علم الأرض الجيولوجيا (Geology)

ان مصطلح جيولوجيا قد اشتق من الكلمة اللاتينية المكونة من مقطعين هما Geo وتعني الأرض و Logos وتعني علم حيث يكون المقطعان مصطلح علم الأرض الذي يقابله باللغة الإنكليزية Science of Earth وهو العلم الذي يختص بدراسة الارض وكل ما يتعلق بنشأتها وتأريخها ومكوناتها وتراكيبها والعوامل التي تؤثر في صخورها ويشمل ذلك الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الصخري والغلاف الحياتي .

اهمية علم الأرض The importance of geology

1. الكشف عن مصادر الطاقة مثل النفط والغاز والمعادن .
2. تحديد الأماكن المناسبة لإنشاء السدود والجسور والمشاريع العمرانية الأخرى .
3. التنقيب عن الثروات الطبيعية المعدنية مثل الذهب والفضة والنحاس والرصاص والحديد والألمنيوم والنيكل والفوسفات والنيكل وملح الطعام وغيرها .
4. تحديد الأماكن للمواد الأولية للبناء مثل الرمل والحصى والحجر الجيري والرخام .
5. تحديد اماكن تواجد المواد الداخلة في الصناعات الكيميائية التي تدخل في صناعة العقاقير والأدوية والأسمدة كالكبريت والكالسيوم والصوديوم والكلور .
6. البحث عن مصادر المياه وخصوصا المياه الجوفية للتغلب على مشاكل الجفاف والتصحر والتي يرافقها بالمقابل الزيادة الكبيرة في عدد السكان .
7. دراسة الكوارث الطبيعية ومعرفة اسبابها وطرق الوقاية منها الحد من اثارها السلبية مثل الزلازل والبراكين والإنزلاقات الأرضية وتصدع الأبنية .
8. تحديد الحواجز الطبيعية وافضل الطرق لإنتقال الجنود والآليات العسكرية وتحديد المواقع المناسبة لحفر الخنادق وبناء القواعد .

أهم فروع علم الجيولوجيا وعلاقتها بالعلوم الأخرى

1- علم الصخور Petrology

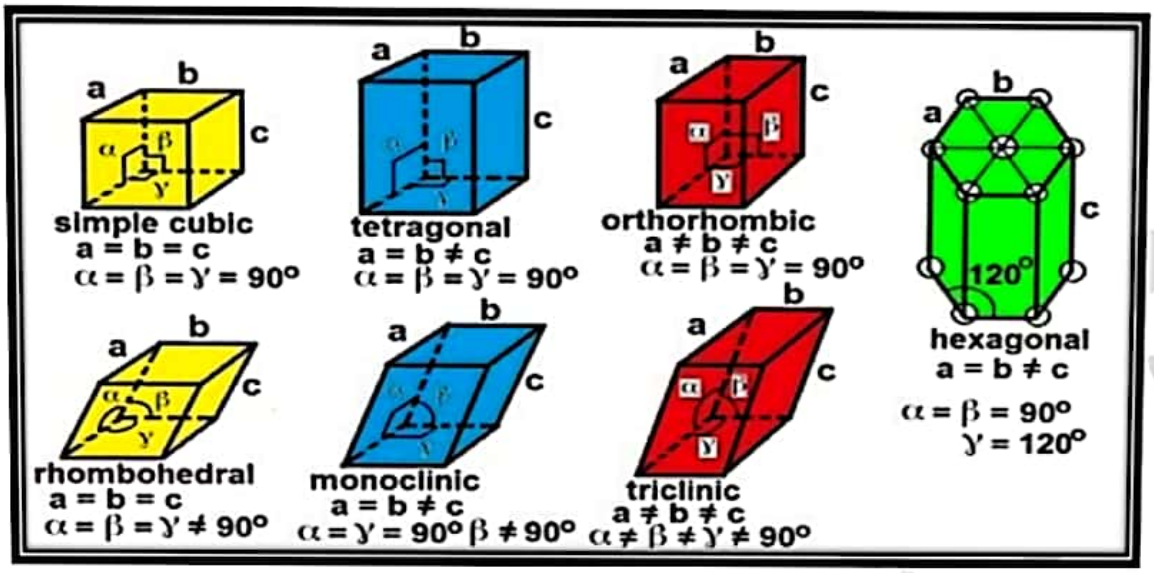
هو العلم الذي يهتم بدراسة الصخور وخصائصها ، وصفاتها ، ودورتها في الطبيعة ، ومعرفة المعادن المكونة لكل صخر. ويتناول هذا العلم أصل الصخور والحالة التي توجد عليها وعلاقاتها بالعمليات الجيولوجيه ،فهو جزء اساسي من علوم الارض حيث تنقسم الصخور الى ثلاثة انواع هي الصخور النارية والمتحولة والرسوبية حسب طبيعة واصل نشأتها وتكوينها.

2- علم المعادن Mineralogy

هو العلم الذي يدرس الخواص الفيزيائية (الطبيعية) والكيميائية للمعادن وتصنيفها واحوال وجودها وفوائدها ودراسة الوحدات المتجانسة التركيب الكيميائي والبناء الذري الخاص بها والتي تتكون بعمليات طبيعية غير عضوية وتصنيف المعادن المكونة للصخور .

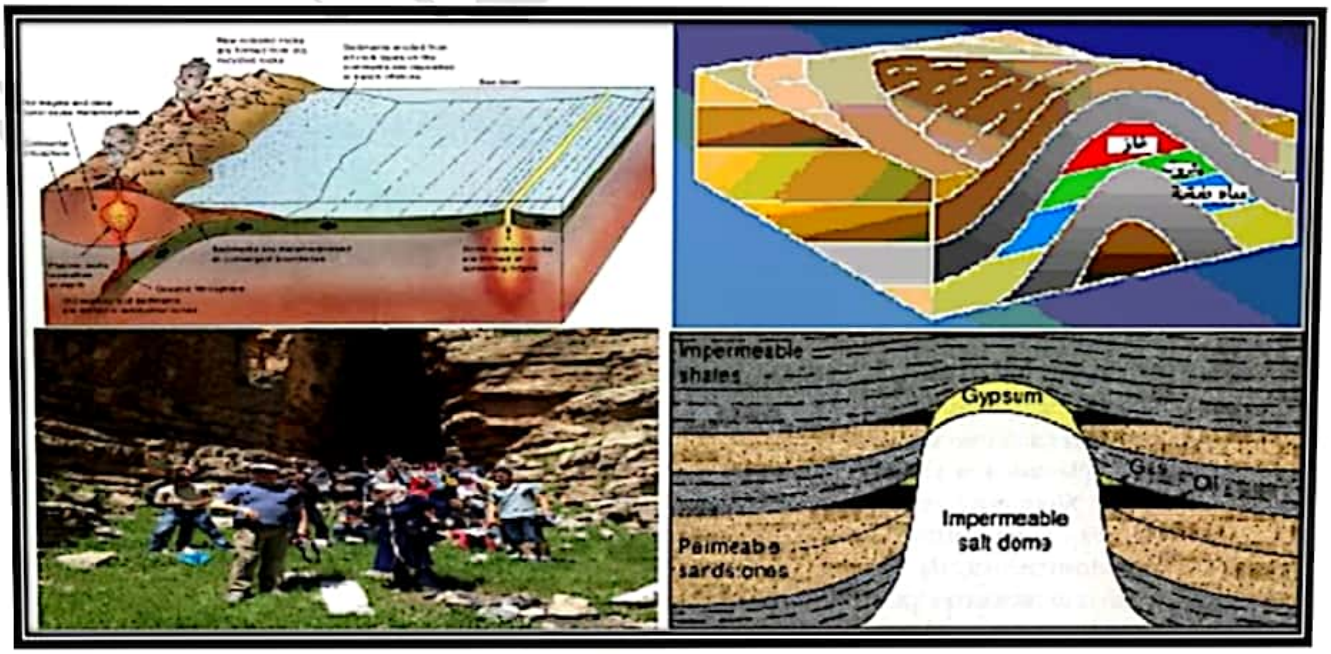
3- علم البلورات Crystallography

هو العلم الذي يختص بدراسة البناء البلوري للمعادن من حيث الشكل الخارجي والتركيب الذري الداخلي حيث ان لكل معدن نظام بلوري خاص به، وهناك سبعة انظمة بلورية رئيسية .



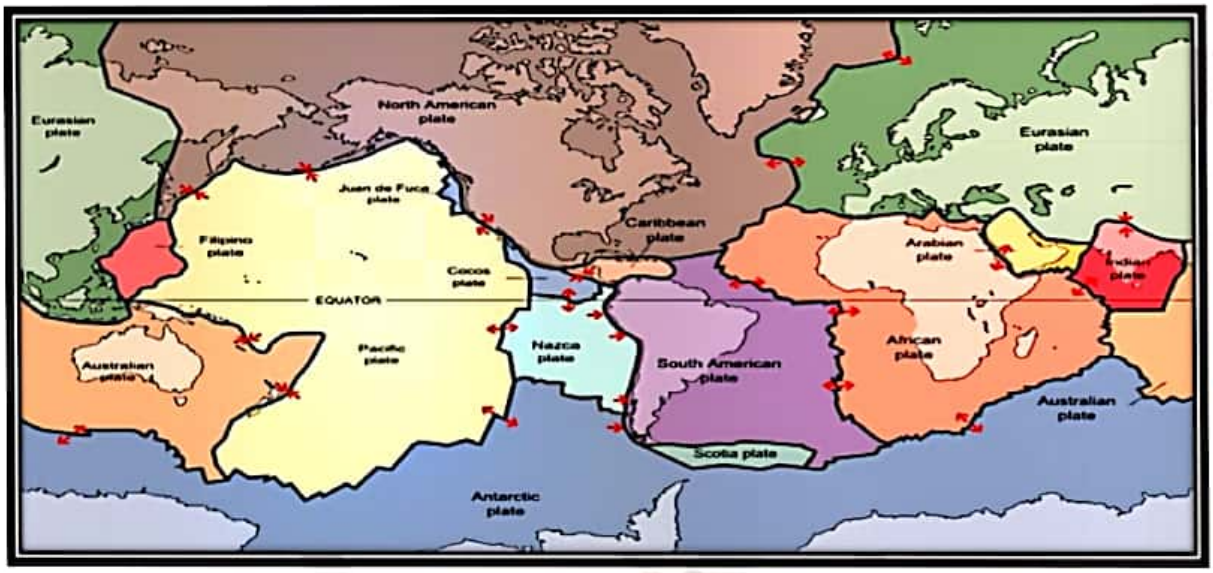
4- علم الجيولوجيا التركيبية Structural Geology

هو العلم الذي يدرس البناء الحالي للقشرة الأرضية وتطورها خلال العصور الجيولوجية، كما يدرس تكوين الجبال والصدوع والفواصل وسائر التراكيب المختلفة في الصخور وتكوين البحار والقارات.



