Geology
Definition

Geology is the study of the earth (geo means earth, and logy(logos) means science). This is a very simple definition . Geology involves studying the materials that make up the earth, the features and structures found on Earth as well as the processes that act upon them. Studying how life and our plant have changed over time is an important part of geology**.**

BRANCHES OF GEOLOGY (EARTH SCIENCES)

1. Physical Geology: Physical geology is the fundamental study of the earth's lithosphere components like rocks, minerals, and soils and how they got originated over a period of time. Also, study the active geological processes on the earth's surface (*external processes*) like weathering as same as study a complex *internal processes* such as plate tectonics and mountain-building .

2.Historical geology:
Historical geology uses the principles and techniques of geology to reconstruct and understand the history of Earth. It is deals with the records of the events on the earth history(plants and animals of the past ages).

3. Paleontology:
Paleontology (USA spelling) or palaeontology (UK spelling) is the study of ancient plants and animals based on their fossil record. This includes the study of body fossils and trace fossils.

4. Petrology: Petra means A Rock
Petrology is the scientific study of the rocks, their composition, texture their distribution and geologic processes of formation. It is concerned with all three major types of rocks: Igneous , Sedimentary and Metamorphic Rocks.

5. Structural Geology:
Structural geology is the study of the deformation of the surface and subsurface of the Earth. This deformation reflects past changes in local and regional stress and strain, and can be used to reconstruct past crustal movements.
Stress is force per unit area. **Strain** is the deformation of a solid due to stress.

Dr. Yasser Kddo

6. Economic Geology:
Economic Geology is the scientific study of the earth's materials that are used for economic and industrial purposes. These materials include precious stones and base metals, nonmetallic minerals, petroleum and Coal.

7. Stratigraphy :
Stratigraphy a branch of geology dealing with the classification, Nomenclature, correlation, and description of stratified rocks.

8. Petroleum geology:
Petroleum geology is the study of origin, occurrence, movement, accumulation, and exploration of hydrocarbon fuels.

9. Geophysics:
Geophysics is a core branch of geology. It is concerned with the physical properties of the Earth.

Geophysical survey data are used to analyze potential petroleum reservoirs and mineral deposits, locate groundwater, find archaeological relics, determine the thickness of glaciers and soils.

10.Crystallography:
Crystallography is concerned with the study of crystals in terms of their appearance , their composition, their identification and the rocks and minerals they contain.
علم البلورات يختص بدراسة البلورات من حيث تركيبها الداخلي ومظهرها الخارجي والتعرف عليها وعلى الصخور والمعادن التي تحتويها.

Why Study Geology:

Before getting into important scientific concepts, we will look at some of the ways geology has and will continue to benefit you:
1. Supplying things we need.
2. Protecting the environment.
3. Avoiding geologic hazards.
4. Understanding our surroundings.

Dr. Yasser Kddo

How Was Earth Formed?

Approximately 4.6 billion years ago, the solar system was a cloud of dust and gas known as a solar nebula (A nebula is a large cloud of gas and dust particles) Gravity collapsed the material in on itself as it began to spin, forming the sun in the center of the nebula.With the rise of the sun, the remaining material began to clump up. Small particles drew together, bound by the force of gravity, into larger particles. The solar wind swept away lighter elements, such as hydrogen and helium, from the closer regions, leaving only heavy, rocky materials to create smaller terrestrial worlds like Earth. But farther away, the solar winds had less impact on lighter elements, allowing them to coalesce into gas giants. In this way, asteroids, comets, planets, and moons were created.

The earth

Earth is a complex dynamic planet that has been changing continually since it formed some 4.6 billion years ago. These changes and the present day features we observed resulting from interactions among the various internal and external processes. Earth is a unique among the planets of our solar system in that it supports life and has oceans and water, atmosphere and variety of climates.

Solar system

Solar system composed of the sun, nine planets, satellites of the Planets, more than 1500 asteroids and uncounted millions of meteors.

- **Sun** composed primarily of hydrogen and helium. It has a diameter of about (1,380,000Km.) it is more than 100 times the diameter of the earth.
  The planets revolve around the sun. In order of distance from the sun the planet are: **Mercury , Venus , Earth, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune and Pluto.**

Mercury is the nearest planet from the sun about 57.6 million Km. from the sun with diameter around 4880Km. Dry planet very hot with non life.

Venus is nearly about the same as the earth diameter. Venus is only eight –tenth of earth mass. The surface is dry far too hot for existing hot with non life.

Earth is sometime called the water planet or blue planet because seas cover more than two third of it surface. Earth is the only planet with rain falling from clouds and water run over the land.

Dr Yasser Kddo

Mars is the most conspicuous marking on mars are its " Polar ice caps" which from in winter and disappear in summer. This implies the presence of water but not more than a few inches in thick

Jupiter is the fifth planet from the Sun and the largest in the Solar System. It is a gas giant with a mass one-thousandth that of the Sun, but two-and-a-half times that of all the other planets in the Solar System

Saturn is the most picturesque of the planets. It is characterized by a set of rings around the planet.

Uranus and **Neptune** both are nearly similar in volume. Neptune in colder than Uranus.

Pluto is discovered at 1920 , Pluto which is smaller than Earth's Moon , it is has a heart-shaped glacier.

- **Three others types of bodies** exist in the solar system: **Comets (المذنب), Asteroid (الكويكب)** and **meteoroids.**
- **A comet** is an icy small Solar System body that, when passing close to the Sun, warms and begins to release gases, a process called outgassing. This produces a visible atmosphere or coma, and sometimes also a tail.
- **Asteroid** are rocky worlds revolving around the sun that are too small to be called planets. They are also known as planetoids or minor planets. The mass of all the asteroids is less than that of Earth's moon.
- **A meteoroid** is a small body of debris in the Solar System, roughly ranging in size from a sand grain to a boulder. If the body is larger, it is called an **asteroid** if smaller it is known as interplanetary dust.

Dr.Yasser Kddo

Earth's Heat Energy

The Earth can be visualized as a giant machine driven by two engines

One **internal** and the other **external** both are heat energy

1. ***Internal heat energy :***

The Earth's internal heat engine works because hot, buoyant material deep within the earth moves slowly upward toward the cool surface and cold denser material moves downward.
Moving plates and earthquakes and volcanism are products of this heat engine.
Note: The biggest engine resources in the **Earth's interior** are in the mantle and outer core.

2. External heat energy

Heat engine is driven by solar power, heat from the sun provides the energy for circulating the atmosphere and oceans Glacial, water and Wind Erosion changing the landscape.

Earth's Spheres أغلفة الأرض

1. ***Atmosphere*** : the gases that envelop the Earth
2. ***Hydrosphere*** : water on or near the Earth's surface
3. ***Biosphere*:** Is the layer of the planet where life exists.

المحيط الحيوي أو الغلاف الحيوي هو الحيز الذي توجد به الحياة ويمتد من أكبر عمق توجد به الحياة في البحار إلى أعلى ارتفاع توجد عليه الحياة في الجبال

التقسيمات الداخلية للأرض Internal structure of the earth

لماذا من المستحيل معرفة التركيب الداخلي للارض من خلال الملاحظة المباشرة.

- Why It is impossible to know about the earth's interior by **direct observations?**

because of the huge size of the earth (The earth's radius is 6,370 km). and the changing nature of its interior composition.

And the rapid increase in temperature below the earth's surface is mainly responsible for setting a limit to direct observations inside the earth.

Sources of Information about the interior of the earth

Direct Sources:

1. Rocks from mining area
2. Volcanic eruptions

Indirect Sources:

1. Meteors they belong to the same type of materials earth is made of.
2. Seismic Waves
3. By analyzing the rate of change of **temperature and pressure** from the surface towards the interior.

التركيب الداخلي للأرض The Earth's Structure

There are two Classification of the **Earth's Structure**

1. **التركيب الكيميائي Chemical compositions**
2. **الحالة لفيزيائية Physical properties**

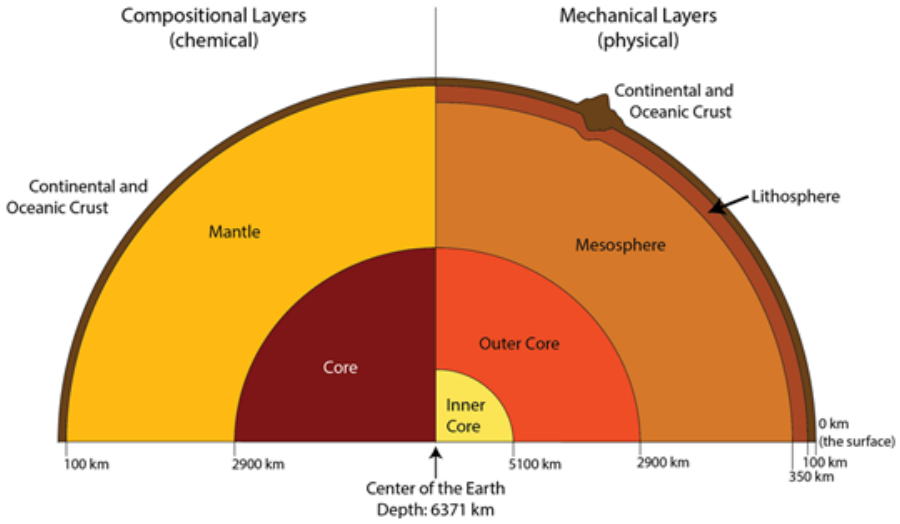


Diagram of the earth's interior

التقسيمات الداخلية للأرض اعتمادا على التركيب الكيميائي :

Depending on **Chemical compositions** the earth can be divided into three main layers:

Crust القشرة
Mantle الجبة
Core اللب

The Crust

It is the outer solid part of the earth, normally about 5-70 kms thick. It is brittle in nature. The thickness of the crust under the oceanic (Oceanic crust) and continental areas (Continental crust) are different. Oceanic crust is thinner (about 5kms) as compared to the continental crust (about 30kms). Major elements of crust are Silica (Si) and Aluminium (Al) and thus, it is often termed as SIAL.

