الفصل الرابع

الصخور

* الصخور النارية .
* الصخور الرسوبية
* الصخور المتحولة .
* دورة الصخور

الفصل الرابع : الصخور Rocks

المكون الرئيسى لمادة الأرض هى الصخور بأنواعها المختلفة والصخور ، عبارة عن مخاليط من مجموعة متنوعة من المعادن وقد تكون من معدن واحدة كالجبس والرخام أو أكثر من معدن كالجرانيت ، وبالرغم من تنوع صخور كوكب الأرض واختلافها فى الخواص الفيزيائية والكيميائية فقد تمكن العلماء من تقسيم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى :

١ - الصخور النارية .

٢ - الصور الرسوبية .

٣ - الصخور المتحولة .

* الصخور النارية Igneous rocks :

يرجع أصل الصخور النارية إلى المادة المنصهرة التى تخرج من باطن الأرض أثناء ثوران البراكين والتى تعرف باسم الصهير وهو سائل صخرى يتكون فى باطن الأرض ويتألف من عناصر كيميائية مختلفة منها الأكسجين والسليكون والألومنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم . وتعتبر الصخور النارية من أكثر أنواع الصخور انتشارا بالقشرة الأرضية حيث تشكل أكثر من ٨٥٪ من حجم صخور الأرض فصخر الجرانيت مثلا هو المكون الرئيسى لطبقة السيال وصخر البازلت هو الصخر البانى لطبقة السيما .

أما عن كيفية تكون الصخور النارية ونشأتها فى الطبيعة فإنه نتيجة اندفاع الصهير الملتهب من جوف الأرض إلى سطح الأرض خلال الشقوق والتصدعات التى توجد بالقشرة الأرضية .

وهذا الصهير تتعرض مكوناته لظروف جديدة من الضغط ودرجة الحرارة تختلف عن تلك التى كان عليها الصهير قبل اندفاعهِ صوب سطح الأرض وهذه الظروف الجديدة

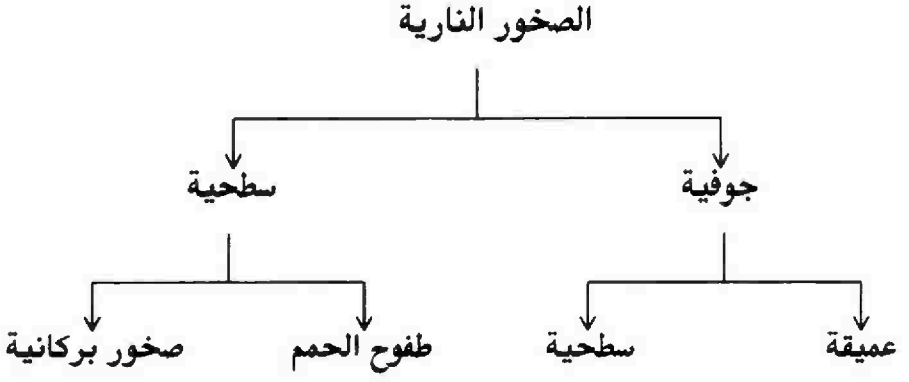
تعمل على اتحاد بعض من العناصر الموجودة بالصهير مع البعض الآخر لتشكل فيما بينها مجموعة كبيرة من المعادن تكون بدورها بعد تماسكها وتصلبها الصخور النارية بأنواعها المختلفة .

ويختلف نوع الصخر النارى باختلاف موقع برودة الصهير فإذا برد الصهير وتصلبت معادنه فى جوف الأرض أى بعيدا عن سطح الأرض تتكون **الصخور النارية الجوفية** ، أما إذا حدث وبرد الصهير وتماسكت معادنه وتصلبت على سطح الأرض فإنه ينشأ عنها نوع آخر هو **الصخور النارية السطحية** .

والصخور النارية الجوفية تقسم وفقا لعمق المكان الذى تتكون عنده ، فهى **صخور جوفية عميقة** تتكون نتيجة تجمد الصهير فى جوف الأرض بعيدا عن السطح أو **صخور جوفية سطحية** وتتكون فى الأعماق القريبة من سطح الأرض .

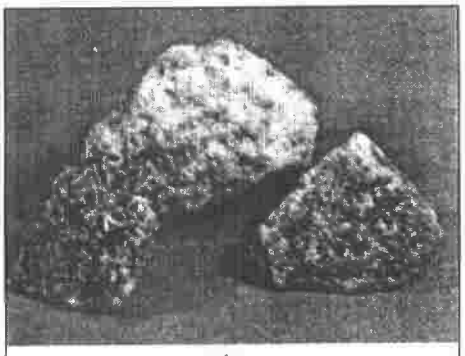
والصخور النارية السطحية تقسم وفقا للطريقة التى تنبثق بها صوب سطح الأرض إلى **طفوح الحمم** وهى التى تندفع بهدوء خلال الشقوق وتسيل على سطح الأرض ببطء .