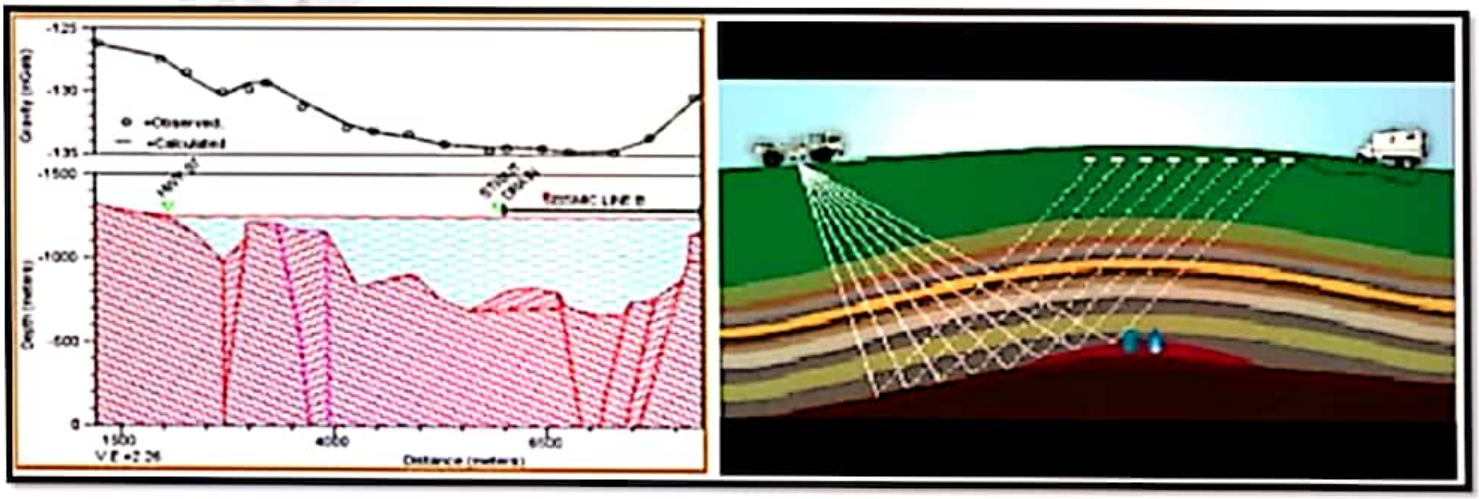
5- علم تكتونية الصفيح Plate Tectonics

ينقسم غلاف الأرض الصخري إلى عدد من الصفائح التكتونية . ففي الأرض هناك سبع أو ثمان صفائح كبرى (يتوقف عددها على كيفية تعريف الصفيحة الكبرى) إضافة إلى العديد من الصفائح الصغرى . وعندما تلتقي الصفائح ، فإن حركتها النسبية تحدد نوع الحدود ان كانت تقاربية أو تباعدية أو متحولة تحدث الزلازل والبراكين وتتشكل الجبال والخنادق المحيطية على حدود الصفائح التكتونية . تتراوح الحركة الجانبية النسبية للصفائح عادة من صفر إلى 10 سم سنويًا .



6- علم الجيوفيزياء Geophysics

الجيوفيزياء أو علم طبيعة الأرض هو علم يختص بدراسة ما تحت سطح الأرض اعتمادا على طرق معينة لاسكتشاف باطن الارض (الخصائص الفيزيائية للارض) والتعرف على الطبقات تحت السطحية من خلال استخدام عدة طرق مثل الطرق الزالزالية و المغناطيسية و الكهربائية والجذبية ويعتبر علم استكشافي لما تحت الارض ويفيد في استكشاف البترول واستكشاف المياه والمعادن والتراكيب تحت السطحية بالاضافة إلى رصد الزلازل باستخدام اجهزة قياس فيزيائية.



7- علم الجيوكيمياء Geochemistry

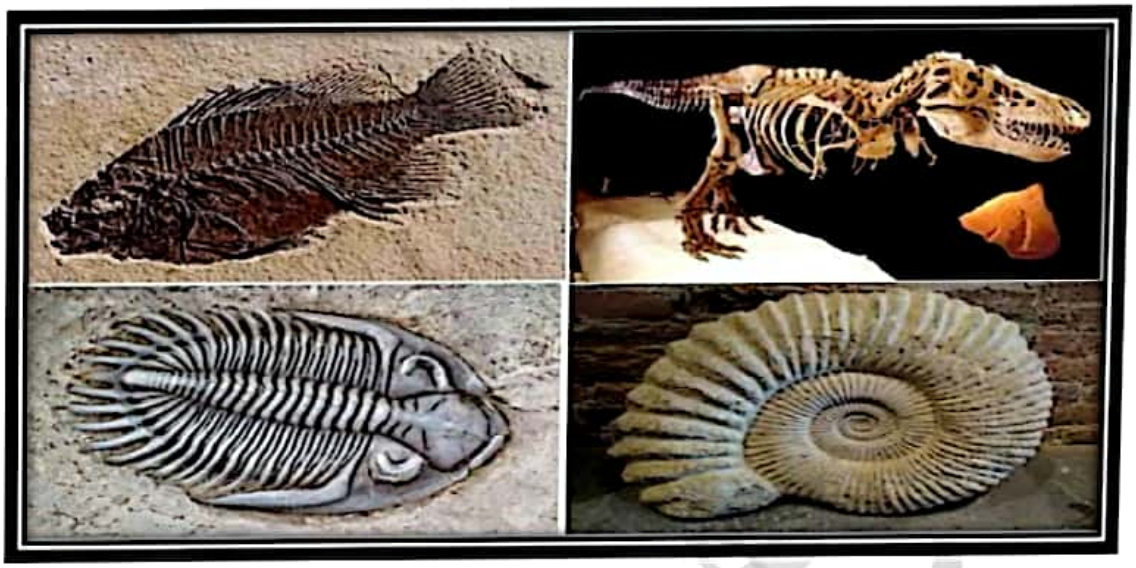
هو العلم الذي يختص بدراسة المعادن والصخور من الناحية الكيميائية وتوزيع العناصر في القشرة الأرضية والعمليات والتفاعلات الكيميائية التي تتحكم في تركيب الصخوروتحديد نوع ونسبة العناصر الفلزية الخامات المعدنية في مختلف المناطق بالقشرة الأرضية .

8- علم الطبقات Stratigraphy

هو العلم الذي يدرس القوانين والظروف المختلفة التي تتحكم في تكوين الطبقات ، وأماكن ترسيبها بعد تفتيتها ونقلها بواسطة العوامل المختلفة

9- علم المتحجرات Paleontology

يختص بدراسة بقايا الأحياء القديمة أو الحفريات من حيوانات ونباتات كانت تعيش في الأزمنة الجيولوجية الماضية والتي تكون غالبا مميزة للبيئة التي عاشت فيها.



10- علم الجيولوجيا التاريخية Historical Geology

يختص بدراسة الطبقات وترتيب صخورها ونوعها منذ أقدم العصور إلى الوقت الحاضر ودراسة الحفريات المميزة لكل مجموعة من هذه الطبقات، وكيفية تطورها ووضع تقويم زمني للأرض وتقسيمه إلى أحقاب وعصور وأزمنة مختلفة بالإضافة إلى دراسة الأحوال الجغرافية التي كانت سائدة في كل عصر، وتوزيع اليابسة والماء في العصور الجيولوجية المختلفة.

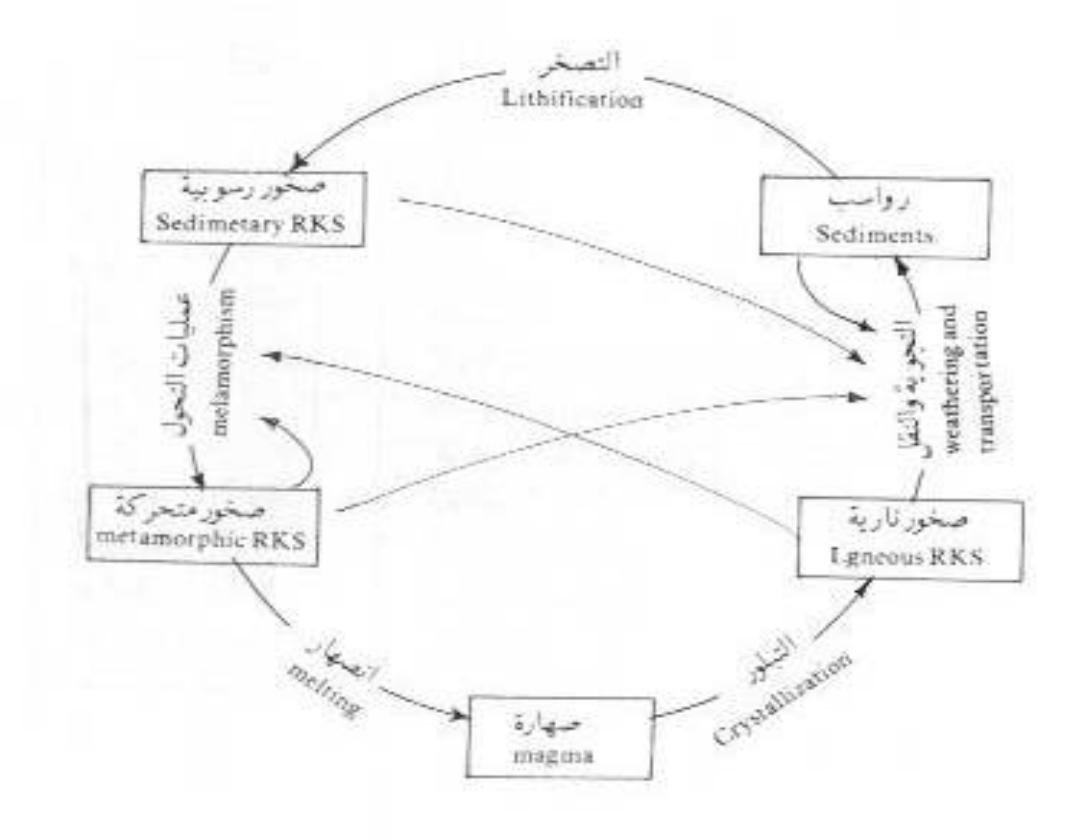
Eon	Era	Period	Duration M.Y. ago
Phanerozoic (544-0) M.Y. ago	Cenozoic (65-0)	Quaternary	2
		Tertiary	63
	Mesozoic (250-65)	Cretaceous	79
		Jurassic	62
		Triassic	44
	Paleozoic (544-250)	Permian	36
		Carboniferous	74
		Devonian	50
		Silurian	30
		Ordovician	65
		Cambrian	39
Proterozoic (2500-544)	Neoproterozoic		330
	Mesoproterozoic		700
	Paleoproterozoic		900
Archean (3800-2500)	Late Era		500
	Middle Era		400
	Early Era		400
Hadean (4600-3800)			800

الصخور Rocks

- تعريف الصخر : مادة صلبة تتكون من تجمع طبيعي لحبيبات معدنية سواء كانت من معدن واحد او عدة معادن مختلفة.

- امكن تقسيم الصخور حسب طريقة نشأتها الي ثلاثة انواع: 1- الصخور النارية . Igneous Rocks
- 2- الصخور الرسوبية. Sedimentary Rocks
- 3- الصخور المتحولة. Metamorphic Rocks

Rock الدورة الصخرية Cycle



- الدورة الصخرية في الطبيعة

1- الصخور النارية Igneous Rocks

- هي الصخور المتبلورة من الصهارة (المجما) سواء تبلورت علي السطح او تحت السطح او في باطن الارض.

