الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

تنشأ الصخور المتحولة من تحول صخور سابقة التكوين (نارية، رسوبية، متحولة مسبقاً) بعد تعرضها الى ظروف قاسية من ضغط وحرارة هائلين ومحاليل كيميائية، تؤدي الى اعادة بناء هذه الصخور وهي في الحالة الصلبة وتحويلها الى صخور جديدة من ناحية خواصها المعدنية والتركيبية والنسيجية تختلف عن الصخور الاصلية تسمى بالصخور المتحولة والتي تكون نادرة في صخور القشرة الارضية. وهذه العملية تدى بعملية التحول (Metamorphism) وتعني التغير في الشكل

Metamorphism = Change of form

Meta = Chang تغير

Morph = form شكل

"والتي يمكن ان تعرف على انها مجموعة من التغيرات النسيجية والمعدنية والتركيبية التي تعاني منها الصخور النارية، الرسوبية، والمتحولة مسبقاً نتيجة التغير في الظروف الفيزيائية والكيميائية المحيطة بها وهي في الحالة الصلبة، فيستجيب الصخر للظروف المحيطة ويتغير بشكل تدريجي حتى يصل الى مرحلة التوازن مع البيئة والظروف الجديدة والتي ينتج عنها انواع صخرية تختلف عن الصخور الاصلية تعرف بالصخور المتحولة"

تحدث عملية التحول عند درجات حرارة مرتفعة تحت سطح الارض ببضع كيلومترات وحتى الجبة العليا والصخرة في حالتها الصلبة دون الوصول الى عملية الانصهار.

(10–50 Km)

تبدأ عندها عملية التحول

(150–800 C°)

عوامل التحول

1) الحرارة Temperature

يعد عامل الحرارة من اهم العوامل التي تؤدي الى زيادة الطاقة الكامنه للمعادن وبالتالي زيادة في درجة عشوائيتها فتحدث التفاعلات بين المعادن نتيجة عدم استقراريتها لتتحول الى معادن اكثر استقراراً، وتزداد الحرارة كلما زاد العمق ويسمى هذا بالتدرج الحراري Thermal gradient حيث تزداد بمعدل 30 °م / كم وهذا التغير بالحرارة غير ثابت في كل الاماكن وانما يختلف من مكان الى اخر حسب طبيعة البيئة الجيولوجية.

اما بالنسبة للمعادن المائية والمواد الطيارة المتواجدة ضمن الصخور فانها تتحطم كلما تزداد الحرارة لتصل الى صخور لاتحوي معادن مائية وهي صخور ذات تحول عالي جداً.

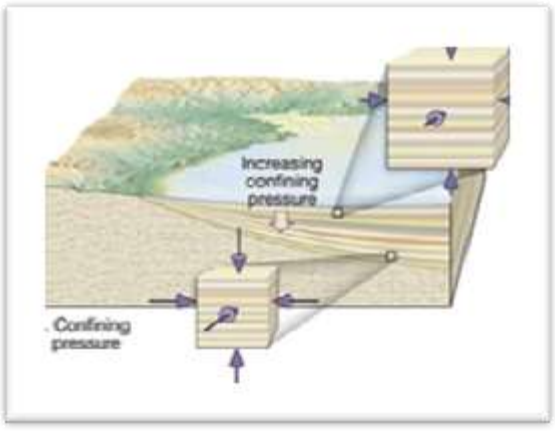
مصادر الحرارة

1- جسم ناري جوفي او بركاي قريب او بعيد
2- الحرارة القادمة من الجبة
3- الحرارة القادمة من لب الارض المنصهر
4- الحرارة الناتجة من غوران الصخور
5- مياه ومحاليل حارة متنقلة بين الصخور