وصخور بركانية وهى التى ينبثق مصهورها بشدة من باطن الأرض خلال الشقوق محدثة أصواتا مدوية وانفجارات هائلة ثم يتصلب على سطح الأرض وتشكل بعد تراكم بعضها فوق بعض ما يعرف بأجسام البراكين .



* التركيب المعدنى للصخور النارية :

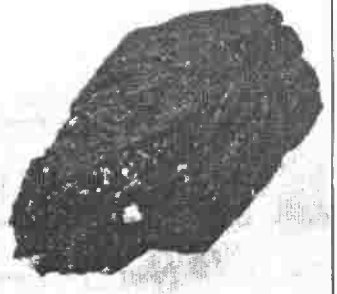
تتألف الصخور النارية من مجموعتين من المعادن أهم عناصرها السليكون والماغنسيوم والحديد . والمجموعة الأولى من هذه المعادن تكون أكثر من ٩٥ ٪ من مجموع المعادن الكلية المكونة للصخور النارية وهى التى تحدد نوع الصخور وخواصها وتسمى مجموعة المعادن الأساسية . . أما المجموعة الثانية من معادن الصخور النارية والتى تشكل ٥٪ من مادة الصخر وتعرف بمجموعة المعادن الإضافية أو الثانوية مثل معادن الأباتيت والهيماتيت والبايريت .



معدن الأوليفين
ذو اللون الأخضر الزيتونى

ومن أهم معادن مجموعة المعادن الأساسية الكوارتز والفلسبار والميكا البيضا وتعرف **بالمعادن فاتحة اللون** وتحتوى نسبة عالية من عنصر السيلكون تتراوح بين ٨٥ ٪ ، ٦٥ ٪ مع نسبة قليلة من العناصر القاتمة اللون مثل الحديد والمغنسيوم ، أما **المعادن قاتمة اللون** مثل الأوليفين والأمفيبول والبيركسين تحتوى نسبة عالية من عنصرى الحديد والماغنسيوم بين ٦٠ ٪ ، ٨٠ ٪ مع نسبة قليلة من السليكون .

معدن البيروكسين



معدن الأمفيبول

وأهم خصائص الصخور النارية :

١ – لون الصخر .　　٢ – نسيج الصخر .

* لون الصخر

الصخور الفاتحة اللون تتكون من المعادن الأساسية مثل الكوارتز والفلسبار والميكا البيضا والتى تزيد فيها نسبة السليكا على نسبة الحديد والمغنسيوم . والصخور القاتمة اللون تفوق فيها نسبة عنصرى الحديد والمغنسيوم على نسبة السليكون .

وخاصية اللون لا تقتصر أهميتها على تحديد نوعية المعادن الأساسية التى يتألف منها الصخر النارى بل إنه يمكن عن طريقها تحديد نوعية وخواص ومكونات الصهير الذى نشأ عنه الصخر ، فالصخور النارية التى تحتوى الكوارتز والفلسبار والميكا ترجع إلى الصهير الحامض (يحتوى نسبة عالية من عنصر السليكون) وهى فاتحة اللون . أما الصخور النارية التى تتألف من المعادن القاتمة فترجع إلى الصهير القاعدى (يحتوى نسبة عالية من الحديد والماغنسيوم) أما الصخور النارية التى تتميز بلون وسط بين الفاتح والقاتم فيرجع مصدرها إلى الصهير المتوسط الحامضية والذى تتساوى فيه نسب كل من عناصر السليكون والحديد والماغنسيوم .

وعلى أساس ما تقدم يمكن تقسيم الصخور النارية إلى صخور حامضية وصخور قاعدية وصخور متوسطة الحامضية . **والصخور الحامضية** مصدرها الصهير الحامضى لونها فاتح تحتوى نسبة عالية من السليكون مثل صخر الجرانيت . **والصخور القاعدية** مصدرها الصهير القاعدى ولونها قاتم وتحتوى نسبة عالية من الحديد والمغنسيوم مثل البازلت ، **والصخور متوسطة الحامضية** تتراوح نسبة السليكا بها بين ٥٥ ٪ إلى ٦٥ ٪ ومن بين أنواع هذه الصخور صخر الدايوريت .