Continental Crust Vs. Oceanic Crust

Continental Crust

Crust beneath the Earth's continents

Less dense and thicker than oceanic crust (less dense because it is high in Silicon & Oxygen)

Composed of Granite

Oceanic Crust

Crust beneath the Earth's oceans

More dense and thinner than continental crust(More dense because it is high in Iron & Magnesium)

Composed of Basalt.

The Mantle

The portion of the interior under the **crust** is called as **the mantle**.
The discontinuity between the **crust and mantle** is called as the **Mohorovich Discontinuity or Moho discontinuity**. The mantle is about 2900kms in thickness. The major constituent elements of the mantle are **Silicon and Magnesium** and hence it is also termed as **SIMA.**

The Core

It is the inner layer surrounding the earth's center.
The core is separated from the mantle by Guttenberg's Discontinuity.
It is composed mainly of iron (Fe) and nickel (Ni) and hence it is also called as NIFE.

Depending on **Physical Properties** the earth can be divided into three main layers:

التقسيمات الداخلية للأرض اعتمادا على المكونات الفيزيائية Physical Properties

بالاعتماد على الخصائص الفيزيائية (الميكانيكية) للأرض تقسم إلى:

1. **Lithosphere** (depth between 0-100km)

The upper solid part of the mantle and the entire crust constitute the **Lithosphere.**

2. **The asthenosphere** (in between 100-350km)
   is **a highly viscous**, mechanically weak and ductile, the upper mantle part which lies just below the lithosphere**.**
   The asthenosphere is the main source of magma and it is the layer over which the lithospheric plates (continental plates) move (plate tectonics).
3. **The Mesosphere (in between 350-2900km)**
   The **semi rigid** portion of the mantle which is just below the lithosphere and asthenosphere but above the core is called as **Mesosphere.**
4. The Core consists of two sub-layers: **the outer core (2900 – 5100 Km.) and the Inner core (5100-6370 km) .**
   The inner core is in **solid state** and the outer core is in the **liquid state (or semi-liquid).**

Temperature, Pressure and Density of the Earth's Interior

The Temperature

- A rise in temperature with increase in depth is observed in mines and deep wells.
- The molten lava erupted from the earth's interior supports that the temperature increases towards the center of the earth.
- The temperature at the center is estimated to lie somewhere between 3000 C and 5000 C, may be that much higher due to the chemical reactions under high pressure conditions.

The Pressure

Just like the temperature, the pressure is also increasing from the surface towards the center of the earth. which will be nearly 3 to 4 million times more than the pressure of the atmosphere at sea level.
It is due to the huge weight of the overlying materials like rocks.

The Density

Due to increase in pressure and presence of heavier materials like **Nickel and Iron** towards the center, the density of earth's layers also gets on increasing towards the center.

الصخـــور The Rocks

A rock or stone is a natural substance a solid aggregate of one or more mineral or mineraloids.

Rocks are broadly classified into three groups based on their process of formation. The three major rock types are:

1. Igneous rocks
2. Sedimentary rocks
3. Metamorphic rocks

الصخرة Rock: عبارة عن تجمع طبيعي لواحد أو اكثر من المعادن أو أشباه المعادن بشكل متماسك لتكون صخرة صلبة. قد تكون الصخرة مكونة من معدن واحد Monomineralic أو من أكثر من معدن Polymineralic. من أمثلة الصخور أحادية المعدن: صخرة الحجر الجيري Limestone الرسوبية المكونة من معدن الكالسايت، صخرة الجبس Gypsum الرسوبية المكونة من معدن الجبسوم Gypsum وصخرة الكوارتزايت Quartzite المتحولة المكونة من معدن الكوارتز.

اما الصخور المتعددة المعادن فهي كثيرة مثل صخرة الكرا نايت Granite.

Rocks are formed in three main ways and are classified accordingly

1. Igneous rocks form from molten material called magma
2. Sedimentary rocks form from sediments deposited out of water or the air.
3. Metamorphic rocks form from the alteration of other rocks through temperature and pressure induced changes in the minerals

أنواع الصخور Types of Rocks:

تقسم الصخور بالاعتماد على الأصل او المنشأ Genetic classification أو تسمى أيضا بيئات الترسيب Deposition environments، إلى ثلاثة أنواع:

1. الصخور النارية Igneous Rocks: الصخور التي تتكون من تبلور المواد الصخرية المذابة تحت سطح الأرض والتي تسمى بالصهارة **Magma** حيث تحدث هذه العملية نتيجة التبريد الحاصل للصهير أثناء اختراقه طبقات القشرة الأرضية.

2. الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

هي الصخور التي تكونت نتيجة عمليات متعاقبة من التجوية والنقل والترسيب في بيئات ترسيب مختلفة (بحرية ، قارية ، نهرية ...الخ) .

3. الصخور المتحولة Metamorphic Rocks:

هي صخور تكونت من تحول صخور هي بالأصل نارية أو رسوبية أو حتى متحولة قديمة بفعل عوامل التحول من ضغط وحرارة تعمل على إعادة تبلور تلك الصخور الاصلية المسماة بالصخور الام وهي في حالة صلبة بشرط ان لا تنصهر.

Igneous rocks

Igneous rocks form by the solidification of melts. Molten rock called **magma.**

Crystallization of magma
تبلور الصهير

What is a magma:

Magma is molten rock found below the earth's surface.

Magma forms and feeds volcanoes or cools and crystallizes into igneous rock.

الصهير (المهل أو الطفوح) Magma: هي الصخور المذابة التي توجد تحت سطح الأرض والصهير هو الذي يغذي البراكين وقد يبرد ويتبلور قبل ان وصوله إلى سطح الأرض ليكون البركان وبدلا عن ذلك يكون صخور نارية جوفية.

Lava is magma that reaches the surface of the earth through a volcano vent

الطفوح البركانية Lava هي الصهير الذي يصل إلى (فوق) سطح الأرض من خلال العنق البركاني.

Thy type of mineral creation from **magma depends** on two factors:

نوعية المعادن المتكونة من الصهير البركاني يعتمد على ثلاثة عوامل :

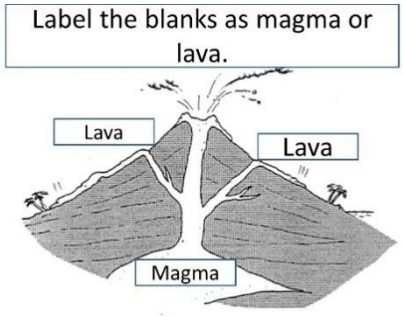
ملاحظة: هذا الموضوع ذكر ايضا في طرق تكون المعادن لكن الاعادة هنا لتوضيح بان الصخور النارية سوف تتكون من هذه المعادن والعوامل المؤثرة على تكون المعادن هي نفسها تؤثر على تكون انواع الصخور النارية.

Thy type of mineral creation from **magma** depends on three factors:

1. The chemical composition in the magma
2. The melting point of each mineral

Minerals with high melting point will crystallize first
Minerals with Low melting point will crystallize Last.

3. **Rate of Cooling**



حجم البلورات المتكونة Crystal size يعتمد على سرعة تبريد الصهير Rate of cooling حيث كلما كان سرعة تبريد الصهير بطيئة كانت حجم البلورات كبيرة وكلما كانت سرعة التبريد سريعة كانت حجم البلورات صغيرة أما اذا كانت سرعة التبريد سريعة جدا فقد لاتتكون بلورات نهائيا ويتكون بدلا عن ذلك زجاج بركاني.

Slow cooling promotes large crystals.

Fast cooling promotes small crystals..

.

Classification of Igneous Rocks

تصنيف الصخور النارية:

لا يوجد تصنيف محدد يحظى بإجماع علماء الصخور النارية ولكن يوجد أكثر من أساس من أسس التصنيف ويمكن إجمال تلك الأسس فيما يلي:

A: كيفية التواجد Mode of occurrence

B: تصنيف الصخور النارية بالاعتماد على النسيج Texture of Igneous Rocks

C: التصنيف الكيميائي Chemical Classification

D: تصنيف على أساس اشكال كتل الصخور النارية Forms of the Igneous Rocks

A: كيفية التواجد Mode of occurrence

ميز العلماء بين نوعين من الصخور النارية حسب موقع النشأة إلى صخور نارية جوفية وصخور نارية سطحية.

Plutonic (intrusive) Igneous rocks:

Plutonic or intrusive rocks result when magma cools and crystallizes slowly within the Earth's crust. A common example of this type is granite.

الصخور النارية الجوفية Plutonic Rocks

يتكون هذا النوع من الصخور النارية عندما يبرد الصهير على أعماق كبيرة في باطن الأرض ويحدث التصلب نتيجة التبريد البطيء والمستمر تحت الضغط المرتفع مع وجود المواد الطيارة Volatilesمما يتيح الفرصة لنمو بلورات المعادن المكونة للصخر الناري الجوفي , الأمر الذي ينعكس بالتالي على نسيج الصخر نفسه فيصبح ذا نسيج خشن Coarse grained يمكن تمييز محتواه المعدني بالعين المجردة مثل صخور الكرانيت التي تتميز بنسيجها المعدني الخشن.

Volcanic (extrusive) I rocks:

Volcanic or extrusive rocks result from magma reaching the surface as either lava or fragmental ejecta forming rocks such as pumice or basalt

الصخور النارية السطحية (البركانية) Volcanic Rocks

تتكون هذه النوعية من الصخور النارية نتيجة لتصلب الحمم او الطفوح البركانية Lava المندفعة من فوهات البراكين عند السطح في ظروف عكس الظروف المكونة للصخور الجوفية تماما إذ يتم التبريد بسرعة مما لا يتيح الفرصة لنمو بلورات المعادن المكونة للصخر فيصبح النسيج فى هذه الحالة دقيق التحبب **Fine grained** وربما لا تتكون بلورات على الإطلاق إذا كان التبريد فجائيا فيصبح النسيج في هذه الحالة **نسيجاً زجاجيا Glassy**.

