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

سنگ شناسی دگرگونی

تعداد واحددرسی:

۲واحد تئوری و ۱واحدعملی

نام منبع درس:

سنگ شناسی دگرگونی – پیام نور

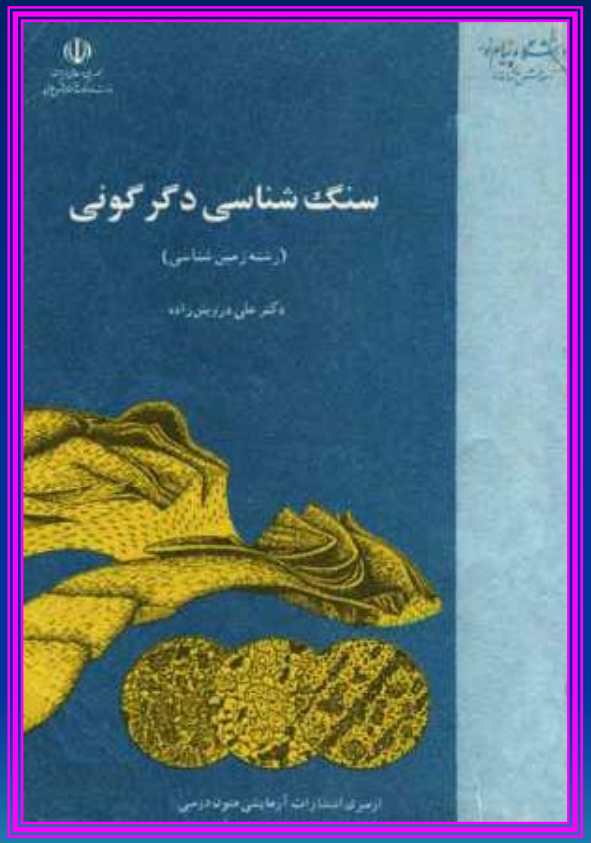
مولف درس:

دکتر علی درویش زاده

تهیه کننده:

جواد قانعی اردکانی

معرفی



کتاب **سنگ شناسی دگرگونی** به شناخت دگرگونی در مقیاس کرهٔ زمین و نمونه های دستی، همراه با شناخت اقسام دگرگونی، درجات و رخساره های دگرگونی پرداخته و از **دروس تخصصی** رشته **زمین شناسی** می باشد.

مطالب این درس در 7 فصل جداگانه مورد بررسی قرار می گیرد.

فهرست فصول:

- فصل اول: اصول وتعاریف
- فصل دوم: دگرشکلی سنگ ها
- فصل سوم: اقسام دگرگونی
- فصل چهارم: مجموعه کانیها یا پاراژنز
- فصل پنجم: درجه،زون،رخساره وتیپ های دگرگونی
- فصل ششم: بافت وساخت درسنگهای دگرگونی
- فصل هفتم: اقسام سنگهای دگرگونی

فصل اوّل

اصول و تعاریف

فصل اوّل

اهداف کلی:

۱- تعاریف مختلف دگرگونی و حد دگرگونی

۲- چگونگی تغییر و تبدیل در کانی ها و سنگها

۳- چگونگی ایجاد و تعادل در دگرگونی

٤- عوامل مؤثر در دگرگونی از قبیل فشـار درجـه حرارت

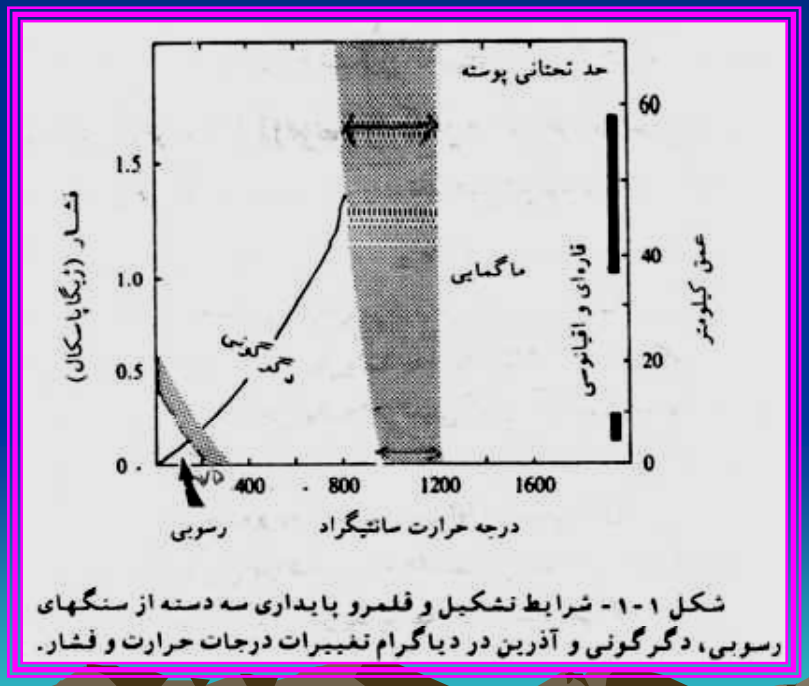
سنگهای دگرگونی

- سنگهایی که از تغییر شکل سنگهای قبلی(رسوبی، آذرین و دگرگونی) به علت تغییر شرایط فیزیکی(دما و فشار) یا شیمیایی در حالت جامد به وجود می آیند.
- بطور کلی دگرگونی پاسخی است که هر سنگ در مقابل تغییرات محیط شیمیایی یا فیزیکی بصورت تبلور مجدد و یا پدیدار شدن کانیهای جدید و تخریب بعضی دیگر تجلّی می کند.

حد دگرگونی

الف)حد زیرین:

مرز بین دیاژنز-هوازدگی با دگرگونی است که با ظهور کانیهایی نظیر لومونتیت و لاوسونیت و ... مشخص می شود.



شکل ۱-۱- شرایط تشکیل و فلمرو پایداری سه دسته از سنگهای رسوبی، دگرگونی و آذرین در دیاگرام تغییرات درجات حرارت و فشار.

حد و مرز آغاز دگرگونی در سنگهای مختلف متفاوت بوده و به ترکیب سنگ اولیه بستگی دارد.

ب)حد فوقانی:

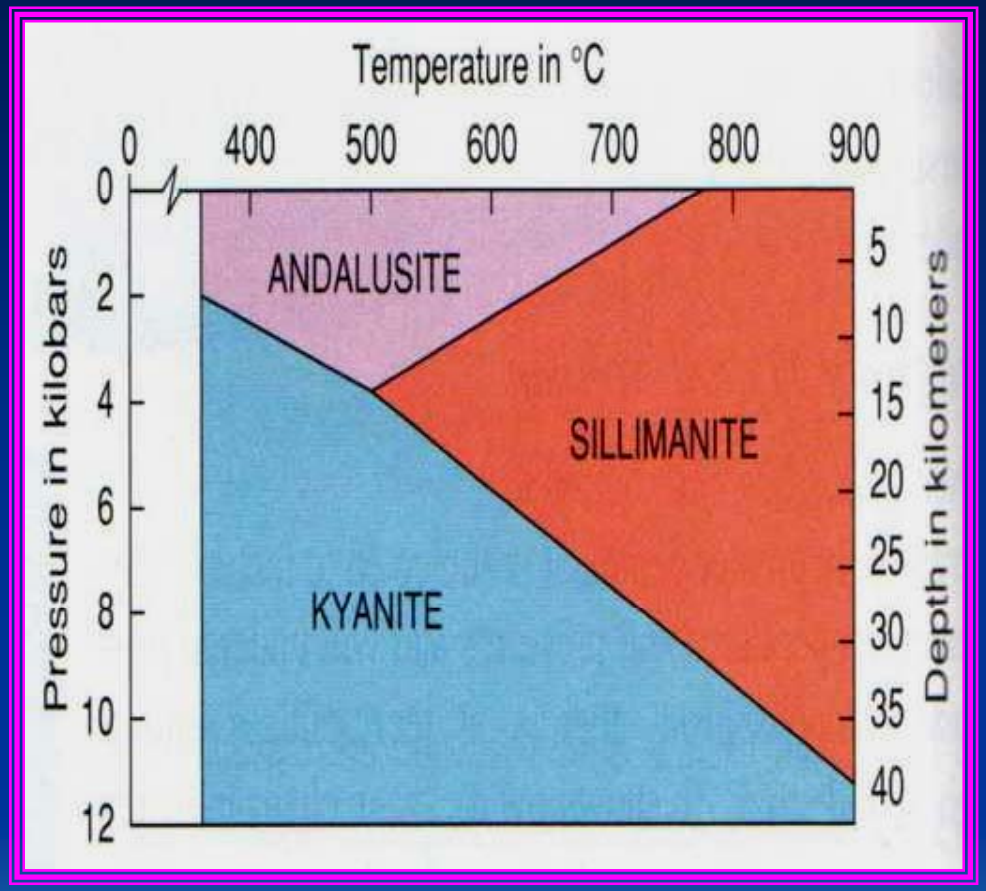
این حد با ظهور سنگهای **میگماتیت** مشخص می گردد.

چند شکلی(پلی مورفیسم)

- پدیده ای است که به موجب آن یک ماده ممکن است تحت شرایط فیزیکی متفاوت به بیش از یک شکل متبلور شود.
- اصولا شکلی از چند شکلی پایدار است که در شرایط فیزیکی خاص نظم و آرایش اتمی آن در حد کمترین انرژی انجام شود.
- برای تعیین شرایط فشار و دمای تشکیل سنگ، از **نمودارهای تغییر حالت چند شکلی ها** استفاده می شود.

❖برای مثال چند شکلی **آراگونیت- کلسیت** که کلسیت در شرایط حرارت و فشار معمول در سطح زمین متبلور شده ولی آراگونیت در درجه حرارت اتاق و فشار زیاد به وجود می آید.

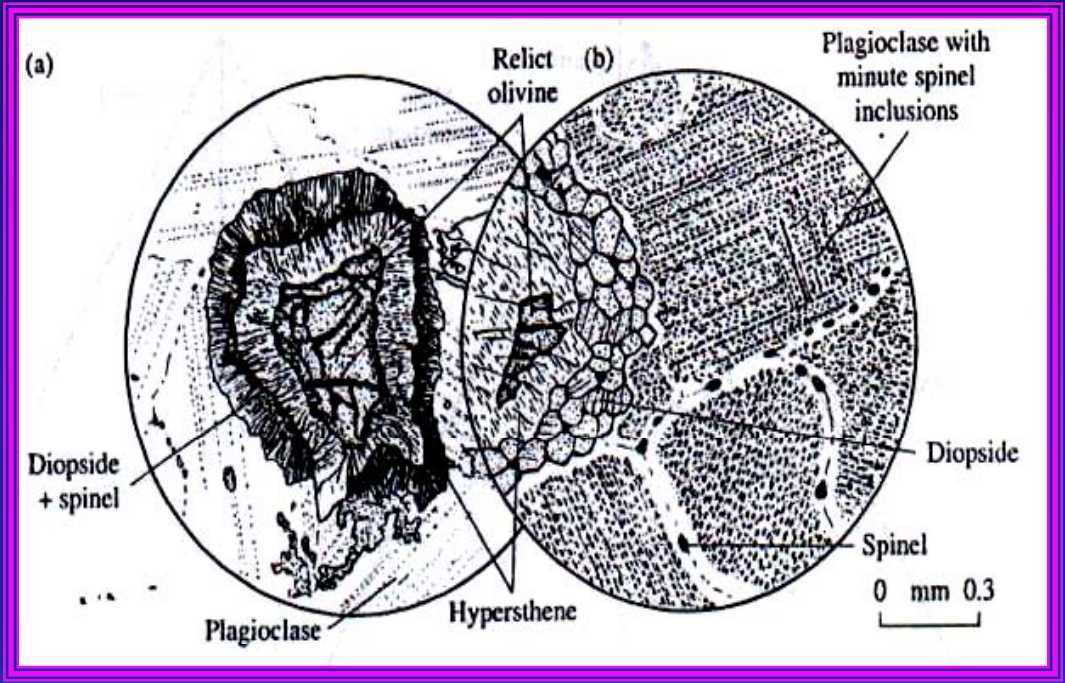
❖وجود آراگونیت در چشمه های آهکی و غارها به علت حضور **مقادیری از استرونسیوم و منیزیوم** به حالت یونی است.



❖متداولترین چند شکلی ها در سنگهای دگرگونی Al_2SiO_5 است که به نامهای **آندالوزیت**(کانی فشار و درجه حرارت کم)، **کیانیت** (کانی فشار زیاد و درجه حرارت کم)و **سیلیمانیت**(کانی فشار و درجه حرارت زیاد) معروفند.

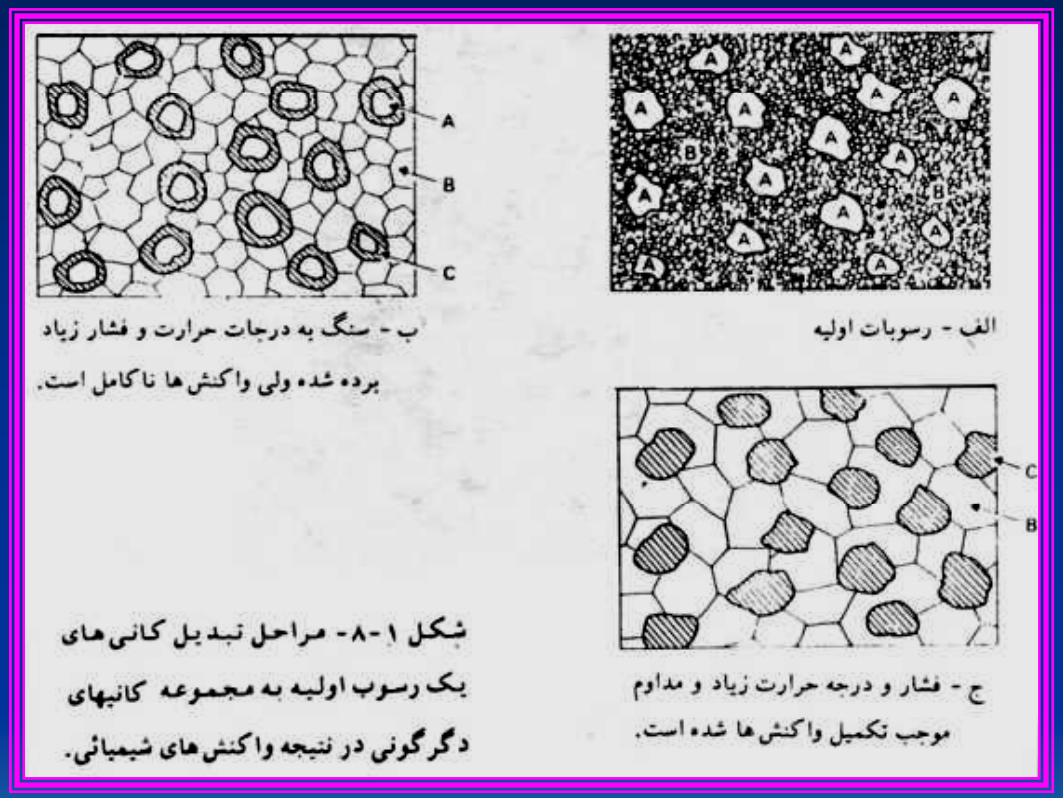
واکنشهای ناکامل در حالت جامد

هالـۀ واکنشـی نشـانۀ واکنشـــــــــــــــهای ناکامـل(نیمـه پایـدار) بـــوده کـــه کانیهـــای ناپایدار در هاله ای از کانیهـای پایـدار قـرار مـی گیرنـد. کانیهـای اخیر در نتیجۀ واکنش بـین کانیهـای مجـاور به وجود می آیند.



حاشیۀ کلیفیت دراکلوزیت

تعادل دگرگونی



شکل ۱-۸- مراحل تبدیل کانی های یک رسوب اولیه به مجموعه کانیهای دگرگونی در نتیجه واکنش های شیمیائی.

سنگی که در زمان طولانی تحت تأثیر درجه حرارت و فشار قرار گیرد به مجموعهٔ کانیهای جدیدی که در شرایط تازه پایدار بوده و دارای کمترین انرژی پتانسیل هستند، تبدیل می شود.

پاراژنز

مجموعهٔ کانیهایی است که شرایط تشکیل و پایداری آنها مشابه هم بوده و از نظر شیمیایی و ترمودینامیکی با هم در تعادل می باشند.

برای مثال هر مجموعه پاراژنزی به صورت زیر نوشته می شود:

کوارتز+آنورتیت+گرونا+دیوپسید

علائم تعادل در سنگها

- ✓بافت گرانوبلاستیک
- ✓مجموعهٔ کانیهای پاراژنز با مرز مشخص
- ✓بافت باید در نتیجهٔ تبلور دوباره در سنگ دگرگونی به وجود آید.
- ✓عدم وجود نشانه های منطقه بندی شیمیایی
- ✓عدم حالت جانشینی مانند حاشیهٔ واکنشی یا علائم دگرسانی در طول شکستگی های سنگ

محیط دگرگونی

در تحولات دگرگونی بلور جدید ضمن رشد با کنار زدن یا از بین بردن و یا جانشین شدن با مواد قبلی جای خود را باز می کنند.

عوامل مؤثر بر شکل کانی:

۱- قابلیت انعطاف پذیری کانی در محیط جامد

۲- بافت اولیهٔ سنگ

۳- فشارهای مختلف در محیط تشکیل سنگ دگرگونی

سیستمهای دگرگونی

الف) سیستم باز:

در طی عمل دگرگونی ترکیب شیمیایی تودهٔ سنگ تغییر کرده و مقداری ماده به آن اضافه یا کم می شود.

- این نوع دگرگونی را **آلوشیمیایی** گویند که شایع ترین آنها متاسوماتیسم است.

ب) سیستم بسته:

اگر در طی عمل دگرگونی ترکیب شیمیایی سنگ تغییر نکند و ثابت باقی بماند این نوع دگرگونی را **ایزوشیمیایی** یا **توپو شیمیایی** گویند.

- سیستم بسته ای واقعی وجود ندارد بلکه حالتی نسبی است.
- برای مثال هالهٔ دگرگونی توده های نفوذی هووالد در داخل شیستهای استیژ

عوامل دگرگون ساز

الف) عوامل فیزیکی:

مهمترین عوامل فیزیکی **فشار و درجه حرارت** است که هر کانی در فشار و درجه حرارت معینی تشکیل و در شرایط جدید ناپایدار بوده و برای رسیدن به شرایط تعادلی جدید به کانیهای دیگری تبدیل می شود.

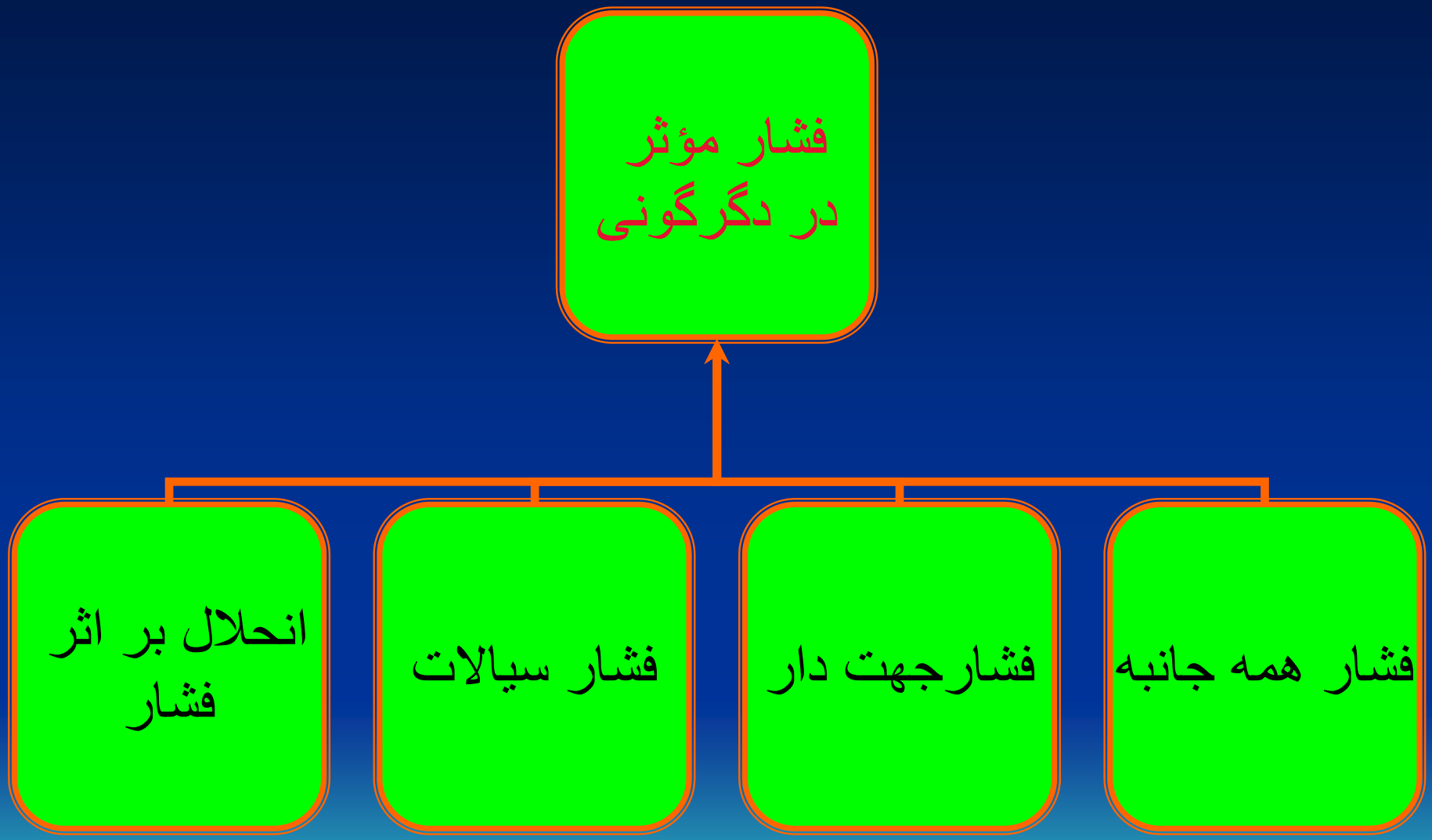
ب) عوامل شیمیایی:

شامل سیالاتی نظیر آب، مواد محلول در آب و سیال گازی می باشد.

- حضور آب، سرعت تبلور مجدد کانیها را افزایش می دهد و در واقع نقش کاتالیزور دارد.

ج) زمان:

در طی زمان لازم، فرایندهای دگرگونی به سمت کامل شدن و ایجاد تعادل ترمودینامیکی پیش می روند.


فشار مؤثر
در دگرگونی
فشار همه جانبه
فشارجهت دار
فشار سیالات
انحلال بر اثر
فشار

فشار همه جانبه

فشاری است که به طور یکسان از هر طرف به یک نقطه وارد می شود.

الف) فشار هیدروستاتیک: فشار آب بر روی یک نقطه که معادل وزن ارتفاع آب در بالای آن نقطه است.

ب) فشار لیتواستاتیک(PL): این فشار ناشی از وزن سنگهای فوقانی است و از رابطهٔ زیر به دست می آید:

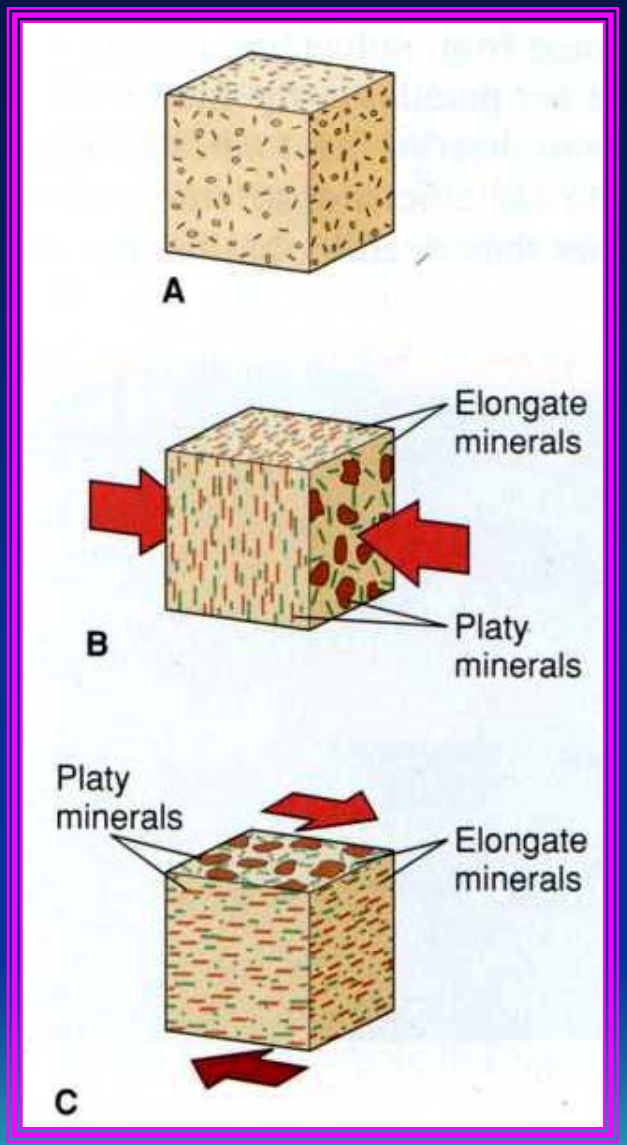
$$P = dgz$$

P فشار لیتواستاتیک، Z عمق ، g شتاب ثقل و d چگالی سنگها است.

عملکرد فشار لیتواستاتیک:

- ✓ماده را متراکم و وزن حجمی را زیاد می کند.
- ✓با افزایش تراکم، سرعت عبور امواج زلزله سریعتر می گردد.
- ✓درجه حرارت ذوب کانیها و سنگها را افزایش می دهد.

فشار جهت دار



فشـار وارده بـر سـنگها در بعضـی جهات بیشتر از جهـات دیگـر اسـت. این فشار ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ هـزار بـار بیشتر از فشار لیتواستاتیک است.

عملکرد فشار جهت دار:

- ✓تورق جدید در سنگها
- ✓گسیختگی و شکسـتگی (سـنگهای شکننده)
- ✓چـین خـوردگی (تغییـر شـکل پلاستیک)

فشار سیالات

فشاری که مواد فرار موجود در منافذ یـا شـکافهای ریـز سنگها بر سنگ اعمال می کنند.

عملکرد فشار سیالات، همانند فشار لیتواستاتیک است.

رابطهٔ بین فشار سیالات و لیتواستاتیک:

الف) $P_f > p_l$: ایجاد شکستگی در سنگها

ب) $P_f = p_l$: رابطـهٔ بین عمق و فشار لیتواستاتیک برقرار است.

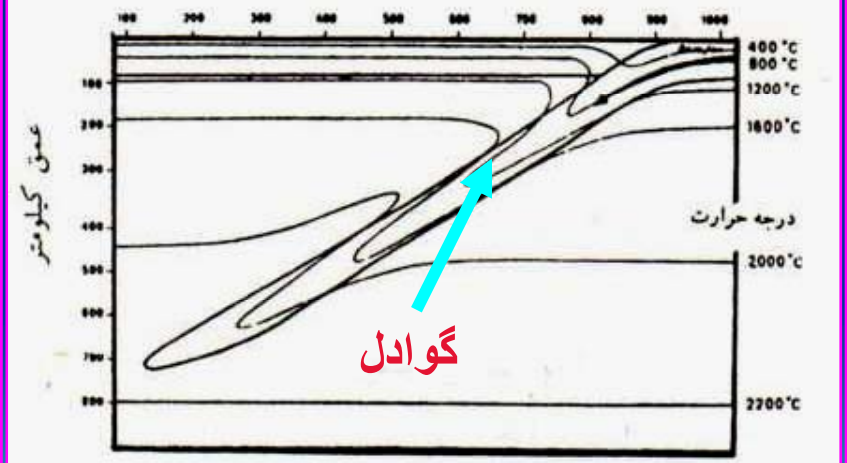
ج) $P_f < p_l$: در اعماق زیاد در دگرگونی درجات شدید مانند رخسارهٔ گرانولیت و اکلوژیت مشاهده می شود.

انحلال بر اثر فشار

- این پدیده را می توان ادغامی از عملکرد فشار جهت دار و فشار سیالات در نظر گرفت.
- کانی تحت تأثیر فشار جهت دار در جهت بیشترین فشار(پر انرژی)، انحلال و در جهت عمود بر آن رشد و تبلور می یابد.
- در اثر انحلال ناشی از فشار کانیهایی مانند کوارتز که به پهن و مسطح تغییر شکل می یابند.

نقش درجهٔ حرارت

- جریان حرارتی عبارت از میزان گرمایی است که در واحد زمان از سطح زمین خارج می شود.
- این جریان در نقاط مختلف زمین متفاوت بوده بطوریکه در اقیانوسها بیشتر از قاره ها است.



شکل ۱-۱۰- وضعیت هندسی منحنی های هم گرما در مناطق فرورانش

- در اقیانوسها محورهای برآمدهٔ وسط آنها جریان بیشتری داشته و در امتداد گودالها به حداقل می رسد.

عملکرد درجه حرارت در دگرگونی

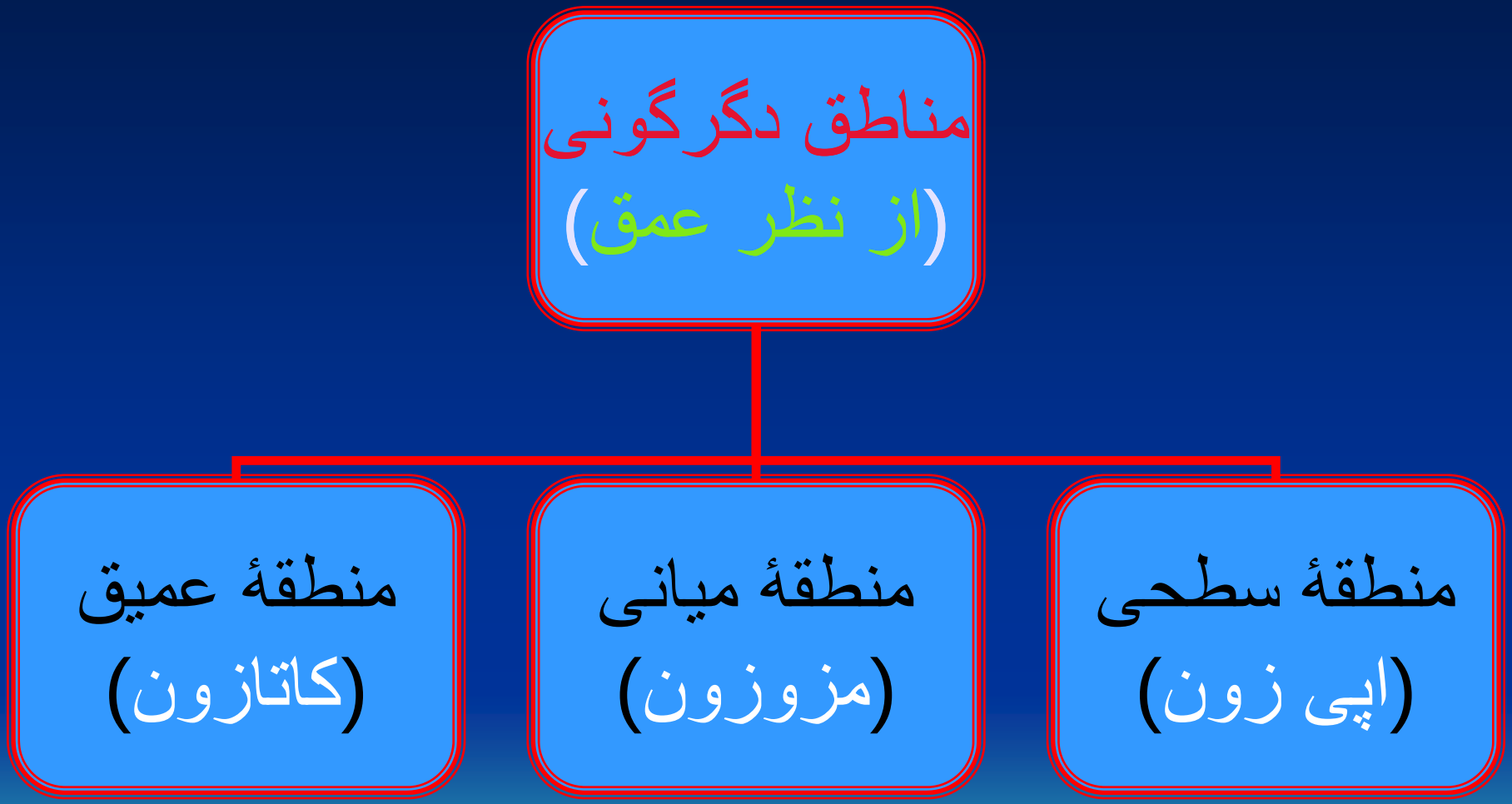
۱- منظـور از دگرگـونی درجـات شـدید، بیشـتر افزایش درجهٔ حرارت است تا فشار

۲- پختن آجـر در کـوره هـای آجرپـزی در نتیجـهٔ اقزایش حرارت، نوعی دگرگونی حرارتی اسـت کـه نظیر آن درنتیجهٔ حرکت گدازه ها در سـطح زمـین به وقوع می پیوندد.

۳- بسیاری از واکنشهای دگرگونی در درجهٔ حرارت زیاد و در اعماق زمین اتفاق می افتد.

٤ - گرما موجب تحرک مواد سیال شده که نقش مهمی را در دگرگونی به عهده دارد به ویژه در دگرگونی مجاورتی که موجب خشک شدن رسوبات در نقاط مجاور تودهٔ نفوذی شده و نفوذ همین آب در نقاط دیگر موجب **دگرگونی هیدروترمال** می شود.

۵- در سنگهای درونی زمین به علت گرمای دریافتی دارای خاصیت انعطاف پذیری بیشتری بوده و تحت تأثیر فشار جهت دار حالت خمیری پیدا کرده که درایجاد تغییر شکلها و دگرگونی های ناحیه ای اهمیت بسیاری دارد.


مناطق دگرگونی
(از نظر عمق)
منطقهٔ سطحی
(اپی زون)
منطقهٔ میانی
(مزوزون)
منطقهٔ عمیق
(کاتازون)

منطقهٔ سطحی(اپی زون)

- بالاترین زون دگرگونی
- درجه حرارت کم تا متوسط(300 >)
- فشار هیدرواستاتیک کم
- فشارجهت دار شدید و موجب خرد شدگی
- فعالیت دگرسانی شیمیایی با حضور آب زیاد و در نتیجه تشکیل سیلیکاتهای آبدار و کربناته
- سنگهای اصلی: اسلیت، فیلیت، سریسیت شیست،کلریت شیست
- سطح تماس توده های آذرین با سنگهای مجاور مشخص وهمراه با زون برشی

منطقهٔ میانی(مزوزون)

- عمق متوسط، درجه حرارت حدود ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد
- فشار هیدرواستاتیک و جهت دارمتوسط
- بسیاری از شیستها و بعضی آمفیبولیتها در این منطقه به وجود می آید.
- سطح تماس توده های آذرین با سنگ مجاور ناگهانی تا تدریجی

منطقهٔ عمیق(کاتازون)

- پایین ترین عمق دگرگونی در داخل زمین
- درجهٔ حرارت بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد
- فشار هیدرواستاتیک زیاد و حرکات خشک شدگی کم یا هیچ
- سطح تماس توده با سنگهای مجاور نامشخص
- فعالیت متاسوماتیسم کم یا هیچ
- سنگهای حاصله آمفیبولیتهای درجهٔ شدید، گنیس

و ...

فصل دوّم

دگرشکلی سنگها

فصل دوّم

اهداف کلی:

۱- قابلیت تغییر شکل لیتوسفر و چگونگی ایجاد این دگرشکلی در پوسته زمین

۲- چگونگی ایجاد دگرشکلی ها و استرس

۳- عوامل مؤثر در تغییر شکل سنگها و نتایج حاصل از آنها

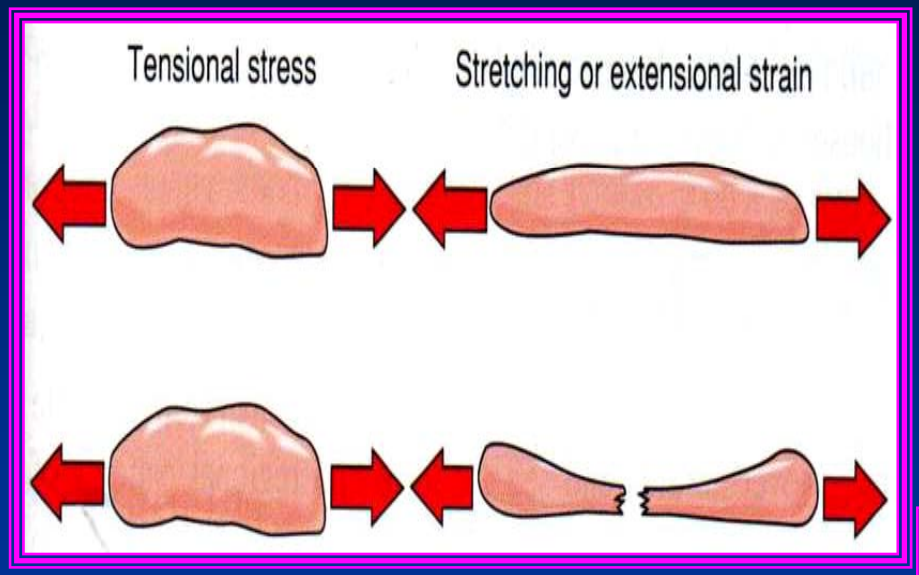
اقسام دگرشکلی

الف) دگرشکلی الاستیکی: جسم پس از برداشت نیرو، شکل و اندازه اولیه خود را بدست آورد. مانند عبور امواج زلزله در زمین

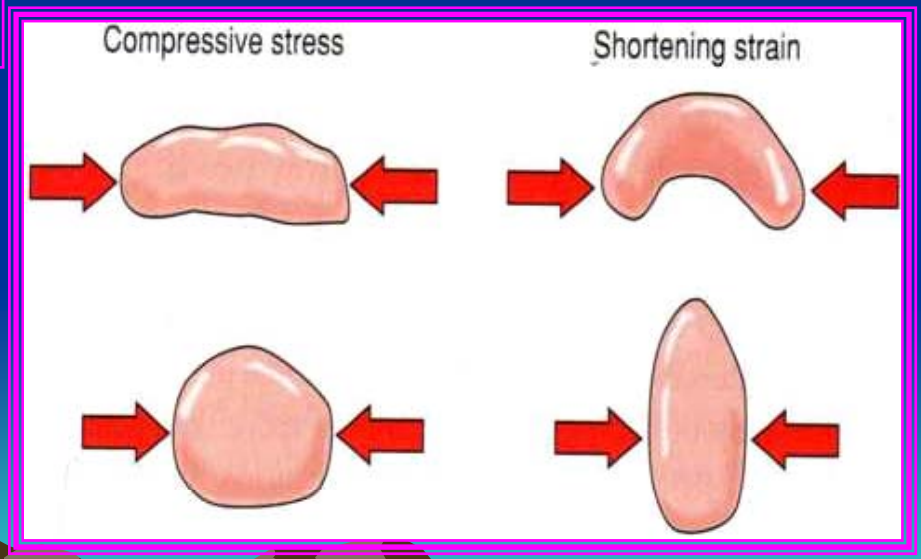
ب) دگرشکلی پلاستیک: وقتی مقدار نیرو از حد خاصی تجاوز کند جسم به حالت اولیه خود باز نمی گردد.

ج) دگرشکلی شکننده: حالتی که نیرو بیش از مقاومت نهایی جسم بوده و می شکند.

