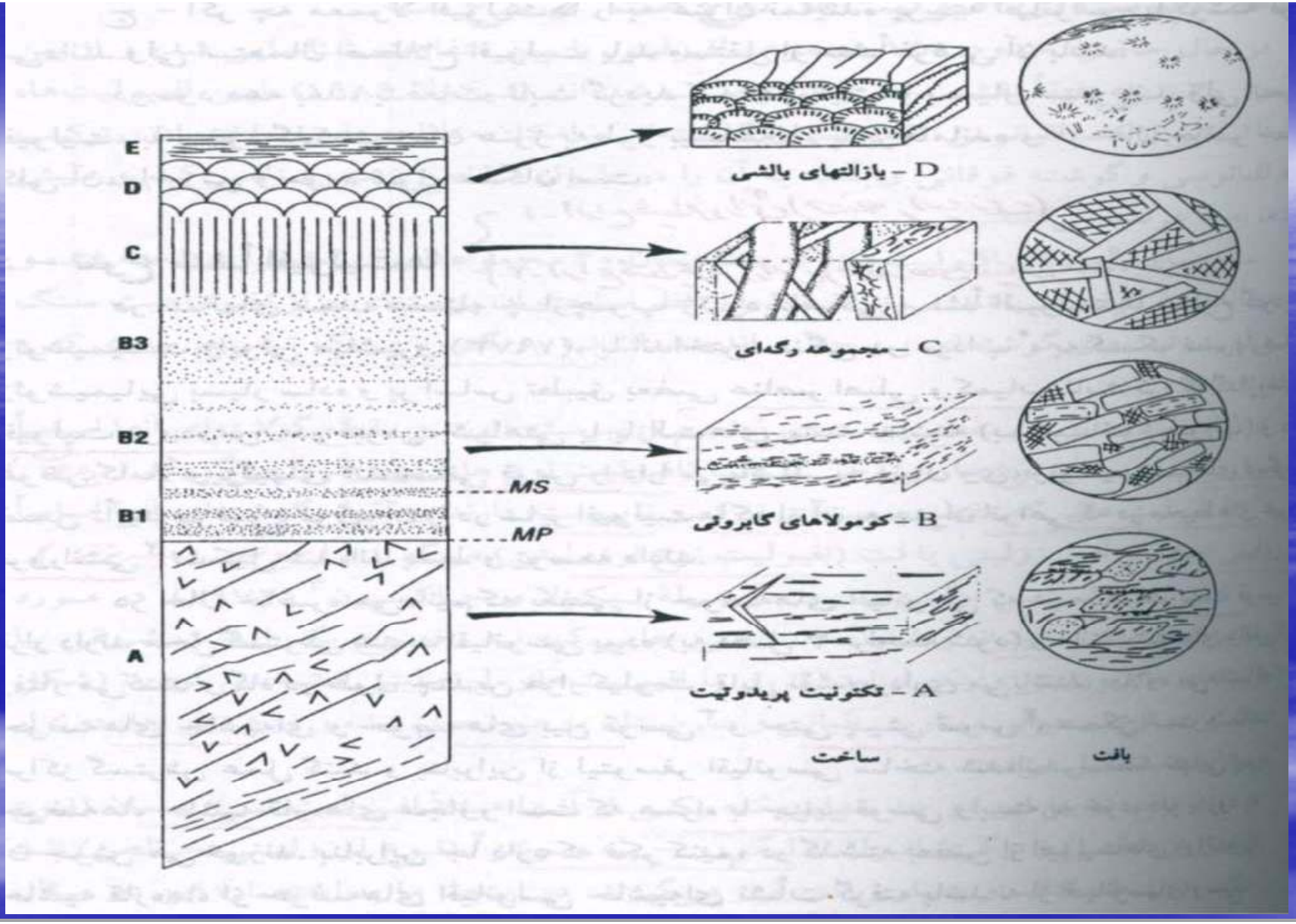
ج) بسياري از ويژگيهاي افيوليتها نشان ميدهد كه آنها دراثرولكانيسم زيردرياييي در محيطهاي ژئوسنكلينالي به وجود ميآيند.

د) ممكن است افيوليتها در اثر نيروهاي كششي در حاشيه غيرفعال خشكيها به طرف سطح كشيده شده باشند.

5-16-7) اهميت اقتصادي افيوليتها

كانيهاي مهم اقتصادي كروميت، نيكل وآزبست در بخشهاي پريدوتيتي و سرپانتينيزه متمركزند. نيكل به صورت سولفيد ديده شده وعناصر گروه پلاتين نيز به صورت محدود وجود دارند.

شكستگيهاي پيلولاوهاي بازالتي در اين مجموعه نيز توسط كانيهاي پيريت، كالكوپيريت و اسفالريت پرميشوند.



يک ستون افيوليتي برابر تعريف كنفرانس پن روز(1972): B1 كومولاهاي لايه اي الترامافيک - B2 كومولاهاي لايه اي گابروئي

گابروهاي ايزوتروپ B3- - رسوبات پلاژيک E - موهوي پترولوژيک Mp - موهوي لرزه اي Ms به نقل از كارن و ديگران (1989)

17-5) سنگهاي آذرآواري

مواد آذرآواري در نتيجه فعاليت آتشفشاني همراه با انفجار ماگماي گازدار بوجود مي آيند ودر خشكيها يا دريا ودرياچه رسوب مي كنند.

اين سنگها شامل مواد شيشه اي، بلورهاي خردشده با منشأ ماگمايي وقطعات موجود در مجراي ولكانيسم وبخشهاي كم عمق مجزا ميشوند.

تقسيم بندي مواد آذرآواري

5-17-1) – مواد آذرآواري سخت نشده كه پس از خروج از دهانه آتشفشان در هوا منتشر وسپس رسوب ميكنند.

5-17-2) – مواد آذرآواري سخت شده تحت شرايط مناسب توسط سيمان به هم متصل ميشوند.

نام سنگ آذرآواري	مواد آذرآواري سخت نشده	اندازه ذره
توف يا توفيت	خاكستر ريز(غبار،Dust)	كمتراز065/0mm
توف يا توفيت	خاكستر(Ash)	بين2تا065/0ميليمتر
لاپيلي استون	لاپيلي	بين64تا2 ميليمتر
آگلومرا و برش	بمب و بلوک	بيشتر از64 ميليمتر

5-17-1-1) خاکسترها

این ذرات که در اثر فرسایش و خردشدن قطعات درشت تر ضمن انفجار تشکیل میشوند، گاهي شيشه اي بوده ولي عموما به صورت دانه هاي 3يا4 گوشه با سطوح مقعر ديده ميشوند. خاکسترهاي ريز گاهي تا صدها کيلومتر از محل آتشفشان جابجا ميشوند.

- توفها از جوش خوردن مواد آذرآواري که عموما در اندازه خاکستر هستند، تشکيل ميگردند.

5-17-1-2) لاپيلي

لاپيليها كه از خاكسترها درشت ترند از سنگهاي جدار دودكش آتشفشان كنده شده و در رنگهاي مختلف ديده ميشوند.

- پوكه معدني نوعي لاپيلي حفره داراست كه مصرف صنعتي وساختماني دارد.
- سيندر به مواد انفجاري سخت نشده وعمدتا شامل خاكستر،لاپيلي و اسكوري با تركيب بازالتي اطلاق ميشود.

5-17-1-3) بمب وبلوك

- بمبهاي أتشفشاني عبارتند ازگدازه هاي سيال كه از دهانه آتشفشان خارج شده ودر هوا چرخيده و به اشكال گرد، دوكي ويا به شكل نان با سطوح مخطط در مي آيند.

بمبها غالبا از ماگماي غليظ بوجودآمده واندازه آنها از 6تا 25 سانتيمتر متغير است.

- بلوک به قطعات درشت تر از بمب گويند که به صورت جامد از دهانه آتشفشان پرتاب ميگردند.

5-17-1-4) پوميس و اسكوري

- پوميس سنگي روشن، متخلخل وسبک است که در اثر فوران شديد از دهانه آتشفشان پرتاب ميگردد.

- اسكوري داراي ابعاد در حد پوميس بوده و قطعاتي از گدازه است که به صورت مايع پرتاب ميگردد.

گاهي اسكوريها وقتي به زمين ميرسند، هنوز حالت پلاستيک خود را حفظ کرده وپس از جوش خوردن اسكوريهاي جوش خورده (و تاپاله مانند) را مي سازند.

تفاوت هاي اسكوري و پوميس

1-حفرات موجود در اسكوري كمتر از حفرات پوميس گرد شده اند.

2- تعداد حفرات در پوميس بيشتر از اسكوري است .

3- جدار بين حفرات در پوميس نازک تر است.

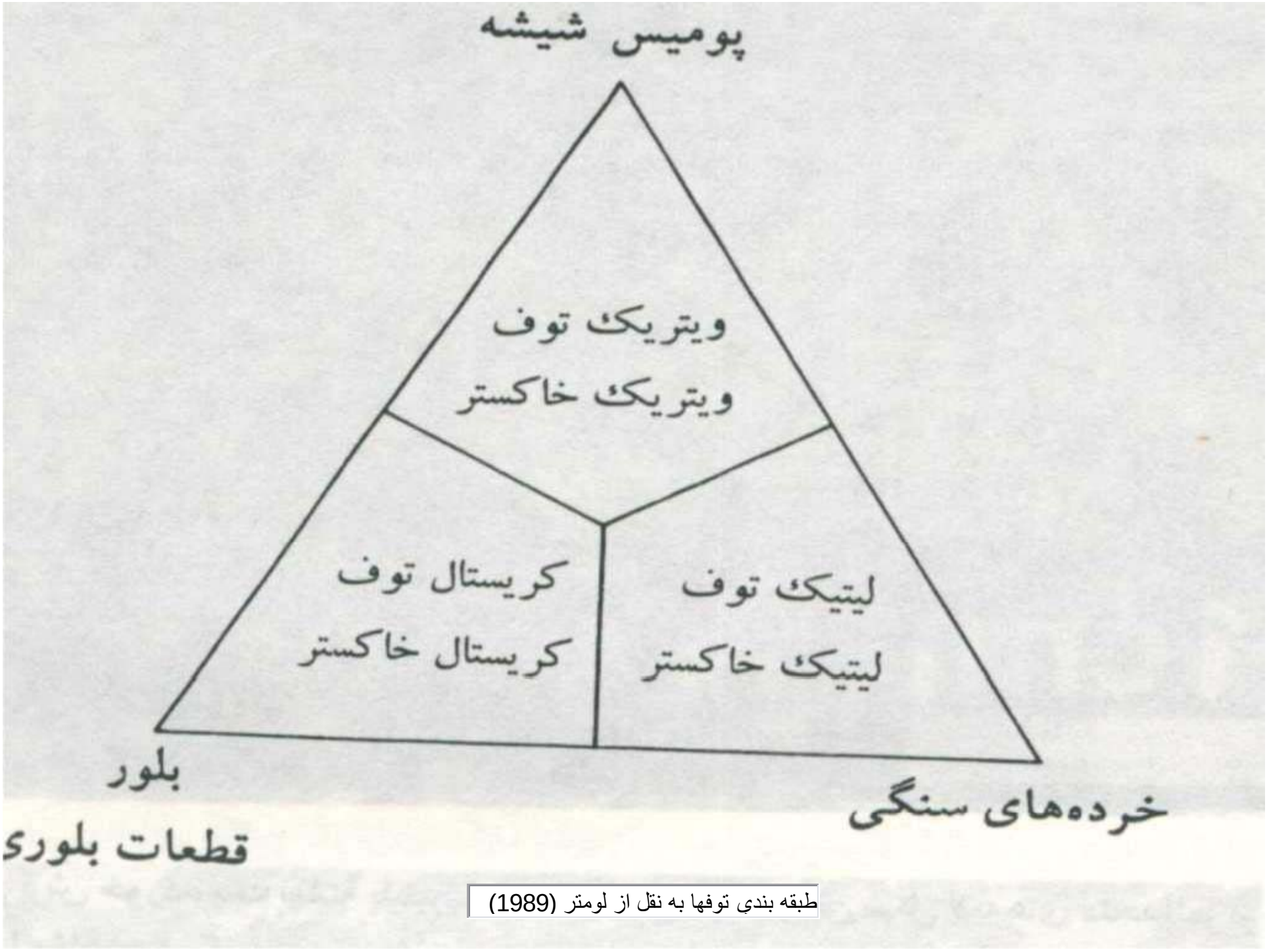
4- پوميسها از اسكوري ها سبک ترند.

اجزاي تشكيل دهنده توفها

1- اجزاي بلورين: بلورهاي مختلف سازنده سنگهاي آذرين چون پلاژيوكلازها و كوارتزاجزاي بلورين توفها را تشكيل ميدهند.

2- قطعات سنگي: اين قطعات ميتوانند شامل قطعات سنگهاي آذرين با تركيبات مختلف باشند.

3- قطعات شيشه: بايد توجه داشت كه شيشه اساسأ ناپايدار بوده وتدريجأ متبلور ميگردند.



طبقه بندي توفها به نقل از لومتر (1989)

آگلومرا و برش

- اگر قطعات آذرآواري به اندازه درشت تراز 64 ميليمتر توسط سيماني به هم متصل شوند، آگلومرا تشكيل ميشود. در آگلومرا معمولا حواشي و پيرامون اجزاي آذرآواري گردشده و تقريبا صاف ميباشد.
- اگر در اين حالت حواشي و پيرامون اجزاي آذرآواري مضرس، گوشه دار وتيز و ناصاف باشد سنگ پيروكلاستيک برش ناميده ميشود.

توفيت وايگنمبريت

- توفهاي زيردريايي را توفيت مي گويند كه غالبا با رسوبات دريايي مخلوط ميباشند. تفاوت آنها با توفها در رنگ سبز آنهاست (توفيتهاي سبز ائوسن البرز نمونه ذكر ميشوند).
- ايگنمبريتها در اثر جوش خوردن توفهاي ناشي از عملكرد ابرهاي سوزان آتشفشاني تشكيل ميشوند.

بخش دوم
سنگ شناسي دگرگوني

فصل اول

اصول و تعاريف

مقدمه

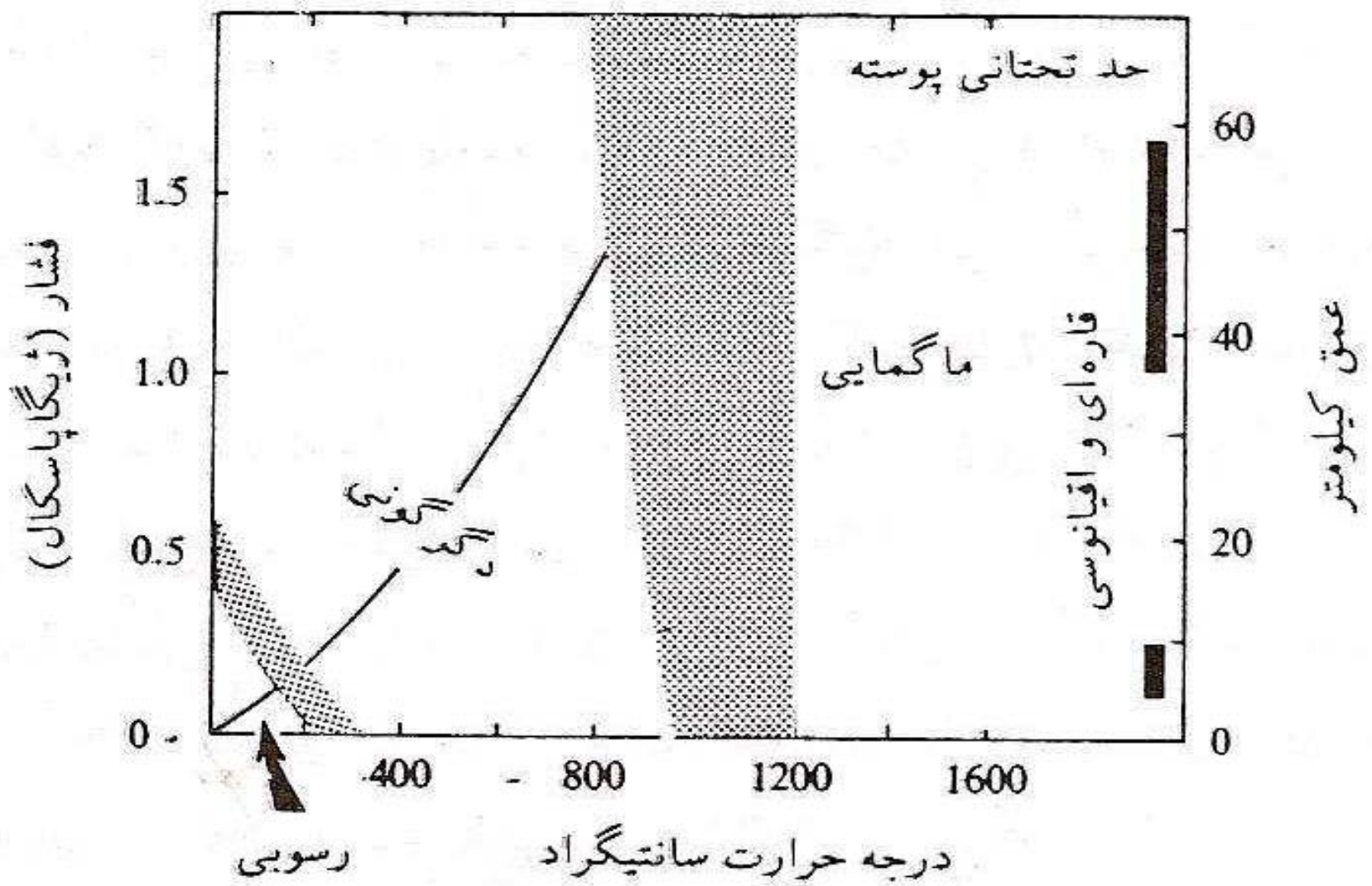
سنگهاي دگرگوني، سنگهايي هستند كه از تغيير شكل سنگهاي قبلي به علت تغيير شرايط فيزيكي (فشار - دما) يا شيميايي و در حالت جامد بوجود مي آيند.
سنگهاي آذرين و رسوبي دو حد نهايي درجه حرارت تشكيل سنگها را نشان مي دهند، بطوريكه سنگهاي آذرين در درجات حرارت بين 650 تا 1200 درجه سانتيگراد و رسوبها در شرايط سطح زمين و در حد تغييرات متعارف هيدروسفر و اتمسفر بوجود آمده و طي عمل دياژنز به سنگ رسوبي تبديل مي شوند.
سنگهاي دگرگوني در شرايط دمايي حدواسطي تشكيل شده و كانيهاي سازنده آنها در چنين شرايطي در حال تعادل مي باشند.

تغييرات در دگرگوني

تغييرات در دگرگوني ممكن است تغيير در ساخت يا تغيير در نوع كاني ها و ياتغيير در هر دو باشد زيرا دگرگوني پاسخي است كه سنگ در مقابل تغييرات محيط شيميايي يا فيزيكي از خود بروز مي دهد و اين پاسخ بصورت تجديد تبلور كانيهاي قديمي به انواع جديد و يا پديدار شدن كانيهاي نوظهور و تخريب بعضي ديگر تجلي مي يابد.

حد دگرگوني

دگرگوني را مي توان در حد بين ديا‌ژنز- هوازدگي و ذوب تعريف كرد.
هوازدگي شامل مجموعه پديده هاي تخريبي است كه در شرايط كمتر از 150 درجه سلسيوس و يك كيلوبار فشار و اصولا در شرايط سطح زمين انجام مي پذيرد و ديا‌ژنز شامل پديده هاي غير تخريبي است كه باعث تراكم رسوبات و تشكيل سنگ رسوبي مي گردد.
حد فوقاني دگرگوني با توليد مايعات مذاب و ظهور سنگهاي استثنايي موسوم به ميگماتيت در داخل پوسته زمين مشخص مي گردد.



ازشكل برآورد ميگردد كه سنگ هاي دگرگوني در شرايط سطحي وگاه نزديك به سطح نيز به وجود مي آيند.درجات زمين گرمايي نيز در شكل نشان داده شده است.

كاني شناسي آغاز دگرگوني

بعضي كانيها كه فقط در محيط دگرگوني پديد مي آيند مانند لومونتيت، لاوسونيت، گلوكوفان و پاراگونيت مي توانند موید شروع دگرگوني باشند.
درجه حرارت تشكيل لومونتيت در حدود 175 درجه سانتيگراد بوده و فشار تشكيل آن نسبتا زياد است(5/3تا5/2كيلوبار) ولاوسونيت نيز دركمترين درجه حرارت (150 درجه سانتيگراد) به وجود مي آيد.

تعادل دگرگوني

معمولا سنگهاي دگرگوني داراي تركيب كاني شناسي نسبتا ساده مي باشند.اين سادگي و محدوديت تعداد كاني ها حاكي ازآن است كه سنگ طي دگرگوني به تعادل ترموديناميكي رسيده است.

مجموعه كاني هايي كه در چنين حالتي مشاهده مي شوند و شرايط تشكيل و پايداري مشابه داشته و با يكديگر در تعادل شيميايي و ترموديناميكي هستند را يك پاراژنز مي گويند.

محيط دگرگوني

با توجه به اين كه در سنگ هاي دگرگوني تمام كاني ها (حداقل از نظر تئوريك) همزمان متبلور شده و يا تبلور مجدد مي يابند،شكل كاني به عواملي بستگي دارد كه مهم ترين آن ها عبارتند از:

1- قابليت انعطاف پذيري و سهولتي كه كاني در محيط جامد براي خود جا باز كند.

2- بافت اوليه سنگ.

3- فشارهاي مختلفي كه در محيط تشكيل سنگ دگرگوني وجود داشته است.

دگرگوني توپوشيميايي و متاسوماتوز

الف) دگرگوني آلوشيميايي

در اين نوع دگرگوني كه در سيستم باز صورت مي پذيرد،طي عمل دگرگوني تركيب شيميايي توده سنگ تغيير مي نمايد يعني مقداري ماده به آن اضافه و يا از آن كم مي شود.متاسوماتيسم شايع ترين اين نوع دگرگوني هاست.

ب) دگرگوني توپوشيميايي

در اين نوع دگرگوني تركيب شيميايي كلي توده سنگ قبل و بعد از دگرگوني تغيير نمي كند.در اين نوع دگرگوني كه در سيستم بسته انجام مي شود و به آن دگرگوني ايزوشيميايي نيز مي گويند فقط كاني ها و ساخت سنگ تغيير مي كند.

عوامل دگرگون ساز

مهم ترين عوامل فيزيكي كه در دگرگوني سنگ ها نقش دارند فشار و درجه حرارت مي باشد.غير از دو عامل فوق بايد نقش زمان و سيالات (عامل شيميايي) به خصوص آب را نيز در نظر داشت.ضمن اين كه در شرايط فوق بحراني سيال گازي همانند مايعات ايفاي نقش مي نمايد.چنان كه تبديل بازالت به آمفيبوليت با وجود مقداري آب در شكاف هاي بسيار ريز سنگهاي بازالتي تسريع مي گردد.

فشار مؤثر در دگرگوني

بديهي است كه در محيط دگرگوني با افزايش فشار رسوبات فشرده تر شده،آب بيشتري از خود خارج مي كنند.فشارهايي كه در دگرگوني سنگها تأثير مي گذارند متفاوت بوده و انواع آنها عبارتند از:

الف) فشار همه جانبه

فشاريست كه به طور يكسان از هر طرف به يك نقطه وارد آيد.ساده ترين آن فشار هيدرواستاتيك است.در داخل زمين فشار ناشي از وزن ستون سنگي يعني فشار ليتواستاتيك نيز از اين نوع مي باشد.

$P=dvg/A$ - $m=dv$ - $P=mg/A$

عملكرد فشار ليتواستاتيك؛1)افزايش تراكم و وزن حجمي با تبلور كاني هاي سنگين تر2)افزايش سرعت عبور امواج و 3)افزايش حرارت ذوب كاني ها

ب) فشار جهت دار

گاهي فشارهاي وارده بر سنگهاي زمين در بعضي جهات بيشتر از جهات ديگر است.تورق در سنگهاي دگرگوني ناحيه اي درجه پايين معلول چنين فشاري است.

تأثير فشار جهت دار بر كاني ها تقريبا معادل فشار هيدرواستاتيك بوده و فقط تأثير فشار هيدرواستاتيك را بر روي سنگها افزايش مي دهد.

ج)فشار سيالات

در شرايط دگرگوني مواد فرار موجود در منافذ سنگها اغلب به عنوان فاز سيال عمل كرده و فشار سيالات را سبب مي شود.تأثير اين فشار همانند فشار ليتواستاتيك است.در بعضي از فعل و انفعالات دگرگوني ، آزادسازي آب و گازكربنيك باعث مي شود كه فشار سيالات از مقدار فشار ليتواستاتيك فراتر رود.

در اعماق خيلي زياد مقدار فاز سيال و به خصوص آب كاهش يافته و فشار سيالات از فشار ليتواستاتيك كمتر مي باشد.اين وضعيت را در تشكيل سنگهاي دگرگوني درجات بالا مانند گرانوليت و اكلوژيت شاهديم.

د) انحلال بر اثر فشار

اين پديده را مي توان ادغامي از عملكرد فشار جهت دار و فشار سيالات در نظر گرفت.اگر كاني هاي يك سنگ از فشارهاي جهت دار متأثر گردند و در محيط محلولهاي داغ نيز در جريان باشند،محلولهاي مذبور در امتداد كمترين انرژي به جريان مي افتند در نتيجه در نقاط پرانرژي كاني ها حل شده و به صورت محلول به جريان مي افتند و در نقاط كم انرژي به رشد و تبلور خود ادامه مي دهند.اين فرايند كه به اصل ريكي نيز موسوم است ممكن است با تغيير شكل پلاستيك در مقياس ساختمان بلورين همراه باشد.

نقش درجات حرارت

تغييرات درجه حرارت در درون زمين به تناسب تغييرات عمق را درجه زمين گرمايي يا ژئوترم مي گويند.

Q يا جريان حرارتي عبارت از ميزان گرمايي است كه در واحد زمان از واحد سطح زمين خارج مي شود.