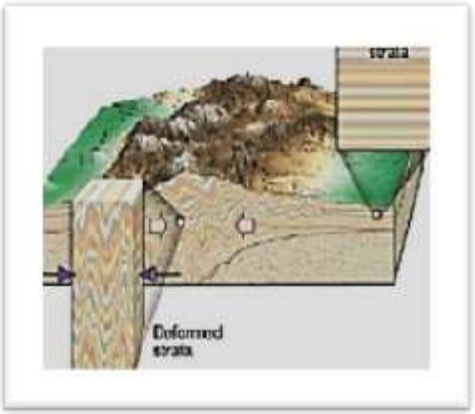
2) الضغط Pressure

يوجد هناك نوعان من الضغط المؤثر على الصخور

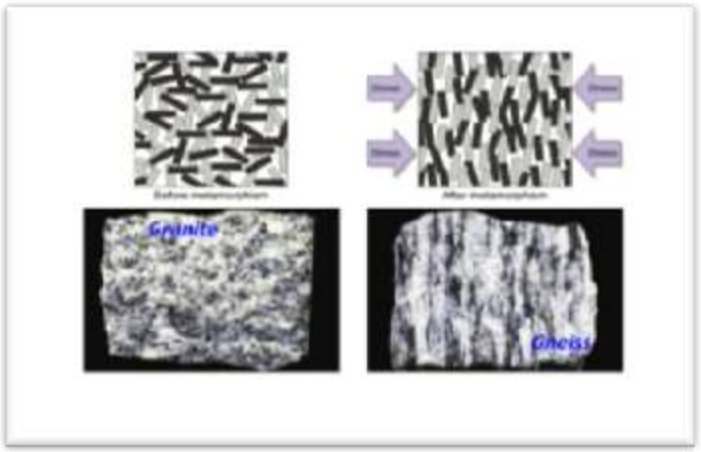
أ) الضغط المحصور Confining pressure يتميز هذا الضغط بكونه ضغط غير موجه ومنتظم ويسمى ايضا بالضغط الهيدروستاتيكي او ضغط الحمل وهو ضغط متساوي من جميع الاتجاهات وناتج عن سمك الطبقات والعمق حيث كلما يزداد العمق يزداد الضغط المحصور، ويؤدي هذا الضغط الى تكوين نسيج متساوي الابعاد يسمى بالنسيج الحبيبي Granoblastic Texture والصخرة المعرضة لهذا الضغط يقل حجمها وذلك لانها معرضة له من جميع الاتجاهات (يعمل على تغير الحجم).



ب) الضغط الاتجاهي Directed pressure يتميز هذا الضغط بكونه موجه غير منتظم، وهو الضغط المسؤول عن التشوهات الحاصلة في الصخور والتغيرات الحاصلة في الشكل والحجم حيث يكون غير متساوي أي انه يكون كبير في احد التجاهات مقارنة بالاتجاهات الاخرى.



ويقصد بالتغير بالشكل هنا أي ان المعادن التي تمتلك خاصية الاستطالة فبتعرضها لهذا الضغط سوف تزداد استطالتها (فتنتظم المعادن في ترتيب معين بحيث يكون المحور الطولي لها في اتجاه عمودي على اتجاه الضغط) والنسيج الناتج عنه يسمى النسيج المتورق Foliated Texture وان اكثر المعادن التي تستجيب للاستطالة هي معادن (المايكا، الهورنبلند، الكلورايت).



دور الضغط في عملية التحول

يعمل الضغط على التقليل من حجم الحبيبات (المعادن) الذي يؤدي الى زيادة بالمساحة السطحية وبدورها تزداد الطاقة الكيميائية لها في اثناء التفاعلات وهذا يعني التسريع من التفاعلات الحاصلة خلال التحول.

3) النشاط الكيميائي للمحاليل Chemical Activity of Fluids

ان وجود المحاليل والسوائل يزيد من التفاعل الحاصل بين المعادن حيث يعد الماء من اهم المحاليل الذي يعتبر عامل مساعد في التفاعلات الكيميائية ويتواجد بشكل طبقة رقيقة بين الحبيبات حيث يساعد الايونات على الحركة بصورة اكبر في المحلول وبهذا تتقدم وتتسارع التفاعلات الكيميائية.