انواع استرس

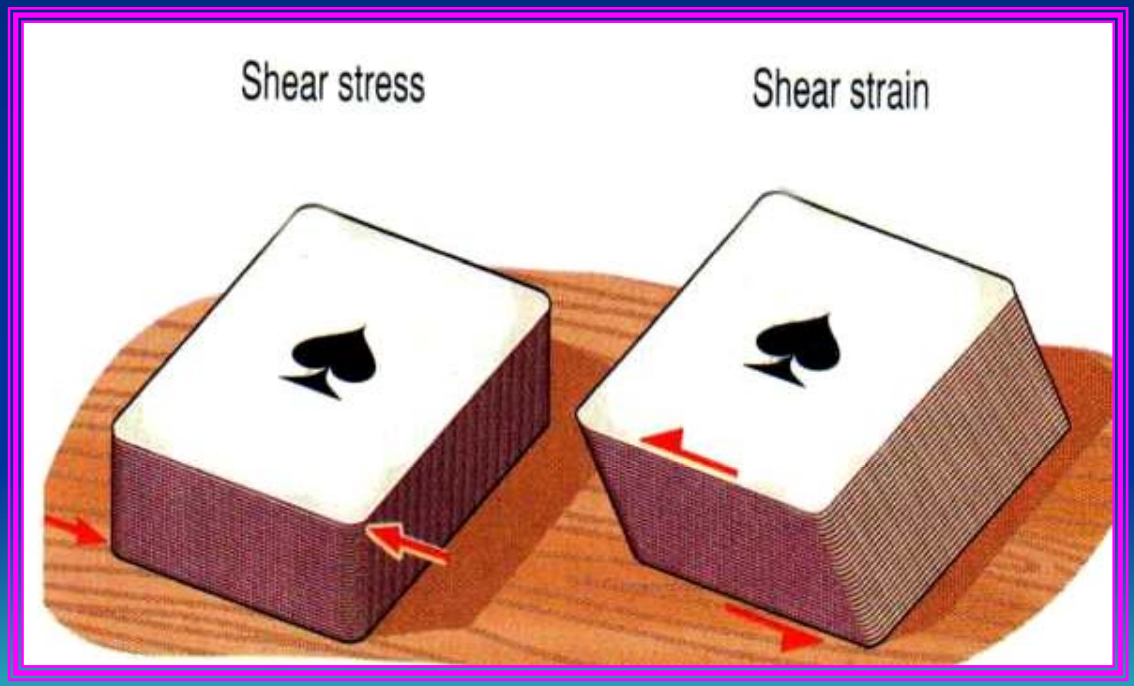


۱- **کششـــی**: افـزایش حجـم ماده، مانند ساخت سوسیسی



2- فشـردگی: کـاهش حجـم و ایجاد چین خوردگی

3- لغزشی(برشی): تغییر شکل بدون تغییر حجم با افزایش فشار همه جانبه، سنگ تدریجا از حالت شکنندگی خارج و به صورت شکل پذیر در می آید.

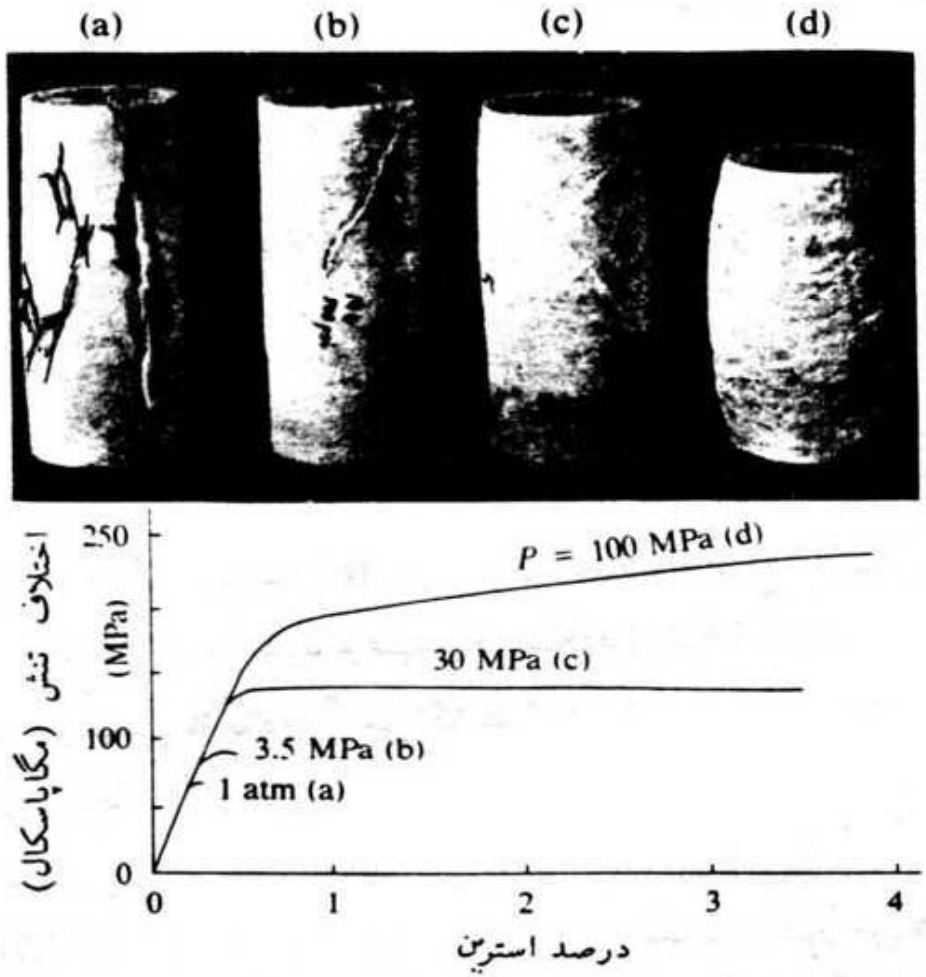


عملکرد استرسهای متفاوت در رفتار سنگ تحت فشار همه جانبه،

۱- در فشار همه جانبهٔ یک اتمسفر: با افزایش استرس در جهت قائم، سنگ رفتاری شکننده دارد(a).

۲- در فشار همه جانبهٔ ۵/۳: مانع گسترش شکستگی کششی ولی باعث سهولت شکستگی لغزشی می شود(b).

۳- در فشار همه جانبه در حد معین: دگرشکلی الاستیک و در نهایت حالت خزش(c) بوجود می آید.



شکل ۲-۲- در شکل بالا استوانه هایی از مرمر دیده می شود که در شرایط آزمایشگاه، به ازاء افزایش اختلاف تنش ($\sigma 1-p$) رفتار آن از حالت شکنندگی به حالت خمیری تبدیل شده است.

٤- با افزایش فشـــار همـــه جانبه بیشتر دگـــر شـــکلی پلاســـــتیک داریم(d).

عوامل مؤثر در تغییر شکل سنگها

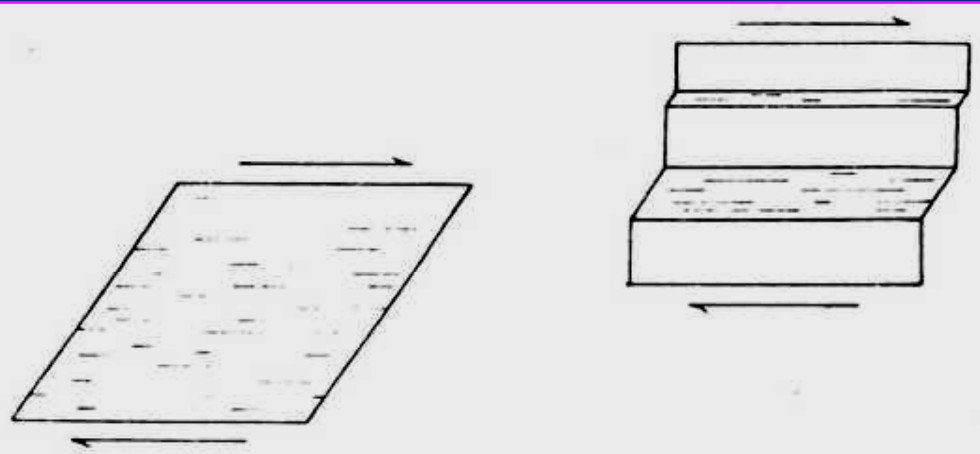
۱- **فشار**: با افزایش فشـار همـه جانبـه، مقـدار جریان جامدو مقاومت شکنندگی سنگ زیـادتر می شود.

۲- **درجهٔ حرارت**: افزایش درجه حرارت باعـث تسریع تغییر شکل و حالـت پلاسـتیکی سـنگها می شود.

۳- **زمان:** هرقدرنیروی وارد بر سنگها کم، ولی در زمان طولانی اثر نماید، مقاومت سنگها زیاد می شود برای مثال پدیدهٔ کریپ

۴- **محلولها:** وجود خلل و فرج در سنگها که حاوی مواد محلول می باشد موجب سهولت تغییر شکل شده و به ویژه در تبلور دوبارهٔ کانیها اهمیت بسزایی دارد.

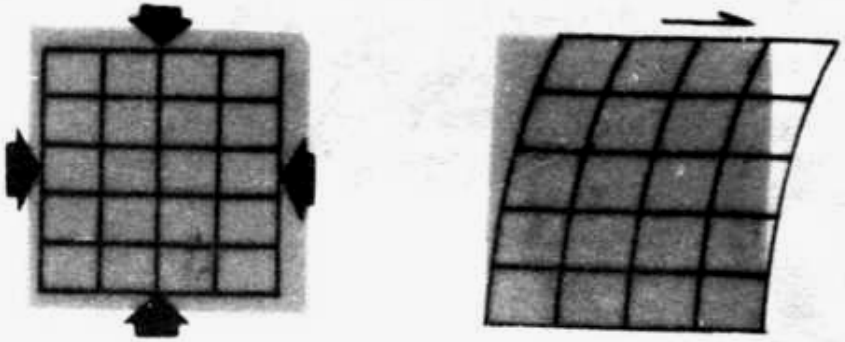
۵- عامل غیر یکنواختی سنگ: اگر سنگهای لایه لایه تحت تأثیر استرس قرار گیرند در سه جهت فضایی بطور ناهماهنگ عمل کرده و موجب تغییر شکل می شوند.



شکل ۲-٤- به علت یکنواختی (عامل انیزوتروپی) ماده در سمت راست، دگر شکلی لغزشی به صورت ناهماهنگ بروز کرده است ولی در سمت چپ، دگرشکلی لغزشی یکنواخت ایجاد شده است.

تغییر شکل کانیهای سنگ

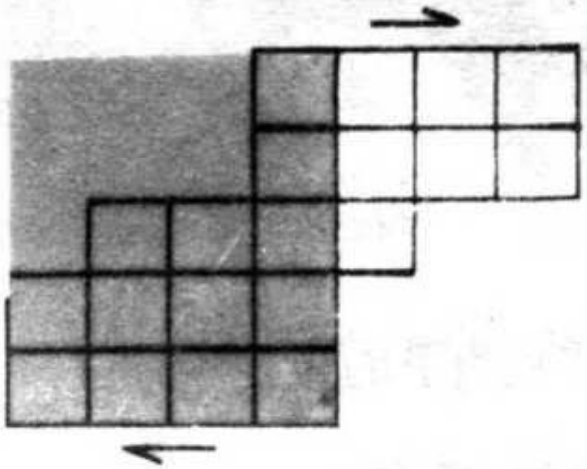
۱- **تغییر شکل الاستیک:** ردیفهای اتمی تغییر شکل پیدا کرده و فاصله بین اتمی آنها کوچکتر و بزرگتر می شود.



ب - تغییر شکل الاستیک بر اثر فشارهای همه جانبه فاصله بین اتمی کوچکتر شده است. (سمت چپ)
ولی بر اثر فشارهای جهت دار ردیف های اتمی تغییر شکل داده‌اند (سمت راست)

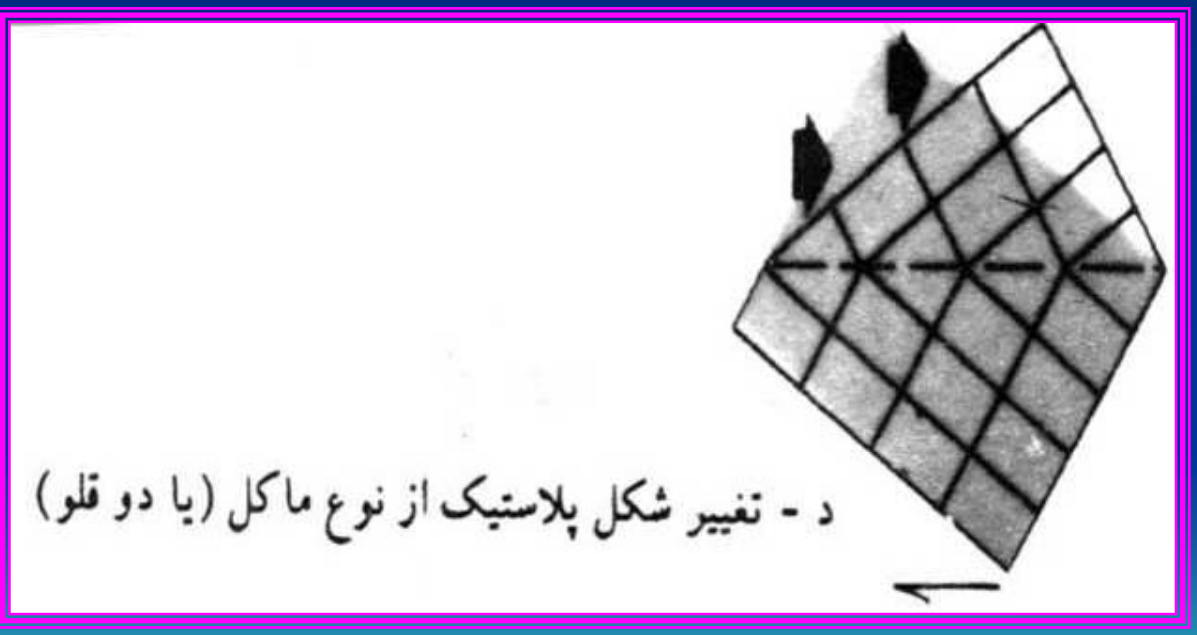
۲- تغییر شکل پلاستیک:

الف) لغزش انتقالی: این تغییر شکل با لغزش در جهت بلور شناسی صورت گرفته و در نتیجه شکل خارجی بلور و بافت سنگ تغییر کرده و کانی جدیدی به وجود نمی آید.



ج - تغییر شکل پلاستیک که با لغزش در جهات بلورشناسی انجام شده است.

ب)لغـزش دوقلـویی یامـاکلی: بخشـی از سـاختمان نسبت به بخـش مجـاور جابجـا شـده ولـی بـه حالـت متقـارن بـاقی مـی مانـد. مانـنـد ماکـل تکـراری در پلاژیوکلاز و کربناتها



اقسام دگرشکلی ها در سنگهای دگرگونی

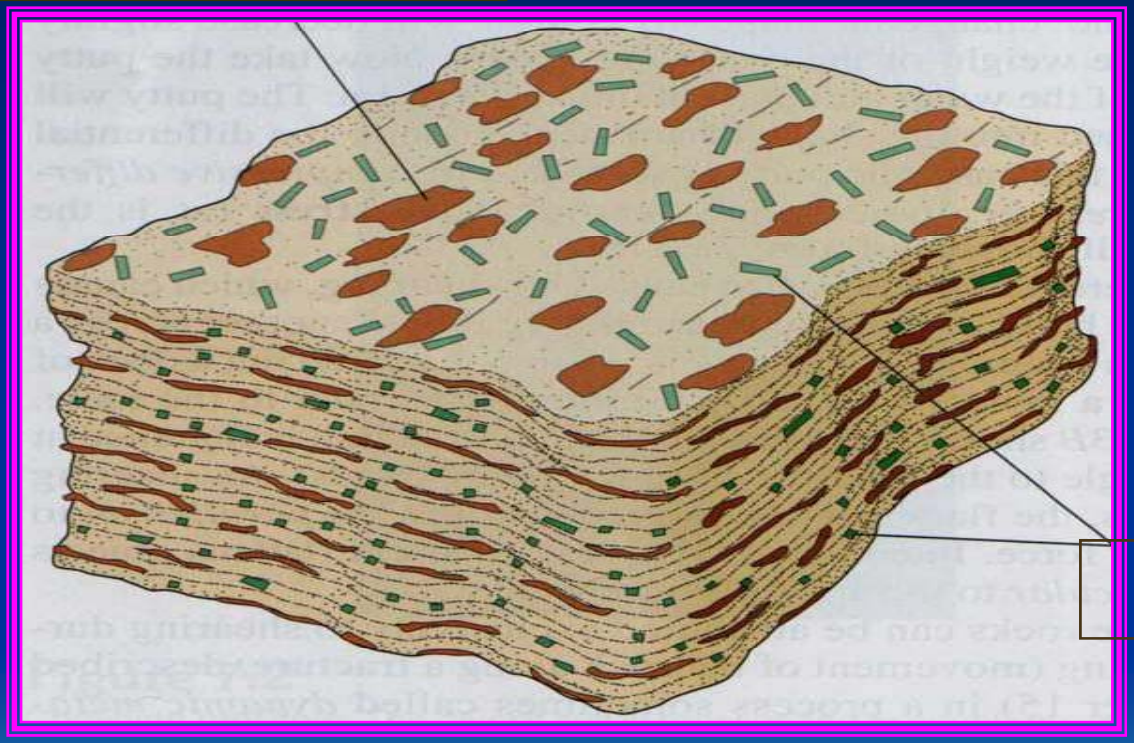
الف) جهت یافتگی فیزیکی(کاتاکلاستیک):

اگر استرس اعمال شده بر سنگ در یک جهت بیشتر از قدرت شکستگی سنگ باشد، سنگ به صورت یک ماده شکننده گسیخته می شود و **میلونیت** از نمونهٔ بارز آن است.

ب) جهت یافتگی شیمیایی:

بر اثر انتقال ماده یا جهت یافتگی برتر کانیها در نتیجه فرایندهای شیمیایی کانیهای صفحه ای مانند میکاها (فابریک لپیدوبلاستی) و منشوری (فابریک نماتوبلاستی) مانند آمفیبولها در امتداد محور تحویل خود جهت دار شده و کمابیش به موازات هم قرار می گیرد.

کانیهای صفحه ای میکا



کانیهای منشوری آمفبول

راههای انتشار ماده از محل پر انرژی (ناپایدار) به کم انرژی(پایدار)

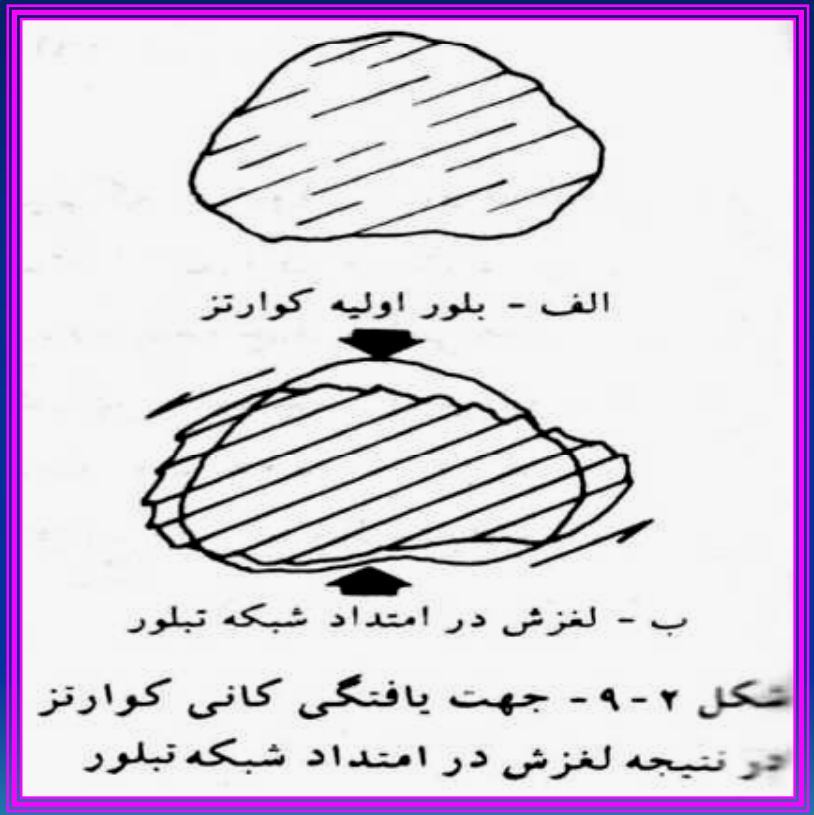
۱- از خلل شبکه

۲- از قشر خارجی دانه ها

۳- از طریق سیالات احاطه کننده

شکل ۲-۷- نحو انتشار ماده از ناحیه پرانرژی

مکانیسم جهت یافتگی دانه های سازندهٔ سنگ در یک محیط تکتونیکی

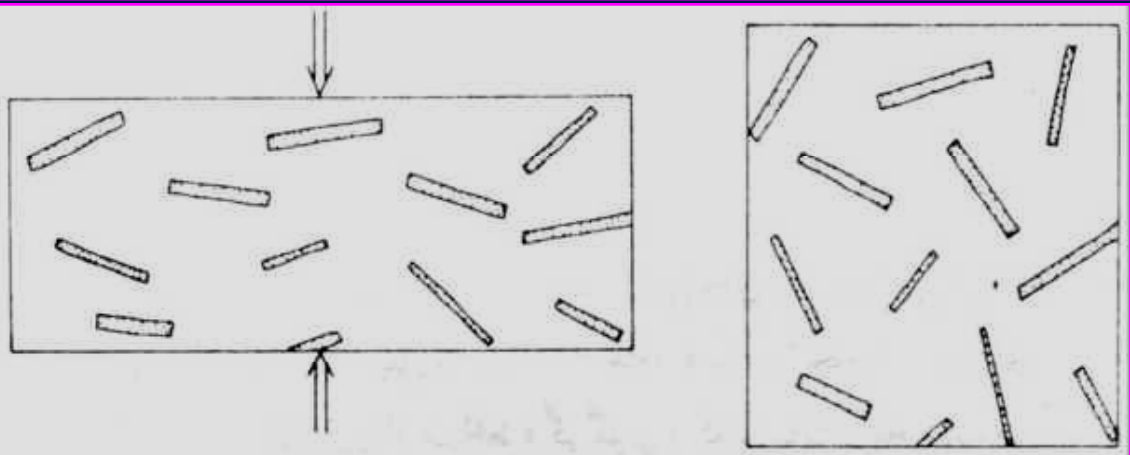


شکل ۲-۹- جهت یافتگی کانی کوارتز در نتیجه لغزش در امتداد شبکه تبلور

الف)دگرشکلی پلاستیک در مقیاس شبکهٔ تبلور

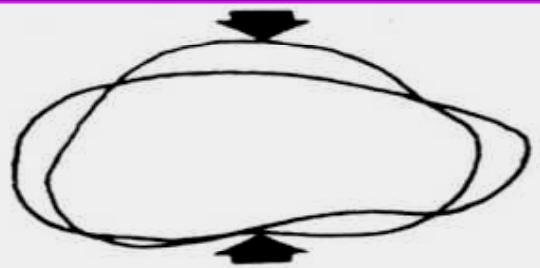
ب)پیدایش هسته های تبلور و رشد دانه ها در جهت معین

ج)چـــــــــــرخش کانیهـــای مختلـــف البعد و مقاوم



شکل ۲-۸- در یک ماده نرم یا شکل پذیر کانیهای مقاوم در امتداد جهت جریان یعنی عمود بر جهت بزرگترس استرس (جهت فلش در شکل) قرار می گیرند.

د)جریان تراوشی یا انحـلال بـر اثـر فشار



شکل ۲-۱۰- پهن شدگی بلور متساوی البعد کوارتز در نتیجه جریان تراوشی

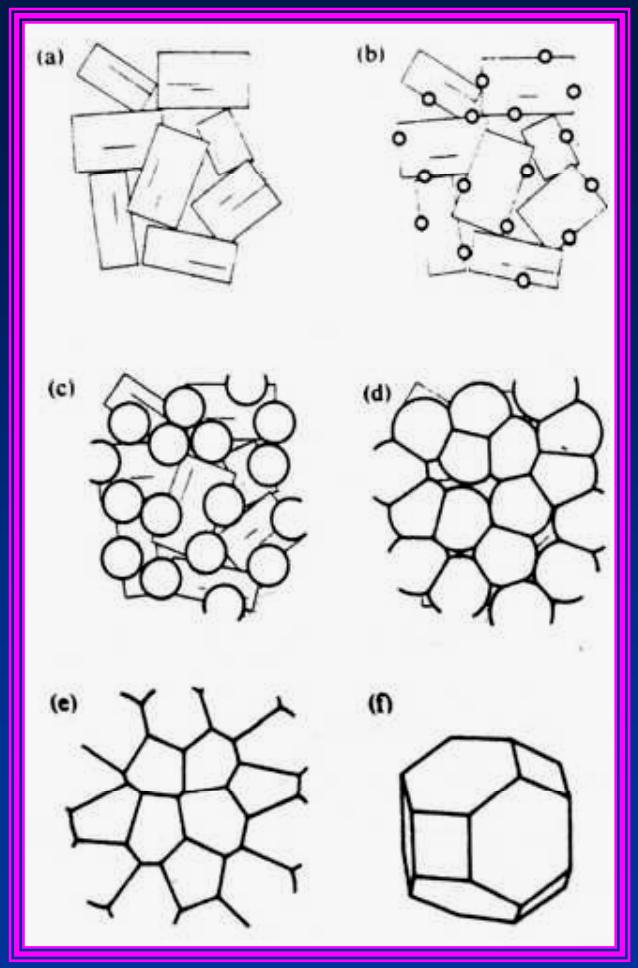
رشد بلور درحالت جامد

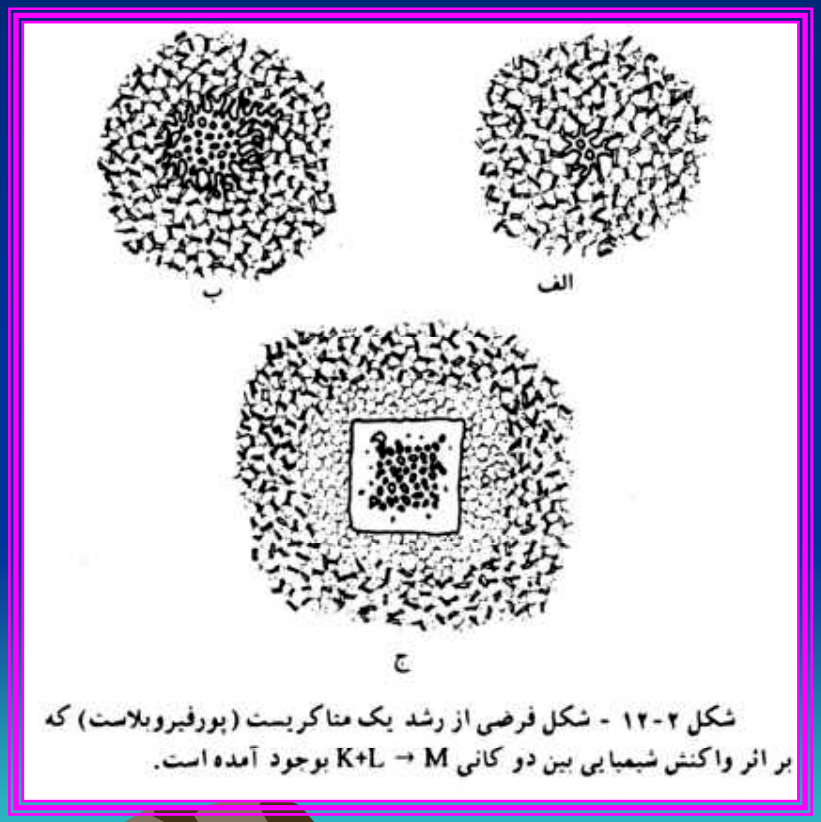
رشد بلورها در حالت جامد پاسخی در جهت کاهش انرژی کل محیط است و در مجموع شامل:

- پیدایش نطفه کانی های نوظهور و رشد آنها است که این کانی ها در شرایط جدید پایدارتر هستند.
- تغییر یا تنظیم حدود کانیهای قدیمی و ایجاد اشکال جدید که از نظر اندازه و فرم پایدارترند.

حالتهای فوق به این طریق انجام شدنی است:

- افـزایش دمـا: بـرای مثـال تشـکیل مجموعهٔ کریستالوبلاستی





شکل ۲-۱۲ - شکل فرضی از رشد یک متاکریست (پورفیروبلاست) که بر اثر واکنش شیمیایی بین دو کانی K+L → M بوجود آمده است.

- واکنشهای شیمیایی:برای مثال رشد یک متاکریست بر اثر واکنش شیمیایی

مکانیسم رشد کانیها

- تراوشی
- کنکرسیونی
- جانشینی

رشد تراوشی

- در این حالت بلورها در فضای خالی داخل سنگ تشکیل می شوند.
- فضای خالی ممکن است اولیه(در یک ماسه سنگ دانه درشت)یا ثانویه در نتیجهٔ فشارهای جهت دار به وجود آید.
- برای مثال: ایجاد ساخت نواری و عدسی ها یا نوارهای کوارتز در میکا شیستها

رشد کنکرسیونی

- در این حالت فضای رشد بلورها با کنار زدن بلورها و مواد مجاور تأمین می شود.
- نیروی تبلورکانیها باعث خرد شدن و کنار زدن می گردد.
- در تشکیل نطفه یک بلور جدید شرایط فیزیکی-شیمیایی و محیط فوق اشباع از ماده لازم است.
- اصولا ساخت چشمی در نتیجهٔ این رشد به وجود می آید.

رشد جانشینی

- در این حالت ، کانی جانشین حجمی می شود که قبلا به وسیلهٔ کانی دیگری اشغال شده که این مسألهٔ بسیار پیچیده ای است.
- در فشار ثابت با افزایش درجه حرارت سیلیماتیت جانشین دیستن می شود.

- در دگرگونی پیش رونده: به علت حجم کمتر جانشینی معمولا به ندرت اتفاق می افتد.
- در دگرگونی قهقرایی: بیشترعکس این پدیده به چشم می خورد برای مثال جانشینی کلریت به جای گرونا و...
- از پدیده های جانشینی وجود انکلوزیون و ساخت پوئی کیلوبلاستیک می باشد.

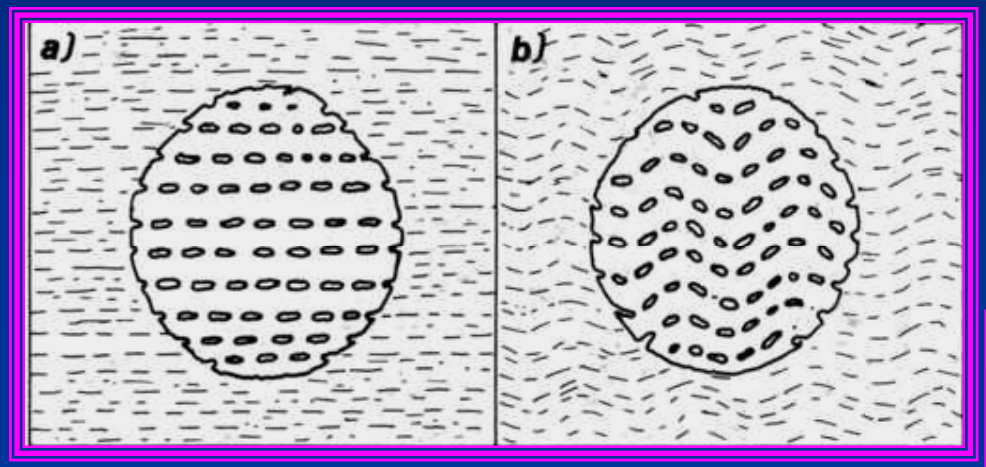
رابطهٔ زمانی بین دگرشکلی و دگرگونی

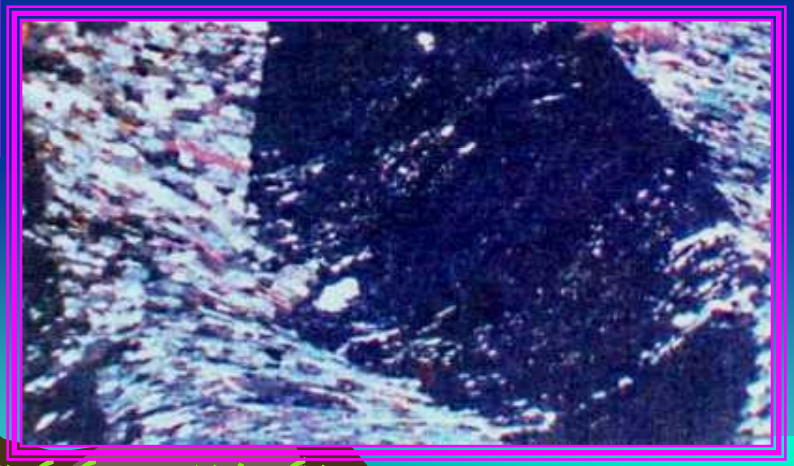
اصولا پورفیرو بلاستها نسبت به کانیهای زمینه، دارای استحکام بیشتر و در نتیجه در مقابل تغییر شکل مقاومت زیادتری ازخود نشان می دهند.

رابطهٔ بین فولاسیون زمینه و دانه های پورفیرو بلاست:

الف) رشد پورفیروبلاستها بعد از حادثهٔ تکتونیکی:

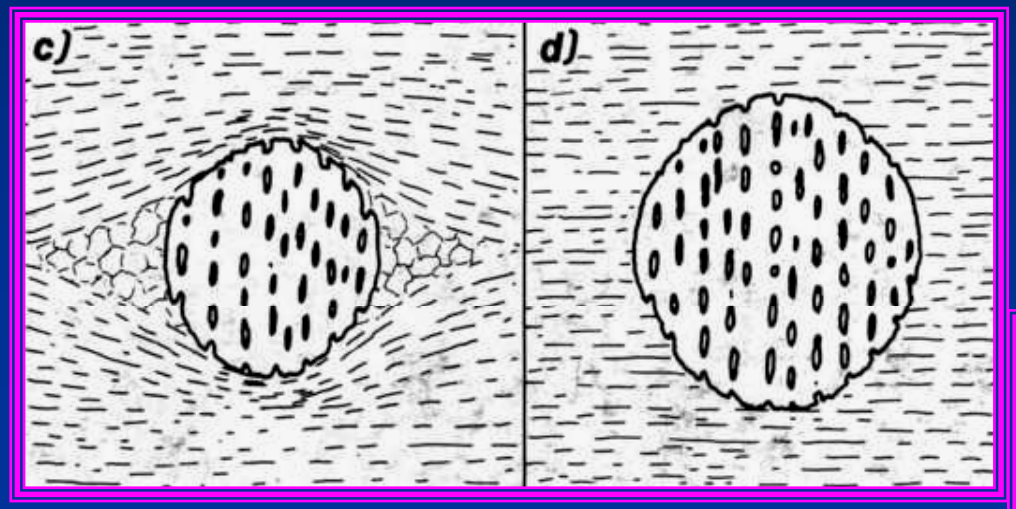
- پورفیروبلاست دارای بافت پوئی کیلوبلاستی است.
- شیستوزیتهٔ داخلی و خارجی هم جهت و در یک امتداد و حادثهٔ تکتونیکی بعد از رشد اتفاق نیفتاده است.

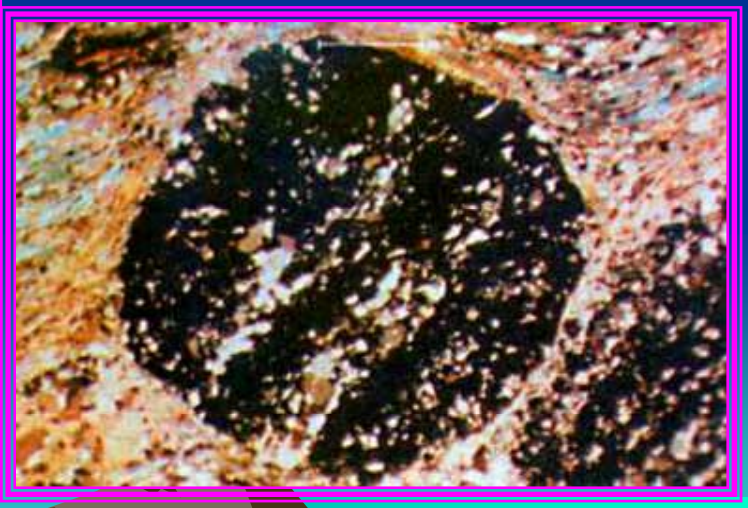




ب)انکلازیون پورفیروبلاست نشانهٔ دو دگرگونی:

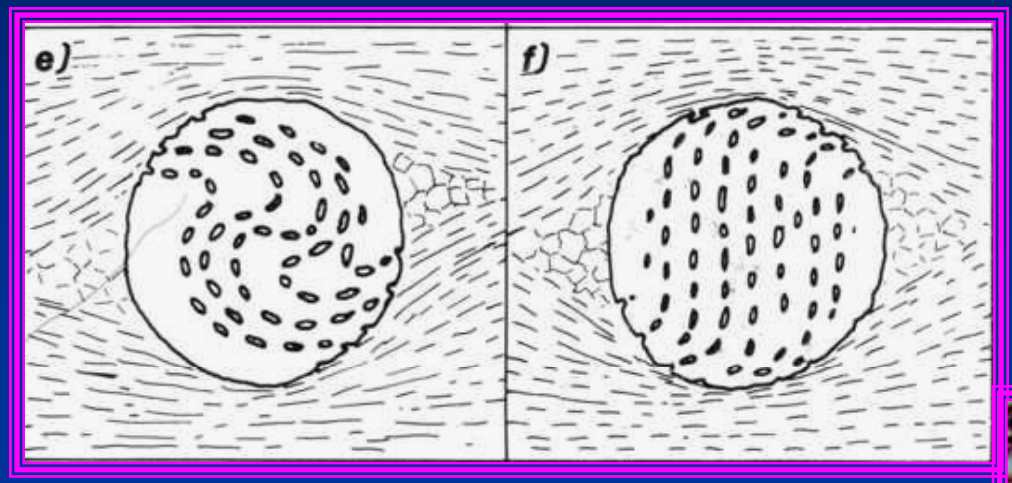
- تفاوت شیستوزیته داخلی و خارجی
- رشد پورفیروبلاست قبل از شیستوزیته خارجی



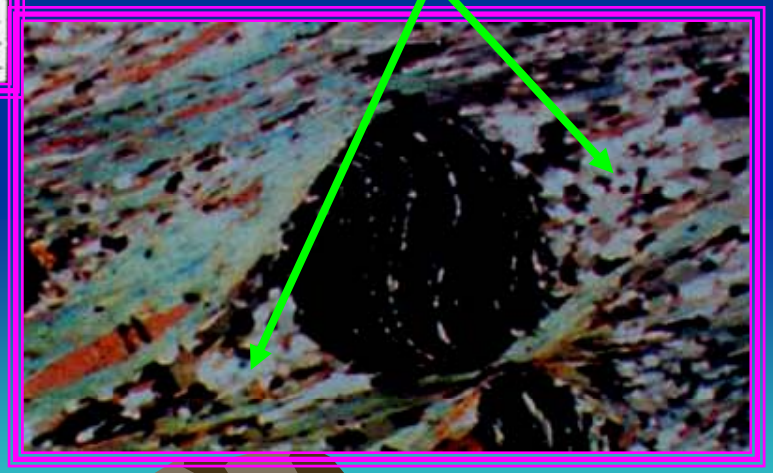


ج) پورفیروبلاستهای همزمان با تکتونیک:

- انکلوزیونهای موجود در پورفیروبلاست حالت تاب خورده داشته و چرخش آنها در ضمن رشد به صورت گلوله برفی می باشد



رشد در سایهٔ کانیها



فصل سوّم

اقسام دگرگونی

فصل سوّم

اهداف کلی:

۱- انواع دگرگونی با توجه به مقیاس آنها

۲- دگرگونیهایی که در مقیاس کوچک وجود داشته و قابل نقشه برداری نیستند.

۳- دگرگونیهایی که در مقیاس بزرگ وجود داشته و قابل نقشه برداری می باشند.

٤- شناخت دگرگونیهای(دینامیکی، انباشتی، زیر کف اقیانوسها و ...)