مطالعات نشان داده اند كه جريان حرارتي در نقاط مختلف متفاوت بوده و نكات ذيل لازم به ذكر است.

1- جريان حرارتي در اقيانوس ها از قاره ها بيشتر است (با عنايت به ساختمان متفاوت و سن اقيانوس ها) 2- محور برآمده ي وسط اقيانوس ها داراي جريان حرارتي زيادتري نسبت به ساير نواحي اقيانوس است.3- در امتداد گودالهاي اقيانوسي جريان حرارتي به حداقل مي رسد.4- در اعماق زيادتر تفاوت مذبور به حداقل مي رسد.

اپي زون ، مزوزون و كاتازون

گروبنمن و نيگلي (1924) براي تعيين درجات دگرگوني به شرح زير عمق را مبنا قرار دادند.

1- اپي زون، بالاترين زون دگرگوني بوده ، درجه حرارت آن كم تا متوسط (كمتر از سيصد درجه)، فشار هيدرواستاتيك كم ولي فشارهاي جهت دار گاهي شديد و موجب خردشدگي (دگرگوني مكانيكي) مي شود.سنگهاي اصلي اين زون اسليت، فيليت، سريسيت شيست و كلريت شيست مي باشند.

2- مزوزون- منطقه ي با عمق متوسط، درجه حرارت بين 300 تا 500 درجه،فشار هيدرواستاتيك متوسط و فشار جهت دار در حد متوسط است.بسياري از شيست ها و بعضي از آمفيبوليت ها در اين زون پديد مي آيند.

3- كاتازون- درجه حرارت بين 500 تا 700 درجه، فشار هيدرواستاتيك زياد و خردشدگي ناچيز است.سنگهاي حاصل : آمفيبوليتها، گنيسها، گرانوليتها و اكلوژيتها

رابطه ي زماني بين دگرشكلي و دگرگوني

اصولا پورفيروبلاستها(درشت بلورها) نسبت به كاني هاي ريز زمينه سنگ مقاومت بيشتري در مقابل عوامل تغيير شكل دارند.با استفاده از رابطه ي بين فولياسيون زمينه و پورفيروبلاستها مي توان به توالي ژنتيكي حوادث به صورت زير پي برد.

الف) رشد پورفيروبلاست بعد از تكتونيك - در چنين وضعي بلورهاي كوچك زمينه در پورفيروبلاستها محبوس شده،بافت پوئي كيلوبلاستي شكل مي گيرد.شيستوزيته ي بلورهاي زمينه در داخل پورفيروبلاست ها نيز حفظ شده و اگر اين شيستوزيته با شيستوزيته زمينه سنگ هم جهت باشد مي توان نتيجه گرفت كه بعد از رشد حادثه تكتونيكي اتفاق نيفتاده است.

ب) دو دگرگوني – حالتي كه حادثه تكتونيكي ديگري اتفاق افتاده و فابريك جديدي به وجود مي آيد (رشد پورفيروبلاست قبل از ايجاد شيستوزيته خارجي).

ج) پورفيروبلاستهاي سن تكتونيك - انكلوزيونهاي موجود در يك پورفيروبلاست حالت تاب خورده و گلوله برفي دارد (نتيجه غلتيدن بلورها در امتداد سطح تورق مانند آنچه در گارنتها ديده مي شود).

فصل دوم

اقسام دگرگوني

مقدمه

در مطالعات و بررسيهاي صحرائي مي توان از نظر مقياس دو نوع دگرگوني را از يكديگر تفكيك كرد.

1 ـ انواعي كه داراي ابعاد محدود بوده و به يك منطقه خاص وابسته اند مانند دگرگونيهايي كه در حاشيه يك توده آذرين(دگرگوني مجاورتي) ديده مي شوند و يا دگرگوني اصابتي

2 ـ دگرگونيهايي كه در مقياس بزرگ وجود داشته و قابل نقشه برداري مي باشند. اين نوع دگرگوني را دگرگوني ناحيه اي مي گويند كه خود شامل دينامومترمال متامرفيسم و دگرگوني تدفيني است.

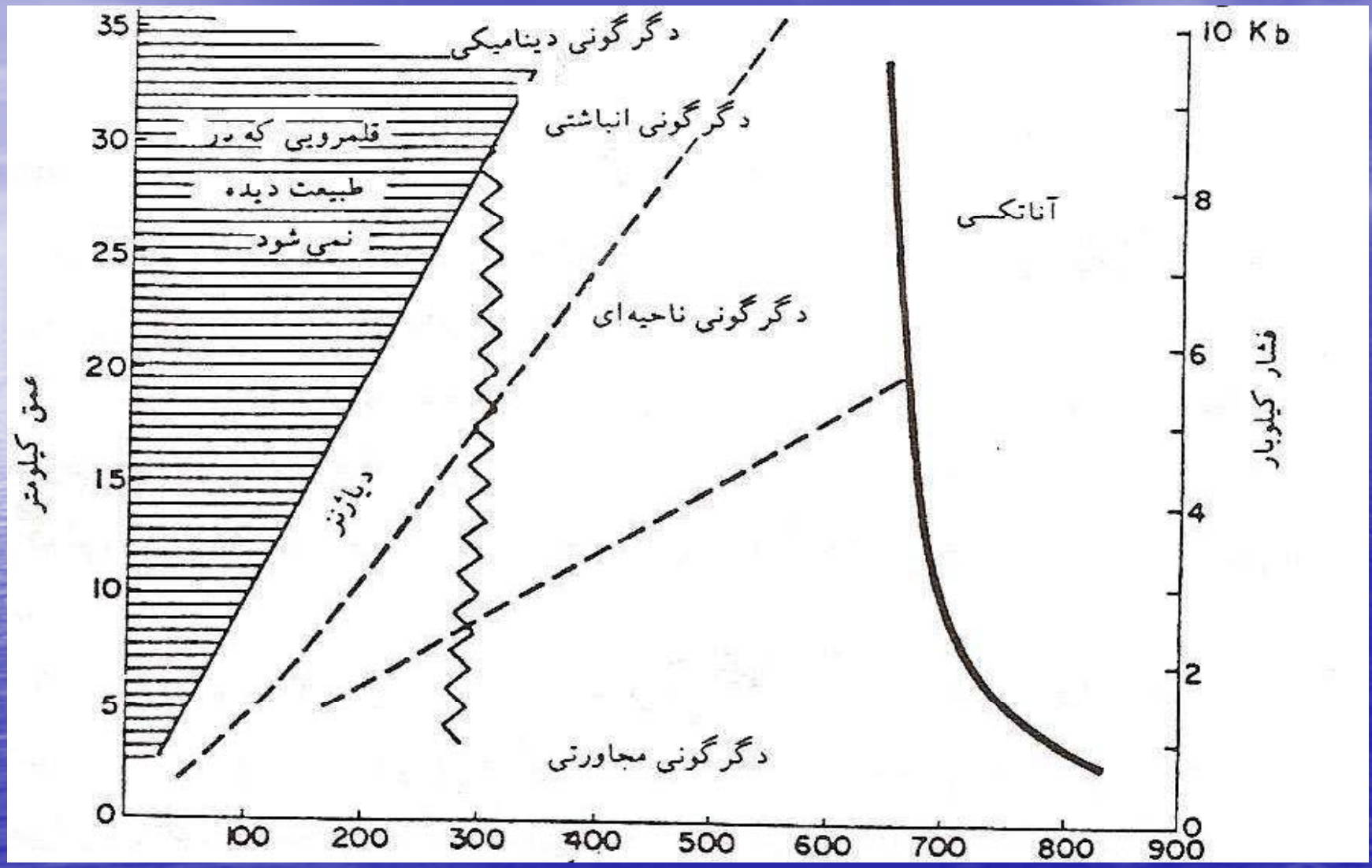
نكاتي در مورد انواع دگرگوني

1- دگرگوني ناحيه اي اصولا در حاشيه هاي صفحات ليتوسفري ديده مي شود.

2- دگرگوني اصابتي تنها نوع دگرگوني است كه با حركت صفحات ليتوسفري در ارتباط نيست.

3- دگرگوني زير كف اقيانوسها كه باعث دگرساني سنگهاي پوسته اقيانوسي مي گردد، جايي رخ مي دهد كه دو صفحه ليتوسفري از يكديگر دور مي شوند.

4- عموما در دگرگوني ناحيه اي تغيير شكل هاي يك ناحيه معين ممكن است چند بار رخ دهند.اين پديده پلي متامورفيسم نام دارد.

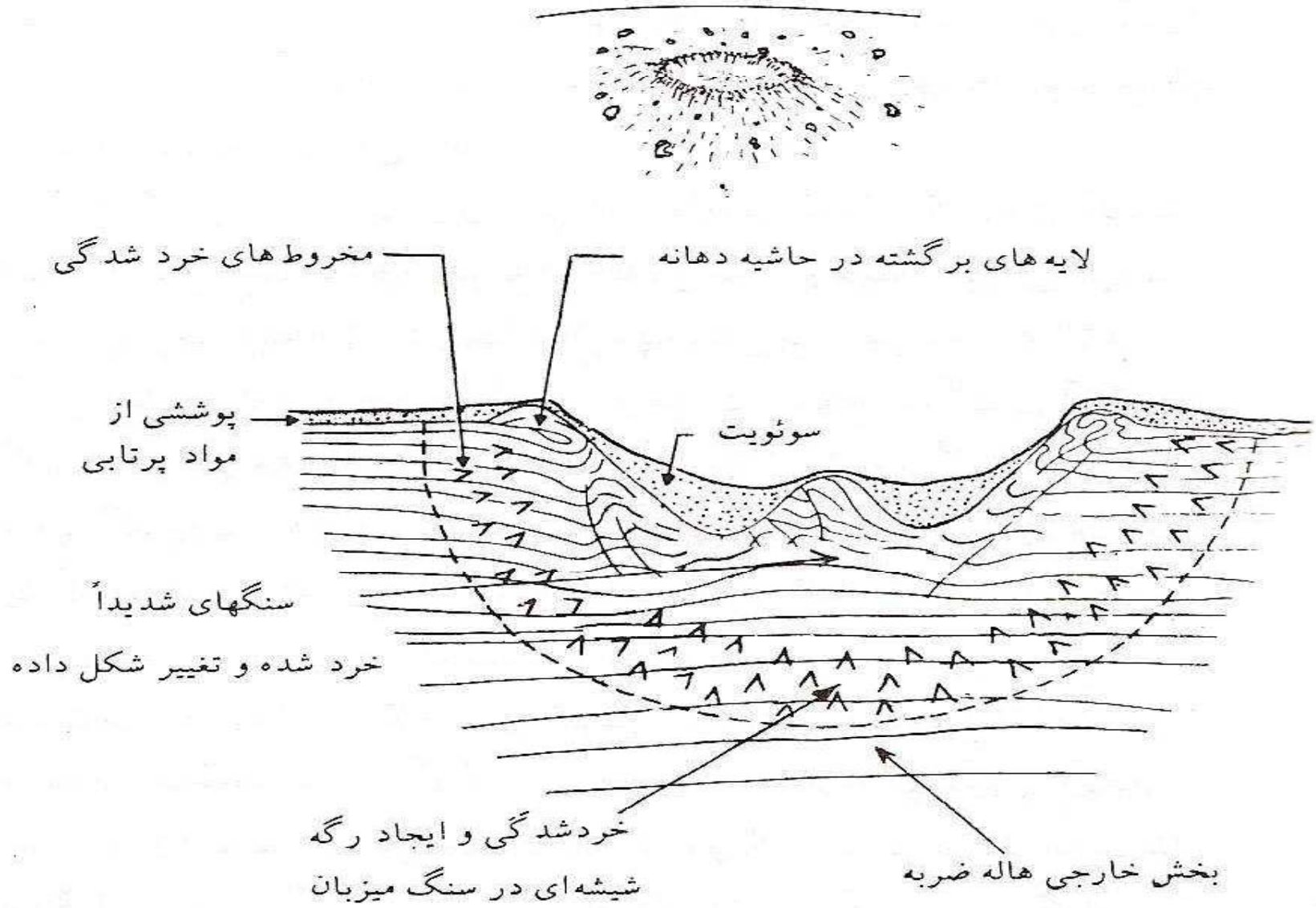


انواع دگرگوني در قلمرو تغييرات ترموديناميكي،منحني تيره منحني ذوب گرانيت است.

1 - دگرگوني اصابتي

دگرگوني اصابتي يا ضربه اي اساسا در نتيجه برخورد سنگهاي آسماني (متئوريتها) و يا در نتيجه انفجارهاي هسته اي زيرزميني به وجود مي آيد.

مسلما انرژي جنبشي متئوريت مستقيما به امواج ضربه اي تبديل شده و در فاصله هزارم ثانيه فشار بسيار زياد (حدود چندين هزار بار) و گرماي شديد موجب خردشدگي سنگها و پيدايش كانيهاي فشار بالا مانند كوئزيت و استيشوويت (در حدود 16 كيلوبار) مي گردد


مخروط های خرد شدگی
لایه های برگشته در حاشیه دهانه
پوششی از
مواد پرتابی
سوئویت
سنگهای شدیداً
خرد شده و تغییر شکل داده
خردشدگی و ایجاد رگه
شیشه‌ای در سنگ میزبان
بخش خارجی هاله ضربه

2 - دگرگوني مجاورتي

در اين نوع دگرگوني كه داراي دامنه محدود بوده و منجر به تشكيل سنگهاي دگرگوني پيرامون توده هاي نفوذي مي شود، دما نقش اساسي دارد.غالبا در دگرگوني مجاورتي هورنفلس به وجود مي آيد كه به علت فقدان استرس، كانيها بدون نظم و ترتيب و به طور اتفاقي قرار مي گيرند.

در اسلايدهاي بعدي نكاتي پيرامون عوارض دگرگوني مجاورتي ذكر مي گردد.

ويژگيهاي هاله ي دگرگوني

به منطقه متأثر شده در دگرگوني مجاورتي كه از نظر بافت و كاني شناسي حالت منطقه اي دارد، هاله ي دگرگوني مي گويند.

اگر سنگ ميزبان از نوع پليتي باشد،دگرگوني حرارتي عمدتا از نوع ايزوشيميايي بوده و هاله زون بندي منظم دارد.

اگر ميزبان اهكي بوده و در مجاورت توده هاي نفوذي گرانيتي يا ديوريتي قرار گرفته باشد، زونها نامنظم مي باشند.

ضخامت هاله،زمان اثرگذاري و دماي انتقالي

ضخامت هاله :

الف) بستگي به وضع هندسي، حجم، نوع توده مذاب و عمق استقرار آن دارد.

ب) در سنگهاي ميزبان به نوع، دما، وضع لايه بندي، سيالات يا آب موجود در آن و تراوايي آن بستگي دارد.

- زمان لازم براي رسيدن حداكثر حرارت به جدارها(بر حسب سال) متناسب است با 0.01 مربع ضخامت توده بر حسب متر.

- $T=t(0.6Tr)$

T، ماكزيمم گرماي انتقالي به سنگهاي مجاور

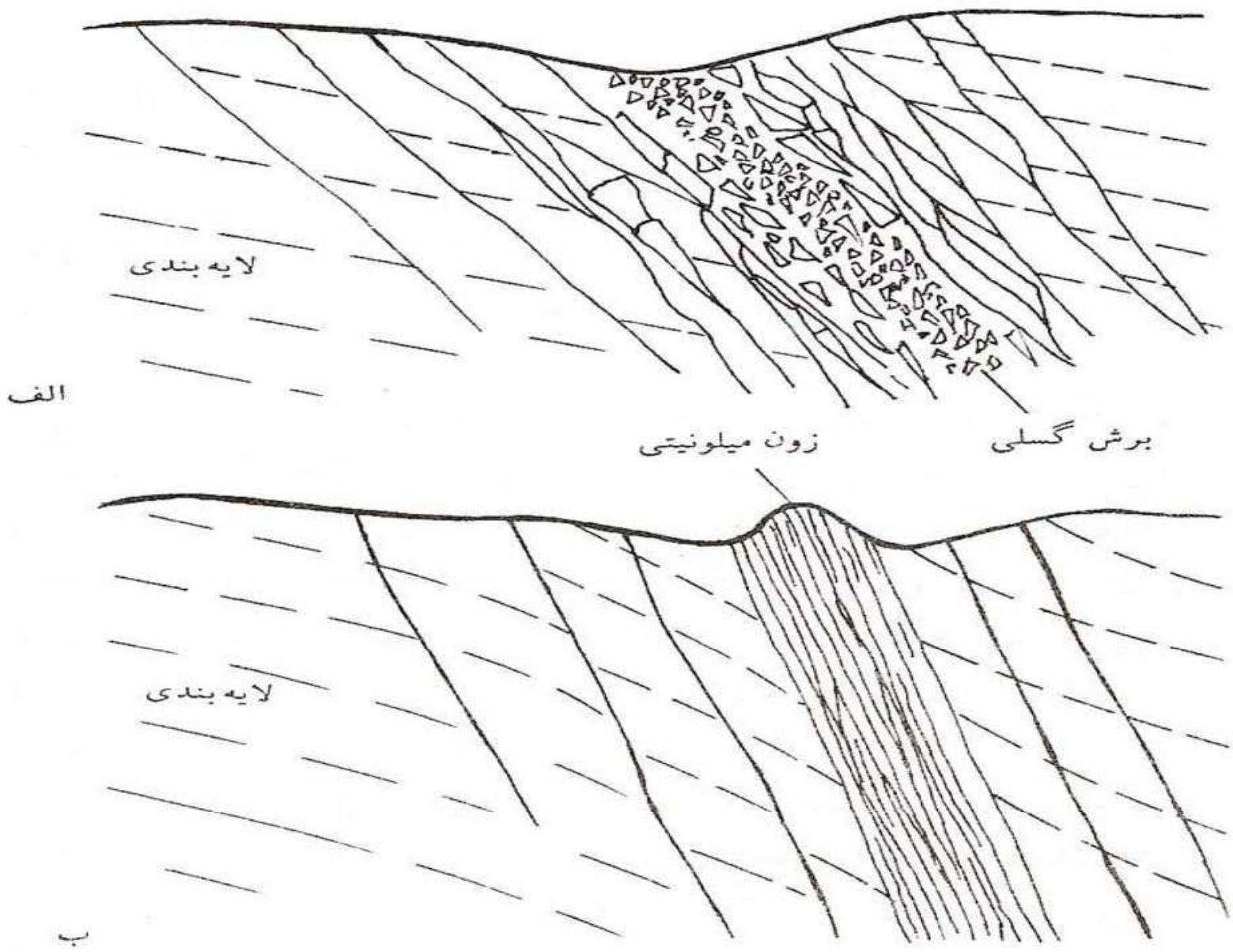
t، حرارت ليكيدوس توده

Tr، درجه زمين گرمايي محل

3 - دگرگوني ديناميكي

دگرگوني ديناميكي يا كاتاكلاستيك در ارتباط با سطوح گسلي بزرگ و يا رورواندگيهاي مهم مشاهده مي شود.در اين دگرگوني :

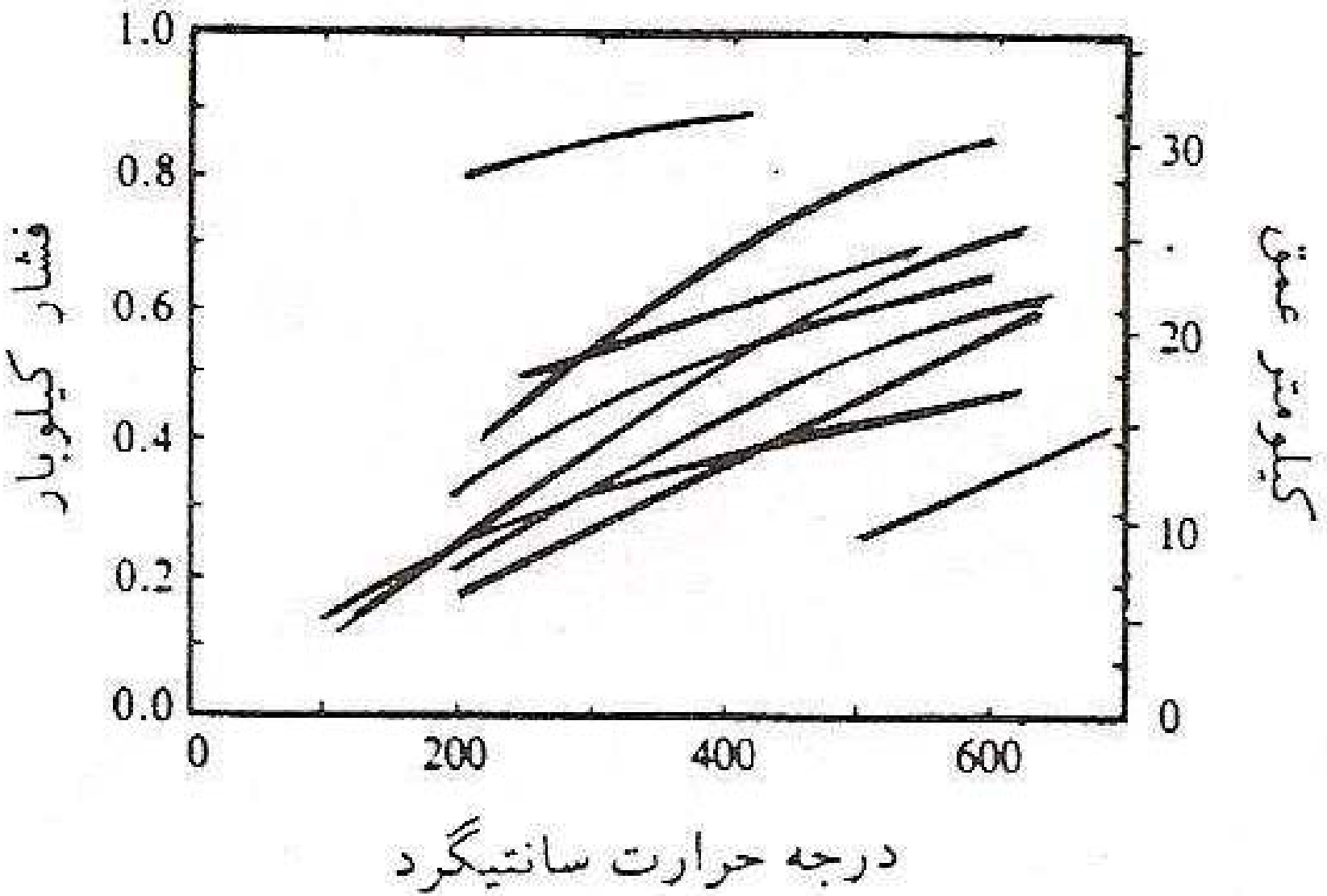
- قطعه قطعه شدن شديد در سطوح گسلها و رورواندگيها باعث ايجاد برش گسلي مي شود.
- گوژ گسلي، ميلونيت، فيلونيت و پسودوتاكيليت انواع مختلف سنگهايي هستند كه در اين دگرگوني شكل ميگيرند.



در شکل الف تشکیل برش گسلي در سطوح فوقا ني پوسته ودر شکل ب تشکیل میلونیت در بخش هاي عمیق تر دیده میشود.

4 - دگرگوني ناحيه اي يا دينامومترمال متامورفيسم

- دگرگوني ناحيه اي داراي گسترش زياد و خاص نوارهاي كوهزايي(مناطقي
- كه دو ورقه ي ليتوسفري بهم مي رسند) بوده و كمابيش با ماگماتيسم همراه
- است.حد اين دگرگوني بسيار وسيع بوده و عامل اصلي ايجاد آن فشارهاي
- جهت دار است كه مسلما دما نيز در آن نقش دارد. ميزان دما در اين دگرگوني
- گاهي به 700 تا 800 درجه سانتيگراد و مقدار فشار نيز از2000 تا 10000 بارميرسد. فشار جهت دار موجب جهت يافتگي كانيها مي شود و فابريكهاي انيزوتروپ مانند كليواژ اسليتي، فولياسيون و لينه آسيون را بوجود مي آورد.



دامنه تغییرات فشار وحرارت در9مورد دگرگوني ناحيه اي

كانيهاي پيشنهادي بارو براي زون بندي

- در بعضي از مناطق مي توان افزايش درجات دگرگوني را به كمك كانيهاي رديابمشخص كرد. بارو معتقد است كه در سنگهاي پليتي به تناسب افزايش

درجه دگرگوني كانيهاي متعادل عبارتند از:

كلريت – بيوتيت – گارنت – استارولیت – كيانيت و سيليمانيت

- در استفاده از اين كانيها بايد به نكات زير توجه داشت.

1 – كانيهاي جديد ايجادي در هر زون بايد پورفيروبلاست باشند.

2 -- تركيب شيميايي سنگهاي پليتي در درجات مختلف دگرگوني بايد ثابت و يكنواخت باشد.

ويژگيهاي محصولات دگرگوني ناحيه اي

1 - وسعت و گسترش زياد

2 – همزماني با تكتونيك

3 – دارا بودن فابريك انيزوتروپ نظير آنچه در ميكاشيستها و گنايسها ديده مي شود.

4 – درجات مختلف دگرگوني و در نتيجه سنگهاي دگرگوني متفاوت.

5 – دگرگوني انباشتي يا تدفيني

هنگامي كه سري ضخيمي از رسوبات يا سنگهاي آتشفشاني رويهم انباشته شوند دما وفشار افزايش يافته و دگرگوني انباشتي بوجود مي آيد.در اين دگرگوني ساخت اوليه سنگ عموما محفوظ مانده وآثار و شواهد آن را در سنگهاي آتشفشاني تخريبي شيشه دار و واقع زير لايه هاي ضخيم بهتر مي توان ديد.در اين حالت با حضور آب، شيشه ي سنگ به كانيهاي ريز چون آنالسيم تبديل مي گردد.

دگرگوني استاتيك : گاهي بجاي دگرگوني تدفيني از واژه ي استاتيك استفاده مي شود. در اين حالت فشار جهت دار دخالت نداشته و اين دگرگوني در درجات حرارت و فشار سيالات بوجود مي آيد.

