Metamorphic Rocks
سنگهای دگرگونی

دگرگونی به مجموعه فرایندهایی که تحت شرایط خاص، ساختمان و ترکیب کانی شناسی سنگ را تغییر داده و در حالت جامد سنگ جدیدی (موسوم به سنگ دگرگونی) به وجود آید، اطلاق می شود.

سنگ‌های دگرگونی از تغییر شکل سنگهای قبلی به علت تغییر شرایط فیزیکی (فشار ـ دما) یا شیمیایی و در حالت جامد به‌وجود می‌آیند. این تغییرات بر روی سنگهای رسوبی، آذرین یا حتی دگرگونی انجام می‌گیرد. از اینرو به این نوع سنگ ها پروتولیت (Protolith) گفته می شود.

- پدیده دگرگونی با ظهور و پیدایش یک یا مجموعه‌ای از کانیهای جدید و ناپدید شدن بعضی از کانی‌ها همراه می‌باشد.
- بنابراین دگرگونی عبارت از پاسخی است که هر سنگ در مقابل تغییرات شیمیایی یا فیزیکی محیط از خود بروز می‌دهد.
- قابل ذکر است که تمامی این تغییرات به هزاران سال زمان نیاز دارند.

درتعریف کامل فرایند دگرگونی موارد زیر مهم است:

۱- تغییرات در سنگ قبلی و به وجود آمدن سنگ جدید.

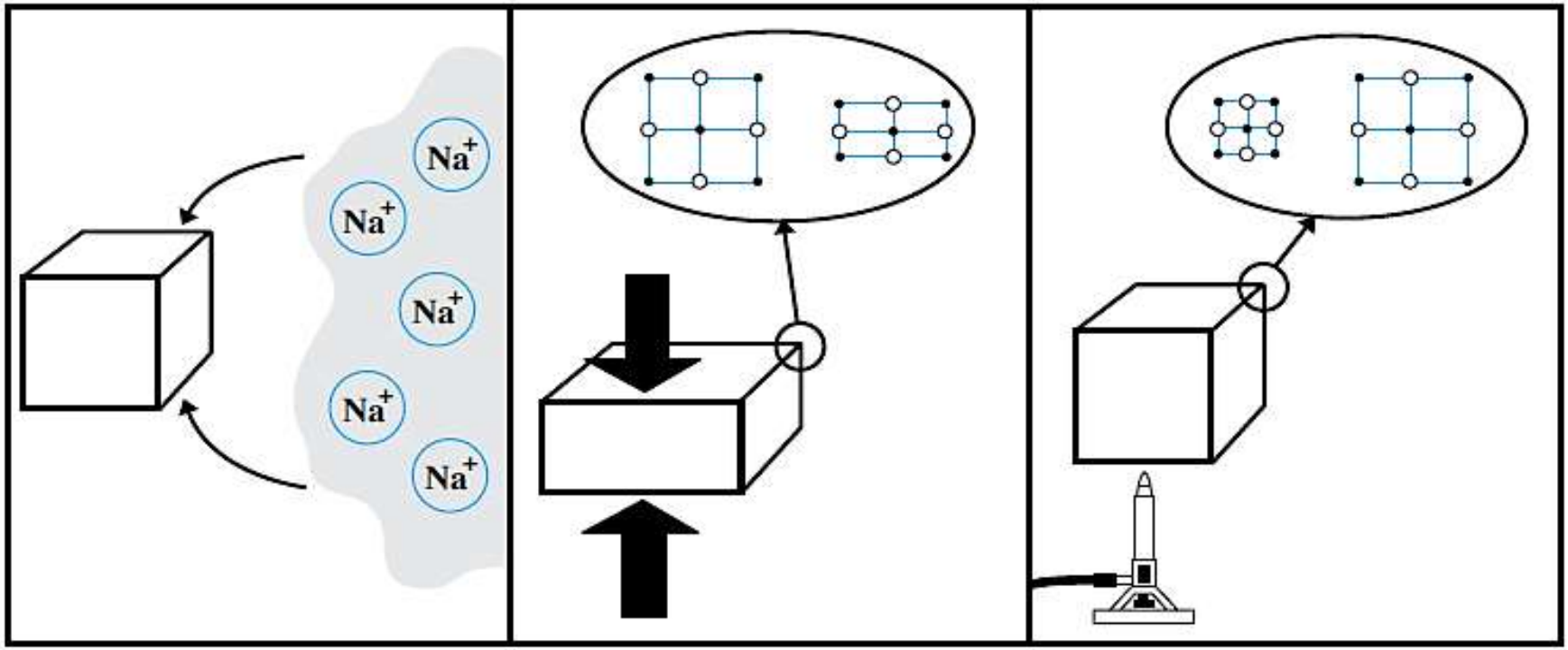
۲- تغییرات یاد شده باید در شرایط فیزیکی و شیمیایی ویژه ای تشکیل شوند. مثلاً در دمایی بیشتر از دمای تشکیل سنگهای رسوبی و کمتر از دمای ذوب سنگها یعنی دمای بین حدود ۲۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد.

۳- تمامی تغییرات یاد شده باید در حالت جامد صورت گیرد. مثلاً اگر دما و فشار به اندازه ای باشد که سنگ ذوب شود در اینجا باید از سنگ آذرین صحبت کرد و نه دگرگونی.

تغییرات شامل دو نوع *بافتی* و *کانی شناسی* می‌باشد.

عوامل اصلی دگرگونی

(۱) گرما، (۲) فشار (تنش)، (۳) سیالات فعال شیمیایی



الف) ازدیاد گرما، موجب انبساط جسم و افزایش فاصله اتم های سازنده می‌شود و ممکن است نوع کانی تغییر کند.

ب) ازدیاد فشار در یک جهت (در اینجا به آن فشار جهت‌دار می‌گوییم)، موجب تغییر شکل شبکه تبلور و در نتیجه ظهور کانی مقاوم تر می‌شود. در اینجا فاصله اتم ها کمتر شده است.

ج)با ورود محلول‌ها (در اینجا سدیم دار) به محیطی که کانی در آن وجود دارد، یون سدیم وارد ساختمان کانی می‌شود و در عوض بعضی از یون‌های کانی از محیط تبلور خارج می‌شود.

نقش گرما

گرما مهمترین عامل دگرگونی است و باعث:

۱- افزایش تحرک سیالات در لابه لای توده سنگ

۲- تامین بخشی از انرژی انجام واکنش های شیمیایی و برقراری پیوندها

۳- کمک به تبلور دوباره کانیها و رشد اندازه آنها

دو منبع تامین حرارت:

۱- ماگما

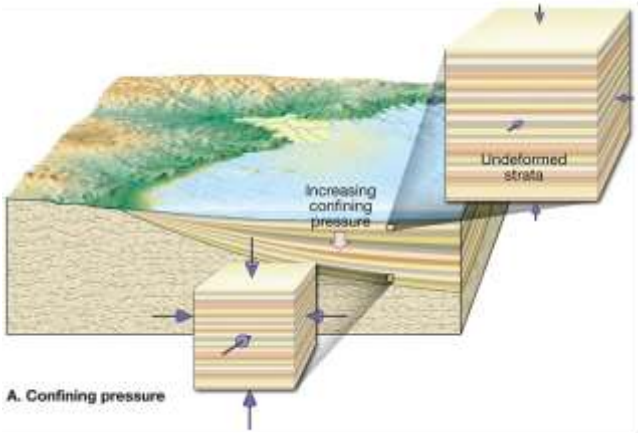
۲- گرادیان حرارتی زمین (20° – 30° C/km)

اصولاً دگرگونی در درجات شدید بیشتر نتیجهٔ افزایش دما است تا فشار.