انواع دگرگونی
(از نظروسعت)

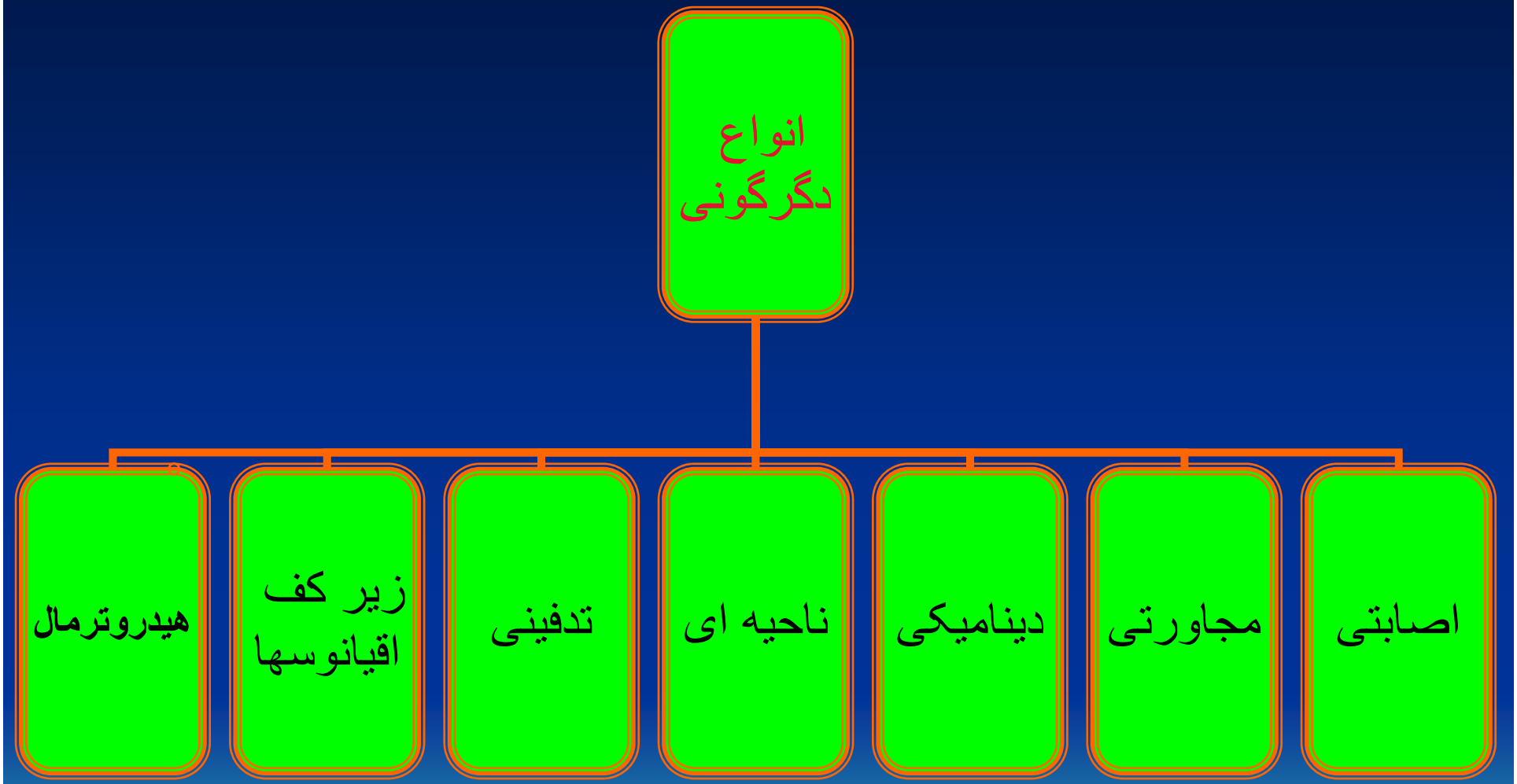
الف) با ابعاد محدود و محلی:

مجاورتی، اصابتی

ب) در مقیاس بزرگ و قابل نقشه برداری:

ناحیه ای، تدفینی، کف اقیانوسها

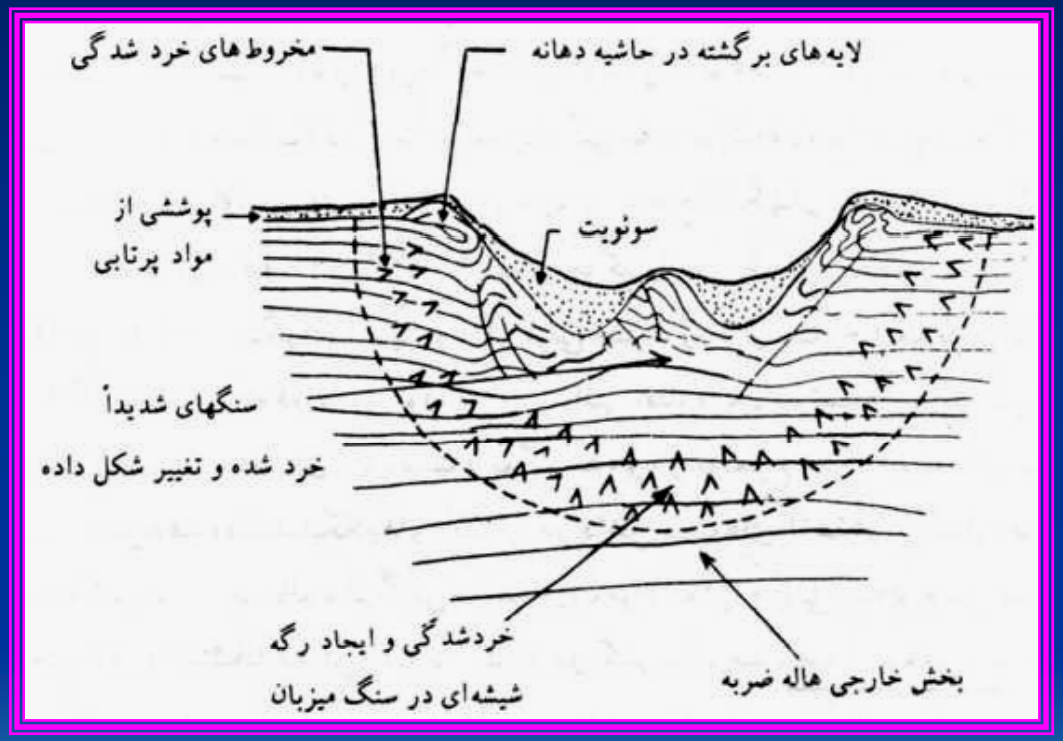
به جز دگرگونی های اصابتی، سایر اقسام دگرگونی با همدیگر و با حرکت صفحات لیتوسفری زمین در ارتباط می باشند.


انواع
دگرگونی
اصابتی
مجاورتی
دینامیکی
ناحیه ای
تدفینی
زیر کف
اقیانوسها
هیدروترمال

دگرگونی اصابتی

نوعی از دگرگونی دینامیکی که بصورت **ساختمانهای دایره ای شکل** در نتیجهٔ برخورد سنگهای آسمانی یا نتیجهٔ انفجارهای هسته ای بوجود می آید.

نشانه های دگرگونی اصابتی



- تشکیل دهانه یا بر جستگی در محل برخورد (شبیه برخورد قطرهٔ آب به سطح زمین)
- ایجاد امواج ضربه ای و تشکیل مخروطهای خرد شدگی
- تشکیل کانیهای فشار بالا مانند کوئزیت و استی شوویت

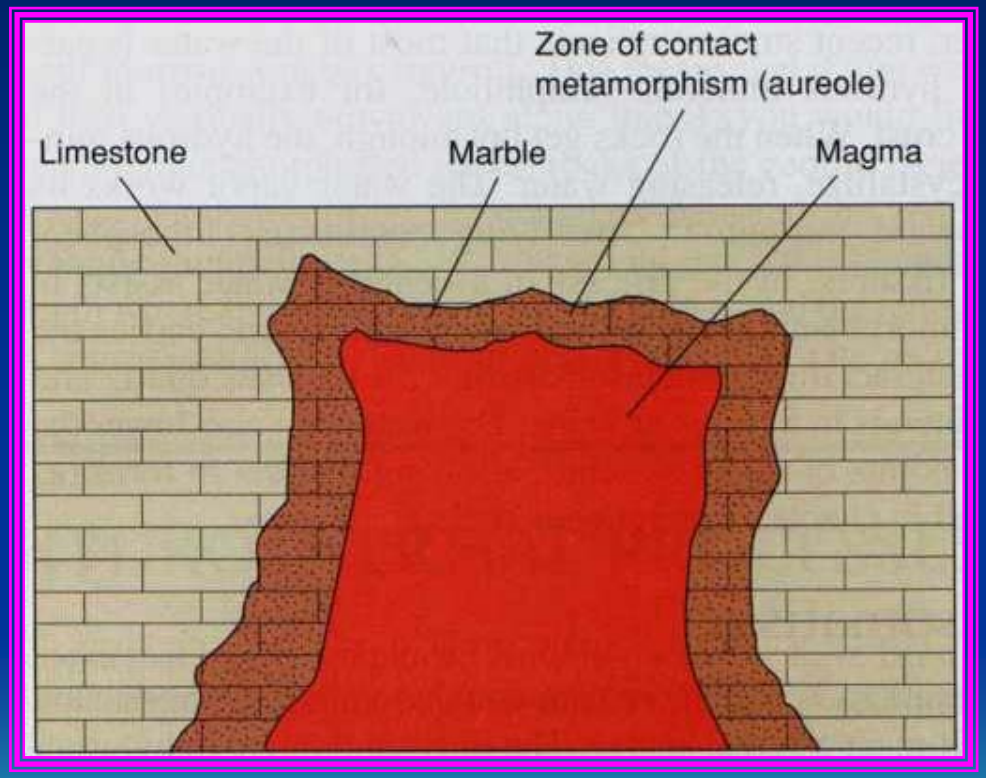
دگرگونی مجاورتی

- این دگرگونی دارای دامنهٔ محدود و منجر به تشکیل سنگهای دگرگونی در مجاورت توده های نفوذی می شود.
- عوامل مؤثربراین دگرگونی:

دما، ترکیب شیمیایی تودهٔ نفوذی و سنگهای میزبان و نوع سیالاتی که از ماگما خارج می شوند.

- غالبا در دگرگونیهای مجاورتی هورنفلس به وجود می آید.

هالهٔ دگرگونی

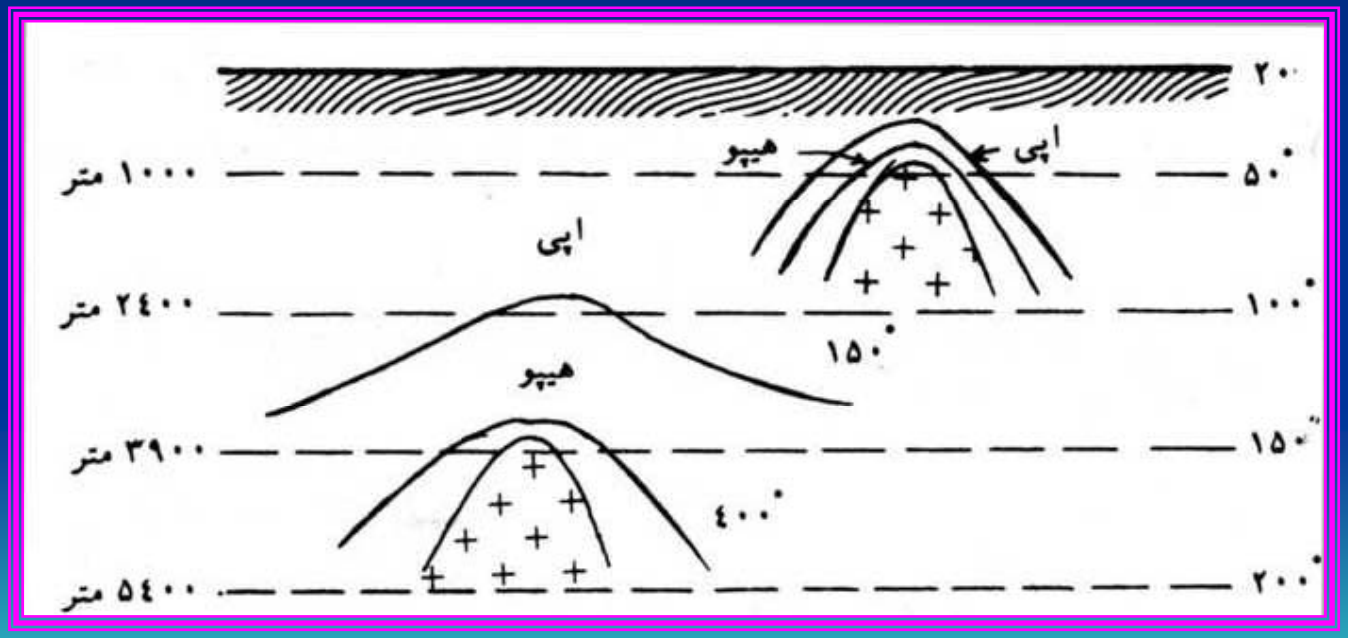


هالهٔ دگرگونی، حالت منطقه بندی است که نتیجهٔ تغییرات بافتی وکانی شناسی می باشد و **ضخامت آن بستگی دارد به:**

الف)وضع هندسی تودهٔ نفوذی: حجم، نوع تودهٔ مذاب، عمق استقرار

ب)سنگ میزبان: نوع، دما، وضع لایه بندی، سیالات(آب و...) و تراوایی آن

مشخص بودن هالهٔ دگرگونی بستگی به عمق تودهٔ نفوذی دارد بطوریکه در اپی زون یا مزوزون هاله های منطقه ای جالبی بوجود می آیند ولی ضخامت کمتری خواهند داشت.

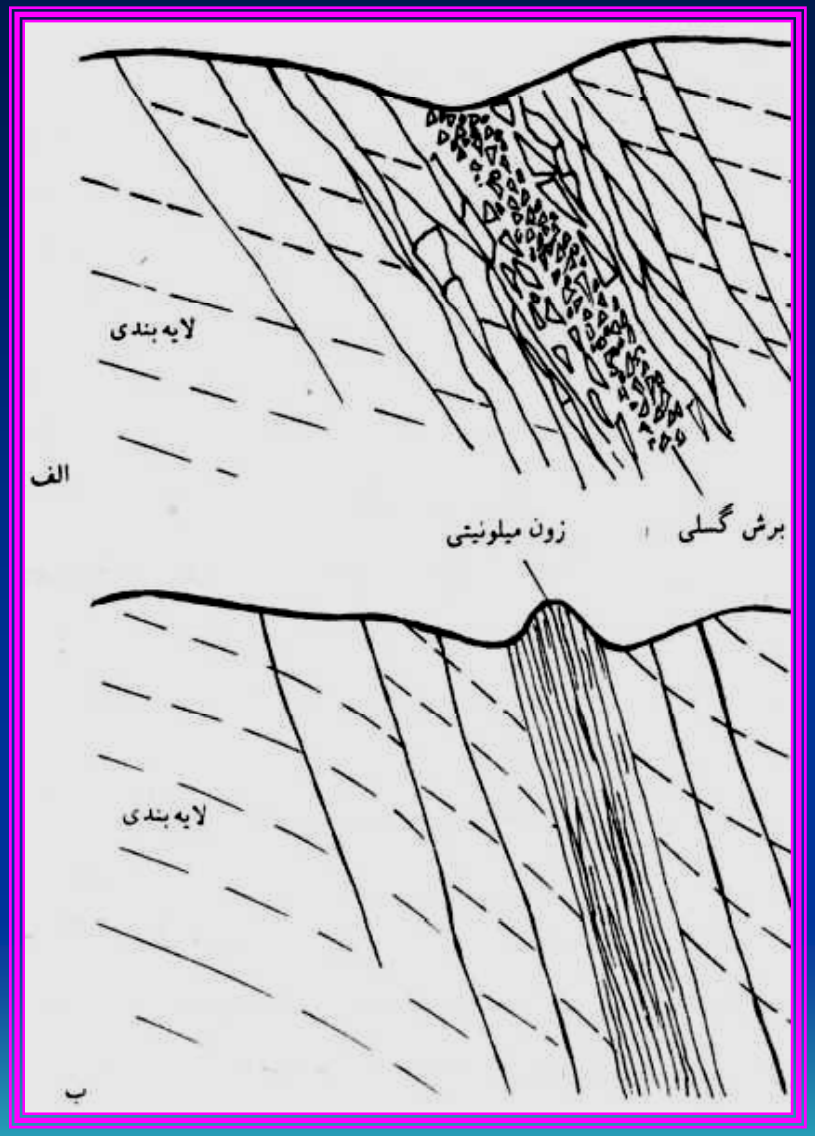


دگرگونی دینامیکی

این دگرگونی در ارتباط با سطوح گسلی بزرگ یا روراندگی های مهم قابل مشاهده است.

ذوب مالشی یا اصطکاکی:

سنگها تحت تأثیر حرکات مکانیکی ممکن است به علت گرمای اصطکاک، تبلور مجدد یافته و نیز گاهی ذوب شده و تشکیل سنگهای پسدوتاکی لیتی را دهد.



گوژ گسلی:

بر اثر فرسایش و تخریب سریع برش گسلی و تبدیل آن به مادهٔ رسی که در آن قطعات درشت پراکنده اند، گوژ گسلی به وجود می آید.

نوع سنگ میزبان پیرامون گسل:

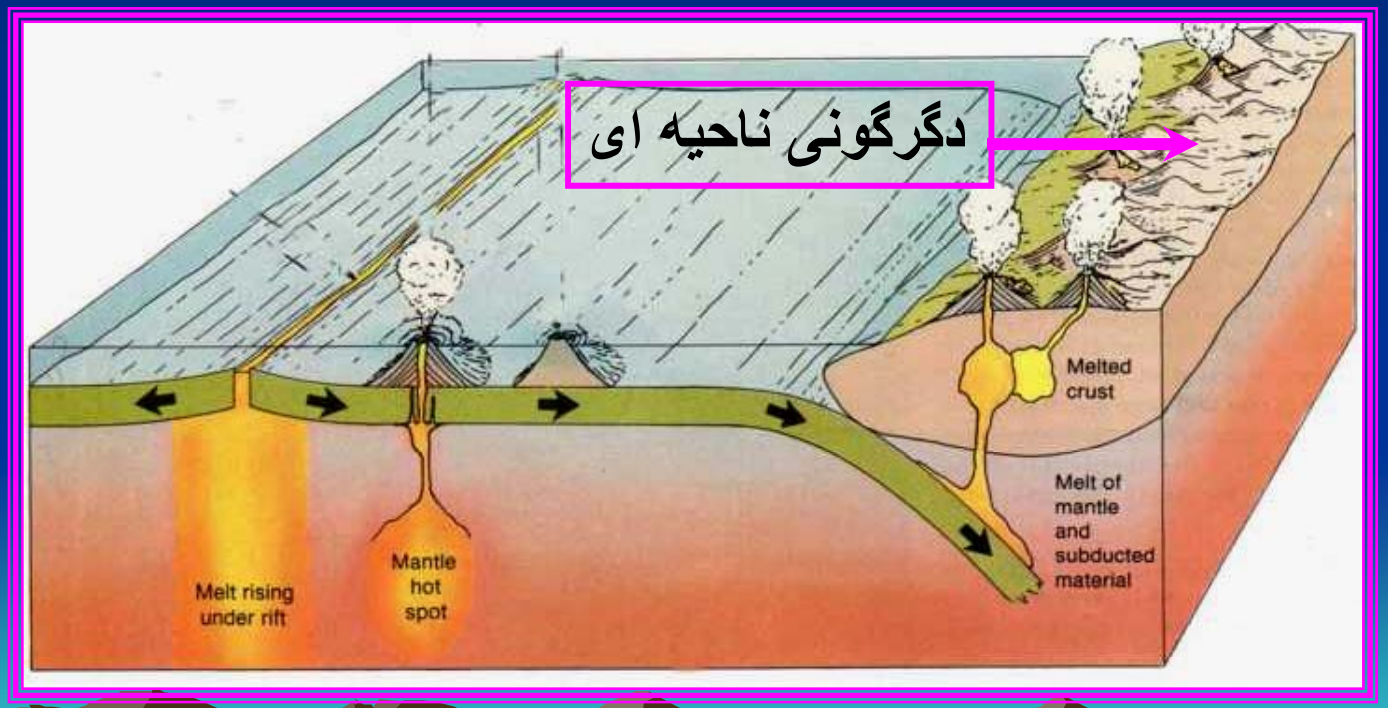
۱- سنگهای توده ای شکل و مقاوم(کوارتزیت و گرانیت و...): تشکیل میلونیت

۲- سنگ میزبان از نوع شیل، اسلیت یا شیست: تشکیل فیلونیت

دگرگونی ناحیه ای

- وسعت و گسترش زیاد و خاص نوارهای کوهزایی
- همزمان با تکتونیک(سن تکتونیک)
- دارا بودن فابریک آنیزوتروپی(فولیاسیون، شیستوزیته و...)
- درجات دگرگونی مختلف
- لازمهٔ ایجاد آن تغییرات فشار جهت دار و درجه حرارت

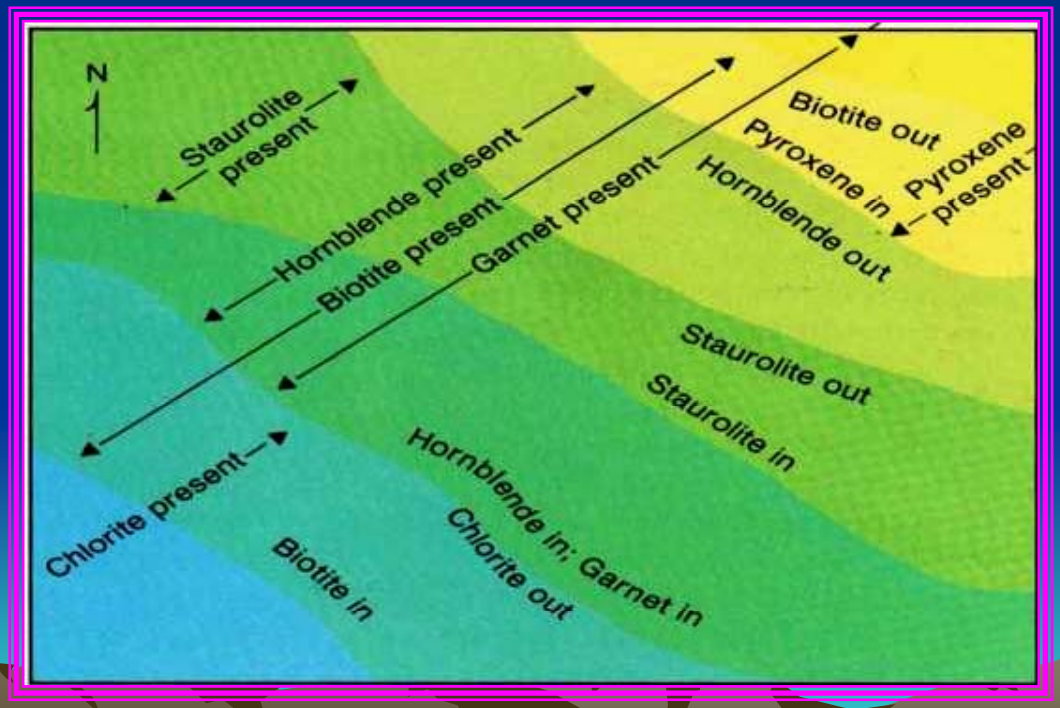
در گسترش این نوع دگرگونی وضعیت هندسی صفحات، سرعت و میزان همگرایی آنها، نوع صفحات و فرایندهای حرارتی صادره از آستنوسفر و لیتوسفر مؤثر است.



زونهای دگرگونی

مناطقی را که می توان با کمک کانیهای ردیاب مشخص و حتی نقشه برداری کرد.

در سنگهای پلیتی بوسیلهٔ **تیلی** زونهای زیر به ترتیب از درجه ضعیف به شدید ارائه گردید:



- کلریت
- بیویت
- گرونا
- استروتید
- دیستن
- سیلیمانیت

دگرگونی تدفینی

- عامل این دگرگونی درجه حرارت و فشار ناشی از وزن طبقات فوقانی
- عدم ارتباط با کوهزایی و توده های نفوذی
- محفوظ ماندن ساخت اولیه سنگ و تغییر ترکیب کانی شناسی
- فقدان ساخت جهت دار و فابریک آنیزوتروپی نشانهٔ فشار همه جانبه
- تبلورکانیهای جدید بموازات لایه بندی اولیه

دگرگونی زیر کف اقیانوسها

- این دگرگونی در مجاورت ریفتهای داخل اقیانوسی دیده می شود و دارای وسعت و گستردگی زیادی است.
- نوع سنگهای دگرگونی شامل شیست سبز، سرپانتیت و ندرتا آمفیبولیت می باشد.
- عدم وجود رخسارهٔ پرهنیت- پومپله ایت در بین رخسارهٔ زئولیت و شیست سبز به دلیل عملکرد ناچیز فشار در این نوع دگرگونی است.

چگونگی تشکیل:

آب دو درجه با Ph نزدیک به ۸ پس از نفوذ در داخل شکستگی ها به جوش آمده و همراه با افزایش دما و انحلال گازهای So_2 تدریجا حالت اسیدی پیدا می کند و باعث دگرسانی کانیها و ورود عناصر بصورت محلول در آب دریا می شود.

دگرگونی هیدروترمال

فعل و انفعالاتی است که بین سیالات داغ با سنگهای اطراف انجام می شود و به موجب آن بعضی از مواد این سیالات به سنگ مجاور وارد و بعضی دیگر از آن خارج شده و موجب تشکیل کانیهای جدید می گردد که به آن **دگرگونی یا دگرسانی هیدروترمال** می گویند.

انواع دگرسانی
(متاسوماتیسم)

الف) انتشاری: مواد سازنده در بین حفره های ساکن در جهتی که تمرکز آن کم باشد منتشر می شود.

ب) تراوشی: مواد در حفره هابصورت محلول حرکت نموده و در سنگهای اطراف نفوذ می کند.

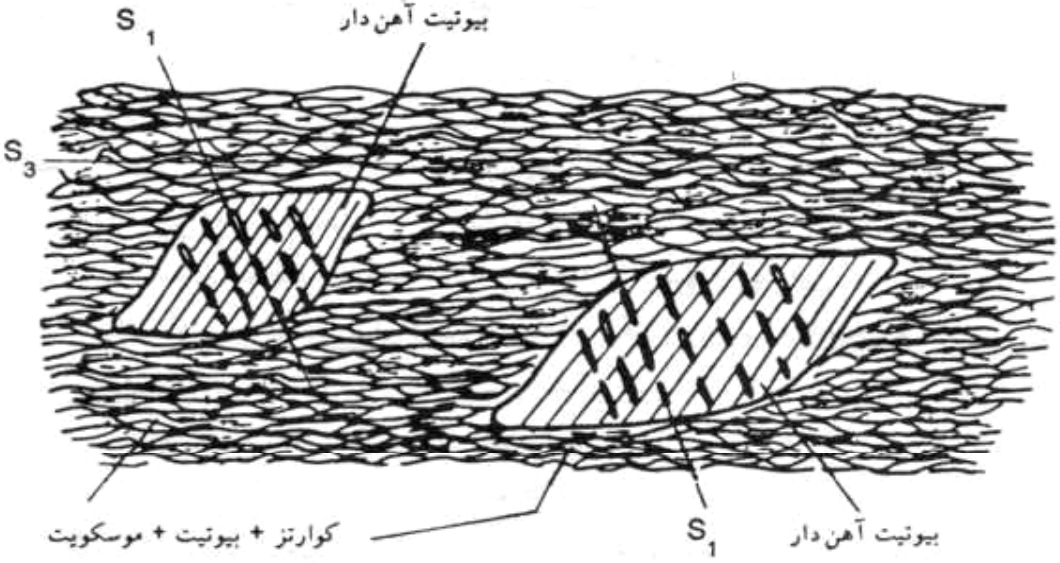
دگرسانی فینیتی شدن

پدیده ای است که در اطراف توده های نفوذی کربناتیتی صورت گرفته و ناشی از نشت سیالات از این نوع ماگما به سنگهای اطراف بوده که گروههای فلدسپات حالت پایدار و گروههای کوارتز حالت ناپایدار داشته و حمل می شوند و به جای آن حفراتی باقی می ماند که سنگ حاصل را **اپی سینیت** گویند.

خود دگرگونی
(اتومتامرفیسم)

وقتی یک تودهٔ ماگمایی با حضور سیالات خود باعث تغییرات و تحولات خاصی نظیر تشکیل کانیهای آبدارتر، تغییر در فرم و شکل کانیها وسرانجام در ترکیب آنها می شود، به این نوع دگرگونی **اتومتامرفیسم** گویند.

چند دگرگونی(پلی متامرفیسم)



شکل ۳-۱۳ - ترسیم میکروسکپی از شیست های جنوب مشهد که در آن سه فاز دگرگونی دیده می شود.

در صورتی که حادثه دگرگونی پایانی از نظر شدت یا مدت برای محو کردن فابریکهای دگرگونی و ترکیب کانی شناسی آن کافی نباشد، می توان به وجود دگرگونی چند گانه پی برد.

انواع چند دگرگونی

الف)پیش رونده: دگرگونیهایی که در آن شدت دگرگونی در مراحل بعدی زیادتر باشد.

ب)پس رونده(قهقرایی یا دیافتورز): دگرگونیهایی که شدت دگرگونی بعدی کمتر از اول باشد که تشخیص آن آسان است.

در این نوع چند دگرگونی حضور آب الزامی است و اساسا در مناطق خرد شدن و گسل خورده با سهولت صورت می گیرد.

فصل چهارم

مجموعهٔ کانیها

(پاراژنز)

فصل چهارم

اهداف کلی:

۱- حدود و قلمرو پایداری کانیها

۲- چگونگی استفاده از قانون فازها در تعیین کانی هـای سنگهای دگرگونی

۳- کاربرد و دیاگرامهای سه تایی در تعیین محل ترکیب سنگهای دگرگونی

٤- چگونگی استفاده از دیاگرام AFM و ACF

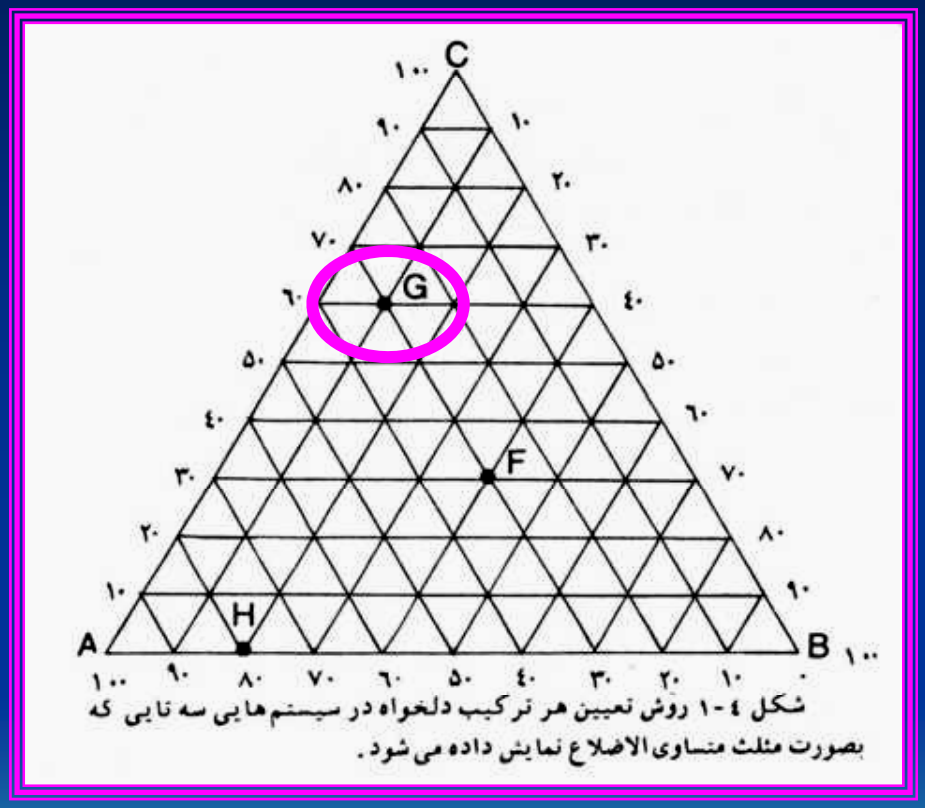
نمایش مجموعهٔ پاراژنز

براساس قوانین ترمودینامیک و تعیین حد پایداری مجموعهٔ کانیها در حالت تعادل می توان واکنشهای ممکن در سیستم دگرگونی را به ازاء تغییرات درجهٔ حرارت و فشار شناسایی کرد و اگر ترکیب شیمیایی ثابت باشد، می توان مجموعهٔ کانیها را به کمک **دیاگرامهای مثلثی** تعیین نمود.

استفاده از قانون فازها

- در حالت تعادل می توان به کمک قانون فازها(V=C-P+2) تعداد کانیهای یک سنگ دگرگونی رابه ازاء شرایط دگرگونی مشخص نمود.
- با توجه به اینکه در محیطهای دگرگونی، فشار و درجهٔ حرارت تغییر می کند، بنابراین V=2 بوده و در نتیجه تعداد کانیها(فازها) با تعداد تشکیل دهنده ها تقریبا برابر است(C=P).

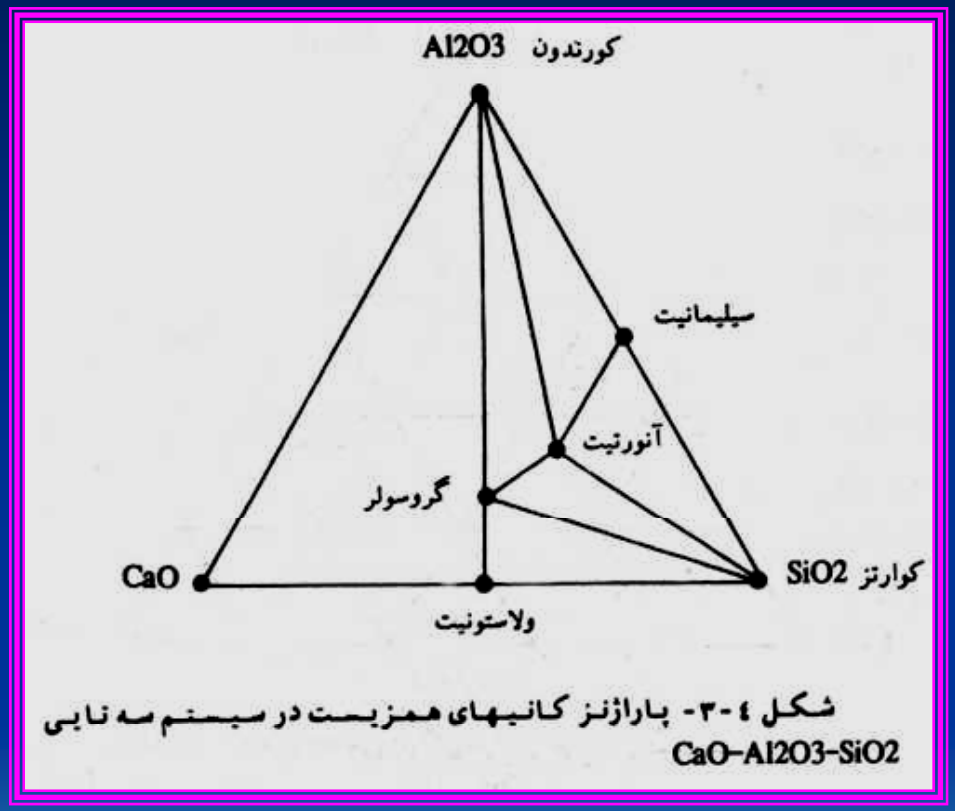
نحو استفاده از دیاگرامهای سه تایی



شکل ٤-١ روش تعیین هر ترکیب دلخواه در سیستم هایی سه تایی که بصورت مثلث متساوی الاضلاع نمایش داده می شود.

- ✓ در شکل مقابل می توان محل هر ترکیب دلخواه را به آسانی پیدا نمود.
- ✓ A، B و C گوشه های مثلث بوده و هر کدام ترکیب خاصی را نشان می دهد.
- ✓ هر نقطه در داخل مثلث ترکیبی از هر سه تشکیل دهنده دارد.
- ✓ برای مثال نقطهٔ G ترکیبی است که در آن ۳۰درصد A، ۱۰درصد B و ۶۰درصد C وجود دارد.

سیستم سه تایی $Cao-Al_2o_3-Sio_2$



شکل ٤-٣- پاراژنز کانیهای همزیست در سیستم سه تایی CaO-Al2O3-SiO2

- بر روی این دیاگرام کانیهایی نظیر ولاستونیت، کورندون و.. که هر یک از سه اکسید فوق با نسبتهای مختلف تشکیل شده اند، نشان داده شده است.
- نقاط معرف کانیهای همزیست بوسیلهٔ خطوط اتصال به هم متصل و از اتصال این خطوط سه کانی همزیست، مثلثهای مختلف الاضلاع به دست می آید.

دیاگرام ACF

- در این دیاگرام مثلثی:

$$A=AL_2O_3+F_2O_3-(Na_2o+k_2o)$$

$$C=Cao$$

$$F=Feo+Mg+Mno$$

- در دیاگرام ACF کانیهای پتاسیم دار نظیر آلبیت، ارتوز را نمی توان نشان داد.
- همچنین این دیاگرام مخصوص کانیهای سرشار از سیلیس بوده لذا الیوین در آن جایی ندارد.

تعیین موقعیت کانی ایدوکراز
در دیاگرام ACF

- فرمول :

$A_{14}Ca_{10}(Fe, Mg)2(Sio_4)5(Si_2o_7)2(OH)4$

- نسبتهای مولکولی :

$A=AL_2O_3+F_2O_3-(Na_2o+k_2o)=2+0+0=2$

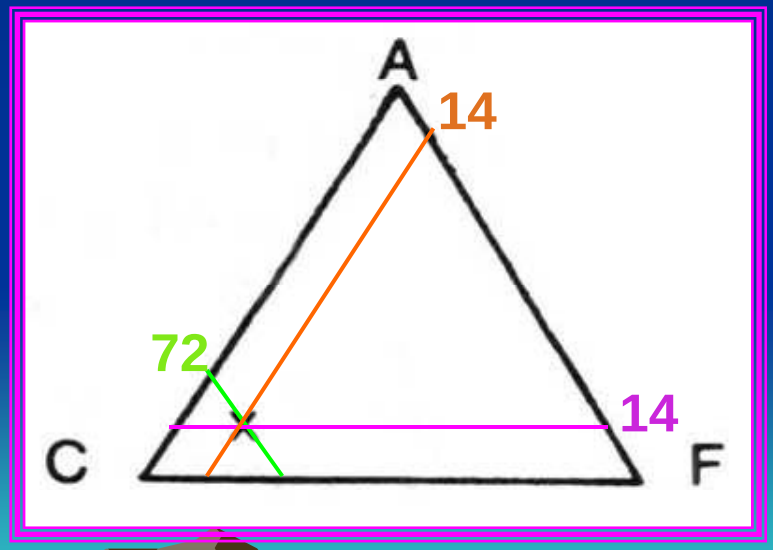
$C=Cao=10$

$F=Feo+Mg+Mno=2$

$A+C+F=2+10+2=14$

برحسب درصد :

F=14 C=72 A=14



دیاگرام AFK

- تفاوت با ACF در آن است که می توان کانیهای پتاسیم دار نظیر مسکوویت،بیوتیت، ارتوز و... را نشان داد.
- در این دیاگرام مثلثی:

$$A=(AL_2O_3+F_2O_3)-Na_2o+(k_2o+Cao)$$

$$K=K_2O$$

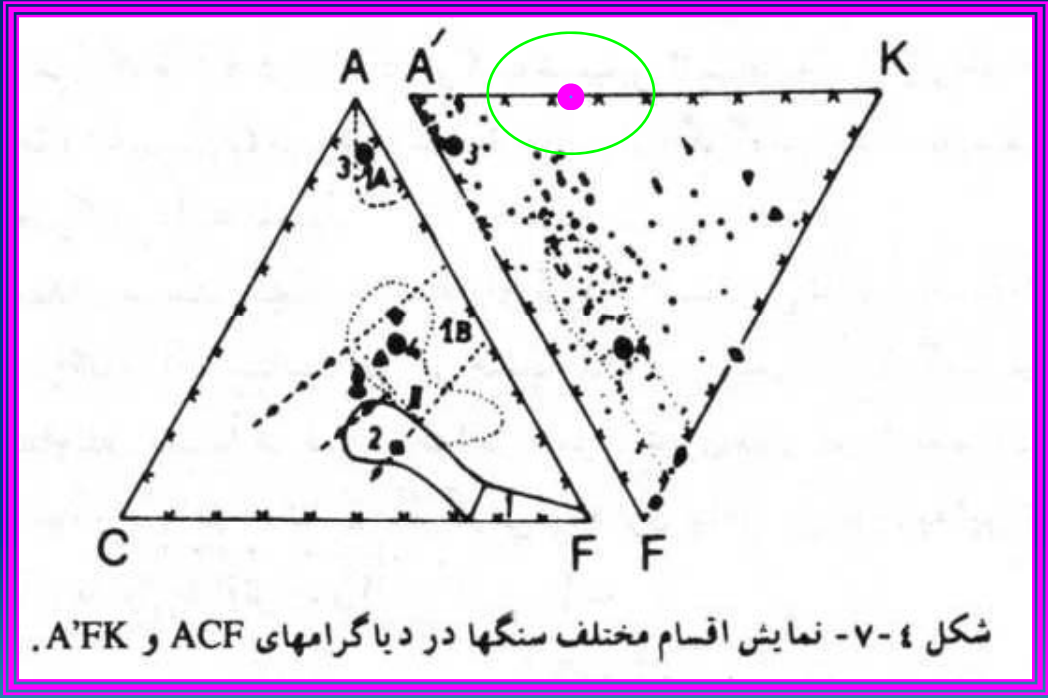
$$F=(Feo+Mg+Mno)$$

- در صورتیکه کانیهای کلسیم دار نظیر گروسولر،آندراتیت، هورنبلند و... در سنگ وجود داشته باشد، باید تصحیح شود.

تعیین موقعیت مسکوویت در دیاگرام AFK

فرمول:

$KAL_2(AlSi_8o_{10})(OH)_2 \longrightarrow 4H_2O, 6Sio_2, 3aL_2O_3, K_2O$



شکل ٤-٧- نمایش اقسام مختلف سنگها در دیاگرامهای ACF و A'FK.