6 – دگرگوني زير كف اقيانوسها

اين نوع دگرگوني در مجاورت ريفتهاي اقيانوسي يعني جاييكه گدازه بازالتي به كف اقيانوس مي رسد، ديده مي شود. وسعت و پراكندگي آن نيز به دليل گسترش شكافهاي عظيم اقيانوسي زياد مي باشد.اين دگرگوني تحت تاثير شكل گيري و صعود اسموكرها مي باشد.

- در مناطق ريفتي فعال درجه زمين گرمايي بالا بوده و تقريبا 5 تا 8 برابر مناطق ديگر است.بنابراين در اين دگرگوني عمل درجه حرارت همراه با حضور سيالات به ويژه آب حائز اهميت بوده و عملكرد فشار ناچيز است.

به همين دليل رخساره پرهنيت- پومپله ايت در اين مناطق وجود ندارد.

7- دگرگوني يا دگرساني هيدروترمال

منظور از اين دگرگوني فعل و انفعالاتي است كه بين سيال داغ (به صورت محلولهاي مايع يا گاز) با سنگهاي اطراف انجام مي شود و به موجب آن بعضي از مواد اين سيالات به سنگهاي مجاور وارد و بعضي ديگر از آن خارج مي شوند (اين پديده همان متاسوماتوز است).

در پديده متاسوماتوز مهاجرت به دو طريق صورت مي گيرد:

1- مواد سازنده در بين حفره هاي ساكن در جهتي كه تمركز آن كم باشد،منتشر مي شوند (متاسوماتيسم انتشاري).

2- مواد در حفره ها به صورت محلول حركت نموده و در سنگهاي اطراف نفوذ مي كنند (متاسوماتيسم تراوشي).

فنيتي شدن

اين پديده نوعي متاسوماتيسم است كه در اطراف توده هاي نفوذي كربناتيتي به وجود مي آيد.در مجاورت سيالاتي كه از اين نوع ماگما به محيط خارج نشت مي كنند، بلورهاي فلدسپات حالت پايدار و بلورهاي كوارتز حالت ناپايدار داشته،حمل مي شوند و به جاي آن ها حفراتي بر جاي مي ماند.سنگ حاصل را اپي سينيت مي گويند كه خود نوعي گرانيت عاري از كوارتز است.

اتومتامرفيسم

هنگامي كه يك توده ماگمايي در حضور سيالات خود انجماد يابد تغييرات و تحولات خاصي نظير تشكيل كانيهاي آبدارتر، تغيير در شكل و فرم كانيها و تركيب آنها رخ مي دهد كه به آن اتومتامرفيسم يا خود دگرگوني مي گويند.

پلي متامرفيسم يا چند دگرگوني

هنگامي كه سنگهاي دگرگوني تحت تأثير حوادث حرارتي و يا دگرشكلي بعدي قرار گيرند، پلي متامرفيسم به وجود مي آيد. پلي متامرفيسم بر دو نوع است :

1- دگرگوني پيش رونده، يا دگرگوني (هايي) كه در آن شدت دگرگوني در مراحل بعدي زيادتر باشد.

2- دگرگوني پس رونده يا قهقرايي يا ديافتورز- حالتي كه شدت دگرگوني بعدي كمتر از دگرگوني اول باشد. در اين حالت معمولا تعيين مراحل دگرگوني به آساني امكان پذير است.

- به طور كلي در دگرگوني هاي پيش رونده، واكنشها با خروج تدريجي آب از محيط مشخص مي شوند.
- تغيير و تحولات قهقرايي اساسا در مناطق خردشده و گسل خورده با سهولت بيشتري انجام مي شوند.

فصل سوم

مجموعه ي كاني ها يا پاراژنز

قانون فازها

در حالت تعادل به كمك اين قانون مي توان تعداد كانيهاي يك سنگ دگرگوني را تعيين نمود زيرا در حالت تعادل اولا تعداد كاني ها در سنگهاي دگرگوني محدود است و ثانيا هيچ گاه كانيهاي ناسازگار با هم در يك سنگ دگرگوني ديده نمي شوند.

تعداد فازها (كانيها) را مي توان از قانون گيبس بدست آورد :

$$V=C-P+2$$

كه در آن V تعداد متغير يا واريانس،C تعداد تشكيل دهنده وP تعداد فازهاي موجود در تعادل است.در محيطهاي دگرگوني V=2 (فشار و درجه حرارت) لذا : C=P

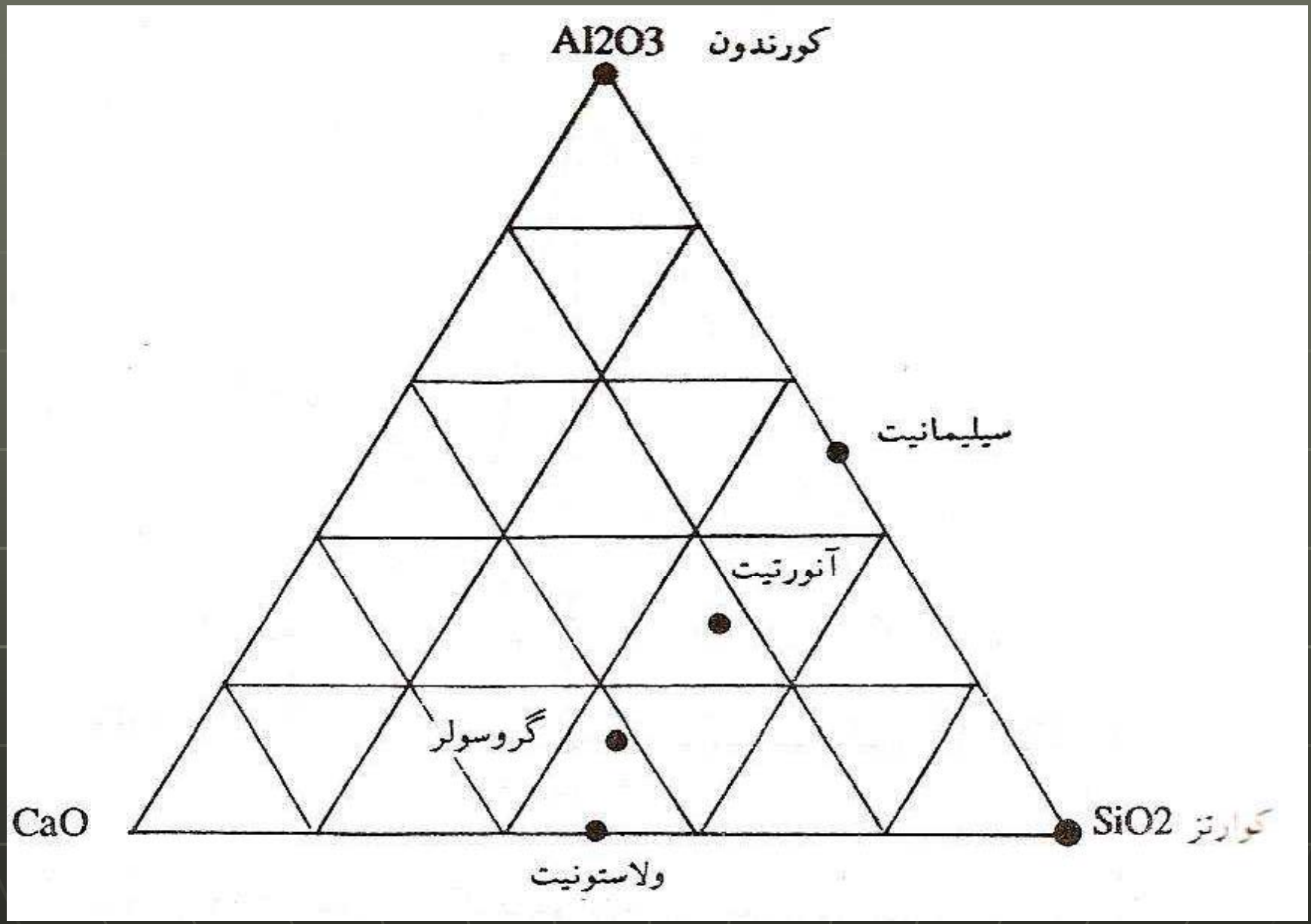
نحوه استفاده از دياگرام هاي سه تايي

در حالت كلي اكسيدهاي (تشكيل دهنده ها) سازنده ي يك سنگ دگرگوني عبارتند از :

1-SiO_2 2-Al_2O_3 3-Fe_2O_3 4-FeO 5-CaO 6-MgO

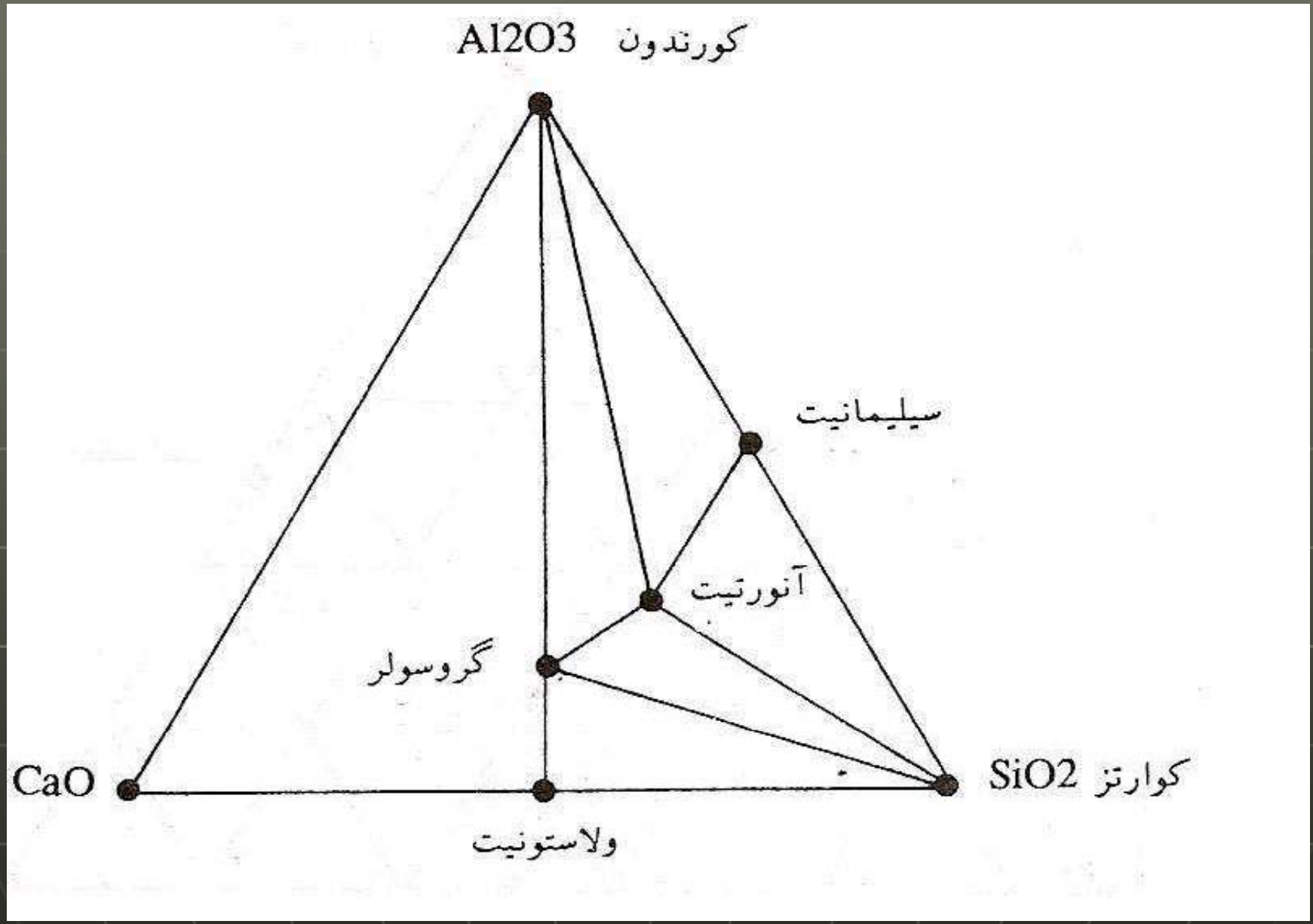
7-K_2O 8-Na_2O 9-P_2O_5 10-TiO_2 11-MnO

با توجه به اين كه پاراژنزهاي دگرگوني معمولا ساده مي باشند استفاده از دياگرامهاي مثلثي يعني سيستم هاي سه تايي معمول مي باشد. در اسلايد بعدي تمريني از نحوه مكان يابي شش كاني كوارتز، كرندون، ولاستونيت، گروسولار، آنورتيت و سيليمانيت ارائه شده است.

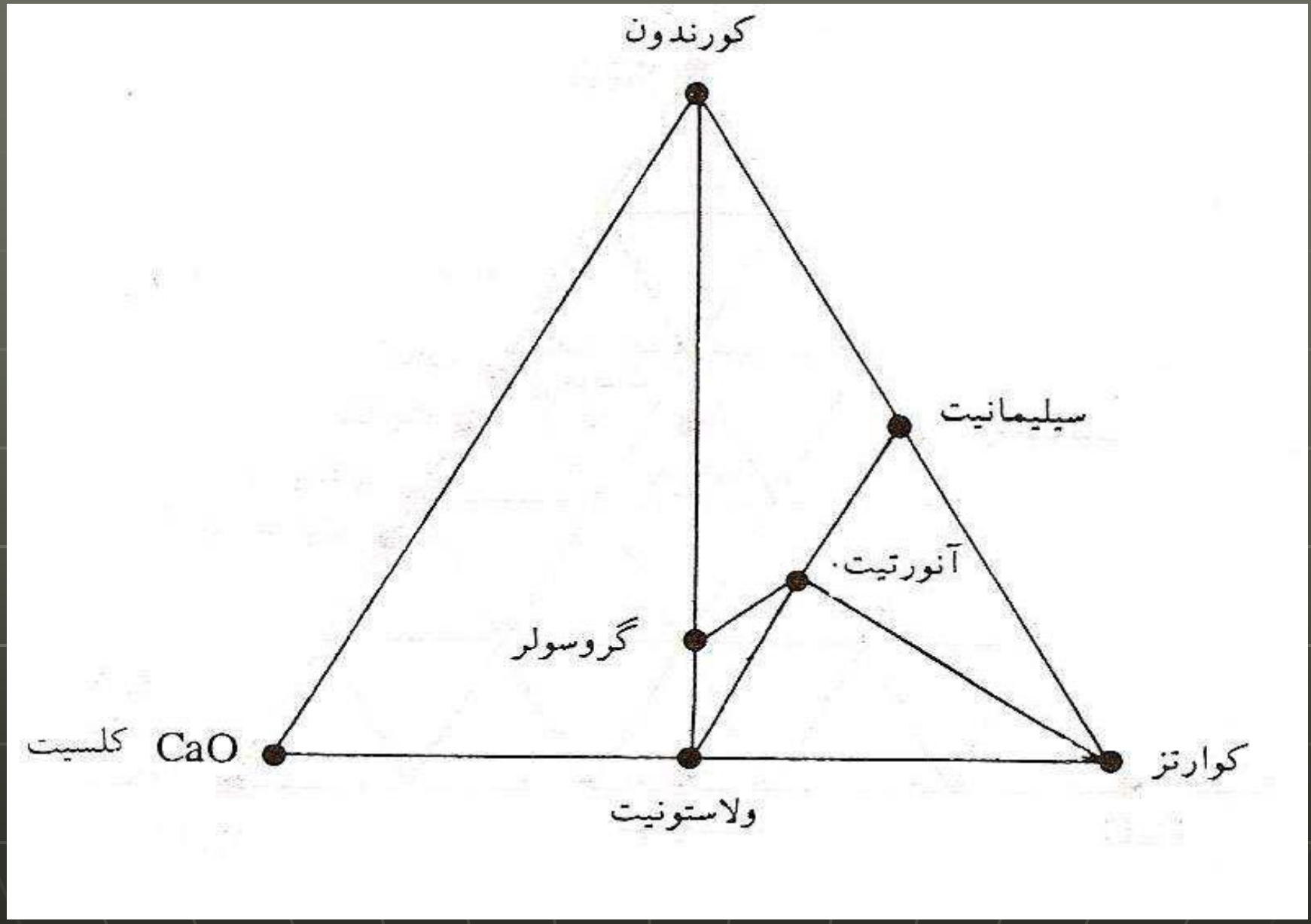

Al2O3
کورندون
سیلیمانیت
آنورتیت
گروسولر
CaO
SiO2
کوارتز
ولاستونیت

تبيين رابطه پاراژنزها در دياگرامهاي مثلثي

در دياگرامهاي مثلثي مي توان نقاط معرف كانيهاي همزيست را بوسيله خطوط اتصال بهم متصل نمود و مجموعه هاي سه تايي متعادل را مشخص كرد.چنانچه سه كاني گروسولار، ولاستونيت و كرندون نمي توانند با هم وجود داشته باشند زيرا زيادي آلومين تركيب نقطه را بين گروسولار – ولاستونيت قرار مي دهد.



گروسولار+کوارتز=2ولاستونیت+آنورتیت



با توجه به رابطه زیرنویس شکل قبل در دماي بیشتر خط اتصال سیلیس- گروسولرحذف شده وبه جاي آن خط اتصال آنورتیت – ولاستونیت شکل میگیرد.

1 – دیاگرام ACF

الف) تشکیل دهنده هاي رئوس این دیاگرام در مورد کانیها:

$A = Al_2O_3 + Fe_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$

$C = CaO$

$F = FeO + MgO + MnO$

ب) تشکیل دهنده هاي رئوس این دیاگرام در مورد سنگها:

$A = Al_2O_3 + Fe_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$

$C = 3/3P_2O_5$

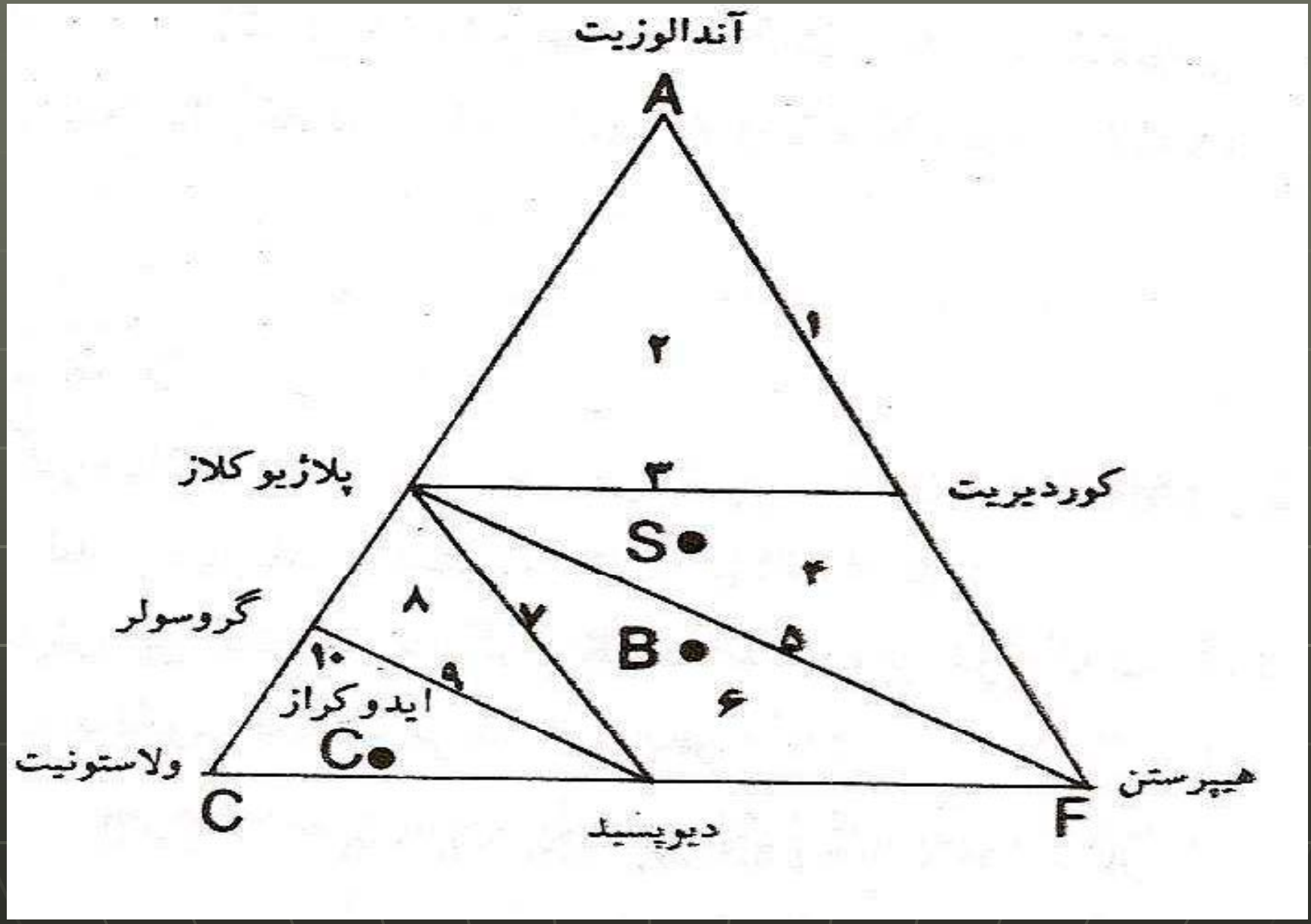
$F = MgO + MnO + FeO$

روش استفاده از دياگرام ACF

1- در مورد كانيها فرمول كاني را به تفكيك اكسيدهاي تشكيل دهنده آن با ضرايب لازم نوشته و نسبتهاي مولكولي را به دست مي آوريم.

2- در مورد سنگها از تقسيم درصد وزن اكسيدهاي مختلف حاصل از تجزيه شيميايي بر وزن مولكولي آنها نسبتهاي مولكولي را محاسبه مي كنيم.

خاطرنشان مي شود كه از دياگرام ACF در مورد سنگهاي واجد بيوتيت، فلدسپات پتاسيم، استيلپنوملان، مسكوويت و يا پاراگونيت استفاده نمي شود.



تعیین ده نوع هورنفلس با استفاده از ACF .ترکیب متوسط شیلها با S ،پوسته اقیانوسي با B وسنگهاي آهکي با حرف C نشان داده شده است.

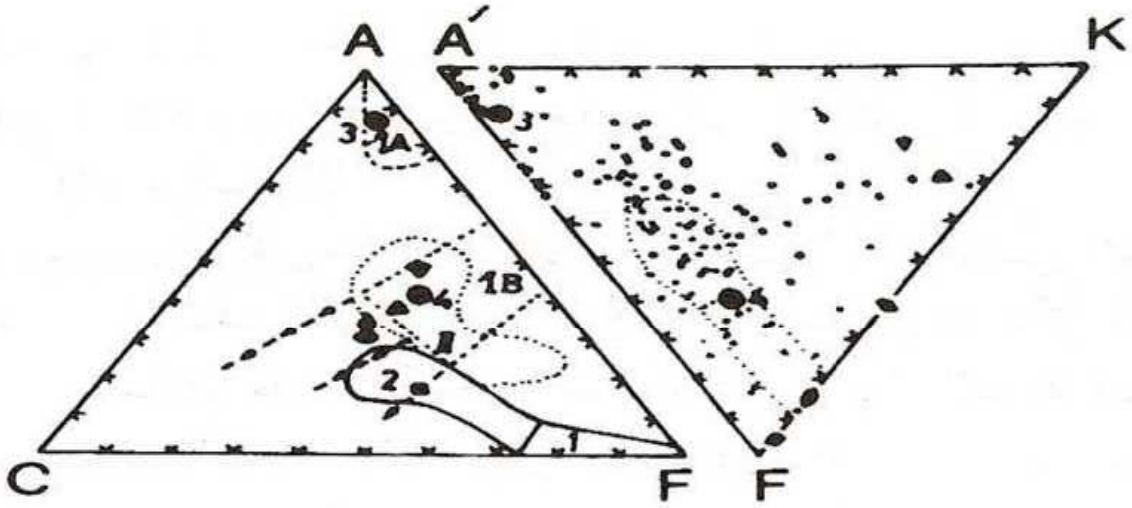
A’FK دياگرام - 2

براي نمايش كانيهايي كه با دياگرام ACF نشان داده نمي شوند،از اين دياگرام استفاده مي شود كه در آن نيز اكسيدها به صورت نسبت مولكولي محاسبه مي شوند به نحوي كه :

$A' = (Al_2O_3 + Fe_2O_3) - (Na_2O) + K_2O + CaO)$

$K = K_2O$

$F = (FeO + MgO + MnO)$



شکل - نمایش اقسام مختلف سنگها در دیاگرامهای ACF و A'FK.

1A- شیل ها و رسهای سرشار از آلومینیوم

1B- رسها و شیل های بدون کربنات یا انواعی که حداکثر ۳۵ درصد کربنات دارند.

II- گرووا ک ها

1- سنگهای اولترا بازیک

2- بازالت ها و آندزیت ها

■ - سنگهای بازالتی

◆- تونالیت

◆ - گرانودیوریت

▲ - گرانیت های کالکوآلکالن

▼ - گرانیت های آلکالن

3●-قلمرو گرو واک ها و رسها

3●-رسهای قاره ای و انواع مناطق حاره

4●-رسهای دیگر

3 – دیاگرام AFM

این دیاگرام در نمایش مجموعه کانیهاي سنگهاي دگرگوني مشتق از رسوبات پلیتي، شیلها و ماسه هاي شیلي بسیار مفید است.در این دیاگرام 4تشکیل دهنده در نظر گرفته مي شود که عبارتند از:

K_2O, MgO, FeO & Al_2O_3

سیستم بصورت چهار وجهي بوده و کانیهایي فاقد K_2O مانند کلریت، کلریتوئید، پیروفیلیت، پلیمرفهاي سیلیکات آلومین و ... در سطح قاعده ي چهار وجهي قرار مي گیرند. کانیهاي پتاسیم دار در داخل چهاروجهي و مسکویت و پتاسیم فلدسپات روي یال $Al_2O_3 – K_2O$ قرار مي گیرند.

براي سهولت کار ترکیبات واقع در داخل چهاروجهي را روي سطح قاعده تصویر کرده، دیاگرام مثلثي AFM تامپسون بدست مي آید.