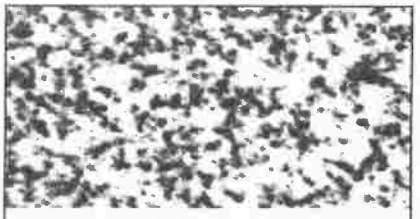
* النسيج

من أهم خصائص الصخور النارية ، وتعبر هذه الخاصية عن درجة تبلر الصخر وشكل بلوراته وعلاقة بعضها بالبعض الآخر . وتدل صفات النسيج على طبيعة المكان الذى تجمد فيه الصهير من حيث العمق على سطح الأرض وسرعة التبريد ، فالصخور

النارية الجوفية العميقة تظهر عادة بنسيج خشن الحبيبات تتميز فيه معادن الصخر المختلفة بأحجامها الكبيرة المتساوية والتى يمكن رؤيتها بسهولة بالعين المجردة أو بعدسة يد ، وكبر حجم البللورات فى هذا النوع من الصخور يرجع أساسا إلى التبريد البطئ الذى أتاح الفرصة لبللورات الصخر أن تنمو وتكبر .

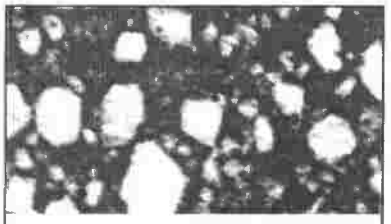
نسيج خشن

أما الصخور الجوفية السطحية فتتميز بالنسيج الدقيق وهو الذى تظهر فيه غالبية معادن الصخر بأحجام صغيرة متساوية بحيث لا يمكن رؤيتها إلا بالمجهر .



نسيج دقيق

وهناك نوع ثالث من النسيج يعرف بالنسيج البورفيرى والذى تتكون فيه بلورات المعادن بأحجام مختلفة منها الكبير ومنها الصغير يمكن رؤيتها بالعين المجردة أو دقيق لا يمكن تمييزه إلا بالمجهر وهذا النسيج يرجع تكونه إلى أن الصهير قد يبدأ فى تصلبه عميقا داخل الأرض ثم يرتفع قريبا من السطح ليبرد بسرعة .



النسيج البورفيرى

وبذلك يكون معدل التبريد فى الحالتين متفاوتا ومن ثم تظهر درجة التبلر فى ثلاثة صور (كبير – صغير – دقيق) أما الصخور السطحية وهى التى تتصلب مصهوراتها فوق سطح الأرض حيث معدلات التبريد الفجائية والسريعة الأمر الذى لا يعطى أى فرصة لبلورات هذه الصخور من أن تكبر وتنمو فهى تظهر بنسيج زجاجى يشبه إلى حد كبير الزجاج عند تصلبه من مصهوره .

نسيج زجاجى

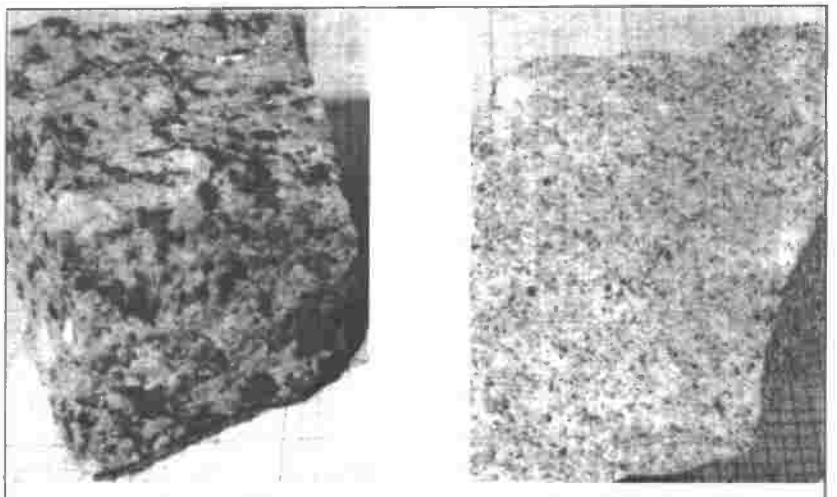
العلاقة بين أنواع الصخور النارية وصهيرها