$A\acute{o}=3-1=2$

K=1

F=0

به درصد:

$A\acute{o}=66/6$

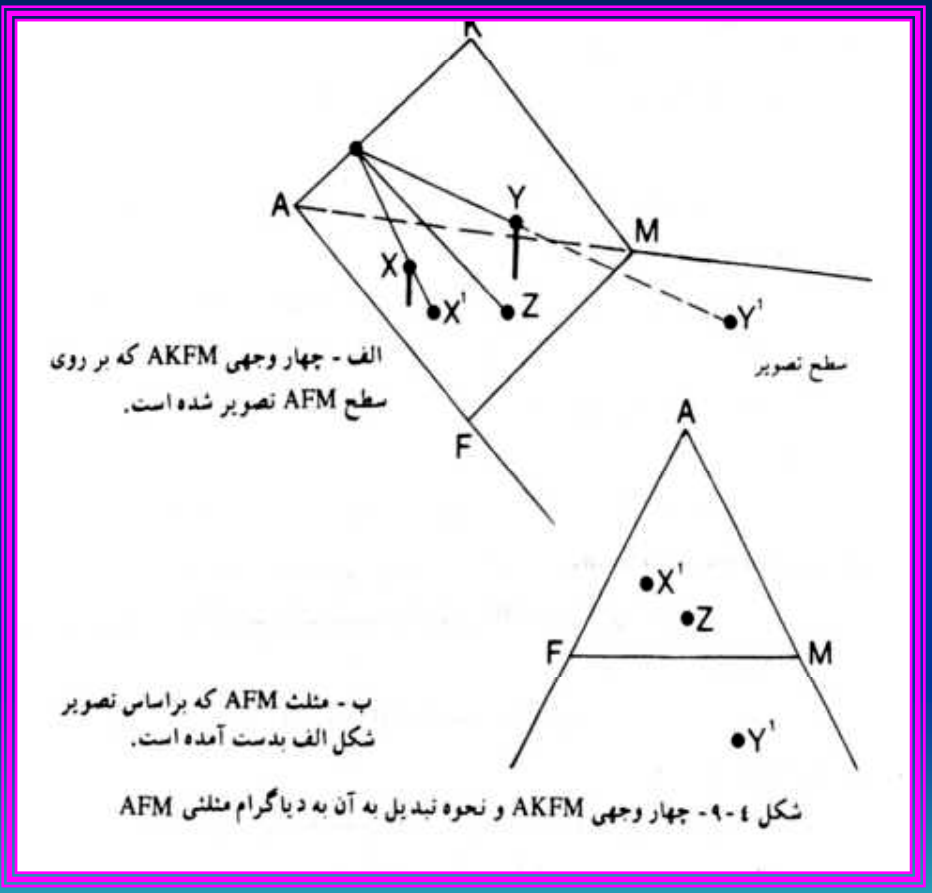
K=33/3 F=0

بنابراین نقطه نمایش کانی مسکویت در ضلع $A\acute{o}K$ است.

نحوهٔ استفاده از دیاگرام AFK و ACF

- این دیاگرامها، اطلاعاتی راجع به کانیهای فرعی نظیر منیتیت، هماتیت، آپاتیت، ایلمنیت، اسفن و روتیل نمی دهند.
- کانیهای سدیم دار نظیر آلبیت نشان داده نمی شود.
- استفادهٔ آنها بهتر است همزمان باشد.
- سنگ اولیه با ترکیب خاص مشخص با کمک این دیاگرامها می توان به پاراژنز مفروض در شرایط دگرگونی پی برد.

دیاگرام AFM



شکل ٤-٩- چهار وجهی AKFM و نحوه تبدیل به آن به دیاگرام مثلثی AFM

- برای نمایش مجموعهٔ کانیهای سنگهای دگرگونی مشتق از رسوبات پلیتی، شیلها و ماسه های شنی بسیار مفید است.
- برای سهولت کار، ترکیباتی که در داخل چهاروجهی (Kدار) با روش خاصی در سطح قاعده تصویر می کنند و تشکیل دیاگرام مثلثی AFM تامپسون می دهد.

روش کار با دیاگرام AFM

۱- تعیین نسبت مولکولی:

نسبت مولکولی = اعداد حاصل از تجزیهٔ شیمیایی / وزن مولکولی هر اکسید

۲- تعیین مقادیر موارد زیر بر حسب درصد:

$$F=[Feo]-[Tio_2]-[F_2o_3]$$

$$A=[Al_2o_3]-3[k_2o]$$

$$M=[Mgo]+[Mao]$$

فصل پنجم

درجه،زون،رخساره و تیپهای دگرگونی

فصل پنجم

اهداف کلی:

۱- چگونگی مطالعه پدیده های دگرگونی از ابتدای قرن بیستم تا زمان حال

۲- ترکیب کانی شناسی سنگهای دگرگونی

۳- درجات دگرگونی(گراد)

٤- اقسام رخساره های دگرگونی، وضعیت ترکیب شیمیایی کانیها

٥- مکان هر رخساره در قلمرو درجه حرارت و فشار

٦- نظرات وینکلر در خصوص تیپهای دگرگونی

۷- اشکال کتاب در ارتباط با نوارهای دگرگونی دوگانه یا مزدوج

درجه دگرگونی(گراد)

- تعادل دینامیکی در یک سیستم تابع تغییرات درجه حرارت، فشار و ترکیب شیمیایی محیط است که به صورت مجموعهٔ کانیها پدیدار می شود.
- دو مجموعهٔ کانیها ممکن است دارای ترکیب شیمیایی یکسان ولی از نظر دمایی و فشار متفاوت باشند که با عنوان **درجه دگرگونی یا گراد** بیان می شود.

کانیهای ردیاب
(اندکس مینرال)

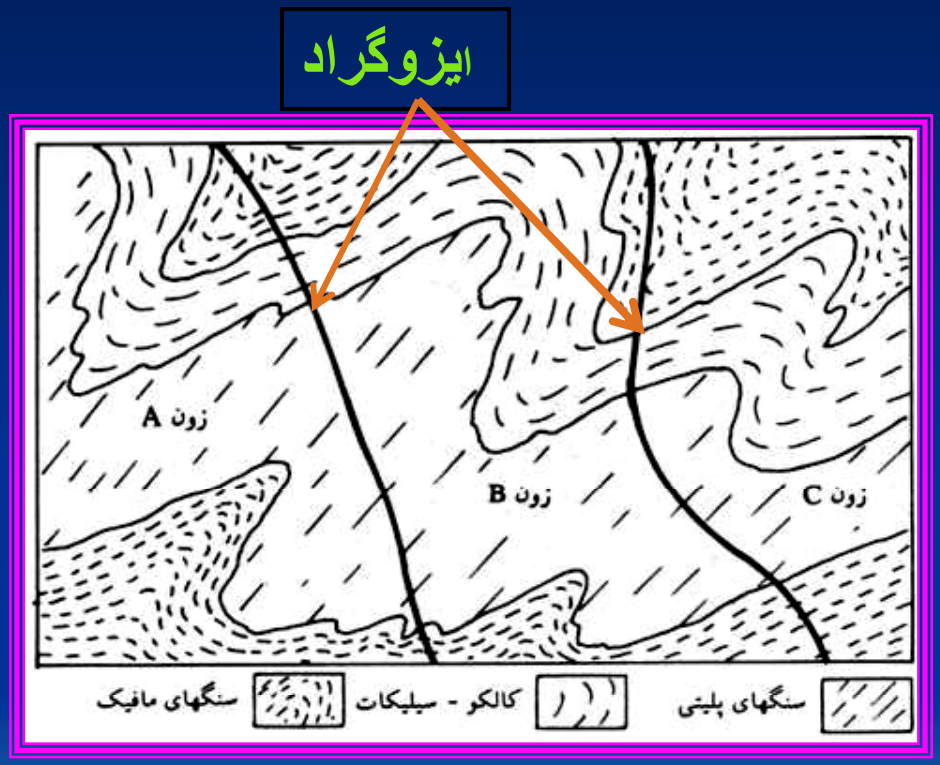
- کانیهایی هستند که از روی حضور یا عدم حضور آنها به درجات دگرگونی پی می برند چرا که آنها در دما و فشار خاصی تشکیل می شوند.
- دارای محدودهٔ دمایی کم، گسترش زیاد و به آسانی قابل تشخیص اند.
- توالی آنها بیانگر افزایش درجه دگرگونی است.

ایزوگراد

عبارت از خطوطی روی نقشه که از اتصال نقاطی به دست می آیند که کانی یا مجموعهٔ خاصی از کانیها در آن نقاط ظاهر و یا ناپدید می شوند.

نشانه گذاری به وسیلهٔ **ایزوگراد** دقیق ترین روش برای تخمین شرایط فیزیکی تغییر و تبدیل سنگها در طی دگرگونی است.

زون دگرگونی



- منطقه ای است که کانیهای رديابی در آن پديدار يا محو می شود.
- حد خارجی آن با مناطق ديگر با ايزوگراد مشخص می شود.
- ظهور هر کانی با علامت + و ناپديد شدن آن با علامت – مشخص می شود.

زونئوگرافی:

منطقه بندی است که علاوه بر دما و فشار، با عمق نیز ارتباط دارد(اپی زون و...).

- زون بندی پیشنهادی **بارو و تیلی** در سنگهای پلیتی:

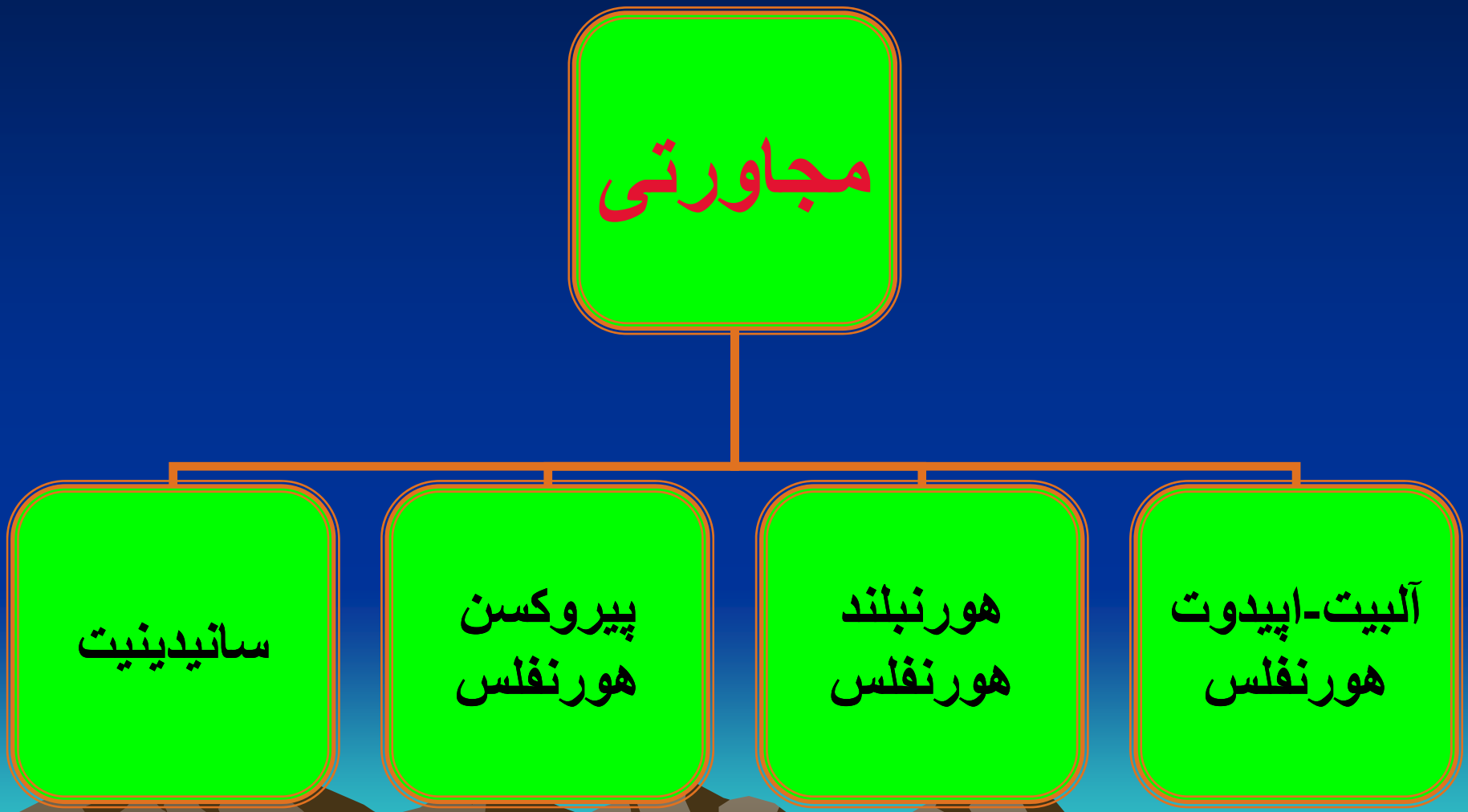
کلریت ← بیوتیت ← گرونا ← استروتید ← دیستن ← سیلیمانیت

- بطور کلی زونهای دگرگونی ترکیب شیمیایی معین در شرایط غیر یکسان مورد بررسی قرار می دهد.

رخساره های دگرگونی

- رخساره گروهی از سنگها را مشخص می کند که کانیهای آن در شرایط دگرگونی ویژه ای تشکیل شده و ترکیب کانی شناسی این سنگها تابع ترکیب شیمیایی سنگ اولیهٔ آنها است.
- تغییر از یک رخسارهٔ به رخسارهٔ دیگر با تغییر ترکیب کانی شناسی سنگهای دیگر مشخص می شود.

اقسام مهم رخساره های دگرگونی



رخسارهٔ

آلبیت-اپیدوت-هورنفلس

- تشکیل در درجهٔ حرارت ۳۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد
- **واکنشها:**

۱)آب+۱پیروفیلیت ⟶ ۲ کوارتز+۱کائولینیت

۲)آب+۳کوارتز+۱آندالوزیت ⟶ ۱پیروفلیت

- این رخساره به دلیل تغییر و تبدیل ناچیز در پلیتها به خوبی توصیف نشده است.

رخسارهٔ
هورنبلند-هورنفلس

- تشکیل در درجه حرارت ۵۳۰ و فشار ۱۰۰۰بار یا ۵٤۰ و فشار ۲۰۰۰ بار
- **واکنشها:**

۱) ۱ کوردیریت+۱ آنتوفیلیت ⟶ ۱ کوارتز+۱ کلریت

۲)آب+ ۱بیوتیت+ ۱کوردیریت ⟶ ۱ کوارتز+ ۱مسکوویت + ۱کلریت

رخسارهٔ
پیروکسن- هورنفلس

- تشکیل در درجهٔ حرارت ۵۸۰-۶۰۸ و فشار ۱۰۰۰ بار یا ۶۱۵-۶۳۵ و فشار ۲۰۰۰ بار
- **ویژگی:**

۱- مسکوویت از بین رفته و کانیهای ارتوز و آندالوزیت یا کوردیریت ظاهر می شود.

۲- این رخساره فقط در حاشیه توده های بازیک دیده می شود.

واکنشها:

۱)آب+ ۱آندالوزیت+۱ ارتوز ⟶ ۱ کوارتز+ ۱موسکوویت

۲) ۹آب+ ۸ ارتوز+۳ کوردیریت ⟶ ۱۴ کوارتز+ بیوتیت+۱ موسکوویت

- در شرایط مساعدتر در این رخساره هیپرستن به وجود می آید.

رخسارهٔ سانیدینیت

- تشکیل در درجه حرارت بیش از ۸۰۰ درجه
- **شرایط تشکیل:**

۱- سنگ به صورت آنکلاو در داخل گدازه بازالتی

۲- در حاشیهٔ توده های نفوذی بازیک نزدیک به سطح زمین

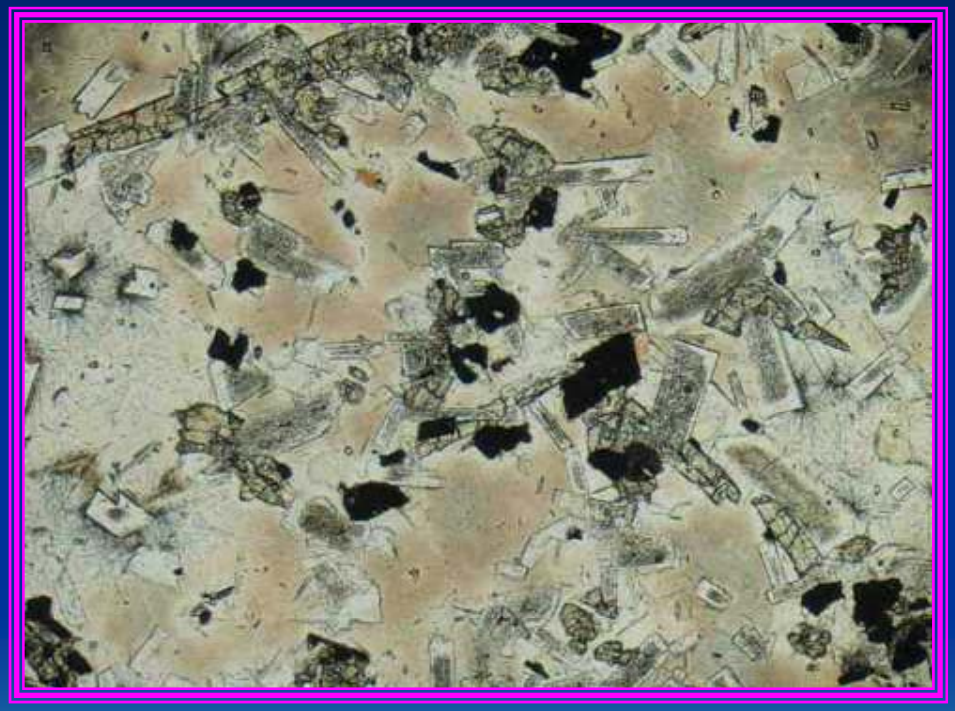
- **پاراژنز:**

الف)سنگهای رسوبی سرشاراز آلومینیوم:

کورندون+ اسپینل+کوردیریت+ فلدسپات آلکالن+پلاژیوکلاز

ب)سنگهای سیلیس دار

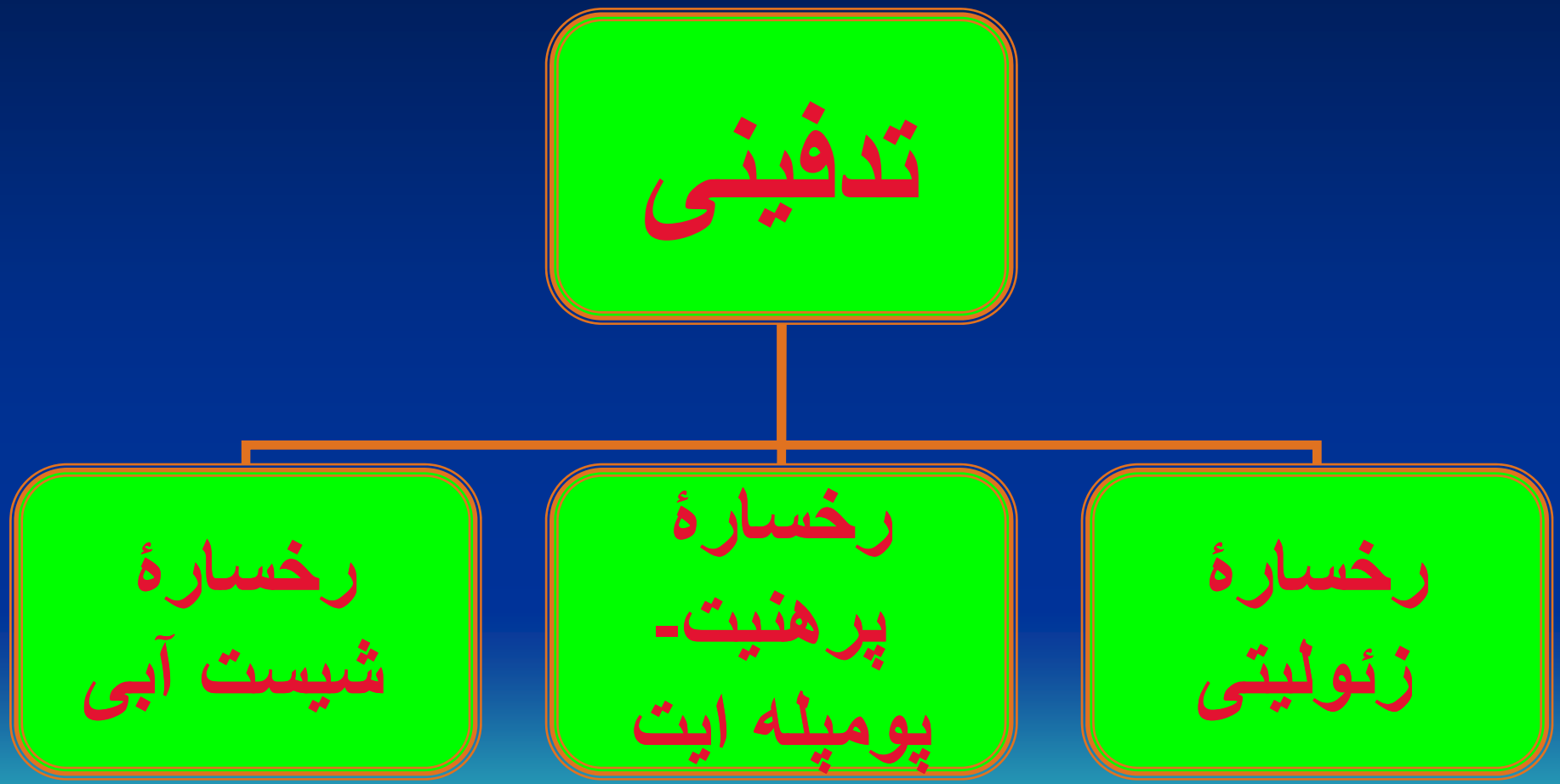
کوردیریت+ پلاژیوکلاز+کوارتز+ارتوپیروکسن+مولیت



بوکیت:

در صورتی که مجموعهٔ فوق همراه با شیشه باشد، **سنگ بوکیت** تشکیل می گردد.

اقسام مهم رخساره های دگرگونی



رخسارهٔ زئولیتی

- این رخساره معرف پایان دیاژنز و آغاز دگرگونی است.
- تشکیل در درجهٔ حرارت ۲۰۰ و یا کمتر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد
- **کانیهای آن شامل:** گروه زئولیت (آنالیسم، هولاندیت و لومونتیت)
- ناشی از دگرگونی سنگهای آتشفشانی(بخصوص حاوی شیشه) و گروواک
- **پاراژنز: لومونتیت+پرهنیت+کوارتز±کلریت**

رخسارهٔ پرهنیت-پومپله ایت

- ناشی از دگرگونی گروواک
- **واکنشها:**

۱)پومپله ایت ⟶ لومونتیت

۲)آب+آلبیت ⟶ کوارتز+آنالیسم

در درجهٔ حرارت زیادتر

۳)فلدسپات پتاسیک+ مسکوویت+ کلسیت+اسفن

- **پاراژنز:**

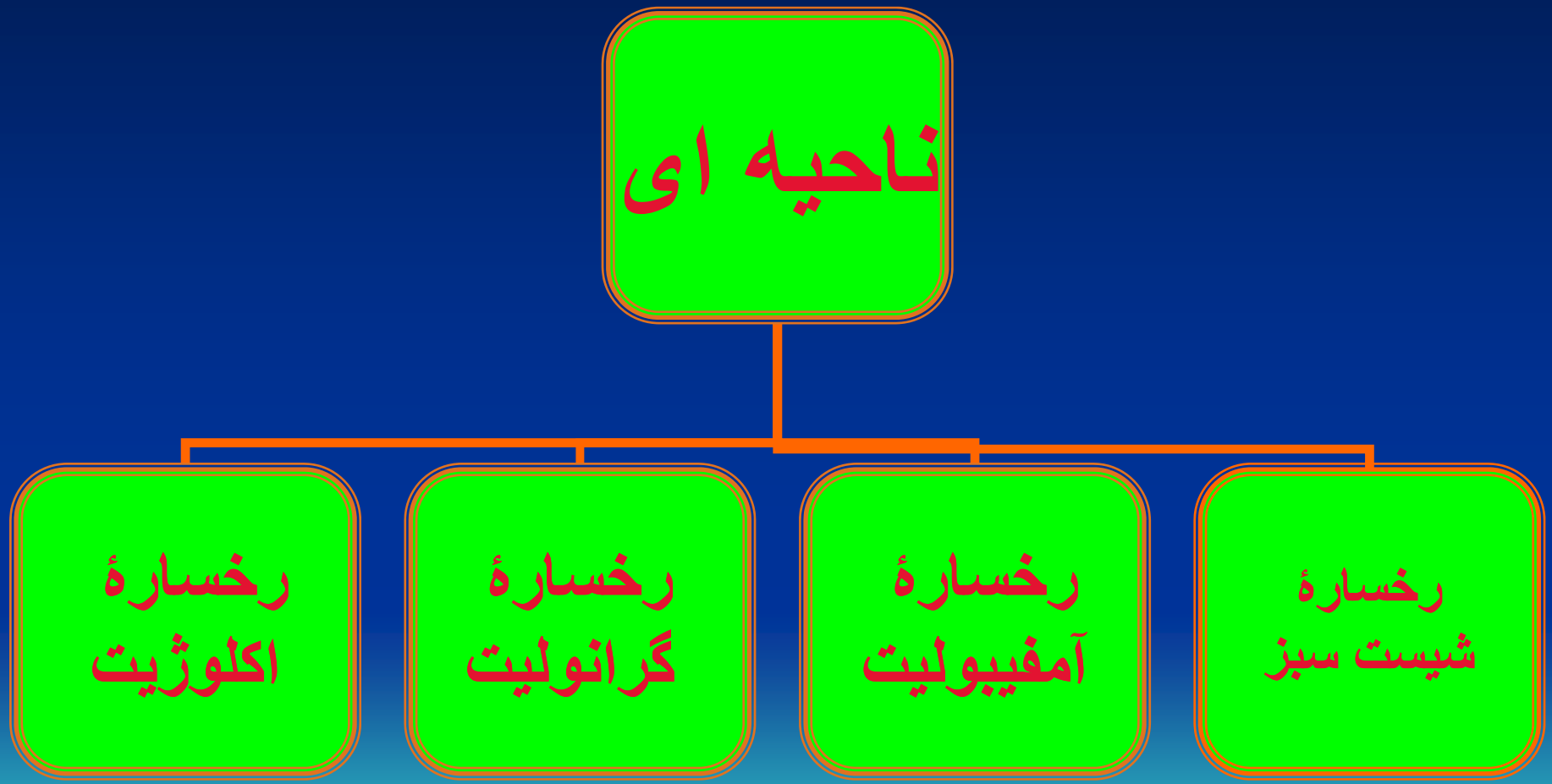
۱)پرهنیت+ پومپله ایت+ کوارتز+ آلبیت+ کلریت

۲) پومپله ایت+ کوارتز+ آلبیت

رخسارهٔ شیست آبی

- سنگهای این رخساره کمیاب و وضع استثنایی داشته و به علت وجود گلوکوفان رنگ آبی دارند.
- پیروکسن ها از نوع سدیم دار(ژاده ایت) هستند.
- این رخساره در محل دراز گودالهای فرورانش(منشورهای به هم افزوده ای) دیده می شود.
- کانیهای کلسیم دار(آراگونیت، اسفن، لاوسونیت، اپیدوت و...) نیز حضور دارند.

اقسام مهم رخساره های دگرگونی



رخسارهٔ شیست سبز

- در درجهٔ حرارت ۳۵۰ تا ۵۰۰ و فشار ۵/۲ تا ۸ کیلو بار و از مجموعهٔ کانیهای سبز رنگ و آبدار تشکیل می شود.
- **پاراژنز:**

الف)سنگهای بازیک:

آلبیت+اپیدوت+کلریت+آکتینوت+ کوارتز

ب)سنگهای پلیتی:

کلریت+ میکای سفید+ بیوتیت+ کلریتوئید+کوارتز

رخسارهٔ آمفیبولیت

- در فشـــار و حـــرارت متوســـط و از کانیهـــای شـــاخص پلاژیوکلاز و هورنبلند تشکیل شده است.
- **پاراژنز:**

الف)سنگهای بازیک:

پلاژیوکلاز+ هورنبلند+ اپیدوت+ آلماندن

ب)سنگهای پلیتی:

میکا+ آلماندن+ استروتید+ دیستن یا سیلیمانیت

رخسارۀ گرانولیت

- پایداری در درجات زیادتر از ذوب گرانیت
- این رخساره فاقد کانیهای آبدار
- **پاراژنز:**

الف) سنگهای بازیک:

پیروکسن نوع دیوپسید و هیپرستن

ب) سنگهای پلیتی(سرشار از آلومینیوم):

دیستن، سیلیمانیت و کلردیریت

رخسارۀ اکلوژیت

- در فشارهای زیاد، در سنگهای بازیک و در اعماق پوستۀ قاره ای تشکیل می گردد.
- **پاراژنز:**

گرونای آهن و منیزیوم دار(پیروپ)+ امفاسیت+ روتیل+ دیستن

- این رخساره همراه با رخساره های شیست گلوکوفان دار، آمفیبولیت، گرانولیت مشاهده می شود.

درجات و شدت دگرگونی

(بر حسب درجه حرارت)

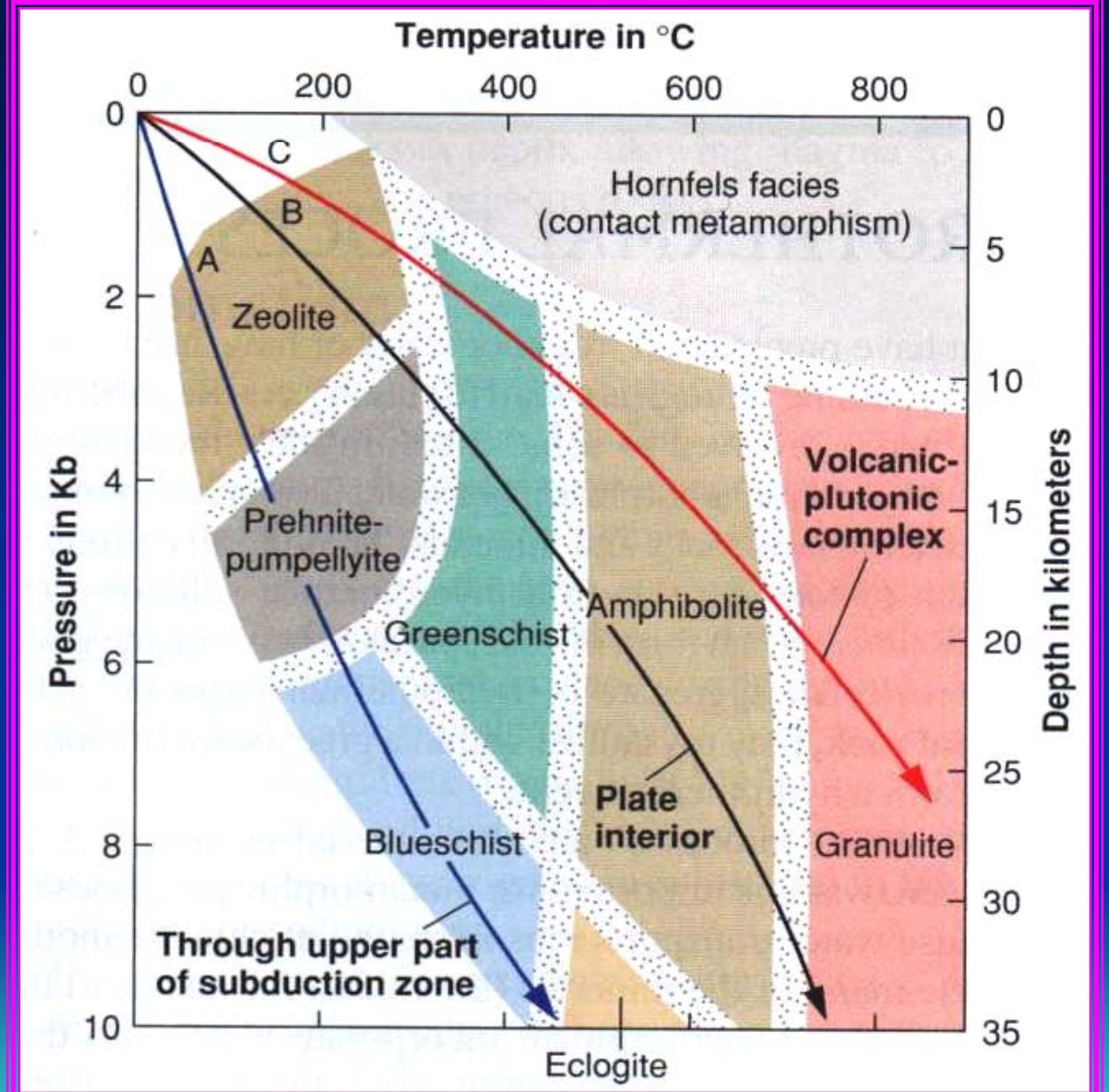
۱- دگرگونی دمای خیلی پایین(خیلی خفیف)

۲- دگرگونی دمای پایین(خفیف)

۳- دگرگونی دمای متوسط(متوسط)

٤- دگرگونی دمای زیاد(شدید)

- مرز بین ۱ و۲ آغاز رخسارهٔ شیست سبز
- مرز بین ۲ و ۳ آغاز رخسارهٔ آمفیبولیت
- مرز بین ۳ و ٤ بخش بالایی رخسارهٔ آمفیبولیت
- مرز نهایی ظهور میگماتیت یا رخسارهٔ گرانولیت



مکان رخساره ها در قلمرو درجه حرارت و فشار

تبدیل رخساره ها به یکدیگر

۱- رخسارهٔ زئولیت:

با افزایش درجات دگرگونی کانیهای گروه زئولیت حذف و به رخسارهٔ دیگر تبدیل می گردد.

۲- رخسارهٔ پرهنیت-پومپله ایت

- ✓تبدیل به رخسارهٔ گلوکوفان-لاوسونیت با محو لومونتیت و تشکیل لاوسونیت

- تبدیل به رخسارهٔ آلبیت-اپیدوت هورنفلس با از بین رفتن پرهنیت و پومپله ایت و تشکیل آمفیبول(آکتینوت)
- تبدیل به رخسارهٔ شیست سبز در فشارهای کمی زیاد

۳- حد رخسارهٔ آمفیبولی:

- حضور پلاژیوکلاز با اپیدوت نشانهٔ رخسارهٔ شیست سبز

- حضور پلاژیوکلاز با هورنبلند نشانهٔ رخسارهٔ آمفیبولی
- با ظهور ارتوپیروکسن و تخریب آنتوفیلیت و بیوتیت در فشار کم، رخسارهٔ پیروکسن-هورنفلس و در فشار زیادتر، به رخسارهٔ گرانولیت مبدل می شود.

۴- رخسارۀ گرانولیت:

- در تبدیل این رخساره به پیروکسن-هورنفلس در سنگهای آلومینیوم دار، سیلیمانیت و یا دیستن تشکیل می شود که در رخسارۀ پیروکسن-هورنفلس هیچگاه دیستن به وجود نمی آید.
- مرز این رخساره با آمفیبولیت با رخسارۀ گرانولیت-هورنبلند دار مشخص می شود.

۵- رخسارۀ سانیدینیت:

در درجه حرارت زیاد و فشار کم دیده می شود.

۶ - رخسارۀ اکلوژیت:

خاص فشار زیاداست کـه در نتیجـۀ آن سـنگهای بازیک، پلاژیوکلاز و الیوین از بین مـی رود و بـه جای آنها گرونا و امفاسیت پدیدار می شود.

زیر رخساره ها

با مطالعهٔ سنگهای دگرگونی یک ناحیهٔ محدود، کانیهایی یافت می شود که با رخسارهٔ شناخته شده بطور کامل تطبیق نمی کند و موجب تقسیم بندی رخساره به دستجات کوچکتر می گردد که به آن **زیر رخساره** می گویند.

برای مثال، زیر رخساره های شیست سبز:

کوارتز+ آلبیت+ موسکوویت+ کلریت

کوارتز+ آلبیت+ اپیدوت+ بیوتیت

کوارتز+ آلبیت+ اپیدوت+ آلماندن

سری های رخساره ها

در سرزمینهای دگرگونی می توان بعضی از رخساره ها را در ارتباط و وابسته به رخسارهٔ دیگر مشاهده کرد که این وابستگی را **سری رخساره ای** می نامند.

در حالت کلی سه سری رخساره ای وجود دارد:

۱- سری رخساره ای آندالوزیت-سیلیمانیت یا دگرگونی فشار کم، دمای زیاد که به آن رخسارهٔ **نوع ابوکوما** می گویند.

۲- سری رخسارهٔ دیستن- سیلیمانیت یا دگرگونی فشار و دمای متوسط که به آن رخسارهٔ **نوع بارو** می گویند.

۳- سری رخسارهٔ ژادو ایت-گلوکوفان یا دگرگونی فشار و دمای کم که با **رخسارهٔ تدفینی** تطبیق می کند.

تیپهای دگرگونی
(وینکلر)

۱- حرارتی

۲- تدفینی یا انباشته ای

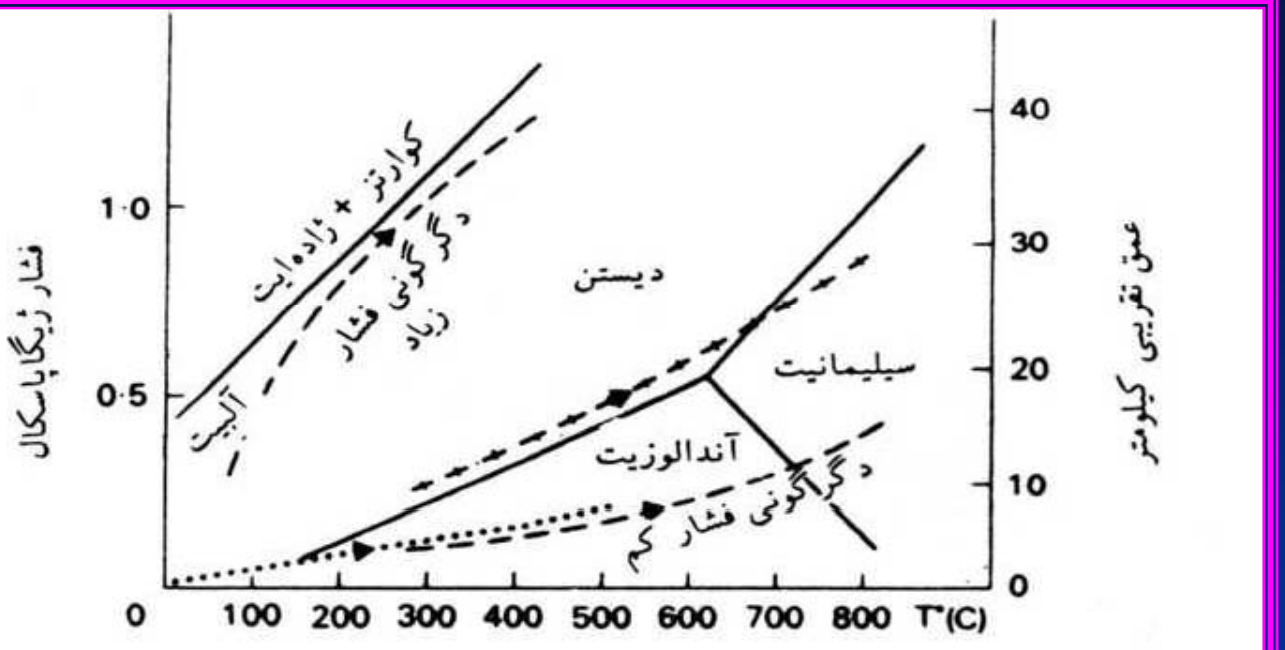
۳- ابوکوما:

معرّف مناطقی با درجهٔ زمین گرمایی زیاد و فشار نسبتا کم است.

٤- بارو:

معرّف فشار و درجهٔ حرارت متوسط است که بوسیلهٔ **بارو** و **تیلی** مطالعه گردیده و به آن سری دال راین هم گفته می شود.

