الفصل الثاني

خصائص البنية الصخرية وأنواع صخور القشرة الأرضية

جامعة البصرة – كلية التربية للبنات

قسم الجغرافية – المرحلة الأولى

إعداد :م٠م

زينب صائب الجمالي

﴿طبيعة ونشأة الأرض﴾

الأرض كوكب من المجموعة الشمسية يبلغ متوسط قطرها نحو(7927) ميل ويزيد طول قطرها الاستوائي على طول قطرها القطبي بنحو(27) ميل ، وتدور الأرض حول الشمس دورة كاملة في عام واحد مما ينجم عن ذلك تكوين الفصول الأربعة، وأن دوران الأرض حول محورها يتم خلال يوم واحد ينشأ عنه تعاقب الليل والنهار .

تكونت الارض من سحابة هائلة من غازات ملتهبة تدور حول نفسها منذ ما يقرب 4600 مليون سنة، وعندما بردت هذه الغازات وتكاثفت تكونت الصخور، وغطت البراكين بعدها الكرة الأرضية التي تدفع ببخار الماء الساخن فتكونت بذلك البحار ، وكان الجو مكونا من غازات مثل الميثان وأول أوكسيد الكربون والامونيا وكان البرق والعواصف الشديدة والامطار منتشرة في جو الارض ، هذا هو التصور المبدئي الذي افترضه العلماء الذي يصور بدايات الارض حين نشأتها ، غير ان نشأة الارض ذاتها مرتبط بنشأة المجموعة الشمسية التي يمكن اجمالها في الخطوات الأتية:

1) يعتقد فريق من العلماء بان قصة الارض بدأت عندما تجمعت سحابة عملاقة تدور في الفضاء مكونة من غازات وغبار منذ ما يقرب من (13) بليون سنة حسب بعض التقديرات .
2) ان هذه السحابة الكونية ظلت تكبر وتزداد في الحجم ثم ما لبثت ان صارت كروية الشكل تقريباً.
3) بعد ذلك تجمعت كرة ضخمة من الغازات في وسط السحابة الكونية ثم راحت كرات أصغر يتجمع بعضها مع البعض الأخر في أطراف السحابة الكونية بفعل الجاذبية التي سحبت جزيئات الغبار والغاز، وهذه تدور جميعها حول تلك الكرة الضخمة التي أصحبت فيما بعد ((الشمس)) .
4) وأخيراً وبعد أكثر من 4 بليون سنة ظلت الكرات تدور حول الشمس ولم تكن هذه الكرات سوى الارض وبقية الكواكب الاخرى التي عرفت باسم ((المجموعة الشمسية)) .

﴿ أغلفة الأرض ﴾

بعد انفصال الكرة الأرضية عن الشمس بدأت مكوناتها المختلفة بالبرودة التدريجية كما ساعدت عملية دوران كوكب الأرض حول محوره على ترتيب المواد المكونة لها في صورة نطاقات أو أغلفة ، وهكذا اتجهت المواد الثقيلة الوزن العظيمة الكثافة صوب مركز الأرض ، بينما احتلت المواد الخفيفة الوزن الثقيلة الكثافة الأجزاء العليا من الكرة الأرضية .

ومن أغلفة الكرة الأرضية **1- الغلاف الجوي 2- الغلاف المائي3- الغلاف الصخري 4- جوف الأرض** ، وهنالك غلافاً لا يمكن فصله في غلاف مستقر وهو الغلاف الحيوي في كل الأغلفة ويكون مشتركاً معها جميعاً .

﴿ الغلاف الجوي ﴾

هو غلاف غير مرئي يتكون من مجموعة من الغازات ويعتبر النطاق الخارجي للأرض ، يبلغ سمكه نحو (200) ميل ، ويتكون هذا الغلاف منذ نشأته

بفعل الغازات والأبخرة التي تكونت حول كوكب الأرض أثناء البرودة التدريجية له ، ويتكون اساساً من غازات الأوكسجين21 % والنتروجين 78% والغازات الأخرى بنسبة 1% وقد قسم إلى ثلاث طبقات :

1) **طبقة التروبوسفير(الغلاف الجوي السفلي) :** تؤلف هذه الطبقة حوالي 70-75 % من الغلاف الجوي ، وتمتد الطبقة السفلى إلى ارتفاع (5-10) ميل من سطح الأرض ، تنخفض درجة الحرارة في هذه الطبقة بمعدل (6) درجة مئوية .
2) **طبقة الستراتوسفير(الغلاف الجوي العلوي) :** وتمتد هذه الطبقة من ارتفاع (10-50) ميل من سطح الأرض وترتفع درجة الحرارة حتى تصل إلى (35) درجة مئوية ويطلق على الجزء الاسفل من هذه الطبقة طبقة الأوزون .
3) **طبقة الأيونوسفير:** وتبدأ من ارتفاع (50-200) ميل فوق سطح الأرض وتمثل الغطاء الخارجي الأعلى لطبقة الغلاف الجوي وهي طبقة متأنية بفعل الأشعة الكونية والأشعة تحت البنفسجية ولذلك فهي موصلة جيدة للكهرباء ، ويحدث في هذه الطبقة توهج الشهب والنيازك واحتراقها خلال عبورها منها .

ويعتبر الغلاف الجوي من أهم العوامل التي تؤثر في تشكيل مظاهر سطح الأرض ، اذ إن الهواء يتفاعل كيمياوياً مع صخور القشرة الأرضية اثناء التجوية ، إضافة إلى وجود بخار الماء الذي يسبب الأمطار وبالتالي تنتج المجاري المائية والسيول والبحيرات والثلاجات .

