الصخور المتحولة

METAMORPHIC PETROLOGY

ان كملة meta تعني تغير change والكلمة جاءت من قبل Biologist من تحول البرقية caterpillar الى فراشة butterfly

عملية التحول Metamorphism

هي عملية التغير المعدني والنسيجي (تغيرات فيزيائية وكميائية) التي تطرأ على صخرة صلبة تسمى الصخرة الأم Parent rock نتيجة تعرضها لتغييرات في الظروف الفيزيائية أو الكيميائية، وهذه التغييرات في درجات الحرارة عالية (فوق 250م°) والضغط بشكل رئيسي يجب ان لا تصل الى حد الانصهار أي أن التحول يحدث والصخرة في حالة صلبة دون ان تصل الى الانصهار ، لكي تتحول الى معادن وصخور اكثر استقرار more stable تحت ظروف التحول الجديد بالمقارنة بالمعادن الاصلية.

هنالك ثلاثة عوامل مسؤولة عن عملية التحول وهي

عوامل التحولFactors of Metamorphism :

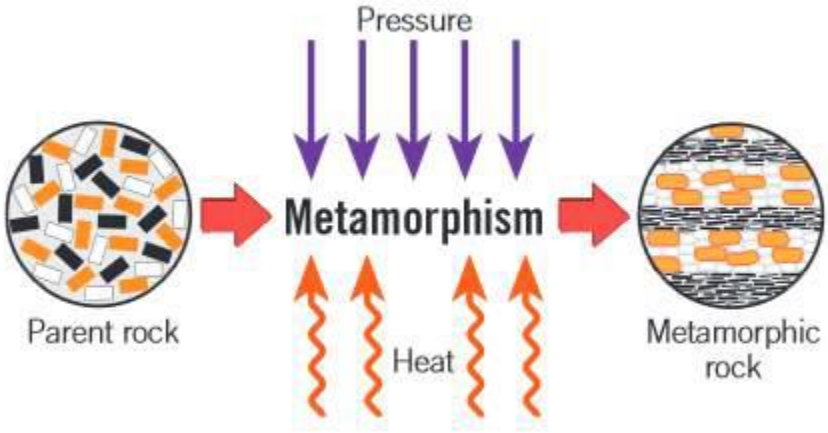
1. درجة الحرارة Temperature :

تكون درجة الحرارة متوسطة بين تلك الواطئة التي تكون الصخور الرسوبية في (حدود 250 درجة سليزية) وتلك العالية التي تعمل الانصهار والتي تنجم عنها الصخور النارية (حوالي 750 درجة سليزية أو احيانا اكثر لتماسها مع الاجسام النارية). الحرارة تزداد مع العمق حيث تتحرك الأيونات بسرعة أكبر مع ارتفاع الحرارة ويحصل تكسر للأواصر مما يسبب انشار الايونات diffusion مثل (انتشار الحبر في الماء) لتكون معادن اكثر استقرار في الطبيعة . مثلا تعرض معادن للحرارة قد تضل بنفس المعدن مثل تعرض الكوراتز الى حرارة تبقى نفس المعدن ولكن ينتج بلورات اكبر ، وقد ينتج عن التحول الحراري تغير في المعادن من معدن الى معدن اخر.