Texture of Igneous Rocks أنسجة الصخور النارية

النسيج Texture:. هي دراسة الحجم الحبيبي للصخرة وعلاقة هذه الحجوم مع بعضها البعض.

B: تصنيف الصخور النارية بالاعتماد على النسيج Texture of Igneous Rocks

1 Phaneritic Texture

Phaneritic textured rocks are comprised of large crystals that are clearly visible to the eye with or without a hand lens or binocular microscope. This texture forms by slow cooling of magma deep underground in the plutonic environment.

1. النسيج الظاهري (الواضح) Phaneritic Texture

الصخرة مكونة من بلورات معادن كبيرة وواضحة بالعين المجردة ومن دون الحاجة لعدسة مكبرة لرؤية بلورات المعادن او مايكرسكوب ثنائي العدسة.
وهذا النسيج ينشأ نتيجة التبريد البطيء للصهير في أعماق كبيرة في باطن الأرض.

2 Aphanitic Texture

Aphanitic texture consists of small crystals that cannot be seen by the eye with or hand lens. This texture results from rapid cooling in volcanic or hypabyssal (shallow subsurface) environments.

2. النسيج الخفي Aphanitic Texture

الصخرة مكونة من بلورات معادن صغيرة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ولكن بواسطة العدسة المكبرة.
هذا النسيج ينشأ عن التبريد السريع للصهير في مناطق القريبة من سطح الأرض.

3. Porphyritic Texture

Porphyritic rocks are composed of at least two minerals having a conspicuous (large) difference in grain size. The larger grains are termed phenocrysts and the finer grains either matrix or groundmass.

Porphyritic rocks are thought to have undergone two stages of cooling; one at depth where the larger phenocrysts formed and a second at or near the surface where the matrix grains crystallized.

3. النسيج البورفيري Porphyritic Texture

هذا النسيج هو مزيج ما بين معدنين على الأقل مختلفين في حجم الحبيبات الحبيبات (البلورات) كبيرة الحجم تسمى Phenocrysts والحبيبات الصغيرة تسمى أرضية Matrix.
النسيج البورفيري يتكون من خلال مرحلتين من التبريد الأولى في أعماق كبيرة حيث يكون التبريد بطيء وتتبلور بلورات كبيرة Phenocrysts ومرحلة تبريد أخرى قرب سطح الأرض حيث يكون التبريد سريع ليكون أرضية ناعمة التبلور.

4. Glassy Texture

Glassy textured igneous rocks are non-crystalline meaning the rock contains no mineral grains. Glass results from cooling that is so fast that minerals do not have a chance to crystallize. This may happenwhen magma or lava comes into quick contact with much cooler materials near the Earth's surface. Pure volcanic glass known as obsidian.

4. النسيج الزجاجي Glassy Texture

هو نسيج غير متبلور أي ان الصخرة لاتحتوي على حبيبات وهو يتكون نتيجة التبريد السريع لدرجة لايعطي فرصة للمعادن لتكون بلورات. وهذه يحدث عندما يلامس الصهير الساخن الصخور الباردة بسرعة قرب سطح الأرض. الزجاج البركاني النقي يسمى اوبسيديان Obsidian

5. Vesicular Texture

This term refers to vesicles (cavities) within the igneous rock. Vesicles are the result of gas expansion (bubbles), which often occurs during volcanic eruptions. Pumice and scoria are common types of vesicular rocks.

5. نسيج الفجوات Vesicular Texture

هو النسيج الصخور النارية التي تحتوي على فجوات نتيجة لهروب الغازات والتي تكون بشكل فقاعات لتترك مكانها على شكل فراغات. وهذا يحدث خلال الانفجارات البركانية. مثل صخرة البمس Pumice

6. Fragmental (Pyroclastic) Texture

Pyroclastic are rocks blown out into the atmosphere during violent volcanic eruptions. These rocks are collectively termed fragmental. If you examine a fragmental volcanic rock closely you can see why.You will note that it is comprised of numerous grains or fragments that have been welded together by the heat of volcanic eruption

6. النسيج الفتاتي الناري Pyroclastic Texture

يتكون عندما تقذف البراكين الحمم البركانية في الهواء وعند سقوطها على الأرض تبقى حارة لدرجة كافية تسطيع بها ربط قطع من الصخور مع بعضها ويشبه هذا النسيج نسيج الصخور الرسوبية .

C. التصنيف الكيميائي Chemical Classification

الصخور النارية إلى اربعة أقسام حسب محتواها من SiO_2 وهي:

1- <u>الصخور الحامضية</u> Acidic: وتحتوي على اكثر من 66% SiO_2.

مثل صخور الجرانيت Granite والجرانوديوريت . Granodiorite

2- <u>الصخور المتوسطة</u> Intermediate: فيها 52-66% = SiO_2.

مثل صخورالسيانيت Syenite والديوريت . Diorite

3- <u>الصخور القاعدية</u> Basic: فيها 45-52% = SiO_2.

مثل صخور الجابرو Gabbroوالبازلت Basalt

4- <u>الصخور فوق القاعدية</u> Ultrabasic: فيها SiO_2 أقل من 45%.

مثل صخور الدونيت Duniteوالبريدوتيت . Peridotite

D: تصنيف على أساس اشكال كتل الصخور النارية Forms of the Igneous Rocks

أشكال الصخور (الكتل) النارية Forms of the Igneous Rocks

A. أشكال الكتل البركانية أو السطحية Forms of Volcanic Rocks

1. **Lava flows**

Lava flow extruded on the earth's surface range from a few centimeters to a few hundred meters in thickness

1. الطفوح البركانية Lava Form

هو شكل إنسياب المنصهر الصخري على سطح الأرض وبسمك من عشرات السنتمترات إلى مئات الأمتار.

2. A **lava dome** is a mound that will form when lava piles up over a volcano's vent instead of moving away

2. **القبة البركانية Lava Dome**

هو عبارة عن تل أو هضبة تتكون عندما تتكدس الطفوح البركانية حول فوهة (عنق) البركان بسبب لزوجتها العالية التي تمنعها من الانسياب بعيدا.

3. **Pillow lavas** are lavas that contain characteristic pillow-shaped structures that are attributed to the extrusion of the lava under water, or subaqueous extrusion.

3. الحمم الوسائدية Pillow lavas:

هي اشكال الطفوح البركانية التي تتكون تحت سطح البحر بشكل انابيب او كرات من الحمم حيث تخرج ببطء على قاع المحيط وعندماتخرج هذه الحمم إلى الأعلى يعمل ماء البحر على تبريدها بسرعة لتشكل اشكال صخرية مشابهة للوسائد

B. أشكال الكتل الجوفية Forms of Plutonic Rocks

وتشمل هذه المجموعة كل من

1. **A batholith** is a large mass of intrusive igneous rock (also called plutonic rock) that forms from cooled magma deep in the Earth's crust

1.الباثوليتBatholith وهي أضخم كتل الصخور النارية الجوفية وأكثرها اتساعا وتتكون غالبا من صخور الجرانيت والجرانوديوريت وهي تشكل جذور وقلوب سلاسل الجبال الضخمة وتمتد إلى مئات الكيلومترات

2. **Stocks** These are similar in form and composition to batholiths but are smaller in size (with outcrops less than about 100 km^2.)

2. ستوك Stock هو جسم ناري مشابه للباثوليث من حيث المكونات والشكل ولكنه اصغر حجما ولا يتجاوز حجمه الـ 100 كم.

3. **Laccolith** A mass of igneous rock, typically lens-shaped, that has been intruded between rock strata causing uplift in the shape of a dome.

اللاكوليث Laccolith : كتلة من الصخور النارية الجوفية غالبا عدسية الشكل تكونت بشكل اقتحام ناري بين طبقات الصخور مسبب تقوس الطبقات التي فوقها بشكل قبة Dome
أي **الشكل ذو أرضية مستوية وسقف محدب**

4. A **lopolith**: A lens-shaped body of intrusive igneous rock, formed by the penetration of magma between the beds or layers of existing rock and subsequent subsidence beneath the intrusion Compare laccolith .

4 . اللابوليث Lopolith : كتلة من الصخور النارية الجوفية تشابه تكون **اللاكوليث Laccolith** ولكن يكون الشكل التقوس نحو الأسفل وليس إلى الأعلى ليشكل ما يشبه الاناء .

5. A **dike** or **dyke**: is a sheet of rock that formed in a fracture in a pre-existing rock body. Dikes can be either magmatic or sedimentary in origin.

جدد قاطعة Dike or Dyke: هي عبارة عن طبقة من الصخور تكونت في كسر سابق التكوين في جسم صخري . والجد القاطعة يمكن ان تكون من صخور نارية او رسوبية الأصل.

6. **Sill** also called **sheet**, flat intrusion of igneous rock that forms between preexisting layers of rock. Sills occur in parallel to the bedding of the other rocks that enclose them.

جدد موازية Sill: عبارة عن تداخل لصخور نارية تكونت بين طبقات سابقة التكوين وتكون الجدد الموازية Sill موازية لمستوى التطبق للصخور التي تحتويها.