	نوع الصهير		حامضى	متوسط	قاعدى
الصهير	نسبة السيليكا		٧٥٪ – ٦٥٪	٦٥٪ – ٥٥٪	٥٥٪ – ٤٥٪
	نسبة العناصر الأساسية	السيليكون	٨٥٪ – ٦٥٪	٥٠٪	٤٠٪ – ٢٠٪
		الحديد الماغنسيوم	١٥٪ – ٣٥٪	٥٠٪	٦٠٪ – ٨٠٪
	النشأة	**النسيج**	**فاتحة اللون**	**متوسطة اللون**	**قاتمة اللون**
الصخور	جوفية	عميق خشن	جرانيت	دايوريت	جابرو
	جوفية	متوسط بورفيرى	جرانيت بورفيرى	دايوريت بورفيرى	جابرو
	سطحى	دقيق	دايوريت	انديزيت	بازلت
	سطحية	زجاجى	بوميس (الحجر الخفاف)	انديزيت زجاجى	أوبسيديان

* أهم أنواع الصخور النارية :

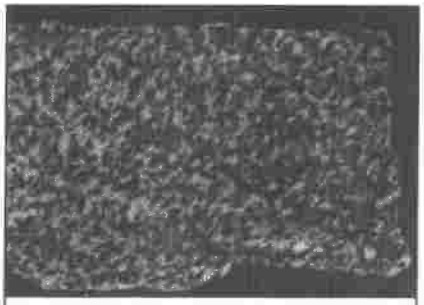
(١) الجرانيت :

صخر فاتح اللون نسيجه إما خشن الحبيبات أو دقيق أو بورفيرى ويتركب أساسا من معدنى الكوارتز والأورثوكليز والميكا وبعض المعادن الإضافية .



جرانيت دقيق الحبيبات — جرانيت بروفيرى

(٢) الدايوريت :



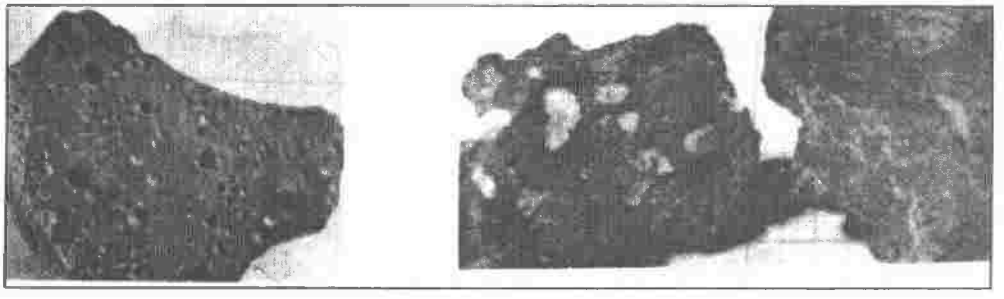
الدايوريت

صخر جوفى سطحى متوسط الحامضية له نسيج منتظم يتألف من معادن البلاجيوكليز والميكا السوداء وبعض معادن الحديد والماغنسيوم ؟ ولذا نجده عادة رماديا أو قاتم اللون .

(٣) البازلت :

أول الصخور النارية التى عرفها الإنسان واستخدمها فى صناعاته وأدواته البدائية ، وهو صخر قاعدى أسود نسيجه إما زجاجى فى حالة تصلبه على سطح الأرض ، أو دقيق الحبيبات إذا ما تصلب فى الأعماق ، وكثيرا ما يحتوى الصخر ثقوب وفجوات ترجع إلى الغازات والأبخرة المنطلقة والتى كانت محبوسة فى الصهير قبل تصلبه وغالبا ما تمتلئ هذه الثقوب برواسب معدنية .

ويعتبر البازلت من أكثر الصخور النارية انتشارا بين صخور القشرة الأرضية وخاصة تحت أحواض البحار والمحيطات . ويستخدم البازلت بصفة أساسية فى أعمال الرصف والبناء .



* الصخور الرسوبية Sedimentary rocks :

يرجع أصل الصخور الرسوبية إلى فتات الصخور والمعادن المختلفة التى تنتج عن تآكل وكسر الصخور المكونة للقشرة الأرضية سواء كانت صخورًا نارية أو متحولة أو رسوبية تكونت فى أزمنة سابقة ، ويرجع تكون الصخور الرسوبية أيضا إلى الترسيب المستمر للمواد التى قد تكون ذائبة فى الماء وذلك بسبب البخر أو نتيجة تفاعلات كيميائية ، وكذلك الترسيب المستمر لهياكل وأجسام الكائنات الحية بعد موتها سواء كانت هذه الكائنات حيوانية أو نباتية . وتقسم الصخور الرسوبية وفقا للمصدر الذى تكونت عنه إلى :

- **صخور رسوبية فتاتية .**
- **صخر رسوبية كيميائية .**
- **صخور رسوبية عضوية .**

* الصخور الرسوبية الفتاتية :