2. الضغط Pressure : يكون على نوعين

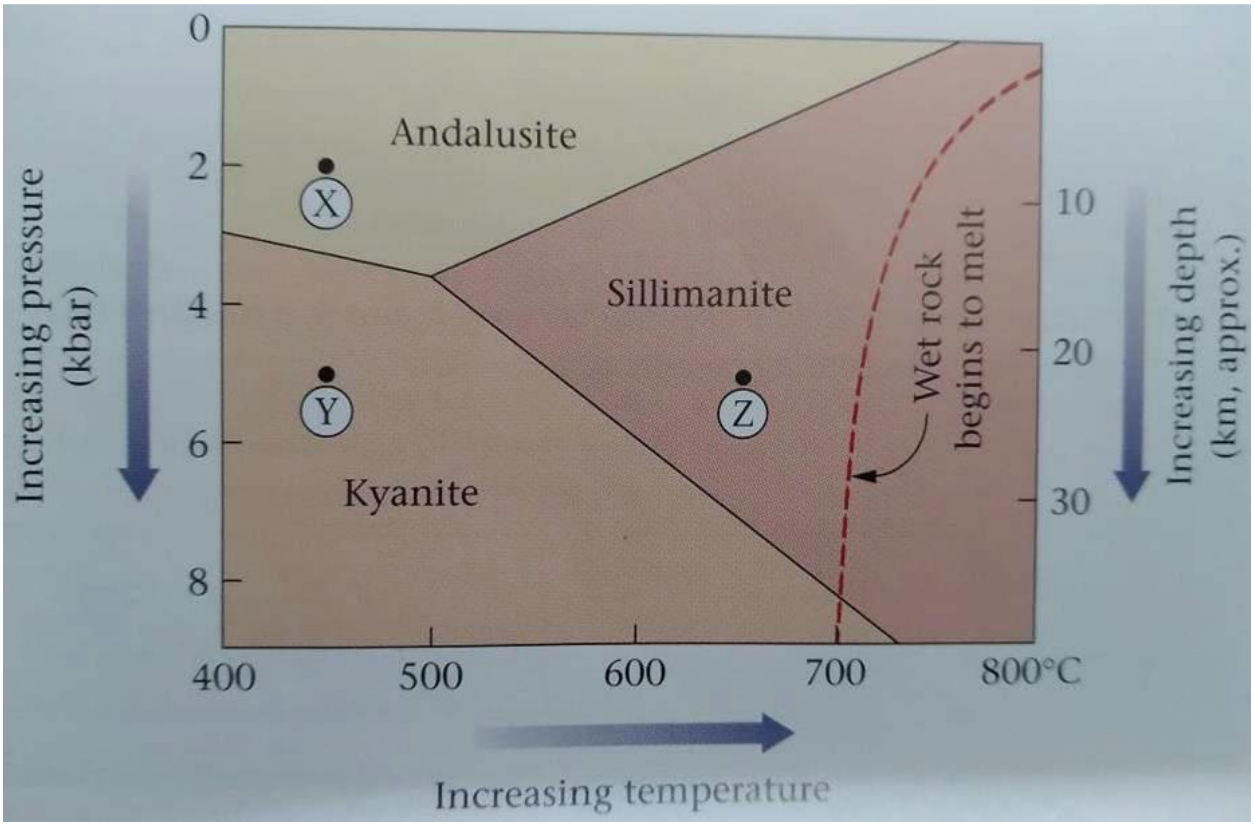
أ- الضغط الاتجاهي او ضغط الاجهاد Directed or Stress pressure وينتج عادة بفعل الحركات الأرضية، ويكون موجها باتجاه واحد هو نفس اتجاه الحركات الأرضية ويكون قريبا من سطح الأرض، وقد تبلغ قيمته الى حد 3 كيلوبار (1) بار يساوي تقريبا 1 ضغط جوي). الضغط يزداد مع العمق

ب-الضغط الهيدروستاتيكي Hydrostatic Pressure ويعرف بـ (الضغط غير الاتجاهي)، فهو الضغط المسلط على الصخرة بشكل متساو من جميع الجهات، وهو ضغط منتظم وعلى اعماق اكبر تحت سطح الأرض. وقد يصل في قيمته الى حد 10 كيلوبار



شكل يوضح تحول الصخور الام الى صخور متحولة Metamorphic Rock نتيجة الحرارة والضغط خلال دورة الضخور في الطبيعة.

مثال على التحول بالضغط هو تحول معدن الكرافيت C إلى معدن الماس Diamond ايضا له نفس التركيب الكيمائي C ولكن الاختلاف في النظام البلوري.