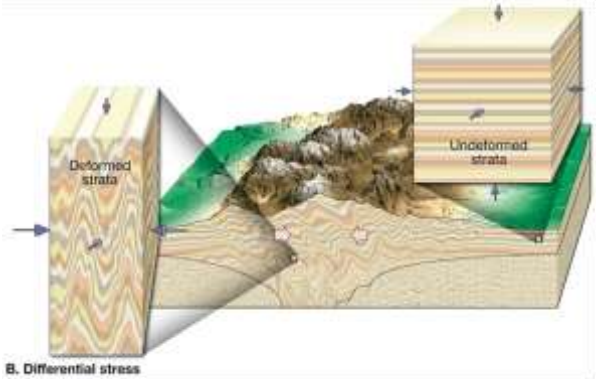
نقش فشار

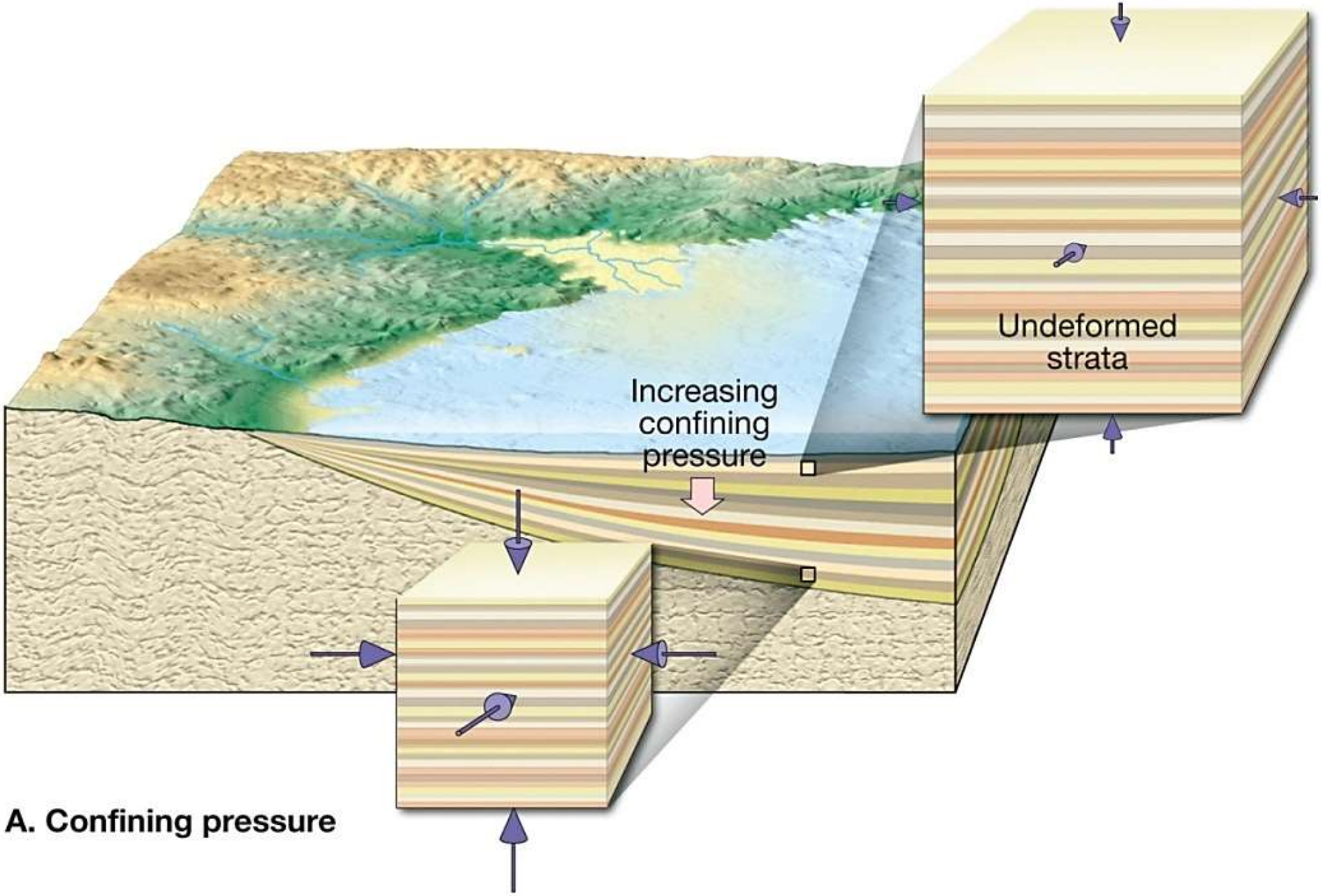
انواع فشار:

۱- فشار همه جانبه یا محصور کننده : فشاری است که ناشی از وزن روباره بوده و اندازه آن از جهات مختلف یکسان است (مثل فشار آب) و نتیجه آن متراکم شدن سنگ و تبلور کانی هایی با جرم حجمی بالاتر.

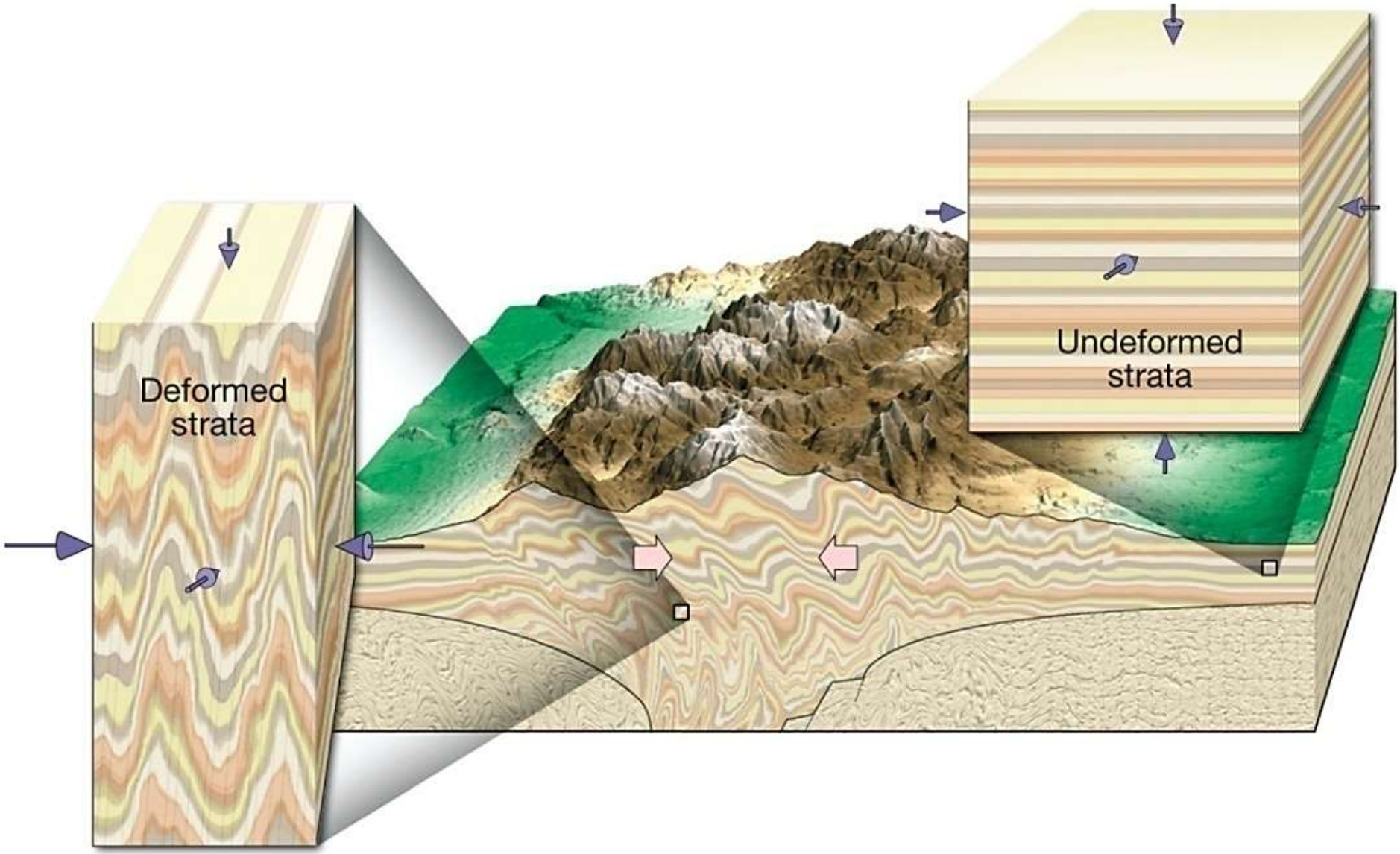


۲- فشار جهت دار ناشی از نیروهای تکتونیکی: اندازه فشار در یک جهت بیشتر از جهات دیگر باشد و نتیجهٔ آن اولاً چین خوردگی و شکستگی در اعماق کم، دوماً چین خوردگی بدون شکستگی و جهت یافتگی کانی ها عمود بر جهت فشار در عمق بیشتر است.





