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 مرور 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 نمو هذه 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:

Weathering عمليات التعرية تعمل على نقل فتات الصخور والتربة المتكونة نتيجة لعمليات التجوية 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 CaCO3 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 (1/16– 1/256) 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.

Organic Sedimentary Rocks الصخور الرسوبية العضوية

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 الصلب Bituminous 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.