تكونت نتيجة عوامل ميكانيكية بتأثير الرياح والمياه والأمطار والأنهار الجليدية سواء منفردة أو مجتمعة والتى نتج عنها تفتيت وتكسير الصخور التى تشكل سطح القشرة الأرضية وفى نقل هذا الفتات وترسيبه فى مناطق منخفضة تسمى أحواض الترسيب حيث تتراكم بعضها فوق بعض ثم تتحجر وتتصلب مكونة صخورا رسوبية فتاتية ، ويحدث هذا التحجر إما نتيجة أن التراكم المستمر يمثل عامل ضغط يسبب تداخل الفتات بعضا ببعض أو نتيجة مواد لاصقة تتخلل الفتات الصخرى مثل أملاح الحديد والسيليكا وكربونات الكالسيوم والطين التى تسبب التحام الفتات وترابطه .

وتقسم الصخور الفتاتية إلى عدة أنواع حسب حجم حبيباتها ، وتعرف الحبيبات الصخرية وفقا لأحجامها على النحو التالى :

الحبيبات الصخرية	قطر الحبيبة
الجلاميد	أكبر من ٢٥٦ مم
الحصى والزلط	أكبر من ٢ مم
الرمل	أكبر من $\frac{١}{١٦}$ مم
الغرين	أكبر من $\frac{١}{٢٥٦}$ مم
الطين	أصغر من $\frac{١}{٢٥٦}$ مم

ومن أهم المعادن المكونة للصخور الرسوبية الفتاتية الكوارتز والميكا وبعض معادن الحديد .

*** الصخور الرسوبية الكيميائية :**

عندما تتعرض المحاليل المائية لعمليات البخر والترسيب ، فغالبا ما يحدث الترسيب لما تحمله من أملاح كربونات الكالسيوم والمغنسيوم والسيليكا مع بعض الأملاح الأخرى .

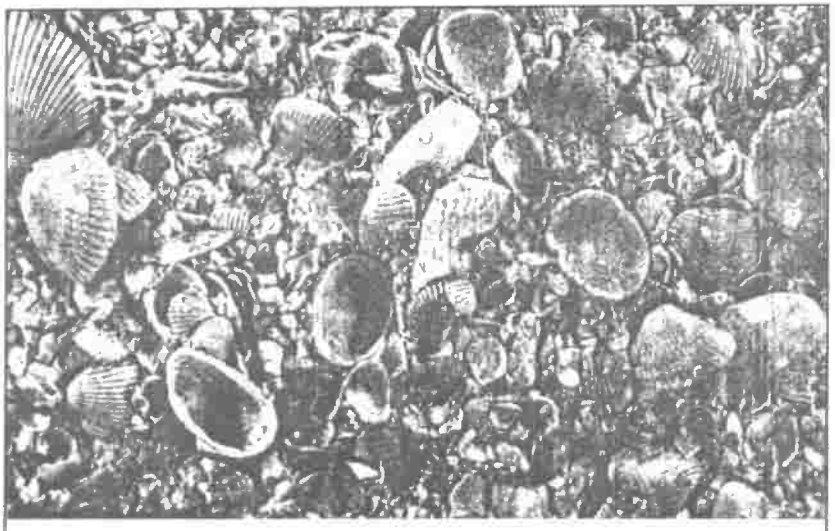
*** الصخور الرسوبية العضوية :**

هى الصخور التى تتكون نتيجة تراكم الرواسب العضوية سواء كانت حيوانية (بقايا هياكل الحيوانات) أو نباتية بعضها فوق بعض فى أحواض الترسيب ثم ما تلبث أن تتماسك وتتحجر – والصخور الرسوبية العضوية المعروفة تقسم إلى صخور كلسية وسيليكية وصخور فوسفورية وصخور بركانية وذلك حسب تركيبها الكيميائى .

(أ) الصخور الكلسية والسيليكية تتكون من بقايا الكائنات الحية الحيوانية ويغلب على تركيبها كربونات الكالسيوم .

(ب) الصخور الفوسفورية تتكون من الفوسفات الذى ينتج عن تحلل عظام الكائنات الحية الحيوانية .

(جـ) الصخور الكربونية تتكون من عنصر الكربون الناتج من تحلل النباتات القديمة .



صخر رسوبى عضوى

والصخور الرسوبية بأنواعها ذات خصائص كثيرة تميزها منها :

١ – توجد فى الطبيعة على هيئة طبقات يمكن مشاهدتها بسهولة ، وتختلف الطبقات فى السمك واللون وتكون الطبقات أفقية وعند تأثرها بالعوامل الفيزيائية التى تعمل على القشرة الأرضية يصبح بعض منها مائلاً .