فصل چهارم

درجات دگرگوني، زونهاي دگرگوني، ايزوگراد، رخساره ها و تيپ هاي دگرگوني

درجه دگرگوني

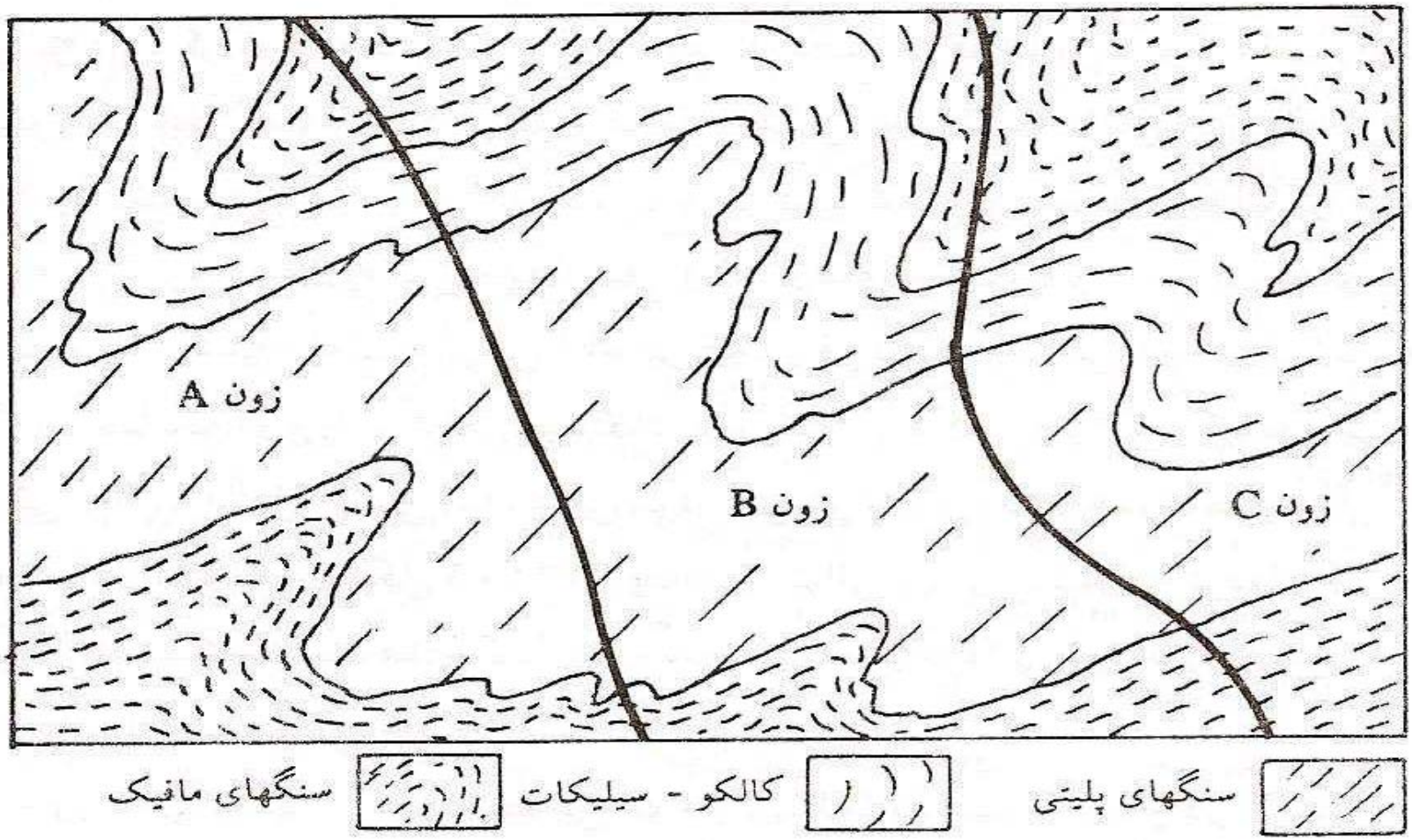
در دگرگوني ممكن است با دو مجموعه متفاوت مواجه باشيم كه تركيب شيميايي آنها يكسان بوده ولي در دماي متفاوت بوجود آمده باشند.در اين حالت از درجه يا گراد دگرگوني صحبت مي شود كه با عناويني چون درجات ضعيف،متوسط، شديد و ...مشخص مي گردد.

عموماً در درجات دگرگوني ضعيف مجموعه كانيها آبدار بوده و اگر سنگ واجد كربنات باشد، كانيهاي كربناته نيز در آن ديده مي شوند. ولي در مجموعه هاي درجات شديدتر آب و گاز كربنيك يا وجود ندارند و يا اندك مي باشند.

مناطق يا زونهاي دگرگوني

در اوايل قرن اخير بارو و سپس تيلي در مطالعه دگرگوني هاي سري دالرادين اسكاتلند با استفاده از كانيهاي رديابِ مناطق دگرگوني را مشخص كرده و خطوط ايزوگراد را رسم كردند.

- خطوط ايزوگراد معرف حد خارجي زون يا منطقه دگرگوني هستند كه كانيهاي رديابِ در آن پديدار و يا محو مي شوند. ايزوگرادها را در جهت شدت ازدياد تغيير و تبديل ترسيم مي نمايند.



در این شکل، خطوط پررنگ همان ایزوگرادهای دگرگونی است که مناطق دگرگونی A و B و C را از هم جدا کرده‌اند. در هر یک از این مناطق، ممکن است سنگهای متفاوتی وجود داشته باشد.

رخساره هاي دگرگوني

طبق تعريف اسكولا (1915) رخساره دگرگوني گروهي از سنگها را مشخص مي كند كه كاني هاي آن در شرايط دگرگوني ويژه اي تشكيل شده و تركيب كاني شناسي اين سنگها تابع تركيب شيميايي آنها است.با اين توضيحات كه ؛

- يك رخساره شامل تعداد سنگهاي زيادي است كه هر يك مجموعه كانيهاي مختلفي را شامل مي گردد.
- تركيب كاني شناسي هرسنگ دگرگوني دررخساره معيني به تركيب شيميايي سنگ اوليه در ارتباط است.
- تغيير از يك رخساره به رخساره ديگر با تغيير تركيب كاني شناسي سنگهاي دگرگوني مشخص مي شود.
- يك رخساره دگرگوني شامل سنگهايي با تركيب شيميايي متفاوت است كه طي دگرگوني، تحت شرايط فيزيكي يكسان به تعادل شيميايي رسيده اند.

اقسام رخساره ها

الف)رخساره هاي دگرگوني مجاورتي

الف-1)رخساره ي آلبيت-اپيدوت هورنفلس

در اين رخساره درجه حرارت بين 350 تا 500 درجه در تغيير است.در چنين شرايطي كائولينيت از بين مي رود و به پيروفيليت تبديل مي شود.

1 كائولينيت + 2كوارتز ⟵ 1پيروفيليت + آب

واكنش مذبور در 500 درجه سانتي گراد از بين مي رود و آندالوزيت تشكيل مي شود.

1 پيروفيليت ⟵ 1آندالوزيت + 3 كوارتز + آب

در اين رخساره در پليتهاي فقير از آلومينيوم فقط اپيدوت،سريسيت، كلريت و آلبيت يا كاني هاي دياژنزي ديده مي شوند.

الف-2)رخساره هورنبلند هورنفلس

این رخساره در حرارت بین 515 تا 545 درجه و فشار 1000 بار، یا 520 تا 560 درجه و فشار 2000 بار به وجود آمده و کلریت از بین مي رود.

يك كلريت + يك كوارتز ⟵ يك آنتوفيليت + يك كوردیریت

يك كلريت + يك موسكوويت + يك كوارتز ⟵ يك كوردیریت + يك بيوتيت + آب

الف-3) رخساره پيروكسن هورنفلس

اين رخساره در درجات حرارت زيادتر،580 تا 605 درجه سانتيگراد و هزار بار فشار يا 615 تا 635 درجه و 2000 بار فشار به وجود مي آيد.در اين شرايط موسكوويت از بين مي رود و به جاي آن ارتوز و آندالوزيت (يا كورديريت) ظاهر مي شود.اين رخساره فقط در حاشيه توده هاي بازيك يافت مي شود.

يك موسكوويت + يك كوارتز←يك ارتوز + يك آندالوزيت + آب

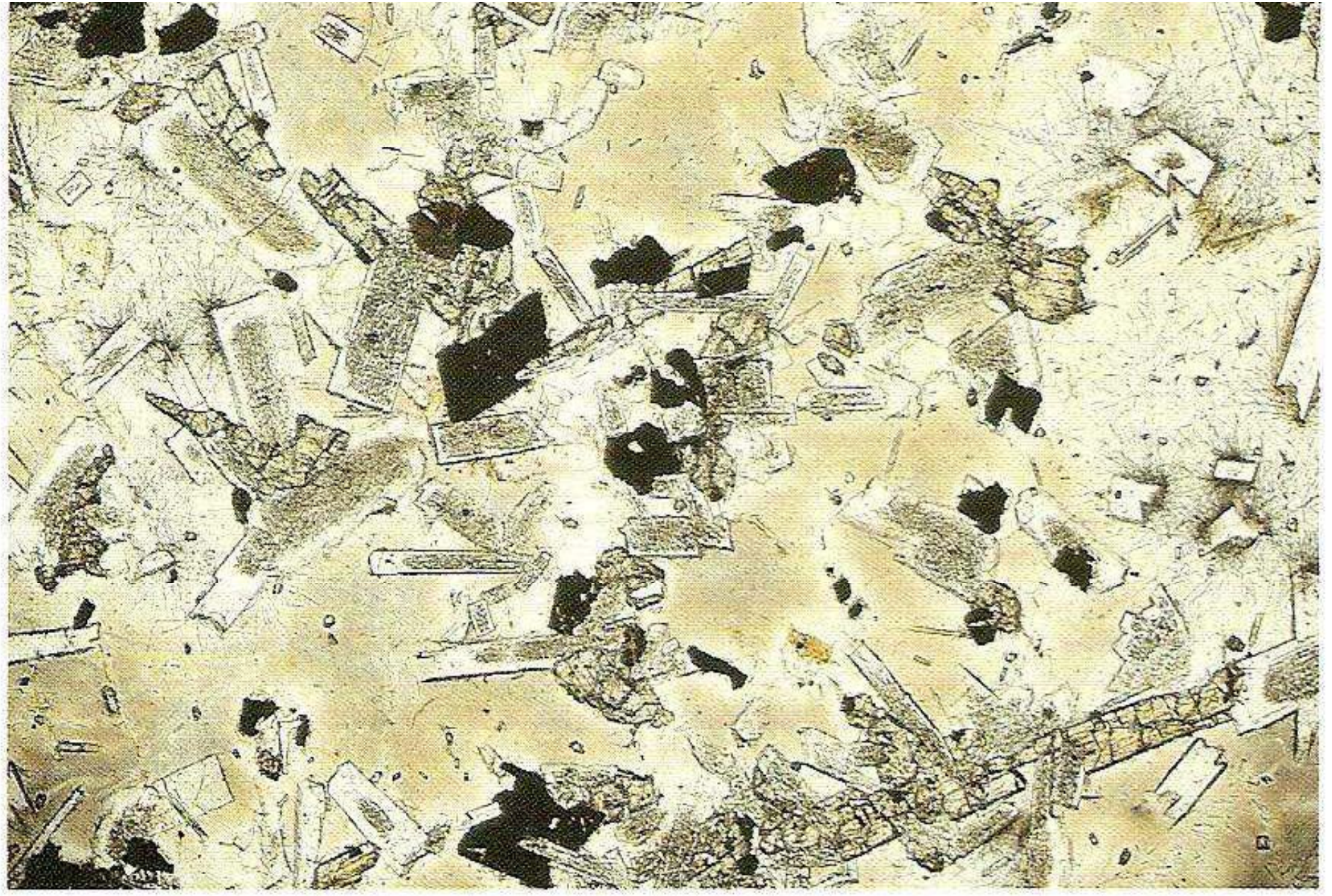
يك موسكوويت + 2 بيوتيت + 14 كوارتز← 3 كورديريت + 8 ارتوز + 9 آب

در شرايط مساعد در بعضي از هاله هاي دگرگوني، هيپرستن نيز بوجود مي آيد.

الف-4) رخساره سانيدينيت

اين رخساره در درجات حرارت بيش از 800 درجه بوجود مي آيد كه گاهي با پديده ذوب بخشي نيز همراه است و غالباً هنگامي اتفاق مي افتد كه سنگ درون توده ي مذاب وارد شود يا در حاشيه ي توده هاي نفوذي بازيك نزديك به سطح زمين واقع شود.

- اگر سنگ رسوبي و سرشار از آلومينيوم باشد مجموعه كانيهاي آن عبارتند از: پلاژيوكلاز + فلدسپات آلكالن + كورديريت + اسپينل + كرندون
- اگر سنگهاي سيليس دار در شرايط اين رخساره قرار گيرند ممكن است واجد كاني هاي زير باشند :كورديريت + پلاژيوكلاز + كوارتز + ارتوپيروكسن + موليت كه در آن شيشه نيز وجود دارد.در اين حالت به آن بوكيت مي گويند.



مقطعي از يك بوكيت

ب)رخساره هاي دگرگوني تدفيني

مي توان اقسام رخساره هاي اين دگرگوني را بر حسب ازدياد حرارت و فشار به سه نوع تقسيم كرد : رخساره زئوليتي، رخساره پرهنيت- پومپله ايت و رخساره گلوكوفان شيست.

در ايجاد اين رخساره ها تغييرات گراديان زمين گرمايي نقش مهم داشته و فشار در مرحله دوم اهميت قرار دارد.دو نوع رخساره اول در مناطقي كه سنگهاي پيروكلاستيك و به خصوص شيشه دار روي هم انباشته شده باشند يا در رسوبات سرشار از رس به خوبي قابل مشاهده اند.رخساره سوم خاص سنگهاي گودالهاي اقيانوسي در حال فرورانش است.

ب-1) رخساره زئوليتي

ظهور اين رخساره نشانگر پايان دياژنز و آغاز دگرگوني است (شرايط دمايي حدود 200 درجه و به طور كلي كمتر از 300 درجه سانتي گراد).

در اين رخساره كانيهاي گروه زئوليت مانند آنالسيم، هولانديت و لومونتيت فراوان بوده و از دگرگوني سنگهاي آتشفشاني و گري واكه ها به وجود مي آيند.

اين رخساره با مجموعه كانيهاي لومونتيت + پرهنيت + كوارتز مشخص شده و ممكن است كلريت نيز وجود داشته باشد.

ب -2) رخساره پرهنيت – پومپله ايت

اين رخساره از دگرگوني گري واکه ها پديد مي آيد. هر گاه مجموعه رخساره زئوليتي در معرض حرارت بيشتر قرار گيرد لومونتيت به پومپله ايت تبديل شده و درنتيجه مجموعه اي از پرهنيت – پومپله ايت بوجود مي آيد. آنالسيم نيز به آلبيت تبديل شده، بنا بر اين، اين رخساره شامل مجموعه هاي زير مي باشد: پرهنيت + پومپله ايت + کوارتز + آلبيت + کلريت

پومپله ايت + کوارتز + آلبيت

ب -3) رخساره گلوکوفان شیست یا شیست آبي

در این رخساره اکتینولیت و هورنبلند وجود نداشته، پیروکسن نیز از نوع ژادئیت (فشار زیاد – حرارت کم) مي باشد.در این رخساره کاني هاي کلسیم دار مانند آراگونیت، اسفن، لاوسونیت،اپیدوت و پومپله ایت نیز وجود دارد.

به علت وفور لاوسونیت گاهي به آن رخساره گلوکوفان-لاوسونیت نیز مي گویند.

لاوسونیت ممکن است از تخریب پلاژیوکلاز یا از واکنش بین کلسیت و کائولینیت به وجود آید.

حضور این رخساره در محل درازگودالهاي در حال فرورانش امري طبیعي است.

ج)رخساره هاي دگرگوني ناحيه اي

تنوع رخساره ها در سنگ هاي دگرگوني ناحيه اي زياد است.رخساره هاي مهم اين دگرگوني عبارتند از :

ج-1)رخساره شيست سبز

ج-2)رخساره آمفيبوليت

ج-3) رخساره گرانوليت

ج-4)رخساره اكلوژيت

ج-1)رخساره شيست سبز

كانيهاي مشهود در اين رخساره اغلب سبز و آبدارند به طوري كه مجموعه پاراژنتيك اين رخساره در دگرگوني از والدهاي بازيك شامل كانيهاي زير است:

آلبيت + اپيدوت + كلريت + اكتينوليت + كوارتز

و در حالت والد پليتي، كلريت + موسكوويت + بيوتيت + كلريتوئيد + كوارتز.

درجات حرارت در اين رخساره بين 350 تا 500 و فشار بين 5/2 تا 8 كيلوبار فشار آب برآورد مي گردد.رخساره شيست سبز را به زيررخساره هاي ذيل بر حسب افزايش درجه دگرگوني تقسيم مي كنند :

مجموعه كوارتز + آلبيت + موسكوويت + كلريت

مجموعه كوارتز + آلبيت + اپيدوت + بيوتيت

مجموعه كوارتز + آلبيت + اپيدوت + آلماندن

ج-2)رخساره آمفيبوليت

اين رخساره خاص دگرگوني ناحيه اي درجات حرارت و فشار متوسط است.پاراژنز اساسي آن مشتمل بر هورنبلند و پلاژيوكلاز است.توضيح آن كه در رخساره آمفيبوليت ناشي از دگرگوني سنگهاي بازيك، اپيدوت و آلماندن نيز به پاراژنز اضافه مي شود و در صورتي كه سنگهاي پليتي در اين رخساره دگرگون شده باشند، پاراژنز شامل ميكاها، آلماندن، استاروليت و كيانيت يا سيليمانيت گرديده ولي آندالوزيت حضور ندارد.

در حالتي كه درجه حرارت زياد ولي فشار كم يا متوسط باشد رخساره كورديريت آمفيبوليت ولي در فشارهاي بالاتر رخساره آلماندن آمفيبوليت به وجود مي آيد.

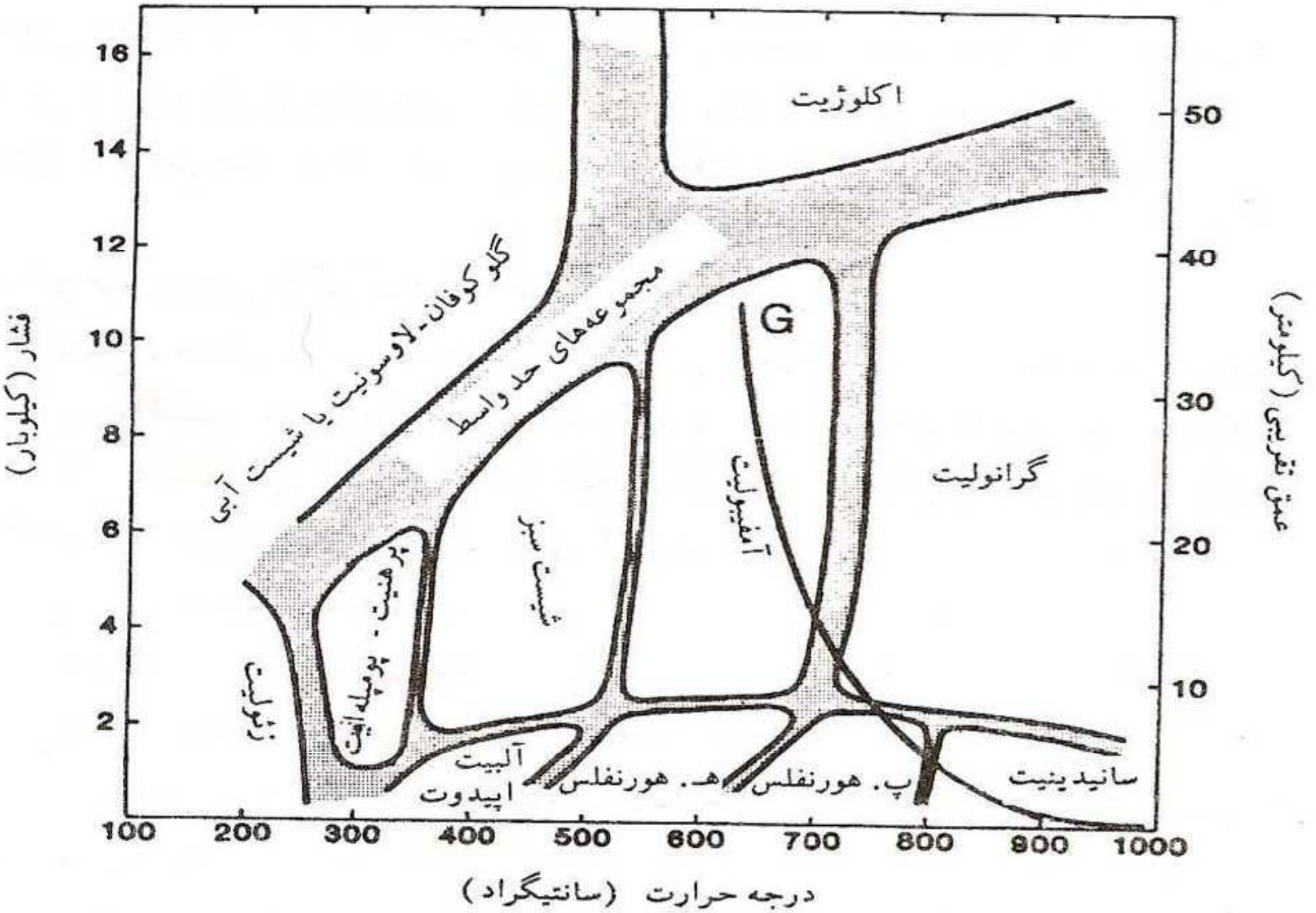
ج-3)رخساره گرانولیت

فقدان كانيهاي آبدار ويژگي اين رخساره است.در انواع سرشار از آلومينيوم ديستن، سيليمانيت و كورديريت وجود دارد.در انواع بازيك هم دو نوع پيروكسن (ديوپسيد و هيپرستن) يافت مي شود.اين رخساره در درجات حرارت زيادتر از ذوب گرانيت پايدار است.

ج-4)رخساره اکلوژیت

مختص فشارهاي زياد و در سنگهاي بازيك يافت مي شود.مي توان ثابت نمود كه اين رخساره در اعماق پوسته قاره اي ظاهر مي گردد.در تركيب آن گارنت آهن و منيزيم دار، امفاسيت، روتيل و كيانيت وجود دارد كه از تبديل پلاژيوكلاز، اليوين و اوژيت گابرو يا بازالت حاصل شده اند.

اكلوژيتها گاهي با گلوكوفان شيستها ديده مي شوند.فشار تشكيل اين رخساره دگرگوني بيشتر از 12 كيلوبار ارزيابي مي گردد.



نمایش اقسام رخساره های دگرگونی در دیاگرام تغییرات درجات حرارت و فشار منحنی G، منحنی ذوب گرانیت است.

درجات دگرگوني و شدت آن

وينكلر (1976) معتقد بود كه درجات دگرگوني رابطه مستقيم با حرارت دارد.وي بر اين اساس درجات دگرگوني را به انواع زير تقسيم كرد :

1- دگرگوني دماي خيلي پايين يا دگرگوني خيلي خفيف

2- دگرگوني خفيف يا دگرگوني كم شدت

3- دگرگوني دماي متوسط يا درجه متوسط

4- دگرگوني شديد

مرز بين حالات 1 و 2 با آغاز رخساره شيست سبز مطابقت دارد.مرز بين حالات 2 و 3 با آغاز رخساره آمفيبوليت تطبيق مي كند.ضمنا بخش بالايي رخساره آمفيبوليت به عنوان حد بين درجات متوسط و شديد در نظر گرفته شده است كه در واقع با حضور فلدسپات ها و سيليكات آلومينيوم و يا آلماندن و كورديريت مشخص مي باشد.حد نهايي دگرگوني شديد نيز با ظهور ميگماتيت و يا رخساره گرانوليت مشخص مي گردد.

مكان رخساره ها در قلمرو ترموديناميك

رخساره زئوليتي، به قلمرو پايداري زئوليتها و آنالسيم محدود بوده و با محو كاني اخير به رخساره اي ديگر تبديل مي شود.

رخساره پرهنيت پومپله ايت، با تبديل لومونتيت به لاوسونيت به رخساره شيست آبي تبديل مي شود و با محو پرهنيت و پومپله ايت و تشكيل اكتينوليت به رخساره آلبيت-اپيدوت هورنفلس متحول مي گردد.در فشارهاي كمي زيادتر رخساره شيست سبز به جاي رخساره اخير حضور دارد.

رخساره آمفيبوليت بازتاب تعادل پلاژيوكلاز و هورنبلند است. اگر پلاژيوكلاز با اپيدوت همراه باشد با رخساره شيست سبز مواجهيم.با ظهورارتوپيروكسن رخساره آمفيبوليت در فشار كم به پيروكسن هورنفلس و در فشار زياد به گرانوليت تبديل مي شود.در رخساره گرانوليت سنگهاي آلومينيوم دار محتوي سيليمانيت و ياكيانيت هستند.در حالي كه در رخساره پيروكسن هورنفلس هيچ گاه كيانيت ديده نمي شود.

زير رخساره ها

در هر زيررخساره مجموعه كانيهايي يافت مي شود كه موجب تقسيم بندي رخساره به مجموعه هاي كوچكتر مي گردد.مثلاً در رخساره پيروكسن هورنفلس دو زير رخساره ديده مي شود:

زيررخساره ارتوآمفيبول شامل ارتوآمفيبول، پلاژيوكلاز و هورنبلند

زير رخساره ارتوپيروكسن شامل هيپرستن، پلاژيوكلاز و هورنبلند

سري هاي رخساره اي

مي دانيم كه در بخش هاي مختلف ليتوسفر مناطقي با ويژگيهاي متفاوت مانند مناطق با فشار كم و دماي زياد،مناطق با فشار زياد-دماي كم و مناطقي با شرايط متوسط وجود دارد كه هر يك با مجموعه اي از رخساره هاي دگرگوني خاص خود مشخص مي شوند.اين وابستگي رخساره ها سريهاي رخساره اي مي نامند.