تتمثل السوائل بالماء، ثاني اوكسيد الكاربون، وغيرها من الغازات والمواد الطيارة والتي تترك نظام التفاعل بصورة تدريجية الى ان تكون الصخرة الناتجة من التحول تفتقد بصورة كاملة او جزئية للمواد الطيارة مقارنة بالصخرة الام (الاساس).

دور المحاليل في عملية التحول

أ- التسريع من عملية التفاعل واعادة تبلور المعادن

ب- اضافة مادة جديدة وسحب مادة من الصخرة الام.

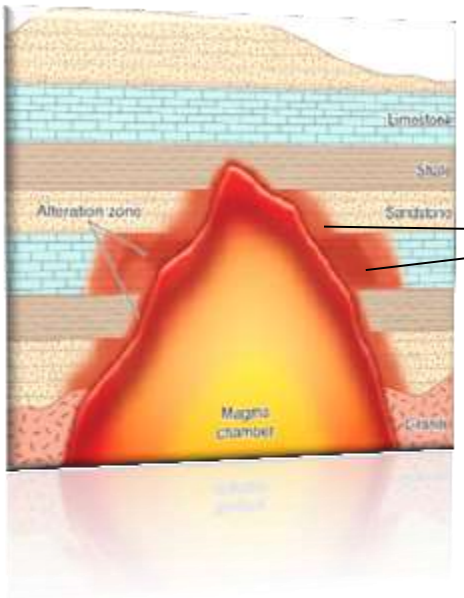
" ان جميع هذه العوامل تعمل على اعادة تبلور للمعادن وتكوين معادن جديدة بانظمة بلورية تختلف عن الصخرة الام وليس من الضروري ان تترافق هذه العوامل الثلاث لاحداث التحول فقد تكون الحرارة هي العامل المسيطر في عملية التحول وفي بعض الاحيان يكون الضغط "

انواع التحول Type of Metamorphisim

ان من اهم انواع التحولات والتي اعتمدت في تحديدها على الظواهر والشواهد الحقلية وهي:

1- التحول التماسي (الحراري) Contact or (Thermal) Metamorphisim

يكون هذا التحول موقعياً ويغطي مساحات صغيرة وعلى اعماق ضحلة حول الاندفاعات والاجسام النارية، حيث يحدث التحول التماسي عندما يصبح الجسم الناري بتماس مع الصخور فالحرارة هنا ستعمل على اعادة التبلور للمعادن الى حبيبات اكبر ويحصل تحول الى معادن اكثر استقراراً.