A. Confining pressure



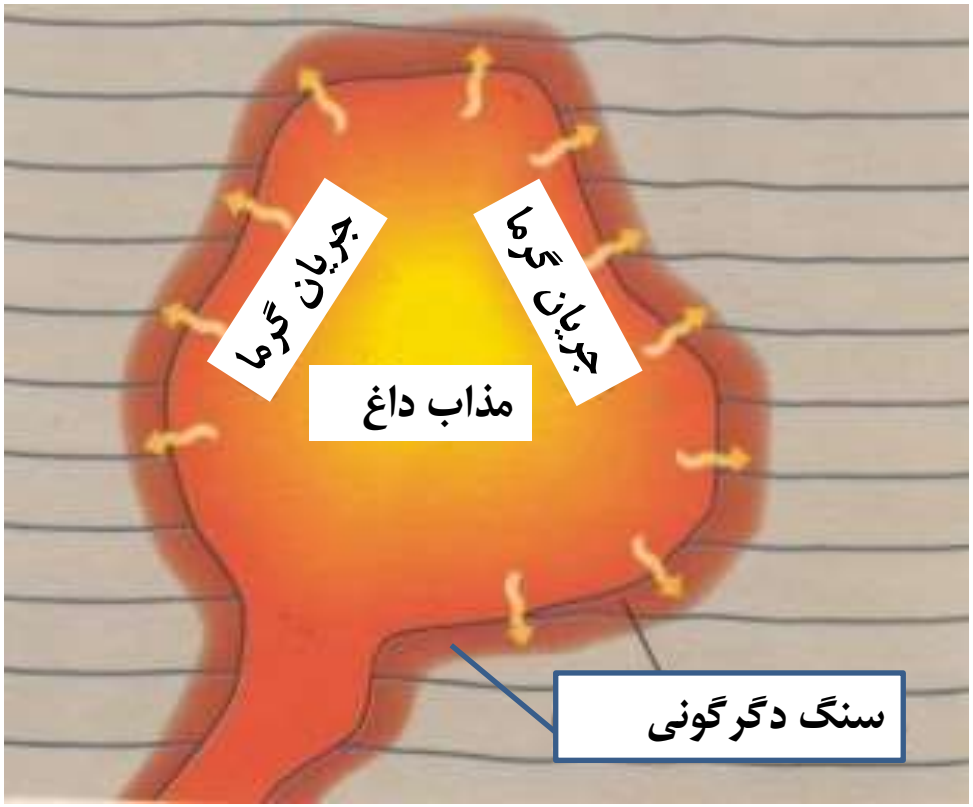
B. Differential stress

نقش سیالات شیمیایی

– سیالات بویژه آب دارای یون های محلول می باشند.
– آب با جابجا کردن یونهای سنگها می تواند ترکیب آنها را عوض کرده و به عبارتی باعث دگرگونی آنها شود.
– به جز آب، دی اکسید کربن نیز از جمله سیالاتی است که در دگرگونی نقش دارد.

منابع سیالات شیمیایی:

1. آب‌های زیرزمینی و آب نفوذی اقیانوس ها
2. کانی‌های هیدراته مانند رس‌ها
3. بخارات حاصل از ماگما



اقسام دگرگونی

(1) دگرگونی مجاورتی
(2) دگرگونی ناحیه ای
- دگرگونی دفنی
- دگرگونی حرکتی-حرارتی
(3) دگرگونی گرمابی

۱- دگرگونی مجاورتی (Contact metamorphism):

-دگرگونی مجاورتی یعنی دگرگونی سنگها در اطراف توده مذاب بخاطر گرمای زیاد.
-فشار اغلب نقش مهمی ندارد.
-چون سنگها هادی گرمای خوبی نیستند محدوده دگرگونی مجاورتی (هاله دگرگونی) خیلی گسترده نبوده و از چند سانتیمتر تا چند صدمتر متغیر است.

دگرگونی مجاورتی زمانی رخ می‌دهد که ماگما در لابه‌لای سنگ‌های قبلی نفوذ کند.

۲- دگرگونی ناحیه ای (Regional metamorphism):

یعنی دگرگونی ای که محدوده خیلی وسیع دارد (مثلاً تا صدها کیلومتر). دگرگونی ناحیه ای انواع مختلف دارد که شامل دگرگونی دفنی و دگرگونی حرکتی- حرارتی می باشد. اغلب سنگهای دگرگونی تحت این شرایط تشکیل شده اند.

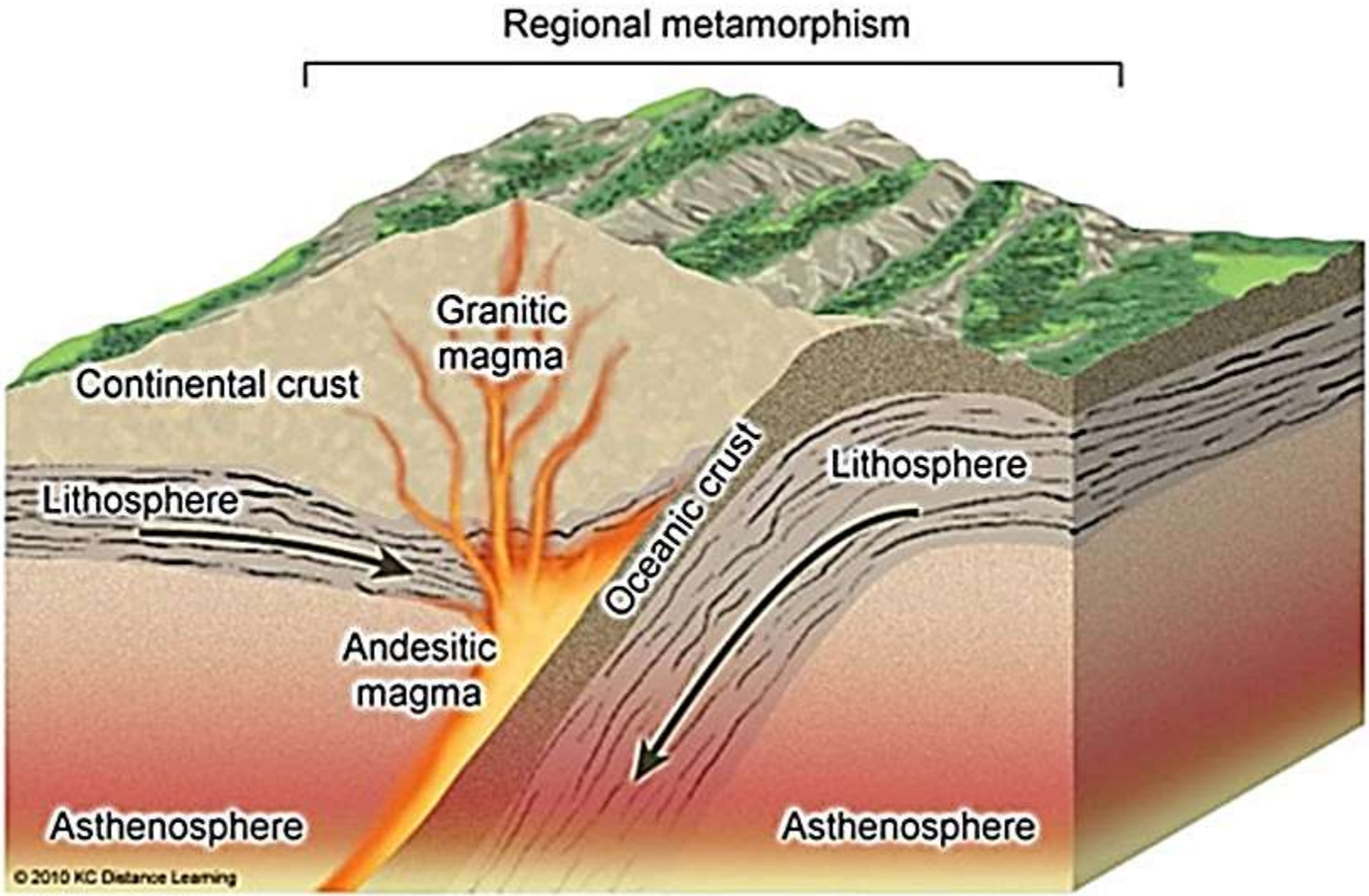
۲-۱- دگرگونی دفنی:

- بخاطر فشار حاصل از ضخامت زیاد رسوبات انباشته شده و گرمای موجود در عمق رخ می دهد و موجب بروز تبلور مجدد کانی ها می شود.
- فشار از نوع همه جانبه بوده و سنگهای دگرگونی بدون لایه هستند.