Igneous Rocks Properties صفات الصخور النارية

- توصف الصخور النارية بأنها:

1- متبلورة او زجاجية.
2- صلبة و متماسكة.
3- توجد علي هيئة كتلية.
4- عدم وجود احافير.
5- لا توجد بها مسامات

Classification Igneous Rocks تصنيف الصخور النارية

- تصنف الصخور النارية :

1- حسب طريقة الوجود.

2- حسب اللون.

3- حسب النسيج.

4- حسب التركيب الكيميائي.

5- حسب التركيب المعدني

Mode of occurrence -1 1- حسب طريقة الوجود

- سطحية. Volcanic (ناعمة التبلور)

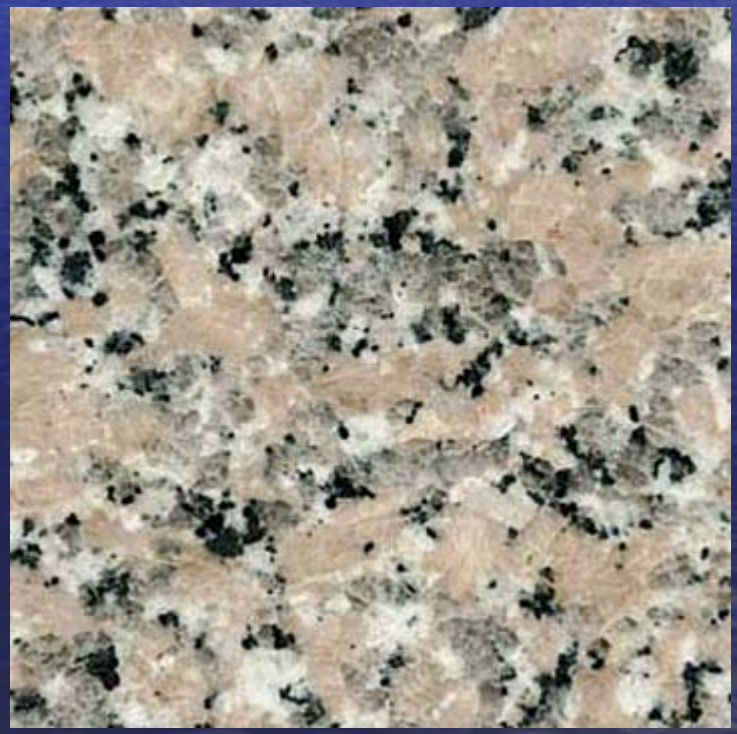
1- حسب طريقة الوجود Mode of -1 occurrence

- تحت سطحية. Hypabyssal (مخلوطة التبلور)

Mode of occurrence -1

1- حسب طريقة الوجود

- Plutonic. جوفية (خشنة التبلور)



2- حسب اللون Color -2

- 1- صخور فاتحة اللون Leuco-Cratic Rock
- 2- صخور متوسطة اللون Meso-Cratic Rock
- 3- صخور قاتمة اللون Melano-Cratic Rock
- 4- صخور غامقة اللون Hyper melanic-Cratic Rock

3- حسب النسيج Texture -3

- 1- نسيج ناعم. Fine Grained Texture
- 2- نسيج بورفيري. Porphyritic Texture
- 3- نسيج خشن. Coarse Grained Texture

- أنسجة خاصة بصخر البازلت
- أنسجة فقاعي Vesicular Tex

4- حسب التركيب الكيميائي Chemical Composition

- 1- صخور فوق قاعدية Ultra-Mafic Rock

  نسبة السيليكا اقل من 40 % .

- 2- صخور قاعدية Mafic Rock

  نسبة السيليكا من 40 % الي 52%.

- 3- صخور متوسطة Intermediate Rock

  نسبة السيليكا من 52 % الي 65%.

- 4- صخور الحامضية Acidic Rock

5- حسب التركيب المعدني Mineralogical -5 Composition

- 1- معادن اساسية. نسبة كل معدن فيها اكثر من 20%
- 2- معادن ثانوية. نسبة كل معدن فيها اكثر من 5% واقل من 20%.
- 3- معادن اضافية. نسبة كل معدن فيها اقل من 5%.

المجموعات المعدنية للصخور

- أ- مجموعات معادن الصخور النارية الحامضية.
- 1- الكوارتز * 2- الفلسبارات البوتاسية *.
- 3- البلاجيوكليز الصودي *. 4- الميكا البيضاء +.
- 5- الميكا السوداء. (البيوتايت) + 6- الهورنبلند +.

- ب- مجموعات معادن الصخور النارية القاعدية.
- 1- البلاجيوكليز الكلسي * 2- البيروكسين *
- 3- الآمفيبول + 4- الألوفين +
- 5- الميكا السوداء (البيوتايت) +.

- * معدن اساسي + معدن ثانوي

Igneous Rocks Description طريقة وصف عينة صخر ناري

- 1- النشاءة .
- 2- طريقة الوجود.
- 3- النسيج.
- 4- اللون
  أ- السطح المعري
  ب- السطح حديث الكسر
- 5- التركيب الكيميائي
- 6- التركيب المعدني
- 7- اسم الصخر

وصف بعض الصخور النارية

- جرانيت Granite

- صخر ناري
- - جوفي
- - حامضي
- - فاتح اللون
- - خشن التبلور
- يتركب من كوارتز و فلسبار بوتاس
  (ارثوكليز و/او ميكروكلين)
- وبلاجوكليز صودي
- ونسبة أقل من الميكا او الهورنبلند

وصف بعض الصخور النارية

- الريوليايت Rhyolite

- صخر ناري
- سطحي
- فاتح اللون
- ناعم التبلور
- يتركب من كوارتز و فلسبار بوتاس
- وبلاجوكليز صودي
- ونسبة أقل من الميكا واو الهورن

وصف بعض الصخور النارية

- ديورايت Diorite

- صخر ناري
- جوفي
- متوسط الحموضة
- متوسط اللون
- خشن التبلور
- يتركب من بلاجوكليز متوسط
- (الأنورثايت أقل من 50%)
- ونسبة أقل من الهورنبلند وكذلك

وصف بعض الصخور النارية

- الأنديزايت Andesite

- صخر ناري
- سطحي (ناعم التبلور)
- متوسط الحموضة
- متوسط اللون
- يتركب من البلاجوكليز متوسط
- (الأنورثايت أقل من 50%)
- ونسبة أقل من الهورنبلند وكذلك ال

وصف بعض الصخور النارية

- Gabbro

- صخر ناري
- جوفي
- قاعدي
- قاتم اللون
- خشن التبلور
- يتركب من البلاجيوكليز كلسي
- (الأنورثايت أكثر من 50%)
- وبيرو كسين و/ أو
- نسبة قليلة من الهورنبلند

وصف بعض الصخور النارية

- صخر ناري
- سطحي
- قاعدي
- قاتم اللون
- ناعم التبلور
- يتركب من البلاجوكليز كلسي (الأنورثايت أكثر من 50%) وبيروكسين وأو نسبة أقل من الهورنبلند

وصف بعض الصخور النارية

- البريدوتايت Predotite

- صخر ناري
- جوفي
- فوق قاعدي
- داكن اللون
- خشن التبلور
- يتركب من معدن السربنت
  (تحلل معدن الألوفين)
- و البلاجوكليز الكلسي.

الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

- هي الصخور الناتجة من تجمع طبيعي لمعدن أو اكثر
- تنتج من عمليات تكسير أو إذابة المعادن بواسطة عوامل التعرية أو التجوية
- ثم النقل كحبيبات آو مواد مذابة بواسطة عوامل النقل مثل الماء أو الهواء أو الثلاجات
- ثم الترسيب في أحواض الترسيب سواء كانت بواسطة الجاذبية أو بالتبخر

Sedimentary Rocks Properties مميزات الصخور الرسوبية

- توجد بشكل حبيبات أو بلورات .
- توجد بشكل طبقات .
- قد تحتوي علي احافير .
- تحتوي علي مسامات .
- قد تحتوي علي مواد معدنية مهمة .
- قد تحتوي علي مياه أو مواد كربوهيدراتية .

تقسيم الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks Classification

- تقسم الصخور الرسوبية حسب نشأتها (طريقة التكوين) إلى:

- أ- صخور رسوبية فتاتيه . (ميكانيكية النشأة) .
- ب- صخور رسوبية غير فتاتيه . (كيميائية و/أو عضوية).

تقسيم الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic Rocks Classification

- * تقسم الصخور الرسوبية الفتاتية حسب حجم و شكل الحبيبات إلى ثلاثة أقسام رئيسة هي :
- أ- الصخور الرسوبية الفتاتية الخشنة (اكبر من 2 ملم) مثل:
- بريشا Breccia اكبر من 2 ملم و حوافه مزواة.
- كنجلوميريت Conglomerate اكبر من 2 ملم و حوافه مستديرة

بریشا Breccia

Conglomerate کنجلومیریت

Clastic Rocks تقسيم الصخور الرسوبية الفتاتية

Classification

- **2- الصخور الرسوبية الفتاتية المتوسطة (من2 ملم الي16/1ملم) مثل:**

- حجر الرمل Sandstone **(من2 ملم الي16/1ملم)**

Sandstone حجر الرمل

Clastic Rocks تقسيم الصخور الرسوبية الفتاتية

Classification

- **3- الصخور الرسوبية الفتاتية الناعمة (اصغر من 2 ملم). مثل :**

- **حجر الغرين Siltstone**
- **حجر الطين Mudstone**
- حجر الطفلة Shale له بنية متورقة بسيطة

الصخور الرسوبية الغير فتاتيه Non Clastic Rocks

تعريف الصخور الرسوبية الغير فتاتيه Non Clastic Sedimentary Rocks

- هي الصخور الناتجة من تجمع طبيعي لمعدن أو اكثر
- تنتج من عمليات إذابة المعادن بواسطة عوامل التعرية أو التجوية
- النقل كمواد مذابة بواسطة عوامل النقل مثل الماء أو الثلاجات
- الترسيب في أحواض الترسيب بواسطة التبخر و زيادة التركيز فيتشكل الصخر الرسوبي الغير فتاتي (كيميائي)

الصخور الرسوبية الغير فتاتيه Non Clastic Sedimentary Rocks

- صخور رسوبية تنتج من ترسب مواد و املاح كيميائية مختلفة.
- تقسم الصخور الغير فتاتية الي:
- أ- كيميائية
- ب- عضوية

تقسيم الصخور الرسوبية كيميائية Sedimentary chemical Rocks Classification

- تقسم الصخور الرسوبية الكيميائية حسب تركيبها المعدني الي:

- صخور رسوبية جيرية Calcareous Rocks
  تركيبها الاساسي كربونات كالسيوم (الحجر الجيري) يتفاعل مع HCl
- صخور رسوبية سيليسية Siliceous Rocks
  تركيبها الاساسي سيليكا (فلنت) الصوان لايخدش بالسكين
- صخور رسوبية ملحية Saline Rocks

تقسيم الصخور الرسوبية العضوية Sedimentary Organic Rocks Classification

- حجر جيري مرجاني
- حجر جيري احفوري
- كوكينا
- صخر الفوسفات
- الفحم

طريقة وصف عينة صخرية

- 1- طريقة النشأة
- 2- حجم الحبيبات
- 3- شكل الحبيبات
- 4- التركيب المعدني
- 5- المادة اللاحمة
- 6- الاحافير
- 7- التراكيب الاولية
- 8- اسم الصخر