رابطهٔ بین تیپهای دگرگونی



سری سنگهای دگرگونی، با فشار کم و زیاددر ژاپن

سری سنگهای دگرگونی فشار متوسط (نوع بارو)

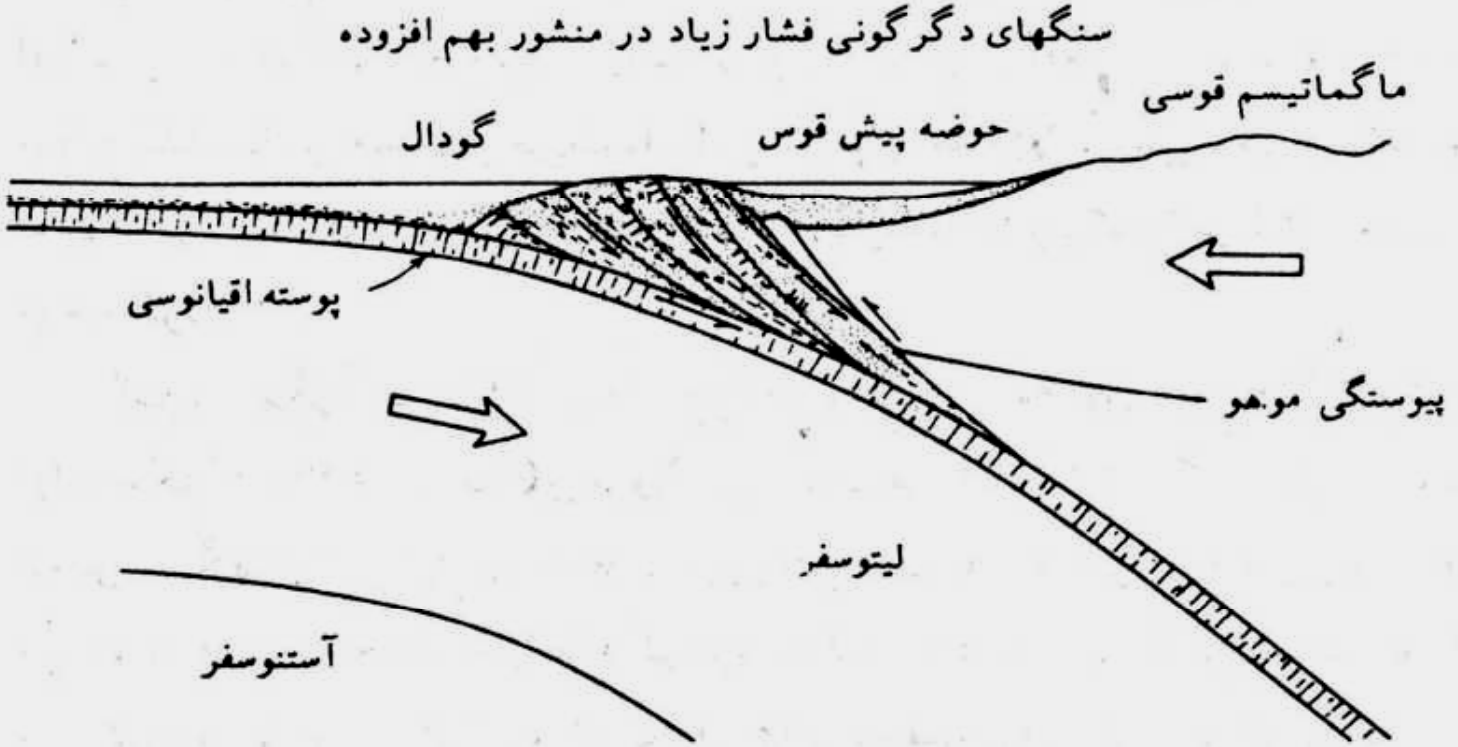
تغییرات منحنی زمین گرمایی در کف اقیانوس

شکل ٥-٤ - رابطه بین تیپ های دگرگونی و شرایط فشار - درجه حرارت متفاوت در مناطق مختلف پوسته زمین

نوارهای دگرگونی دوگانه (مزدوج)

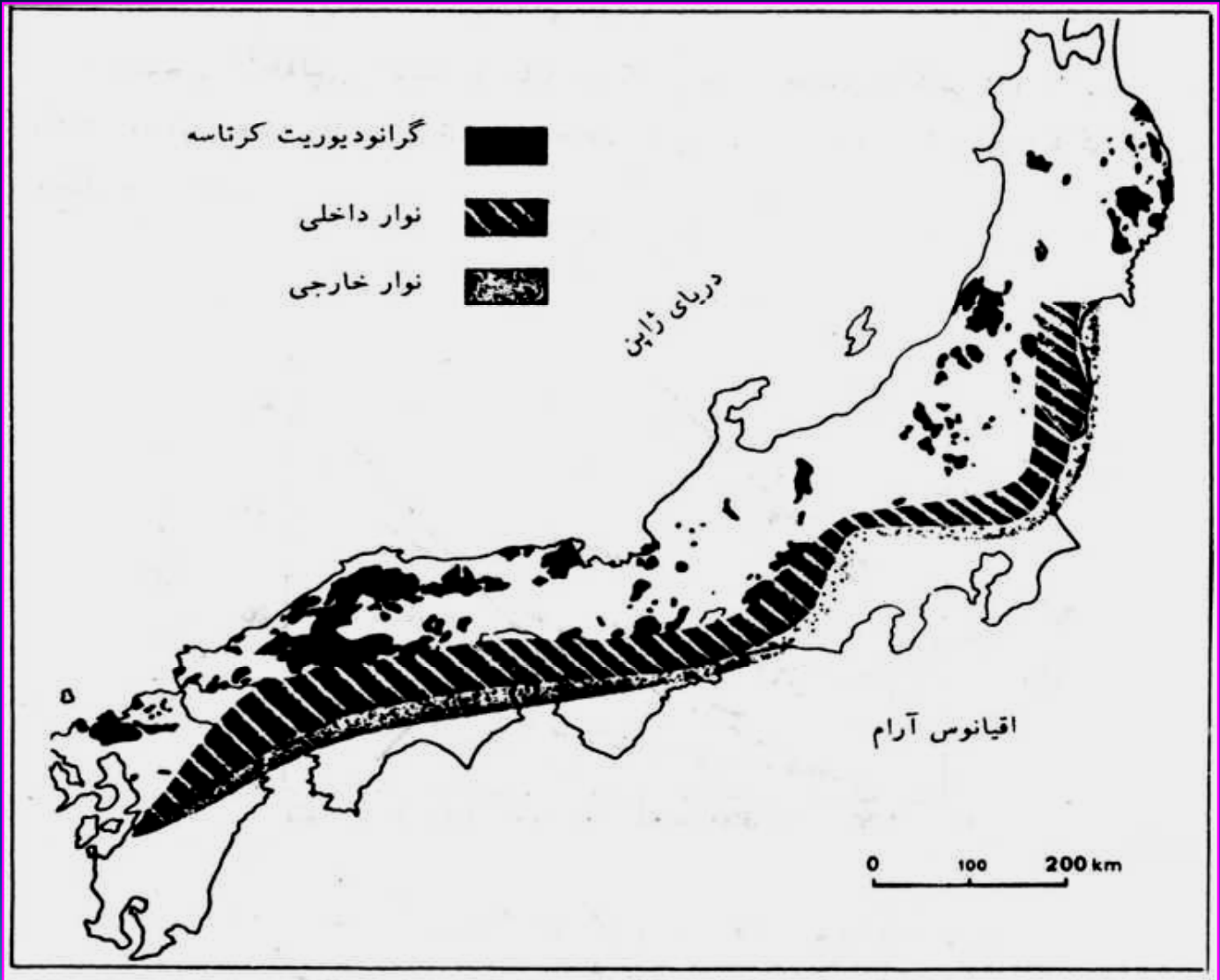
- مهمترین پدیده های دگرگونی مرتبط با تکتونیک صفحه ای، پیدایش نوارهای دگرگونی دوگانه در لبهٔ حاشیه های مخرّب است.
- در محل فرورانش لیتوسفر اقیانوسی به زیر لیتوسفر قاره ای، دراز گودالهایی به وجود می آید که عموما فاقد رسوب است.

- فقدان رسوبات در این ناحیه مربوط به فرورفتن پوستهٔ اقیانوسی و رسوبات سطح آن به زیر حاشیهٔ قاره ها است.
- همچنین بخشی از آن در قسمت قدامی قاره ها روی هم فشرده می شود و **منشورهای به هم افزوده** را به وجود می آورد (**شکل اسلاید بعدی**).



شکل ۵-۶ - مقاطع فرضی از محل برخورد دولیتو سفر اقیانوس و قاره‌ای. در محل فرورانش منشورهای بهم افزوده بوجود می آید

- در منشورهای به هم افزوده نواردگرگونی فشار زیاد-حرارت کم و به طرف داخل (به سمت قاره) نوار دگرگونی حرارت زیاد- فشار کم وجود دارد که مجموعا به نام **نوار دگرگونی مزدوج** نامیده می شود.
- این نوارها در حاشیهٔ اقیانوس آرام وجود داشته که **بوسیلهٔ میاشیرو** در ژاپن به نحو شایسته ای تفسیر شده است (**شکل اسلاید بعدی**).



شکل ۵-۵- نوارهای دگرگونی دو گانه در حاشیه صفحات مخرب در غرب اقیانوس آرام که نمونه بارز آن در ژاپن است.

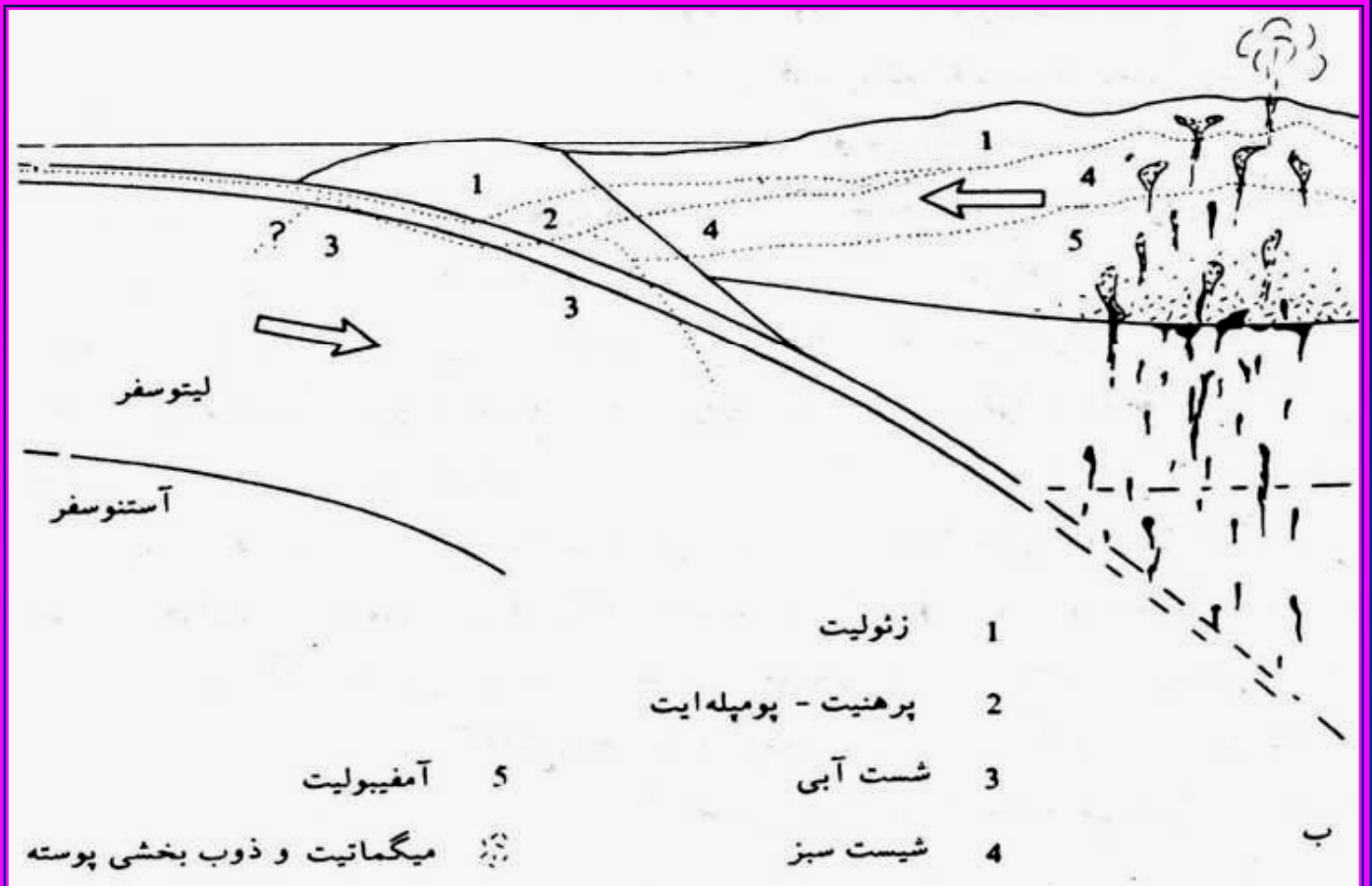
ارتباط نوارهای دگرگونی با تکتونیک صفحه ای را می توان به صورت زیر توجیه کرد:

الف)دگرگونی فشار بالا-حرارت پایین:

در منطقهٔ فرورانش میزان جریان حرارتی کم و ناچیز است ولی به علت فرورفتن لیتوسفر اقیانوسی فشار زیادی متحمل می شود و در نتیجه این نوع دگرگونی به وجود می آید.

ب) دگرگونی فشار پایین-حرارت زیاد:

بر اثرفرورانش پوستهٔ اقیانوسی آبدار و رسوبات، آب آنها به بخش لیتوسفر قاره ای صعود کرده و باعث کاهش دمای نقطهٔ ذوب و حتی ذوب می شود و صعود این مواد باعث التهاب لیتوسفر قاره ای و افزایش دما می شود.



توزیع تقریبی رخساره‌های مختلف دگرگونی در منشوهای بهم افزوده (نوار خارجی) و سنگهای دگرگونی همراه با ذوب بخشی را در نوار داخلی ملاحظه می کنیم.

علت وضوح نوارهای مزدوج در اقیانوس آرام نسبت به اقیانوس اطلس:

۱- حرکت سریعتر صفحهٔ اقیانوس آرام

۲- ضخیم بودن صفحهٔ فرورونده و درجه حرارت کمتر آن نسبت به اقیانوس اطلس

فصل ششم

بافت و فابریک سنگهای دگرگونی

فصل ششم

اهداف کلی:

۱- چگونگی نامگذاری سنگهای دگرگونی

۲- بافت و ساخت در سنگهای دگرگونی

۳- اقسام فابریکهای دگرگونی

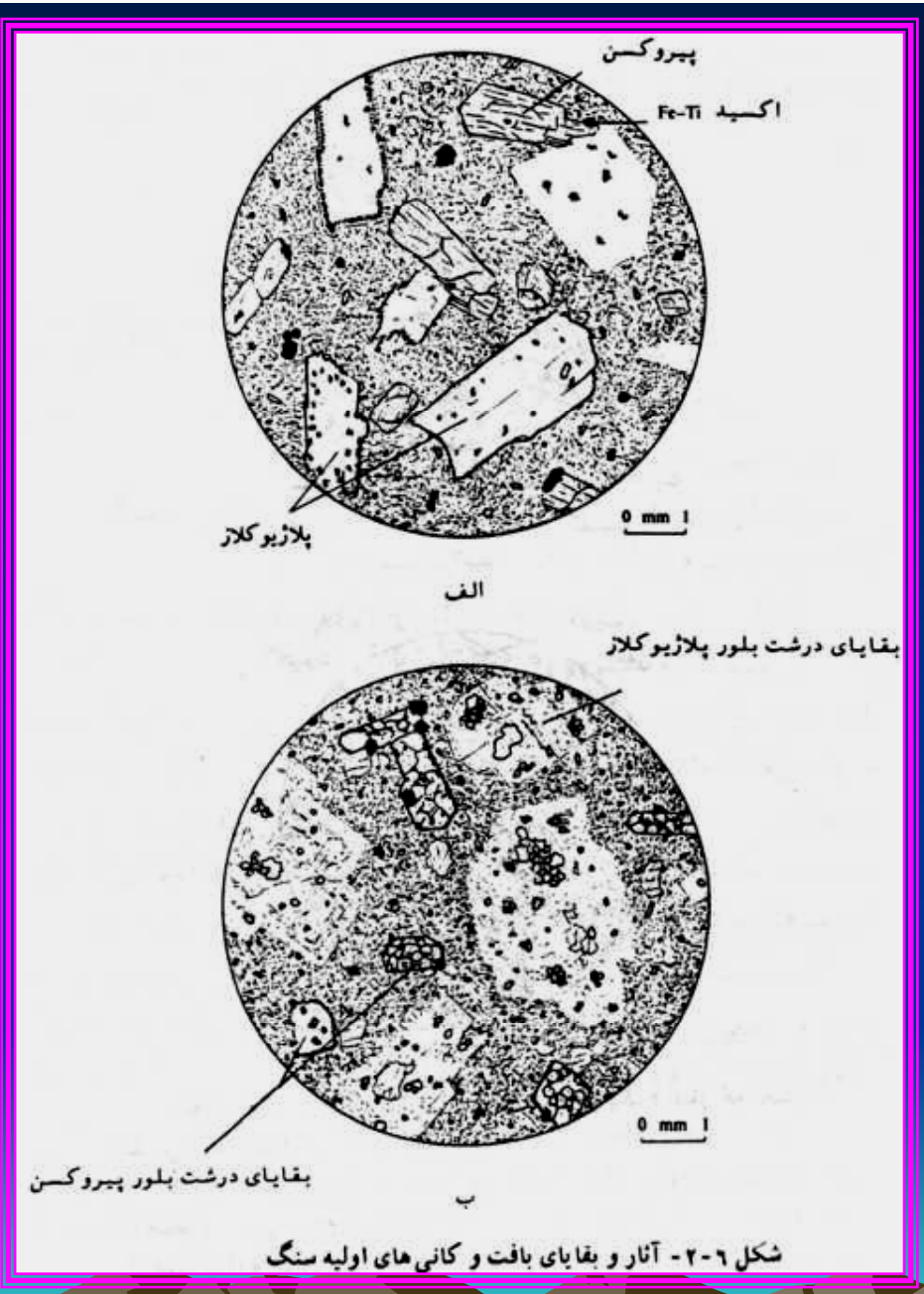
٤- سنگهایی که دارای جهت یافتگی برتر و مشخص اند و سنگهایی که فاقد آنند.

٥- شیستوزیته، فولیاسیون، لینه آسیون در سنگها

تشخیص سنگ اولیه
(پروتولیت)

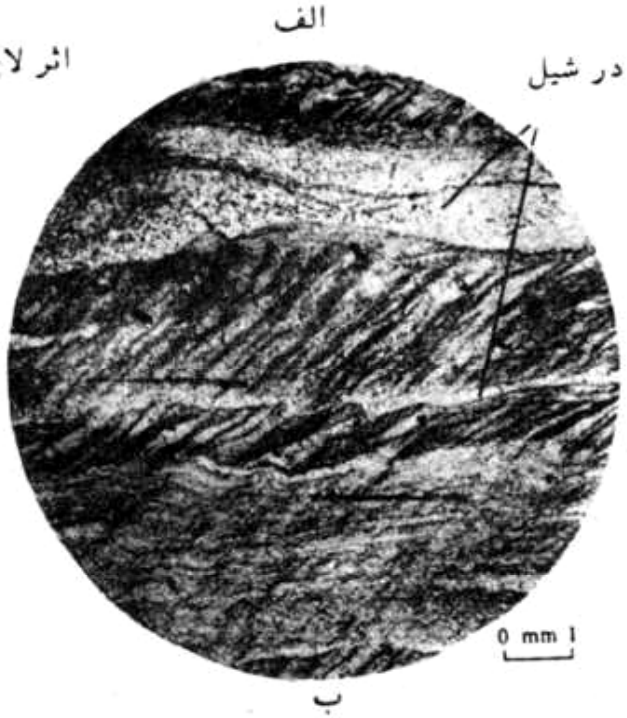
الف) از روی بافت اولیهٔ سنگ:

- ✓سنگهای آذرینی که تحت تأثیر دگرگونی درجهٔ ضعیف قرار گرفته اند، کانیهای اولیهٔ آن ریزتر شده و حدود کانیها تقریبا دست نخورده باقی می ماند.



شکل ۶-۲- آثار و بقایای بافت و کانی‌های اولیه سنگ

- در سنگهای رسوبی گاهی آثار لایه بندی حتی لایه بندی تدریجی و چینه بندی متقاطع را می توان مشاهده کرد که با ظهور کانیهای جدید می توان به لایه بندی اولیه پی برد.



شکل ۶-۳- آثار لایه بندی در رسوباتی که تحت دگرگونی درجات ضعیف قرار گرفته است.

ب) ترکیب شیمیایی:

- ترکیب شیمیایی اکثر سنگهای دگرگونی، مشابه ترکیب شیمیایی سنگ اولیهٔ آنها است.
- ولی مواد فراری مانند آب و Co_2 و... استثناء هستند.
- همچنین به نقش متاسوماتیسم باید توجه داشت.

تعیین منشاء غیر آذرین سنگهای دگرگونی

الف) کانیها:

- وجود کانیهای استروئید، کلریتوئید، آندالوزیت، دیستن، سیلیمانیت و ولاستونیت
- همچنین حضور بیش از ۵۰٪ کوارتز و بیش از ۲۵٪ مسکوویت، گرونای کلسیم دار و کلسیت و...

ب) ترکیب شیمیایی:

- نسبت Fe/Mg هر سنگ دگرگونی، عامل تعیین کننده در منشاء آذرینی یا غیر آذرینی بودن سنگ اولیه است
- اگر سنگی دارای منیزیوم زیاد و رنگ آن سفید باشد، احتمالا منشاء غیر آذرین دارد.

بافت و ساخت

درجهٔ تبلور، شکل و اندازهٔ دانه ها و رابطه ای که بین آن در مقیاس میکروسکوپی وجود دارد را **بافت** گویند.

همین خصوصیات در مقیاس روی زمین و نمونهٔ دستی را **ساخت** گویند که مترادف با **فابریک** است.

فابریک

- این اصطلاح بیشتر درمورد سنگهای دگرگونی بکاربرده می شود.
- عبارت از بررسی شکل هندسی و ترکیب فضایی کانیهای هر سنگی است که شکل اولیهٔ خود را از دست داده و دگرگون شده اند.
- شامل بافت، ساخت و جهت یافتگی تدریجی سنگ می باشد.

عوامل مؤثر بر فابریک

۱- فابریک سنگ اولیه

۲- رشد و نمو بلورها در حالت جامد

۳- فرایندهای تغییر شکل سنگها در طی دگرگونی

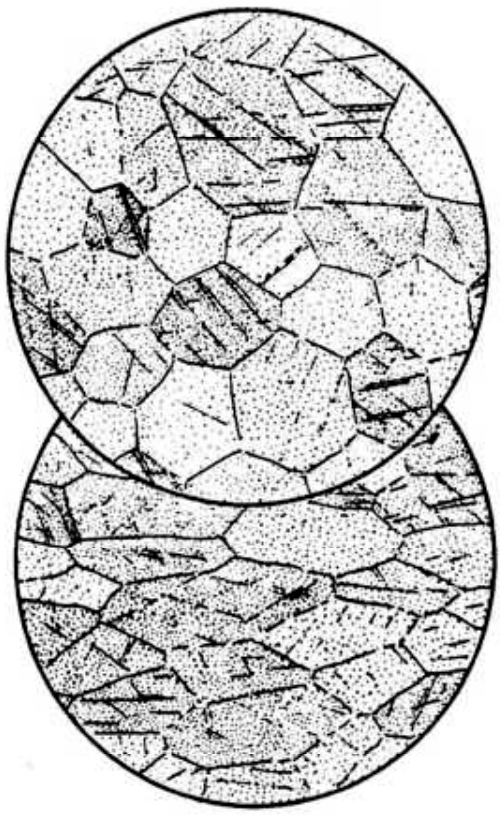
٤- نوع استرس(همه جانبه یا غیر همه جانبه)

٥- ترکیب کانی شناسی سنگ

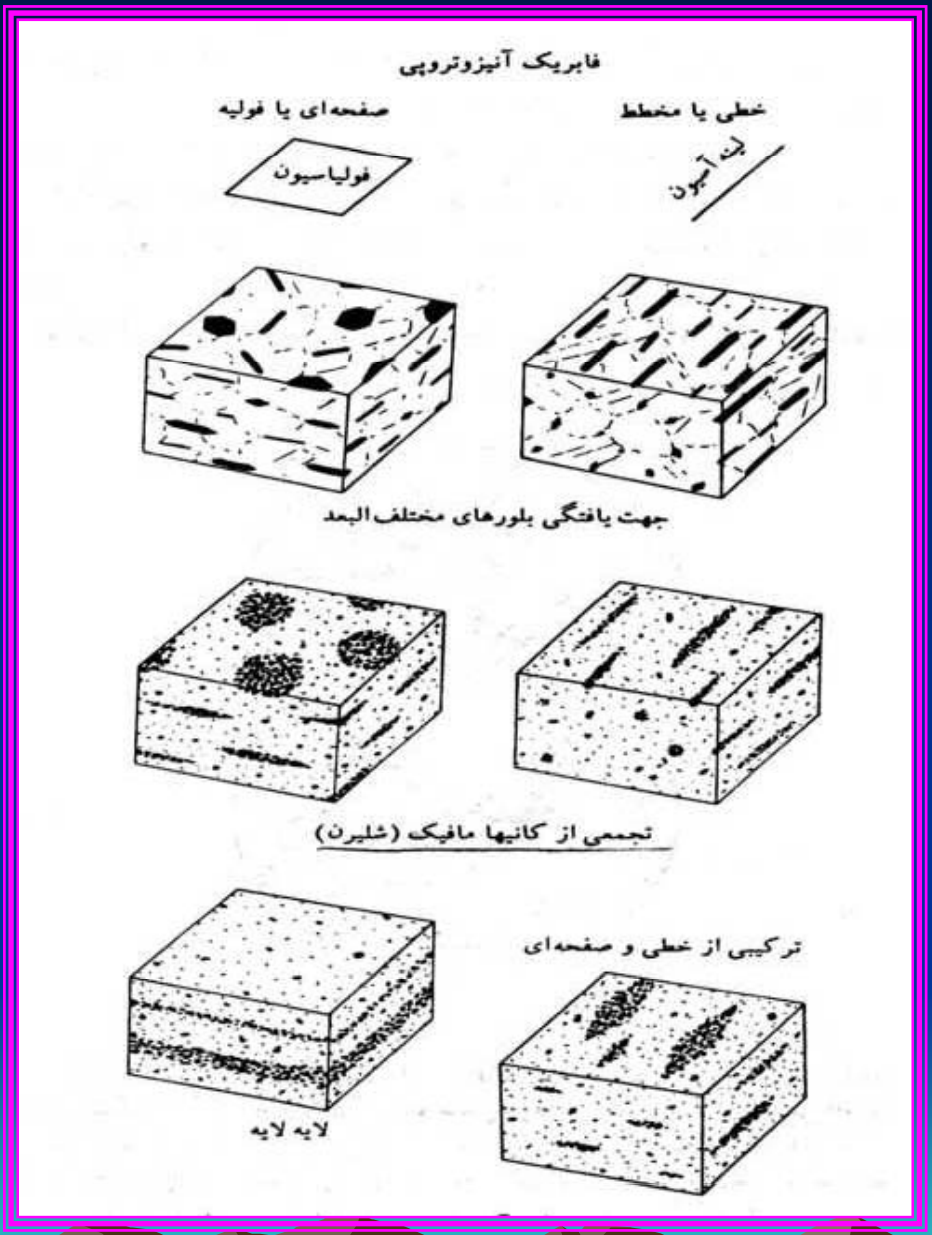
انواع فابریک

الـف) ایزوتـروپ: منظـرهٔ مشخصی نداشته ولی ابعاد کانیهـا در تمـام جهـات فضایی تقریبا یکسان است.

درایجاد آن، فشار جهت دار نقشـی نـدارد و در اطـراف توده هـای نفـوذی مشـاهده می شود.



شکل ۶-۸- فابریک ایزوتروپی (الف) و فابریک آنیزوتروپی (ب)



ب)آنیزوتروپ: این فابریک بر اثر فشار جهت دار در نتیجهٔ جریان یافتن سنگ در حالت جامد حاصل می شود.

- اجتماع کانیهای طویل شده درمجموع، جهت یافتگی خاصی درسنگ ایجاد می کند.
- خاص سنگهایی مانند اسلیت ،شیست و... است.

کریستالوبلاست

واژه ای است عمومی برای کانیهایی که در طی دگرگونی به وجود آمده اند **وشامل:**

۱- **ایدیوبلاست:** بلورها دارای شکل هندسی مشخص و کامل

۲- **هیپیدیوبلاست:** بلورها داری شکل هندسی نیمه مشخص یا در جهاتی فاقد شکل هندسی

۳- **گزانوبلاست:** بلورها فاقد شکل هندسی

ابعاد فضایی کانیها

کانیهای تشکیل دهندهٔ سنگهای دگرگونی در هر سیستمی که متبلور شده باشند، دارای سه بعد فضایی هستند که شامل اصطلاحاتی نظیر **منشوری، سوزنی، تیغه ای، صفحه ای، عدسی و متساوی البعد** می باشند.

اقسام فابریک دگرگونی

الف) سنگهای فاقد جهت یافتگی برتر(ایزوتروپ):

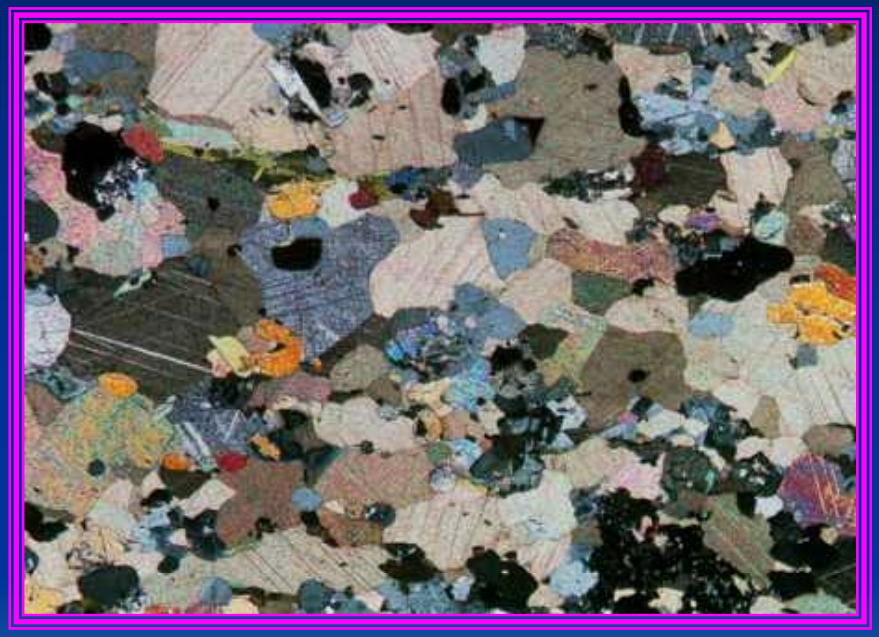
این فابریک در **سنگهای تک کانی** مانند مرمر، کوارتزیت دیده می شود.

ب) سنگهای واجد جهت یافتگی برتر(آنیزوتروپ):

در بسیاری از سنگهای دگرگونی ناحیه ای، جهت یافتگی برتر وجود دارد بعبارتی بلورها تقریبا در امتداد فابریک سنگ بطور موازی قرار می گیرند **و شامل خطی و صفحه ای** است (**شکل اسلاید۱۵۵**).

فابریکهای فاقد جهت یافتگی برتر
موزائیکی
مضرس
میلونیتی
کریستالو بلاستی
پورفیرو بلاستی
پوئی کیلو بلاستی
کاتا کلاستی

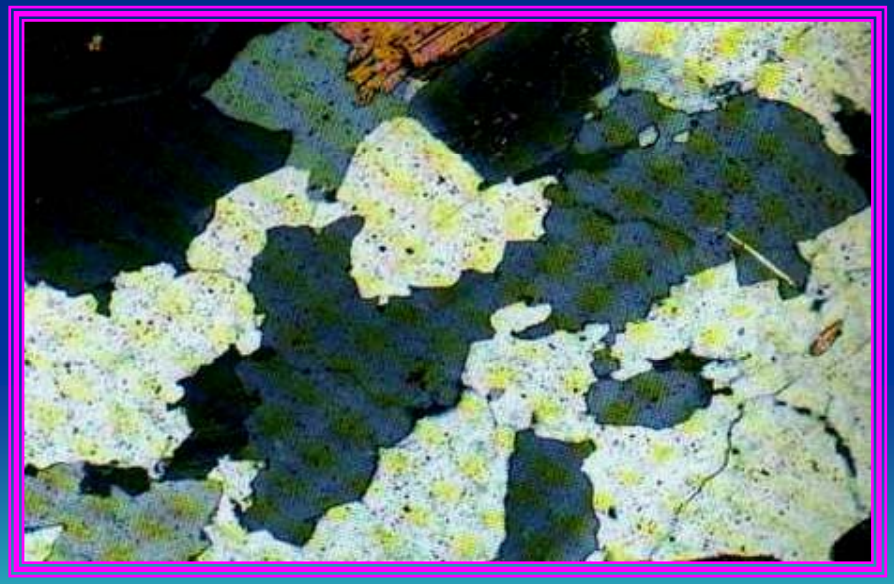
فابریک موزائیکی
(گرانوبلاستی)



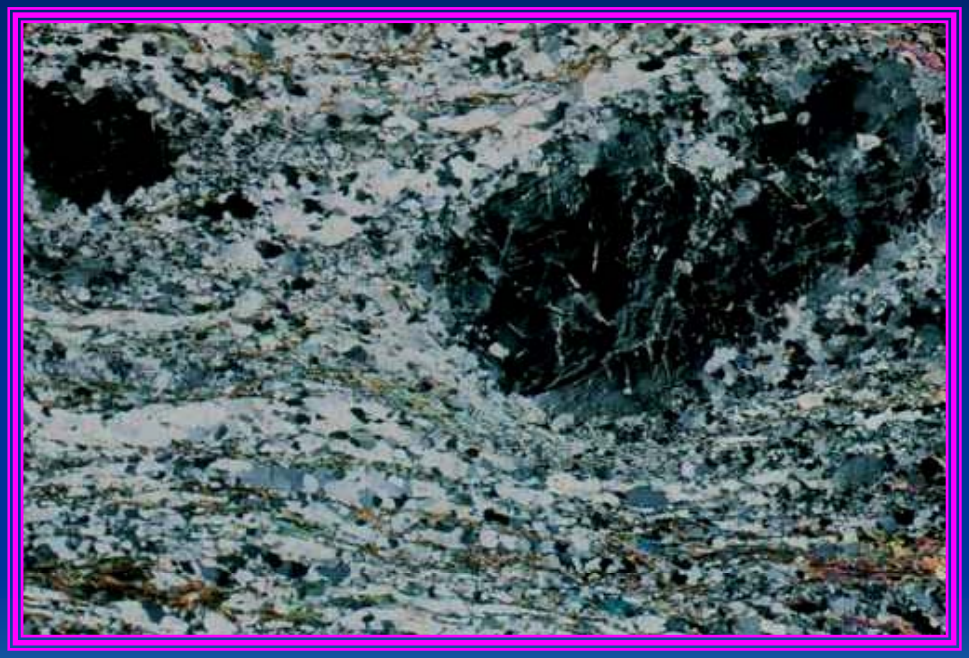
اندازه بین دانه ها در این فابریک مساوی، و دانه ها متساوی البعد و مرز بین آنها مستقیم الخط یا کمی انحناء دارد و همانند موزائیکهایی که در کنار هم چیده باشند.

فابریک مضرس

متشکل از دانـه هـای مسـاوی هـم، متسـاوی البعـد و گاهی عدسی است که مرز دانه های مجاور غیر منظم و مضرس و درهم می باشد.



فابریک میلونیتی

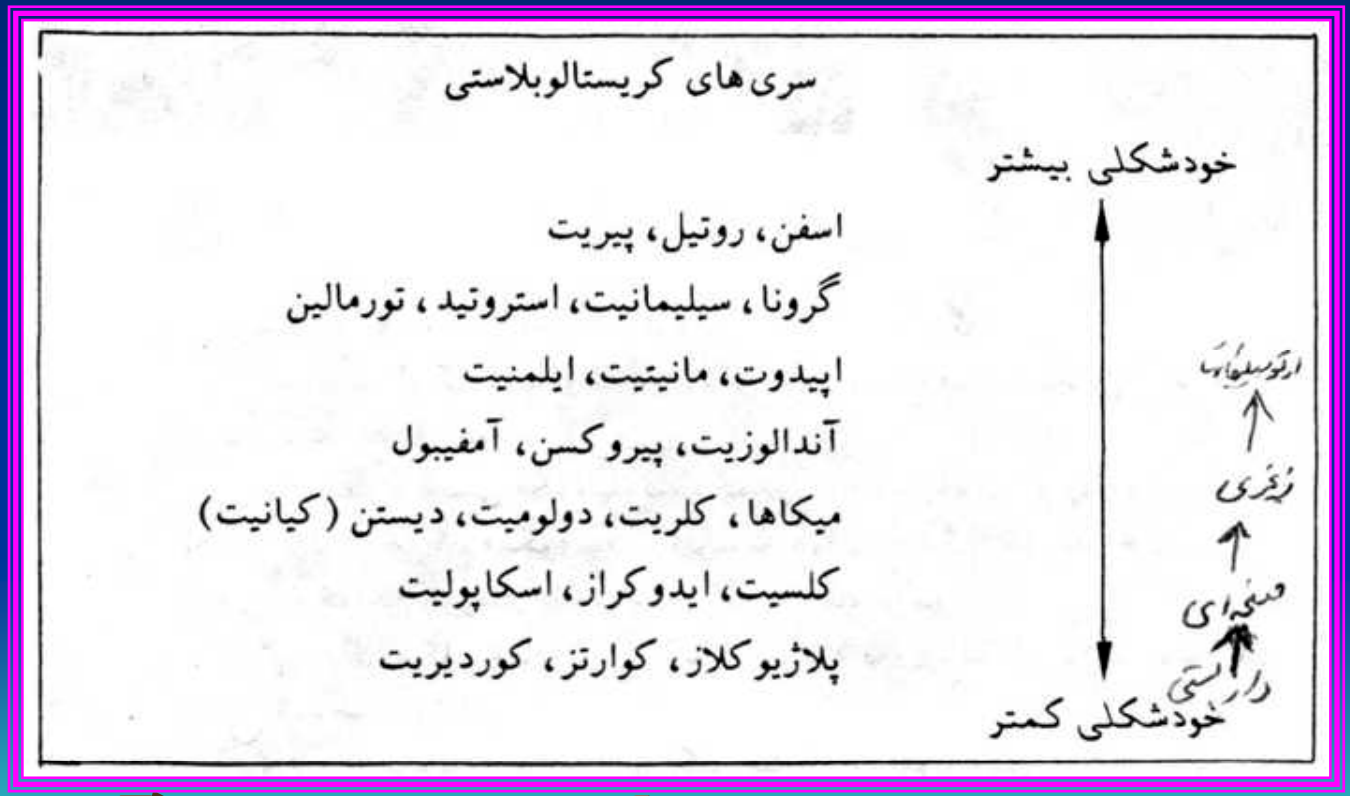


سنگ از اجتماع قطعات دانه ریزی تشکیل شده که در نتیجهٔ خرد شدگی مکانیکی و بدون تبلور مجدد در کانیهای اولیه صورت گرفته و قطعات خرد شده در نوعی سیمان دانه ریز به هم متصل شده اند.

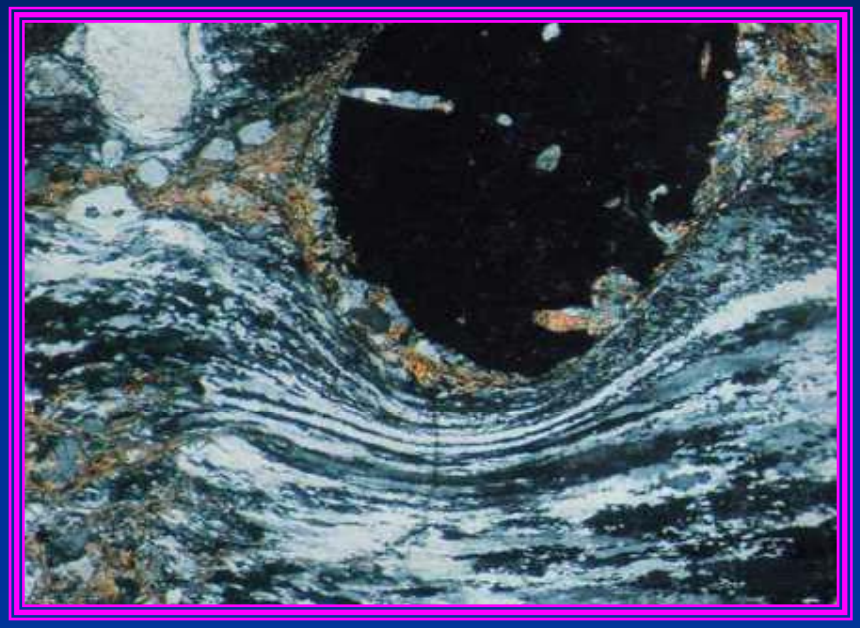
فابریک کریستالوبلاستی

- فابریکی در سنگ دگرگونی تجدید تبلور یافته که معرف بلورهایی است که در نتیجهٔ تبلور مجدد و رشد بلورها درطی دگرگونی حاصل شده باشد.
- اندازه و شکل هر بلور تابع انرژی سطحی و محل نسبی آن در سری کریستالوبلاستی بوده که معرف درجهٔ خود شکلی کانیهای یک سنگ دگرگونی است.