الصخور الرسوبية فى طبقات

طبقات مائلة

طبقات أفقية

٢ – أغلب الصخور الرسوبية تحتوى على بقايا عضوية حيوانية أو نباتية متحجرة تعرف بالحفريات ، وهذه قد تكون كبيرة الحجم يمكن مشاهدتها فى الصخر بالعين المجردة وقد تكون دقيقة لا يمكن رؤيتها إلا بالمجهر ، ويستعين الجيولوجيون بهذه الحفريات لمعرفة البيئة القديمة والعمر الجيولوجى .

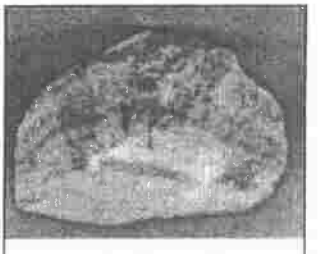
حفرية طابع ورقة نبات

حفرية أسماك الحياة القديمة

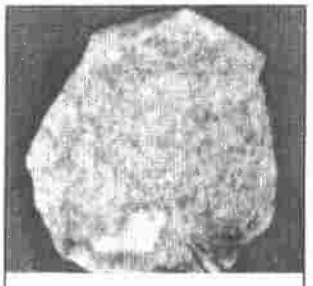
* **أمثلة للصخور الرسوبية :**

١ – **الحجر الرملى** : من الصخور الفتاتية ، ويتركب أساسا من معدن الكوارتز وبعض معادن الحديد ، وينتشر فى مناطق متفرقة من العالم وله أهمية كبرى فى عالم الصناعة حيث يدخل فى صناعة الأسمنت والزجاج وأعمال البناء .

٢ – **الحجر الجيرى** : صخر كيميائى أو عضوى الأصل يتركب من كربونات الكالسيوم ويتم التعرف عليه بتفاعله مع الأحماض الضعيفة ، وتنتشر صخور الحجر الجيرى فى أماكن مختلفة من العالم ويدخل فى أعمال البناء .



الحجر الرملى



الحجر الجيرى

(٣) الصخور الفوسفاتية : صخور عضوية النشأة غنية بفوسفات الكالسيوم تميل إلى اللون الأصفر أو الرمادى وتستعمل فى صناعة الأسمدة وغيرها من الصناعات الكيميائية الهامة .

(٤) صخر الرصيص وصخر الركام المسنن : من الصخور الفتاتية التى تتركب من الحصى والزلط بأحجام مختلفة ويتميز صخر الرصيص بحبيبات صخرية مستديرة بينما صخر الركام المسنن حبيباته حادة الجوانب وذات حواف مسننة .

الرصيص

الركام

والصخور الرسوبية ذات أهمية اقتصادية كبيرة إذ تتواجد بها خامات النفط والغاز الطبيعى والمياه الجوفية والمعادن الأخرى كما أنها تستخدم فى صناعة مواد البناء بمختلف أنواعها كالأسمنت والبلاط ومواد رصف الطرق وفى صناعة المواد الفخارية وغيرها . ولا تقتصر أهمية الصخور الرسوبية على قيمتها الاقتصادية فحسب بل إنها ذات أهمية علمية إذ أنها تمكن الجيولوجيون من التعرف على الأحداث الجيولوجية .

* الصخور المتحولة Metamorphic Rocks :

الصخور المتحولة هى صخور ذات أصل نارى أو رسوبى وتعرضت فى باطن الأرض إلى درجة حرارة عالية وضغط كبير وتحولت وهى على حالتها الصلبة إلى صخور تتميز عادة بخواص تختلف عن خواص الصخر الأم فهى عادة أشد صلادة وأكثر تبلرا ، وتتوقف درجة صلادة الصخر وتبلره على العوامل الفيزيائية التى تتعرض لها الصخور أثناء عملية التحول .

وإذا كانت عملية التحول تعتمد على **التحول الحرارى** حيث يغلب تأثير الحرارة على تأثير الضغط تكون للصخر صفات وخصائص تختلف عن تلك التى تعتمد على **التحول الديناميكى** ، حيث يغلب تأثير الضغط على تأثير الحرارة ، وقد تتعرض الصخور لعملية **تحول حرارى ديناميكى** حيث يتساوى تأثير كل من الضغط ودرجة الحرارة . وهذا النوع من التحول الصخرى إذا شمل مناطق شاسعة المساحة بالقشرة الأرضية فإنه يصبح معروفا باسم **التحول الاقليمى** ويصبح للصخور المتحولة إقليميا خواص ونسيج يميزها عن غيرها من أنواع الصخور المتحولة الأخرى . وتعتبر عملية التحول الصخرى عملية تحول صخر وهو فى حالته الصلبة إلى صخر من نوع آخر إما بتأثير الحرارة أو الضغط أو كليهما معًا .