العينات المطلوبة

- الفتاتية منها:
- 1- كنجلوميريت
- 2- بريشيا
- 3- حجر رملي
- 4- غرين
- 5- طين
- 6- طفلة

العينات المطلوبة

الغير فتاتيه منها:

1. حجر جيري مرجاني
2. حجر جيري احفوري
3. الدلومايت
4. صخر الفوسفات
5. الفحم

Metamorphic الصخور المتحولة Rocks

- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks
- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks
- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks
- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

Identification of تعريف التحول Change

- التحول : التغير من حالة إلى أخرى

الصخور المتحولةMetamorphic Rocks

- الصخور المتحولة : هي الصخور الناتجة من عمليات التحول بشكل جديد سواء في البنية او التركيب المعدني بواسطة عوامل التحول

Metamorphic عوامل التحول Factors

- أ- الحرارة Temperature
- ب- الضغط + الحرارة + Temperature Pressure
- ج- السوائل (كعامل مساعد غالبا) Liquid

Metamorphic Types انواع التحول

- أ- تحول حراري (تلامسي, تلاصقي, حلقي) حرارة فقط.
- ب- تحول اقليمي (ضغط + حرارة)

تصنيف الصخور المتحولة
Metamorphic Rocks Classification

- تصنف الصخور المتحولة حسب النسيج الي :

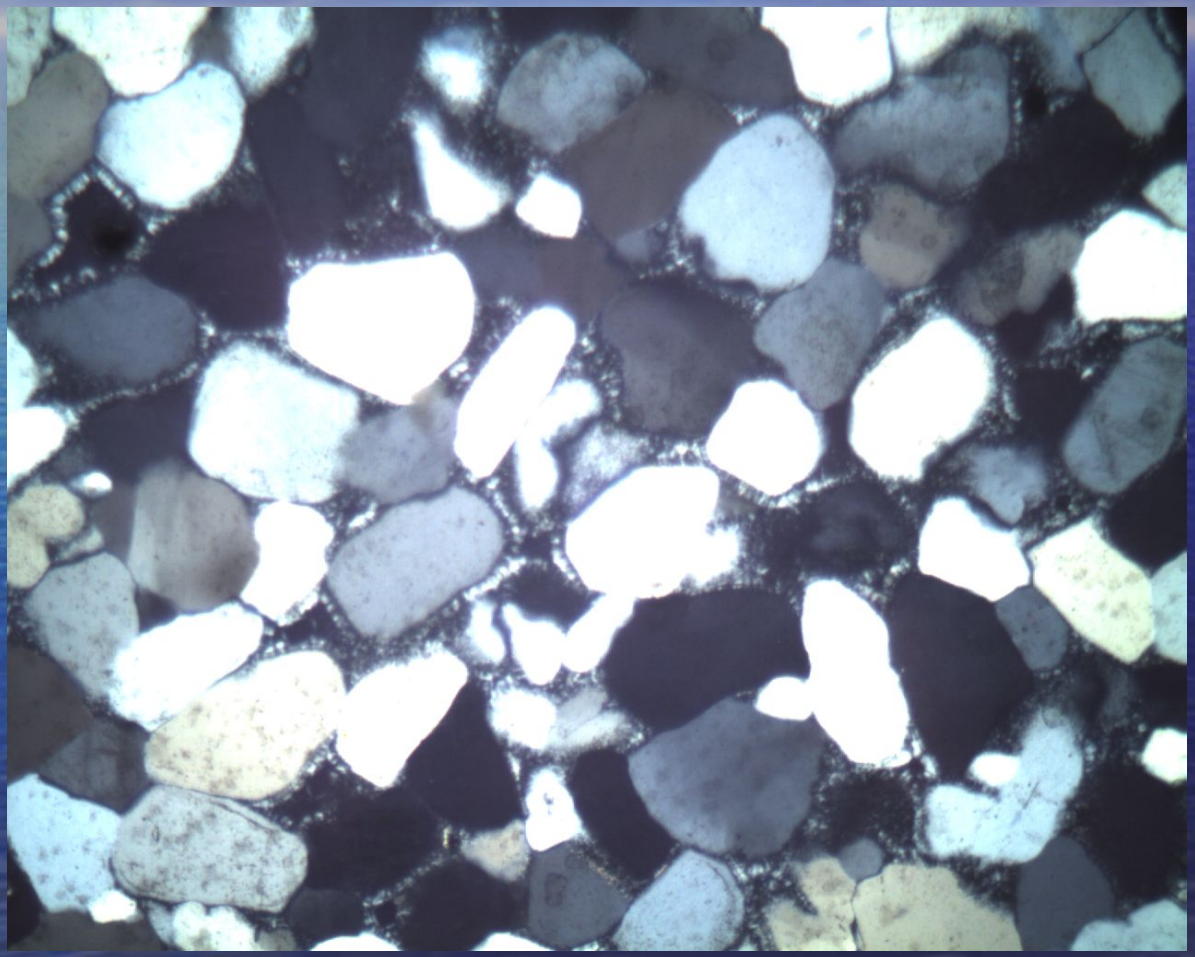
- صخور غير متورقة
- 1- نوع التحول حراري,
- 2- النسيج كتلي او حبيبي او موزايكي او سكري.

صخور غير متورقة Non Foliated Rocks

- امثلة علي الصخور الغير متورقة :

الصخر قبل التحول	الصخر بعد التحول
حجر رمل Sandstone	كوارتيزايت Quartzite
الحجر الجيري Limestone	رخام Marble
الحجر الطيني Mudstone	هورنفلس Hornfels

حجر رمل Sandstone متحول الي كوارتيزايت Quartzite



الحجر الجيري المتحول الي رخام

Foliated Rocks صخور المتورقة

- صخور المتورقة

- نوع التحول اقليمي,
- 1- النسيج متورق متصل (شيستوزتي).
- 2- النسيج متورق منفصل (نايسوزتي).

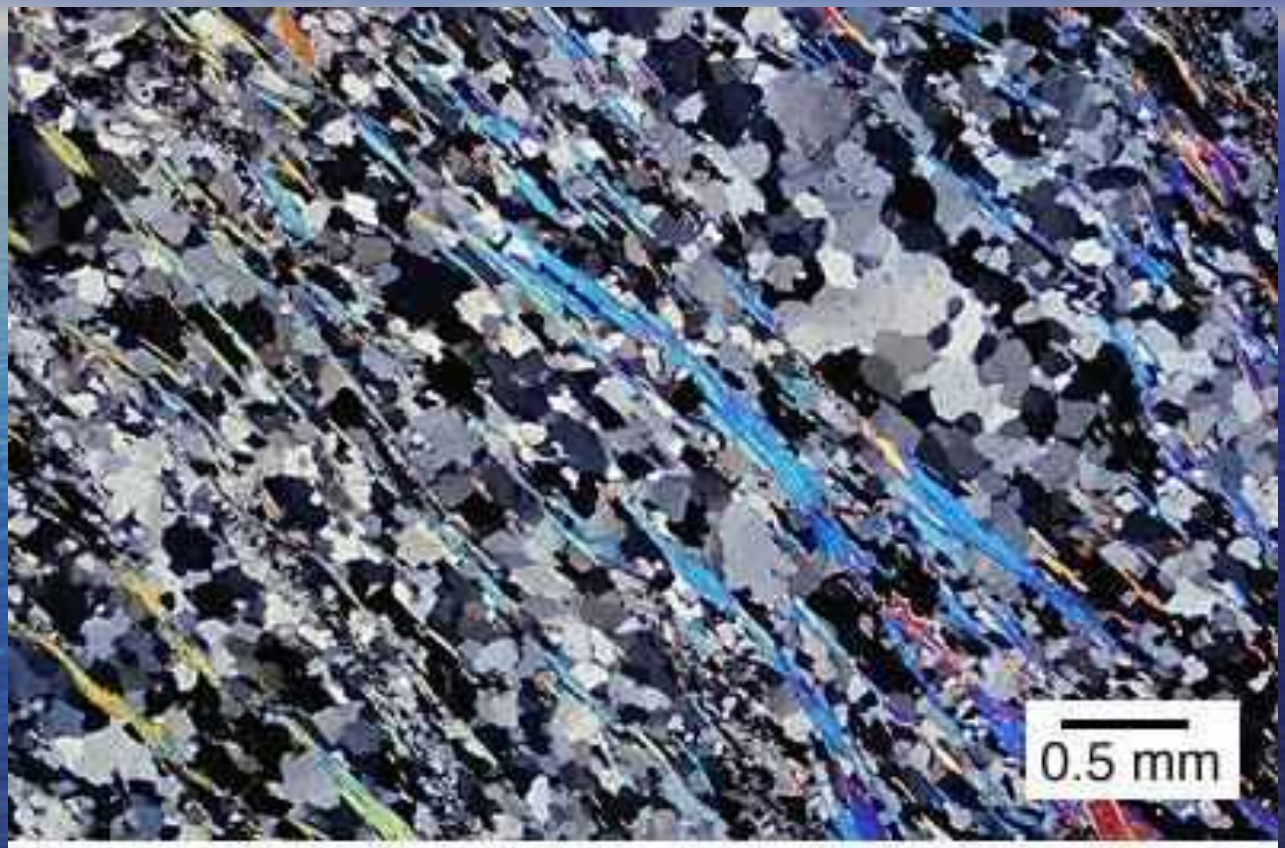
Foliated Rocks صخور متورقة

- امثلة علي الصخور المتورقة المتصلة:
- الصخر قبل التحول الصخر بعد التحول
- شيل اردواز اقليمي منخفض
- شيل فيلايت اقليمي متوسط
- شيل شست اقليمي متوسط

الإردواز (slate)

الفيليت (Phyllite)