➢دراین سری هرقدرتعداد یون دریک کانی بیشتر باشد،به حالت خود شکلی نزدیک تر است (**مانند ارتو سیلیکاتها**)



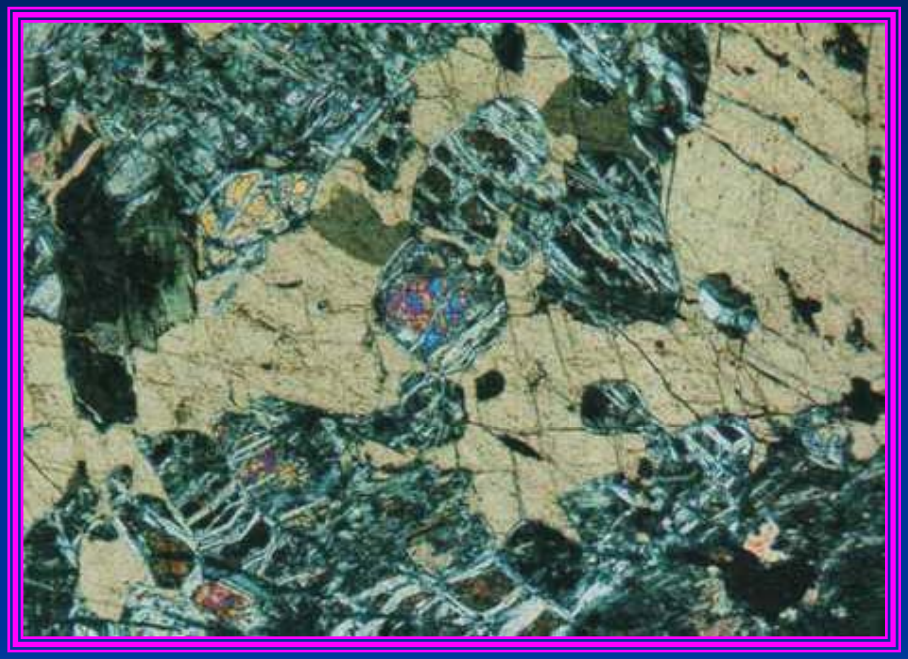
فابریک پورفیروبلاستی



فابریکی است که بلورهای بزرگ(پورفیروبلاست) در زمینه ای از کانیهای کوچکتر و دانه ریز قرار دارد.

عموما کانیهای پورفیروبلاست گرونا، دیستن، آندالوزیت و ... می باشند.

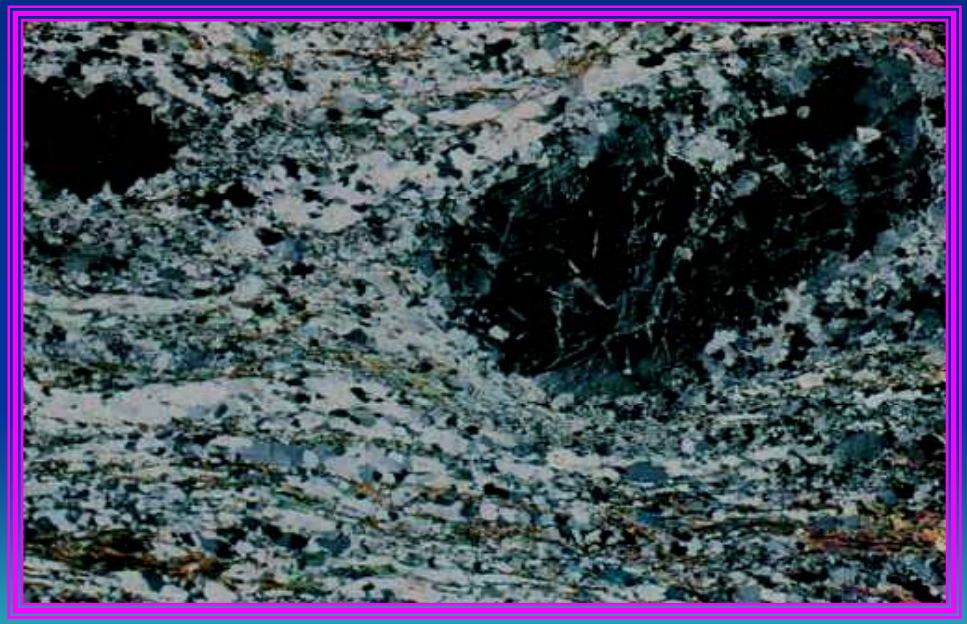
فابریک پوئی کیلوبلاستی

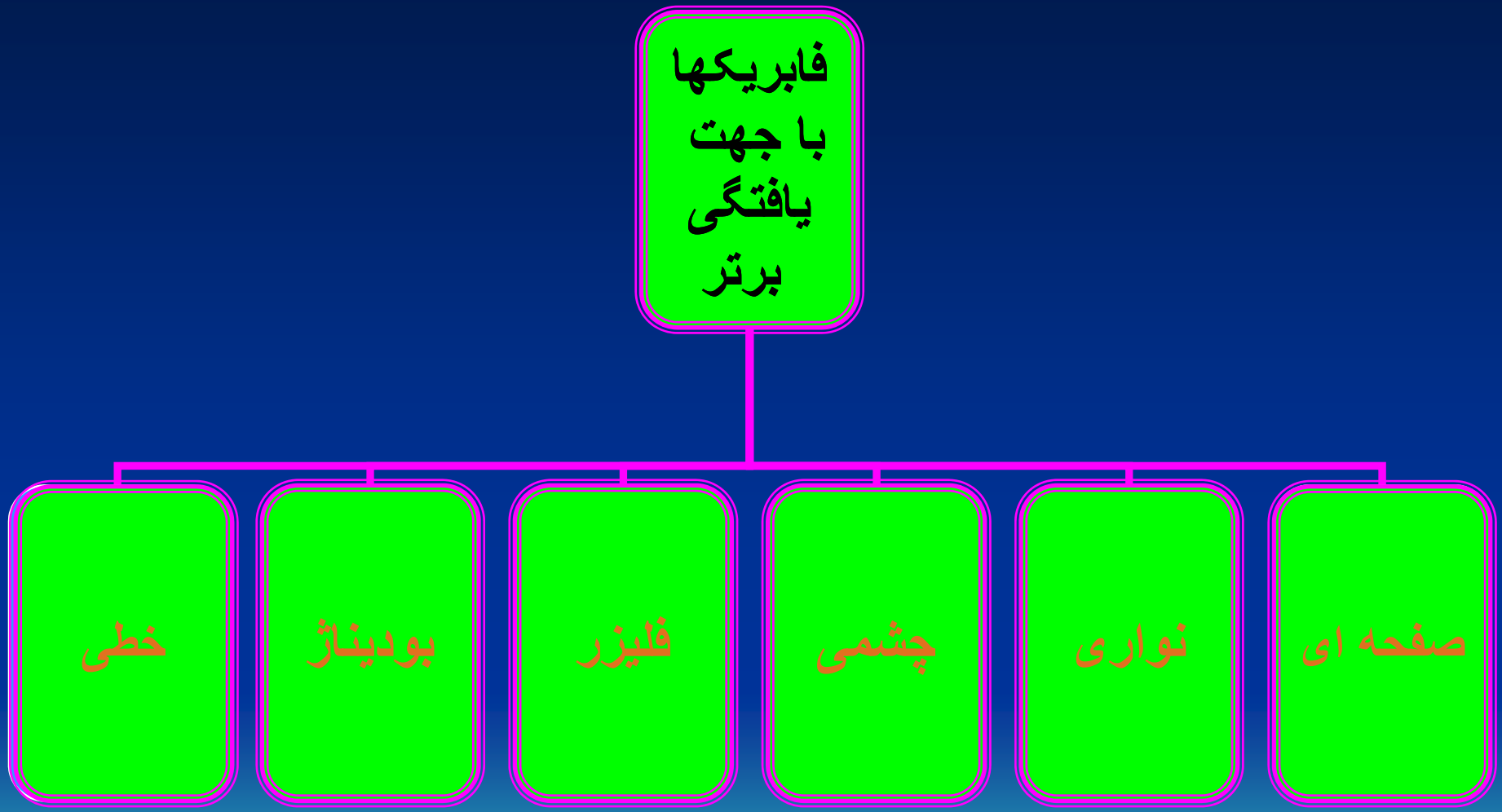


گـــــــاهی در داخـــــــل پورفیروبلاســـــــــــــتها انکلوزیونهـایی از کانیهـای کوچکتر دیده می شـود کـه این انکلوزیونها ممکن است در نتیجـهٔ رشـد بلورهـای ریز در بلورهای درشـت، و یـا نتیجـهٔ دگرسـانی کـانی اصلی باشد.

فابریک کاتاکلاستی

نوعی فابریک است که در نتیجهٔ خرد شدگی سنگها در طی دگرگونی دینامیکی به وجود می آید و دارای جهت یافتگی خاصی می باشد.

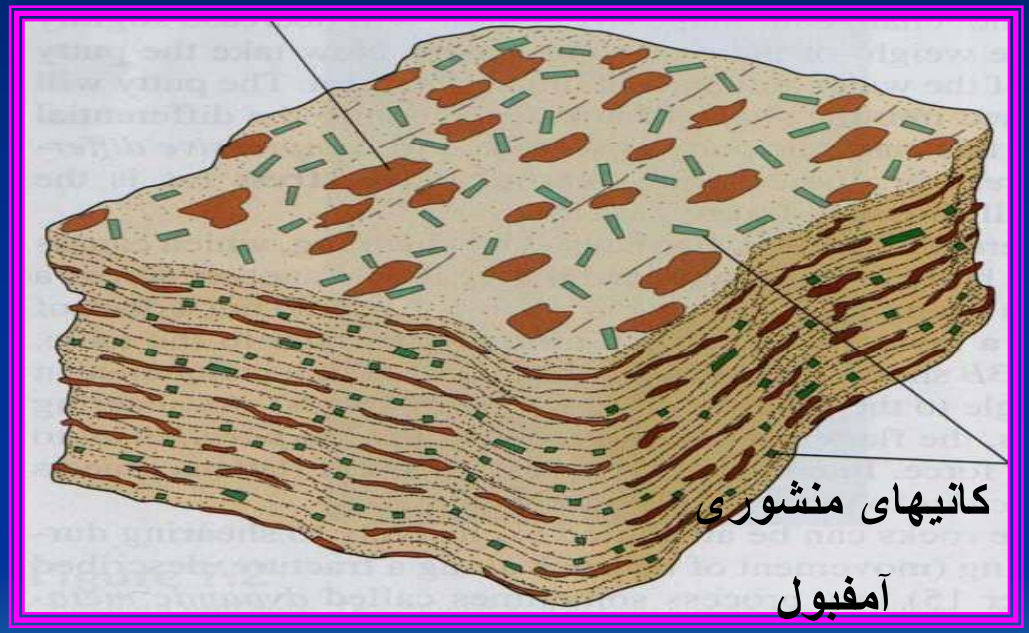



فابریکها
با جهت
یافتگی
برتر
صفحه ای
نواری
چشمی
فلیزر
بودیناژ
خطی

فابریک صفحه ای

- جهت یافتگی صفحه ای را شیستوزیته یا صفحه ای می گویند
- ساخت صفحه ای موازی در سنگهای دگرگونی است که موجب تورق نسبتا آسان سنگ در همین امتداد می شود.
- در نتیجه دگرگونی دینامیکی و یا ناحیه ای به وجود می آید.

کانیهای صفحه ای میکا



حالتهای مختلف
جهت یافتگی صفحه ای

۱- **لیتاژ**: تنوعی از لایـه هـایی با ترکیب کانی شناسی متفاوت در نتیجهٔ تفریق موضعی

۲- **کلیـــواژ شکســـتگی(درزه ای)**: در نتیجهٔ لغزش مکـانیکی، سنگ به صـورت ورقـه هـایی ظریف درآمده مانند میلونیتها

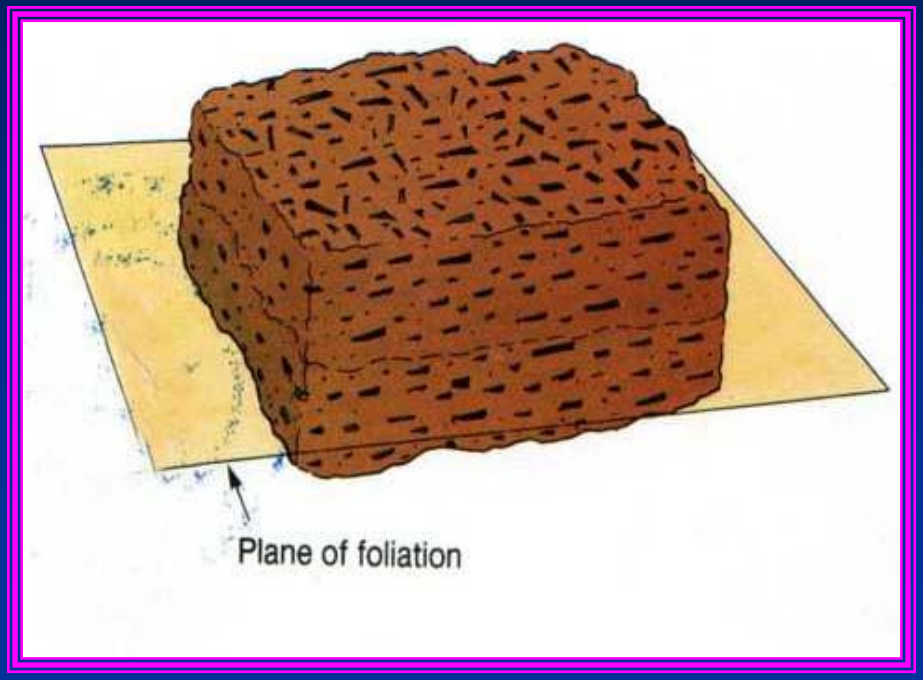
۳- **کلیواژ اسلیتی**: به علت قرار گرفتن کانیهای ورقه ای به موازات سطح کلیواژ، دارای جلای خاص بوده ودر حد میکروسکوپی است.

۴- **کلیواژ جریانی**: در واقع کلیواژ اسلیتی است که داری تورق آسانتر در امتداد سطوح کلیواژ است و با چشم غیر مسلح می توان مشاهده کرد.

۵- **کلیواژ لغزشی**: در امتداد سطوح تورق، جابجایی نیز صورت گرفته و کانیهای ورقه ای در امتداد و به موازات سطح کلیواژ قرار دارند.

۶- **کلیواژ خطی**: در نتیجهٔ آن، سنگ بصورت بخشهای قطعات باریک ولی طویل ظاهر می شود(لیناسیون)

فابریک شیستی(شیستوزیته)



- ساختی از سنگ است که خرد شـــدن و شکســـتن در آن بـــه صـــورت ورقـــه هـــا و صـــفحات موازی به آسانی انجام می شود.
- کلمـــهٔ فولاســـیون در اغلـــب موارد معادل شیستوزیته به کـار می رود.
- شیســـتوزیته تـــابع درجـــه حرارت و فشار است.

فابریک نواری

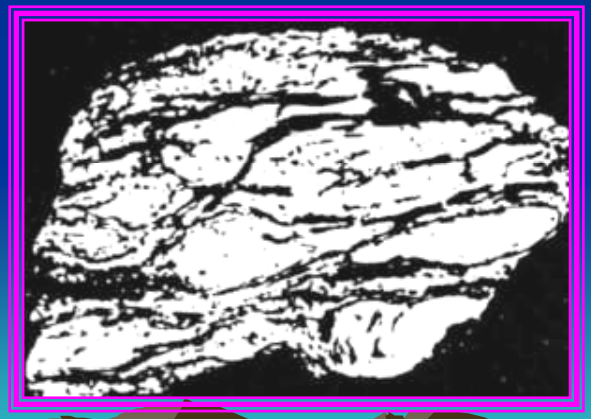
- سنگ به صورت نوارهای موازی ظاهر می شود که ترکیب کانیهای هر نوار نسبت به نوار مجاور متفاوت است.
- این عمل در نتیجهٔ تفریق دگرگونی، رشد بلورهای دانه ای، اختلاف در ترکیب لایه های سنگ مادر می باشد.

فابریک گنیسی

- نوعی فابریک نواری است که از نوارهای متناوب روشن(کانیهای کوارتز و فلدسپاتها با فابریک موزائیکی) و تیره رنگ (پیروکسن، آمفیبول، میکا) تشکیل شده باشد(**شکل اسلاید قبلی**) .
- نحوهٔ تشکیل آن ممکن است در نتیجهٔ لایه بندی اولیه سنگ، تزریق لایه های نازک ماگمایی، ذوب بخشی رسوبات و تفریق دگرگونی یا مکانیکی باشد.

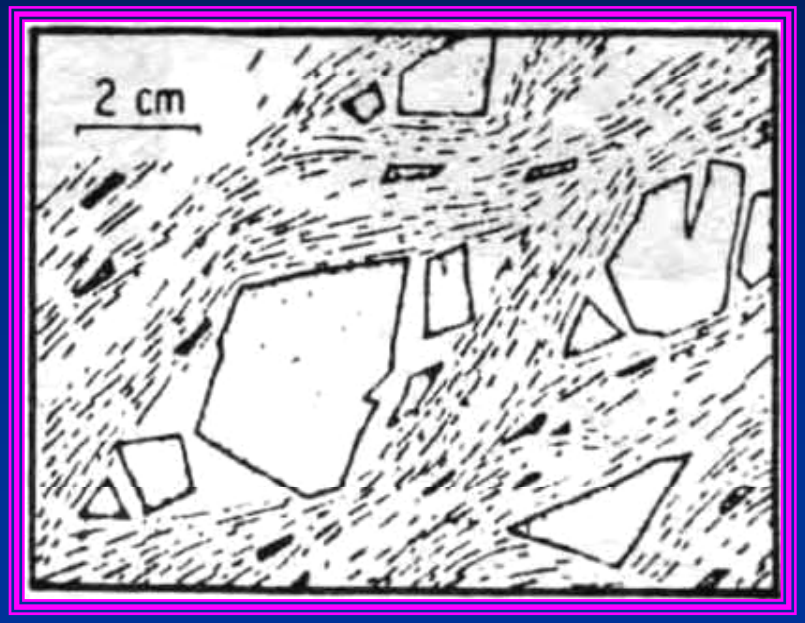
فابریک چشمی

- فابریکی است که در آن بعضی کانیها نظیر فلدسپات، کوارتز یا گرونا بصورت اشکال عدسی مانند در می آید و در مقاطع، شبیه چشم بوده که چشمها نسبت به زمینه درشت تر و جهت یافته اند.
- این فابریک در گنیسها و سنگهای دگرگونی فولیاسیون دار دیده می شود.



فابریک فلیزر

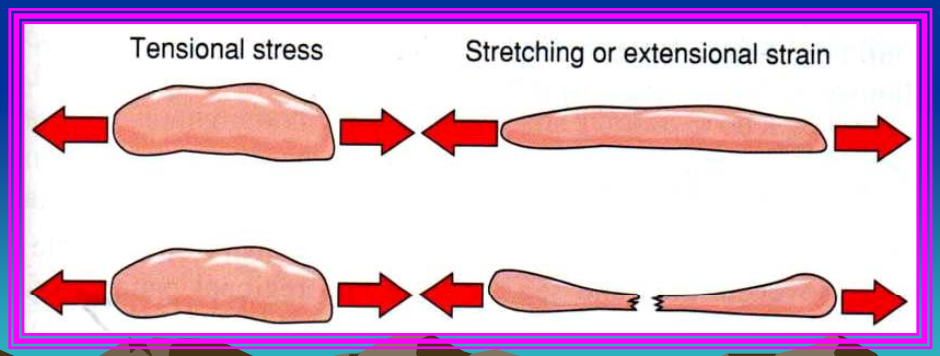
- در این حالت به علت جریان یافتن سنگ، توده های عدسی شکل یا لایه اولیه و یا کانیهای دانه ای نسبتا سالم سنگ در خمیره ای از قطعات شدیدا خرد شده محاط می گردد.



- قطعـــات درشـــت را چشـــمهای کلاســـتی و مجموعـــه را **فابریـــک فلیزر** می گویند.
- فـــرق آن بـــا فابریـــک چشـــمی ایـــن اســـت کـــه سیمان و قطعات درشت از نوع کلاستی است.

فابریک بودیناژ(سوسیسی)

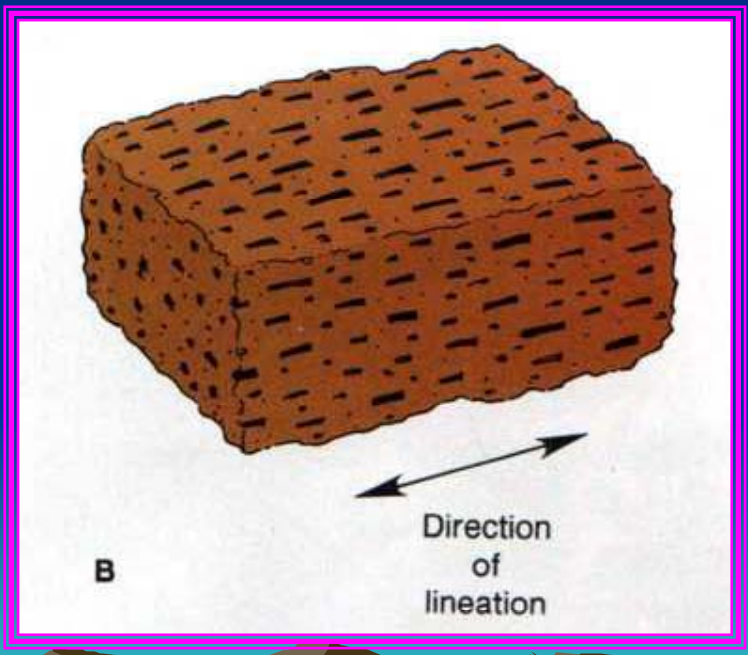
- به فابریکی گفته می شود که ستونهای موازی با مقاطع عدسی شکل(که معمولا به هم پیوستگی مختصری دارند) در سنگ ظاهر شود.
- وقتی به وجود می آید که سنگی مقاوم در داخل طبقات نا مقاوم قرار گیرد و مجموعا تحت تأثیر **نیروهای کششی** واقع شود.



فابریک خطی (لینه آسیون)

یک اصطلاح کلی است و عبارت از موازی قرار گرفتن عوامل خطی در سنگهای دگرگونی است.

حالتهای مختلف فابریک خطی:



الف)نتیجهٔ رشد کانیهای طویل(بلورهای منشوری و سوزنی)

ب)نتیجهٔ تقاطع دو سطح در سنگ دگرگونی

ج)محل لولاهای یک چین کوچک و بسیار ریز موازی هم

فصل هفتم

اقسام سنگهای دگرگونی

فصل هفتم

اهداف کلی:

۱- تفکیک سنگهای دگرگونی از یکدیگر(مجاورتی، دینامیکی وناحیه ای)

۲- نامگذاری سنگهای دگرگونی بر اساس بافت، ساخت، فابریک و ترکیب کانی شناسی بر اساس آموخته هایی که تاکنون آموخته شده است.

انواع سنگ اولیه(پرتولیت)

نوع سنگ دگرگونی، تابع ترکیب شیمیایی کانی شناسی سنگ مادر و درجات دگرگونی است.

انواع سنگ اولیه:

۱- رسوبات پلیتی

۲- سنگهای کوارتز-فلدسپاتی

۳- رسوبات کربناته

٤- سنگهای بازیک

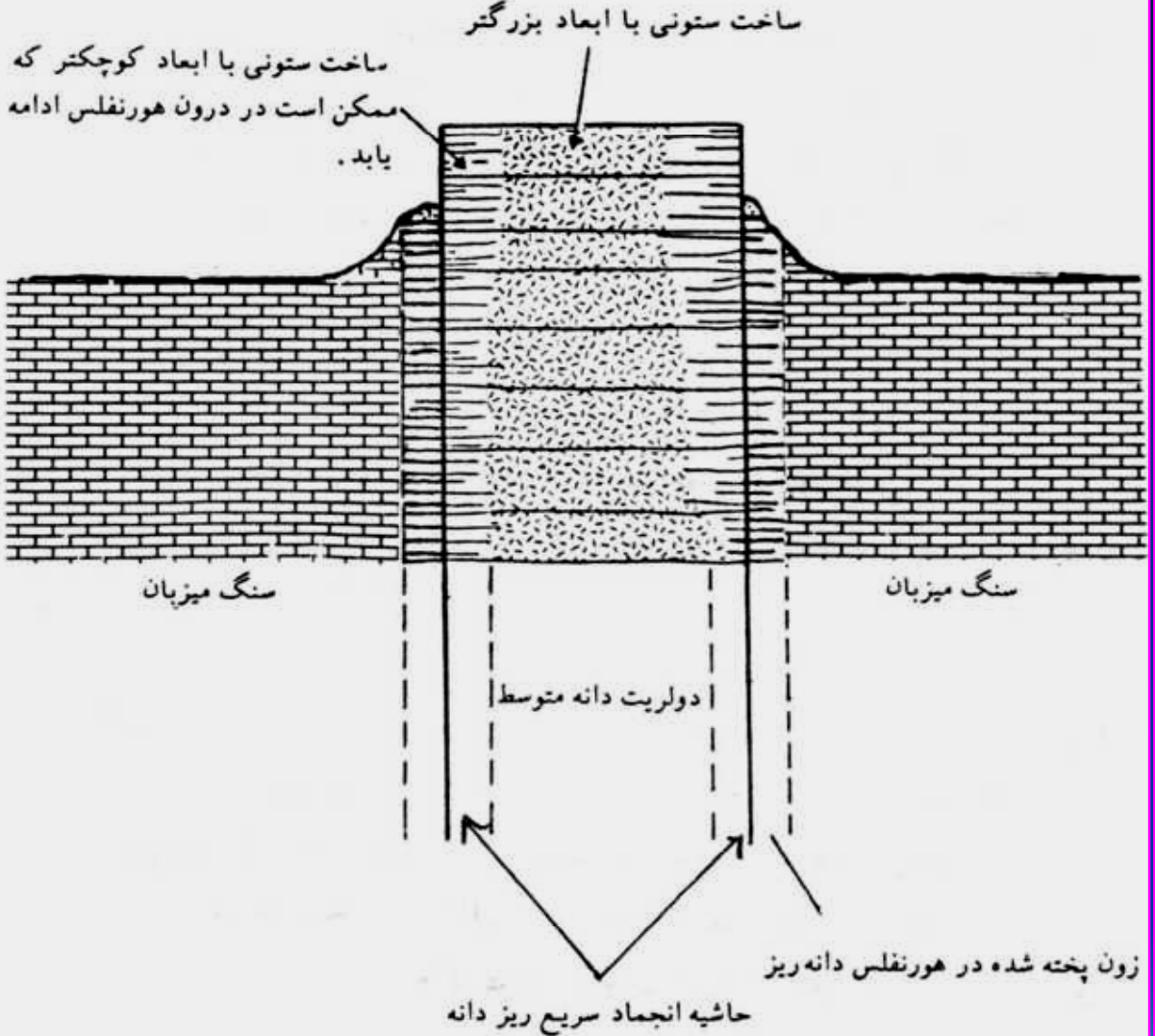
٥- سنگهای اولترابازیک

سنگهای دگرگونی مجاورتی

الف)مشخصات:

دارای دو حاشیه:

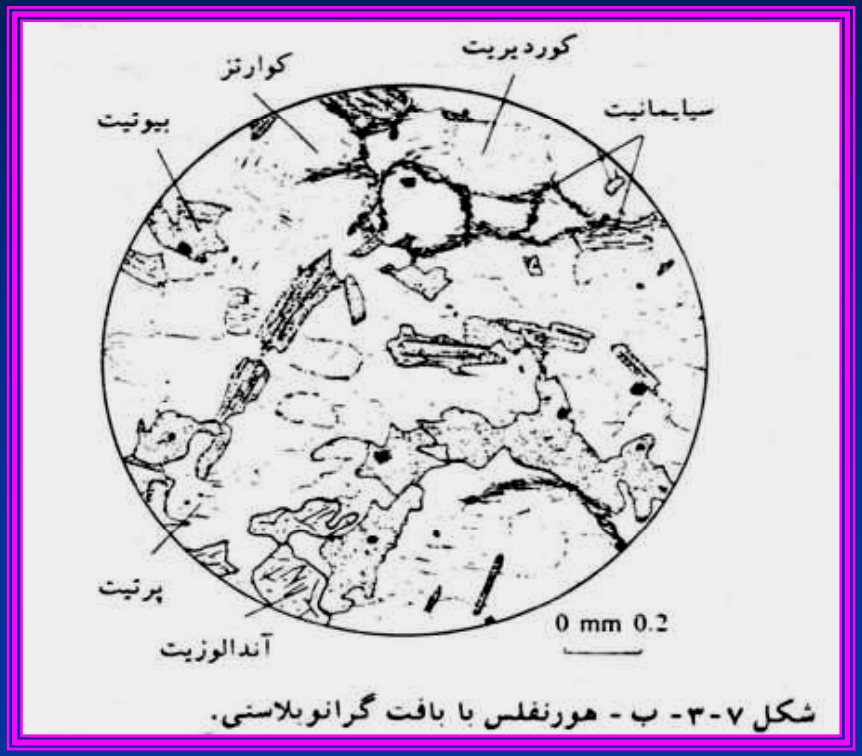
- ✓در سنگ میزبان حاشیه های دگرگونی مجاورتی و تشکیل سنگ هورنفلس
- ✓ در سنگهای نفوذی، تشکیل حاشیه انجماد سریع (**شکل اسلاید بعدی**)



شکل ۷-۱- مقطع عرضی از یک دایک دولریتی فرضی به ضخامت یک متر و دگرگونی مجاورتی در حاشیه آن

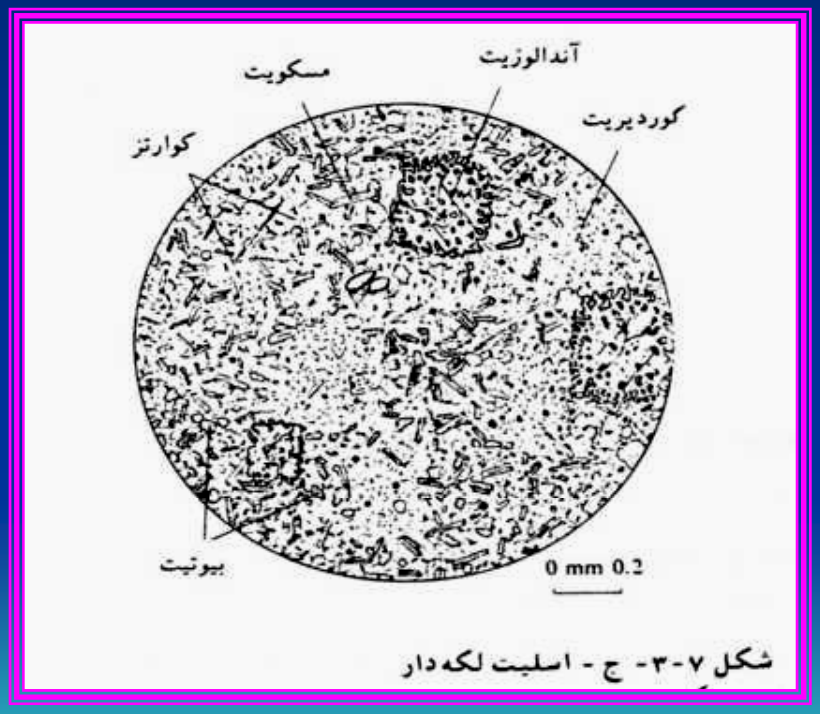
ب)بافت هورنفلسها:

- کانیهـــای اصـــلی هورنفلســـها : کوارتز، فلدسپات، پیروکسن و...
- معمـــولا بصـــورت دانـــه هـــای متساوی البعد و هـم انـدازه ظـاهر می شوند.
- فاقد جهت یافتگی(حتی کانیهـای میکایی) و دارای بافت موزائیکی که بـه آن **فابریـک گرانوبلاسـتی** یـا **هورنفلسی** می گویند.



شکل ۷-۳- ب - هورنفلس با بافت گرانوبلاستی.

- گـاهی دارای بافـت پورفیروبلاسـت(درشـت بلورهای آندالوزیت، کردیوریت و...) می باشد.
- به علت عدم فشار جهت دار و تکامل آن، گـاهی بقایای بافت اولیه مشخص است.



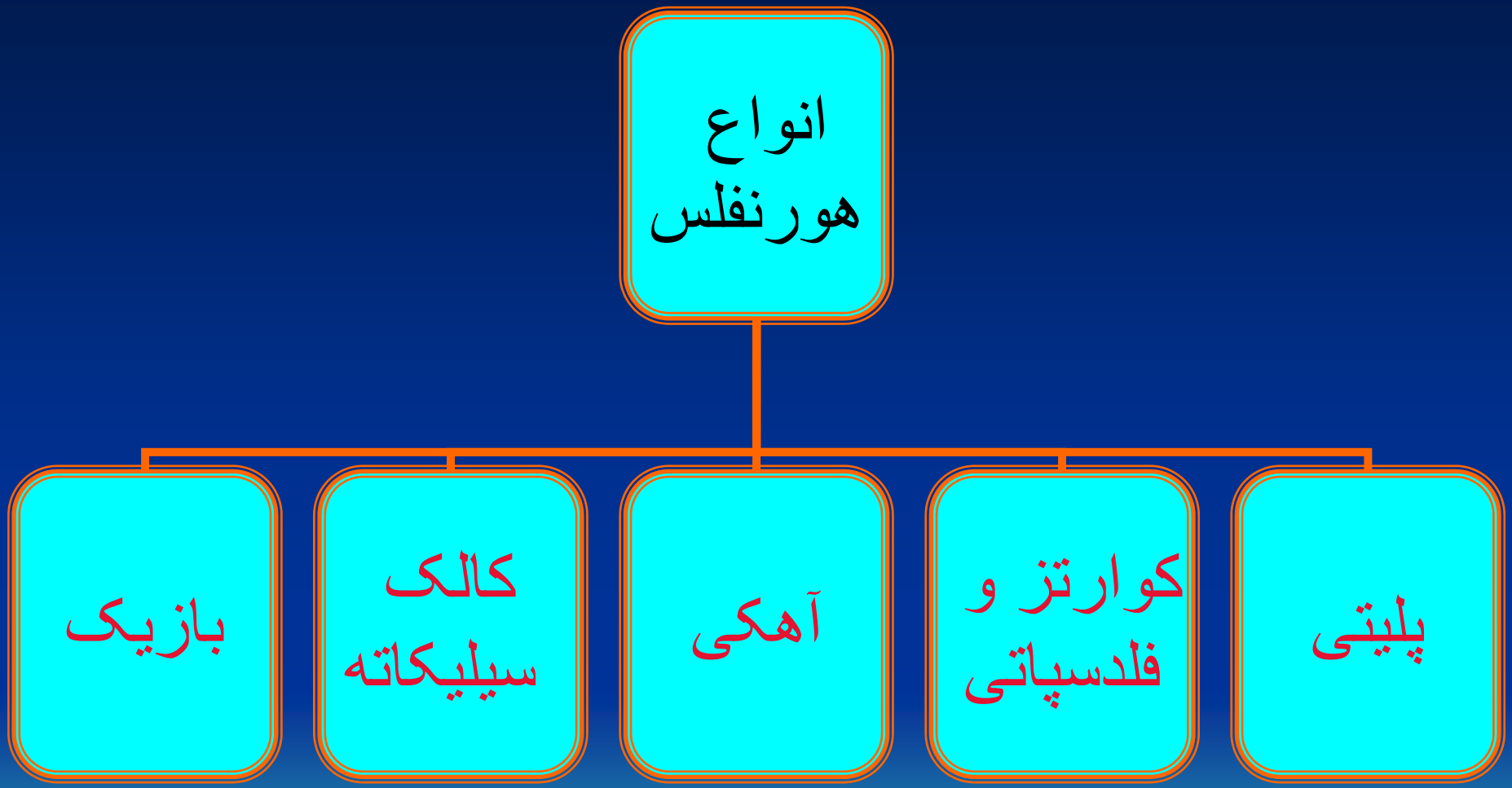
شکل ۷-۳- ج - اسلیت لکه دار

بافت لکه دار:

گـاهی در اسلیتها یـا شیستها بـر اثـر تبلـور مجـدد، پورفیروبلاسـتهای اولیـه یـا تجمـع دانـه هـای درشـت میکـایی، **سنگ منظرهٔ گره دار** پیدا می کند.

ج) هورنفلس:

- سنگی است سخت، دانه ریز، متراکم با شکستگی صدفی و نامنظم، توده مانند که در مجاورت سنگهای نفوذی تشکیل می شود.
- در مقابل عوامل فرسایش مقاومت زیادی داشته و هر قدر تودهٔ نفوذی نزدیکتر باشد، دانه درشت تر و مقاومت بیشتری پیدا می کند.


انواع
هورنفلس
پلیتی
کوارتز و
فلدسپاتی
آهکی
کالک
سیلیکاته
بازیک

هورنفلسهای پلیتی

بر حسب نوع سنگ مادر، انواع هورنفلسها عبارتند از:

۱ – هورنفلسهای واجد Al_2O_3 نسبتا زیاد

۲– شیستهای لکه دار پلیتی

۳– آدینول

٤– آرژیلیت

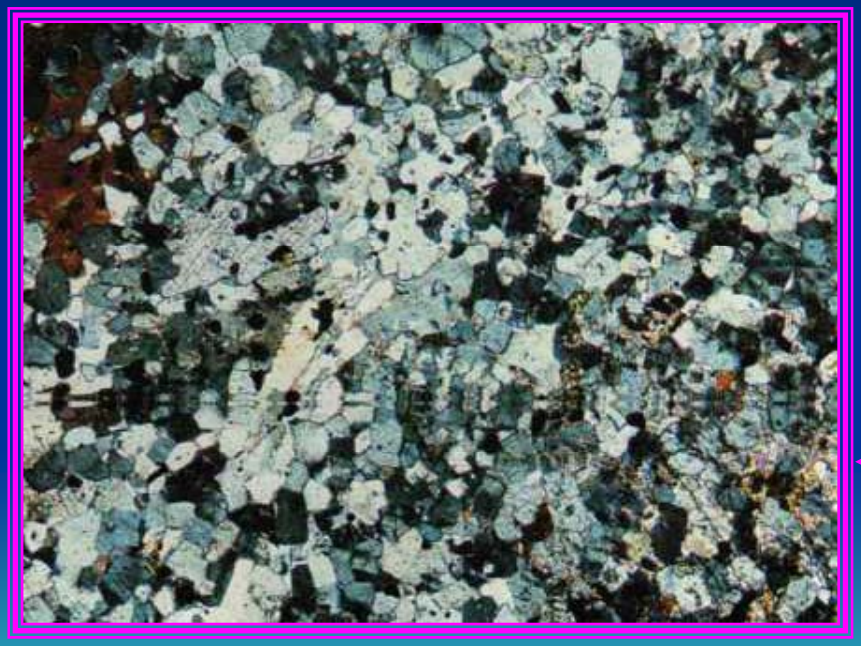
هورنفلسهای Al_2O_3 زیاد

آندالوزیت هورنفلس(کیاستولیت)

- **پورفیروبلاســـــــتها:** آندالوزیت یـا کردیوریـت و یا هردو
- **زمینـــــهٔ دانـــه ریـــز گرانوبلاستی:** متشکل از کوارتز، فلدسپات، میکا و گرافیت

بـر حسـب نـوع کانیهـا در زمینـهٔ سـنگ مـی تـوان رخساره های دگرگونی را تعیین کرد:

1- وجود فلدسپات و عدم مسـکوویت نشـانهٔ **رخسـارهٔ پیروکسـن-هورنفلس**



آندالوزیت کوردیریت

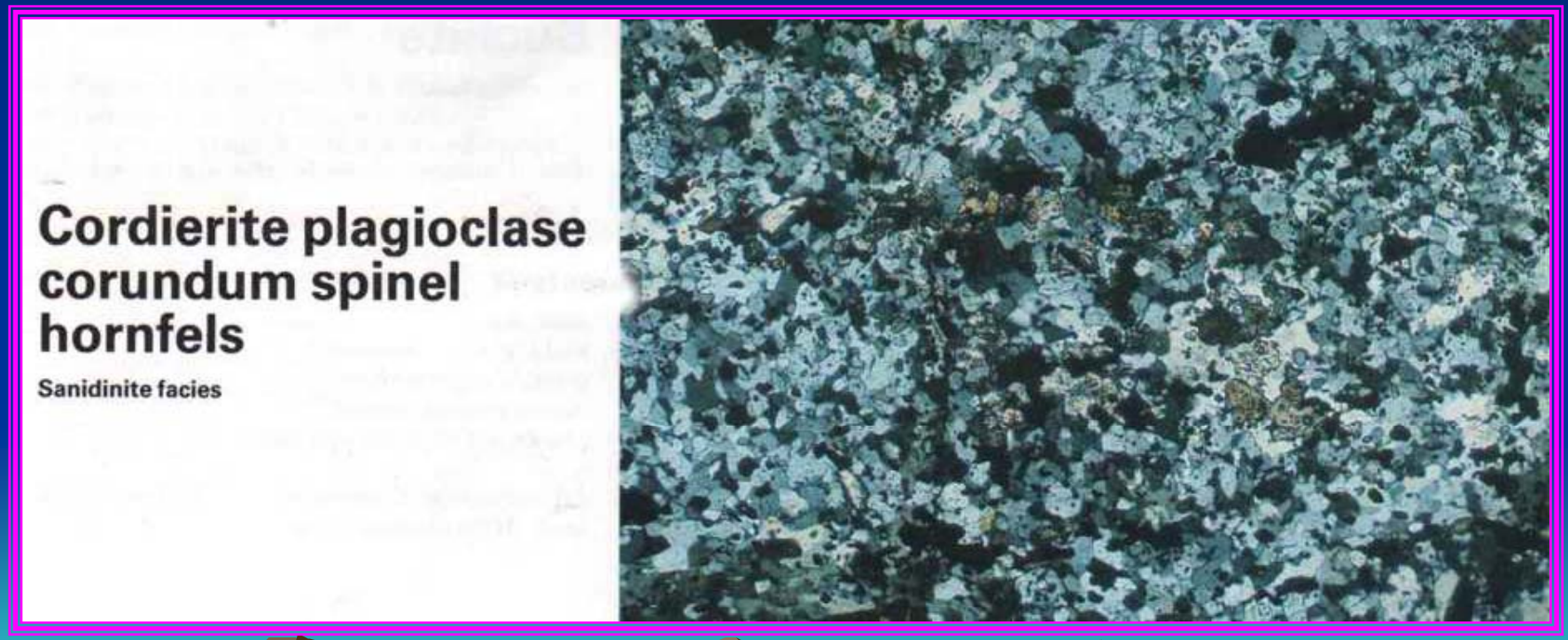
K-فلدسپات هورنفلس

۲- در درجه حرارت کمتر ظهور میکا نشانهٔ **رخسارهٔ هورنبلند-هورنفلس**

۳- **رخسارهٔ آلبیت-اپیدوت-هورنفلس** به ندرت شناسایی می شود.