﴿ الغلاف المائي ﴾

ويتكون من مياه البحار والمحيطات والأنهار وكتل الجليد القارية ويشمل المياه الجوفية ،إذ تقدر الكمية الإجمالية للمياه بحدود 1.4 مليار كم^3 وتتسع المساحة التي تشغلها بحدود 362 مليون كم^2 لتشكل حوالي 71% من إجمالي مساحة الكرة الأرضية .

﴿ الغلاف الصخري ﴾

وهو القشرة الأرضية الصلدة التي يظهر جزء منها على سطح الأرض مكونة القارات وقيعان المحيطات، ويسمى هذا الغلاف الصخري بالقشرة الأرضية ، ويتكون من أنواع مختلفة من الصخور الرسوبية والنارية والمتحولة وتغطيها طبقة سطحية رقيقة تسمى التربة ويختلف سمكها من مكان لآخر، وفي اسفل التربة يمكن تقسيم الغلاف الصخري:

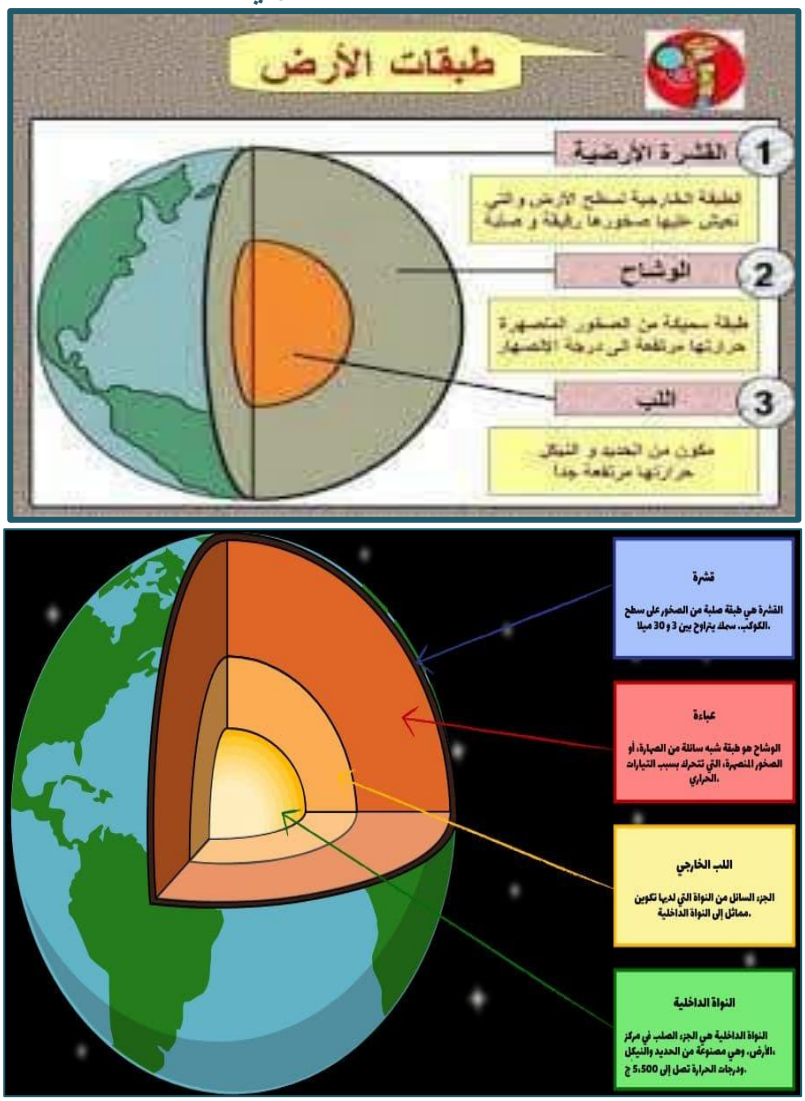
اولاً : القشرة الأرضية الصلبة :

عبارة عن نطاق صخري رقيق جداً وتنقسم القشرة الصلبة إلى طبقتين رئيستين تختلفان من حيث الكثافة وطبيعة تركيبها المعدني :

1) طبقة السيال (Sial) الطبقة السطحية للغلاف الصخري ، يتكون من صخور كرانايتية فاتحة اللون وتتركب من سليكات الالمنيوم ويبلغ متوسط كثافتها (2,8 غم/سم^3) ويتراوح سمكها (2- 15) كم ويزيد سمكها على اليابس ويقل على قيعان المحيطات .

2) طبقة السيما (Sima) وتقع أسفل طبقة السيال ، وتكون أعظم كثافة من سابقتها لكونها تتركب من معادن ثقيلة وصخور نارية قاعدية حيث تزداد كثافتها عن (3,4 غم/سم^3) وتتكون من السليكون والمغنسيوم ، وتسمى الطبقة البازلتية حيث يقترب تركيبها من التركيب المعدني لصخور البازلت ، يبلغ سمك طبقة السيما (20- 25) كم .