الشكل يوضح تأثير زيادة الضغط والحرارة والعمق على تحولات معادن سليكات الألمنيوم Al_2SiO_3

مثلا النقطة X و Y نفس درجة الحرارة ولكن الضغط مختلف

تحت الضغط المنخفض حوالي 2.5 kbar يتكون Andalusite

تحت الضغط عالي حوالي 6kbar يتكون Kynaite

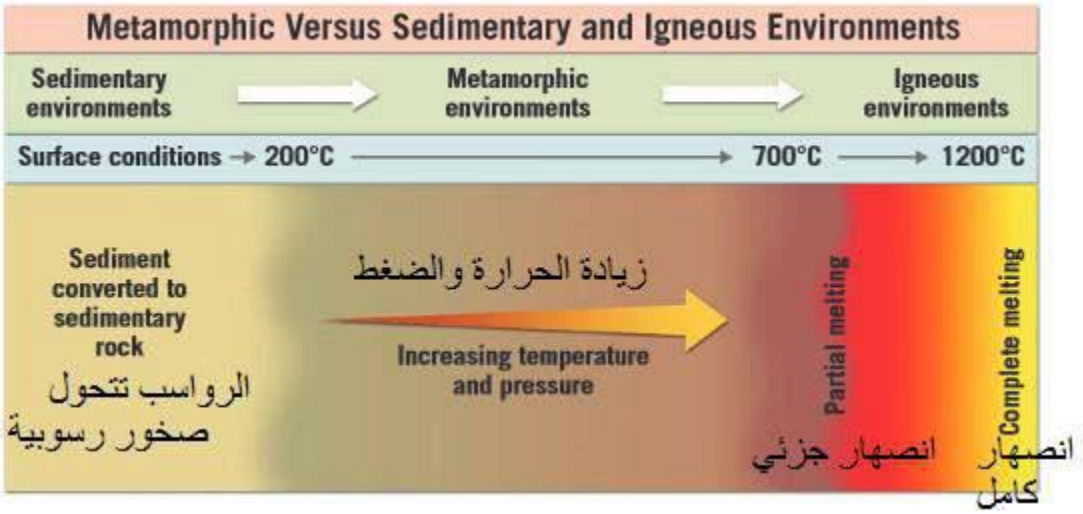
اما النقاط بين Y و Z كلاهما تحت نفس الضغط ولكن الاختلاف في درجات الحرارة

عند درجة حرارة 450 يتكون معدن Kyanite

بينما عند درجة حرارة 700 يتكون معدن Sillimanite

3. المحاليل أو موائع Solutions or Fluids:

وهي محاليل حارة أو حرمائية Hydrothermal Solutions تحمل ايونات ذائبة وغازات ، ولها دور مهم إما كوسيط الانتقال الأيونات من مكان إلى آخر في وسط الصخرة الام التي تخترقها عبر شقوقها، أو كوسيط للتبادل الأيوني بين مكونات الصخرة الأم من جهة وبين ما يحيط بها من جهة أخرى. وفي الحالة الاخيرة سيطرأ تغيير في التركيب الكيميائي للصخرة ككل



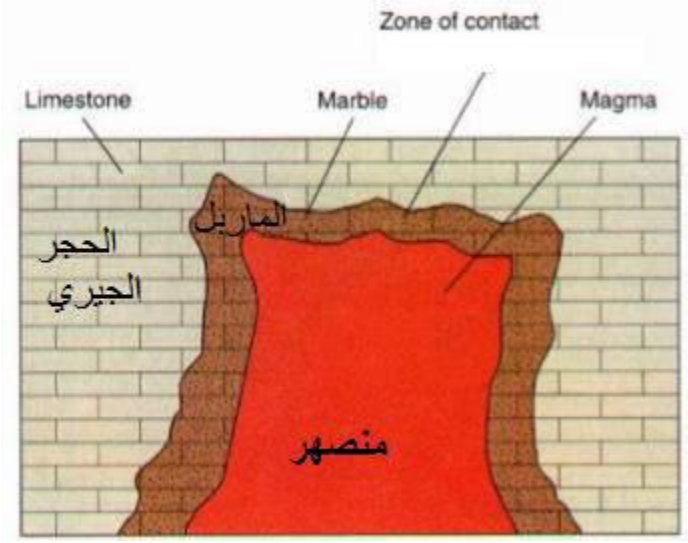
بيئة الصخور المتحولة تتكون في مديات من درجات الحرارة تقع بين بيئة الصخور الرسوبية حوالي اقل من 200 مئوية إلى درجات الحرارة المالية المقتربة من حالة الانصهار للصخور بحدود أكبر 750 سليزية .