وعموما فإن الجدد ـ سواء أكانت قاطعة dyke أو موازية Sill يتراوح سمكها بين عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار

سلسلة باون التفاعلية Bowen's Reaction Series

هي سلسلة وضعها العالم باون Bown في بداية القرن التاسع عشر الميلادي و**وضح فيها تسلسل المعادن** من **حيث تبلورها وانفصالها عن الصهير** مع **انخفاض درجة الحراة.**

أساس النظرية

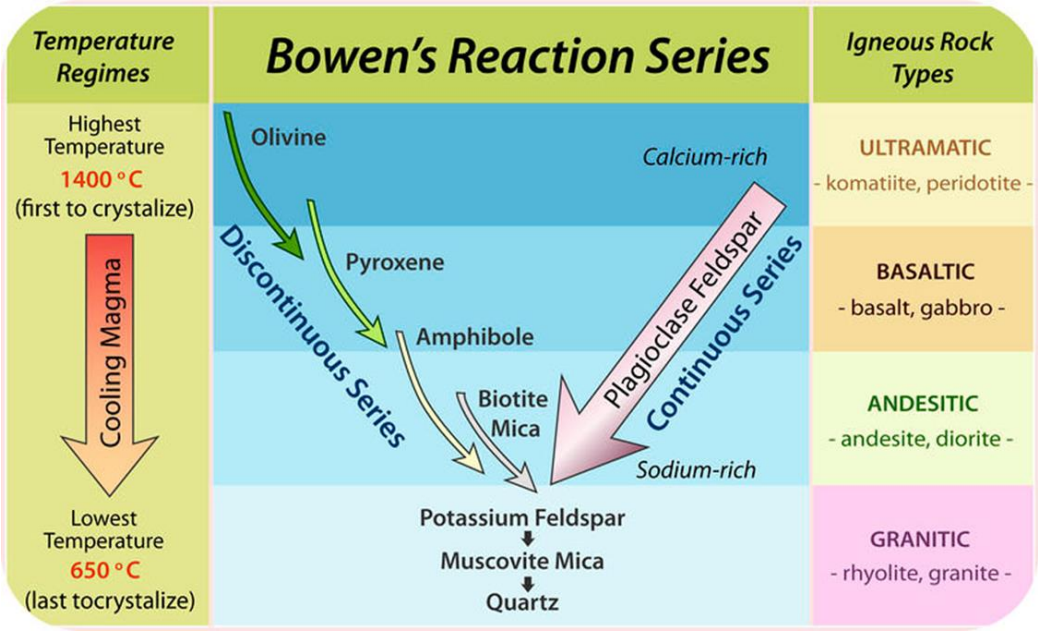
لو تخيلنا غرفة صهارية (magma chamber) مليئة بالصهارة المافية (mafic magma) فإنه ومع انخفاض درجة الحراة تبدأ المعادن في التبلور والانفصال عن الصهارة وتكون أول المعادن تبلورا بحسب السلسلة هي معادن الاولفين يليها معدن البيروكسين وهكذا.

تقسيم السلسلة لاحظ باون أن السلسة مقسمة إلى جزئين:

- **السلسلة المتصلة Continuous Series** وهي التي تضم مجموعة معادن البلاجيوكليز والتي تغير تدريجياً من تركيبها الكيميائي بإحلال أيونات الصوديوم محل أيونات الكالسيوم مع ما يرافقه من أحلال سليكون محل الالمنيوم ليتحول من بلاجوكليز غني بالكالسيوم إلى بلاجوكليز غني بالصوديوم مع انخفاض درجة الحرارة.

وقد سمي هذا الجزء بالسلسلة المتصلة لكون أن مجموعة المعادن الموجودة فيها تنتمي إلى مجموعة واحدة هي مجموعة البلاجوكليز.

- **السلسة غير المتصلة Discontinuous Series** وهي التي تضم مجموعات معادن الاوليفين والبيروكسين والامفيبول والبيوتايت ولاحظ أن كل مجموعة من **المجموعات تضم تحتها عدد من المعادن التي تشكل مجاميع مختلفة** بعكس السلسلة المتصلة حيث كانت معادنها من أول السلسلة إلى آخرها تنتمي إلى مجموعة واحدة هي مجموعة معادن البلاجيوكليز.



Bowen's Reaction Series helps **us understand** why **certain types** of minerals tend to be found **together** while others are almost **never found together.**

سلسلة تفاعلات باون تساعدنا على فهم لماذا أنواع من المعادن تتواجد مع بعضها (متصاحبة) بينما معادن أخرى ابدا لا تتواجد مع بعضها.

How Does It Work?ما هو مبدأ عمل السلسلة

- Different minerals form from magma at different temperatures.

انواع مختلفة من المعادن تتكون من الصهير الصخري عند درجات حرارة مختلفة.

- Some minerals crystallize when magma is at a higher temperature, while others only crystallize when magma is at a lower temperature.
- قسم من المعادن تتبلور من الصهير الصخري في درجات حرارة مرتفعة بينما قسم آخر يتبلور عند درجات حرارة منخفضة عندما تنخفض درجة حرارة الصهير.
- Minerals that form at high temperatures are listed at the top and minerals that form at lower temperatures are listed at the bottom.
- المعادن التي تتكون في درجات حرارة عالية وضعت في أعلى السلسلة بينما المعادن التي تتبلور ضمن درجات حرارة منخفضة تتبلور في أسفل السلسلة.
- Rocks that form from magma at high temperatures are called mafic and tend to be dominated by dark colored minerals such as olivine and pyroxene.
- الصخور التي تتكون من المنصهر الصخري في درجات حرارة عالية تسمى قاعدية Mafic ويغلب على معادنها الألوان الغامقة مثل معدن الاولفين والبايروكسين.
- Rocks that form from magma at lower temperatures are called felsic and tend to be dominated by light colored minerals such as potassium feldspar and quartz.
- الصخور التي تتكون من المنصهر الصخري في درجات حرارة منخفضة تسمى حامضية Felsic ويغلب على معادنها الألوان الفاتحة مثل الكوارتز والفلدسبار البوتاسي.

The External earth energy طاقة الأرض الخارجية

External earth energy comes from the **Sun** and the **Earth's gravity .**
Exp. The water flows (streams, torrents, rivers, glaciers), the sea, the wind, the atmospheric phenomena (rainfall, thunderstorms) and the temperature variations.

طاقة الارض الخارجية مصدرها عنصرين اساسين هما **حرارة الشمس و الجاذبية الارضية** . مثلا المياه الجارية (الجداول والانهار، السيول، الثلاجات) ومياه البحار والرياح وكل الظواهر الموجود في الغلاف الجوي من سقوط امطار وعواصف رعدية وتقلبات الحرارة اليومية والموسمية هي مرتبطة بهاذين العاملين.
والطاقة الخارجية هذه **لعبت وتلعب دور مهم في تغيير شكل الارض وتكون البيئات المختلفة.**

Weathering (التجوية) and Erosion (التعرية)

Weathering: processes at or near Earth's surface that cause

Rocks and minerals to break down

التجوية: هي عملية **تفتيت** الصخور و المعادن على او بالقرب من سطح الأرض

Erosion: process of removing Earth materials from their original sites through weathering and transport

التعرية: هي عملية **نقل** فتات الصخور والمعادن التي تعرضت للتفتيت (التجوية) من مناطقها الاصلية إلى مناطق أخرى .
أي ان التعرية = تجوية + نقل

Weathering Types أنواع عمليات التجوية

1. Mechanical Weathering: processes that break a rock or mineral into smaller pieces without altering its composition

التجوية الميكانيكية: هي عملية تحطيم الصخور والمعادن إلى قطع صغيرة من **دون** تغيير تركيبها الكيميائي.

2. Chemical Weathering: processes that change the chemical composition of rocks and minerals

التجوية الكيميائية: هي عملية التجوية التي تعمل على **تغيير** المكونات الكيميائية للصخور والمعادن.

Processes and Agents of Mechanical Weathering

عوامل وعناصر التجوية الميكانيكية (الفيزيائية)

1. **Frost wedging أسفين الصقيع**

Frost Wedging cracking of rock mass by the expansion of water as it freezes in crevices and cracks

تجمد الصقيع داخل الشقوق في الصخور يعمل على تحطيم هذه الصخور الى قطع وذلك بسب ان تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة (الصقيع) يرافقه زيادة في الحجم ما يسبب زيادة في الضغط داخل الشقوق وبالتالي مع مروز الزمن تتحطم هذه الصخور.

2. **Thermal expansion and contraction التمدد والانكماش الحراري**

Repeated heating and cooling of materials cause rigid substances to crack and separate to successive thin shells. This phenomenon is called **exfoliation**

تكرار عمليات التمدد والانكماش للمعادن المكونة للصخور يؤدي إلى تشقق وانفصال الصخور بهيئة قشور رقيقة متتابعة (مشابهة لقشور البصل) وهذه الظاهرة تسمى **بالتورق**Exfoliation .وغالبا ما تحصل هذه الظاهرة في المناطق الصحراوية بسبب الاختلاف في درجات الحرارة بين الليل والنهار.

3. **Abrasion** is the process of weathering produced by the suspended particles that impact on solid objects.

Abrasion is a process of weathering , which can happen in four different ways by **rivers**, **and wind and sea waves**

النحت أو التآكل: عملية التجوية هذه تحدث بسبب الجسيمات المحمولة من قبل وسط معين لتعمل كأداة في نحت وتغيير صخور الأرض. ويمكن ان تحدث عمليات النحت بواسطة الأنهار والرياح وكذلك من قبل أمواج البحار.

4. **Plant growth: plants** such as trees send out root systems, the fine roots find their way into cracks in the rocks. As the roots increase in size, they force the rock sections apart, increasing the separation and weathering.

نمو النباتات:

النباتات وخصوصاً الاشجار ترسل جذورها في اماكن عديدة وعند وجود صخور في منطقة نموهذه الاشجار قد تدخل الجذور الناعمة في هذه الشقوق وعند زيادة نمو الشجرة تزداد حجم الجذور داخل شقوق الصخور وبزيادة الحجم والضغط المستمر تعمل هذه الجذور على تكسير الصخور.

Processes and Agents of chemical Weathering عوامل وعناصر التجوية الكيميائية

1. Carbonation التحول إلى كاربونات

Water, often containing acid from dissolved carbon dioxide, will dissolve minerals from a rock body leaving cavities in the rock. .