وعلى أساس ذلك تقسم الصخور المتحولة إلى :

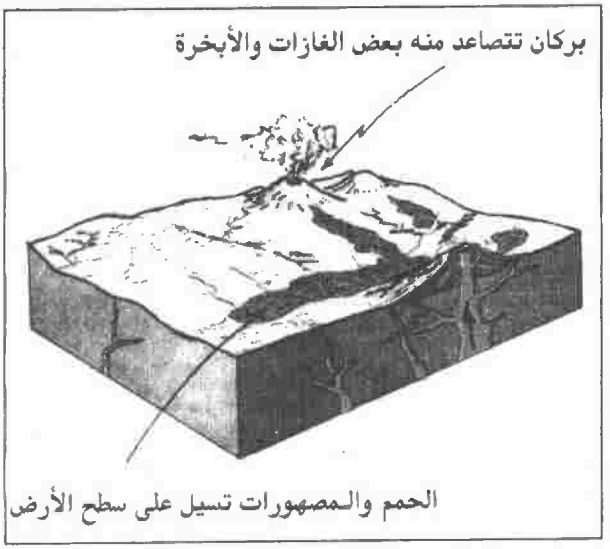
١ - صخور متحولة حراريا .

٢ - صخور متحولة ديناميكيا .

٣ - صخور متحولة حراريا وديناميكيا .

*** الصخور المتحولة حراريا :**

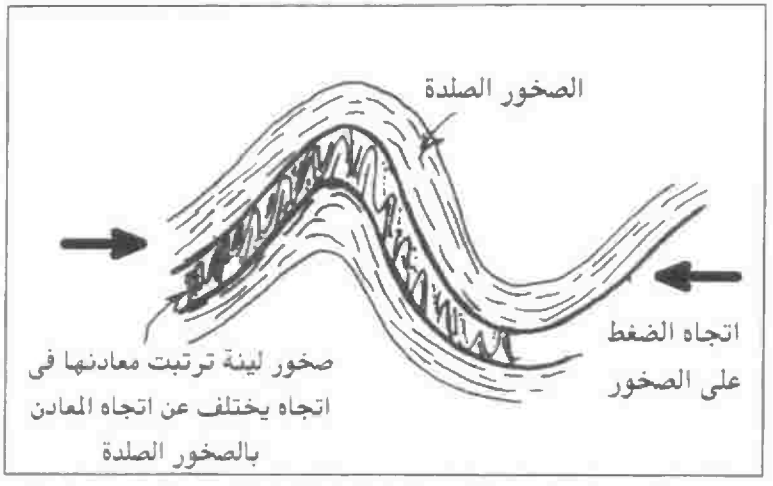
صخور تتحول بالتأثير الحرارى دون أن يكون للضغط تأثير فعال عليها ، ومثل تلك الصخور التى تتكون على جانبى الشقوق والتصدعات لصخور القشرة الأرضية عندما يخترقها الصهير الملتهب أثناء ثوران البراكين تتميز بتكون معادن جديدة (معادن متحولة) ويتميز الصخر بنسيج جديد نتيجة



إعادة تبلر معادنه الأصلية ومن هذه الصخور الرخام (يتحول من الحجر الجيرى) والكوارتزيت (يتحول من الحجر الرملى) .

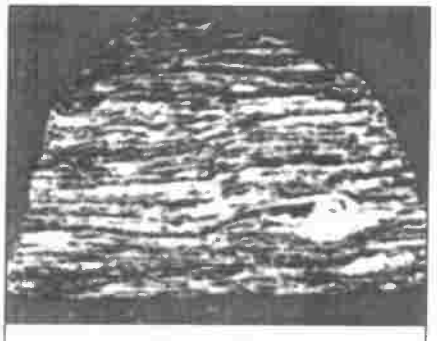
* الصخور المتحولة ديناميكيا :

تنشأ نتيجة عمليات التحول التى يكون تأثير الضغط فيها فعالاً ومن خصائص هذه الصخور ترتيب المعادن المكونة للصخر فى شكل خاص ومنها صخر الأردواز (متحول من الصخور الطينية) .