آندالوزیت بیوتیت شیست
(رخساره هورنبلند هورنفلس)

٤- **رخسارهٔ سانیدینیت:** هنگامی که سنگ پلیتی به صورت انکلاو در گدازه قرار گرفته باشد، کانیهای کوروندون و یا اسپینل در آنها ظاهر می شود و در صورت ذوب بوکیت تشکیل می شود.



بطور کلی در تمام هونفلسهای پلیتی، **بیوتیت قرمز قهوه ای** دیده می شود ولی **مسکوویت** تنها در رخسارهٔ هورنبلند-هورنفلس ظاهر می گردد.

پورفیروبلاستهای آندالوزیت:

۱- بصورت گرانوبلاستهای درشت و اسفنجی با ادخالهایی از کوارتز، گرافیت و بیوتیت

۲- بصورت بلورهای منشوری کیاستولیت با مقطع عرضی تقریبا مربعی شکل(**شکل اسلاید۱۹۲**) .

شیستهای لکه دارپلیتی

کوردیریت آندالوزیت هورنفلس
(اسلیت لکه دار)

کمی دورتر از هالهٔ دگرگونی اگر سنگ اولیه از نوع اسلیت، فیلیت یا شیست باشد، و بر اثر دگرگونی مجاورتی، دانه هایی در سنگ به رنگ خاکستری یا تیره ظاهر شود، به آن **لکه یا غده** گویند.

لکـــه هـــای مـــذبور ممکـــن اســـت از آنـــدالوزیت یـــا کردیوریت باشند.

شرط تشکیل پورفیروبلاستهای مذکور:

۱- باید درجه حرارت در حد آمفیبولیت باشد.

۲- در ترکیب سنگ اولیـه، **کائولینیت**(بـرای تشـکیل آندالوزیت)یا**کلریت**(برای تشکیل کردیوریـت) وجـود داشته باشد.

آدینول

عبارت از **آلبیتی شدن رسوبات رسی** است که خود در نتیجهٔ دگرگونی مجاورتی در حاشیهٔ یک توده نفوذی مافیک سرشار از **سدیم** به وجود می آید.

آرژیلیت

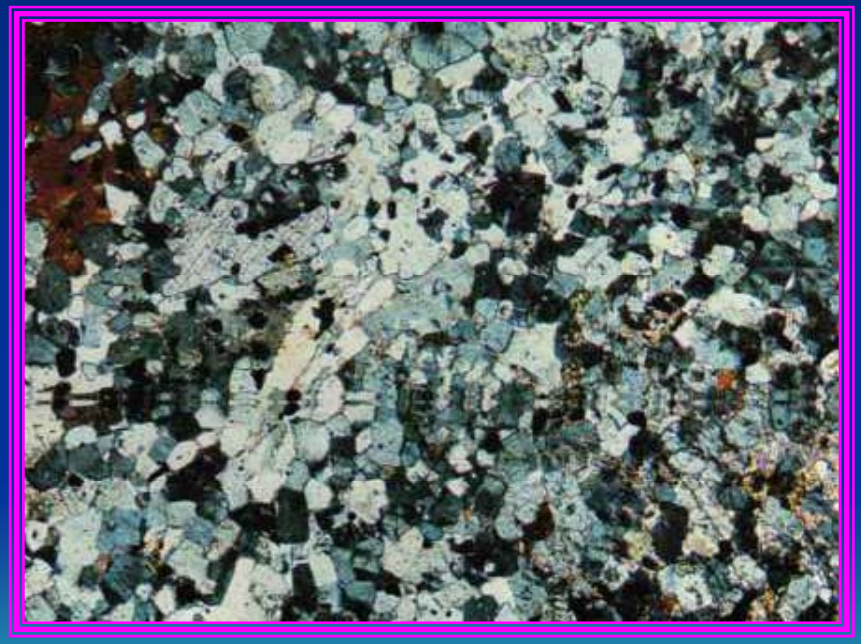
- سنگی است آفانیتیک با رنگ تیره، بدون جهت یافتگی و غالبا دارای شکستگی صدفی می باشد.
- درجهٔ دگرگونی آن ضعیف و بر اثر تبلور دوباره، مادستون به وجود می آید.

هورنفلسهای فلدسپاتی

- از دگرگونی ماسه سنگ و سنگهای آذرین سیلیس دار(ریولیت، داسیت و...) به وجود می آیند.
- اساسا بافت موزائیکی گرانوبلاستیک داشته و حاوی کوارتز و فلدسپات می باشند.

پاراژنز

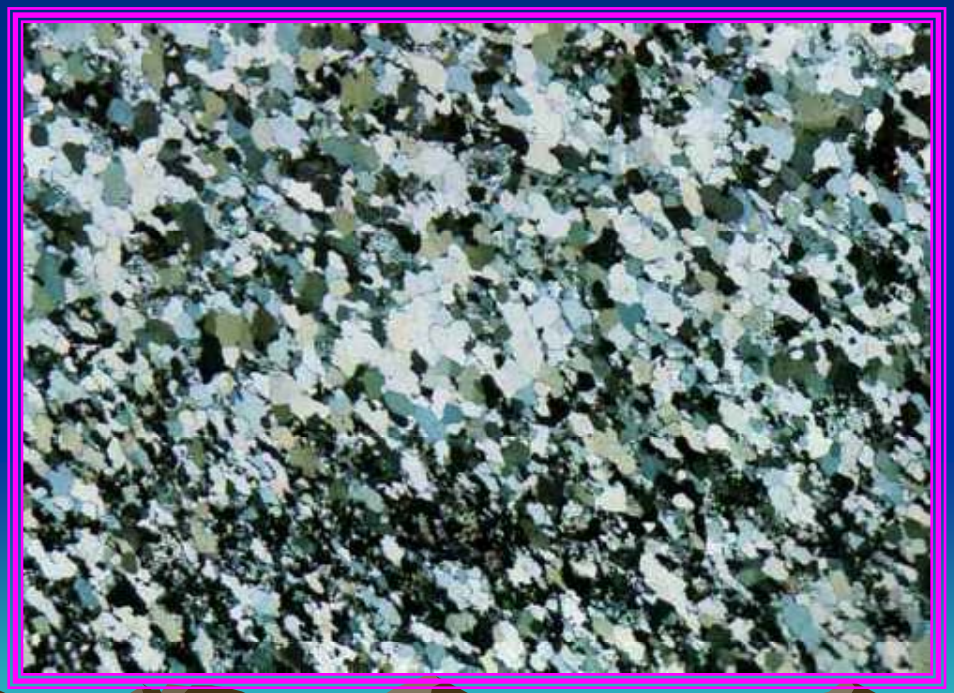
کوارتز+ فلدسپات پتاسیم+ بیوتیت + آندالوزیت+ پلاژیوکلاز



هورنفلس فلدسپاتی

کوارتزیت

سنگی است متراکم، سخت با بافت موزائیکی و در هنگام شکستن با لبه های تیز شکسته می شود.



انواع کوارتزیت

- نوع کوارتزیت تابع مواد ناخالصی سنگ مادر بوده و شامل کوارتزیت خالص، میکادار، فلدسپات دار، گرونادار، آکتینوت دار، آهن دار و ریبکیت دار می باشد.
- وجود پیریت و لیمونیت در کوارتزیتها، امری عادی است.
- اسفن در کوارتزیتهای کربنات دار و از تبدیل کانیهای تیتان دار سنگ مادر به وجود می آید.

هورنفلسهای آهکی

- از دگرگونی شدید آهکها و دولومیتها تشکیل می شود.
- اساسا از دانه های موزائیکی و متساوی البعد کلسیت تشکیل شده و بافت این سنگها گرانوبلاستیک است.
- سنگهای مادر سرشار از سیلیس دارای کانیهای ولاستونیت، دیوپسید، ترمولیت و تالک می باشد.

مرمر یا سیپولن:

سنگ آهک دگرگون شده، دارای فولاسیون یـا فاقـد آن که ممکن است خالص یا ناخالص باشد.

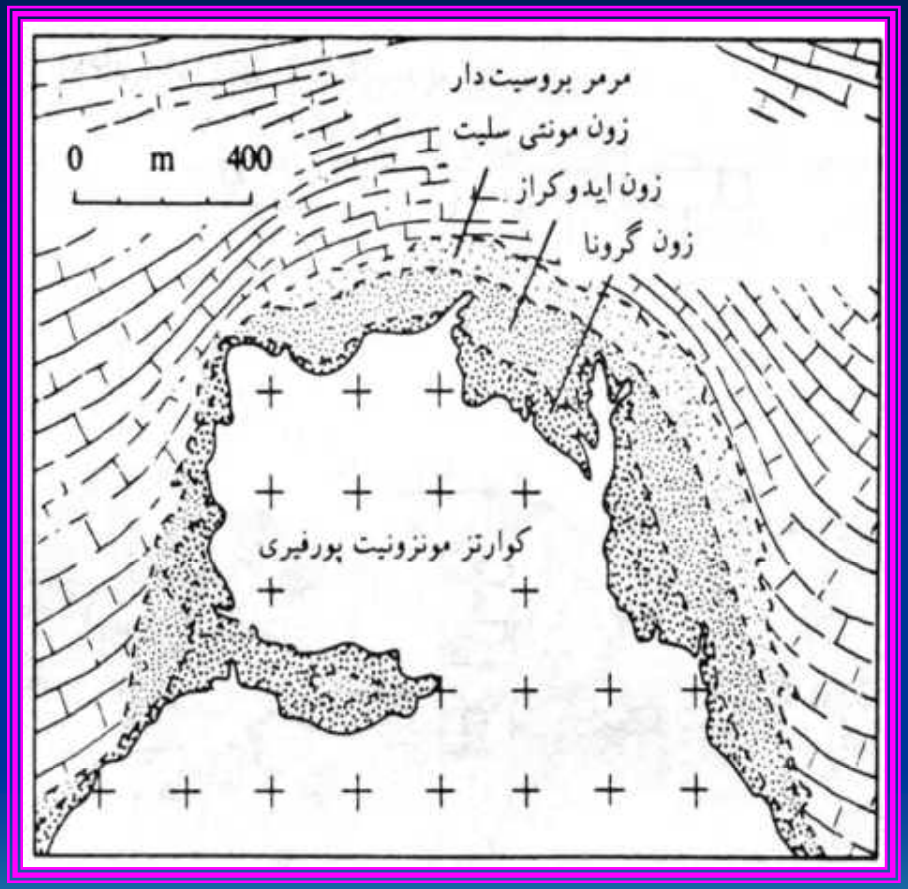
هورنفلسهای کالک-سیلیکاته

- عمدتا از دگرگونی آهکهای رس دار و مارن ها به وجود می آید.
- سنگهای دانه ریز و بدون فولاسیون بوده و از اقسام مهم آن تاکتیت و اسکارن می باشد.

تاکتیت

- سنگی با ترکیب پیچیده که از دگرگونی مجاورتی و متاسوماتیسم سنگهای کربناته به وجود می آید.
- دارای بافت دانه درشت و موزائیکی است و می توان آنرا **معادل اسکارن** دانست.

اسکارن



سنگهای متاسوماتیتی است که از آهک، آهن و سیلیکاتهای منیزیم ترکیب یافته و در نتیجهٔ دخالت محلولهای ماگمایی و واکنش بین کربناتها با محلولهای فوق به وجود می آید.

منطقه بندی(زونالیته) از مشخصات بارز اسکارن ها است.

انواع اسکارن :

الف)منیزیم دار: حاصل از دولومیت (شکل اسلاید بعدی)

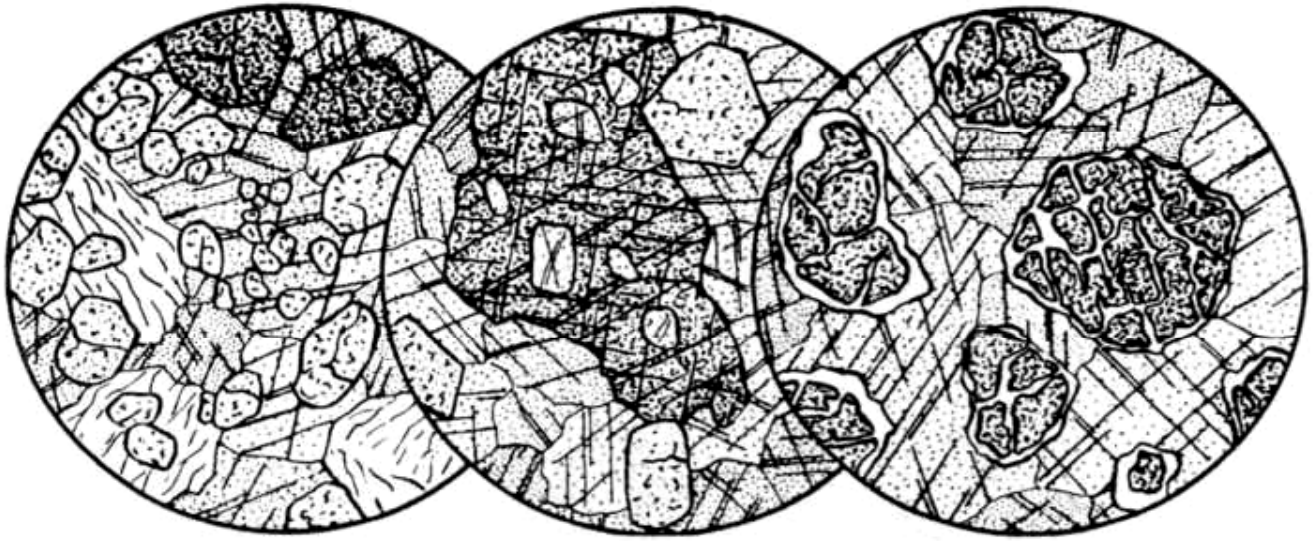
ب)آهکی: حاصل از کربنات کلسیم

اسکارن ها از نظرپیدایش کانسارهای فلزی(منیزیم، آهن، مس، سرب و روی، مولیبدن، تنگستن و فلوگوپیت) ارزش اقتصادی دارند.

مانند :

معدن آهک قصر فیروزهٔ تهران

اسکارن مس دار اهر



الف ب ج

شکل ۷- ۸ - مرمرهای منیزیوم دار (قطر دایره ها سه میلیمتر است)

الف- مرمر فورستریت دار: شامل کلسیت + فورستریت؛ کانی اخیر تا اندازه‌ای به سرپانتین تبدیل شده است.

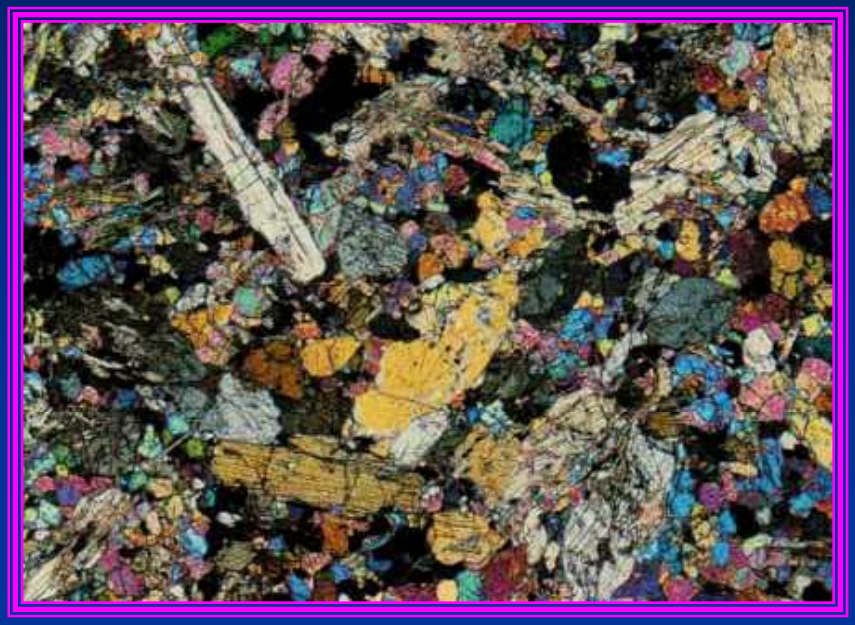
ب- مرمر دیوپسید - ایدوکرازدار، دیوپسید + ایدوکراز + کلیت بلور دیوپسید در وسط قرار دارد و حاوی انکلوزیون ایدوکراز است. زمینه سنگ از کلسیت و ایدوکراز ساخته شده است.

ج- مرمر اسپینل + کندرودیت + بروسیت دار؛ دو بلور اسپینل خود شکل در پائین شکل؛ دانه های غیر خود شکل، کندرودیت است که در زمینه بروسیت قرار دارند.

گریزن

- یک مجموعهٔ گرانوبلاستی از کوارتز و مسکوویت است که در آن کمی توپاز، تورمالین، فلورین، روتیل، کاسیتریت و ولفرامیت دیده می شود.
- از متاسوماتیسم سنگهای گرانیتی به وجود می آید که بر اثر دگرسانی هیدروترمال، فلدسپات و میکای گرانیت به مجموعهٔ کانیهای فوق تبدیل می شود.

هورنفلسهای بازیک



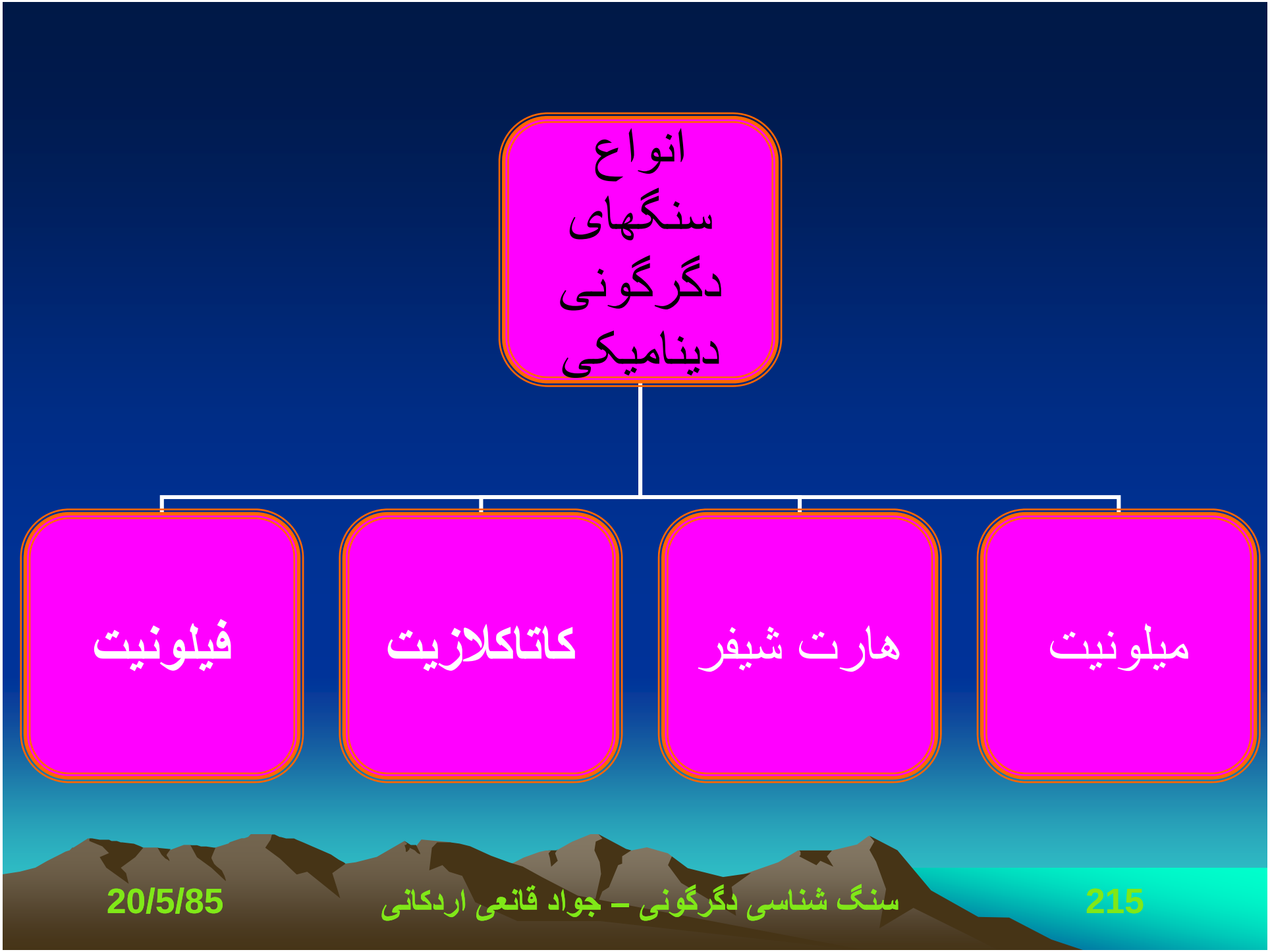
از درجهٔ شدید حرارتی سنگهای بازیک، هورنفلسهای متراکم و تیره رنگی به وجود می آید که بافت گرانوبلاستیک- موزائیکی دارند.

کانیها:

لابرادور، دیوپسید، هیپرستن، آپاتیت، منیتیت، اسفن و گاهی بیوتیت

سنگهای دگرگونی دینامیکی

- دگرگونی دینامیکی با دگرشکلی سنگها و تبلور مجدد ناشی از استرن مشخص بوده و معمولا با کاهش اندازهٔ کانیهای سنگ همراه است.
- در نامگذاری سنگهای دگرگونی دینامیکی، **فابریک سنگ** اهمیت داشته ولی ترکیب کانی شناسی نقشی ندارد.
- رفتار کانیها در مقابل نیروهای دینامیکی بستگی به جنس آنها و شرایط فیزیکی محیط دارد.


انواع سنگهای دگرگونی دینامیکی
میلونیت
هارت شیفر
کاتاکلازیت
فیلونیت

میلونیت

- از دگرشکلی کاتاکلاستیک شدید سنگها تا حد خرد شدن به وجود می آید.
- این سنگ بسیار دانه ریز، واجد چشمهایی از سنگهای خرد شده است.
- آثار خرد شدگی درحاشیهٔ دانه ها و خاموشی موجی کانیها ازویژگی آنهاست.
- ازسنگهای سخت و به هم پیوسته ای که در نتیجهٔ فشارهای شدید تشکیل شده اند.

انواع میلونیت

۱- **پروتوژین:** سنگ گرانیتی مناطق آلپی که ساخت گنیسی دارد که در آن سرسیت، کلریت، اپیدوت و گرونا دیده می شود.

۲- **گابرو میلونیتی:** دارای کانیهای حرارت بالا و مقاوم گابروها

۳- **پریدوتیت میلونیتی:** در مناطق فـرورانش بـا سـاخت ورقـه ای یـا خطـی مشـخص شـده و در نتیجهٔ حضور آب، همراه با کانیهـای سـرپانتین و تالک می باشد (**شکل اسلاید۲۱۳**).

۴- **گنیس چشمی:** منشاء میلونیتی و فلدسپاتهای بزرگی به شکل چشم ونیز گاهی منشاء متاسوماتیکی دارد (**شکل زیر**).

۵- **پروتومیلونیت:** میلونیت با پورفیروبلاست زیاد

۶- **اولترامیلونیت**: میلونیت شدیدا خرد شده، دارای پورفیروبلاست بسیار اندک یا فاقد آن.

این پورفیروبلاستها در صورت وجود، به شدت خرد شده و حالت مدور دارند (**شکل زیر**).

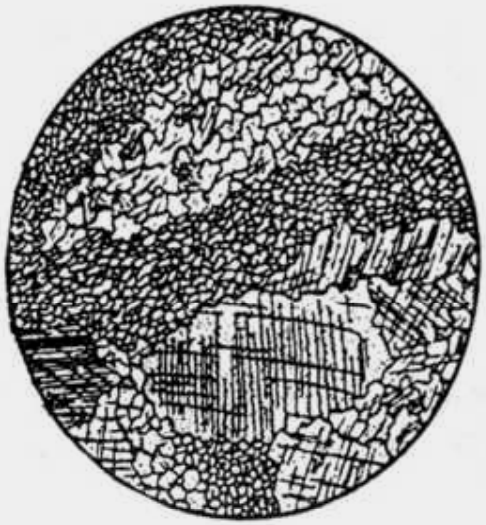
هارت شیفر

- سنگی بسیار سخت، متراکم و دانه ریز باساخت نواری است.
- این نوارها ظریف و موازی هم بوده و از نظر ترکیب شیمیایی و کانی شناسی با هم فرق دارند.
- این قبیل سنگها در نتیجهٔ دگرشکلی شدید(اولترا-میلونیت) به وجود می آیند و با سایر سنگهای میلونیتی همراه هستند.

کاتاکلازیت

- سنگهایی که اختصاصات دگرشکلی کاتاکلاستیک در آن ظاهر شود ولی حد نهایی دانه ای شدن(ریزدانه) که مشخصهٔ میلونیتها است در آن دیده نمی شود.
- بافت اولیهٔ قابل تشخیص است.
- برش گسلی و کراش زون از نوع کاتاکلازیت است.

سمی شیست: کاتاکلازیتهایی که از گریواک، ماسه سنگ و توف به وجود آیند، ممکن است ظاهر بین سنگ اصلی و شیست داشته باشند.



شکل ۷-۱٤ - مرمر کاتاکلازیت. قطر دایره ۲/۵ میلیمتر است. حاشیه بعضی از بلورهای کلسیت خرد شده و سنگ ظاهری جهت یافته دارد.

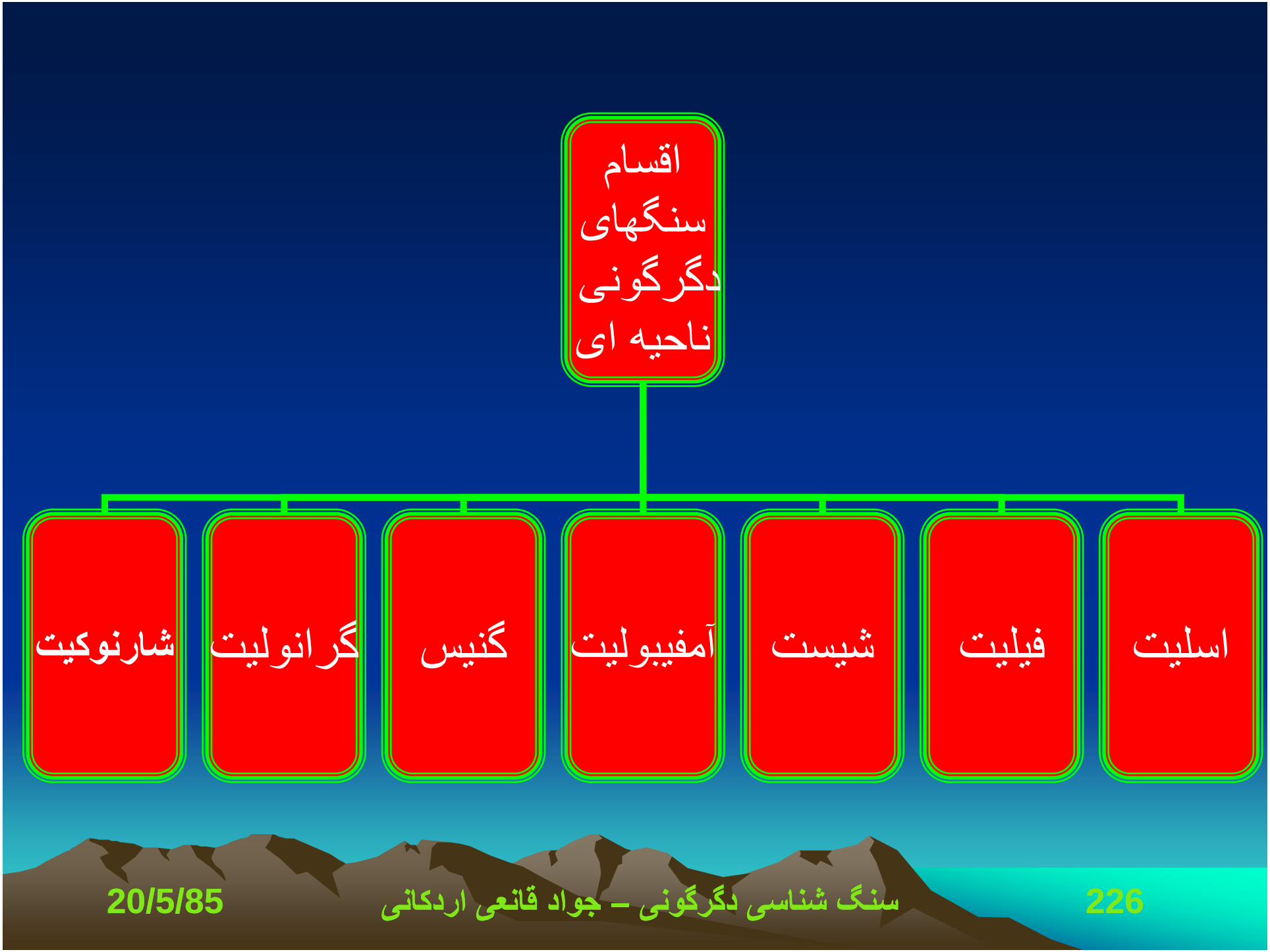
مرمر کاتاکلازیت: سنگ آهک که بلورهای طویل شده و به دنبال هم و واجد لایه بندی ظریف باشد.

فیلونیت

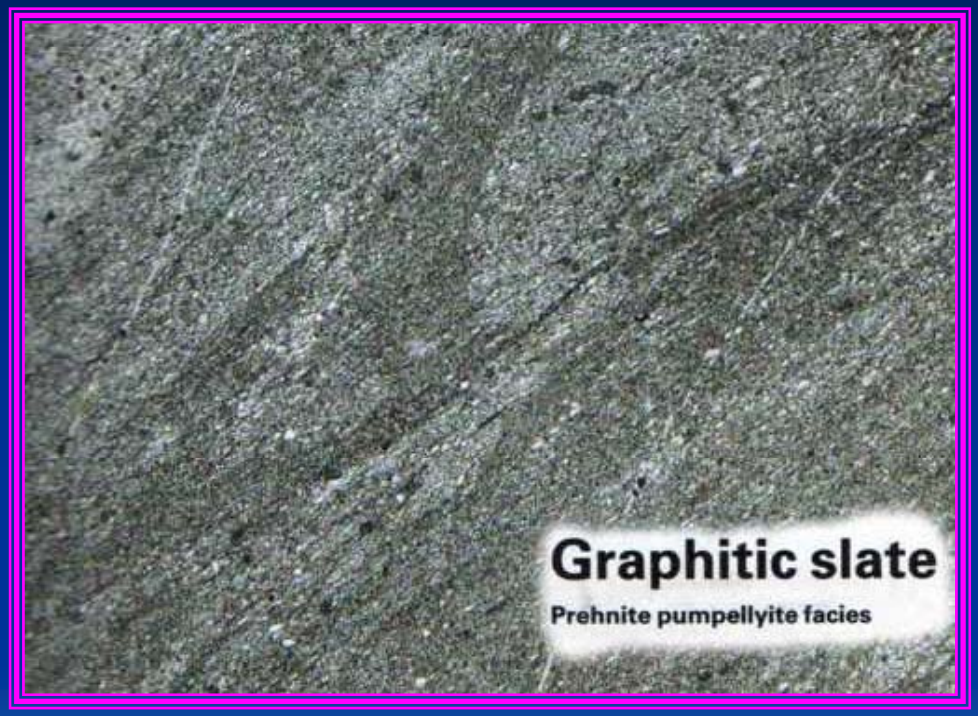
- شبیه فیلیت(در نمونهٔ دستی) در نتیجهٔ دگرشکلی شدید سنگهای دانه ریز مانند اسلیت، شیست یا دانه درشت نظیر گرانیت و... که از نظر ساخت و بافت با فیلیت متفاوت است.
- کاهش اندازهٔ دانه ها در نتیجهٔ جریان یافتن سنگ در حالت جامد
- حرکت ناهماهنگ دانه ها در سطح لغزش، موجب ظاهری شیستوزیته و چینهایی کوچک می شود.

سنگهای دگرگونی ناحیه ای

- بخش مهمی از دگرگونی ناحیه ای همزمان با تکتونیک و چین خوردگی است و بخشی دیگر بعد از چین خوردگی می باشد.
- **در انواع درجهٔ ضعیف**، حد پایداری کانیها در حد رخسارهٔ شیست سبز و رخسارهٔ آمفیبولیت درجهٔ ضعیف بوده و از سیلیکاتهای آبدار می باشد.
- **در انواع درجهٔ شدید**، کانیها در رخساره های آمفیبولیت و... و از انواع بی آب و حرارت بالا است.


اقسام سنگهای دگرگونی ناحیه ای
اسلیت
فیلیت
شیست
آمفیبولیت
گنیس
گرانولیت
شارنوکیت

اسلیت



- سنگهای دانه ریزی بوده که از دگرگونی رسوبات دانه ریز به ویژه پلیتی به وجود می آید.
- **کانیها:**

میکای سفید، کلریت، کوارتز، گاهی گرافیت و تورمالین، روتیل، اپیدوت و...

- از اختصاصات مهم اسلیتها، تورق آسان ناشی از قرار گرفتن کانیهای بسیار ریز ورقه ای (میکا و کلریت) به موازات و در امتداد سطوح شیستوزیته است (**کلیواژ اسلیتی**)

مراحل دگرشکلی در اسلیت

❖**در مرحلهٔ اول دگرشکلی:**

سطوح S شیستوزیته مشخص می گردد و در این حالت بلورهای تغییر شکل نیافته و ورقه های طویل شدهٔ میکای سفید بر روی سطح S قرار می گیرد (**کلیواژ اسلیتی یا جریانی**).

❖ **در مرحلهٔ دوم یا حرکت بعد از تورق:**

در این مرحله بلورها پیچ و تاب برداشته و جهت یافتگی مجدد آنها تنها درجوار سطوح لغزش بعد از تبلور محدود می شود (**فلیزر، لغزش استرن یا کلیواژ شکستگی**).

آردواز

- معادل **فرانسوی** اسلیت است
- سنگی دانه ریز، دارای شیستوزیتهٔ بسیار مشخص و منظم می باشد.
- از تغییر شکل شیلهای سیلیسی در درجه دگرگونی ضعیف به وجود می آید.
- مولفین انگلیسی به آن **سمی شیست** می گویند (**شکل اسلاید۲۳۹**).

فیلیت

- با افزایش درجه دگرگونی، اسلیتها بـه فیلیـت تبـدیل می شود.
- از نظر کانی شناسی مشابه اسلیت بـوده ولـی دانـه درشت ترند.

- فیلیتها دارای فولاسیون مشخص تری نسبت به اسلیت هستند زیرا هم دانه درشت ترند و هم کانیهای ورقه ای، فابریک نواری دارند.
- معمولا این سنگها دارای چینهای کوچک و سطح تورق براق (ابریشمی) هستند.

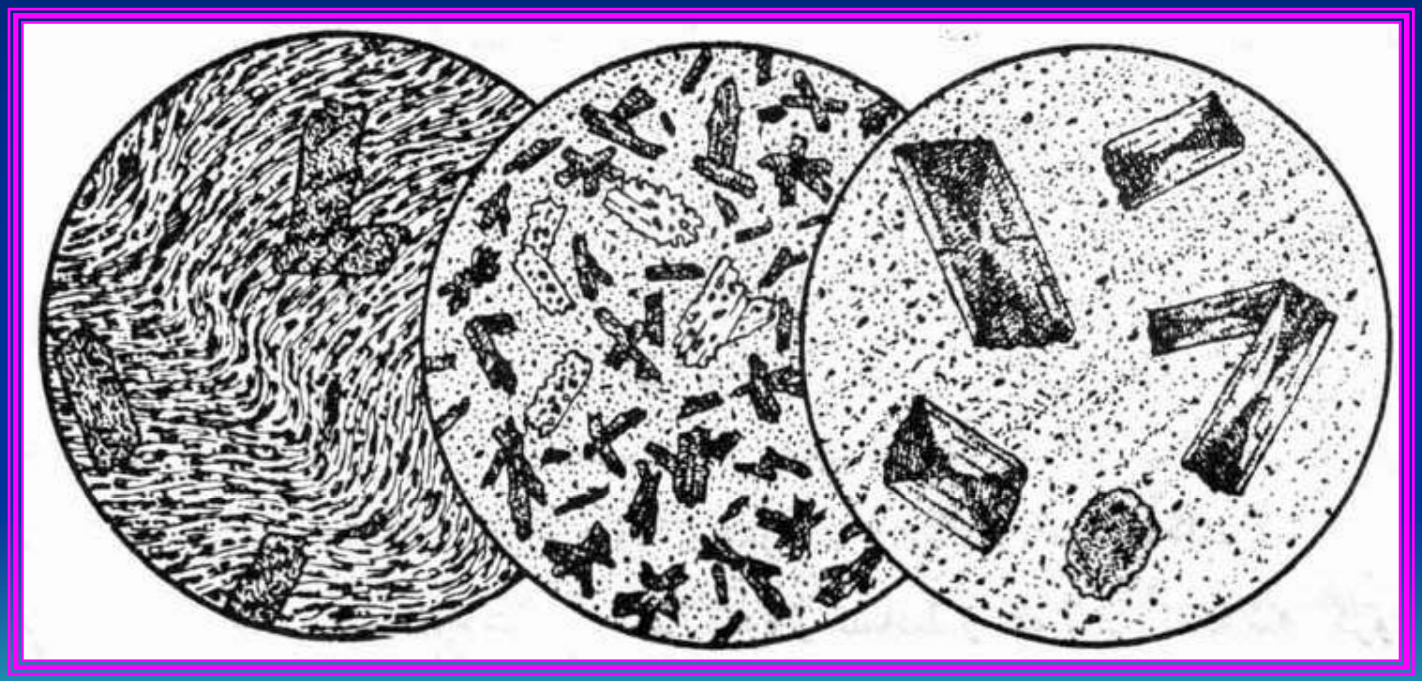
اقسام فیلیتها

۱- **فیلاد:** معادل فرانسوی فیلیت است.