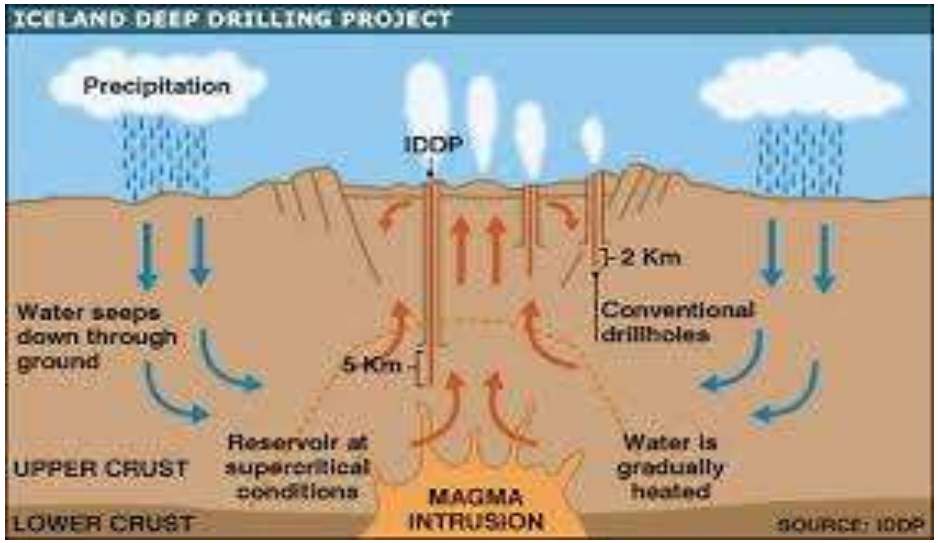
۲-۲- دگرگونی حرکتی- حرارتی:

- در نقاطی اتفاق می افتد که فشارهای جهت دار باعث چین خوردگی و ایجاد کوهها می شود.
- در این دگرگونی علاوه بر فشار، گرما نیز نقش مهمی دارد.
- چون فشار جهت دار است بنابراین در این دگرگونی سنگها حالت لایه لایه هستند.

regional metamorphism



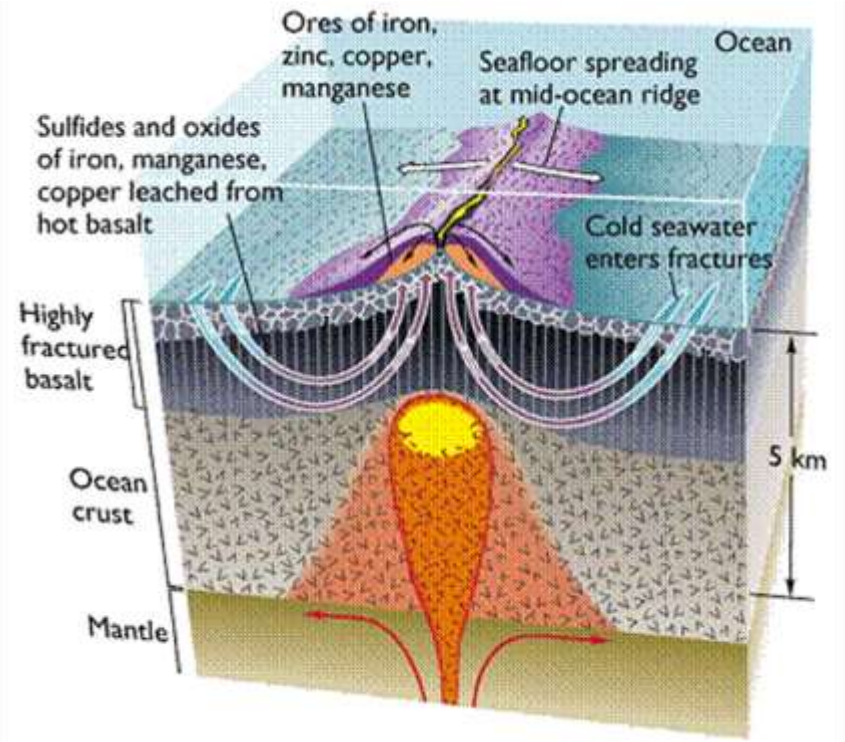
۳- دگرگونی گرمابی (هیدروترمال):



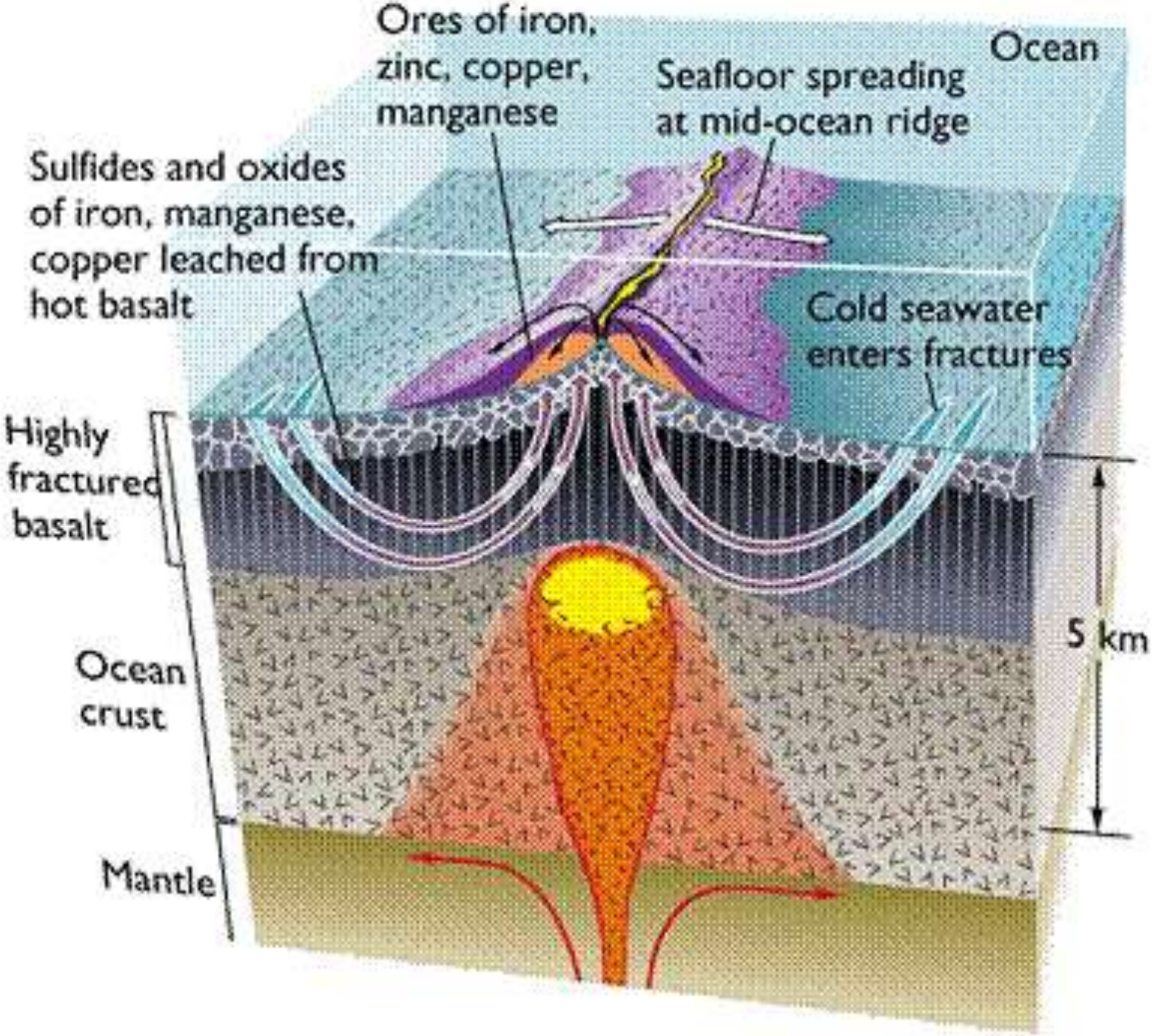
واکنش آب بسیار داغ با سنگ که باعث تغییرات شیمیایی در سنگها می شود.

- منشأ آب داغ:

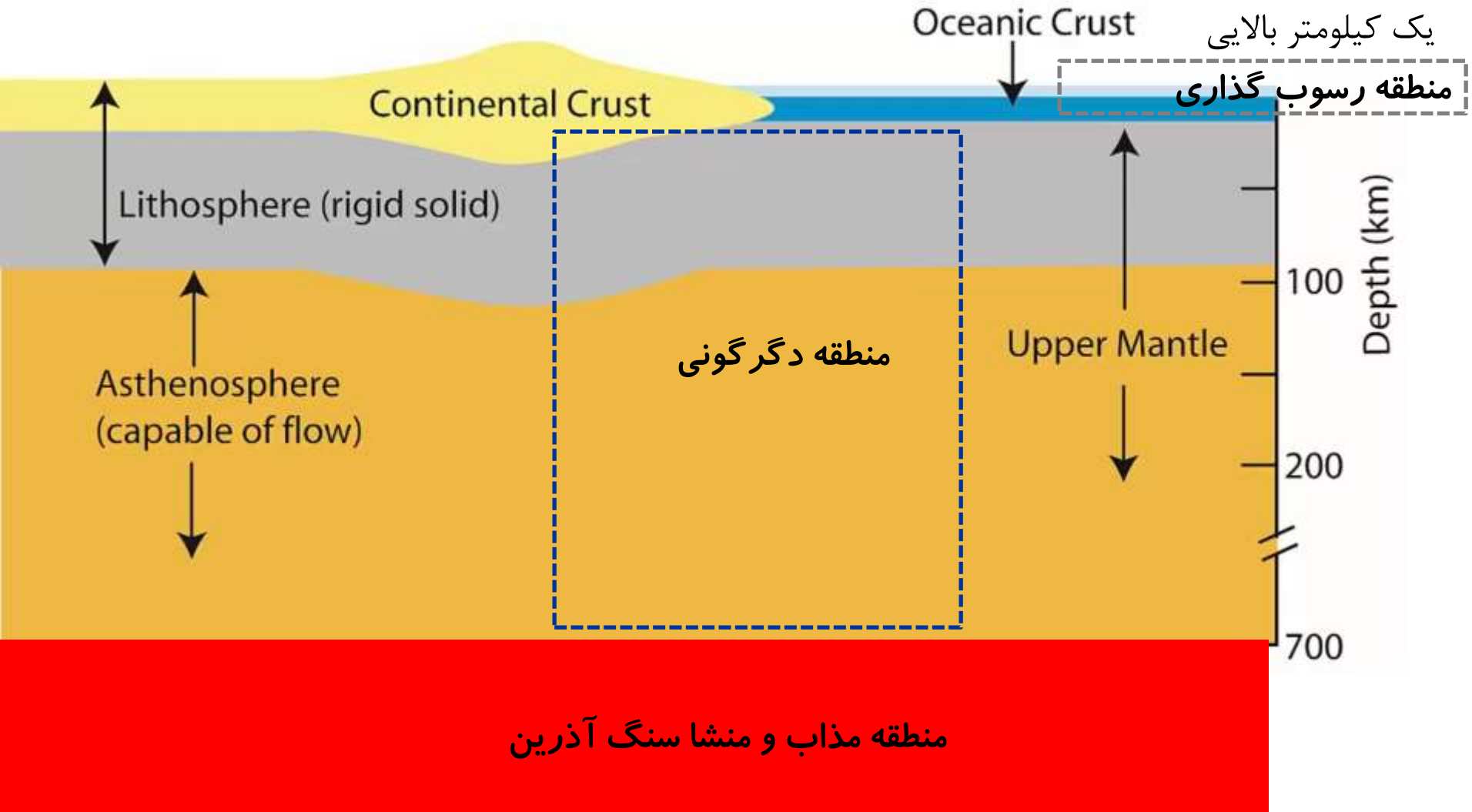
آبی که از کف اقیانوسها یا از دیگر نقاط سطح زمین به عمق نفوذ کرده، گرم شده و سپس بالا می آید یا آب ترکیبات سنگ ها و یا بخارات ماگمای درون زمین



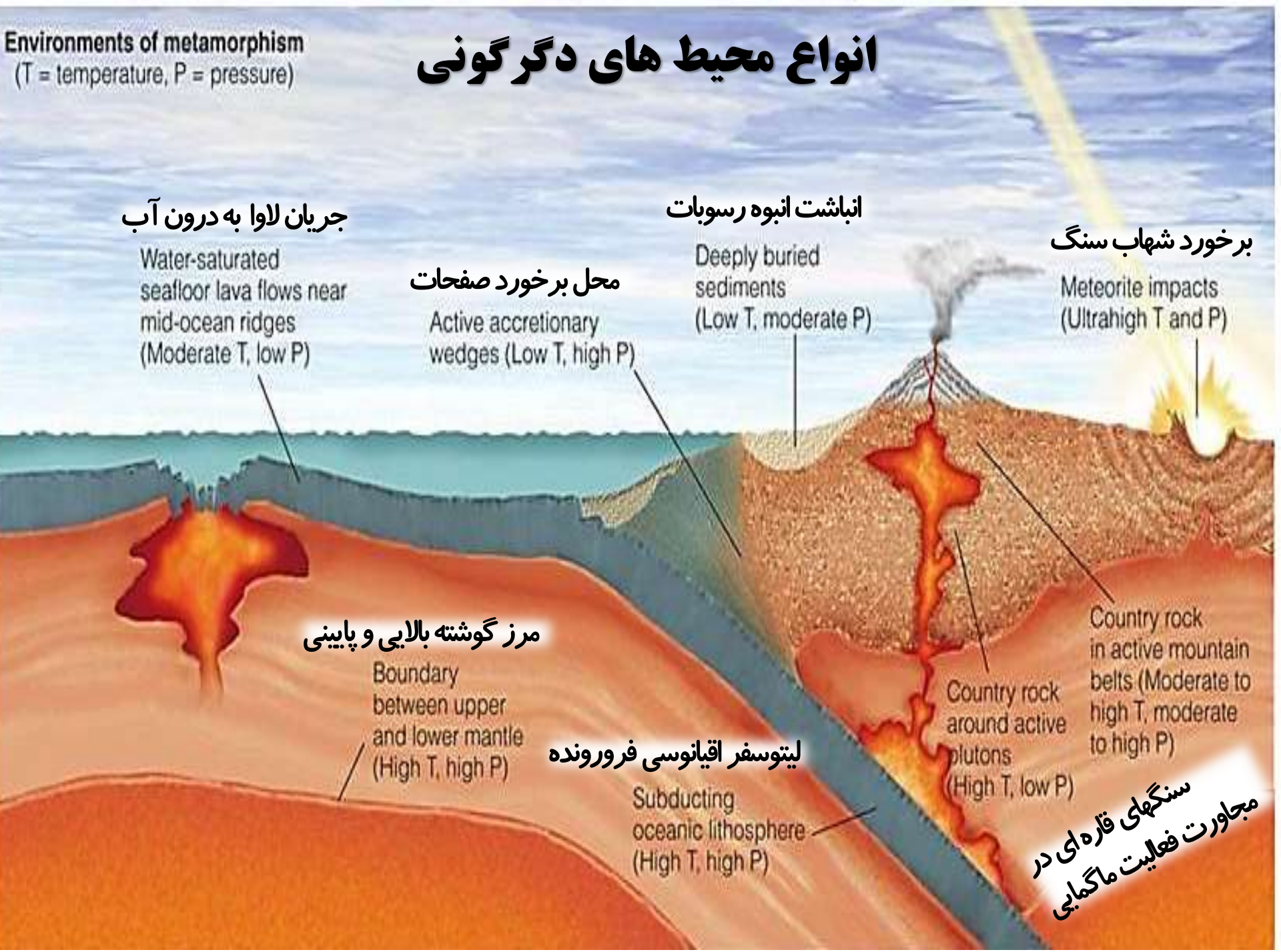
یک مثال از تغییر ترکیب شیمیایی کانیها تبدیل الیوین و پیروکسن (سنگ پریدوتیت) به سرپانتین است.


Ores of iron, zinc, copper, manganese
Ocean
Seafloor spreading at mid-ocean ridge
Sulfides and oxides of iron, manganese, copper leached from hot basalt
Cold seawater enters fractures
Highly fractured basalt
5 km
Ocean crust
Mantle