در حالت كلي سه سري رخساره اي به شرح زير وجود دارد :

1- سري رخساره اي آندالوزيت – سيليمانيت يا دگرگوني فشار كم – دماي زياد (نوع ابوكوما)، پايداري آندالوزيست در شيستها و سيليمانيت در گنايسها

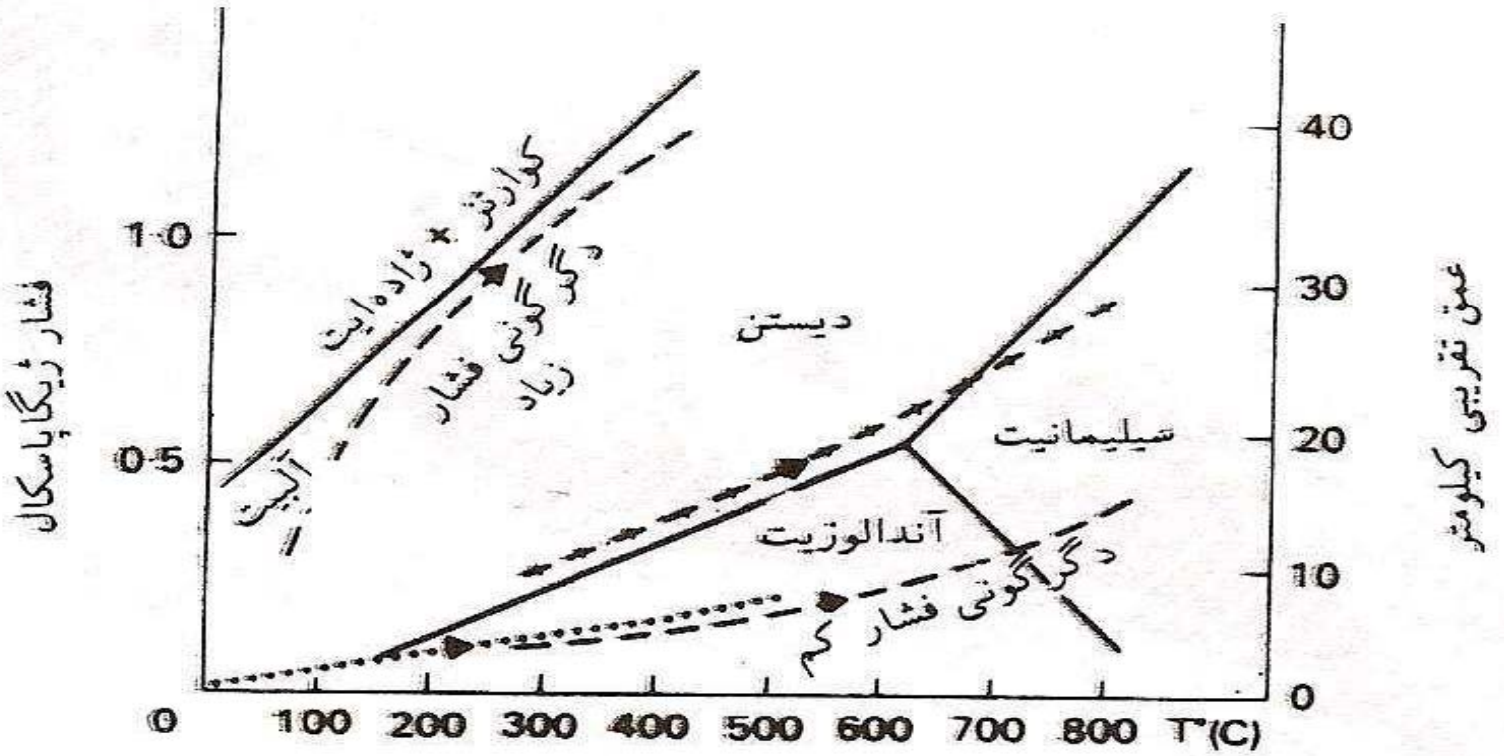
2 - سري رخساره اي كيانيت – سيليمانيت يا دگرگوني فشار و دماي متوسط (نوع بارو)، پايداري كيانيت و استارولیت در ميكاشيستها و سيليمانيت در گنايسها

3- سري رخساره اي ژاده ايت – گلوكوفان يا دگرگوني دماي كم و فشار زياد كه شامل رخساره هاي دگرگوني تدفيني مي باشد.

تيپ هاي دگرگوني

در سال 1965 وينكلر تيپهاي دگرگوني را معرفي كرد كه هر تيپ دگرگوني مشتمل بر انواع شناخته شده اي از دگرگوني ها به شرح ذيل است :

تيپ هاي دگرگوني وينكلر	انواع معادل
حرارتي	مجاورتي
تدفيني يا انباشتني	سري هاي رخساره لاوسونيت-گلوكوفان
نوع بارو	سري رخساره ديستن- سيليمانيت
نوع ابوكوما	سري رخساره آندالوزيت- سيليمانيت



سری سنگهای دگرگونی، با فشار کم و زیاددر ژاپن

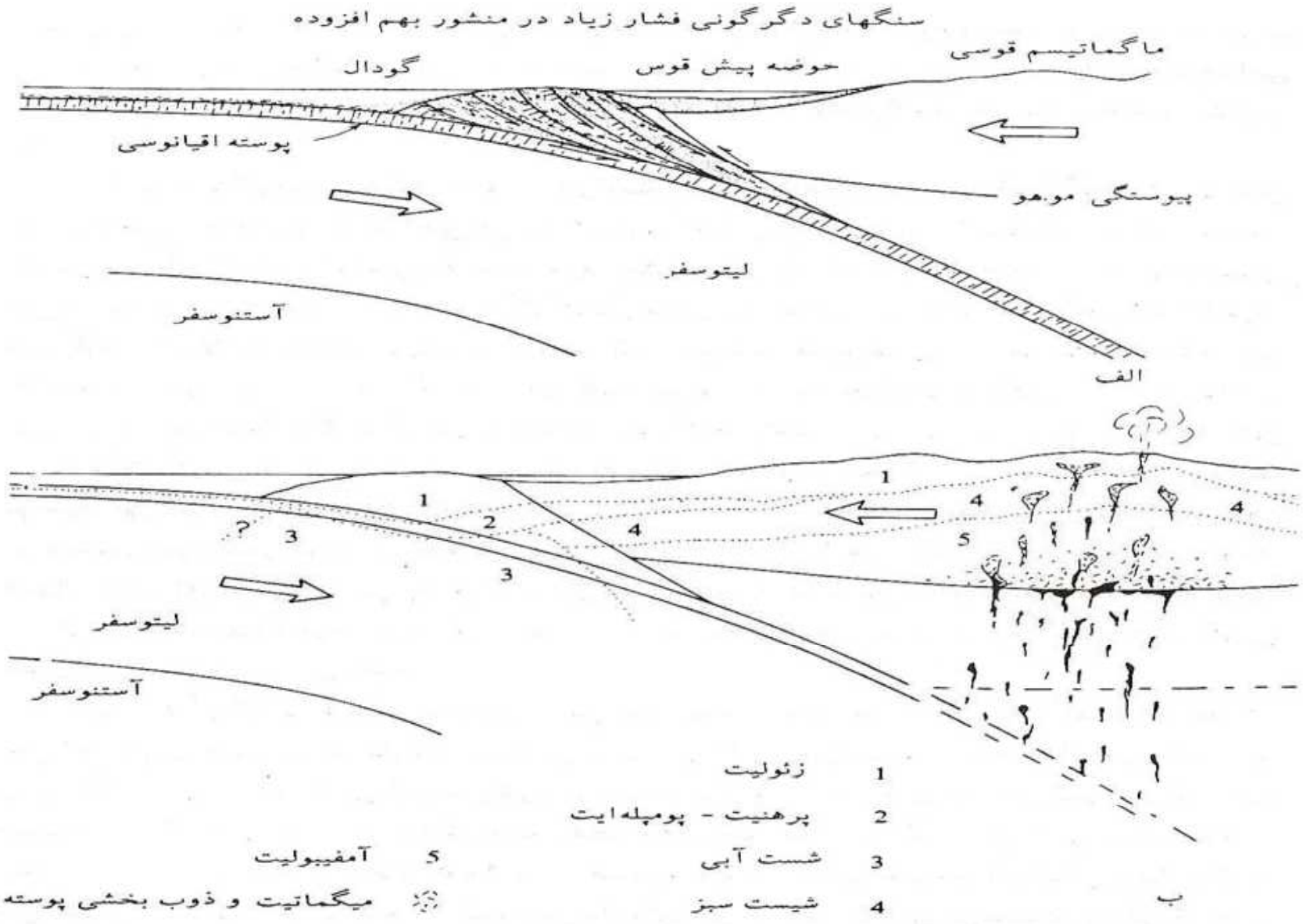
سری سنگهای دگرگونی فشار متوسط (نوع بارو)

تغییرات منحنی زمین گرمایی در کف اقیانوس

رابطه بین تیپ های دگرگونی و شرایط فشار - درجه حرارت متفاوت در مناطق مختلف پوسته زمین

نوارهاي دگرگوني دوگانه يا مزدوج

مي دانيم كه در محل فرورانش ليتوسفر اقيانوسي به زيرليتوسفر قاره اي دراز گودالي بوجود مي آيد كه عموما فاقد رسوب است.فقدان رسوبات دراين نواحي را مي توان هم به فرورفتن پوسته اقيانوسي ورسوبات موجود در سطح آن به زير حاشيه قاره ها مربوط دانست و هم بخشي از آن در قسمت قدامي قاره ها روي هم فشرده مي شود و منشورهاي بهم افزوده را بوجود مي آورد.درهمين منشورهاي به هم افزوده است كه دگرگوني فشار زياد – حرارت كم را ميتوان مشاهده كرد و كمي به طرف داخل يعني به سمت قاره، نوار دگرگوني حرارت زياد و فشار كم مشهود است كه مجموعا به نام نوارهاي دگرگوني مزدوج ناميده مي شوند.



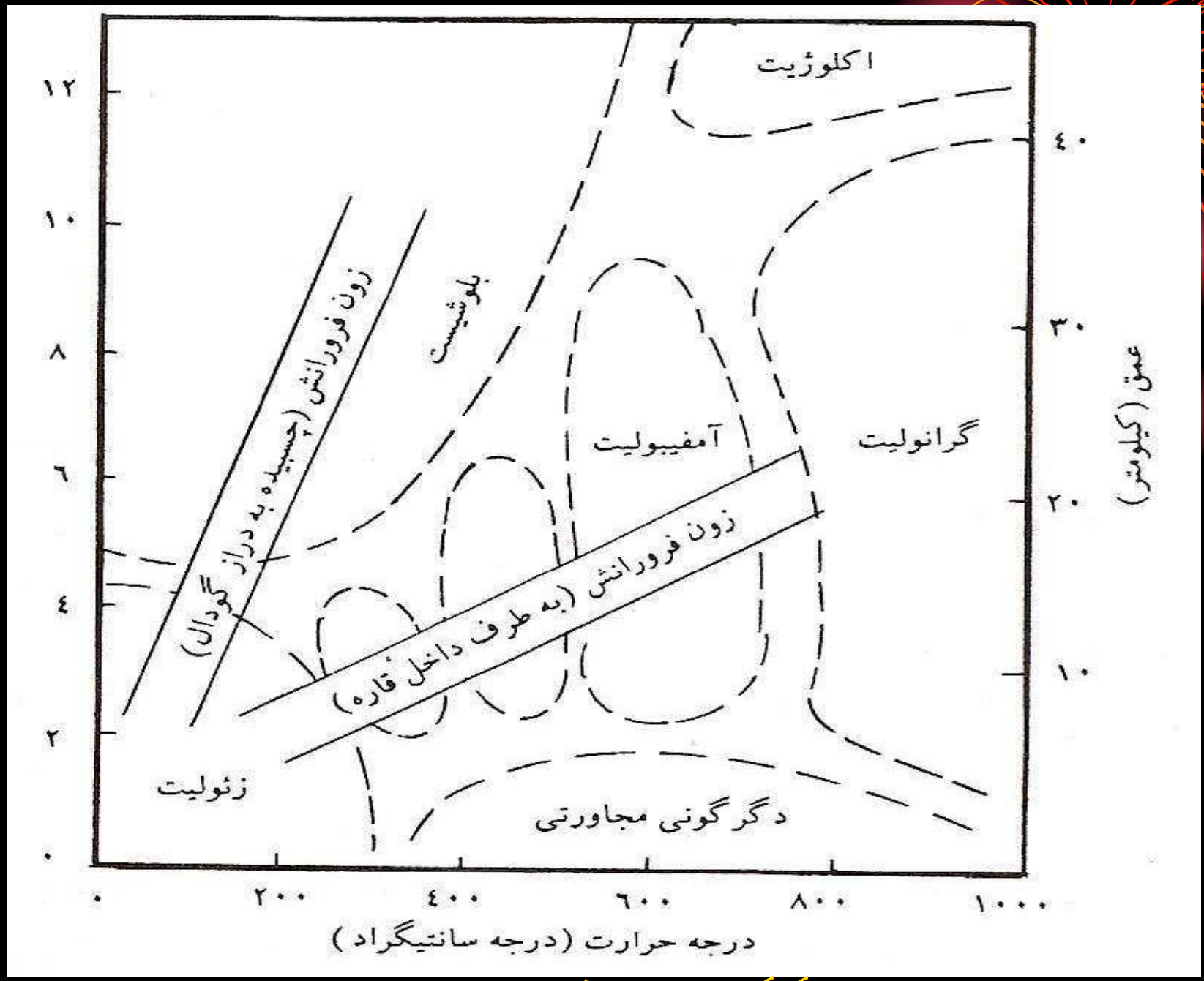
مقاطع فرضی از محل برخورد دولیتو سفر اقیانوس و قاره ای. در محل فرورانش منشورهای بهم افزوده بوجود می آید (شکل الف) که تحت تاثیر دگرگونی فشار زیاد - حرارت پائین قرار می گیرد. در شکل (ب)، توزیع تقریبی رخساره های مختلف دگرگونی در منشوهای بهم افزوده (نوار خارجی) و سنگهای دگرگونی همراه با ذوب بخشی را در نوار داخلی ملاحظه می کنیم.

رابطه بين نوارهاي دوگانه و زمينساخت ورقي

اين ارتباط به قرار زير است:

الف) دگرگوني فشار بالا – حرارت پايين مشهود در مناطق فرورانش كه ميزان جريان حرارتي ناچيز است و در عوض سنگهاي اين نواحي بعلت فرورفتن ليتوسفراقيانوسي فشار زيادي متحمل مي شوند.

ب) دگرگوني فشار پايين – حرارت بالا مشهود در سمت قاره كه مقدار جريان حرارتي بالاست.



رخساره هاي دگرگوني در ارتباط با سري هاي رخساره اي

فصل پنجم

اقسام سنگهاي دگرگوني

انواع سنگهاي والد

از نظر تركيب شيميايي – كاني شناسي مي توان سنگهاي والد را به گروههاي پنجگانه زير تقسيم كرد:

1 – رسوبات پليتي كه شامل سنگهاي تخريبي بسيار دانه ريز(در حد رس و گل) بوده و اساساً از سيليكاتهاي آلومينيم آبدار، قطعات كلريت، كوارتز و فلدسپات، كمي كلسيت، دلوميت، كانيهاي تيره و مواد كربني تشكيل شده اند.

2 – انواع كوارتز و فلدسپاتي مانند ماسه سنگها و سنگهاي آذرين اسيدي (گرانيت، ايگنيمبريت، ريوليتف كراتوفير و ...).

3 – رسوبات آهكي و دلوميتي(اساساً كربناته)

4 – انواع منيزيم دار كه شامل التراباريكها و يا رسوبات غني از منيزيم است.

5 – سنگهاي آذرين بازيك مانند بازالتها، دلريتها، اسپيليتها، گري واكه ها و مارنها.

کانیهای اساسی سازنده و اندازه دانه های مشکله دراین جدول، اسامی سنگهایی که در شرایط ویژه بوجود می آیند مانند فیلونیت ها، میلونیت و سنگهای دگرگونی مجاورتی ذکر نشده است.

نوع سنگ اولیه	کانی های سازنده اصلی	نام سنگ			
		دانه ریز ۰/۱ > میلیمتر	دانه متوسط بین ۰/۱ تا ۱ میلیمتر	دانه درشت بزرگتراز یک میلیمتر	
				یکنواخت	نواری
شیل یا سنگهای پلیتی	فیلوسیلیکات، کوارتز	اسلیت	فیلیت	شیست	گنیس
ماسه سنگ، سنگهای پسامیتی	کوارتز	کوارتزیت	کوارتزیت	کوارتزیت	کوارتزیت نواری گنیس کوارتزیتی
آهک	کلسیت، دولومیت	مرمر	مرمر	مرمر	مرمر نواری
مارن	فیلوسیلیکات کلسیت، دولومیت	اسلیت آهکی	فیلیت آهکی	کالک شیست	گنیس آهکی
شیل ماسه ای، سنگهای نیمه پلیتی	کوارتز، فیلوسیلیکات	اسلیت کوارتزی کوارتزیت متورق	فیلیت نیمه پلیتی[1]	شیست نیمه پلیتی[2]	گنیس
بازالت، گابرو	آمفیبول، پلاژیوکلاز فلدسپات	شیست سبز سنگ سبز[3]	آمفیبولیت	آمفیبولیت	گنیس هورنبلاند گنیس پیروکسن
ریولیت، گرانیت	فلدسپات پتاسیم کوارتز فیلوسیلیکات	هالفلینتا[4]	گنیس گرانیتی	گنیس گرانیتی	گنیس گرانیتی
دونیت، پیروکسنیت پریدوتیت	سرپانتین، تالک آمفیبول منیزیوم دار	سرپانتینیت	تالک شیست سنگ صابون[5] سرپانتینیت	تالک شیست	گنیس اولترا- مافیک

الف)سنگهاي دگرگوني مجاورتي

مقدمه

در اين دگرگوني هورنفلسها و در صورتي كه تركيب سنگ ميزبان مناسب باشد شيستهاي لكه دار بوجود مي آيند. ويژگيهاي هورنفلسها كه معمولاً در مجاورت توده ي نفوذي تشكيل مي شوند، به درجه حرارت توده و فاصله از آن بستگي دارد. با فاصله از توده و در بخش خارجي شيستها و اسليتهاي لكه دار ظاهر مي شوند كه در رخساره ي آلبيت – اپيدوت هورنفلس دگرگون گرديده اند.

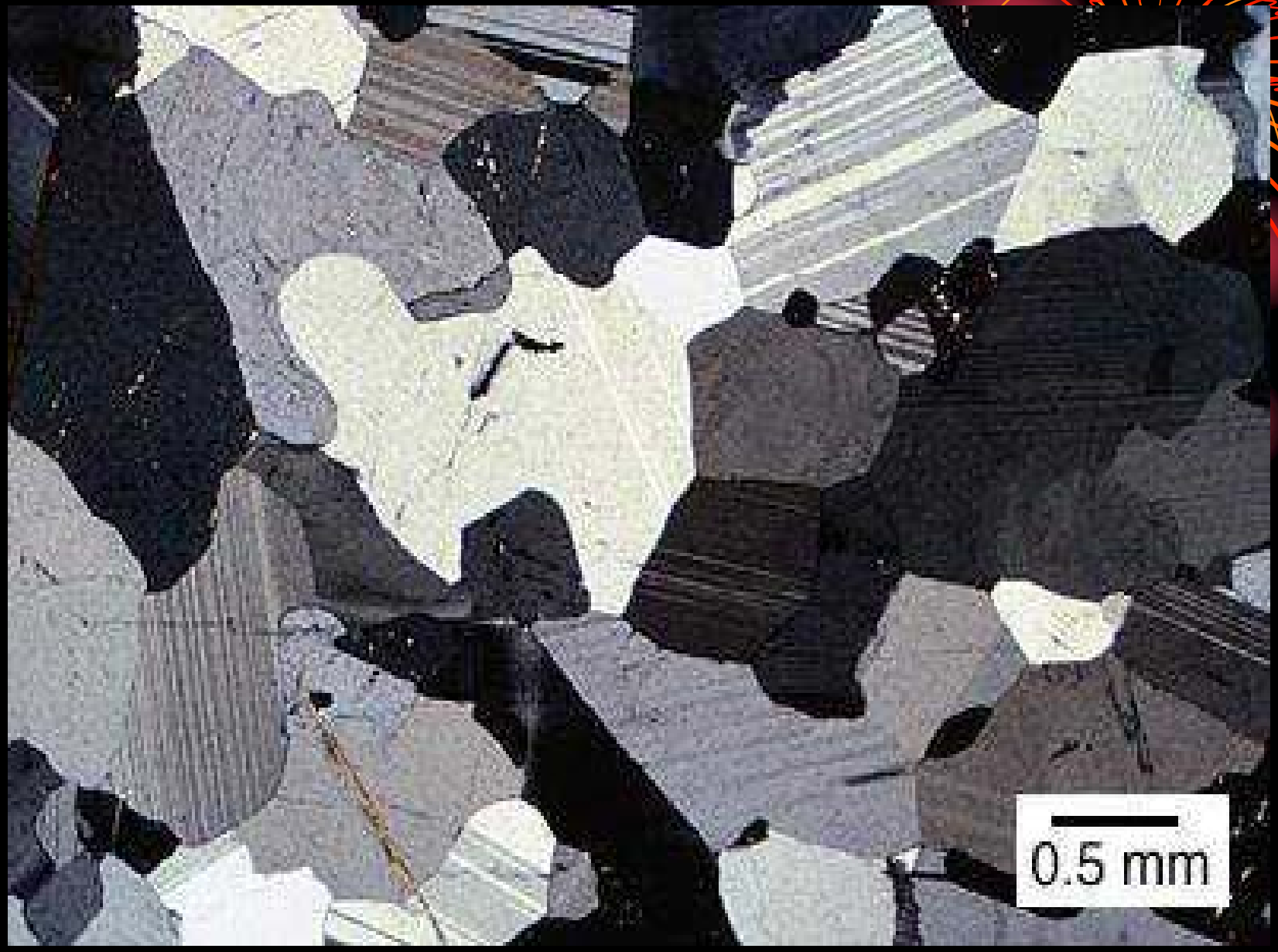
مشخصات يك دگرگوني مجاورتي

در دگرگوني مجاورتي در سنگهاي ميزبان حاشيه پخته شده ديده مي شود كه هر قدرضخامت توده ي مذاب وحرارت آن بيشتر باشد،ضخامت حاشيه مذكور بيشتر و سنگهاي آن سخت تر مي گردد. به اين سنگها كه زير ضربه چكش شكستگي نامنظم و صدفي مي يابند، هورنفلس مي گويند.هورنفلسها در مقابل عوامل فرسايشي مقاومت زياد داشته وهر قدر به توده نزديكترشويم دانه درشت تر شده و مقاومت آنها افزايش مي يابد.

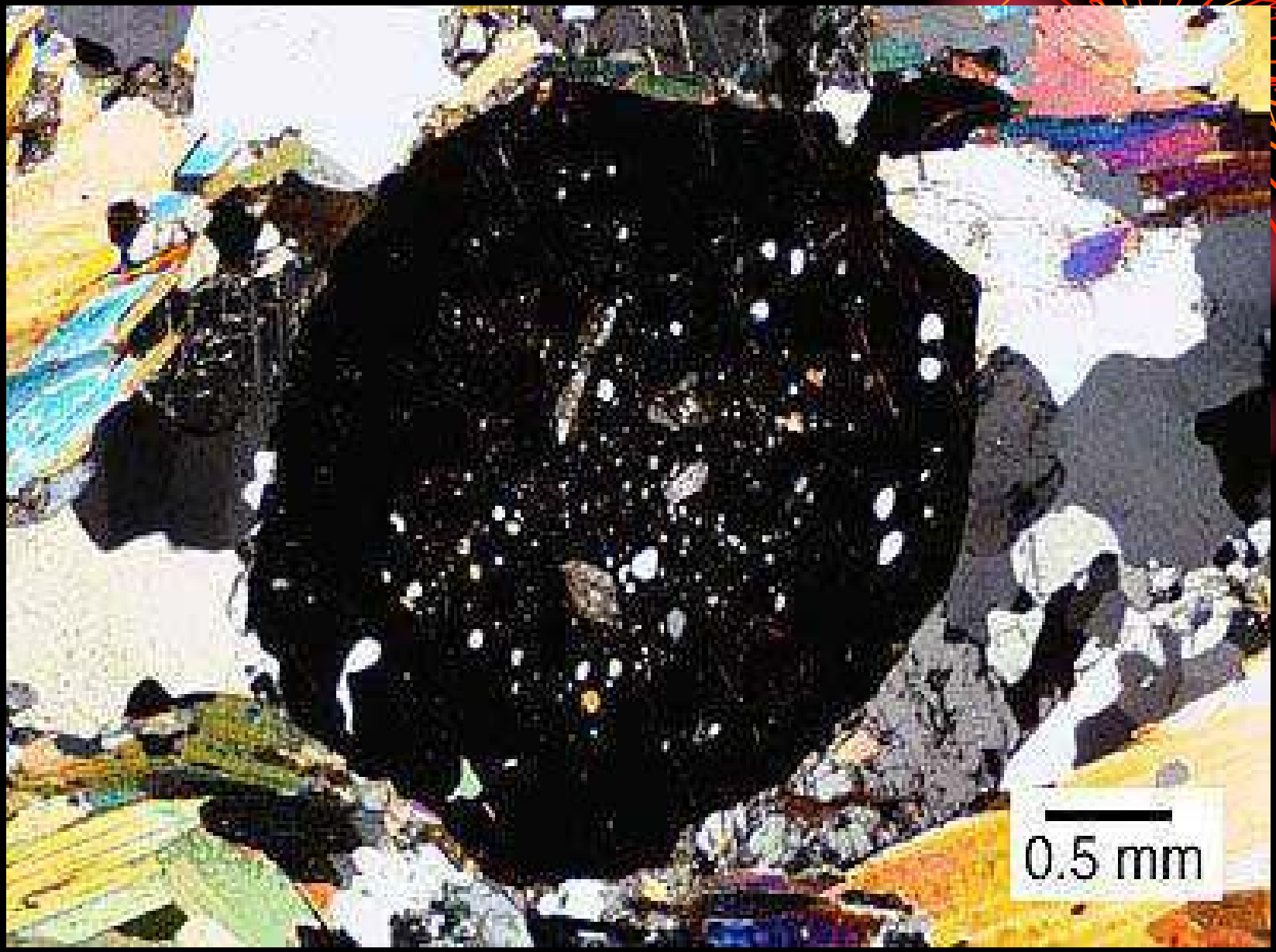
بافت هورنفلسها

اغلب كانيهاي اصلي هورنفلسها مانند كوارتز، فلدسپات، پيروكسن، گروسولار و كلسيت بصورت دانه هاي متساوي البعد ظاهر مي شوند. حتي ميكاها و آمفيبولها نيز جهت يافتگي خاصي نشان نمي دهند.به اين ويژگي بافتي موزائيكي هورنفلسها، فابريك گرانوبلاستيك يا هورنفلسي مي گويند.