النسيج: تورق متصل (شيزتوزتي) في صخر ميكا شيست



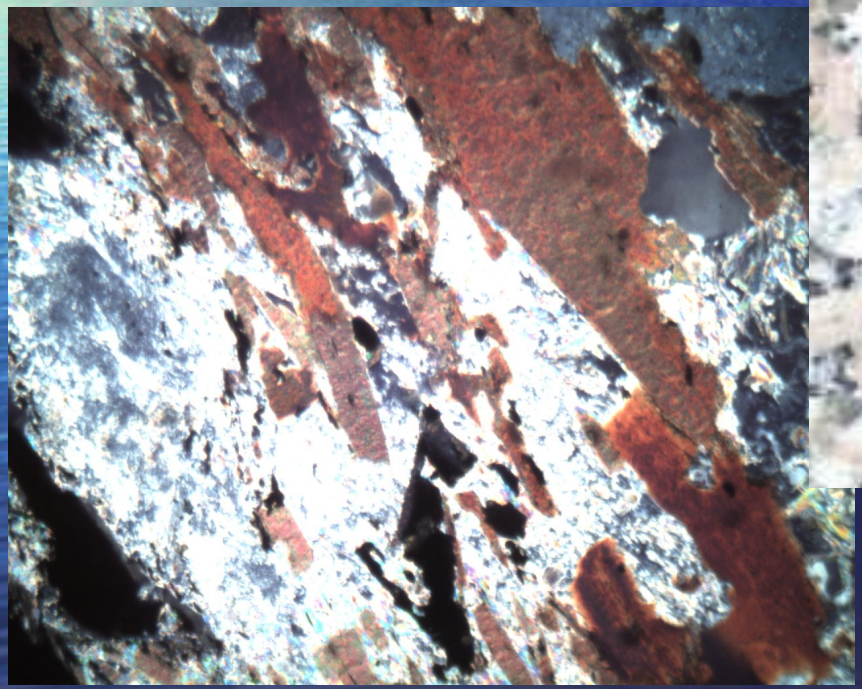
الشكل : نسيج تورقي – صفائحي

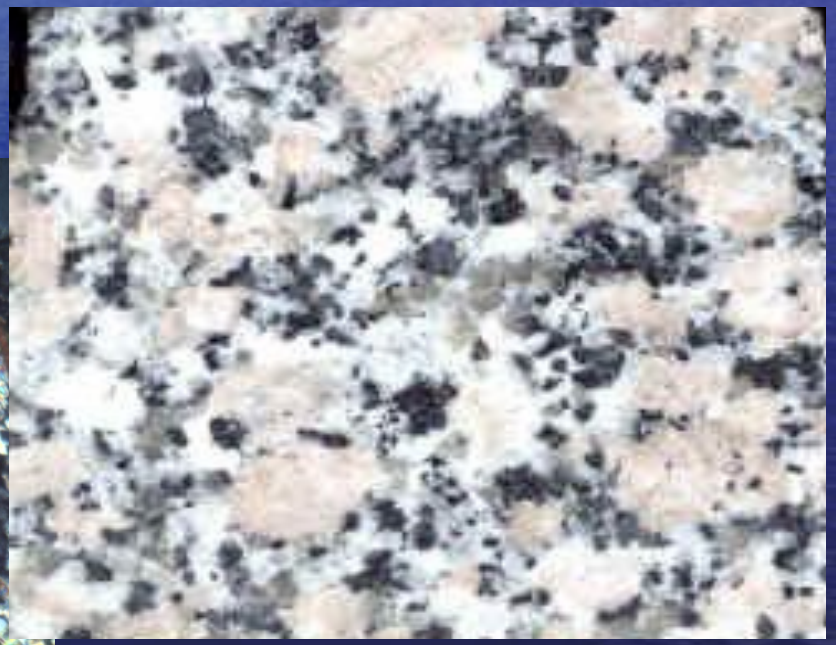
صخور متورقة Foliated Rocks

- امثلة علي الصخور المتورقة المنفصلة:

- الصخر قبل التحول — الصخر بعد التحول
- جرانيت او رسوبيات رملية — النيس

Discontinuous (Gneissosity) النسيج : تورق منفصل foliated texture in Biotite Gneiss



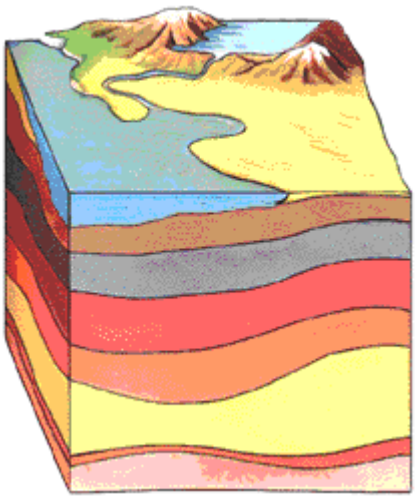


الصخور الرسوبية
إن نواتج تفسخ الصخور سابقة التكوين (مثل الصخور النارية والصخور المتحولة والصخور الرسوبية القديمة) والتي نُقلت بواسطة الرياح أو الماء على هيئة راسب. هذا الراسب يتراكم ويتجمع في المناطق المنخفضة على سطح اليابسة أو الماء ويحصل له تلاحم **Cementation** وتصلب **Lithification** ليشكل ما يُعرف بالصخور الرسوبية .

تنشأ الصخور الرسوبية كناتج من عمليات التجوية **Weathering** والتعرية **Erosion** والنقل **Transportation** وترسيب **Deposition**. وهذا يعني أنها صخور ثانوية أتت من صخور أخرى سواء كانت قريبة أو بعيدة عن الحوض الترسيبي **Depositional Basin** .. وعادة تتكون هذه الرواسب على هيئة طبقات متعاقبة وتختلف فيما بينها من ناحية السمك**Thickness** والتركيب المعدني **Mineral Composition** والتراكيب **Structures** وحجم الحبيبات **Grain Size** واللون **Colour** و الأحافير **Fossils** بالإضافة إلى صفات أخرى.

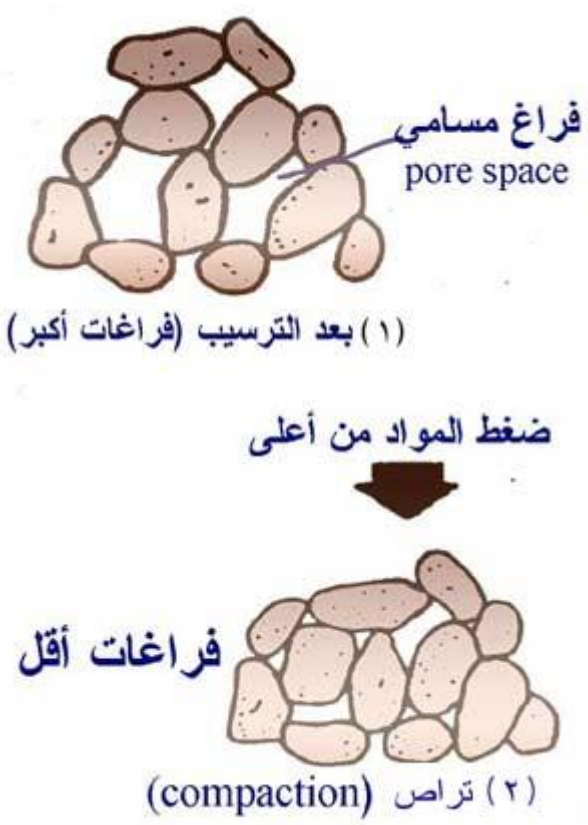
تغطي الصخور الرسوبية ٧٥ ـ ٨٠% من سطح الأرض (من القشرة الأرضية) ولحوالي ١٠ أميال من القشرة الأرضية وتشكل ٥% من حجم الأرض بينما تشكل الصخور الأخرى النسب. إن المواد التي تتكون منها الصخور الرسوبية يعتقد بأنها جلبت من تجوية الصخور سابقة التكوين. حيث أن التجوية الكيميائية **Chemical Weathering** تحلل المعادن الصخرية بينما التجوية الميكانيكية **Mechanical Weathering** مسؤولة عن الظروف الطبيعية لهدم الصخور الأصلية. وهذه الترسبات المفككة تتحول إلى صخور رسوبية بعد عملية الدفن واللحام والتضاغط.

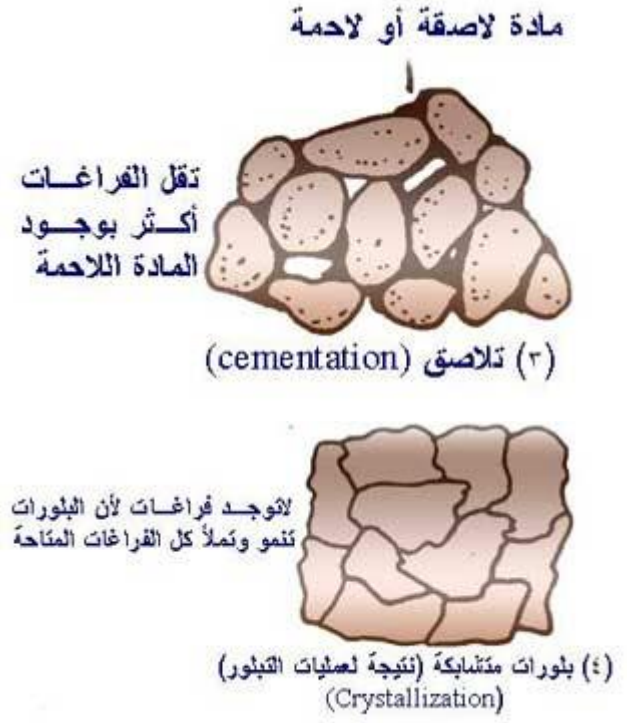
إن نتاج التجوية الكيميائية يمكن نقلها بواسطة المحاليل على هيئة مواد ذائبة بواسطة الماء إلى البحيرات والأنهار والبحار وأن المتغيرات الكيميائية (مثل عملية البخر) أو العضوية يمكن أن تكون راسباً . وهذه الترسبات الكيميائية والكيمائية الحيوية نتجت من قلة تحملها وبسبب عمليات التحور **Diagenesis** (سوف يشرح لاحقاً) ومن هذه الترسبات الكربونات (الترافيرتين **Travertine**) وقطاع المتبخرات(**Evaporites**) وكذلك ترققـــات المتكونـــات الرســـوبية الحـديدية (**Ironstone Formations**). وهذه الترسبات الكيميائية تُعرف بالمكونات الكيميائية النقية **Orthochemical Sedimentary Rocks**
ولكن عندما تتسبب الكائنات في ترسب مكونات المعادن الرسوبية الرئيسية أو أن المعادن المترسبة تعرضت لحركات شديدة وإعادة ترسبه بعد تبلوره فهي تُعرف بالمكونات الكيميائية غير النقية **Allochemical Sedimentary Rocks**.
عموماً تشمل التجوية التحلل الكيميائي والتفكك الميكانيكي ونتاجها يكون موادا رسوبية حيث تعطينا قطع صلبة وجزئيات تُعرف بالحتات **Detritus** أو مواد فتاتية **Clastic Material**. أما الرسوبيات المفككة والمترسبة ميكانيكياً فهي تشمل الحصى **Gravel** والرمل **sand** وعند تصخرها(تصلدها بالضغط والتلاحم) تشكل رواهص و مدملكات **Conglomerates & Breccia**. الرسوبيات بنسيجها الفتاتي تعرف بالرسوبيات القارية **Terrigenous Sediments**



بعد نقل المواد الرسوبية ثم ترسيبها تكون هذه المواد مفككة وغير متماسكة ولتماسك هذه الرواسب لتكوين الصخر فإنها تتعرض إلى عدة عمليات تسمى بتغيرات ما بعد الترسيب (عمليات التحور