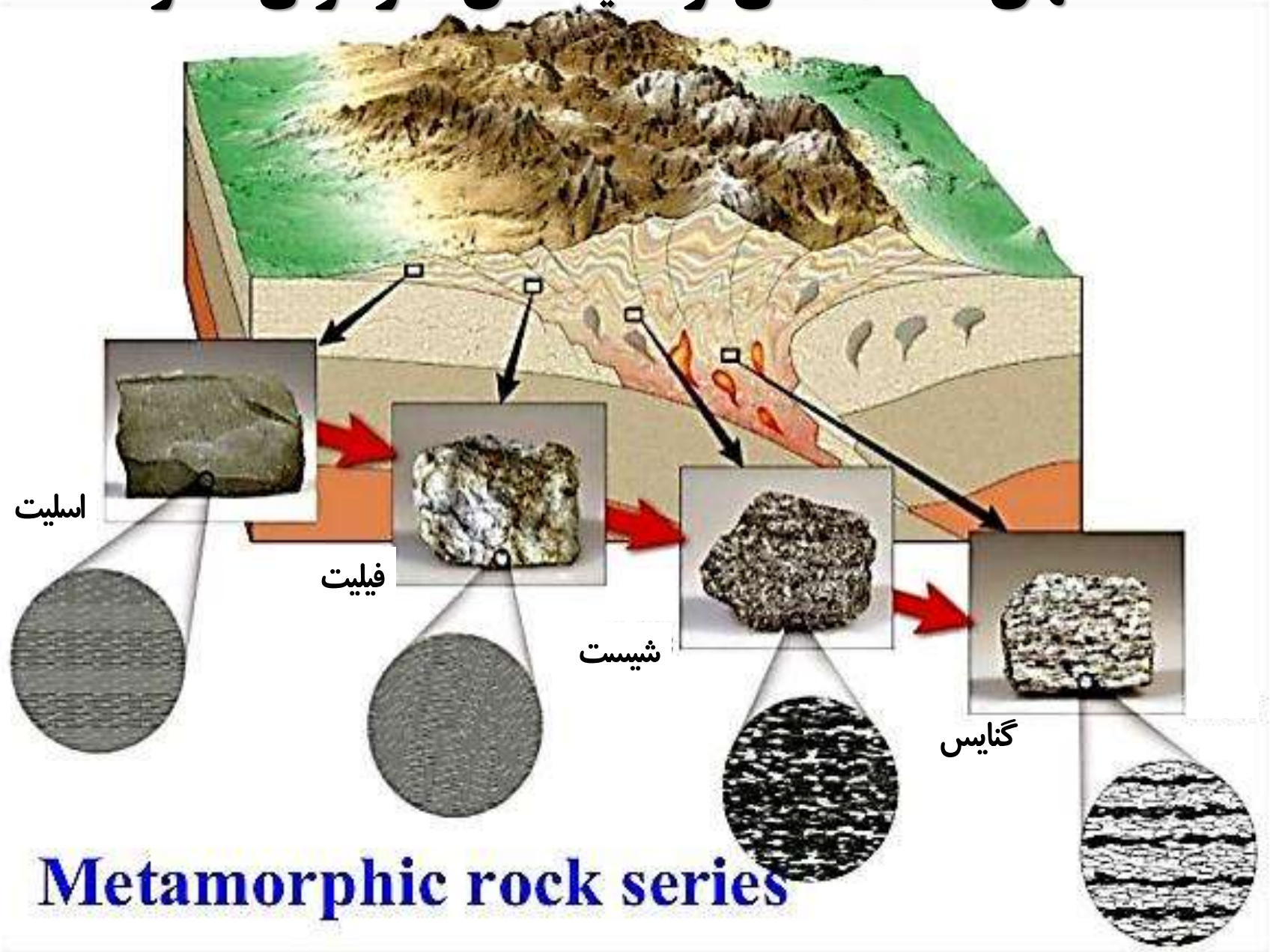
Metamorphism = physical or chemical changes to a rock **DUE TO** increased **temperature**, **pressure** or **chemically active fluids**

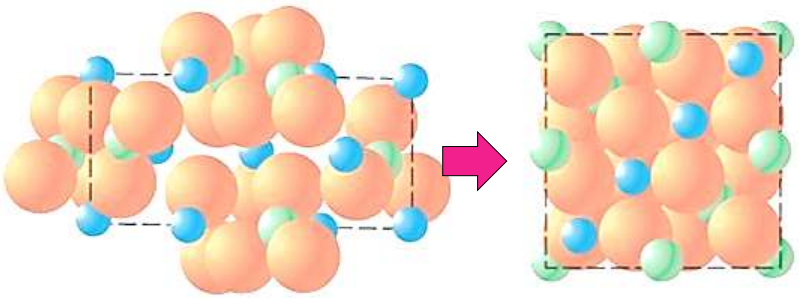


انواع محیط های دگرگونی

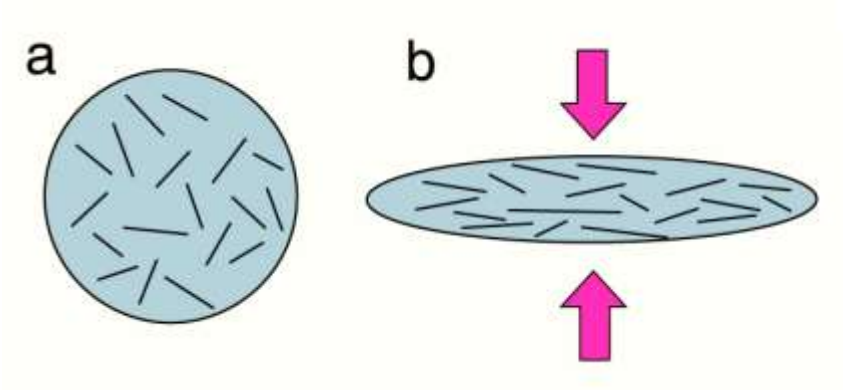


سنگهای مختلف ناشی از محیط های دگر گونی متفاوت





تغییرات شامل دو نوع *بافتی* و *کانی شناسی* می‌باشد.



انواع تغییرات طی فرایند دگرونی

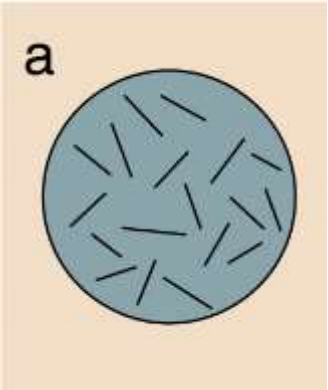
A-تغییر در بافت:

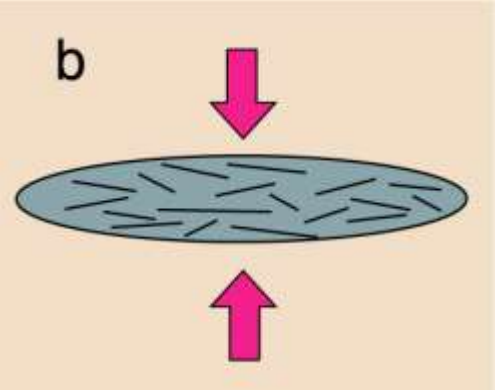
-بر اثر دگرگونی
ممکن است شکل دانه ها،
اندازه دانه ها و
رابطه بین دانه های سنگ تغییر کند و یا
دانه های سنگ جهت یافتگی پیدا کنند.

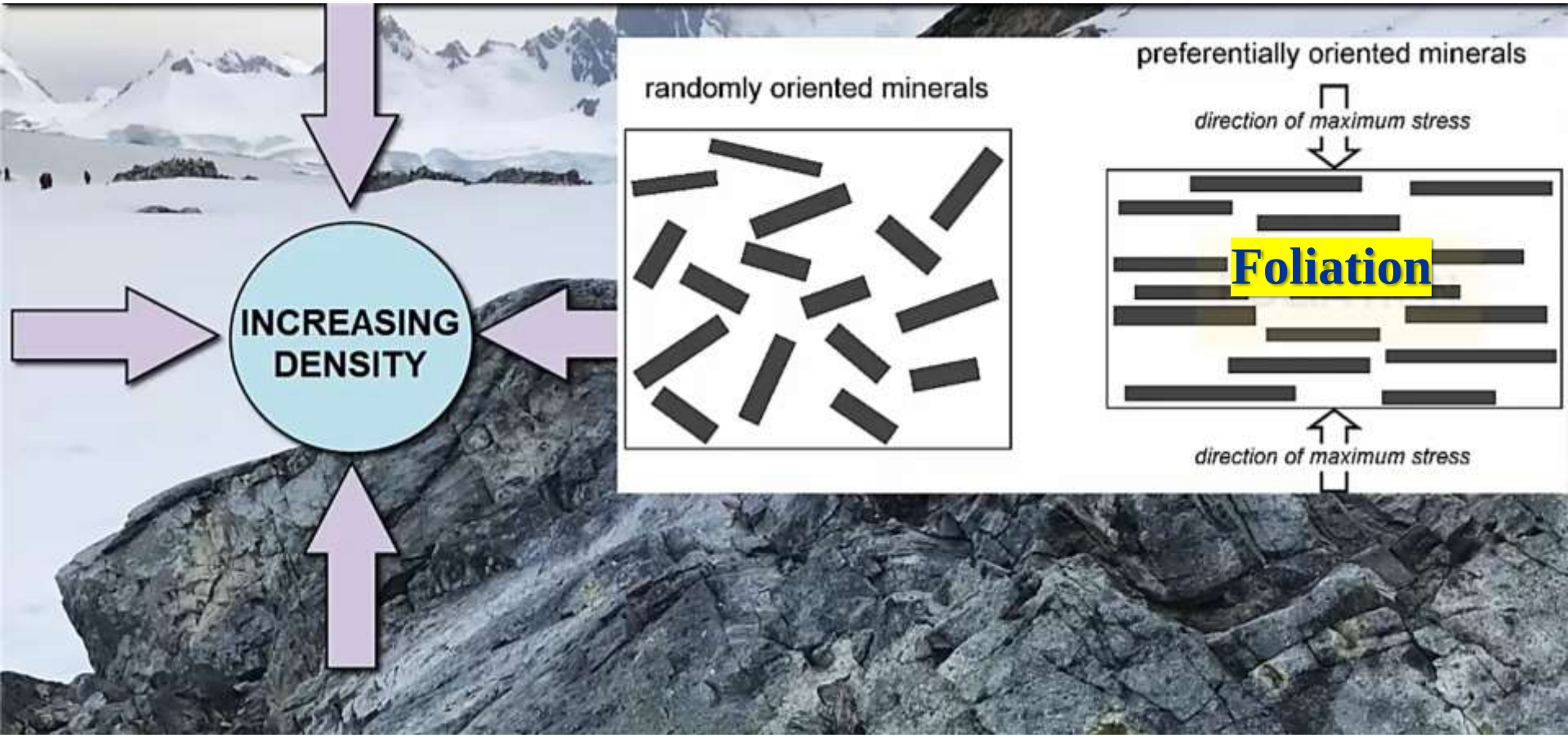
- شکل دانه ها: بر اثر فشار جهت دار دانه ها کشیده تر یا پهن تر می گردند.
- اندازه دانه ها: بر اثر تبلور دوباره اندازه بزرگتر می شود در مواردی نیز ریزتر می گردد.
- جهت گیری کانیها: کانیها در جهت عمود بر فشار رشد کرده و سنگ منظره ورقه ورقه یا نواری پیدا می کند.