التحول إلى كاربونات: تزداد قدرة الماء على الاذابة عند احتواءه على ثاني أوكسيد الكاربون تاركاً كهوف ومغارات داخل الصخور التي يلامسها. وعملية اتحاد المواد بحامض الكاربونيك الضعيف تدعى التحول إلى كاربونات .مثال ذلك تحول معدن الكالسايت المكون حجر الجير **Limestone** بتفاعله مع حامض الكاربونيك إلى كاربونات.

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

Air water Carbonic acid

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

Limestone Carbonic acid Calcium bicarbonate

2. dissolution الذوبان

Dissolution occurs when minerals in rocks **dissolve** directly into water.

$$NaCl + H2O = H^+ + OH- + Na+ + Cl-$$

3. Oxidation الاكسدة

Minerals may combine with oxygen to form new minerals that are not as hard. For example, the iron-containing mineral pyrite forms a rusty-colored mineral called limonite.

الاكسدة: قد ترتبط معادن مع عنصر الاوكسجين لتكون معادن جديدة تكون هشة أي اقل صلابة. مثال على ذلك معدن البايرايت Pyrite الصلب يتأكسد إلى معدن الليمونات Lymonite الهش

$$2FeS_2 + 8O_2 + 2H2O \longrightarrow FeO_3.H2O + 4SO_4 + 2H$$

4. Hydration التميئ

Minerals may chemically combine with water to form new minerals. Again these are generally not as hard as the original material.

التميء (الاتحاد بالماء)

تتحد جزيئات الماء مع بعض المعادن وتسمى هذه العملية بعملية التميء وتغير عملية أتحاد الماء التركيب المعدني للمعدن الأصلي مثل تحول معدن الانهادرايت إلى الجبسوم

$$CaSO_4 + 2\ H2O \longrightarrow CaSO_4.2H2O$$

5. Hydrolysis التحلل المائي

Hydrolysis is a chemical reaction between H+ and OH- ions in water and the minerals in the rock. The H+ ions in the water react with minerals to produce weak acids.

التحلل المائي هي عملية التفاعل بي ايون الهيدروجين +H الناتج من تحلل الماء والعناصر المعدنية الأخرى.

أيون الهيدروجين يتفاعل مع المعادن لينتج معادن ضعيفة (هشة).

$$2\ KAlSi_3O_8 + H_2O + 2\ H^+ = Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 2\ K^+ + 4\ SiO_2$$

K-feldspar **kaolinite** **aqueous silica**

Erosion

The process of erosion moves bits of rock or soil from one place to another. Most erosion is performed by water, wind, or ice (usually in the form of a glacier). These forces carry the rocks and soil from the places where they were weathered.

التعرية:

عمليات التعرية تعمل على نقل فتات الصخور والتربة المتكونة نتيجة لعمليات التجوية Weathering المختلفة من مكان إلى آخر. اغلب عمليات التعرية تحدث بعامل المياه أو الريح أو الجليد (الثلاجات) والجاذبية الارضية .

عوامل وعناصر النقل بالتعرية Erosion Transport Agents or Forces

التعرية erosion تنقل فتات الصخور الناتج عن عملية التجوية Weatheringبطرق مختلفة منها:

1. **Water erosion التعرية بالمياه**

Rain, Stream and Rivers, Wave ocean dynamics.

الامطار، الجدوال والانهار، فعاليات أمواج المحيطات والبحار.

Moving water is the major agent of erosion.
Rain carries away bits of soil and slowly washes away rock fragments. Rushing streams and rivers wear away their banks, creating larger and larger valleys**.**
Erosion by water changes the shape of coastlines. Waves constantly crash against shores.
الماء هو عنصر أساسي في عملية التعرية ، الامطار تغسل التربة والصخور وتنقل الفتات إلى مناطق أخرى بينما اندفاع مياه الجداول والانهار بعيدا عن ضفافها يكون اودية مختلفة وباحجام مختلفة . وامواج البحار تعمل على تغير شكل السواحل.

2. **Wind erosion التعرية بالرياح**

Wind carries dust, sand, and volcanic ash from one place to another. Wind can sometimes blow sand into dunes in the deserts.

الرياح تعمل على نقل الغبار والرمال والرماد البركاني من مكان إلى آخر. كما تعمل على تشكيل الكثبان الرملية في الصحاري.

3. **ICE and Glaciers erosion التعرية بالجليد والثلاجات**

Ice can erode the land. In frigid areas and on some mountaintops, glaciers move slowly downhill and across the land. As they move, they pick up everything in their path, from tiny grains of sand to huge boulders.

الجليد له القدرة على تعرية الأراضي ففي المناطق المتجمدة و على قمم الجبال تتحرك الثلاجات ببطء نحو الأسفل عبر الأراضي الموجودة في سفوح الجبال وعند حركتها تلتقط (تنقل) كل ما موجود من رواسب في طريقها من حجم الرمل إلى الجلاميد الصخرية الضخمة.

4. **Gravity erosion التعرية بالجاذبية الأرضية**

Is the movement of weathered material from one place to another by gravity
Gravity causes erosion by pulling rocks and soil downward. The rock cannot support itself against the force of gravity. Gravity is always the defining force that causes matter to move from higher elevations to lower elevations.

هي حركة المواد التي تعرضت لعمليات تجوية من مكان إلى آخر بفعل الجاذبية الأرضية.

هذا النوع من التعرية يحدث بسبب سحب الصخور والترب نحو المنحدرات (الأسفل) بسبب الجاذبية الأرضية. فالصخور ليس لها القدرة على مقاومة الجاذبية ومن المعلوم ان الجاذبية هي تلك القوة التي تعمل على سحب المواد من المستويات المرتفعة إلى المستويات المنخفضة.

الصخور الرسوبية The Sedimentary Rocks

أهمية الصخور الرسوبية:

وتظهر الصخور الرسوبية في الطبيعة على هيئة طبقات (Beds) متتابعة والصخور الرسوبية ليست سوى قشرة (غطاء) رقيقة تغطي الصخور النارية والمتحولة ولكنها تمتلك اهمية اقتصادية كبيرة حيث تعتبر مصدر مهم للموارد الطبيعية مثل الفحم والنفط ومياه الشرب وأحجار البناء والأطيان الصناعية وغيرها.

دراسة تسلسل الطبقات الصخرية الرسوبية هي المصدر الرئيسي لفهم تاريخ الجيولوجي للأرض Historical geology والكائنات التي عاشت على سطح الأرض حيث تحفظ هياكل الكائنات السابقة بشكل متحجرات Fossils داخل هذه الصخور بينما تتحطم او تذوب في الصخور النارية والمتحولة نتيجة الحرارة والضغط المرتفعين كما يجدر بالذكر ان الصخور الرسوبية وجدت على سطح المريخ.

الصخور الرسوبية The Sedimentary Rocks

الصخور الرسوبية تكونت نتيجة لعمليات التجوية الكيميائية والميكانيكية (الفيزيائية) Chemical or Physical weathering لصخور سابقة (نارية، رسوبية، متحولة) ونقلت الفتاتات أو العناصر المذابة من هذه الصخور عن طريق عمليات التعرية Erosion (المائية ، الهوائية ، الجليدية، الجاذبية الارضية) إلى مناطق أخرى ثم حدثت عمليات ترسيب لهذه المواد بشكل رواسب (فتاتية ، كيميائية ، كميائية حياتية، عضوية) وذلك عندما تقل قدرة عامل النقل او زيادة تركيز العناصر المذابة أو بفعل الكائنات الحية وبعد ذلك تتعرض هذه الرواسب إلى عمليات تصخر Lithofication تحول هذه الترسبات الهشة إلى صخور صلبة Rocks تسمى بالصخور الرسوبية Sedimentary Rocks.

عمليات التصخر Lithofication

هي تحويل الترسبات الهشة إلى صخور صلبة من خلال عمليات تقليل الفراغات بين الترسبات بسبب ثقل الترسبات الموجودة فوق بعضها البعض وربما يحدث ترسيب مواد لاصقة او سمنتية في الفجوات وتعمل على لصق الحبيبات مع بعضها البعض لتحولها إلى صخرة صلبة.

العمليات التحويرية Diagenesis

كل التغييرات الكيميائية والفيزيائية والحياتية التي تحدث على الرواسب منذ ترسيبها حتى تحولها إلى صخرة صلبة تسمى بالعمليات التحويرية.

Sedimentary Rocks

Sedimentary rocks form from pre-existing rock particles - igneous, metamorphic or sedimentary. The parent rock undergoes weathering by chemical and/or physical mechanisms into smaller particles. These particles are transported by ice, air or water. Deposition takes place as a result of a lowering of energy, organic biochemical activity or chemical changes. Once deposited, the sediments, over time, are lithified (turned into rock) through compaction (decrease in rock volume due to the weight of overlying sediment) and cementation (chemical precipitation in pore spaces between grains which "glues" the rock together).

الرواسب Sediments

تطلق كلمة راسب sediment على المواد الصلبة المتراكمة مع بعضها مع مرور الزمن سواء كانت هذه الراسب على اليابسة او في بيئات مائية (بحرية ، نهرية ، بحيرات، جليد).

كما تلعب نوعية عمليات التجوية والتعرية دورا مها في نوعية الرواسب حيث تكون عمليات التجوية الميكانيكية رواسب فتاتية بينما تكون التجوية الكيميائية رواسب كيميائية

أنواع الرواسب Type of Sediments

1) Clastic: cemented solid fragments/ grains from pre-existing rocks!

1. رواسب فتاتيه Clastic sediments:.

تترسب المواد المنقولة والناتجة عن عمليات التجوية الميكانيكية Mechanical Weathering عندما تضعف قدرة العامل الناقل (الماء أو الهواء) مثل وجود عوائق في مجرى النهر أو قلة سرعة الجريان فتسقط الحمولة وتكون ما يسمى بالرواسب الفتاتية Clastic sediments وهي الحصى والرمل والطين.