اگر اسليتها در معرض دگرگوني مجاورتي درجات ضعيف قرار گيرند، شيستوزيته ي اصلي خود را حفظ مي كنند و حتي ممكن است بر اثر تبلور مجدد و رشد پرفيروبلاستهاي اوليه ي آندالوزيت يا كرديريت يا تجمعي از دانه هاي درشت ميكا، سنگ منظره اي گره دار يا لكه دار بخود گيرد كه در اين حالت اسليت يا شيست لكه دار شكل مي گيرد.



فابريك گرانو بلاستيك



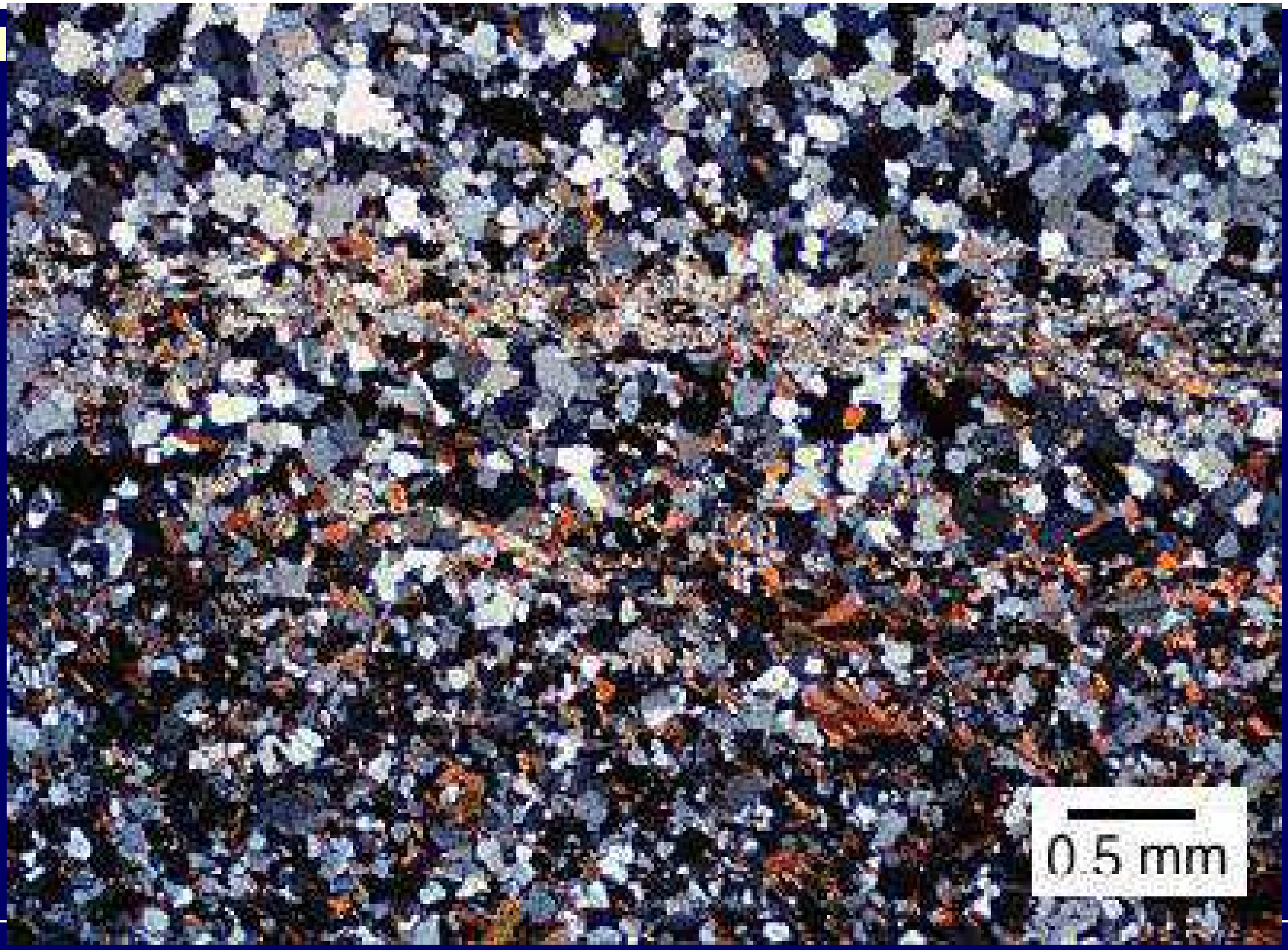
فابريك پرفيروبلاستيك

انواع هورنفلسها بر حسب نوع سنگ مادر

1 – هورنفلسهاي پليتي و سنگهاي وابسته

اغلب هورنفلسهاي پليتي واجد آلومين نسبتاً زياد مي باشند. اين امر موجب تبلور آندالوزيت يا كرديريت(يا هر دو) در سنگ مي شود كه بصورت پرفيروبلاستهايي در زمينه ي دانه ريز گرانوبلاستي متشكل از كوارتز، فلدسپات، ميكا و گرافيت ديده مي شوند.

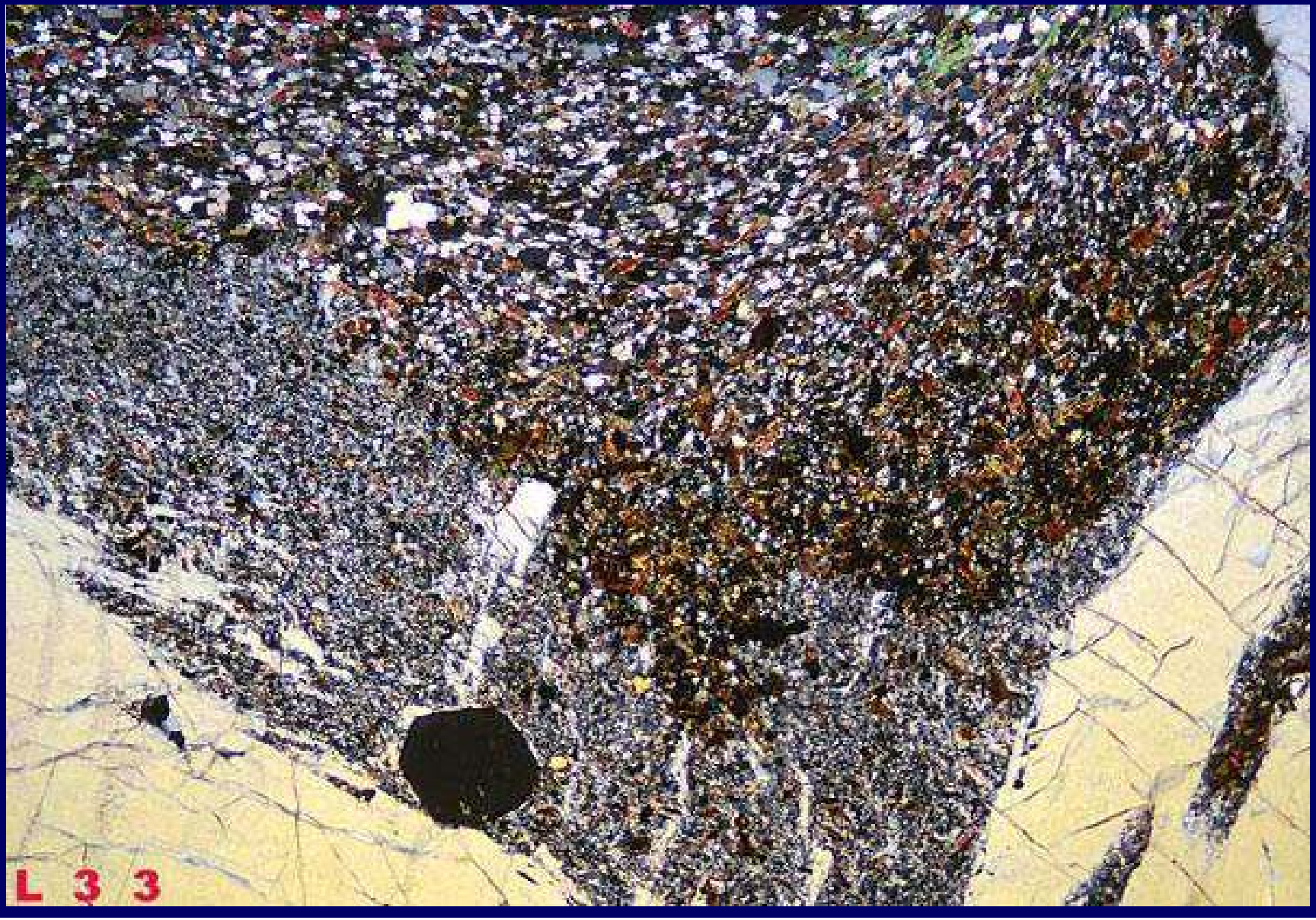
- وجود فلدسپات منهاي مسكويت نشانگر رخساره پيروكسن هورنفلس است.
- در رخساره هورنبلند هورنفلس بجاي فلدسپات پتاسيم ميكا ظاهر مي شود.
- كانيهاي سازنده ي رخساره آلبيت – اپيدوت هورنفلس دانه ريز بوده، تبلور دوباره آنها كامل نبوده و مشابه كانيهاي رخساره شيست سبز مي باشند.
- در رخساره سانيدينيت كانيهاي كرندون و يا اسپينل معمولند. در اين رخساره از سنگهاي پليتي بوكيت با مينرالوژي كرديريت، اسپينل، موليت و شيشه مشاهده مي شود.



مقطعي از يك هورنفلس

1 -2 – شيستهاي لكه دار پليتي

كمي دورتر از توده اگر سنگ اوليه اسليت يا فيليت باشد در سنگ لكه ظاهر ميشود. رنگ لكه ها خاكستري تا تيره و اندازه ي آنها در حد يك پرفيروبلاست و گاهي تا چند ميليمتر مي باشد.عموماً پرفيروبلاستها از جنس آندالوزيت يا كرديريت(و يا هر دو) بوده كه در زمينه اي متشكل از ميكا ، كوارتز و پلاژيوكلاز دانه ريز قرار گرفته اند. درجه حرارت براي شكل گيري آنها بايد در حد رخساره آمفيبوليت باشد.



مقطعي از يك كياستوليت اسليت

1 – 3 – آدينول

عبارت از آلبيتي شدن رسوبات رسي است كه خود در نتيجه ي دگرگوني مجاورتي در حاشيه ي يك توده نفوذي مافيك سرشار ار سديم بوجود مي آيد.

1 – 4 – آرژيليت

سنگي است آفانيتيك، تيره رنگ، بدون جهت يافتگي و غالباً داراي شكستگي صدفي كه درجه دگرگوني آن ضعيف بوده و بر اثر تبلور دوباره مادستون پديد مي آيد.

2 - هورنفلسهاي كوارتز- فلدسپاتي

از دگرگوني مجاورتي ماسه سنگها و سنگهاي آذرين غني از سيليس(ريوليت، داسيت و...) در رخساره هاي هورنبلند و پيروكسن هورنفلس، هورنفلسهاي كوارتز – فلدسپاتي با مينرالوژي كوارتز، فلدسپات پتاسيم، پلاژيوكلاز، بيوتيت و آندالوزيت شكل مي گيرند.

عموماً در اين هورنفلسها هميشه مقداري بيوتيت وجود داشته و در انواع رخساره پيروكسن هورنفلس كرديريت هم ديده مي شود.

كوارتزيت

كوارتزيتها در بسياري از شرايط دگرگوني (به استثناء رخساره سانيدينيت) تنها از دگرگوني سنگهاي رسوبي مانند ماسه سنگهاي كوارتزي، گريواكه هاي كوارتزي، كنگلومراهاي كوارتزي و چرتها بوجود مي آيند ولي استثنائاً ممكن است رگه هاي قديمي كوارتز نيز به كوارتزيت تبديل شوند.

كوارتزيت سنگي است متراكم، سخت و با بافت موزائيكي كه در هنگام شكستن با لبه هاي تيز مي شكند.در كوارتزيتهاي منتج از دگرگوني ناحيه اي كشيدگي بلورهاي كوارتز ايجاد نوعي فولياسيون مي نمايد.

انواع کوارتزیت

کوارتزیت خالص بندرت حالت شیستي دارد، توده اي بوده و ممکن است حاوي تورمالین و زیرکن باشد.

کوارتزیت میکا دار- ناخالصي رسي در ماسه سنگهاي سیلیسي موجب تبلور کلریت و مسکویت در کوارتزیت مي شود. این کانیها معرف دگرگوني درجات ضعیف اند.

کوارتزیت فلدسپات دار فلدسپات این سنگها ممکن است از فلدسپات ماسه سنگها(آرکوز) و در شرایط دگرگوني شدیدتر از رسها و کانیهاي میکائي تامین شود.

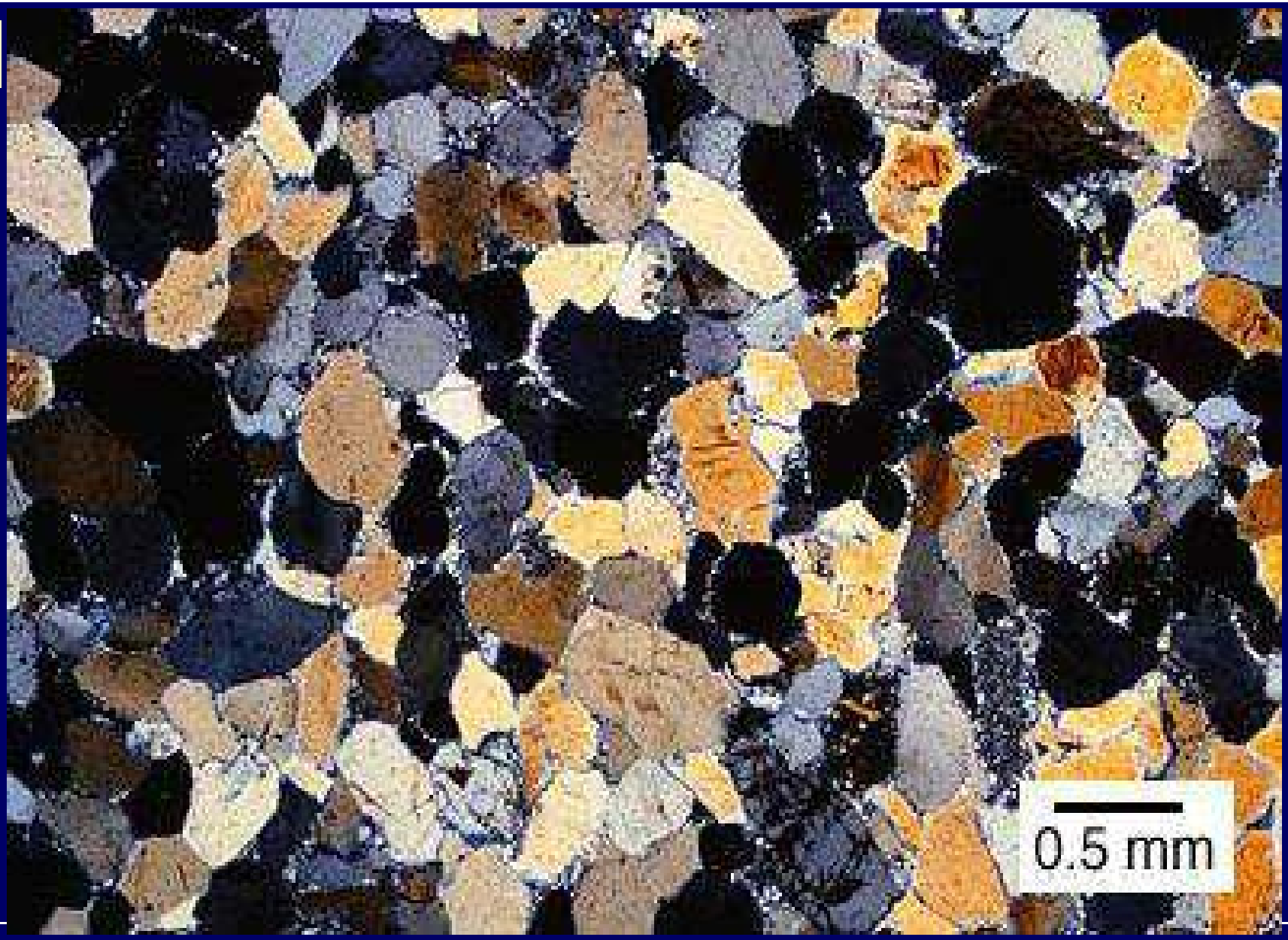
کوارتزیت گارنت دار- ناخالصي رس در درجات شدید باعث تبلور گارنت مي شود.

انواع ديگر كوارتزيت

كوارتزيت اكتينوليت دار- اگر سيمان ماسه سنكها از نوع آهكي بوده و سيستم باز باشد، در درجات شديد دگرگوني كوارتزيت اكتينوليت دار و در درجات خفيف كوارتزيت اپيدوت دار تشكيل مي شود.

كوارتزيت آهن دار- اگر در سيمان ماسه سنگها آهن موجود باشد، منيتيت و هماتيت متبلور خواهند شد.

كوارتزيت ريبكيت دار- در نتيجه ي متاسوماتيسم سديم و نفوذ و نشت محلولها بداخل ماسه سنگهاي خالص پديد مي آيد.

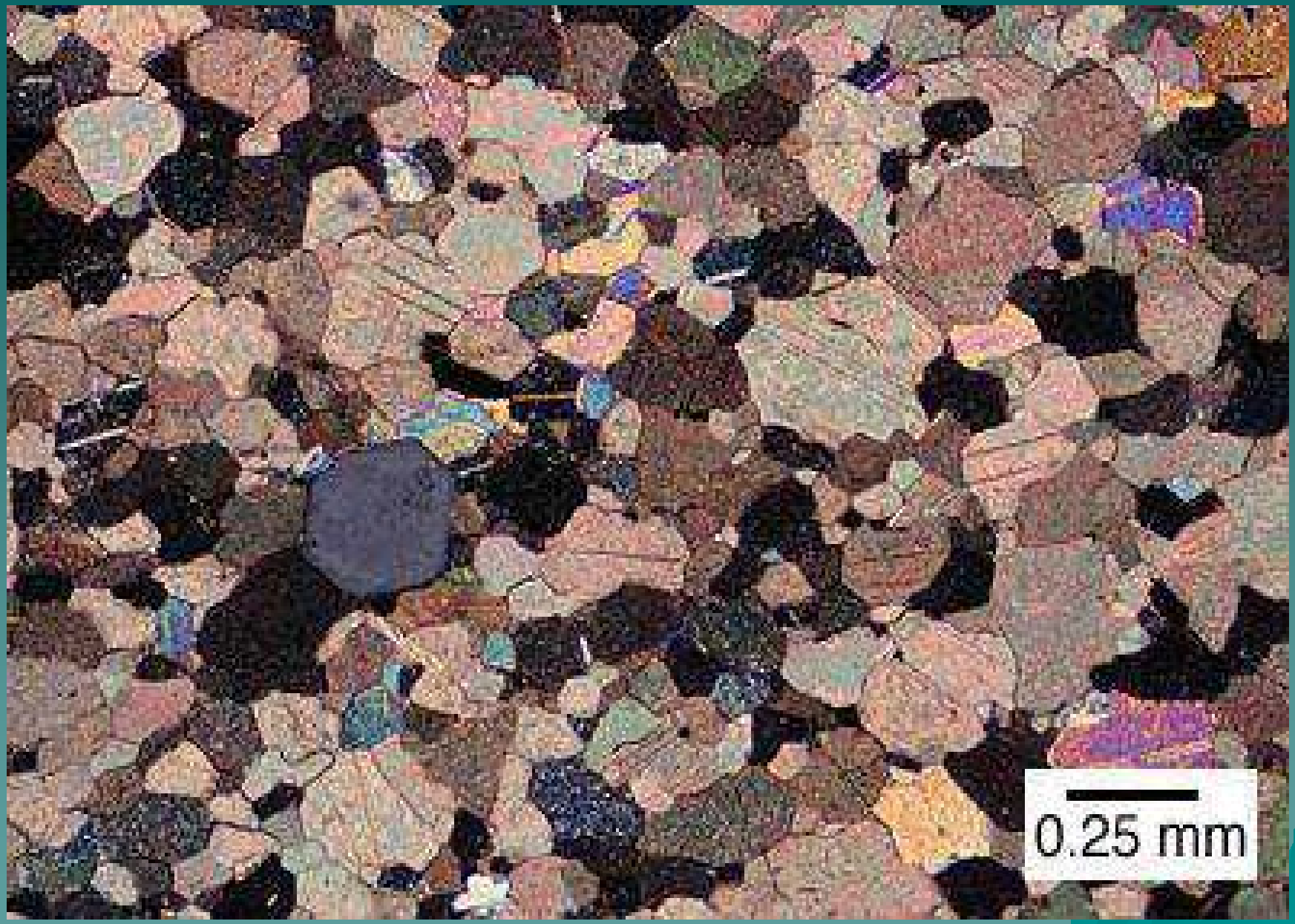


مقطعي از يك كوارتزيت

3 – هورنفلسهاي آهكي

دگرگوني مجاورتي درجات شديد موجب تبديل آهكها و دلوميتها به مرمرهاي آهكي مي شود و عبارت است از سنگهايي كه اساساً از دانه هاي موزائيكي و متساوي البعد كلسيت تشكيل شده است. سيليس و سيليكات آلومينيم ناخالصي اين قبيل سنگها بشمار رفته و فابريك آنها گرانوبلاستيك است.

مرمر يا سيپولن: سنگ آهك دگرگون شده اي است كه ممكن است خالص يا ناخالص بوده، درجه دگرگوني ان متغير و داراي فولياسيون و يا فافد ان است.



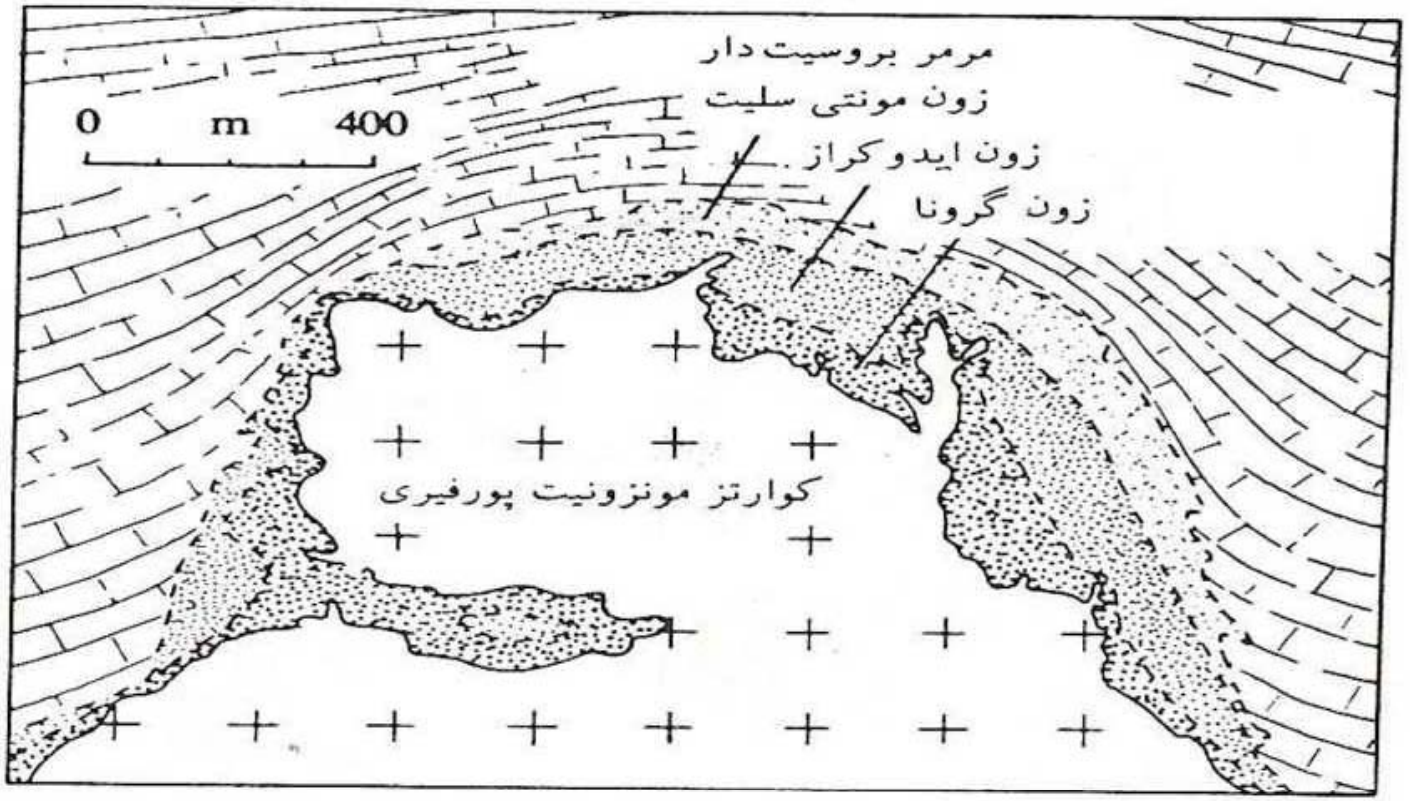
مقطعي از يك مرمر

هورنفلسهاي كالك سيليكاته يا اسكارنها

آنها هورنفلسهايي هستند كه عمدتاً از دگرگوني آهكهاي رس دار و مارنها پديد مي آيند. اين سنگها دانه ريز و بدون فولياسيون بوده، انواع مهم آنها تاكتيت و اسكارن مي باشند.