به کلیه منظره های ورقه ای شکل در سنگها فولیاسیون گفته می شود. فولیاسیون اقسام مختلف دارد مانند فابریک اسلیتی، شیستوزیته و فابریک نواری در گنیس.

افزایش فشار موجب افزایش تراکم و دانسیتهٔ سنگ ها می شود







انواع تغییرات طی فرایند دگرونی

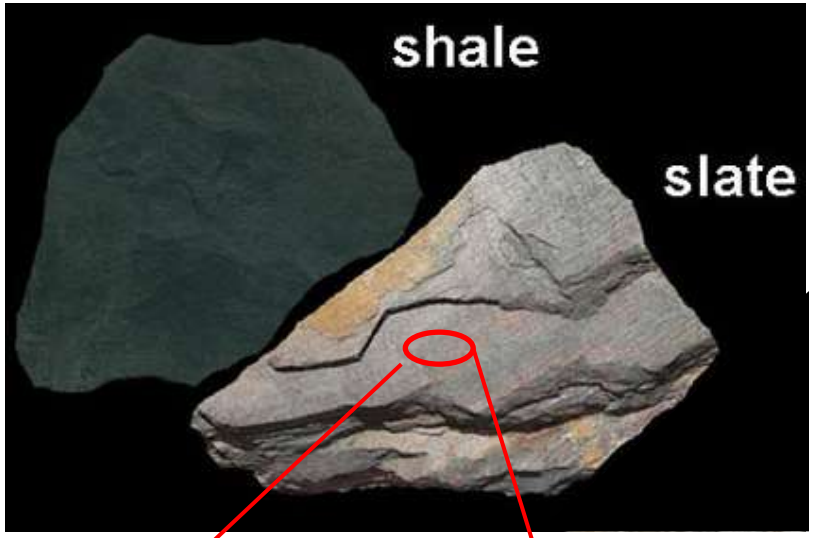
B- تغییر در ترکیب کانیها:

۱- تغییر شکل یا اندازه کانیها.

۲- تغییر سیستم بلوری کانیها مانند تبدیل گرافیت به الماس.

۳- تغییر ترکیب شیمیایی کانیها مثل تبدیل پریدوتیت به سرپانتین.

٤- واکنش کانیها با همدیگر و پیدایش کانی جدید
مثل کلسیت + سیلیس ← ولاستونیت.



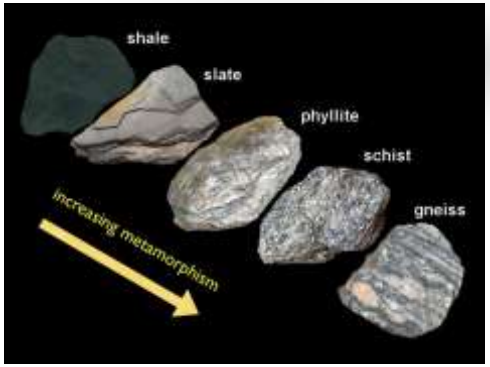
طبقه بندی سنگ های دگرگونی:

الف- سنگهای دارای جهت یافتگی:
ب)- سنگهای فاقد جهت یافتگی:

الف-۱- سنگ لوح (اسلیت):

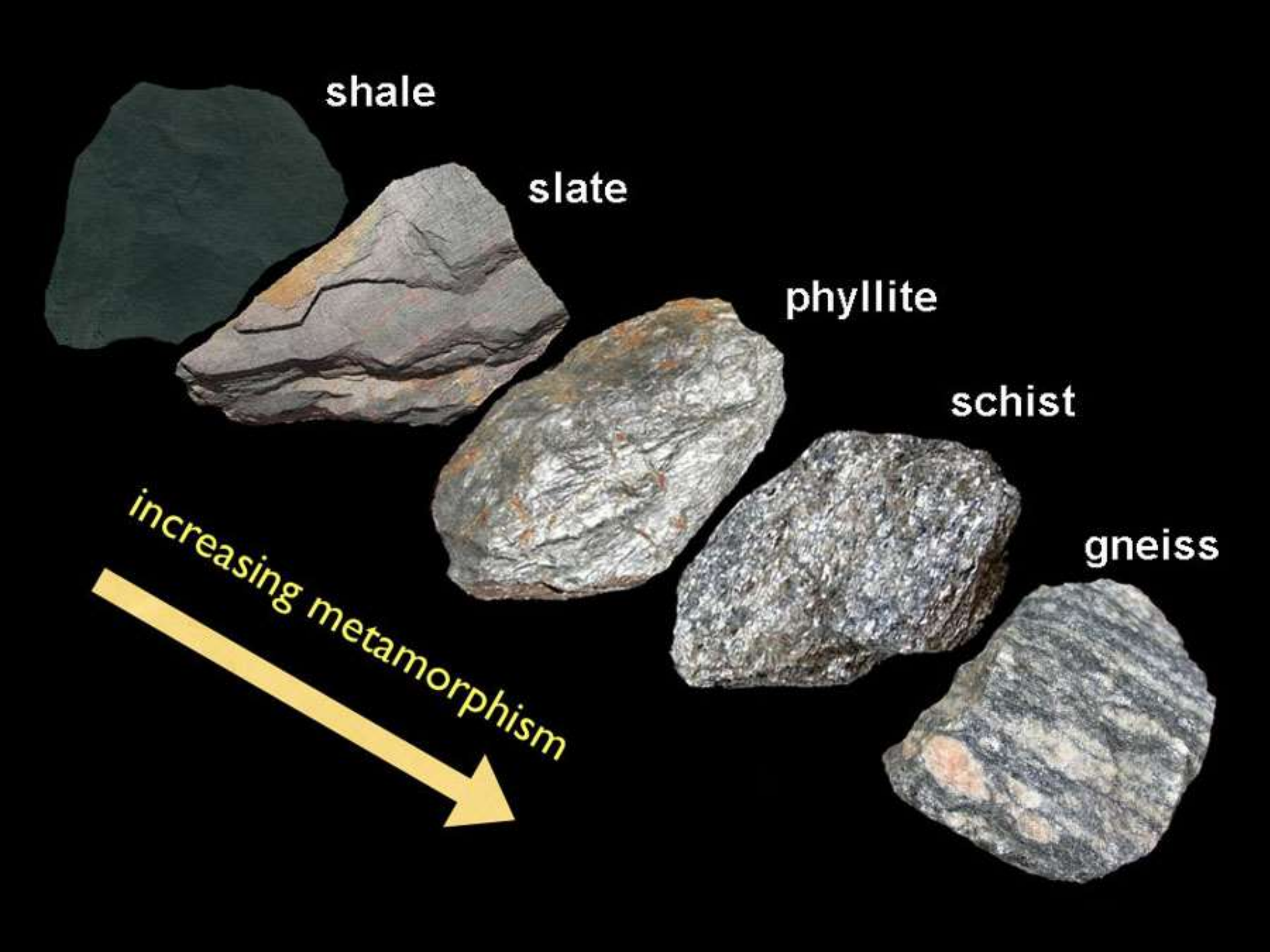
از دگرگونی شیل در درجات ضعیف دگرگونی حاصل می شود.