2- رواسب كيميائية Chemical Sediments

الترسيب الكيميائي Chemical deposition يحصل بواسطة تفاعلات كيميائية لنواتج التجوية الكيميائية (الايونات الذائبة) في المحاليل الناقلة **وفي بيئات ترسيب معينة وحسب ظروف ملائمة**. ومن أمثلة الترسيب الكيميائي ترسيب معدن الهلايت NaCl والكالسايت $CaCO_3$ و هذه الرواسب تسمى رواسب غير فتاتية Non-clastic او رواسب كيميائية، وبعد تصلبها تكون صخور رسوبية كيميائية مثل الحجر الجيري Limestone المؤلف من الكالسايت وصخور الملح من معدن الهلايت

3. رواسب كيميائية حياتية Biochemcial sediments

تقوم بعض الكائنات الحية مثل اللافقريات البحرية باستخلاص بعض المواد او المحاليل الذائبة من الماء وتستخدمها في بناء اصدافها الكلسية أو السليكية أو الفوسفاتية وبعد موت تلك الاحياء تترسب هياكلها مكونة ترسبات كيميائية حياتية ثم تتعرض هذه الترسبات لعمليات التصخر لتحولها إلى صخور رسوبية عضوية .

4. رواسب عضوية Organic Sediments

وهي التي تكونت لتراكم المكونات العضوية للكائنات الحية النباتية والحيوانية مثل تراكم حطام النباتات بعد موتها وطمرها يكون نوع آخر من الرواسب العضوية وهو الفحم Coal.

تصنيف الصخور الرسوبية Classification of Sedimentary Rocks

بعد كل ما تقدم، يمكن الآن تصنيف الصخور الرسوبية إلى أربعة أصناف هي:

1. **صخور رسوبية فتاتية Clastic Sedimentary Rocks**
2. **صخور رسوبية غير فتاتية (كيميائية) Non Clastic (Chemical) Rocks**
3. **صخور كيميائية حياتية Biochemcial Sedimentary Rocks**
4. **صخور رسوبية عضوية Organic Sedimentary Rocks**

Wentworth (1922) grain size classification

تصنيف (مقياس) وينتوورث للحجم الحبيبي

مقياس وينتوورث للحجم الحبيبي

Grain الحبيبة	Diameter (mm) القطر (ملم)
Boulders الجلاميد	>256
Cobbles الجلاميد الصغيرة	256-64
Coarse Pebbles الحصى الخشن	64-4
Fine Pebbles (gravel) الحصى الناعم	4-2
Sand الرمل	2-1/16
Silt الغرين	1/16-1/256
Clay الطين	<1/256

الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic Sedimentary Rocks:

1. **Conglomerate** is a clastic sedimentary rock formed by the lithification of rounded or sub-rounded gravel (grains larger than 2 mm in diameter)

1. **المدملكات (الرواهص)Conglomerate**: صخور رسوبية فتاتية تتكون من تصخر رواسب الحصى الدائري والشبه دائري والتي احجامها بقطر أكثر من 2 ملم.

أن سبب استدارة الحصى والجلاميد هو نقلها إلى مسافات بعيدة عن أماكن تجويتها.

2. **Breccia** is a clastic sedimentary rock formed by ltihofication of angular fragments of older rocks.

2. البريشيا Breccia: صخور رسوبية فتاتية تتكون من تصخر قطع صخرية (حصى) حادة الشكل من صخور سابقة واحجامها بقطر اكثر من 2 ملم.

Note: Breccia is very similar to conglomerate. The main difference is the fragments in breccia have not been rounded by the action of moving water as in a conglomerate

صخور البريشا تشابه جد المدملكات ولكن الاختلاف الرئيسي بينهما هو ان قطع الحصى المكونة للبريشيا هي ليست دائرية بل حادة وهذا بسبب انها لم تنقل لمسافات بعيدة عن اماكن تعريتها.

3. **Sandstone** is a clastic sedimentary rock composed mainly of sand size (1/16 to 2 mm) Most sandstone is composed of quartz or feldspar because they are the most resistant minerals to weathering processes at the Earth's surfac

3. **صخور الحجر الرملي Sandstone Rocks:** هي صخور رسوبية فتاتية تتكون من قطع صخرية بحجم الرمل (1/ 16 to 2mm) وتتكون بشكل اساسي من معادن الكوارتز والفلدسبار بسبب كون هذه المعادن اكثر مقاومة من غيرها لعمليات التجوية على سطح الارض .

4. الصخور الطينية (الصلصالية) Argillaceous rocks وتشمل :
تتضمن الصخور التي بحجم اقل من حجم الرمل أي السلت والطين.

A. **Claystone:** is a clastic sedimentary rock it is composed of very fine particles (clay sized less than 1/ 256 mm).

حجر الطين (الصلصال) Claystone: هو صخر رسوبي فتاتي يتكون من جسيمات ناعمة بحجم الطين اقل من 1/ 256 ملم .

B. **Siltstone** is a sedimentary rock which has a grain size in the silt range (1/16-1/256mm), finer than sandstone and coarser than claystones.

حجر الغرين Siltstone: هو صخر رسوبي فتاتي دقيق الحُبيبات يتكون أساساً من جسيمات بحجم الغرين (1/256 –1/16) ملم وهو أدق من الحجر الرملي وأخشن من حجر الصلصال .

C. Mudstone: is an extremely fine-grained sedimentary rock consisting of a mixture of clay and silt-sized particles.

حجر الطين Mudstone: يتكون بشكل رئيسي من حبيبات رسوبية ناعمة ممزوجة بين الطين والسلت.

D. Shale: is a fine-grained, clastic sedimentary rock composed of mud that is a mix of flakes of clay minerals and tiny fragments (silt-sized particles) of other minerals, especially quartz and calcite

السجيل أو الطفل Shale: صخور رسوبية فتاتية ناعمة الحبيبات مكونة من مزيج من المعادن الطينية الصفائحية وقطع صغير الحجم (بحجم السلت Silt) من معادن أخرى خصوصا الكوارتز والكالسايت.

ملاحظة: الطفل Shale هو مشابه من ناحية المكونات حجر الطين Mudstone ولكن المعادن الطينية في الطفل مرتبة بشكل صفائح رقيقة ناتجة عن ثقل الطبقات التي تعلوها.

E. **Marl:** a rock that consists of a mixture of clay materials and calcium carbonate and often contains kerogen

المارل Marl : صخرة رسوبية كيميائية تتكون من معادن طينية وكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ حيث تكون نسبة الطين اكثر من 60 بالمئة.

الصخور الرسوبية الكيميائية (غير الفتاتية)

Non-clastic or Chemical Sedimentary Rocks:

تتكون نتيجة لعمليات الترسيب المباشر للمواد الكيميائية المواد الذائبة في البحار والبحيرات والناتجة عن عمليات التجوية الكيميائية للصخور ثم تنتقل نواتج التجوية بشكل محاليل ذائبة لتكون رواسب كيميائية عند توفر الظروف المناسبة لتتحول فيما بعد إلى صخور رسوبية كيميائية.

وغالبا ما تترسب هذه المواد بسب:

1. التبخر Evaporation

2. الترسيب Precipitation

المتبخرات Evaporites

1. **Rock salt** is a chemical sedimentary rock that forms from the evaporation of ocean of saline lake waters. It is also known by the mineral name halite.

1. **صخور الملح Rock salts:**

هي صخور رسوبية كيميائية تتكون من تبخير مياه البحار والمحيطات والبحيرات المالحة. وهي تسمى أيضا باسم المعدن المكون لها الهلايت halite (NaCl)

2. **Sylvite** is potassium chloride (KCl) in natural mineral from. It forms crystals very similar normal rock salt, halite (NaCl). Sylvite a salty taste with a distinct bitterness.

2. **كلوريد البوتاسيوم Sylvite KCl**

هذا المعدن مشابه لصخور الملح Rock salts من حيث النشأة ولكن يمتاز بمذاقه المر.

3. **Gypsum** is an evaporate mineral most commonly found in layered sedimentary deposits in association with halite, anhydrite and dolomite. Gypsum ($CaSO4. 2H_2O$) is very similar to Anhydrite $CaSO_4$. The chemical difference is that gypsum contain two waters and anhydrite is without water.

3. **الجبسوم Gypsum:** هي معادن تنتج عن عمليات التبخر وغالبا تظهر بشكل طبقات رسوبية متصاحبة مع صخور الملح halite و الانهايدرايت و الدولمايت. التركيب الكيميائي للجبسوم هو $CaSO4. 2H_2O$

4. **Anhydrite** is a mineral anhydrous calcium sulfate $CaSO_4$.

4. **إنهايدرايت Anhydrite** هو معدن كبريتات الكالسيوم الغير مائية هو مشابه لمعدن الجبسوم ولكن يختلف بكون تركيبه الكيميائي CaSO4 لا يحتوي على الماء.

Precipitates
الصخور الكيميائية المتكونة بالترسيب المباشر

1. **Limestone** is a rock that is composed primarily of calcium carbonate. it can form chemically from the precipitation of calcium carbonate from lake or ocean water.

In cave droplets of water seeping down from above enter the cave through fractures or other pore space in the cave ceiling.

الحجر الجيري Limestone: هي صخرة مكونة بشكل أساسي من كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وتتكون بالترسيب المباشر من مياه البحيرات والبحار والمحيطات كما انه يتكون بطرق أخرى. وفي الكهوف يتكون بشكل الهوابط والصواعد في سقوف و أراضي الكهوف عن طريق المياه الجوفية.

2. **Dolomite** (also known as dolostone and dolomite rock) is a chemical sedimentary rock that is very similar to limestone. It is thought to form when limestone or lime mud is modified by magnesium- rich groundwater.