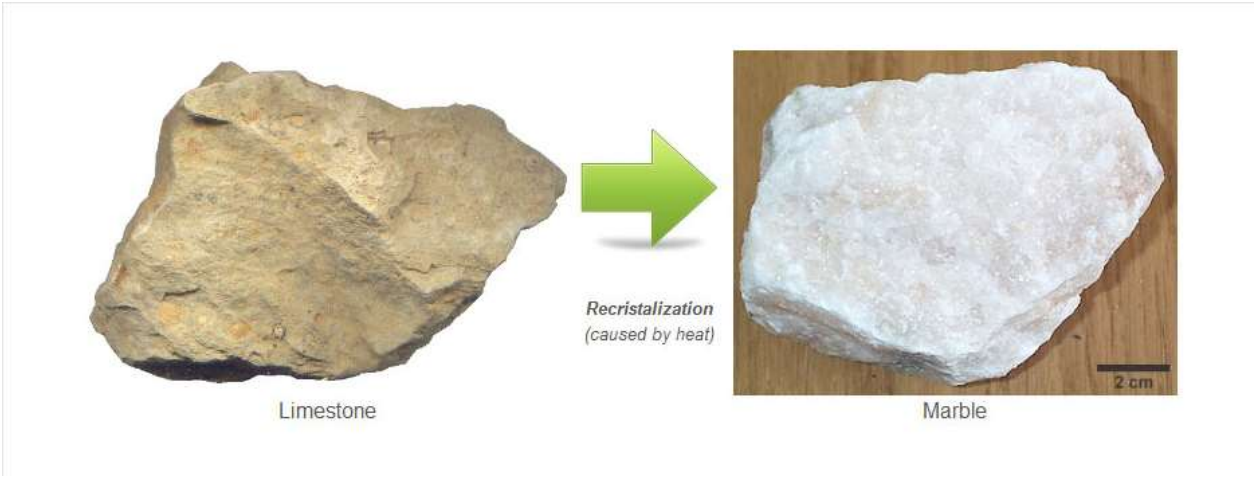


منطقة التغيير

وان درجة تغير وتحول الصخرة يعتمد على المعادن الاصلية الموجودة في تلك الصخرة وعلى كمية الحرارة التي تتعرض لها المعادن، فمثلاً يكون تأثير الجسم الناري على الصخور النارية ضئيلاً بسبب كون معادنها مستقرة عند هكذا حرارة بينما تكون الصخور الرسوبية اكثر عرضة وبشكل كبير لعملية التحول التماسي. وبهذا فإن العامل المسيطر في هذا النوع من التحول هو الحرارة.

الصخور الرسوبية المعرضة لعملية التحول التماسي

أ) الحجر الجيري Limestone تتعرض هذه الصخور لعملية التحول التماسي فيعاد تبلور معدن الكالسايت الى حبيبات اكبر مكونه صخرة متحولة تعرف بـ (Marble) الرخام.

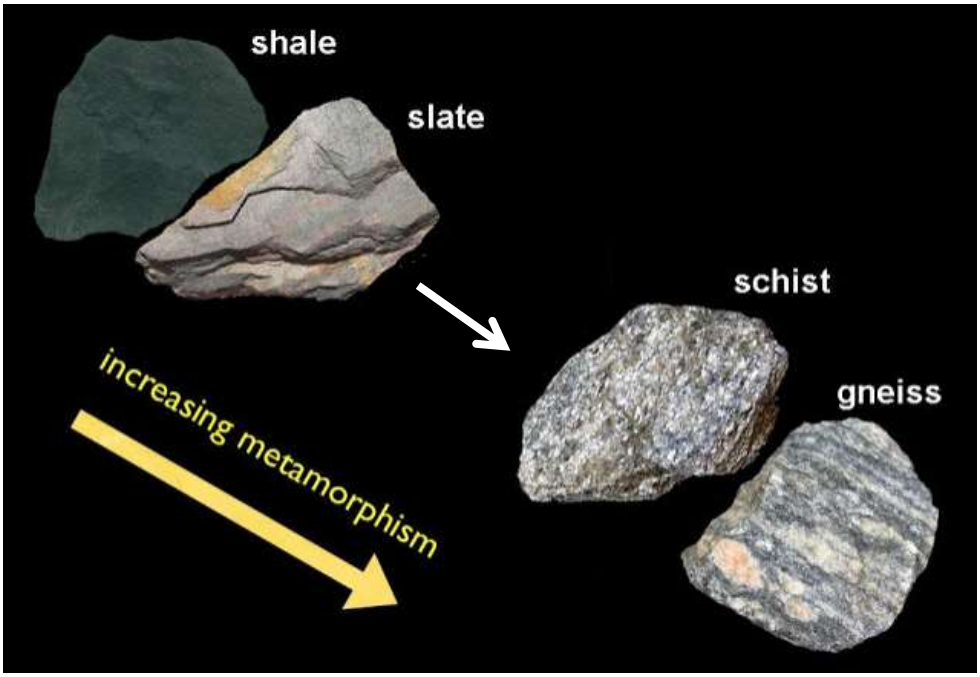


ب) الحجر الرملي Sandstone تتعرض الى عملية التحول التماسي ليعاد تبلور حبيبات الكوارتز وتتكون صخرة خشنة الحبيبات تعرف بـ (Quartzite)

النسيج الناتج لهذه الصخور هو النسيج الحبيبي (Granoblastic Texture).