استنادا إلى عوامل التحول المذكورة توجد ثلاثة انواع من التحول وهي:

أنواع التحول Types of Metamorphism :

1. التحول الحراري أو التماسي Thermal or Contact Metamorphism

وهو التحول الناتج يفعل الحرارة العالية فقط (بدون ضغط)، ويحصل قرب أو عند تماس الصخور الأم مع جسم ناري أو صهير، ولهذا سمي بالتحول التماسي، وفيه تنتقل الحرارة من الجسم الناري الى الصخور المتماسة المحيطة به فتحولها الى صخور متحولة تحولاً حراريا. يكون صخور متحولة غير متورقة (Non Foliated) مثل تحول صخور الحجر الجيري Limestone (صخرة رسوبية) الى صخور Marble (صخرة متحولة).



شكل يوضح التحول الحراري في الصخور المتحولة

2. التحول الإقليمي Regional Metamorphism

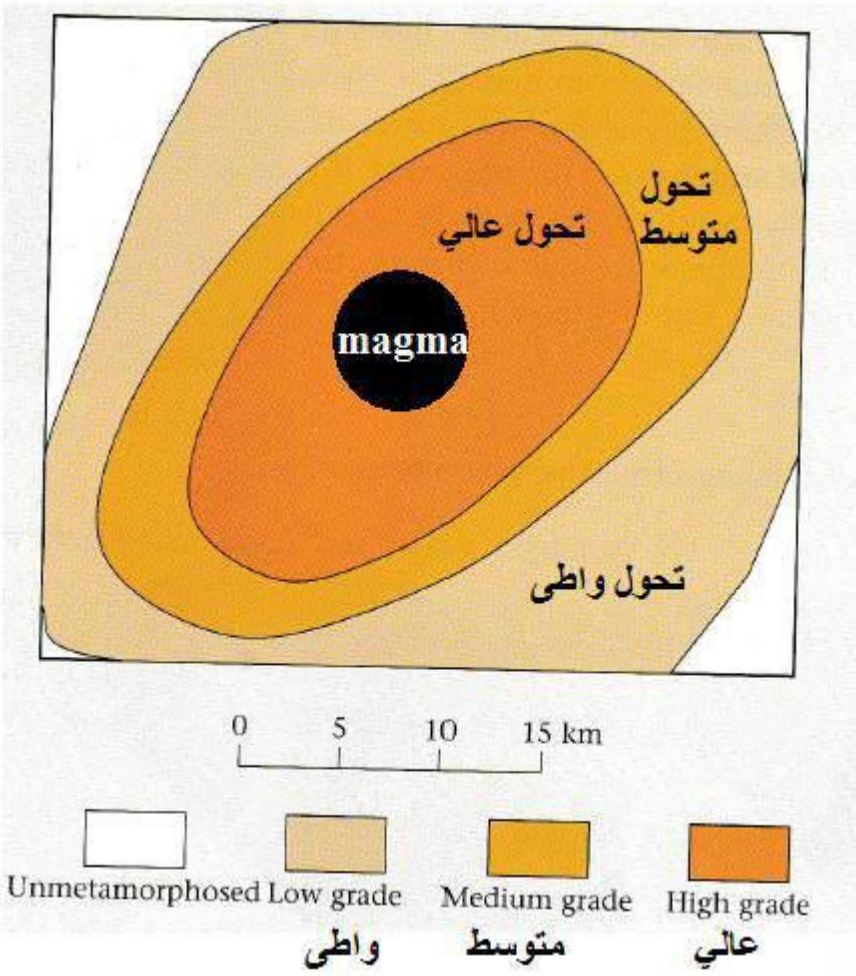
يحدث في اعماق كبيرة بفعل عاملي الضغط والحرارة. وبما أن هذا التحول يشمل مساحات واسعة فإنه سمي التحول الإقليمي . ويحصل خلال العمليات البنائية للجبال في حدود الصفائح الأرضية المتحركة . وعادة تكون الصخور المتحولة من هذا النوع من النوع المتورقة Foliated مثل صخرة النايس Gniess.