صورة رقم (1)
طبقات الغلاف الصخري

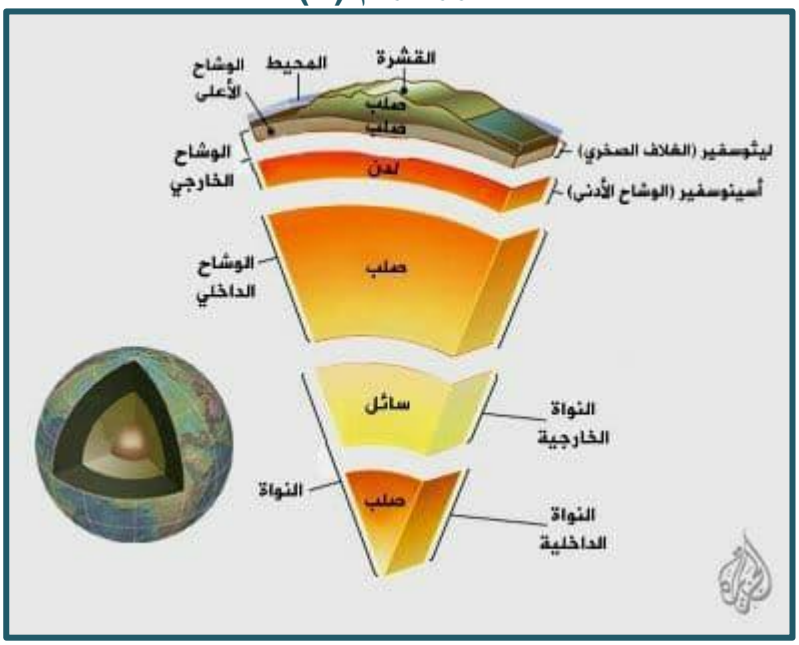


ثانياً : طبقة المانتيل (الوشاح) :

أن الحد الفاصل بين القشرة الأرضية وطبقة المانتيل يسمى **حد موهو** نسبة الى العالم (موهور فيتشك) اليوغسلافي الذي له الفضل في معرفة أسرار باطن الأرض باستخدام سرعة الموجة الطولية والعرضية الزلزالية ، فقد لوحظ إنهما تتخذان مسافات مباشرة خلال الأرض وتزداد سرعة سريانها مع العمق حتى تصل عمق (35)كم ثم يتغير سلوك هذه الموجات عند هذا العمق ، وهذا يؤدي إلى إن هنالك تغيراً في خصائص مادة الأرض في هذا العمق وهذا ما سمي (طفرة موهو) وهو السطح الذي يفصل بين القشرة الأرضية والجبة او العباءة ، وان عمق هذا

السطح الفاصل ليس ثابتاً يل انه يختلف من قارة إلى أخرى ويتراوح بين (35-48) كم .

صورة رقم (2)



ثالثاً : الطبقة الداخلية (باطن الارض):

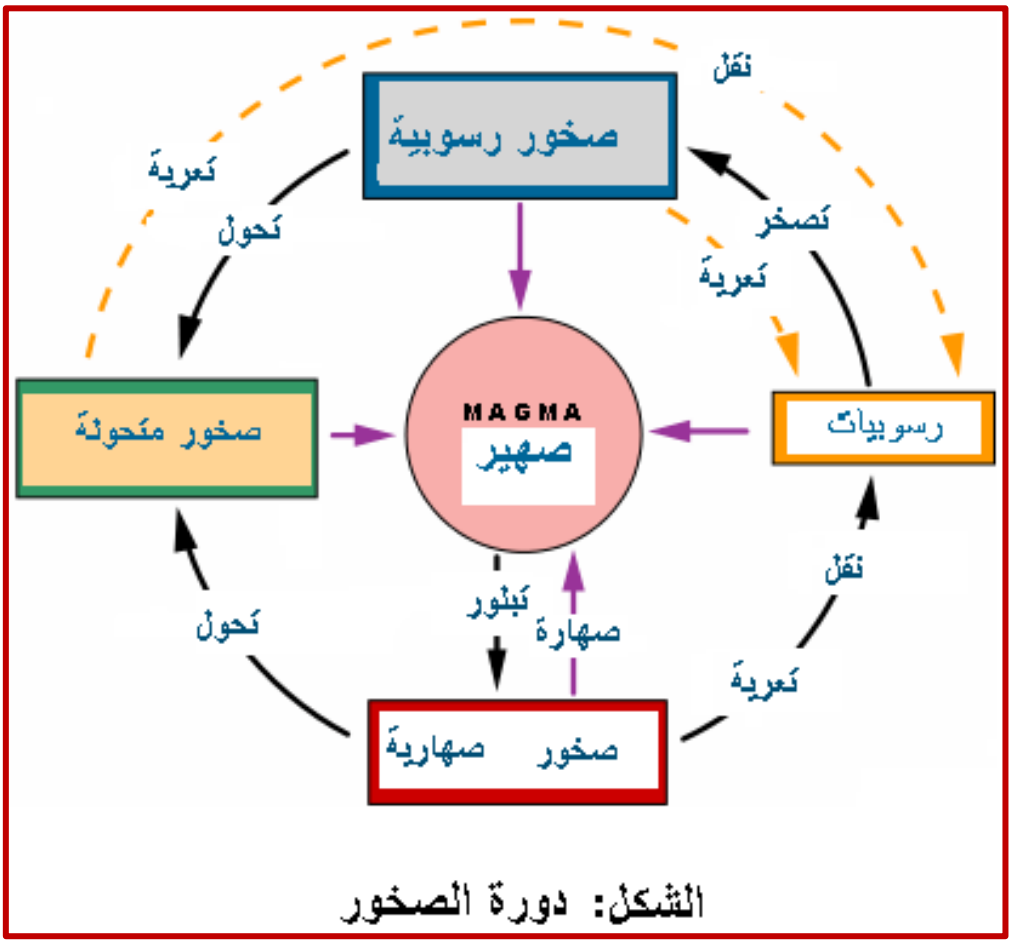
يلي الجبة نحو الأسفل ويتكون من مواد أعظم ثقلاً وكثافة ، يتكون كيمياوياً من مركبات الحديد والنيكل مع بعض الفلزات كالكروم ، ويرى البعض إن لب الأرض يقسم إلى نطاقين :

اولاً: اللب الخارجي ويتكون من مادة سائلة تبلغ كثافة موادها حوالي (12 غم/سم^3) حيث تتكون من خليط من فلزي الحديد والنيكل ويكون في حالة سائلة .