2- **التحول الاقليمي** Regional Metamorphism

يحدث هذا التحول ضمن مساحات شاسعة وعلى اعماق كبيرة ويكون لعاملي الحرارة والضغط دور كبير في هذا النوع من التحول حيث تتعرض الصخور المدفونه في اعماق كبيرة الى هذا النوع من التحول فيعاد تبلور معادنها الى معادن اكثر استقراراً استجابة لتغير الظروف وهنا يلعب الضغط دور كبير وخاصة الضغط الموجه حيث يعمل على اعادة توجيه للمعادن الطولية والصفائحية الى شكل متوازي الذي يعطي بدوره النسيج المتورق للصخرة (Foliated Texture). والسلسلة التالية توضح الصخور المتحولة اقليمياً.



انسجة الصخور المتحولة Texture of Metamorphic Rocks

1) النسيج الحبيبي Granoblastic Texture او النسيج غير المتورق Non foliated Texture

يتكون هذا النوع من النسيج عندما تتحول الصخور المكونه من معدن واحد تحت درجات حرارة عالية وضغط واطئ يؤدي الى نمو البلورات المعدنية المكونه لهذه الصخور بحيث تكون متساوية الحجم وخشنة التحبب كما في صخرة Marble و Quartzite.

2) النسيج المتورق Foliated Texture

يقسم هذا النسيج الى عدة انواع وهي:

- النسيج الاردوازي Slaty Cleavage texture

يتميز بهذا النسيج صخرة الاردواز (Slate) حيث يظهر على هذه الصخرة الانفصام بمستويات متقاربة فاذا ما تم طرقها بالمطرقة فسوف تنفصم على طولها. وتتكون هذه الصخرة في درجات التحول الواطئة للطَفل والصخور الطينية.

Shale ⟶ Slate

- النسيج الشيستوزي Schistosity texture

يتكون هذا النسيج عندما تنمو حبيبات المايكا والكلورايت الدقيقة في الاردواز تحت تأثير الضغط والحرارة المرتفعة الى حجم اكبر بعدة مرات من الحجم الاصلي بحيث يمكن تميزها بالعين المجردة ويبدو الصخر متطبقاً والصخرة التي تتميز بهذا النسيج هي صخرة Schist، وبالاضافة الى المعادن الصفائحية فقد تحوي Schist على الكوارتز والفلدسبار بشكل عدسات بين حبيبات المايكا. وتتكون هذه الصخرة ضمن درجات التحول المتوسطة لصخرة Slate.

Slate ⟶ Schist

- النسيج النيسوزي Gnessic texture

يتكون هذا النسيج في مرحلة التحول العالي فنلاحظ ان معادن البيوتايت (المايكا السوداء) او الداكنه والمعادن الفاتحة المتمثلة بالكوارتز والفلدسبار قد انفصلت عن بعضها واعطت للصخر مظهراً متحزماً بشكل

احزمة داكنه وفاتحة على التوالي والصخرة التي تتميز بهذا النسيج هي صخرة Gneiss، والتي تتكون ضمن درجات التحول العالية لصخرة Schist والصخور البركانية.

Schist ⟶ Gneiss

Volcanic Rocks ⟶ Gneiss

مديات الحرارة والعمق التي تتكون فيها الصخور المتحولة

تبدأ تكون الصخور المتحولة عند العمق 10 – 50 km وحرارة بين 150 – 800 °م حيث تتكون صخرتي (Slate, Schist) بين 10 – 24 Km وحرارة ما بين 150 – 350 °م، اما صخرة (Gneiss) فتتكون عند العمق الذي يتراوح بين 40 – 48 Km وحرارة واقعة بين 600 – 750°م.

Rocks	Mother Rock	Type of Metamorphisim	Texture
Marble	**Limestone**	**Contact or (Thermal) Metamorphisim**	**Granoblastic Texture**
Quartzite	**Sandstone**		
Slate	**Shale Mudstone Siltstone**	**Regional Metamorphism**	**Foliated Texture**
Schist			
Gneiss			