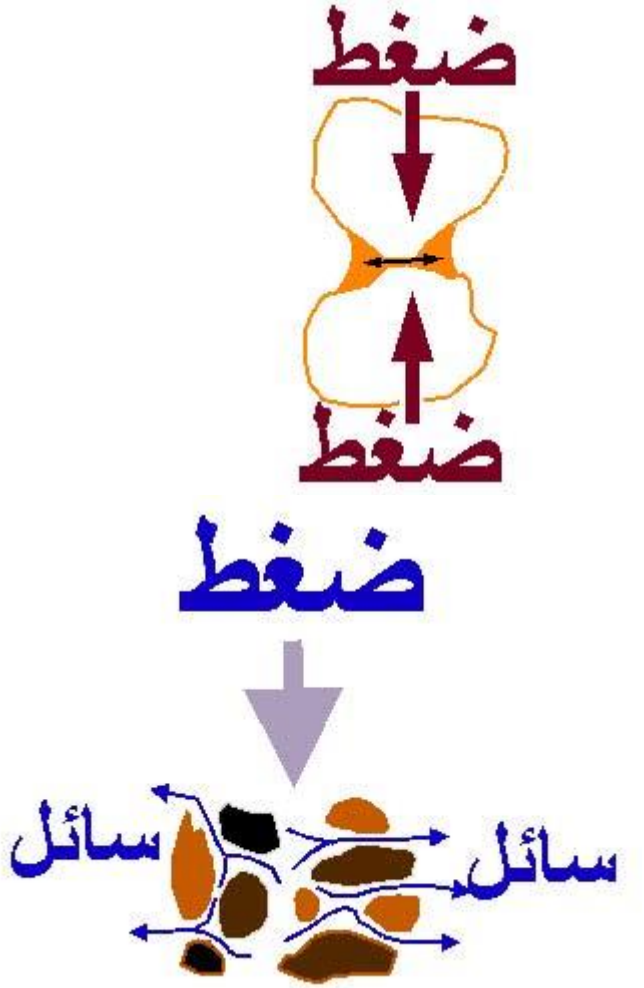
- Post depositional Changes - (Diagenessis



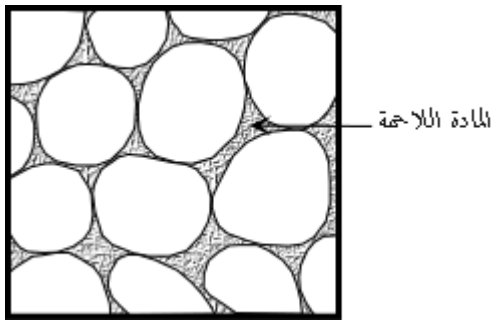


أهم هذه العمليات هي :

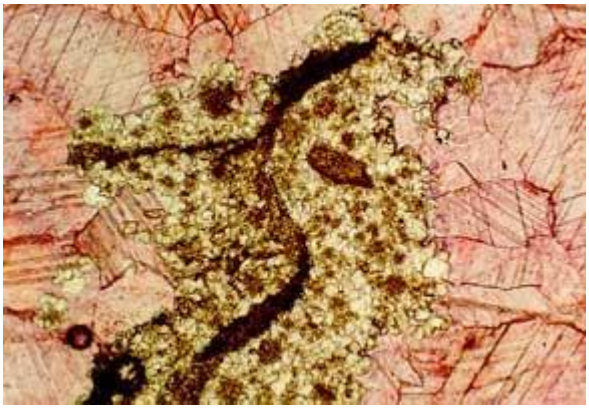
١ ـ التراص (بالضغط): **Compaction**
بتراكم الرسوبيات على مر الزمن يضغط وزن المواد اللاحقة على الرسوبيات السابقة وعندما تنضغط الحبيبات إلى بعضها البعض يتناقص الفراغ الذي يفصلها عن بعضها وهذا التناقص في الحجم في حالة الطفلة قد يصل إلى ٤٠% مما يؤدي إلى شدة تماسكها . لعملية التراص أهمية واضحة في الصخور دقيقة الحبيبات مثل الحجر الطيني.



٢ ـ التلاصق (اللحام): **Cementation**.
تحدث عملية التلاصق في الرسوبيات ذات الحبيبات الخشنة والتي يصعب تماسكها بالضغط.
وعملية اللحام عبارة عن ترسيب مواد لاحمة بواسطة المياه التي تتخلل الفراغات المتاحة بين الحبيبات ومن أهم المواد اللاحمة الكالسيت السيليكون وأكاسيد الحديد.



٣-التبلور: **Crystallization**
تتكون في الصخور الرسوبية المتراكمة كيميائياً. تنمو البلورات في هذه الصخور بطريقة متشابكة **Interlocking** وتتداخل مع بعضها.



أصل الصخور الرسوبية

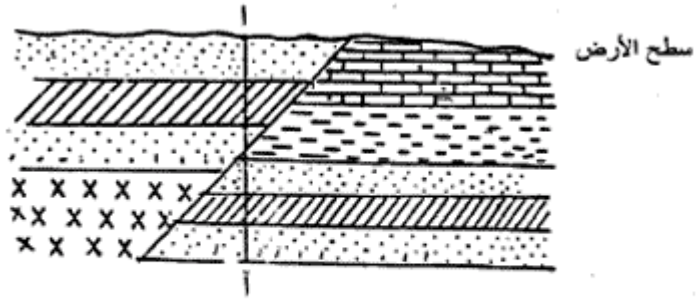
إن القرارات الرسوبية **Sedimentary Deposits** عبارة عن جسم صلب تجمع على سطح الأرض أو بالقرب منه تحت درجة حرارة منخفضة والضغط الجوي العادي. وتوجد ثلاثة عوامل توضح الهيكل العام **Framework** لمعرفة أصل الصخور الرسوبية:

(١)الحـــــاضـــر هو مفتـــــاح الماضي: **Uniformitarianism**

إن الملاحظات الحالية للخطوات الترسيبية تساعد في توضيح أصل الصخور الرسوبية القديمة.

(٢) قانون تعاقب الطبقات: **Low of Superposition**

إن طبقات القطاع الرسوبي تكون الطبقات السفلى هي الأقدم تليها الأحدث فالأحدث في الأعلى ما لم تتعرض لحركات أرضية تغير من هذا النظام (مثل الصدوع والطيات)



تتابع الطبقات عند القطاع ا-أ غير صحيح وسبب ذلك عدم حساب مرمى الفالق

شكل ٨-٢

(٣) أساس أصل الأفقية: **Principle of Original Horizontality**

إن الصخور الرسوبية عادة تترسب على هيئة طبقات في وضع أفقي أو قريبة منه. وذلك عندما تطوى أو تميل عن الأفقية يلاحظ أن النشوة بدأ يظهر عليها. وقد قسمت الصخور الرسوبية بناء على ظروفها الفيزيائية والكيميائية إلى قسمين هما:

(١) خارجي النشأة: **Exogenetic Rocks**

هي الصخور الفتاتية التي تكونت حبيباتها من تفتت صخور سابقة التوين وتكونت بطريقة فيزيائية (طبيعية).

(٢) داخلي النشأة: **Endogenetic Rocks**

هي الصخور المتبلورة **Crystalline** وغير المتبلورة **Amorphous** ترسبت من المحاليل

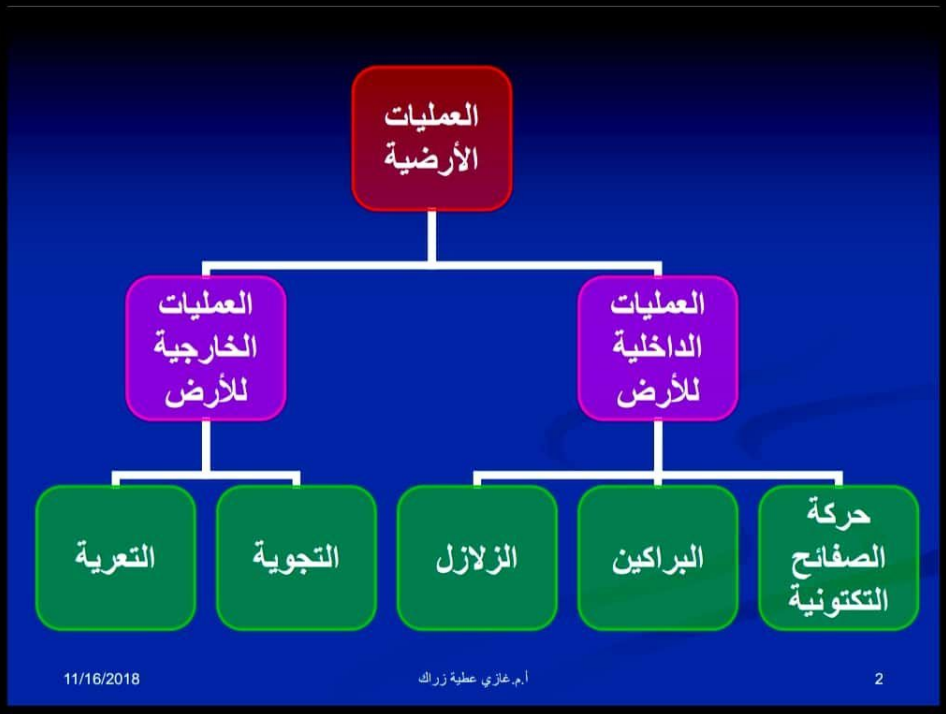
وتشمل الترسبات المحلية (الملح الصخري، الجبس، الإنهيدرايت). كذلك يمكن تقسيم الصخور الرسوبية على حسب أماكن تواجدها إلى قسمين هما:
(١) داخل حوضيه: **Intrabasinal Rocks**
هي التي تشكلت في الأحواض الرسوبية وكذلك تم تجميعها في تلك الأحواض وتشمل الصخور الرسوبية الكيميائية والكيميائية الحيوية.
(٢) خارج حوضيه: **Extrabasinal Rocks**
هي التي تشكلت خارج الحوض الترسيبي ثم جلبت إلى داخل الحوض الترسيبي وتشمل الرواسب القارية **Terrigenous Sediments**.

إن أصل وتجمع الصخور الرسوبية يُعتقد أنه سهلاً. ولذا نجد أن الرمال والطين حملت بواسطة مياه الأنهار والرياح إلى البحار. وكذلك نجد أن عمليات التحور (النشأة المابعدية) المختلفة يمكن أن تغير من هذه الصخور الرسوبية.

إن الصخور الرسوبية تتكون في الغالب من ثلاثة أنواع رئيسية وتشكل ٩٥% من مجموع الخصور الرسوبية وهي:
(١) صخور الطين : **Claystone Rocks** وتشكل ٦٥% .
(٢) صخور الرمل: **Sandstone Rocks** وتشكل ٢٠ ـ ٢٥%.
(٣) صخور الكربونات: **Carbonate Rocks** وتشكل ١٠ ـ ١٥%

أكثر أنواع الصخور الرسوبية شيوعاً هي صخور الطين. وإن صغر حجم حبيباتها (أقل من ٠,٠٦٢مم) يشكل صعوبة في دراستها وفهمها ... وإن من أشهر أنواعها ذو اللون الرمادي والأسود نظراً لاحتوائها على البقايا العضوية. ومن أنواعها الاليت **Illite** والمونتموريلايت **Montmorillite** وأن أهم مكوناتها هو الكوارتز و الفلسبار والمعادن الثانوية.
أما بالنسبة لأحجار الرمل فإن كبر حجم حبيباتها (من ٢ إلى ٠,٠٦٢مم) يساعد على معرفة مكوناتها بسهولة وخصوصاً باستخدام الميكروسكوب (المجهر العادي). كذلك نجد أن طبقاتها تحتوي على العديد من التراكيب الرسوبية مثل التطبق العادي و التطبق المتقاطع و التطبق المتدرج وعلامات النيم. وهذه جميعها توضح الظروف البيئية المختلفة التي تكونت فيها. وتعتبر أحجار الرمل من الصخور المهمة نظراً لأنها تمد نصف إنتاج العالم من البترول والغاز الطبيعي. وأن من أهم مكوناتها الكوارتز و الفلسبار وقطع الصخور الأخرى.
وكذلك صخور الكربونات فهي غالباً ما تتكون من الحجر الجيري و الدولُومايت النقي (أي تتكون أساساً من بلورات كربونات الكالسيوم ـ كالسيت وأراجونايت **CO3 Ca** أو الدولُومايت (**Ca Mg (Co**٣)٢. وتحتوي على أقل من ٥% من المعادن الغير قابلة للإذابة ف يحمض الهيدروكلوريك المخفف. وهذه النقاوة ناتجة من الخواص البيولوجية الأصل. لكن نجد أنها تحتوي على الأنواع المختلفة من الأحافير. وأن الدولُومايت غالباً ما يتشكل بعد تكون الحجر الجيري نتيجة لإحلال معدن المغنيسيوم التدريجي محل معدن الكالسايت. يوجد العديد من أنواع الصخور الرسوبية والتي تشكل نسبة بسيطة جداً وهي: المتبخرات والتي منها الهالايت والجبس والانهيدرايت كذلك الفوسفات والشيرت ورواسب الحديد.