ثانياً: اللب الداخلي ويتكون من مواد صلبة من الحديد والنيكل وذات كثافة عالية تصل (17 غم/سم^3) ويكون في حالة صلبة.

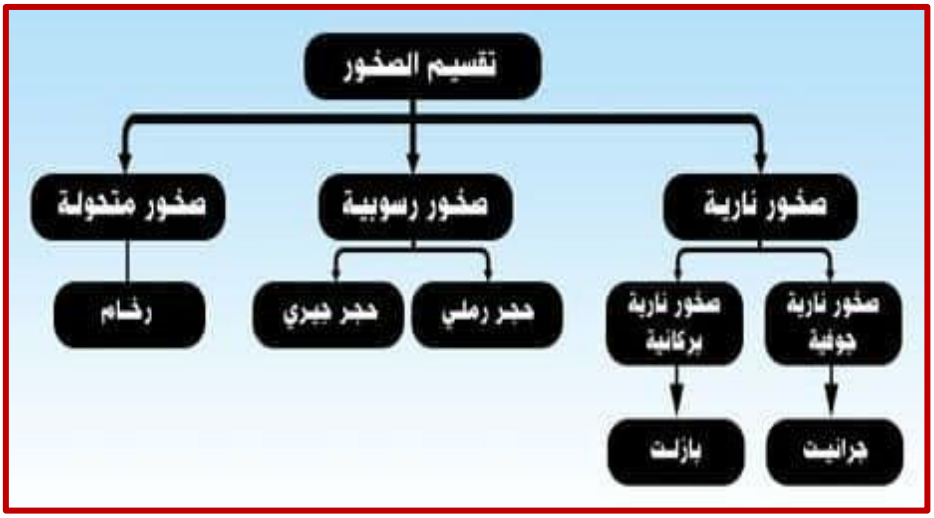
صورة رقم (3)

دورة الصخور في الطبيعة



الشكل: دورة الصخور

صورة رقم (4) تقسيم او تصنيف الصخور



صورة رقم (5) انواع الصخور

صورة رقم (6) المقارنة بين الصخور النارية والرسوبية

وجه المقارنة	الصخور الرسوبية	الصخور النارية
الأصل و النشأة	رواسب قديمة في قاع البحار والمحيطات على شكل طبقات افقيه او ملتوية	صخور مصهورة خرجت إلى سطح الأرض وتبردت على شكل تراكمات
الخواص	مختلفة التركيب واللون والسمكة	غير متطبقة وغير مسامية
المستحاثات	تحوي على بقايا حيوانية ونباتية	لا تحوي على بقايا أحياء
المظهر	غير صلبة وغير متبلورة غالبا	صلبة متبلورة غالبا
الثروات	تحوي على فحم, نفط, غاز, فوسفات	غنية بالمعادن الثقيلة

انواع الصخور:

يعرف الصخر بانه مادة صلبة تتكون من معدن واحد أو مجموعة من المعادن تراكمت في مكان واحد نتيجة ظروف تكوين معينة. يمكن ان تصنف الصخور تبعاً لتركيبها الكيمياوي أو لمكوناتها المعدنية، ومن التصنيفات الشائعة تصنيف الصخور تبعاً لنشأتها أو تكوينها، وعلى هذا الاساس تصنف الصخور إلى ثلاثة انواع هي الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة.

اولاً: الصخور النارية The Igneous Rocks

تكونت هذه الصخور من خلال تصلب مواد منصهرة، ويطلق عليها احياناً اسم الصخور الأولية لكونها الصخور التي اشتقت منها بقية الأنواع الاخرى بصورة مباشرة أو غير مباشرة. وتؤلف الصخور النارية اربعة اخماس صخور القشرة الأرضية في الوقت الحاضر. وعلى الرغم من انها اقدم الصخور على سطح الأرض فان قسماً منها يمكن ان يعتبر احدثها تكويناً على الأرض لان الثورات البركانية لاتزال مستمرة وتزود الأرض بالمزيد من الصخور البركانية.

للصخور النارية خصائص معينة يمكن ايجازها بالآتي:-

1- تسود فيها صفة البلورية حيث يكون نسيجها بلورياً لان هذه الصخور سبق وان مرت في فترة تكونها بحالة الانصهار ثم التبرد بعد ذلك.

2- لا تحتوي على المتحجرات وذلك لاستحالة عيش الكائنات الحية فيها بسبب درجة حرارتها الهائلة التي كانت عليها قبل تصلبها.

3- لا تظهر فيها صفة الطباقية، اذ انها تأخذ الوضعية التي كانت عليها لحظة تحولها من صهير إلى صخور نارية.

تصنيف الصخور النارية :

تختلف أسس تصنيف الصخور النارية وباختلافها تختلف مجموعاتها وهذه الأسس هى: اللون والكثافة النوعية والنسيج الصخرى، مكان النشأة، التركيب الكيميائى، التركيب المعدنى.