الدولمايت Dolomite : هي صخرة رسوبية كيميائية مشابه للحجر الجيري وتتكون من معدن الدولومايت والذي ينتج عن إحلال ايون المغنيسيوم بدل الكالسيوم في صخور الحجر الجيري بواسطة المياه الجوفية الغنية بالمغنيسوم.

الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks

هي الصخور الرسوبية التي تحتوي على نسبة من الكاربون العضوي بين مكوناتها.
مثل الفحم Coal و صخر الزيت الأسود Black Shale

1. **Coal,** formed from plants that have removed carbon from the atmosphere and combined it with other elements to build their tissue.

1. **الفحم Coal:** يتكون بواسطة النباتات التي تقوم بالحصول على الكاربون من الغلاف الجوي (CO_2) وتقوم ببناء انسجتها بالكاربون وبقية العناصر الأخرى وبعد موت النباتات وتجمعها خاصة المستنقعات واندثارها مع الرسوبيات الأخرى مثل الطين والرمل، ومع زيادة الترسبات فوقها يزداد الضغط والحرارة فيتغيّر التركيب الكيميائي للبقايا بفعل البكتيريا اللاهوائية التي تحلّل المركبات العضوية بشكلٍ جزئي حيث يتركّز فيها عنصر الكربون ويتم التخلّص من عنصر الأوكسجين والهيدروجين والنتروجين، وتسمّى النتائج في هذه المرحلة "الخثّ" Peat يحتوي على كاربون بنسبة 50%. مع استمرار زيادة الضغط والحرارة وزيادة المسافات التي تدفن فيها فإنّ نشاط البكتيريا يتوقف ويزداد تركيز الكربون فيها، وفي هذه المرحلة يُسمّى الناتج بـ "الفحم الحجري البني" Lignite يحتوي على كاربون بنسبة (60 – 70%) ، ومع زيادة مدة التعرّض للضغط والحرارة يتكوّن الفحم الحجري الصلبBituminous نسبة الكاربون (85 – 80%) ، وإذا تعرّض هذا الفحم الحجري الصلب للمزيد من الحرارة والضغط يتكوّن فحم الانثراسيت Anthracite نسبة كاربون (90 – 95%).

مراحل تكون الفحم: Peat – Lignite – Bituminous – Anthracite

2. Black Shale Rocks

A specific type of sedimentary black rocks, fine grained that contains significant amounts (>3%) of organic carbon.

2. الصخر الزيتي الأسود Black shale Rocks

يستخدم مصطلح Black Shale لتسمية نوع مميز من الصخور الرسوبية السوداء اللون التي تتكون من حبيبات ناعمة الحجم تضم مواد عضوية لا تقل عن 3% من حجم الراسب وهذه المواد العضوية مصدرها الطافيات النباتية Planktonic وحطام النباتات.

الصخور الرسوبية الكيميائية الحياتية Biochemical sedimentary Rocks

Biochemical sedimentary rocks are created when organisms use materials dissolved in water to build their tissue, hard mineral skeletons accumulation after death sedimentary rocks made from these minerals.

الصخور الكيميائية الحياتية: تتكون عندما تقوم بعض الكائنات باستخدام المواد المذابة في المياه من اجل بناء أنسجتها وبعد موت الكائنات هذه تتجمع هياكلها الصلبة بشكل ترسبات لتتحول بعد ذلك إلى صخور صلبة.

1. **الحجر الجيري الطباشيري Chalky limestone**

حجري جيري ناعم الملس هش ذو لون ابيض ناصع واحيانا رصاصي اللون ويتكون بشكل أساسي من تجمع اصداف الكائنات البحرية الميتة المتكون من كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ مثل اصداف الفورامنيفيرا (المنخربات) Foraminifera و الكوكوليث Coccolithophores .

2. **حجر الجير المرجاني Coral Limestone**

كربونات الكالسيوم ممكن ان يتكون بواسطة المرجان وبعض الطحالب التي تقوم باستخلاص ايونات الكاربون والكالسيوم من مياه البحر وبناء هياكلها من هذا المعدن وبعد موتها تتجمع هياكلها ليتكون صخور رسوبية.

3. **حجر الصوان Chert**

صخور رسوبية ناعمة الحبيبات تتكون من السليكا ناعمة التبلور إلى غير واضحة التبلور وهي تتكون بالأساس من بقايا هياكل الطافيات النباتية Planktonic مثل الشعاعيات Radiolaria والدياتوم Diatoms حيث تتراكم هذه الهياكل في قاع البحار وتتبلور خلال عمليات التصخر لتكون طبقات رقيقة او عقد من الصوان.

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

تنشأ **الصخور المتحولة** من الصخور النارية أو الصخور الرسوبية وحتى الصخور المتحولة القديمة التي كانت موجودة من قبل تحت تأثير الحرارة والضغط والمحاليل الكيميائية النشطة يحدث هذا التحول عندما تتغير الظروف الطبيعية والكيميائية التي تتعرض لها الصخور مما يجعل كثيرا من المعادن المكونة للصخر غير ثابتة للظروف الجديدة وبالتالي تتحول إلى معادن جديدة أكثر ملائمة للبيئة الجديدة

تتم عملية تحول المعادن بينما تبقى الصخور في الحالة الصلبة وكثيرا ما تكتسب الصخور المتحولة أنسجة وتراكيب جديدة تختلف عن نسيج الصخور الأصلية تمام الاختلاف. ونتيجة لفعل الضغوط القاصة التي يتعرض لها الصخر فإن الحبيبات المعدنية قد تتهشم أو تتفلطح أو تترتب في طبقات شبه متوازية على هيئة ترتيب شرائطي مميز للصخور المتحولة.

Metamorphism is the solid-state transformation of pre-existing rock into texturally or mineralogically distinct new rock as the result of heat, pressure, and/or fluid activity, produces metamorphic rocks. The preexisting rocks may be igneous, sedimentary, or other metamorphic rocks.

عملية التحول Metamorphism:

عبارة عن التغير الذى يطرأ على الصخر السابق في تكوينه سواء أكان هذا الصخر ناريا أم رسوبيا أم حتى صخرا متحولا حيث يحدث هذا التغير في النسيج أو المحتوى المعدني وذلك نتيجة للتغير في الظروف من الضغط ودرجات الحرارة وتأثير المحاليل الكيميائية والتي تؤدى جميعها إلى تكوين صخور أخرى مختلفة في تركيبها المعدني أو في النسيج .

ومن الجدير بالذكر أن **التحول يحدث في الحالة الصلبة وهو ما يميز الصخور النارية عن المتحولة لأن الصخور النارية تنتج عن تصلب الصهير .**

How Metamorphism Alters Rocks

The metamorphic process causes many changes in rocks, including increased density, growth of larger crystals, reorientation of the mineral grains into a layered or banded texture, and the transformation of low temperature minerals into high-temperature minerals.

كيف تغير عمليات التحول الصخور

عمليات التحول تسبب العديد من التغيرات في الصخور مثل:

زيادة الكثافة، زيادة في حجم البلورات، أعادة ترتيب البلورات المعدنية في طبقات أو انسجة حزمية. وتحويل المعادن من معادن متبلورة في درجات حرارة منخفضة إلى معادن متبلورة في درجات حرارة عالية.

AGENTS OF METAMORPHISM عناصر (عوامل) عمليات التحول

The agents of metamorphism include heat, pressure (stress), and chemically active fluids. However, the degree of metamorphism and the contribution of each agent vary greatly from one environment to another.

عناصر او عوامل عمليات التحول تتضمن **الحرارة والضغط (الاجهاد) والمحاليل الفعالة كيميائياً**. ومع ذلك، فإن درجة التحول ومساهمة كل عامل من هذه العوامل تختلف اختلافا كبيرا من بيئة إلى أخرى. في التحولات منخفضة الدرجة، تتعرض الصخور لدرجات حرارة وضغوط أكبر قليلا من تلك المرتبطة بتصلب الرواسب في الصخور الرسوبية. من ناحية أخرى، ينطوي التحول العالي الدرجة على قوى تكتونية شديدة ودرجات حرارة قريبة من تلك التي تنصهر فيها الصخور (درجة حرارة الصهير البركاني)

In low-grade metamorphism, rocks are subjected to temperatures and pressures only slightly greater than those associated with the lithification of sediments. High-grade metamorphism, on the other hand, involves extreme tectonic forces and temperatures close to those at which rocks melt.

1. Heat as a Metamorphic Agent - The most important agent of metamorphism is heat because it provides the energy to drive the chemical changes that result in the recrystallization of minerals. Heat my derived from intrusion of molten material rising from below. The effects of this contact metamorphism are most apparent when it occurs at or near the surface where the temperature contrast between the magma and the host rock is most pronounced.

1. عامل الحرارة Temperature

يعتبر تأثير الحرارة من أهم عوامل تكون الصخور المتحولة بسبب كون الحرارة تزود الطاقة من اجل حدوث تغيرات كيميائية والتي تؤدي إلى أعادة تبلور المعادن. مصدر الحرارة ربما يكون من الاحتكاك بين الاطباق التكتونية وكذلك **من أهم مصادر الحرارة المسببة لتحول الصخور هي الحرارة الصادرة عن جسم ناري جوفي أو بركاني صغير ام كبير يخترق الصخور الباردة اثناء اندفاعه نحو سطح الأرض، كما ان الصخور التي تطمر (تدفن) نتيجة ثقل الصخور التي فوقها تتعرض للحرارة الموجودة في باطن الأرض و المتأتية من الجبة الأرضية نتيجة التوصيل العمودي ، والحرارة المتكونة في الجبة تعود إلى تحطم المواد المشعة وإصدارها حرارة نتيجة هذا التحطم عبر ملايين السنين، فضلا عن الحرارة القادمة من لب الأرض المنصهر.**

يعبر عن الحرارة عادة بمصطلح السريان الحراري (Heat flow) أو ما يسمى بالتدرج الحراري الأرضي (Geothermal gradient) الذي يشير إلى أن درجة الحرارة الأرضية تزداد كلما ازداد العمق عن سطح **الأرض وبمعدل يقدر بحدود (25º–30º) مئوية لكل كيلومتر عمقا أو ما يعادل (30ºمئوية/كم) .**

الحرارة العالية تجعل من الذرات أكثر طاقة وأكثر حركة **فتصبح للذرات قدرة على كسر الاصرة الكيميائية** التي تجمعها ضمن البنية البلورية للمعادن وعندما تنكسر هذه الاصرة تصبح الذرات حرة الحركة وتستطيع تكون اصرة جديدة ضمن معادن جديدة أكثر استقرارا في الحرارة العالية.