تاكتيت سنگي با تركيب پيچيده و ناشي از دگرگوني مجاورتي و متاسوماتيسم سنگهاي كربناته است. اين سنگ بافت دانه درشت و موزائيكي داشته و در آن گارنت، پيروكسن آهندار، اپيدوت، ولاستونيت و اسكاپوليت ديده مي شود.

اسكارن سنگ متاسوماتيتي است كه از آهك،آهن سه ظرفيتي وسيليكاتهاي منيزيم تركيب يافته و در نتيجه دخالت محلولهاي ماگمائي و واكنش بين كربناتها و محلولهاي فوق ايجاد شده و زونااليته ي متاسوماتيك دارد.



مثالی از متاسوماتیسم که با ورود یک توده نفوذی مونزونیتی در داخل مرمر بروسیت دار بوجود آمده است. با ورود محلولهای حاوی سیلیس به داخل سنگ میزبان و واکنش با $Ca.CO_3$ (کلسیت) و $Mg(OH)_2$ (بروسیت)، ٤ نوع اسکارن بوجود آمده است که به ترتیب از داخل بخارج عبارتند از:

- زون گرونادار
- زون ایدوکراز دار
- زون مونتی سلیت دار
- زون فورستریت دار که در شکل دیده نمی شود.

انواع اسكارن

اسكارنها دو نوع مي باشند:

الف) انواع منيزيم دار با والد دلوميتي و محتوي فورستريت، اسپينل، ديوپسيد، فلوگوپيت، لودويژيت و لازوريت.

ب) انواع آهكي با والد كربنات كلسيم و محتوي ديوپسيد، هدنبرژيت، گروسولار، آندراديت، ولاستونيت، ايدوكراز، شئليت و ديگر كانيهاي كلسيم دار.

اهميت اقتصادي اسكارنها

اسكارنها از نظر پيدايش كانسارهاي فلزي(منيزيم، آهن، سرب و روي، موليبدن، تنگستن، بيسموت، طلا) و فلوگوپيت ارزش اقتصادي دارند. كانيهاي تشكيل دهنده ي اسكارنها مثلاً گروناها، پيروكسنها و فلوگوپيت بسيار دانه درشتند و اين امر دخالت گازهاي تحت فشار را به اثبات مي رساند. به همين دليل به اسكارنها، هورنفلسهاي پگماتيتي نيز مي گو يند.

گريزن

يك مجموعه ي گرانوبلاستي از كوارتز و مسكويت(يا لپيدوليت) است كه درآن كمي توپاز، تورمالين، فلوئورين، روتيل، كاسيتريت و ولفراميت ديده مي شود و از متاسوماتيسم سنگهاي گرانيتي پديد مي آيد. تصور بر اين است كه بر اثر دگرساني هيدروترمال، فلدسپات و ميكاي گرانيت به مجموعه كانيهاي فوق تبديل مي شود. فلوئورين در اين مجموعه نسبتاً زياد است.

ب) سنگهاي دگرگوني ناحيه اي

1-اسليتها

اسليتها سنگهاي دانه ريز بوده كه عموماً از دگرگوني پليتها حاصل مي گردند.

كانيهاي اساسي اين سنگها ميكاي سفيد، كلريت و كوارتز بوده و گاهي در آنها لكه هاي تيره رنگ گرافيت نيز ديده مي شود. اپيدوت فقط در اسليتهاي سبز ناشي از دگرگوني توفهاي رسوبي ديده شده و ممكن است با آلبيت همراه باشد.

از اختصاصات مهم اسليتها تورق آسان آنهاست كه به آن كليواژ اسليتي مي گويند.

كليواژ اسليتي عبارتست از قرار گرفتن كانيهاي بسيار ريز ورقه اي به موازات و در امتداد سطح شيستوزيته.

آردوازيا سنگ لوح سنگي دانه ريز، داراي شيستوزيته يا فولياسيون بسيار مشخص است كه از تغيير شكل شيلهاي سيليسي در درجات ضعيف دگرگوني بوجود مي آيد.مؤلفين انگليسي به آن سمي شيست مي گويند.

مقطعي از يك اسليت

2- فيليتها

با افزايش درجه ي دگرگوني و اثر حرارت بيشتر، مداومت شرايط دگرگوني يا تداوم فعاليت سيالات اسليتها به فيليت تبديل مي شوند.فيليتها دانه درشت تر بوده و حاوي سريسيت، كلريت و كوارتز مي باشند. به انواع غني از تالك آنها سنگ صابون مي گويند. فيليتها به استثناء سنگ صابون داراي فولياسيون مشخص تري بوده و معرف رخساره ي شيست سبز مي باشند.

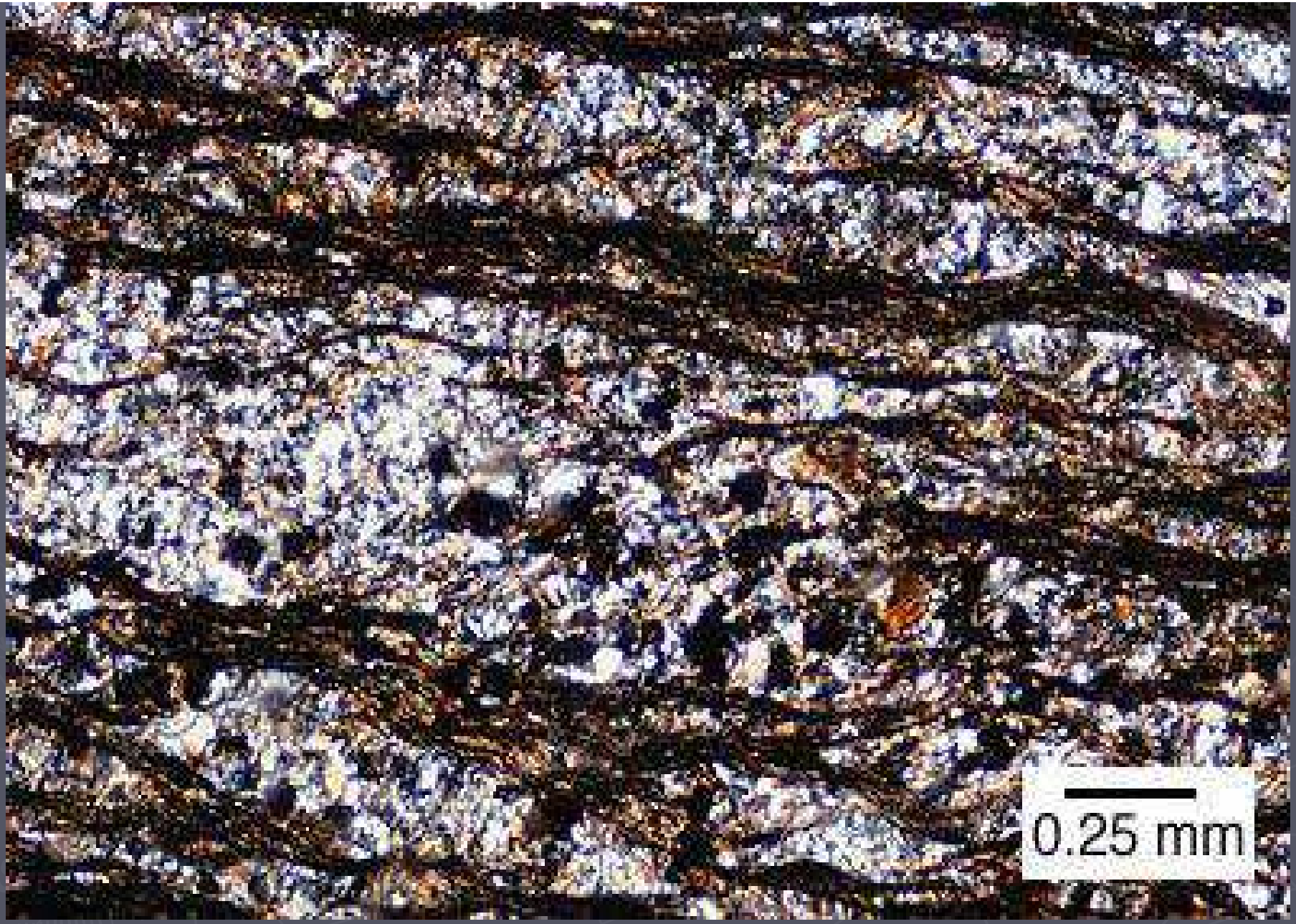
اقسام فيليتها

فيلاد عبارت از شيستهاي دگرگون شده سرشار از ميكا است كه در آن ورقه هاي سريسيت و كلريت قابل تشخيص باشند.

فيليتهاي گرافيتي از دگرگوني شيلهاي زغالدار بوجود آمده، جلاي چرب داشته و دست را سياه مي كند.

فيليت گرونادار كه محتوي دانه هاي كوچك گارنت با ابعاد ميليمتري و به رنگ قرمز تيره تا سياه رنگ و غني از منگنز(اسپسارتيت) مي باشد.

فيليت كلريتوئيددار ناشي از دگرگوني والدهاي با آهن ومنيزيم زياد و پتاسيم اندك و با مينرالوژي كلريتوئيد، سريسيت، كوارتز و كانيهاي آهن و تيتان.



مقطعي از يك فيليت

3- شيستها

فيليتها با افزايش درجه دگرگوني به شيست تبديل مي شوند.وجود شيستوزيته و يا لينياسيون از مشخصات اساسي آنهاست كه با افزايش درجه حرارت تدريجاً ضعيف شده و به فابريك گنايسي نزديك مي شود.

شيستها را بر حسب نوع سنگ مادر به چهار گروه زير تقسيم مي كنند :

- شيستهايي كه از دگرگوني رسوبات رسي و يا كوارتز – فلدسپاتي بوجود مي آيند مانند ميكاشيستها.
- شيستهايي كه منشأ كربناته دارند يا كالك شيستها
- شيستهايي كه از دگرگوني سنگهاي آذرين حد واسط تا بازيك نتيجه مي شوند مانند شيستهاي سبز.
- شيستهايي كه از دگرگوني سنگهاي اولترابازيك بوجود مي آيند مانند شيستهاي منيزيم دار

1-3) شيستهايي كه از دگرگوني رسوبات رسي بوجود مي آيند.

در اين قبيل شيستها اصولاً ميكا بسيار فراوان بوده و اين امر موجب تورق آسان سنگ مي گردد.موسكوويت كاني مشخص اين گونه شيستها بوده كه از تبلورمجدد كاني هاي رسي پتاسيم دار يا از تخريب فلدسپاتها در دگرگوني قهقرايي بوجود مي آيد.بيوتيت نيز از كاني هاي مهم اين سنگها بوده ولي در درجات بالاتر برابعاد آن اضافه گرديده و به فلدسپات پتاسيم تبديل مي شود. در تمام ميكاشيستها فلدسپات به صورت دانه هاي ريز وجود دارد ولي با چشم قابل تشخيص نمي باشد.

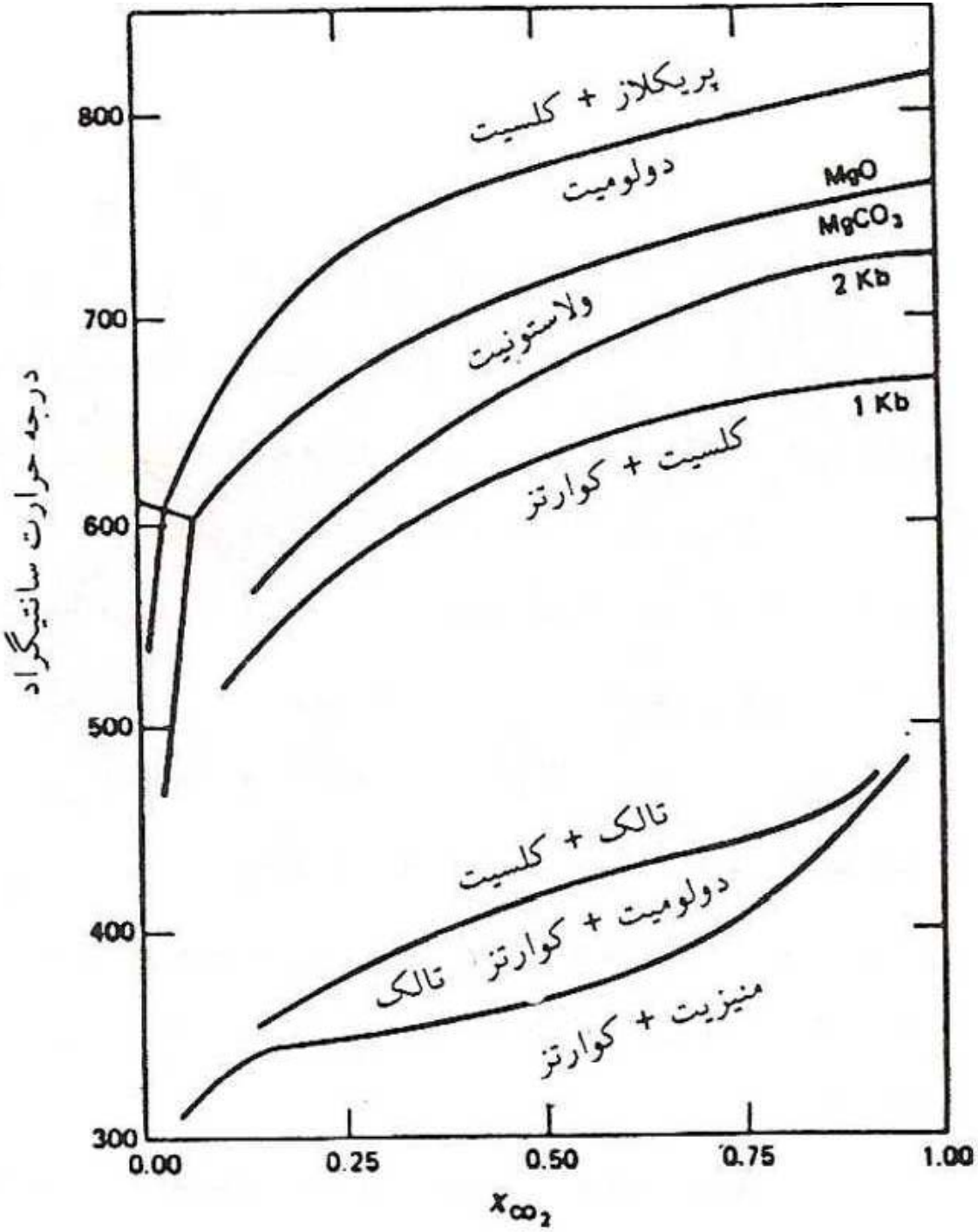
منظره اي از يك ميكاشيست

2-3) شيستهاي ناشي از دگرگوني سنگهاي كوارتز – فلدسپاتي

اين سنگها اساساً از دگرگوني رسوبات آرني و سنگهاي آذرين سيليس دار بوجود مي آيند. در اين شيستها كوارتز و آلبيت فراوانتر بوده و درصد اپيدوت بيشتر است.ضمن اينكه مقدار ميكاي سفيد و كلريت آنها كمتر است. در درجات بالاتر كاني ها درشت تر شده، مقدار كانيهاي ورقه اي كمتر شده و درنتيجه قابليت تورق سنگ كمتر و به عبارتي شيستوزيته آن نامنظم تر مي شود.

3-3) كالك شيستها

اين سنگها از دگرگوني شيلهاي غني از كلسيم، سنگهاي آهكي و دولوميتي رس دار به وجود مي آيند.در درجات دگرگوني ضعيف و متوسط دولوميت نيز مانند كلسيت به مرمر تبديل مي شود به شرطي كه سيليس در محيط وجود نداشته باشد.در صورت وجود سيليس، از واكنش دولوميت و سيليس، ترموليت و ديوپسيد و يا گروسولار تشكيل مي گردد. اپيدوت و زوئيزيت در كالك شيستهايي ظاهر مي شوند كه مقدار آلومينيوم در سنگ زياد بوده ولي محيط فاقد K2O باشد.



منحنی های تعادلی در واکنش های سیلیس + کربنات.

X_{CO_2}، کسری از مول CO_2 در فاز سیال CO_2 + H_2O است. فشار فاز سیال (Pf) مساوی یک کیلوبار فرض شده است.

4-3)شيستهاي سبز

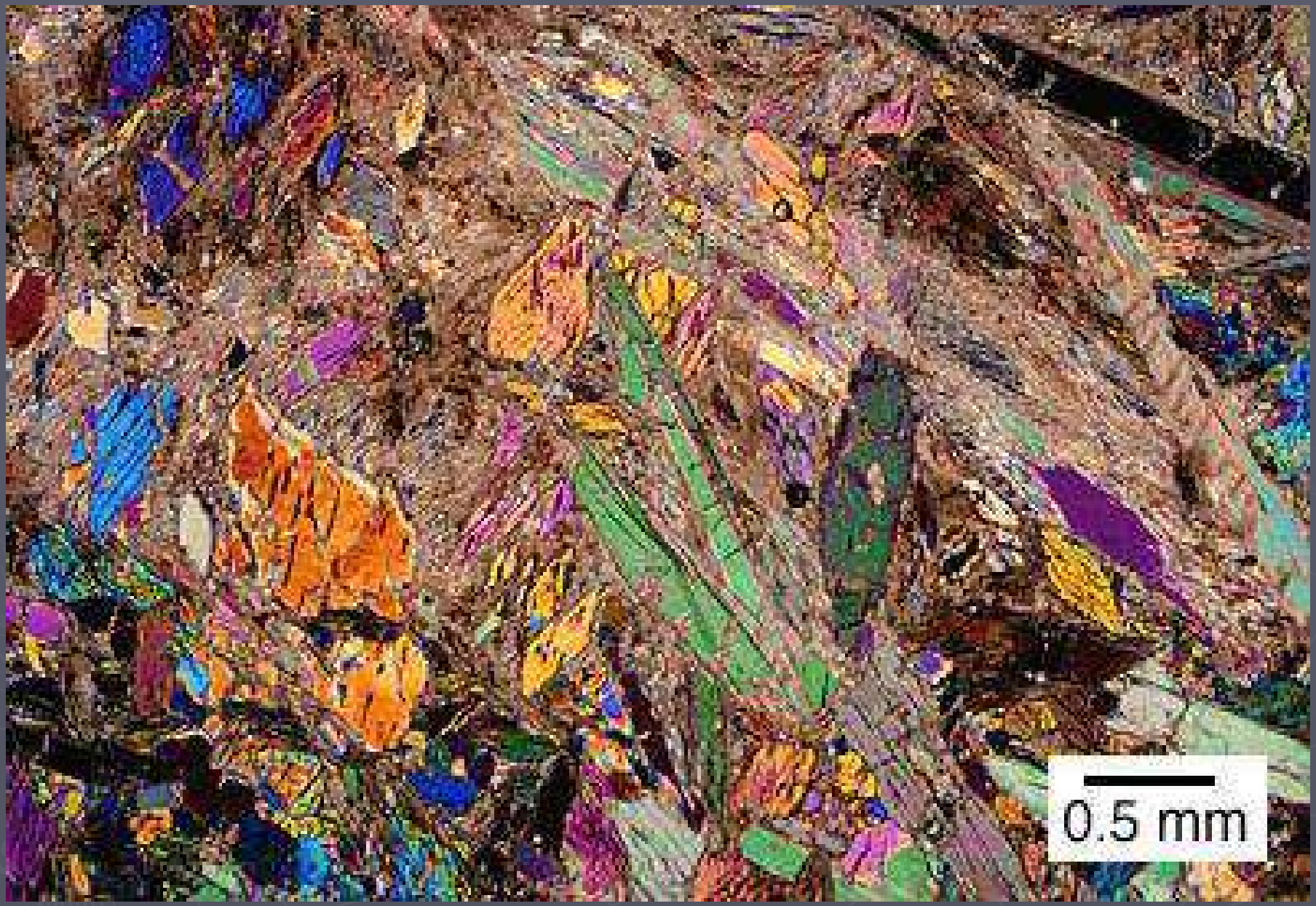
این سنگها از دگرگوني ناحيه اي سنگهاي بازيك و نيمه بازيك در درجات حرارت كم بوجود مي آيند. اين سنگها را مي توان سنگهاي متورقي دانست كه رنگ سبز آنها معلول حضور كانيهايي نظير كلريت، اپيدوت و اكتينوليت در سنگ است.

كلريت اين سنگها عموما آهن دار است، تركيب اپيدوت از انواع سرشارازآهن تا كلينوزوئيزيت متغير است و گاهي در اين سنگها استيلپنوملان فراوان حضور دارد.

پرازينيت – نوعي شيست سبز است كه در آن سه كاني آكتينوليت (هورنبلند سبز)، كلريت و اپيدوت با نسبت تقريبا مساوي وجود دارند.اين سنگ تقريباً فاقد كوارتز است ولي كمي آلبيت در آن وجود دارد.

3 -5) شيستهاي منيزيم دار

اين سنگها از دگرگوني پريدوتيتها و ساير سنگهاي الترابازيك در درجات حرارت كم و متوسط و در محيط آبدار و يا خشك بوجود مي آيند. اين دگرگوني علاوه بر درجه حرارت و فشار به مقدار بخار آب و محتوي SiO_2 & CO_2 نيز وابسته بوده و سنگهاي ايجادي عبارت از شيستهاي آنتيگوريت دار، شيستهاي اكتينوليت – تالك دار، سنگ كربنات – تالك (سنگ صابون) و سنگ كوارتز – كربنات مي باشند. سرپانتين تمام شيستهاي منيزيم دار آنتي گوريت وآمفيبول تمام اين سنگها اكتينوليت (سبز رنگ) و يا ترموليت(بيرنگ) مي باشد.



منظره اي از يك تا لك ترموليت شيست

3 – 6) گلوکوفان شیستها

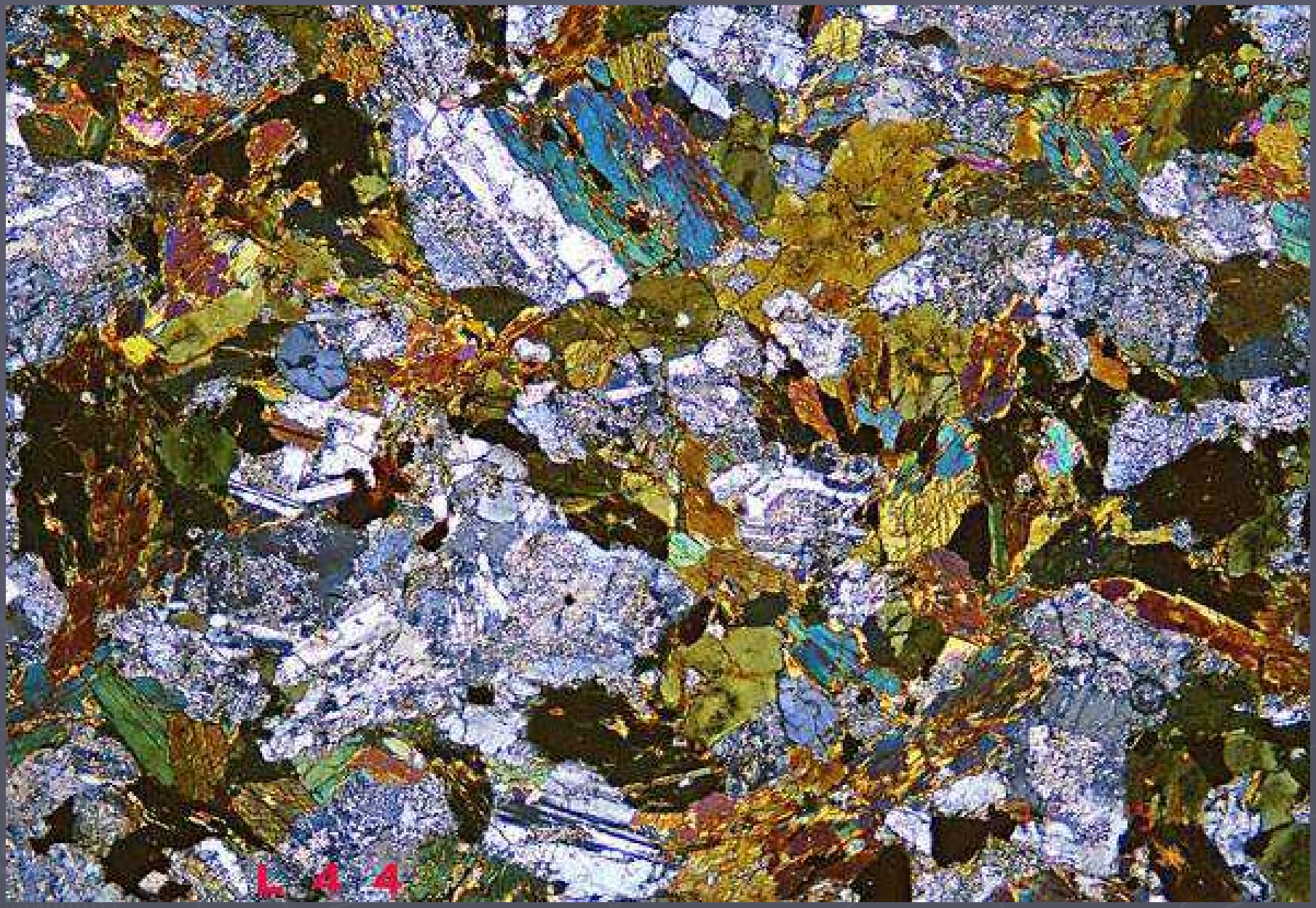
اين سنگها از دگرگوني سنگهاي متنوعي مانند دياباز، بازالت و ماسه سنگ چرتي آهندار بوجود مي آيند. در اين سنگها کانيهايي مانند آمفيبول سديم دار(از سري گلوکوفان – ريبکيت) و يا پيروکسن سديم دار ديده مي شود. مطالعات صحرائي فرايند متاسوماتيسم سديم در درجات حرارت کم تا متوسط را به عنوان عامل تشکيل آنها معرفي مي نمايد.