١- التصنيف على أساس اللون Colours: تختلف ألوان الصخور النارية من صخر لآخر، إلا أنه يمكن تجميعها فى ثلاث مجموعات: صخور تتميز بألوانها الفاتحة Light Coloured وصخور تتميز بألوانها الداكنة أو القاتمة Dark Coloured، وصخور تتوسط هاتين المجموعتين وتشكل المجموعة الثالثة، وهى ذات ألوان متوسطة يغلب عليها اللونين الرمادى والأحمر. ومن الصعب اتخاذ اللون فقط أساساً لتصنيف الصخور النارية وتميزها ذلك لأنها ذات ألوان متعددة.

٢- التصنيف على أساس الكثافة النوعية Specific Gravity: تتراوح الكثافة النوعية للصخور النارية بين ٢,٣ – ٣,٣، ولكن أغلب هذه الصخور تتراوح كثافتها بين ٢,٦ – ٢,٧، فى حين أن القليل منها تزيد كثافته عن ٣,٠. وبهذا يمكن تقسيم الصخور النارية إلى ثلاث مجموعات: الأولى صخور ذات كثافة نوعية عالية تزيد عن ٣,٠، والثانية صخور خفيفة ذات كثافة نوعية منخفضة، والثالثة صخور ذات كثافة نوعية متوسطة. وقد تبين بالملاحظة أن الصخور ذات الكثافة النوعية العالية تتميز دائماً بألوانها الداكنة فى حين أن تلك التى تتميز بانخفاض كثافتها النوعية يغلب عليها الألوان الفاتحة. وعلى هذا يمكن الربط بين هذا التصنيف القائم على أساس الكثافة النوعية والتصنيف السابق القائم على اللون.

٣- التصنيف على أساس النسيج الصخرى Texture: يقصد بالنسيج الصخرى، نظام ترتيب وحجم بلورات المعادن التى تدخل فى تركيب الصخر. وتبعاً لاختلاف حجم البلورات التى تتألف منها الصخور النارية، وتنوع ترتيبها، واختلاف المظهر الخارجى للصخر، يمكن أن تقسم الصخور إلى المجموعات الآتية :

(أ) صخور ذات نسيج خشن Coarse-grained texture، وتتميز بأن بلوراتها كبيرة الحجم يمكن رؤيتها بالعين المجردة ويتراوح طول البلورة بين ١,٦ ملليمتر إلى عدة سنتيمترات. ومن أشهر صخور هذه المجموعة صخر الجرانيت حتى أنه يتخذ كصفة لهذا النسيج فيقال نسيج جرانيتى Granitoid texture بدلاً من نسيج خشن. ويجب الإشارة هنا إلى أن مثل هذه البلورات الكبيرة لا تتكون إلا على أعماق بعيدة من سطح الأرض بحيث تتعرض مادة الصهير لبرودة تدريجية بطيئة تساعد البلورات على النمو بصورة كاملة.

(ب) صخور ذات نسيج دقيق Fine-grained texture، وتتميز بأن بلوراتها دقيقة لا ترى بالعين المجردة ويمكن رؤيتها باستخدام الميكروسكوب أو بعدسة ذات قوة تكبيرية عالية نسبياً فى الحقل ويقال عندئذ أن الصخر مجهرى البلورات Microcrystalline وترجع دقة الحبيبات البلورية هنا إلى تعرض المادة الصخرية للتبريد المفاجئ نسبياً وهذا لا يعطى وقتاً كافياً لإتمام عملية التبلور.

(جـ) صخور ذات نسيج زجاجي Glassy texture، يطلق هذا التعبير على الصخور عديمة البلورات Noncrystalline Rocks وهى تشبه فى مظهرها الخارجى الزجاج، ومن أمثلتها الأوبسيديان (الزجاج الطبيعى). ويتضح من الشكل الخارجى لهذه الصخور أنها تكونت نتيجة لانسياب المادة المنصهرة الصخرية المندفقة من باطن الأرض على سطح الأرض ومن ثم تعرضت للبرودة الفجائية السريع فلم تكن هناك أية فرصة لتكوين بلورات على الإطلاق.

(د) صخور ذات نسيج بورفيري Porphyritic texture، يتميز نسيج صخور هذه المجموعة بأنه يتألف من بعض بلورات معدنية كبيرة الحجم متناثرة داخل وسط كبير من البلورات المعدنية المجهرية. وتسمى صخور هذه المجموعة أحياناً بمصطلح فينوكريست Phenocrysts ومعنى هذا أن مواد الصخر تعرضت لفترة محدودة لعمليات البرودة التدريجية ثم اندفق فوق سطح الأرض.

يتضح من هذا التقسيم أن التصنيف النسيجي لا يبين فقط خاصية يمكن قياسها وهو حجم البلورة، ولكنه له دلالة تكوينية لأنه يعتمد على تاريخ التبريد. وتتمثل الصعوبة الأساسية فى هذا التصنيف فى تقرير عدد البلورات وحدود كل منها خاصة فى النسيج البورفيرى.

٤- التصنيف على أساس مكان النشأة: تتكون الصخور النارية اما تحت سطح القشرة الأرضية على أعماق كبيرة، أو تحت سطح القشرة ولكن قريبة نسبياً منه وتوجد متداخلة فى الشقوق والفجوات التى توجد فى الصخور الأخرى، أو فوق سطح القشرة الأرضية وتسمى بالصخور البركانية أو الطفحية. ذلك لأن المادة المنصهرة (الماجما) أثناء صعودها من جوف الأرض إلى السطح يتصلب جزء منها فى الأعماق ويتصلب جزء منها قريباً من سطح الأرض وكذلك فوق السطح نفسه. ولما كانت الصخور العميقة والمتداخلة تتكون أصلاً تحت سطح الأرض، فإن ظهورها وانكشافها على السطح يكون نتيجة تآكل وإزالة الصخور التى تعلوها بفعل عوامل التعرية. وقد يكون ظهورها كذلك نتيجة لتقلصات القشرة الأرضية.