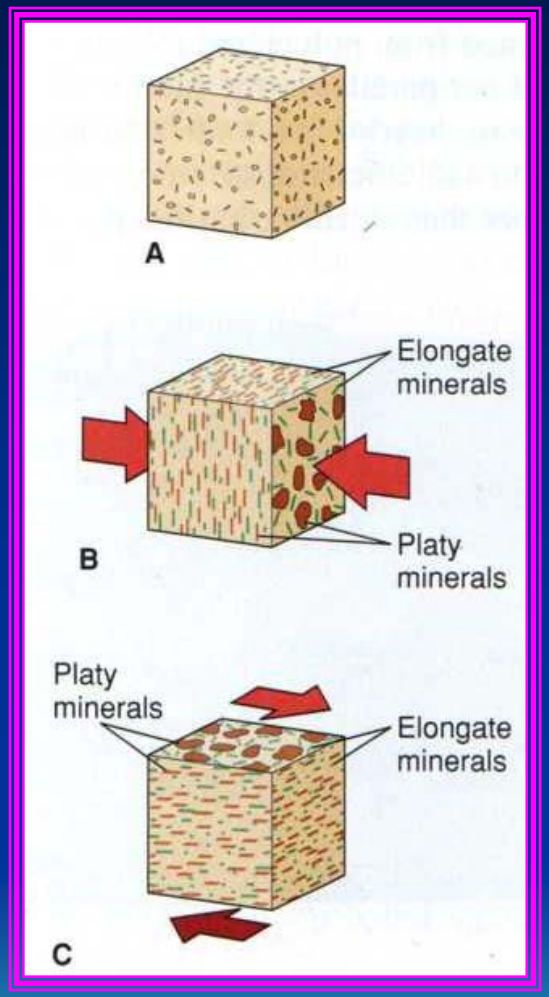
۲- **فیلیتهای گرافیتی:** از دگرگونی شیلهای ذغال دار به وجود آمده و دارای جلای چرب بوده و دست را سیاه می کند (**شکل اسلاید۲۲۷**).

۳- **فیلیت گرونادار:** دانه های کوچک گرونا از نوع اسپارتیت هستند.

۴- **فیلیت کلریتوئید دار:** در سنگهایی که مقدار آهـن و منیزیم زیـاد و پتاسـیم کـم باشـد، کلریتوئیـد بصـورت پورفیروبلاست به وجود می آِید (**شکل زیر**).



شیستها



- فراوانترین سنگهای دگرگونی که دارای شیستوزیته یا لیناسیون هستند.
- با افزایش درجهٔ دگرگونی و تبدیل کانیهای میکایی به کانیهای دیگر، شیستوزیته ضعیف تر شده و تدریجا به فابریک گنیسی نزدیکتر می شود.
- شیستها بر اساس فروانی نوع کانیهای برتر نامگذاری می شوند. مانند میکاشیست

انواع شیستها

شیستها بر حسب نوع سنگ مادر به چهار گروه زیر تقسیم می شوند:

۱- شیست های حاصل از دگرگونی رسوبات رسی

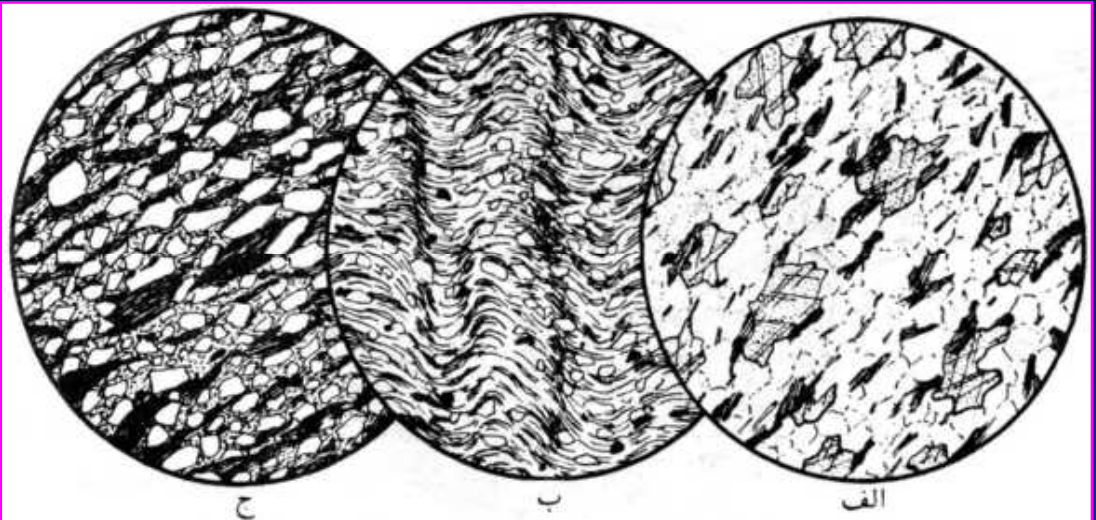
۲- شیست های ناشی ازدگرگونی سنگهای آذرین حد واسط تا بازیک برای مثال شیست های سبز

۳- شیست های کربناته یا کالک شیستها

٤- شیست های حاصل از دگرگونی سنگهای اولترا بازیک مانند شیست های منیزیم دار

شیست های حاصل از دگرگونی رسوبات رسی

- در این شیست ها اصولا میکا بسیار فراوان بوده و موجب تورق آسان سنگ می شود.
- فراوانی میکاها یا به ترکیب شیمیایی محیط یا به شرایط تشکیل و پایداری میکاها مربوط است.
- مسکوویت کانی دگرگونی درجه ضعیف تا متوسط است.



شکل ۷ - ۱۹ - شیست های دگرگونی درجه ضعیف (قطر دایره ها ۵ /۲ میلیمتر است)

الف - کلریت + آلبیت + کلسیت شیست

ب - موسکوویت + کلریت+ کوارتز شیست که شیستوزیته آن بعداً به چین های کوچک تبدیل شده است

ج - سمی شیست که در آن دانه های کوارتز در زمینه ای از شیستوزیته دیده می شوند

- با افزایش درجه دگرگونی، کلریت ابتدا به بیوتیت و سپس به آلماندن تبدیل می شود.
- دیستن معرف درجه دگرگونی شدید و معمولا از مسکوویت به وجود می آید. و با افرایش درجه حرارت به سیلیمانیت تبدیل می شود.

شیست های حاصل از دگرگونی سنگهای کوارتز و فلدسپاتی

- اساسا از دگرگونی رسوبات مارنی و سنگهای آذرین سیلیس دار به وجود می آید.
- در درجات دگرگونی ضعیف تا متوسط از نظر کانی شناسی شبیه شیست های ناشی از رسوبات رسی هستند.
- کوارتز و آلبیت فراوانترین کانی، و درصد اپیدوت نیز زیاد می باشد.

شیست های کربناته
(کالک شیستها)

- از دگرگونی شیلهای غنی از کلسیم، سنگهای آهکی و دولومیتی رس دار به وجود می آید.
- در درجات دگرگونی ضعیف و متوسط، دولومیت مانند کلسیت به شرط عدم حضور سیلیس در محیط به مرمر تبدیل می شود.
- اپیدوت و زوئیزیت در کالک شیست هایی که مقدار آلومینیوم در سنگ زیاد و فاقد K_2O است، ظاهر می شود.

شیست های سبز

- این شیستها از دگرگونی ناحیه ای سنگهای بازیک و نیمه بازیک در درجات حرارت کم به وجود می آید.
- رنگ سبز آن به علت حضور کانیهای کلریت، اپیدوت و اکتینوت است.

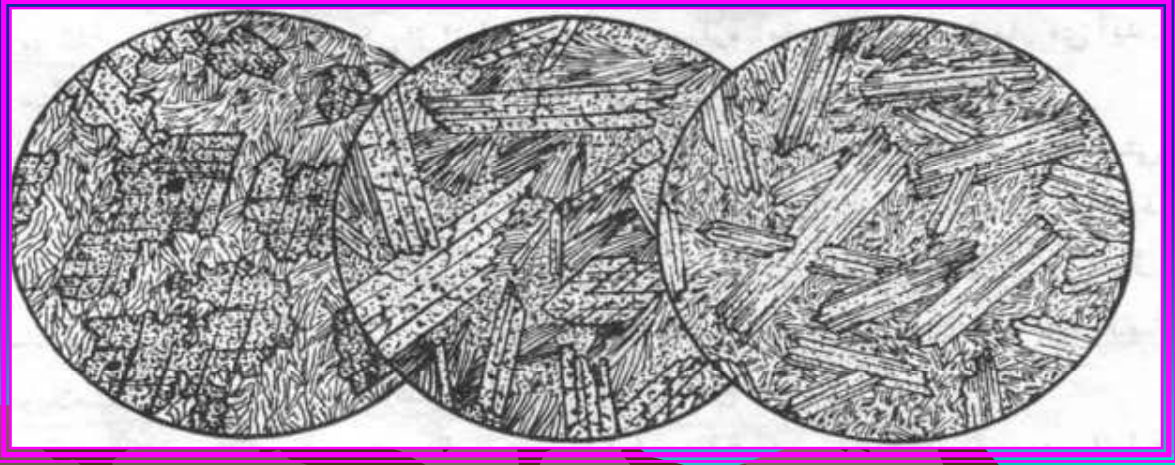
نوعی شیست سبز که دارای سه کانی **اکتینوت، کلریت و اپیدوت** با نسبت تقریبا مساوی است را **پرازینیت** گویند.

الف ب ج

شکل ۷-۲۲ - سه نوع شیست سبز (قطر دایر ها ۲ میلیمتر است)
الف - آلبیت + استیلپنوملان + کلریت + اپیدوت شیست
ب - آکتینوت + آلبیت + اپیدوت + کلریت شیست
ج - آلبیت + اپیدوت + کلریت شیست در زمینه گرانوبلاستی آلبیت.

شیست های منیزیم دار

- این سنگها در درجه حرارت کم و متوسط در محیط آبدار یا خشک از **سنگهای اولترا بازیک** به ویژه پریدوتیت به وجود می آید.
- در محیط آبدار با وجود Sio_2 و Co_2 در درجه حرارت کم، شیست های آنتی گوریت دار، آکتینوت تالک دار و سنگ صابون تشکیل می شود.



شیست های گلوکوفان دار

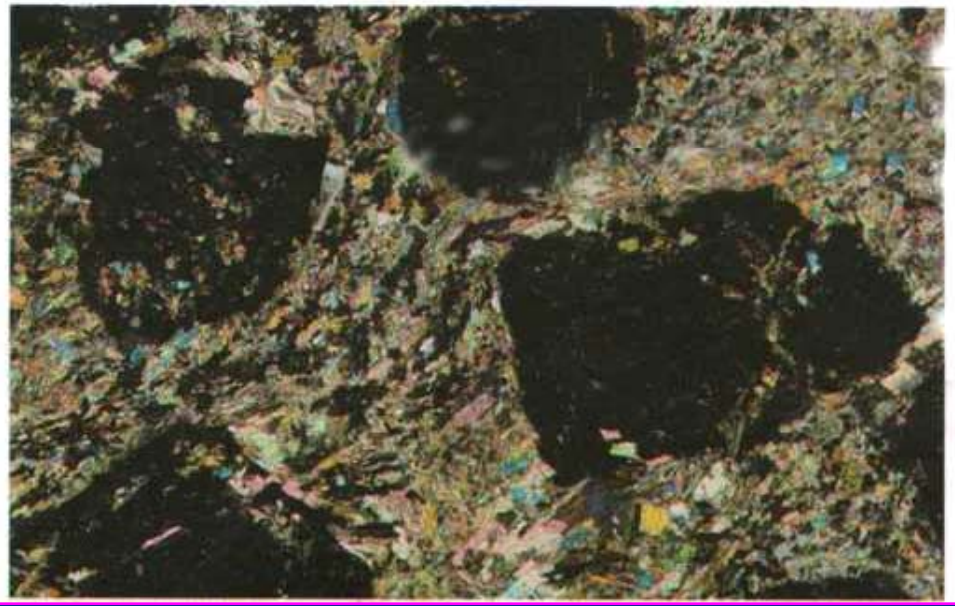
- حاصل از دگرگونی سنگهایی مانند دیاباز، بازالت، ماسه سنگ چرت های آهن دار (**شکل اسلاید۲۴۷**)
- همراه با توده های نفوذی سنگهای سرپانتینی
- **کانیها:**

آمفیبولهای سدیم دار(سری گلوکوفان- ریبکیت)

یا پیروکسن سدیم دار

شیست های آبی

- حاصل از دگرگونی گریواکها، بازالتهای زیردریایی و سنگهای سری افیولیتی مرتبط با گودالهای افیانوسی (**شکل اسلاید۲۴۷**)
- حضور کانیهای فشار بالا و چگال، مانند گلوکوفان، ژادوئیت، لاوسونیت و آراگونیت نشانهٔ تشکیل شیست های آبی در شرایط فشار زیاد و حرارت کم است.



67

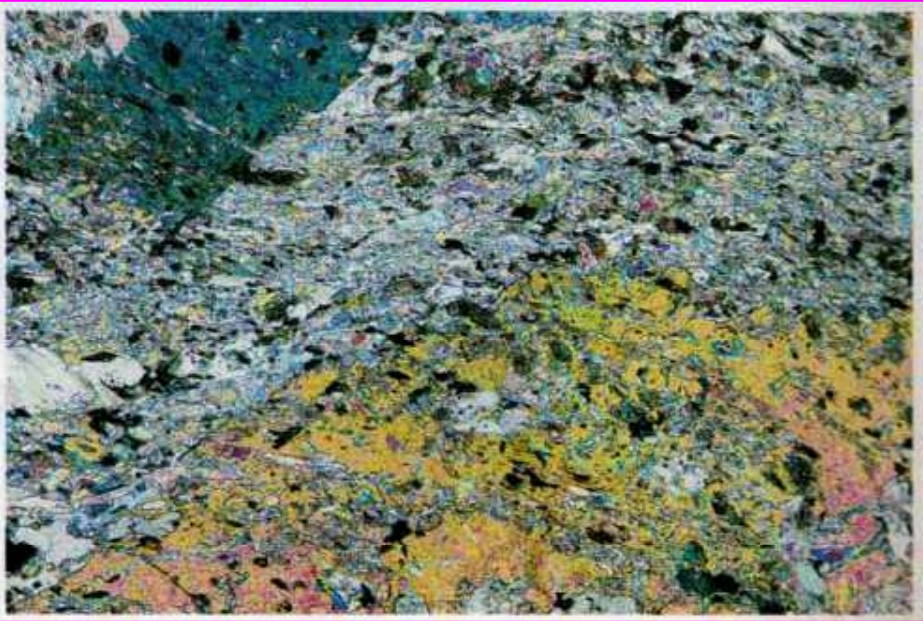
Garnet glaucophane schist

Blueschist facies

66

Lawsonite blueschist

Blueschist facies



آمفیبولیتها

- سنگهای دگرگونی فولیاسیون داری هستند که اساسا از هورنبلند و پلاژیوکلاز تشکیل شده و در درجه دگرگونی ناحیه ای متوسط تا شدید (رخسارهٔ آمفیبولیت) به وجود می آید.

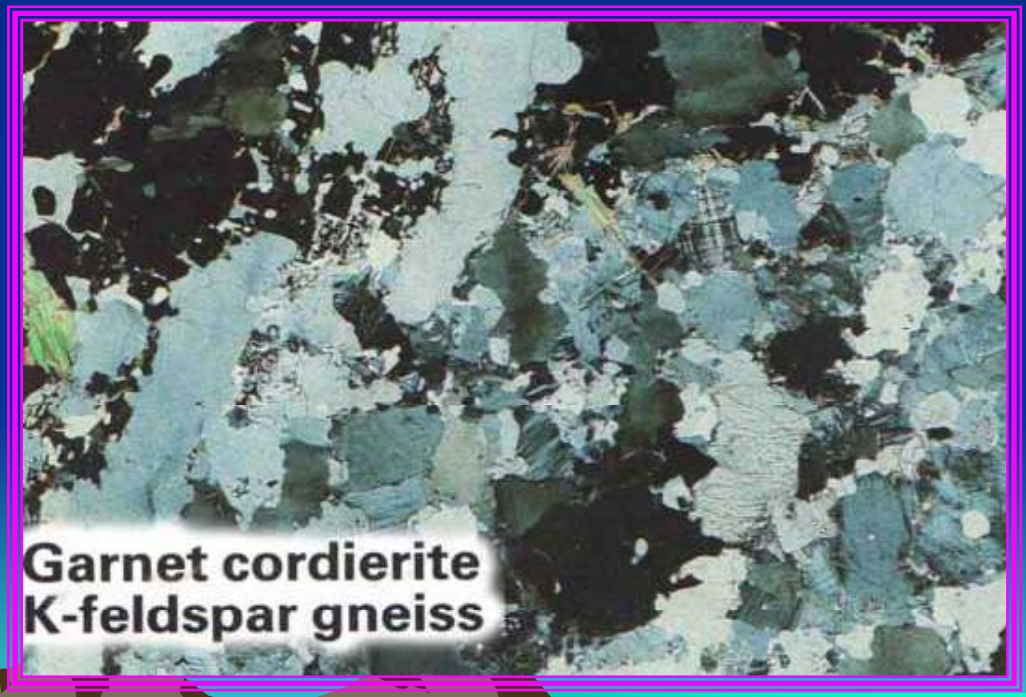
- اصولا آمفیبولیتهایی که از دگرگونی سنگهای آذرین بازیک به وجود می آیند، **مقادیر هورنبلند و پلاژیوکلاز تقریبا مساوی** دارند.
- آمفیبولیتهای ناشی از دگرگونی سنگهای کربناتهٔ ناخالص، **واجد هورنبلندهای زیادتری نسبت به پلاژیوکلاز** هستند و عموما مقادیر کوارتز و بیوتیت بیشتری دارند.

- آمفیبولیتهای حاصل از دگرگونی سنگهای اولترا بازیک، **اصولا فاقد پلاژیوکلاز** هستند.
- **اپی دیوریت**: به آمفیبولیتهای حاصل از دگرگونی گابرو یا دیاباز بدون تغییر ساخت درونی اطلاق می شود.

گنیسها

- سنگهای دگرگونی فلدسپات داری که با داشتن فولیاسیون مشخص می شوند.
- این سنگها از دگرگونی بسیاری از سنگهای ماگمایی مانند گرانیت و...(**ارتوگنیس**) و یا رسوبی مانند ماسه سنگها (**پارا گنیس**) به وجود می آیند.

گنیس

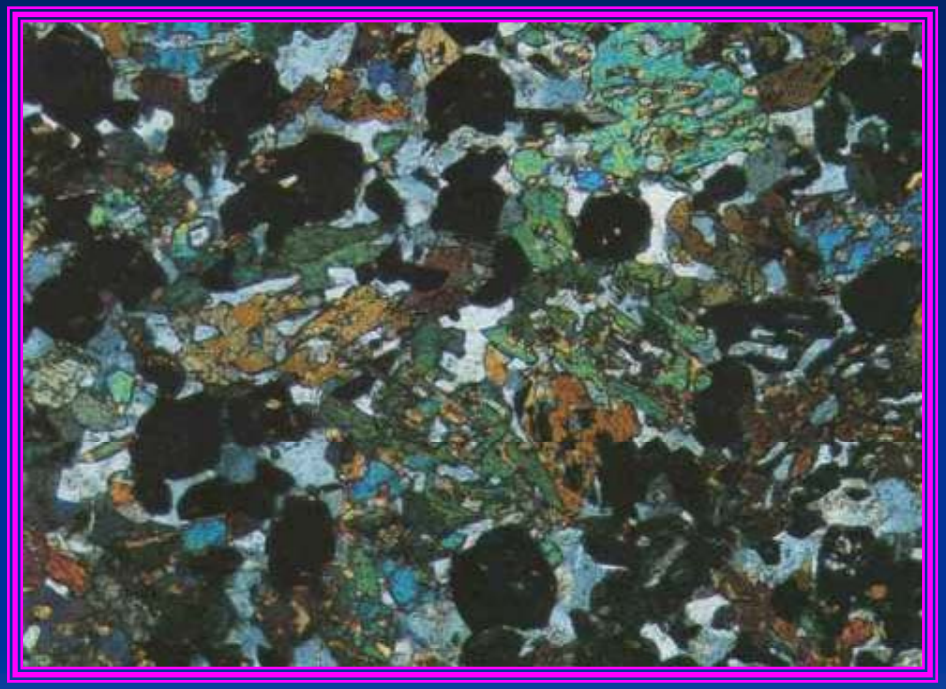


- با توجه به دانه بندی و ترکیب کانی شناسی، دو نوع گنیسهای هموژن و هتروژن(مانند چشمی ونواری) از هم مشخص می شود.
- معمولا وجود پورفیروبلاستهای فلدسپات پتاسیم معرف متاسوماتوز در سنگ دگرگونی است به استثنای اینکه گنیس حالت چشمی داشته باشد.

- کوارتز و فلدسپات، فراوانترین کانی گنیس بوده که معمولا به صورت دانه درشت دیده می شود.
- کانیهای آهن و منیزیم داربخصوص بیوتیت و هورنبلند از کانیهای اساسی تیره رنگ گنیس بوده که بصورت نوارهای موازی دیده می شود.
- انواع گنیسها در ارتباط با ترکیب سنگ والد و شرایط دگرگونی می باشند.

گرانولیت

- این سنگها در درجه دگرگونی شدید، از دگرگونی سنگهای پلیتی به وجود می آید.
- کانیهای تشکیل دهندهٔ آنها هم اندازه، فاقد فولاسیون و عبارتند از: **کوارتز، فلدسپات، پیروکسن و گاهی گرونا**



گارنت هورنبلند پیروکسن گرانولیت

انواع گرانولیت

الف) پیروکسن دار: دارای ترکیبی معادل سنگهای آذرین بازیک، با کانیهای بی آب و ساخت گنیسی و اساسا از پلاژیوکلاز، هیپرستن، دیوپسید و گاهی گرونای آلماندن تشکیل شده است.

ب) شارنوکیتی: از نظر ترکیب معادل سنگهای اسیدی و واجد کانی های بی آب، و فاقد کانیهای میکایی است.

شارنوکیت

- سنگی دارای ترکیب گرانیت تا گرانودیوریت، با بافت گرانوبلاستیک که کانیهای منیزیم آن از نوع بی آب(هیپرستن) می باشد.

❖ **کانیهای سازندهٔ شارنوکیت شامل:** کوارتز، ارتوز، پلاژیوکلاز سدیم دار، هیپرستن و گرونا بوده و از نظر ظاهر شبیه گنیس پلوتونیکی می باشد.

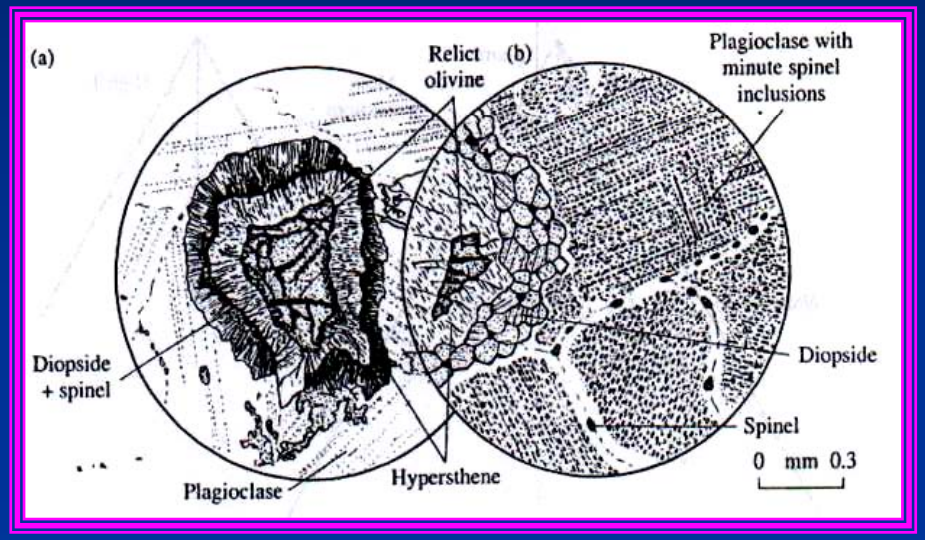
پیروکسنیت

- بر اساس تعریف فرانسوی، سنگ دگرگونی با بافت گرانوبلاستیک و گاهی نماتوبلاستیک است.
- از پیروکسن کلسیم دار(دیوپسید یا اوژیت یا ولاستونیت) پلاژیوکلاز(آندزیت یا لابرادور) ساخته شده و گرونا نیز در آن حضور دارد.

اکلوژیت

- سنگهایی که به صورت قطعات بیگانه (گزنولیت) در کیمبرلیت و یا در بعضی از بازالتها دیده می شوند.
- از نظر کانی شناسی، اکلوژیتها اساسا از گرونا قرمز تیره (آلماندن-پیروپ)، پیروکسن امفاسیت سبز تیره و دیستن تشکیل شده اند.

- تمام کانیهای سازندهٔ اکلوژیت بی آب بوده و در شرایط بی آب به وجود می آیند.



- اکلوژیتها تحت تأثیر دگرگونی قهقرایی و در معرض فشار آب، بین بلورهای گرونا و پیروکسن حاشیهٔ همرشدی از هورنبلند و پلاژیوکلاز به وجود می آیند که به آن **حاشیهٔ کلیفیت** می گویند.

سنگهای دگرگونی اصابتی

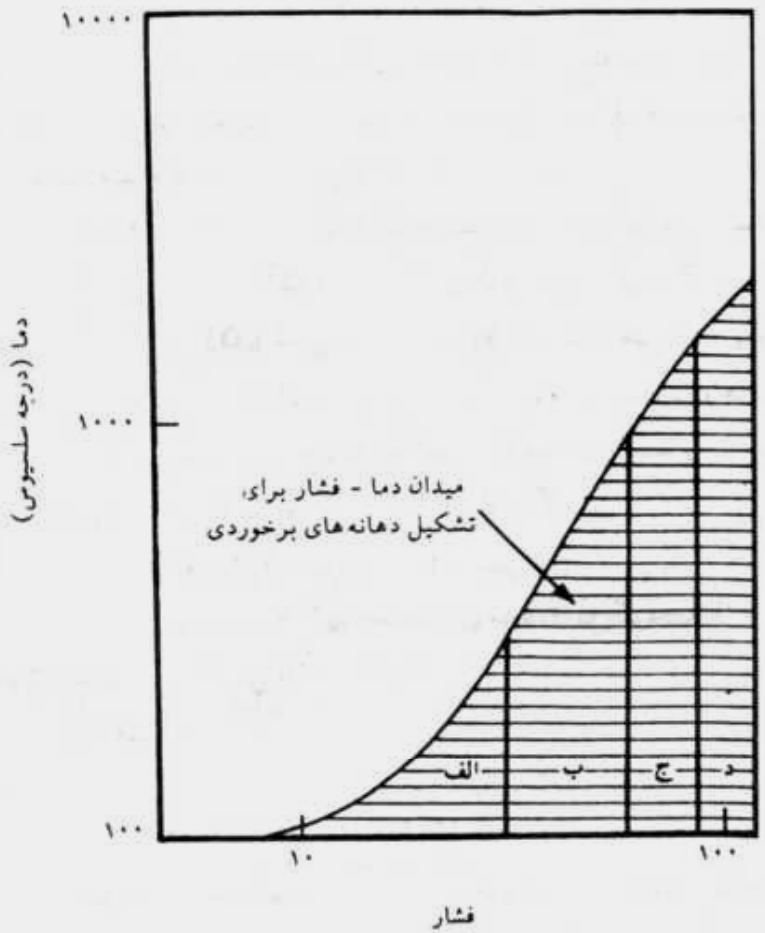
۱-ایجاد مخروطهای خرد شدگی

۲- ایجاد شکافها و ترکهای بسیار ریز در بلورهای کوارتز و فلدسپات در حد چند میکرون

۳-تشکیل الماس در سنگهای کربن دار

٤- در سنگهای سیلیسی و ماسه سنگی به جای کوارتز فرم فشار بالا یعنی **کوئزیت** و استی **شوویت** ظاهرمی شود.

٥- در نتیجهٔ برخورد و دگرگونی ضربه ای بخشی از سنگ، ذوب شده و سیمانی تشکیل می دهد که بخش ذوب نشده را به هم متصل می کند(**سوئویت**).



شکل ۷-۳۳ - فشار و دماهای ناشی از تشکیل دهانه های اصابتی. با افزایش فشار ناشی از ضربه، بین ۱۰ تا ۱۰۰ کیلو بار، ابتدا در بلورها ترکهای صفحه ای بوجود می آید (در حالت الف)، سپس بعضی از کانیها به شیشه تبدیل می شود (حالت ب)، آنگاه ذوب می گردد (حالت ج) و سرانجام به بخار تبدیل می شود (حالت د) (توجه: مقیاسها لگاریتمی است).

۶- اگر سنگ بطور کامل ذوب شده باشد، تشکیل **شیشه های اصابتی** را می دهد.

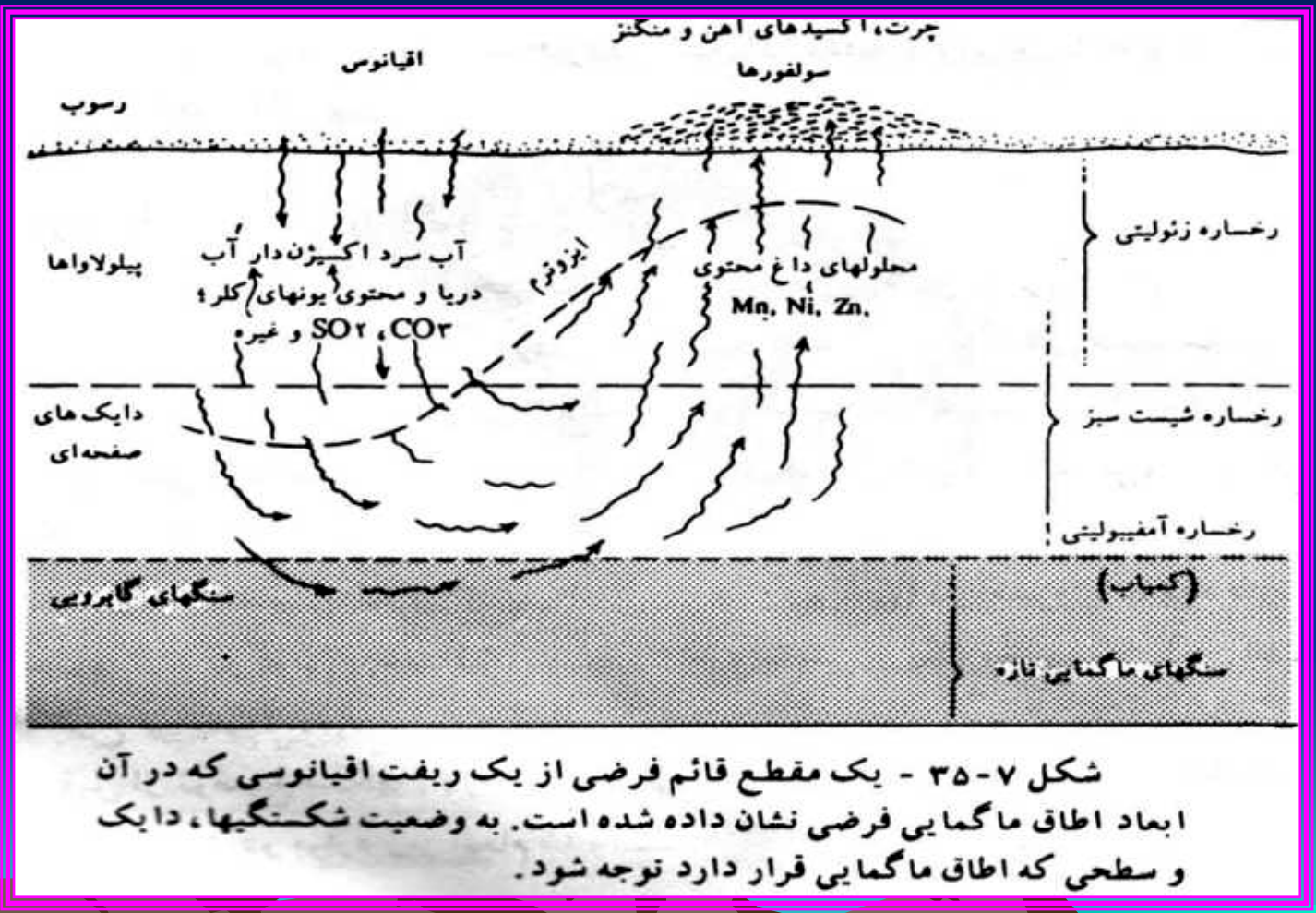
۷- در شرایطی که شدت ضربه بسیار زیاد باشد، سنگ محل اصابت حتی به بخار تبدیل می شود.

در شکل روبرو حدود دما و فشار دگرگونی اصابتی و رابطهٔ آن بین حالتهای مختلف سنگها ملاحظه می شود.

سنگهای دگرگونی زیر کف اقیانوسی

- در مناطق ریفت اقیانوسی، افزایش درجات زمین گرمایی زیاد بوده و با ورود آب دریا به داخل آن و انحلال گازهای آتشفشانی، خاصیت اسیدی پیدا کرده و باعث **دگرسانی کانیهای سنگهای کف اقیانوس** می شود.

- بین آب دریاو سنگهای کف اقیانوس تبادل شیمیایی بـر قرار می گردد. (**شکل زیر**)



شکل ۷-۳۵ - یک مقطع قائم فرضی از یک ریفت اقیانوسی که در آن ابعاد اطاق ماگمایی فرضی نشان داده شده است. به وضعیت شکستگیها، دایک و سطحی که اطاق ماگمایی قرار دارد توجه شود.

انواع سنگهای دگرگونی
کف اقیانوسها

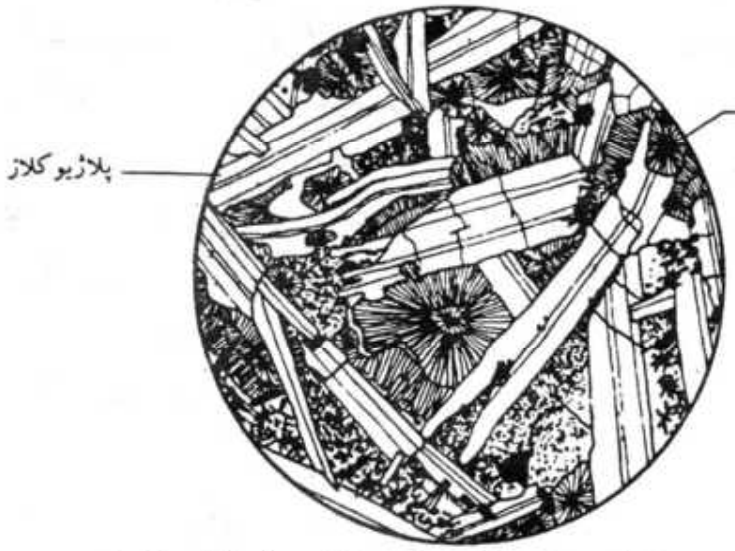
۱- درجهٔ خیلی ضعیف:

این دگرگونی در بخش سطحی(پیلولاوا) ودارای کانی **اسمکتیت** به جای خمیرهٔ شیشه ای در بازالتها است.

۲- درجهٔ ضعیف:

این دگرگونی در دایکهای صفحه ای و به جای اسمکتیت، **کوارتز و کلریت** دیده می شودو پلاژیوکلاز **حالت ابرمانند** دارد.

درجهٔ خیلی ضعیف ←



شکل ۷-۳۷ - مقطع میکروسکپی یک بازالت پیلولاوایی که درجه دگرگونی بسیار ضعیف بخود دیده است.

درجهٔ ضعیف →

شکل ۷-۳۸ - مقطع میکروسکپی یک نمونه از دایکهای صفحه‌ای که درجه دگرگونی ضعیف در آن دیده می شود.

۳- درجهٔ متوسط:

- با افزایش عمق و درجه حرارت، هورنبلند به جای آکتینوت و کلینوپیروکسن(هیپرستن) به این مجموعه اضافه و کلریت محو می شود.
- حفرات گدازه ها بوسیلهٔ کربنات و زئولیت پر و تشکیل بافت بادامکی می دهد.

۴- اسپیلیت:

- این سنگها در رسوبات کمربندهای کوهزایی(به صورت پیلولاوا) فراوان بوده و از نظر شیمیایی مشابه بازالتها و انواع تفریق یافتهٔ آنها می باشد.
- نسبت به بازالتها دارای سدیم بیشتر و کلسیم کمتر هستند.
- اسپلیتها ممکن است از انجماد ماگمایی یا از تغییر و تبدیل سنگهای معمولی طی فرایند اسپلیتی شدن به وجود آیند.

۵- سرپانتینیتها

- سنگهای مجموعهٔ افیولیتی بر اثر پدیدهٔ سرپانتینیت شدن با درجات متفاوت به سرپانتینیت تبدیل می شود.
- در این نوع سنگها دو نوع **فابریک ماسیف** (که در شرایط فشار همه جانبه به وجود می آید) و **برشی** یافته می شود.
- **کانیها:**

آنتیگوریت، لیزاردیت، کریزوتیل همراه با بروسیت و تالک

درجهٔ متوسط

شکل ۷-۳۹ - مقطع میکروسکپی بازالت که از دایک صفحه‌ای برداشت شده و درجه دگرگونی آن متوسط است.

سرپانتینیت

شکل ۷-۴۰ - پریدوتیت سرپانتینی شده در این شکل سرپانتین جانشین اولیوین و ارتوپیروکسن شده است.

تکتونیت اولترابازیک

در بعضی از هارزبوژیت ها، ارتوپیروکسن ها همراه با اسپینل های کروم دار در امتداد خاصی قرار می گیرند (همچنین در دونیتها، کانیهای الیوین) و در نتیجه سنگ، واجد جهت یافتگی برتر می شود که عموما **تکتونیت اولترابازیک** نام دارد.

دگرگونی هیدروترمال

- نوع کانی در لایه های دگرسان شده بستگی **به ترکیب کانی شناسی سنگ میزبان و سیالات در دسترس و همچنین دما و فشار محیط** دارد.
- **شدت و گسترش هیدروترمال** به دو عامل خارجی (تراوایی، ساختمان اولیه، ترکیب شیمیایی و عمق سنگ میزبان) و داخلی(حجم محلول، حجم، دما و فشار، قدرت انتشار و شرایط Eh وPh) بستگی دارد.

سنگهای دگرگونی هیدروترمال

۱- آلبیتیت:

بر اثر عملکرد محلولهای پس ماگمایی سدیم دار ناشی از گرانیتوئیدها به وجود می آیند.

۲- آدینول:

در نتیجهٔ ورود محلولهای هیدروترمال سرشار از سدیم در رسوبات رسی است.

۳- اپیدوتیت:

سنگی سبز رنگ، **اساسا از اپیدوت** که از دگرگونی بازالتها و یا گابروها به وجود می آیند.

۴- سریسیتی شدن:

این دگرسانی با خروج عناصر سدیم، کلسیم و منیزیم از سیلیکاتها و **تشکیل میکاهای دانه ریز و گاهی فیبری(سریسیت)** به وجود می آید.

۵- پروپلیتی شدن:

سنگهای آتشفشانی(آندزیتها) اگر در معرض محلولهای هیدروترمال (در حد رخسارهٔ شیست سبز) قرار گیرند، به مجموعه ای از **کوارتز، آلبیت، کلریت، اپیدوت، کلسیت و کانیهای رسی** تبدیل می شوند.

۶- آرژلیتی شدن:

این پدیده در محیط اسیدی در نتیجه خروج عناصر آلکالن سیلیکاتها مانند **سدیم، پتاسیم** و تشکیل کانیهای رسی به وجود می آید.

۷- دگرسانی پتاسیک:

اصولا در مجاورت توده های نفوذی با دخالت **محلولهای پتاسیم دار**، بعضی از کانیهای سنگ به ارتوز تبدیل می شود.

سنگهای درجه دگرگونی بسیار شدید

۱- میگماتیت:

عبارت است از سنگی مرکب و ناهمگن که قسمتی از آن رنگ روشن و ظاهری گرانیتی داشته(**لوکوسم**) و قسمتی دیگر از نوع گنیسی و از کانیهای تیره(**ملانوسم**) تشکیل شده است.

نحوهٔ تشکیل میگماتیت ناشی از تزریق ماگمایی، ذوب بخشی درجا و یا تفریق دگرگونی است.

23

Migmatitic gneiss

Granulite facies

میگماتیت

۲- آناتکسیت:

سنگهایی که بر اثر آناتکسی (ذوب) به وجود می آید و چون سنگهای گرانیتی دارای کمترین نقطهٔ ذوب هستند، لذا آناتکسیتها عمدتا ترکیب گرانیتی دارند (**گرانیت آناتکسی**).

تشخیص آناتکسی هنگامی امکان پذیر است که بخش گرانیتی(روشن) و بخش گنیسی(**تیره**) در کنار هم قرار گرفته باشد.

آناتکسیت فوق الذکر را **پوسته ای** گویند.

آناتکسیت گوشته ای حاصل از ذوب بخشی پریدوتیتهای سازند گوشتهٔ فوقانی است که تشکیل ماگماهای بازالتی می دهد.

۳ - امبرشیت:

نوعی میگماتیت با ساخت چشمی است که حد فاصل بین چشمها(فلدسپاتها) بوسیلهٔ کانیهای ورقه ای بسیار نازک از هم جدا می شوند.

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