3 – 7) شيستهاي آبي

از دگرگوني گري واكه ها ، بازالتهاي زير دريائي و سنگهاي سري افيوليتي كه همگي با گودالهاي اقيانوسي مرتبطند، شيستهاي آبي بوجود مي آيند كه به علت وفور آمفيبول سديم دار و آبي رنگ(گلوكوفان) به آنها گلوكوفان شيست يا شيست آبي مي گويند.پاراژنز كانيايي اين سنگها مشتمل بر گلوكوفان، ژاده ايت، لاوسونيت و آراگونيت بوده و ممكن است اپيدوت، پومپله ايت و اسفن نيز حضور داشته باشند. اين مينرالوژي مؤيد تشكيل در شرايط فشار زياد و حرارت كم مي باشد.

4- آمفيبوليت

آمفيبوليت سنگي است كه از دگرگوني سنگهايي با تركيبات مختلف مانند انواع سنگهاي بازيك تا حد واسط ، آهكها و دولوميتهاي ناخالص، مارن ها و حتي از آهكهاي خالصي كه تحت تأثير متاسوماتيسم سيليسي،منيزيم و آهن قرار گرفته باشند بوجود مي آيد.اين سنگ كه در شرايط رخساره آمفيبوليت پايدار است اساساً از هورنبلند و پلاژيوكلاز تشكيل شده و فابريك آن ممكن است نماتوبلاستيك و يا گرانوبلاستيك باشد.از دگرگوني سنگهاي آذرين بازيك در حد رخساره شيست سبز، گرينستون بوجود مي آيد.اصطلاح اپيديوريت به آمفيبوليتهايي اطلاق مي شود كه از دگرگوني گابرو يا دياباز بوجود آمده و ساخت دروني آن چندان تغيير نيافته باشد.در آمفيبوليت شيستي فولياسون ظريف شيستها مشهود است.

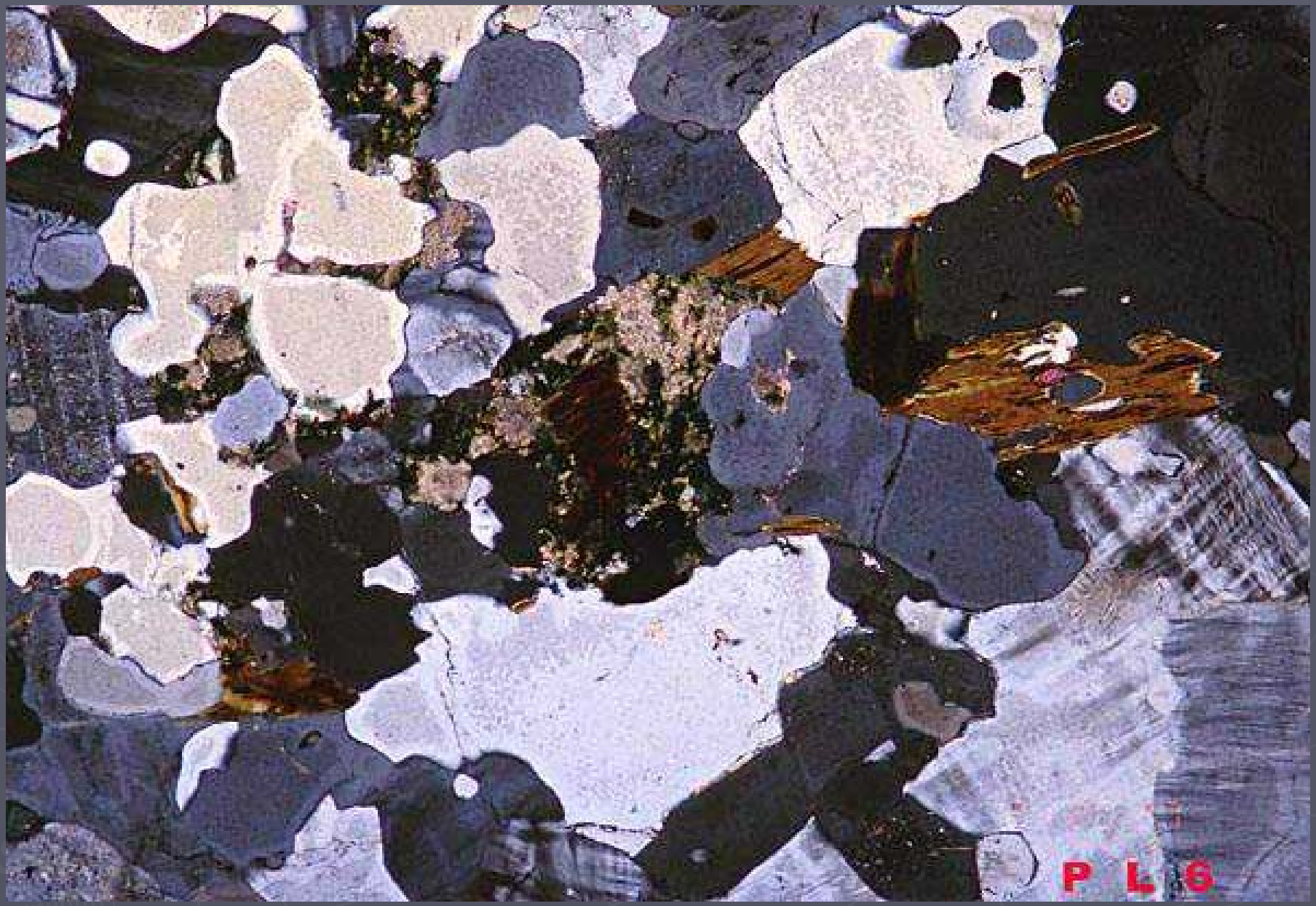


منظره اي از يك آمفيبوليت

5-گنايس ها

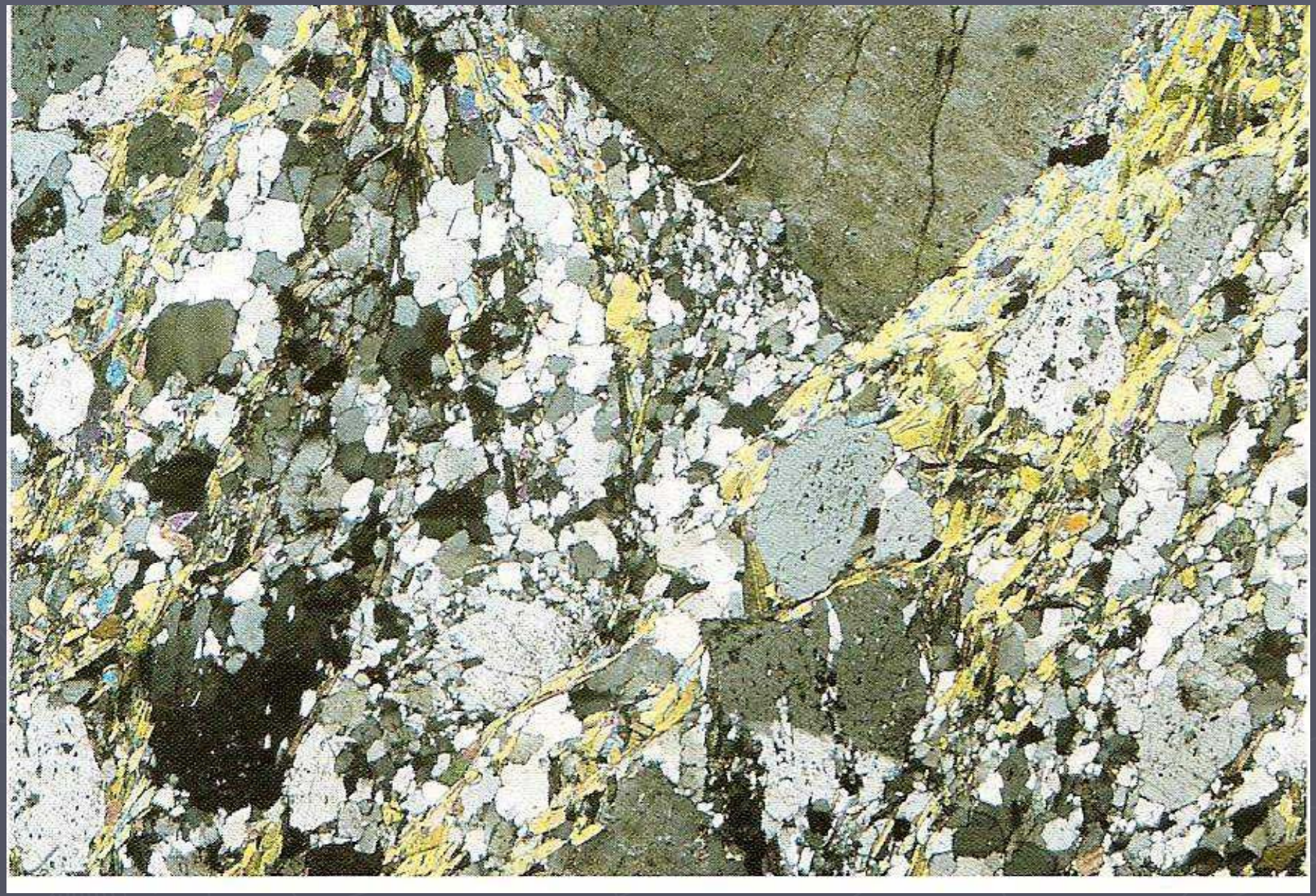
گنايس ها سنگهاي دگرگوني فلدسپات داري هستند كه با داشتن فولياسيون مشخص شده و وجود كوارتز در تركيب آنها الزامي نيست.گنايس ها ممكن است هموژن يا هتروژن باشند.از گنايس هاي هتروژن، گنايس هاي چشمي و نواري قابل ذكرند. ارتوگنايس از تغيير شكل سنگهاي ماگمايي محتوي فلدسپات و يا كوارتز–فلدسپاتي بوجود مي آيد.لذا مي توان با توجه به آثار باقي مانده سنگ والد، همبستگي هاي صحرايي، وجود انكلاوها و درجه همگني آن به منشأ آن پي برد.در عوض وجود لايه هاي با تركيب متفاوت كاني شناسي (گرافيتي، آهكي، ميكا دار) نشان دهنده منشأ رسوبي پاراگنايس ها است.گنايس ها اقسام مختلفي دارند :

گنايس كرندون دار، كيانيت دار، كرديريت دار، گارنت دار، گرافيتي، كلسيك، پيروكسن دار، تزريقي، دوميكايي و بالأخره گنايس بيوتيت و سيليمانيت دار.



منظره اي از يك گنايس

منظره اي از يك گنايس



منظره اي از يك گنايس چشمي

6-گرانوليتها

گرانوليتها درجه دگرگوني شديد و فابريك گرانوبلاستي داشته و كانيهاي سازنده آنها عبارتند از كوارتز و فلدسپات ، درحاليكه پيروكسن و گارنت نيزممكن است در تركيب آنها ديده شود.گرانوليت ممكن است تركيبي معادل سنگهاي آذرين بازيك داشته باشد (محتوي پيروكسن و موسوم به گرانوليت بازيك) . و يا اينكه تركيبي معادل سنگهاي آذرين اسيدي ولي فاقد كاني هاي آبدار داشته باشد.گاهي سنگهاي اخير را با واژه گنايس شارنوكيتي و يا لپتينيت توصيف مي كنند.به انواع دانه ريز گرانوليت هالفلينتا مي گويند.

7-شارنوكيتها

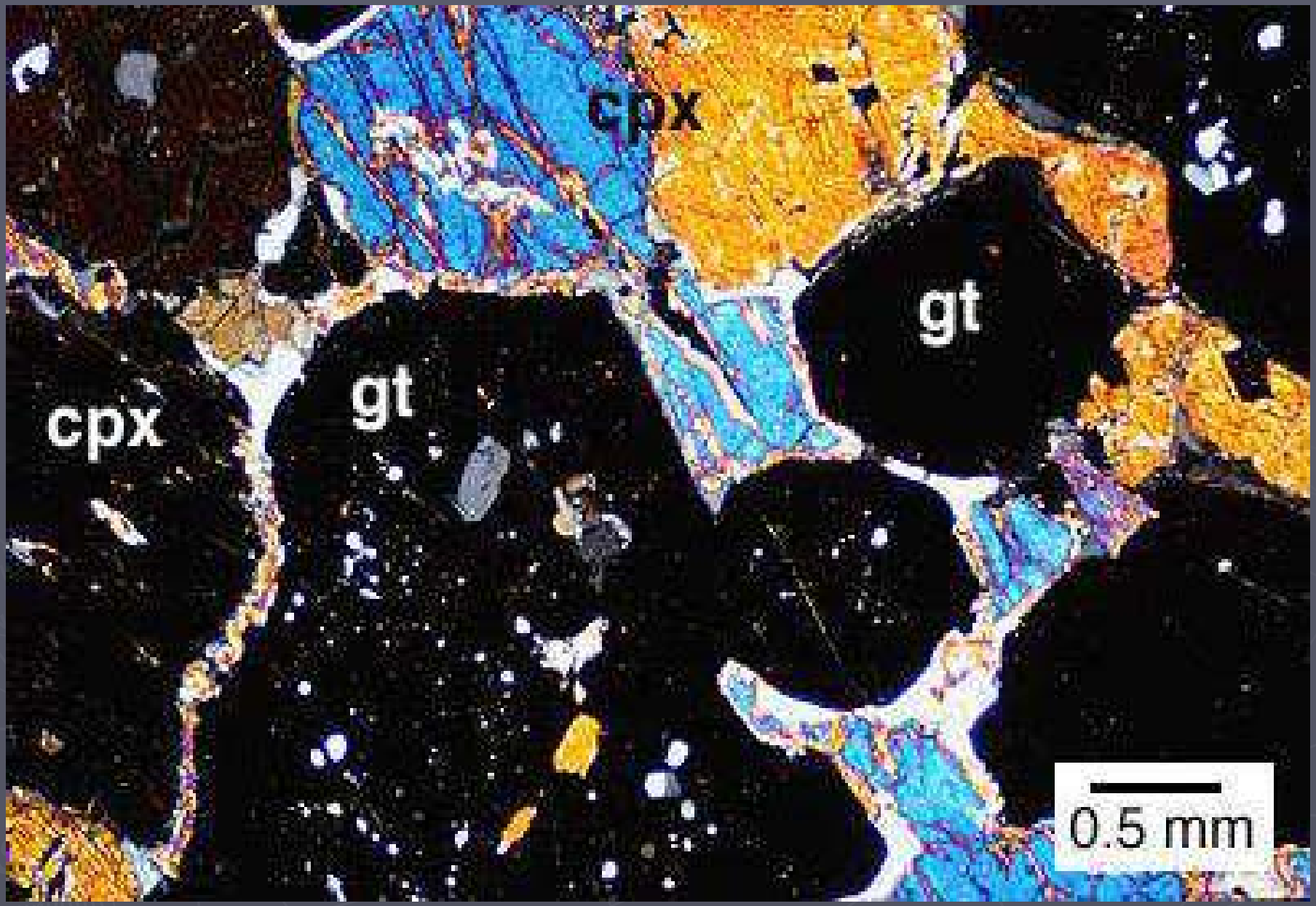
شارنوكيت را مي توان گرانوليت هيپرستن دار و مشهود در سرزمينهاي متأثر از دگرگوني در حد رخساره گرانوليت دانست. فابريك سنگ گرانوبلاستيك بوده و كانيهاي مافيك آن بي آب (ارتوپيروكسن و كلينوپيروكسن) مي باشند.از مشخصات اين سنگ دارا بودن كوارتز تيره رنگ (به دليل ادخال هاي روتيل) مي باشد.اگر مقدار پلاژيوكلاز آن از فلدسپات پتاسيم بيشتر باشد به سنگ اندربيت مي گويند.

منظره اي از يك شارنوكيت

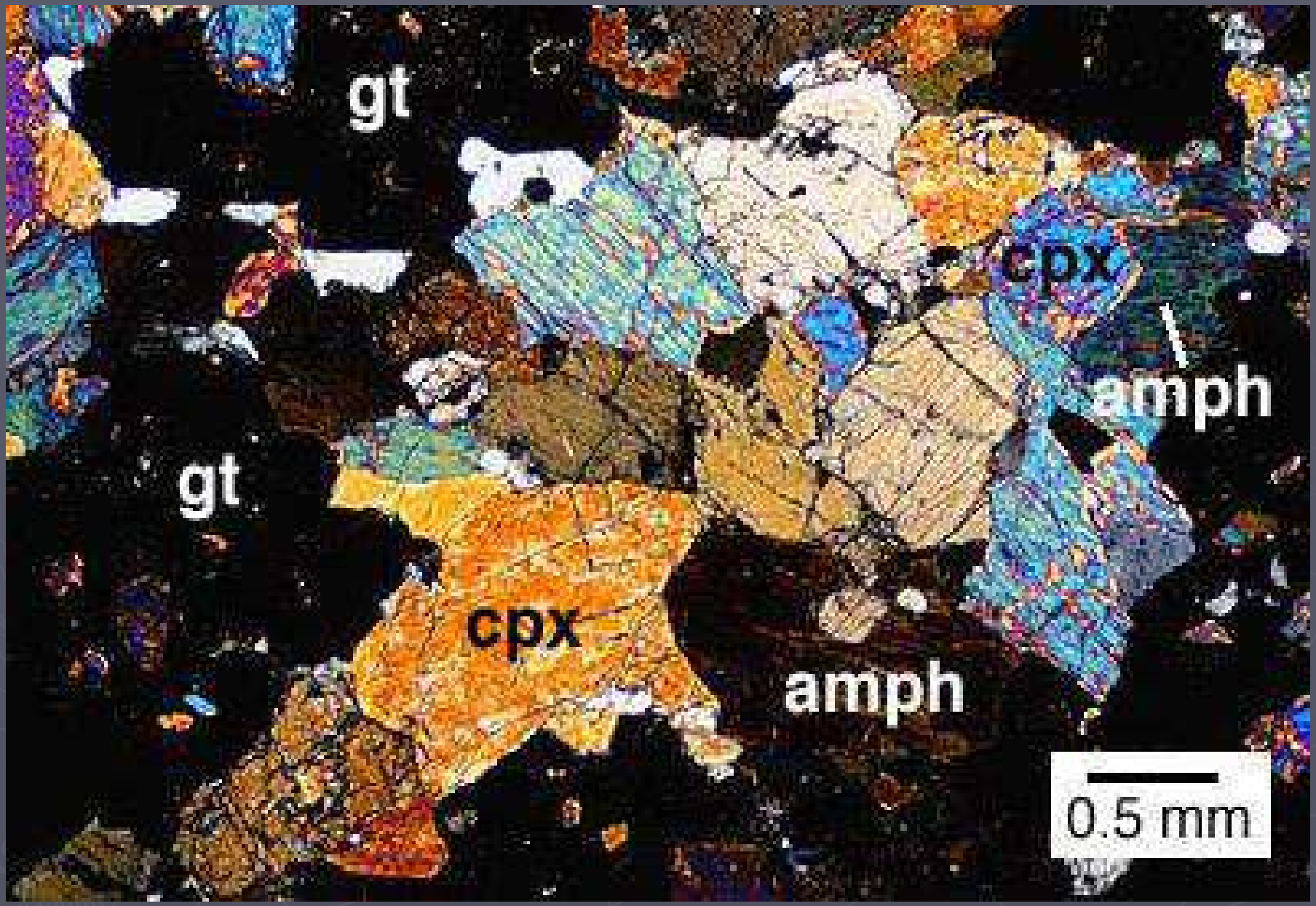
8-اكلوژيتها

اكلوژيت سنگي دانه درشت و داراي فابريك گرانوبلاستيك و با شيمي معادل بازالت است كه اغلب به صورت گزنوليت در كيمبرليت ها و يا در بعضي از بازالتها ديده مي شود. از نظر كاني شناسي اكلوژيت اساساً از دو كاني گارنت قرمز تيره (پيروپ-آلماندن) وپيروكسن سبزتيره (امفاسيت) تشكيل مي شود.كيانيت سومين كاني مهم اين سنگها بوده و روتيل نيز ممكن است،ديده شود (تمام كانيهاي سنگ بي آبند). اكلوژيتها ممكن است در شرايط درجات شديد دگرگوني شيستهاي آبي هم بوجودآيند.

اين قبيل اكلوژيتها هميشه در كنار گسلهاي رورانده يافت مي شوند. در اكلوژيتهاي متأثر از دگرگوني قهقرايي حاشيه هم رشدي از هورنبلند و پلاژيوكلاز موسوم به حاشيه كليفيت ديده مي شود.



مقطعي از يك اكلوژيت



مقطعي از يك اكلوژيت متأثراز دگرگوني قهقرائي

د-سنگها و آثار دگرگوني اصابتي

آثار دگرگوني ناشي از برخورد و اصابت در حرارت تقريبا 1000 درجه و در فشار زياد حدوداً 10 كيلوبار بروز مي كنند.آثار اين دگرگوني كه در سطح زمين بسيار محدودند به اختصار عبارتند از :

1- مخروطهاي خرد شدگي (توسعه يافته در فشار بين 5 تا 10 كيلوبار).

2- ايجاد تركهاي ريز ميكروني در بلورهاي كوارتز و فلدسپات (معلول فشار بين 5/7 تا 25 كيلوبار).

3- تشكيل الماس از سنگهاي كربن دار در فشار بيش از 20 كيلو بار.

4- ظهور فرمهاي فشار بالاي كوارتز (كوئزيت و استي شوويت).

5- تشكيل سنگي موسوم به سوئويت كه بخشي از آن ذوب شده و بخش ذوب نشده را به صورت سيماني دربرمي گيرد.

6- تشكيل شيشه اصابتي در فشار بيش از 60 كيلوبار

7- در شرايطي كه شدت ضربه بسيارزياد باشد ممكن است سنگ مورد اصابت بخار شود.

ه-سنگهاي درجات دگرگوني بسيار شديد

1- ميگماتيتها

در مناطق داراي دگرگوني درجات شديد ممكن است ميگماتيت تشكيل شود.اغلب بخشي از ميگماتيت گرانيتي و بخش ديگر آن گنايسي و غالباً سرشار از كاني هاي محتوي آهن ، منيزيم و آلومينيوم است. به بخش گرانيتي و روشن سنگ لوكوسم مي گويند. به بخش گنايسي كه از ذوب مصون مانده و از تركيبات ديرگداز تشكيل شده رستيت يا مجموعه تيره (ملانوسم) مي گويند و با توجه به برجاي ماندن و مقاومت، به آن پالئوسم هم گفته مي شود.ميگماتيتها در داخلي ترين مناطق دگرگوني ناحيه اي (درجات شديد) ديده مي شوند.

نظرات موجود درباره نحوه تشكيل ميگماتيتها

1- بعضي از محققين، وجود لايه هاي كوارتز و فلدسپات را به تزريق ماگماي مذاب گرانيتي به داخل سطوح شيستوزيته در ارتباط مي دانند و آن را نوعي گنيس در نظر مي گيرند كه به نام گنيس تزريقي مشهور است.

2- بعضي ديگر تصور مي كنند كه لايه گرانيتي بر اثر تزريق ماگما بوجود نيامده بلكه از ذوب بخشي و درجا، در درجات شديد دگرگوني ايجاد شده است.در اين حالت ، كانيهاي روشن كه به سهولت ذوب مي شوند در حد بين كانيهاي ديرگداز قرار مي گيرند.مسلماً وجود آب بين لايه اي موجب سهولت عمل ذوب مي شود و در نتيجه ممكن است در پيدايش لايه هاي ذوب مؤثر باشد.

ادامه نظرات تشکیل میگماتیتها

3- گروهي عقيده دارند كه حالت نواري ممكن است در نتيجه مهاجرت بعضي از تركيبات در طي دگرگوني باشد مثلاً يونهاي پتاسيم ، سديم و سيليسيم ممكن است به داخل لايه ها وارد شوند و تشكيل فلدسپات نمايند و آ هن و منيزيم هم در لايه هاي سرشار از كانيهاي تيره داخل شوند. اين پديده همان تفريق دگرگوني است.

انواع ميگماتيت

ميگماتيتها به صور مختلف بشرح زير ديده مي شوند:

ميگماتيت آگماتيك، داراي ساخت برشي

ميگماتيت فلبيتي، داراي حالت رگه اي

ميگماتيت نبوليتي، داراي حالت ابر مانند

ميگماتيت شليرن كه كانيهاي ديرگداز واجد چينهاي متعدد هستند.

ميگماتيت افتالميتي، واجد اشكال بادامي يا چشمي

2 – آناتكسي و گرانيتهاي آناتكسي

كلمه آناتكسي معرف دگرگوني ناحيه اي شديد است كه با ذوب كامل يا بخشي از سنگ همراه باشد.ماده حاصل از ذوب درفرايندهاي سنگ زايي مجدد يعني توليد ماگماي پالين ژنتيك يا گرانيتهاي ناشي از ذوب رسوبات دخالت مي كند.

سنگ شناسان نشان داده اند كه بسياري از گرانيتها منشاء رسوبي دارند و معمولاً رسهاي شيستي سرشار از كوارتز، گري واكه و آركوز را به عنوان مولد گرانيت در نظر مي گيرند.

3 – آناتکسیت

کليه سنگهاي ناشي از آناتکسي (ذوب) را آناتکسيت مي گويند و چون سنگهاي گرانيتي داراي کمترين نقطه ذوب هستند، آناتکسيتها عمدتاً ترکيب گرانيتي دارند. اگر در يك سرزمين متأثرازدگرگوني ناحيه اي به تناسب افزايش درجه دگرگوني گنايس، لپتينيت، ميگماتيت و سپس گرانيت داشته باشيم،گرانيت اخير رابايست يك آناتکسيت پوسته اي دانست(گرانيت آناتکسي).

امبرشيت(امبرکيت) نوعي ميگماتيت با ساخت چشمي است که حدفاصل بين چشمها بوسيله کانيهاي ورقه اي بسيار نازك(گاهي از نوع سوزني) پر شده باشد.

منظره اي از ارگ كلاه فرنگي بيرجند(قدمت قاجاريه)

www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com