وهكذا يمكن تقسيم الصخور النارية حسب مستويات وجودها بالنسبة للسطح إلى ثلاثة أقسام :

(أ) صخور تتكون على أعماق بعيدة من سطح الأرض وتتميز بأن بلوراتها كبيرة الحجم، وكثافتها النوعية عالية وألوان معادنها بصفة عامة داكنة وتسمى بالصخور البلوتونية Plutonic Rocks .

(ب) صخور تتكون على أعماق قريبة من سطح الأرض نسبياً وبلوراتها فى هذه الحالة متوسطة الحجم وألوان معادنها فاتحة وتسمى بالصخور الوسيطة Hypabyssal Rocks وأحياناً تسمى بصخور القواطع Dykes والسدود Sills .

(جـ) صخور تتكون فوق سطح الأرض وفى هذه الحالة يلاحظ أنها زجاجية التبلور وأحياناً بلوراتها دقيقة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة انما تحت الميكروسكوب وتسمى بالصخور السطحية أو البركانية.

ويتوقف حجم المعادن المتبلورة فى هذه الصخور على الظروف التى تحيط بتكونها، ففى الحالة الأولى يكون العمق كبيراً والحرارة شديد، أما فى الحالة الثانية فالعمق والحرارة متوسطة نسبياً، وفى الحالة الأخيرة فتبرد المادة المنصهرة (الماجما) تحت درجة حرارة الغلاف الجوى العادية. وأحياناً توجد البراكين فى قاع البحار والمحيطات فتبرد الماجما بسرعة كبيرة بفعل المياه الباردة وفى هذه الحالة تكون بلوراتها ذات نسيج زجاجى.

٥- التصنيف على أساس التركيب الكيميائي : يعتبر التصنيف الكيميائى أمراً مرغوباً فيه عند مناقشة أنواع الصهارات ومقارنة مجموعات الصخور النارية. وحيث أن معظم الصخور النارية يدخل فى تكوينها السيليكا والسيليكيتات، فإنه يمكن استخدام محتوى السليكا كقاعدة لتصنيف هذه الصخور. وتبعاً لهذا تصنف الصخور النارية إلى: سيليكية (حمضية) ومتوسطة ومافية (قاعدية) وفوق مافية (فوق قاعدية). وتسمى الصخور التى تحتوى على أكثر من ٦٦ ٪ سيليكا صخوراً سيليكية (حمضية) والتى تحتوى على ٥٢ - ٥٦ ٪ صخوراً متوسطة، والتى بها ٤٥ - ٥٢ ٪ صخوراً مافية (قاعدية)، والتى تحتوى على أقل من ٤٥ ٪ سيليكا فوق مافية (فوق قاعدية). فيحتوى الريوليت والجرانيت على حوالى ٧٢ ٪ سليكا فى المتوسط ولذا يعتبران حمضيين. والأنواع الوسيطة تشمل السيانيت (٥٩ ٪)، والديوريت (٥٧ ٪). والقاعدية تمثل بالجابرو والبازلت (٤٨ ٪)، أما البيريد وتيت فيعتبر صخراً مثالياً للصخور فوق القاعدية إذ تبلغ فيه نسبة السليكا ٤١ ٪ فقط. والصخور الحمضية فقيرة فى الكالسيوم والحديد والمغنسيوم لذا فتتميز بألوانها الفاتحة أما الصخور القاعدية فغنية بمعادن المغنسيوم والحديد، وألوانها داكنة.

وهناك تصنيف كيميائى آخر له دلالته التكوينية على أساس محتوى اكسيد الألومنيوم، فالألومنيوم هو العنصر الثانى الأكثر وجوداً فى الصخر النارى. ففى الفلسبارات والنفلين واللوسيت تبلغ النسبة بين اكسيد الألومنيوم من ناحية وأكاسيد الصوديوم + البوتاسيوم + الكالسيوم ١ : ١ أى أن اكسيد الألومنيوم يساوى أكاسيد العناصر الثلاثة الأخرى فى هذه الصخور. وطبقاً لذلك فإن الزيادة أو النقص فى الألومنيا تنعكس على طبيعة الصخور. وتصنف الصخور النارية تبعاً لذلك إلى أربع مجموعات :

١- صخور فوق الومينية، وفيها تزيد نسبة الألومنيا على الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم مجتمعة. وتجد الزيادة فى الألومينا طريقها إلى المسكوفيت والبيوتيت، الكوراندوم، التورمالين، التوباز. وتأتى الصخور من هذا النوع من ماجما حمضية مائية ذات درجة حرارة منخفضة.

٢- صخور الومينية، تزيد نسبة الألومنيا عن نسبة الصوديوم + البوتاسيوم ولكنها تكون أقل من القلويات + الكالسيوم، فيدخل بعض الألومنيا فى الهورنبلند والأبيدوت.

٣- صخور تحت الومينية، لا توجد أية زيادة فى الألومنيا أكثر مما يلزم لتبلور

الفلسبارات والفلسبا ثويدات والمعادن التابعة لهذا القسم هى المعادن الداكنة مثل الأوليفين والبيروكسين. وهذه الصخور تتكون من صهارات ساخنة لا مائية نسبياً.