2. Pressure and Stress as Metamorphic Agents - Pressure, like temperatures, also increases with depth. Buried rocks are subjected to the force, or stress, Pressure (stress)as metamorphic agent exerted by the load above.

2. عامل الاجهاد والضغط Pressure

الضغط مثل الحرارة يزداد مع زيادة عمق الصخور في باطن الارض

يوجد نوعين من الضغط المؤثر على الصخور:

A. **الضغط المنتظم غير الموجه أو الضغط المحصور (Uniform or Confiding Pressure)**

وهو ما يسمى احيانا (الضغط غير الاتجاهي) فهو الضغط المسلط على الصخرة بشكل متساو من جميع الجهات، وهو ضغط منتظم **ناتج** عن ضغط الصخور المحيطة بالصخرة المتعرضة للتحول ويعمل على حصول تغير في حجم الصخرة. ويحدث نتيجة لزيادة العمق فيزداد ثقل الصخور وهو يعمل بصورة عمودية حيث يتناسب طرديا مع العمق بفرض ثبات كثافة الصخور وهو متساوي من جميع الاتجاهات ويشابه ضغط عمود المياه في البحار.

B . ضغط موجه Directed Pressure :

وينتج عادة بفعل الحركات الارضية، ويكون موجها باتجاه واحد هو نفس اتجاه الحركات الارضية ويكون قريبا من سطح الارض.

الضغط الاتجاهي Directional Pressure يكون الضغط غير متساوي وهذا الاختلاف في الضغط يسمح للذرات بالحركة الافقية وتتكسر الاصرة التي تربط الذرات مع بعضها في البنية البلورية للمعادن وتصبح الذرات حرة الحركة .

وهو المسبب الرئيسي للتشوهات في الصخور كما هو مسؤول عن تكوين النسيج المتصفح (المتوازي الاتجاه) Foliated Texture حيث يحدث ترتيب للمعادن المكونة للصخر فى نسق إتجاهى .

3. فعالية المحاليل الكيميائيةActivity of Chemical Fluids :

من عوامل التحول المهمة، إذ أن هذه المحاليل تقوم بتنشيط التفاعلات الكيميائية وإعادة تبلور المعادن وكذلك إضافة مواد جديدة للصخرة أو اخذ مواد أخرى منها. كما أن وجود الماء في الصخور يزيد من سرعة التبلور وان بعض التفاعلات لا يمكنها التكامل بدون وجود الماء حتى لو بقيت لفترات زمنية طويلة، وذلك لان الماء يعمل كعامل مساعد حتى ولو كان موجودا بشكل بسيط جدا. إضافة لهذه المحاليل فأن المواد الطيارة والغازات المترافقة معها يكون لها دور أيضا في عملية التحول ومن أهمها حوامض الكاربونيك (HCO_3)والهيدوفلوريك (HF)والهيدروكلوريك (HCl)وغيرها.

أنواع عمليات التحولTypes of Metamorphism

هناك عدة أنواع من عمليات التحول.There are several types of metamorphism

1. التحول الحراري أو التماسي Thermal or Contact Metamorphism :

وهو التحول الناتج بفعل الحرارة العالية فقط (بدون ضغط)، ويحصل قرب او عند تماس الصخور الام مع جسم ناري او صهير ولهذا سمي بالتحول التماسي، وفيه تنتقل الحرارة من الجسم الناري الى الصخور المتماسة المحيطة به فتحولها الى صخور متحولة تحولا حراريا او تماسيا قرب السطح. يحدث هذا النوع من التحول ضمن نطاق محصور حول الاجسام النارية التي تؤثر على الصخور المحيطة Country Rocks بها وتتوقف طبيعة التفاعلات الكيميائية التي تحدث أثناء عملية التحول التماسى (الحرارى) على حجم الجسم النارى المتداخل فالأجسام النارية الصغيرة الحجم مثل الجدد الافقية Sills و العمودية Dykes لا تؤثر كثيرا في الصخور المحيطة بها بينما تؤثر الحرارة المصاحبة للأجسام المتداخلة الكبيرة مثل الباثوليث Batholith على الصخور المحيطة بسبب أن ارتفاع درجات الحرارة يستمر لفترة طويلة تكفى لحدوث التفاعلات الكيميائية ومن أشهر الصخور المتحولة بهذه الطريقة الرخام Marble متحول عن الصخور الجيرية والكوارتزيت Quartzite متحول عن الصخور الرملية.

2.التحول الديناميكي Dynamic (Cataclastic) Metamorphism:

تتكون الصخور المتحولة ديناميكيا بسبب الضغط العالي الناتج عن سحق الصخور بسب الحركات التكتونية على طول الفوالق Faults حيث تتحرك الطبقات الصخرية بجانب بعضها البعض ويتضمن هذا النوع من التحول على الضغط الموجه العالي Directional Pressureأما بالنسبة لتأثير درجات الحرارة فهي متفاوتة حسب عمق الفوالق . ومن أشهر أنواع الصخور المتحولة ديناميكيا الاردواز Slate و المايلونايت Mylonites

3. التحول الإقليمي Regional Metamorphism :

وقد سمى بهذا الاسم لأنه يحدث على نطاق واسع بحيث يغطى مساحات وأقاليم واسعة قد تبلغ عدة مئات من الكيلومترات المربعة وينتج التحول الإقليمي من الضغط والحرارة معا بدرجات متفاوتة إذ قد يكون الضغط هو السائد فى التحول وقد تكون الحرارة كذلك وقد يتعادلان فى التأثير وذلك حسب ما يعرف بنطاقات التحول Metamorphic Zones ويصاحب هذا النوع من التحول العمليات التكتونية ذات المدى الكبير مثل الحركات البانية للجبال .

ويغلب على مظهر الصخور المتحولة تحولا إقليميا الانتظام فى اتجاه بنية النسيج حيث يبدو ذا نسيج اتجاهي Directional Fabric والسبب فى هذا النسيج أنه أثناء الحركات البانية للجبال تحدث التجاعيد والانثناءات مما يؤدى إلى تعرض الصخور إلى درجة عالية من الحرارة والضغط وبالتالى يتغير البناء الطبيعى للصخر بالنظر إلى هذه الظروف الجديدة فتهشم بعض المعادن أو قد يتغير شكلها فتصبح . بفعل الضغط . مفلطحة كما تنتظم البلورات وحبيبات المعادن فى صفوف متوازية كدليل على هذا النوع من التحول .

4. التحولات الحرمائية Hydrothermal Metamorphism

المحاليل الحرمائية هي مياه ساخنة تتكون بشكل طبيعي وتحتوي على أنواع مختلفة من العناصر المعدنية المذابة كذلك الغازات حيث تسخن هذه المياه نتيجة لتماسها مع الاجسام النارية الساخنة سواء كانت داخل القشرة الأرضية او في المياه البحرية يحدث بشكل نموذجي في منطقة حدبة وسط المحيط Mide oceanic ridge حيث تنتشر الصهارات البزلتية وتعمل على تسخين مياه البحار ، تفاعل كيميائي بين المياه الحارة و البازلت ليكون صخور متحولة. كما ان المحاليل الحرمائية يمكن ان تتواجد على القارة بسبب تسخين المياه الموجودة تحت السطح عند تماسها مع الاجسام النارية.

أنسجة الصخور المتحولة Textures of metamorphic rocks

يوجد نوعين رئيسين من انسجة الصخور المتحولة:

1. النسيج المتورق Foliated Texture

وتتميز هذه الصخور بوجود اتجاه مفضل للمعادن وهذا الاتجاه يكون مستويا Planer أو مخططا Lineated حيث تصطف المعادن فى صفوف ومستويات متوازية وينتج هذا النوع من الانسجة بسبب الضغط الاتجاهي Directional Pressure حيث يقوم هذا الضغط بالتاثير على المعادن المختلفة وقسم من هذا المعادن لها القدرة على إعادة ترتيب تركيبها بشكل طولاني او ممتد مثل المعادن السليكاتية Silicate mineral بينما معادن أخرى ليس لها القدرة على ذلك ومعادن السليكا مثل الامفيبول والبايوتات هي أصلا مكونة من سلاسل بشكل طبقات ولذلك تفضل الاتجاه الطولاني المتورق.

ومن أشهر هذا النوع من النايس Gneiss وصخرة الشيست Schist

2. النسيج غير المتورق Non –Foliated Texture

تظهر المعادن بشكل حبيبي او كتلي من دون وجود بلورات مرتبه باتجاه موحد كما في النسيج المتورق وينتج هذا النوع من الصخور حول المقتحمات النارية Igneous intrusions حيث تكون الحرارة عالية والضغط قليل نسبيا ومتساوي في جميع الاتجاهات (ضغط محصور Confining Pressure) المعادن الاصلية في الصخرة تنمو عن طريق إعادة تبلورها Recrystallize إلى معادن اكبر حجما وتصبح الذرات متجاورة بشكل اكبر ومتراصة وتزداد كثافة الصخرة

مثل صخرة الكوارتزيت Quartzite وصخرة الرخام Marble