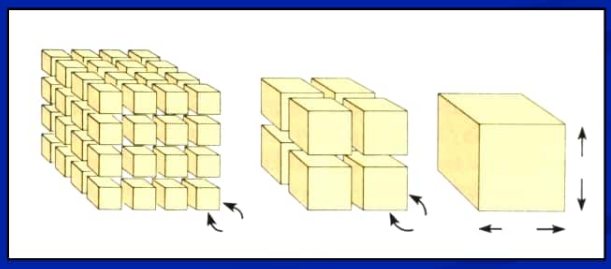
أثر العمليات الأرضية في تشكل الصخور
والترسبات المعدنية
(الجزء الاول)
المحاضرة الخامسة
11/16/2018
أ.م. غازي عطية زراك
1


العمليات الأرضية
العمليات الداخلية للأرض
العمليات الخارجية للأرض
حركة الصفائح التكتونية
البراكين
الزلازل
التجوية
التعرية
11/16/2018
أ.م. غازي عطية زراك
2

العمليات الأرضية
العمليات الخارجية للأرض
التجوية
التعرية
أولا
التجوية
Weathering
انها مجموعة من العمليات الفيزيائية، والكيميائية، والبيولوجية التي تفتت وتحلل الصخور المختلفة الظاهرة على السطح و القريبة منه
وتتم عمليات التجوية المختلفة جنبا الى جنب بالرغم من أن بعضها يسود في مناطق معينة والبعض الاخر في مناطق
11/16/2018
أ.م. غازي عطية زراك
3

التجوية الفيزيائية أو الميكانيكية
Mechanical Weathering

عبارة عن العمليات الفيزيائية التي بإمكانها تفتيت وتكسير الصخور الى قطع صغيرة ومن ثم أصغر، وكل قطعة تحتفظ بالخواص الأساسية للصخرة الأم التي نتجت منها



(١) تجمد الماء
Frost Wedging

ركام السفح

(٢) تحرر الضغط
Unloading

بعد تعرية صخور القشرة الأرضية

(٣) التمدد الحراري
Thermal Expansion

رفع درجة حرارة الصخر يؤدي إلى تمدد الصخور وتبريدها يؤدي إلى انكماشها. درجة التمدد تعتمد على نوع المعادن التي تحويها هذه الصخور. تكرار هذه العملية يؤدي إلى إجهاد الطبقة الخارجية للصخر مما يؤدي إلى تفتيتها إلى قطع صغيرة مدببة الحواف.

يشبه الأمر عملية تسخين الزجاج ثم تبريد مره أخرى. فلو قمنا بتسخين لوح من الزجاج ثم سكبنا الماء البارد على هذا اللوح فإن ذلك يؤدي إلى تحطم اللوح وتهشمه

(٤) التقشير Exfoliation

- التقشير هو انفصال صفائح رقيقة من الصخر نتيجة لتكرار تغير معدلات الحرارة وبفعل الصقيع.
- وقد ينتج التقشير أيضا عندما تتعرض الصخور للحرارة المرتفعة في المناطق الصحراوية الجافة

(٥) النشاط العضوي
Organic Activities

- تعمل النباتات والحيوانات الحفارة بالإضافة إلى الإنسان على تفتت الصخور.
- ولا يقصد بالنشاط العضوي حدوث تغير كيميائي (تجوية كيميائية) إنما يقصد بها قابلية النباتات النامية لشق وتفتيت الكتل الصخرية. لأن اختراق جذور النباتات للتربة والصخور خلال فتحات الشقوق والصدوع تعمل على توسعة هذه الشقوق مما يؤدي بالنهاية إلى تكسرها وتفككها.

التجوية الكيميائية
Chemical Weathering

ان عمليات التجوية الكيميائية عمليات معقدة متداخلة التي من شأنها تفتيت الصخور والروابط الداخلية للمعادن وتحويل مكونات الصخر الى معادن جديدة في الحالة الصلبة أو الذائبة وهذه المواد ذات تركيب كيميائي مختلف عن الصخور الأم

وتعتمد على وجود العناصر التالية:

١ـ الأكسجين
٢ـ ثاني أكسيد الكربون
٣ـ الماء
٤ـ درجة الحرارة

(١) الاذابة
Dissolution

- تقوم المياه بإذابة الصخور (وخاصة الملحية منها) وإذابة المعادن اللاحمة لحبيبات الصخر القابلة للذوبان.

معظم المعادن تقل قابليتها للإذابة خاصة بوجود الماء النقي، لكن عندما تزداد حمضية الماء تزداد قابليته للإذابة.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

كالسيت — حمض الكاربونيك — بيكربونات الكالسيوم (تذوب بالماء)

(٢) الأكسدة
Oxidation

- يتحد الأكسجين مع العناصر المختلفة خصوصا اذا كان الوسط رطبا ليكون ما يعرف بالأكاسيد
- حيث يتحد الاكسجين مع الحديد المكون لهذه المعادن مكونا معدنا جديدا ذو لون بني محمر معروف بالهيماتايت (Fe_2O_3)، أو في حالات أخرى مكونا معدنا ذو لون برتقالي مصفر معروف بالليمونايت ($FeO(OH)$)
- تحصل هذه العملية أيضا عندما تتأكسد المعادن الغنية بالكبريت مثل البايرايت، حيث يكون ناتج الأكسدة حمض الكبريتيك (H_2SO_4) والليمونايت

(٣) التميؤ
Hydrolysis

- تتحلل المعادن وخاصة المعادن السيليكاتية بواسطة عملية التميؤ، وهي كما تعرف علميا بالتفاعل بين المواد المختلفة وجزيئات الماء.

- وعادة تحدث هذه العملية بوجود ماء نقي حيث بعض جزيئات الماء تنفصل مكونة الهيدروجين (H^+) العالي التفاعل، ومكونة أيون الهايدروكسايل (OH^-).

- فالهيدروجين يبدأ بالهجوم على المعادن ويحل محل الايونات الموجبة المكونة للشبكة البلورية. فإضافة عنصر الهيدروجين للمادة المتبلورة من شأنها الاخلال بالنظام البلوري والقضاء عليه مما يؤدي الى تحلل المعادن.

تأثير التجوية على المنشآت والتحف والصخور الطبيعية

ثانيا

التعرية وعملياتها

تعرف التعرية (التآكل) على أنها العمليات التي تقوم على إزالة التربة السطحية والصخور من بقعة معينة على الأرض ثم تنقلها إلى موقع آخر لترسيبها.

عوامل التعرية:

١- الرياح

٢- المياه الجارية (الأنهار، السيول، الأنهار الجليدية، البحار)

٣- الكائنات الحية

(١) دور الرياح في عملية التعرية

- تقوم الرياح بعملية التذرية (Deflation) وهي تعتبر عاملا مهما في عملية اكتساح التربة وتشكل المنخفضات الصحراوية، وعملية انكشاف جذور النباتات، وتكون الواحات الصحراوية.
- تعتبر قوة الرياح عامل نحت (Abrasion) بالدرجة الأولى يليه في ذلك الأمطار اللحظية.
- الرياح أيضا لها تأثير بنائي ضمن البيئة الصحراوية تتمثل في عملية النقل (Transportation) والترسيب (Deposition) وتكون الكثبان الرملية.

عملية التذرية بواسطة الرياح

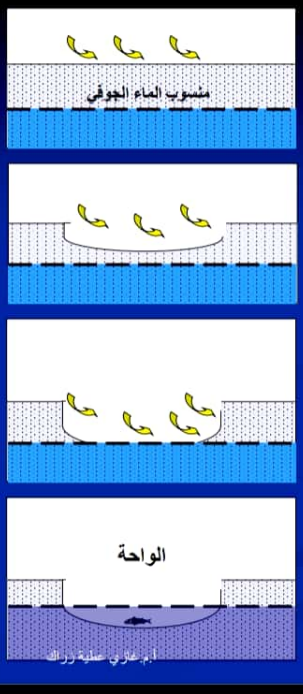
عملية التذرية عبارة عن إزالة الرواسب التي تفككت نتيجة عمليات التجوية أو التربة السطحية ونقلها إلى أماكن أخرى. وهي تعتمد على:

نوع التربة السطحية أو الصخور.
درجة تماسك التربة السطحية والصخور.
مدى كثافة الغطاء النباتي بصورة أساسية.
قوة الرياح.
عمق منسوب الماء الجوفي.
ومدى اتساع الرقع المكشوفة.

الأشكال التضاريسية الناتجة عن عملية التذرية

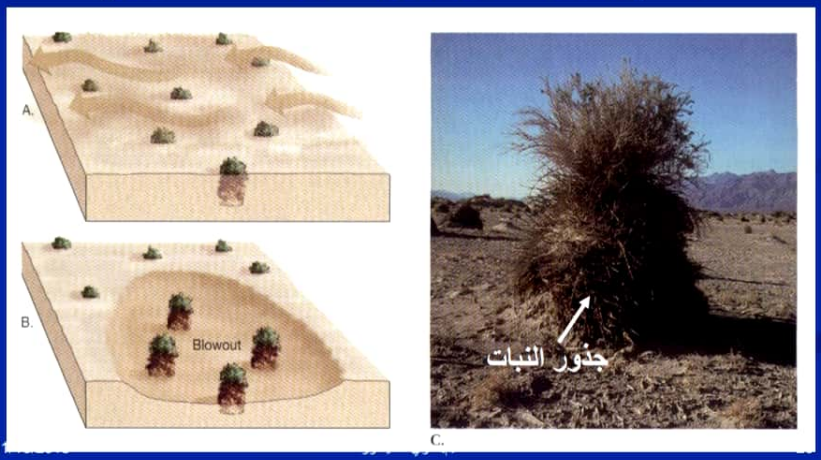
1. تكوين المنخفضات الحوضية Basin-Like Depressions.
   - الواحات (Oasis)
   - أحواض التذرية (Blowout).
٢. الحصى المتبقي (الأرصفة الحصوية) Lag Gravel.