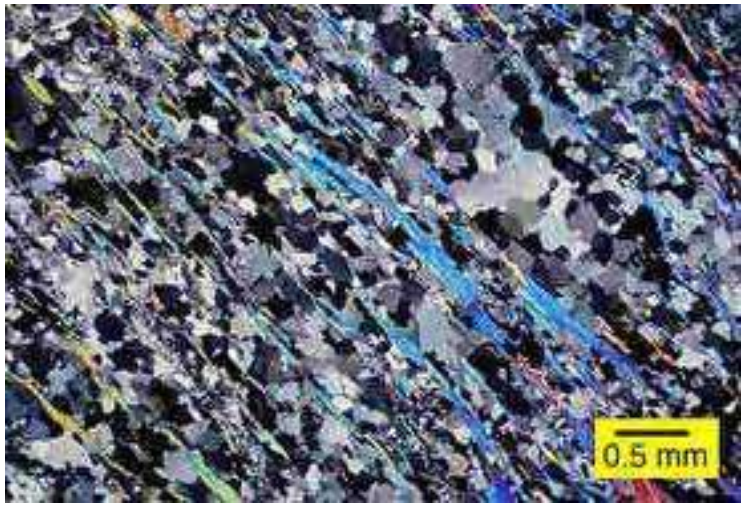
- به صورت ورقه های نازک متورق می گردد.
- رنگ خاکستری تا سیاه دارد.
- بسیار دانه ریز است.



الف-۲- سنگ فیلیت:

با زیاد شدن درجه دگرگونی، فیلیت از اسلیت ها حاصل می شود.


shale
slate
phyllite
schist
gneiss
increasing metamorphism



الف-۲- شیست:

-درجه دگرگونی بالاتری از اسلیت و فیلیت دارد.

-اندازه کانیها درشت تر از اسلیت و فیلیت است.

- بر اساس کانی فراوان نامگذاری شده و لذا اقسام مختلف دارد مثل:
میکاشیست، تالک شیست، گرافیت شیست

الف-۳- گنایس:

- از دگرگونی گرانیت ها و یا سنگهای رسوبی مثل ماسه سنگ های فلدسپات دار و همچنین رس ها بوجود می آید.

- درجه دگرگونی بالاتری از شیست دارد.

- حالت ورقه ورقه شدن سنگ کمتر از شیست است.

- اندازه کانیها درشت تر از شیست است.

- سنگ منظره نواری تیره (مملو از کانیهای تیره مانند بیوتیت) و روشن (مملو از کوارتز و فلدسپات) دارد.

ب) سنگهای فاقد جهت یافتگی:

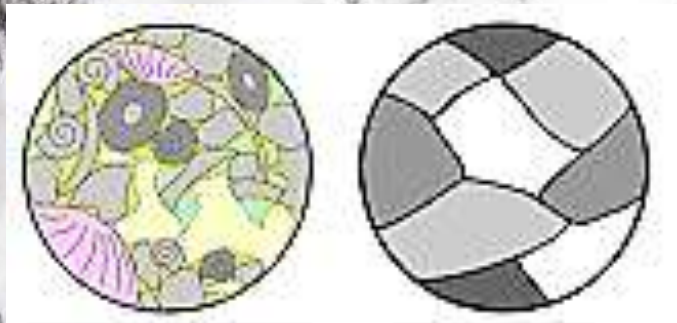
ب-۱- مرمر یا ماربل:

- از دگرگونی سنگ آهک بوجود می آید.

- بخاطر تبلور مجدد، بلورهای مرمر درشت تر از سنگ آهک است.

- کانی های سنگ مرمر اغلب فاقد جهت یافتگی بوده و بافت دانه قندی دارد.

Recrystallization



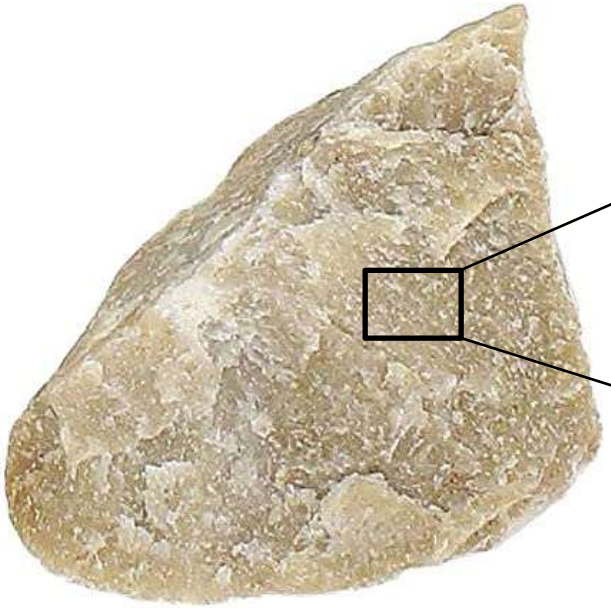
مرمر (Marble)

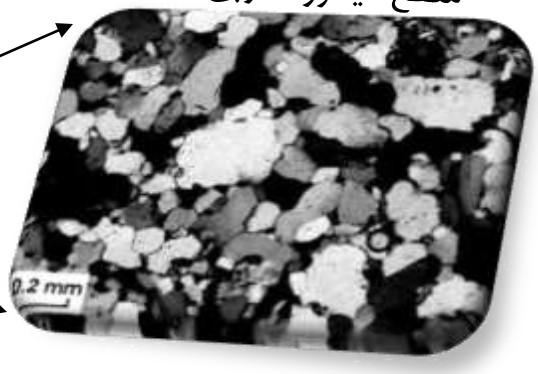
در شرایط دگرگونی مجاورتی (فشار کم و دما زیاد) تشکیل می شود

مرمریت (Onyx Marble)

در شرایط دگرگونی مجاورتی (فشار زیاد و دمای کم) تشکیل می شود

ب-۲- کوارتزیت:





مقطع میکروسکوپی

- این سنگ دگرگونی غالباً از کوارتز تشکیل شده است.

-از دگرگونی ماسه سنگ غنی از کوارتز بوجود می آید.

- چون سیلیس زیادی دارد در سیمان سازی از آن استفاده می شود.

ب-۳- هورنفلس:

در دگرگونی مجاورتی سنگهایی نظیر ماسه سنگ، سنگ آهک، شیل و غیره حاصل می شود. بنابراین ترکیب کانی شناسی مشخصی نداشته و تابع سنگ اولیهٔ خود است.

-دانه ریز،

سخت،

متراکم

و فاقد جهت یافتگی است.

تقسیم بندی کلی سنگ های دگرگونی

Rock Name	Texture	Grain Size	Comments	Parent Rock
Slate	Foliated	Very fine	Excellent rock cleavage, smooth dull surfaces	Shale, mudstone, or siltstone
Phyllite	Foliated	Fine	Breaks along wavey surfaces, glossy sheen	Slate
Schist	Foliated	Medium to Coarse	Micaceous minerals dominate, scaly foliation	Phyllite
Gneiss	Foliated	Medium to Coarse	Compositional banding due to segregation of minerals	Schist, granite, or volcanic rocks
Migmatite	Foliated	Medium to Coarse	Banded rock with zones of light-colored crystalline minerals	Gneiss, schist
Mylonite	Weakly Foliated	Fine	When very fine-grained, resembles chert, often breaks into slabs	Any rock type
Metaconglomerate	Weakly Foliated	Coarse-grained	Stretched pebbles with preferred orientation	Quartz-rich conglomerate
Marble	Nonfoliated	Medium to coarse	Interlocking calcite or dolomite grains	Limestone, dolostone
Quartzite	Nonfoliated	Medium to coarse	Fused quartz grains, massive, very hard	Quartz sandstone
Hornfels	Nonfoliated	Fine	Usually, dark massive rock with dull luster	Any rock type
Anthracite	Nonfoliated	Fine	Shiny black rock that may exhibit conchoidal fracture	Bituminous coal
Fault breccia	Nonfoliated	Medium to very coarse	Broken fragments in a haphazard arrangement	Any rock type

Increasing Metamorphism

دگرگونی و منابع طبیعی:

۱- کانیهای با ارزش:

گرافیت (ساخت گریس) **و آزبست** (ساخت لباس نسوز) **کاربردهای متعددی از جمله در صنایع نسوز دارند.**

تالک در پودر بچه و لوازم آرایشی استفاده می شود.

کیانیت و گارنت (نوعی یاقوت) کاربرد گوهری دارد.

گارنت

کیانیت

اهمیت اقتصادی سنگهای دگرگونی :

- چون محکم و با دوام هستند در ساخت بناها استفاده می شوند.
- بعضی از سنگها دگرگونی مثل سرپانتینیت سنگ نمای با ارزشی است.
- مرمر در سنگ نما و مجسمه سازی کاربرد زیادی دارد.
- گاهی در سنگ دگرگونی منابع با ارزش فلزی همچون مس، نیکل، روی، آهن، طلا و ... نیز وجود دارد.

با تشکر از حسن توجه شما

سنگ ..... در اثر دگرگونی ..... تبدیل به ..... شده است.

عبارت زیر را کامل کنید:

سنگ ..... در اثر دگرگونی ..... تبدیل به ..... شده است؟