٤- صخور فوق قلوية: تقل الألومنيا فيها عن الصوديوم + البوتاسيوم وهنا تكون المعادن الداكنة المثالية هى الامفيبولات الصودية والبيروكسينات الصودية. وهذه الصخور تتكون فى مراحل التبلور الأخيرة للصهارات الغنية بالصوديوم.

يتضح من التصنيف الكيميائى أنه يقوم على التحليل الكيميائى للصخور نفسها أو صهارتها الافتراضية، وهو غير مناسب للدراسات الميدانية كما أنه غير مناسب للجغرافيين ويلزم الاستعانة بالكيميائيين لإجراء تلك التحاليل .

وهناك تصنيف آخر هو التصنيف المعدنى، حيث أن تعيين التركيب المعدنى للصخر أسهل وأسرع من تعيين التركيب الكيميائى. ومن ناحية أخرى فإن التصنيف الكيميائى لا يأخذ فى اعتباره تاريخ التبريد. فعلى سبيل المثال تعطى نفس الماجما مجموعات معادن مختلفة اختلافاً تاماً تحت ظروف تبريد متباينة. إذ تعطى الماجما التى تتبلور فى الأعماق وفى وجود كثير من الغازات الطيارة صخراً يتكون من أورثوكلاز وبيوتيت، وتعطى نفس الماجما فى حالة الانبثاق السطحى وفقدان الغازات الطيارة لوسيت وأوليفين. ومن هذا نرى أن التصنيف المعدنى بين هذه الصخور يفرق بينها، فى حين أن التصنيف الكيميائى يوحدها ويجمعها لأن الماجما فى كلا الحالتين واحدة.

٦- التصنيف على أساس التركيب المعدني: تتكون الصخور النارية من معادن تعد أنواعها ونسبها ذات دلالة هامة، إذ أنها تتحدد بتركيب وتاريخ تبريد الماجما الأصلية. لهذا السبب فإن المحتوى المعدنى للصخور يعتبر قاعدة مناسبة للتصنيف. وتنقسم المعادن كما ذكر سابقاً إلى معادن أساسية ومعادن إضافية ومعادن ثانوية. وينتج القسمان الأولان من تبلور الماجما، أما المعادن الثانوية فتتكون بفعل التجوية الكيميائية أو التحلل الكيميائى للمعادن بتأثير مكونات الغلاف الجوى. ويتوقف تحديد نوع الصخر وتشخيصه على المعادن الأساسية فيسبب تضاؤلها أو اختفاؤها يجرى إبعاد الصخر عن مجموعة ودخوله فى مجموعة أخرى. فالكوارتز مثلاً أساسى فى الجرانيت، والنفلين أساسى فى الفونوليت. أما المعادن الإضافية فتوجد بكميات ضئيلة ولا يلتفت إلى وجودها أو

عدم وجودها، وإذا وجدت بكميات كافية تتطلب وضعها فى تسمية الصخر تسمى معادن إضافية مميزة، وتكسب الصخر صفة بجوار اسمه مثل الديوريت الهورنبلندى.

وعلى ذلك تصنف الصخور النارية حسب تركيبها المعدنى (أى حسب المعادن الأساسية) إلى صخور سيليكية (فلسية)، وصخور مافية (ماغنسيوحديدية). وتعبير فلسى من الفلسبار والفلسباثويد والسليكا، وتعبير ماغنسيوحديدية من المغنسيوم والحديد.

صخور فلسية	صخور ماغنسيو حديدية
كـــــوارتـــــــــــز.	صخور معادن الميكا.
صـخـور مـعـادن الـفـلـسـبـار.	صخور معادن البيروكسين.
صـخـور مـعـادن الـفـلـسـبـاثويد.	صخور معادن الامفيبول.
	صخور معادن الأوليفين.
	صخور معادن أكاسيد الحديد.

وصخور المجموعة الفلسية فاتحة اللون ذات كثافة نوعية منخفضة وتكون فى المراحل الأخيرة من تبلور الماجما. أما صخور المجموعة المغنسيوحديدية فتشمل معادن داكنة اللون عالية الكثافة وتبلورها مبكر نسبياً.

وهناك محاولات لدمج عدة أسس مع بعضها لإمكان تقسيم الصخور النارية، ويبين الجدول التالى تقسيم الصخور النارية الهامة حسب تركيبها الكيميائى وتركيبها المعدنى وأماكن وجودها فى المستويات المختلفة للقشرة الأرضية.

جدول رقم (١٥)

تقسيم الصخور النارية حسب تركيبها الكيميائي والمعدني وأماكن وجودها

التركيب الكيميائي / الموقع من السطح	حامضية	متوسطة	قاعدية	فوق قاعدية
الصخور السطحية البركانية	الريوليت	الاندسيت	البازلت	---
الصخور الوسيطة	كوارتز بورفيرى	بورفيريت	دوليريت	---
صخور الأعماق	الجرانيت	الديوريت	الجابرو	البيريدوتيت
التركيب المعدنى	الأورثوكلاز الكوارتز البلاجيوكلاز الميكا المعادن المعتمة	الهورنبلند	الأوجيت الأوليفين	يتكون البريدوتيت من معدن الأوليفين مع بعد المعادن المعتمة.