الواحات (Oasis)

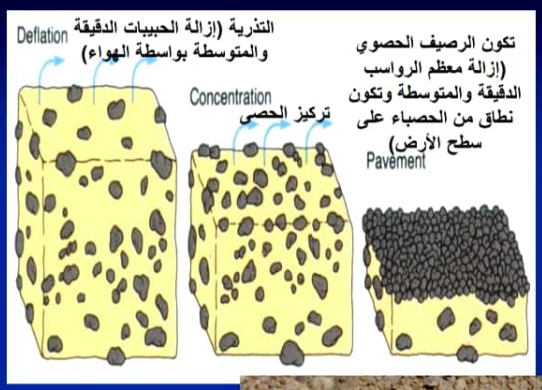


أحواض التذرية (Blowout)

تذرية التربة السطحية المفككة وانكشاف جذور النباتات وعدم وصول التذرية إلى منسوب الماء الجوفي



الحصى المتبقي (الأرصفة الحصوية) Lag Gravel



عبارة عن نطاق من الحصباء أو الحصى المتبقي يتكون نتيجة عملية تذرية الرياح للمواد الدقيقة الرملية والغرينية والطينية، حيث تقوم الرياح بنقل هذه المكونات من الرواسب الدقيقة مخلفة من ورائها ما لا تستطيع حمله من حبيبات كبيرة جلاميدية متعددة الأشكال.

عملية النحت بواسطة الرياح

هي عملية تؤدي إلى نحت الصخور وتشكلها بأشكال مختلفة نتيجة لاحتكاك الصخور مع حبيبات الرمل التي تحملها الرياح.

وتعتمد عملية النحت على:

نوعية الصخور

درجة صلابة الصخور

نقاط الضعف الموجودة ضمن الصخور (الفواصل والشقوق)

قوة الرياح وما تحمله الرياح من حبيبات خاصة الحبيبات ذات الحجم الرملي الذي يتراوح طول قطرها بين ٠,٢٥ - 2 مم

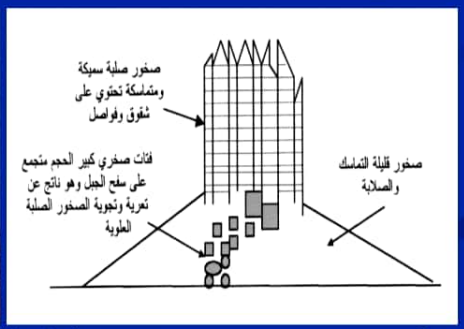
الأشكال التضاريسية مختلفة الناتجة عن عملية النحت

بما أن الصخور الرسوبية تتكون من طبقات متتابعة من صخور مختلفة المكونات فهي عندما تتعرض لعملية النحت والتعرية تتشكل بصور كثيرة جدا تعتمد على درجة مقاومة الصخور لعملية النحت وهذا ما يعرف بالتعرية التفاضلية (Differential Weathering) .

لذلك فإن الصخور الصلبة تتحمل النحت أما الصخور الهشة القليلة الصلادة أو التي تحتوي على شقوق وفواصل تنحت بصورة أسرع. عملية النحت أيضا تعتمد على قوة الرياح وما تحمله الرياح من حبيبات خاصة الحبيبات ذات الحجم الرملي الذي يتراوح طول قطرها بين ٠,٢٥ – ٢ مم .

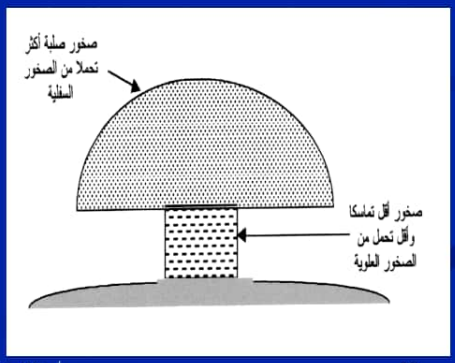
أولا: الأبراج الصخرية Rock Towers

تتشكل الأبراج الصخرية عندما تحتوي المناطق الجبلية الصحراوية على صخور صلبة نوعا ما متضمنة على فواصل وشقوق كثيرة



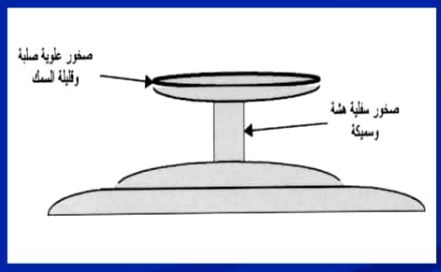
ثانيا: عيش الغراب Mushroom Rocks

ينتج شكل عيش الغراب عندما تحتوي الجبال والتلال على طبقات صخرية سفلية أقل تحمل للتعرية (أقل صلادة) وتعلوها طبقات صخرية صلبة وسميكة.



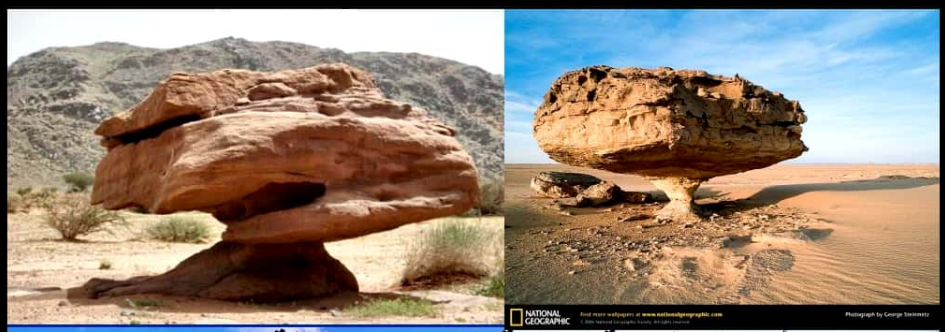
ثالثا: شكل الطاولة Table Rocks

ينتج شكل الطاولة التضاريسي عندما تكون الطبقات السطحية للمرتفعات أو الصخور المكشوفة صلبة وذات سمك أقل من الطبقات السفلية الهشة وذات سمك أكبر



رابعا: الحصاة الهندسية Ventifacts

حصاة ذات أشكال غريبة وسطوح منحوتة ومصقولة بفعل الرياح



أشكال غريبة لعملية النحت بواسطة الهواء

(١) دور المياه الجارية في عملية التعرية

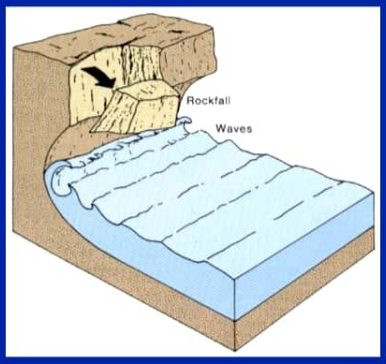
تقوم الأنهار والسيول والأنهار الجليدية والأمواج البحرية بعملية تعرية الأرض وتشكيلها، خاصة إذا كانت عالية السرعة ومستمرة لوقت طويل

تعتمد عملية التعرية بواسطة المياه الجارية على نوعية الطبقات الصخرية ودرجة تماسكها ونوعية الحمولة المائية التي تقوم بعملية النحت

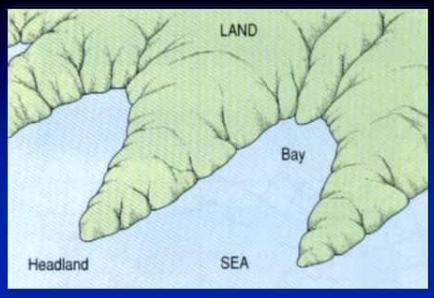
١. الأمواج البحرية (Marine Waves):

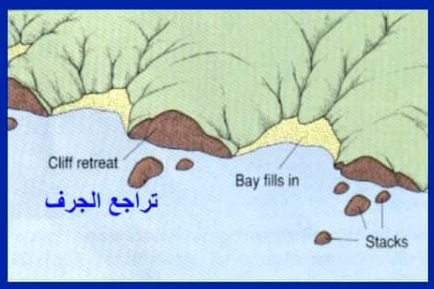
هي من أهم العوامل التي تؤدي إلى تشكل تضاريس السواحل، والرياح هي العامل الدافع الذي يؤدي إلى تكون الأمواج البحرية. تتأثر السواحل كثيرا عندما تكون معرضة لحركة الأمواج العالية في معظم الأحيان نظرا لقوة الأمواج وفاعليتها الكبيرة في تعرية الصخور المختلفة التي تكون الشواطئ.

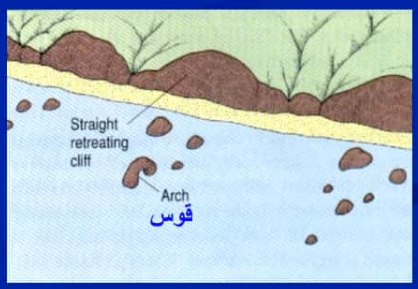
عملية النحت بواسطة الأمواج البحرية تعتمد بصورة كبيرة على نوعية الصخور الشاطئية.

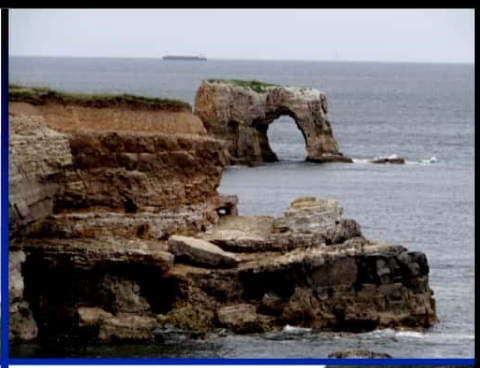


الأمواج البحرية بإمكانها تغير صورة الشواطئ مع مرور الوقت لأنها عندما تنحت الصخور تقوم أيضا بحمل الرواسب وثم ترسيبها ضمن المناطق المحمية من الشاطئ بواسطة ما يعرف بالتيارات المحاذية للشواطئ (Long Shore Currents) ، حتى يصبح الشاطئ في النهاية مختلف وتختفي بعدها الأجراف الصخرية التي كانت موجودة في السابق







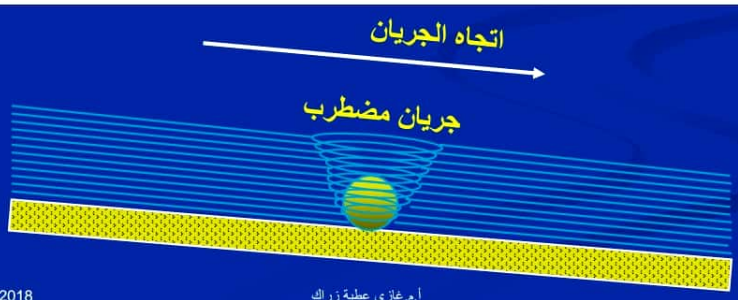


النافورة البحرية

بسبب عملية النحت على صخور الشواطئ الجيرية بواسطة الأمواج العالية السرعة

١. الأنهار الجارية والجليدية والسيول

تقوم الانهار بعملية التعرية السطحية عندما يكون جريان الماء بشكل مضطرب متغير ومتعاكس الاتجاه ملتفا بشكل دوامة. ويحدث التدفق المضطرب عندما تزداد سرعة الماء أو عندما يصبح المجرى النهري خشن. وهذا النوع من التدفق يعتبر العامل الأساسي لنحت المجاري المائية، وأيضا في حمل الفتات الصخري المتعدد الحجوم إلى أماكن أخري باتجاه مجرى النهر.



مراحل تغير سطح الأرض بسبب التعرية النهرية