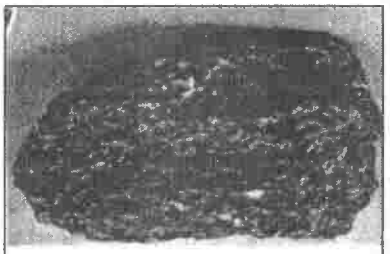
* الصخور المتحولة حراريا وديناميكيا :

تنشأ نتيجة التأثير المتساوى لكل من درجة الحرارة والضغط ، وتتميز هذه الصخور بنسيج جديد مميز عن غيره من الأنواع الأخرى ويسمى **بالنسيج الورقى أو الصفائحى** .


نسيج ورقى (صفائحى)

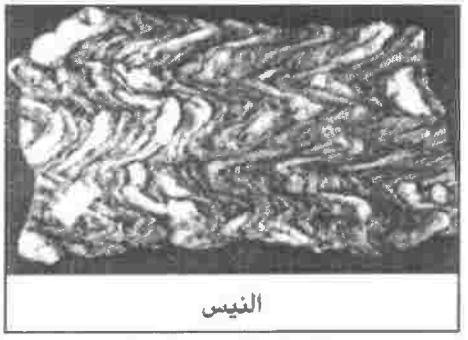
ولذا كثيرا ما تصنف الصخور المتحولة إلى صخور ورقية أو صفائحية مثل الشيست والنيس ، وصخور عديمة التورق أو عديمة الصفائحية مثل الرخام والكوارتزيت .

* أمثلة للصخور المتحولة :


الشيست

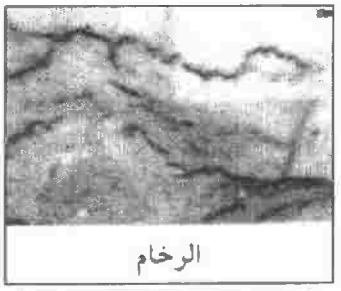
(١) الشيست :

يتألف من معدنى الميكا والكوارتز وبعض المعادن الإضافية مثل التلك وجميعها تترتب أثناء عمليات التحول بنظام واحد يتسبب عنه تكون النسيج الصفائحى .


النيس

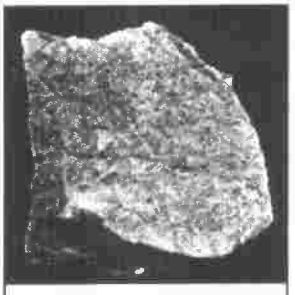
(٢) النيس :

صخر نسيجه يشبه إلى حد كبير نسيج الشيست مع اختلاف واضح فى المساحة التى تترتب فيها معادن الصخر وتشغل معادن النيس مساحة أكثر اتساعًا عن الشيست .


الرخام

(٣) الرخام :

صخر متحول من الحجر الجيرى بعد تعرضه لدرجات حرارة عالية ولونه أبيض فى حالته النقية وتكسبه الشوائب ألوانًا مختلفة جذابة .


الكوارتزيت

(٤) الكوارتزيت :

يتركب من معدن الكوارتز وينشأ عن صخور رملية غنية بالسيليكا – والصخر شديد الصلادة نظرا لالتحام بللوراته وتماسكها أثناء عمليات التحول .

* دورة الصخور The rock cycle :

أول من ربط بين أنواع الصخور الثلاثة المعروفة فى دورة واحدة هو العالم الإسكتلندى جيمس هاتون وسمى العلاقة بين أنواع الصخور **بدورة الصخور** وتبدأ الدورة بالصخور النارية ، وهى أول صخور تكونت على سطح الأرض والتى تعرضت للتفتيت بتأثير عوامل الجو من أمطار ورياح وتحولت إلى فتات ينجرف وينقل إلى أحواض الترسيب فى المناطق المختلفة ويترسب فى صورة طبقات أفقية تزداد سمكا مع مرور الوقت وتكون الصخور الرسوبية التى تعرض بعض منها إلى الهبوط إلى أعماق كبيرة فى باطن الأرض وتأثر بدرجة الحرارة المرتفعة والضغط العالى مما أدى إلى تغير نوعية ما تحمله من معادن وتغير نسيج الصخر مكونا صخرا متحولا ، وعندما تتعرض الصخور المتحولة إلى تأثيرات حرارية عالية وضغط مرتفع يصل بها إلى درجة انصهار مكوناتها فإن الصهير بدوره عندما تنخفض درجة الحرارة يتصلب ويتبلر مكونا صخورا نارية جوفية أو يندفع نحو السطح مكونا صخورا نارية بركانية ثم تبدأ دورة جديدة .