ويقسم حسب شدة التحول وهو على ثلاثة اقسام أيضا:

1- التحول الواطئ Low-grade Metamorphism: ضغط وحرارة واطنين.

2- التحول المتوسط Medium-grade Metamorphism ضغط وحرارة متوسطتين

3- التحول العالي High-grade Metamorphism ضغط وحرارة عاليتين



شكل يوضح انواع شدة التحول في الصخور المتحولة

3. التحول الديناميكي Dynamic Metamorphism

ويحدث بفعل عامل الضغط فقط (بدون حرارة) ونوع الضغط فيه اتجاهي. تتكسر فيه الصخور الام وتتجه معادنها مع الضغط وتحصل في مناطق النشطة تكتونيا (مثل مناطق الاندفاع والفوائق الاندفاعية) تحت سطح الأرض من خلال احتكاك الصخور الناتج من اندفاع الصخور . مثل خالق سانت اندرياس في غرب الولايات المتحدة USA . والفائق الاندفاعي في شمال شرق العراق .

تصنيف الصخور المتحولة Classification of Metamorphic Rocks

تصنف الصخور المتحولة عادة حسب صفة التورق إلى نوعين أساسيين هما الصخور المتورقة وغير المتورقة. وصفة التورق Foliation هي الصفة الناتجة عادة عن تجمع معادن بعض الصخور المتحولة بصورة متوازية إلى شبه متوازية مع بعضها هربا من الضغط العمودي عليها لئلا تنهتم أو بفعل الحركات الأرضية ذات الضغط الاتجاهي.

(1) الصخور المتورقة Foliated Rocks: تمتاز بامتلاكها صفة التورق الناتج من الضغط الاتجاهي، وتتكون نتيجة التحول الاقليمي وكذلك من التحول الديناميكي المصحوب بالحرارة. تضم الصخور المتورقة الانواع الآتية: Slate و القست Schist و النايس Gneiss

تمتاز هذه الصخور بنسيج متورق Foliated texture حيث تتنظم البلورات افقيا وبالتوازي مع بعضها البعض يفعل الضغط العالي المسلط عليها مثال معدن المايكا والهورنبلند Mica and Hormblend .

(2) الصخور غير المتورقة Non-foliated Rocks هي صخور لا تحتوي على صفة التورق وتتكون بدرجة رئيسية نتيجة للتحول الحراري بدون ضغط حيث يزداد حجم حبيبات المعادن في الصخور المتحولة ، مثال على ذلك زيادة حجم بلورات معدن Calcite في الحجر الجيري Limestone لتكون صخرة الماربل marble او المرمر . وايضا زيادة حجم بلورات الكوارتز في الحجر الرملي لتكون صخرة الكوراتزايت quartzite

(3) الصخور الكاتاكلاستيكية Cataclastic Rocks وهي صخور تتكون نتيجة التحول الديناميكي فقط بدون تأثير حراري مما يتسبب الضغط في سحق Crushing أو طحن الصخور الام. وهي غير متورقة ايضا الا اذا كان التحول الديناميكي مصحوبا بالحرارة مثل صخور المايلونايت Mylonite

ويذكر ان الصخور المتحولة موجودة في العراق في نفس الشريط المذكور في الصخور النارية في اقصى الشمال الشرقي قرب الحدود مع إيران