أشكال الصخور النارية :

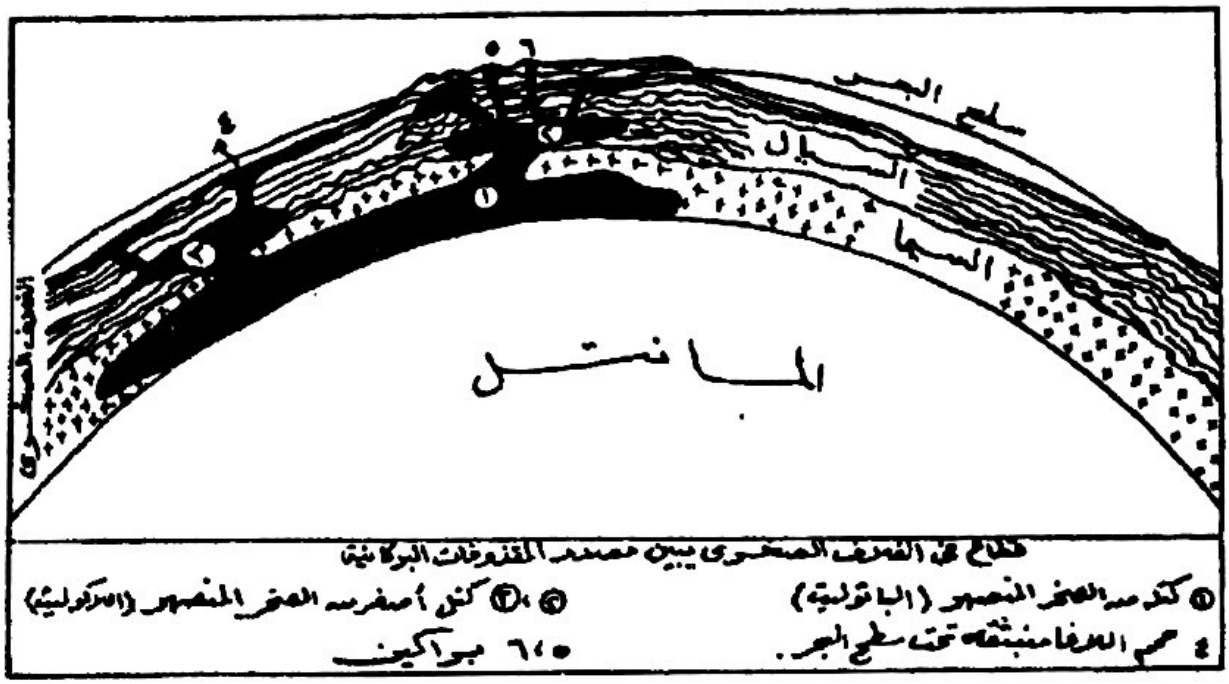
تتواجد الصخور النارية فى الطبيعة فى أشكال مختلفة، (شكل ٣٩) هى:

١- **الباثوليت Batholith :** وهو عبارة عن كتلة ضخمة من الصخور النارية تمتد لمسافات كبيرة فى الاتجاه الأفقى، أما فى الاتجاه الرأسى فلا يعرف لها قاعاً. وتمثل هذه الكتل نويات وجذور السلاسل الجبلية الضخمة التى تمتد لمئات الكيلو مترات، وتظهر أجزاء من هذه الكتل على سطح الأرض عند تآكل وإزالة الصخور التى فوقها.

٢- **اللاكوليث Laccolith :** وهى أصغر حجماً من الباثوليت ولذا فإن لها شكل يمكن تحديده فى الاتجاه الأفقى وفى الاتجاه الرأسى. وهذه الكتل تعمل على دفع الصخور الرسوبية التى فوقها إلى أعلى وبذلك تأخذ شكلاً يشبه القبة.

٣- القواطع Dykes : وهى عبارة عن كتل نارية صغيرة الحجم تقطع الطبقات الصخرية الأخرى فى اتجاه عمودى أو مائل ولمسافات كبيرة وتختلف فى سمكها من بضع عشرات من الأمتار إلى أقل من المتر، وغالباً ما يكون لها اتجاه ثابت فى منطقة تواجدها. وسبب تكون هذه القواطع هو أن المادة المنصهرة تملأ الفراغات التى تنشأ عن الفواصل أو الشقوق الموجودة فى الصخور القديمة نتيجة للحركات الأرضية. وعادة ما يصاحب هذه القواطع معادن ذات قيمة اقتصادية وتسمى فى هذه الحالة بالعروق.

٤- السـدود Sills : وهى تشبه القواطع ولا تختلف عنها إلا فى أنها توجد موازية للطبقات، أو لأسطح التطبق، ويتباين سمكها من السمك الكبير إلى بضعة سنتيمترات.



قطاع في القشرة الصخرية يبين مصدر المقذوفات البركانية

① كتلة من الصخر المنصهر (الماجما) ② ، ③ كتل أصغر من الصخر المنصهر (اللاڤا)

④ جزء من الماجما منبثقة تحت سطح البحر. ٥، ٦ براكين

شكل (٣٩)

قطاع في الغلاف الصخري

ثانيا: الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

تكونت الصخور الرسوبية فوق سطح الأرض من تفتت الصخور النارية والمتحولة نتيجة عمليات التجوية والتعرية ثم انتقلت مكوناتها بفعل المياه أو الرياح أو الجليد فترسبت في بيئات مائية أو على اليابسة، حيث تتماسك وتتصلب بفعل عوامل التلاحم والضغط والتجفيف وتتحول إلى صخور رسوبية. وتتميز عن انواع

الصخور الاخرى بمظهرها الطبقي واحتوائها على المتحجرات وقلة المعادن المتبلورة فيها. واهم العوامل التي تؤدي إلى تماسك الرواسب وتحويلها من حبيبات مفككة إلى صخور متماسكة مايأتي:-

1- التلاحم Cementation: هي العملية المسؤولة عن التحام حبيبات الصخور بترسيب بعض المواد اللاحمة التي تعمل على تماسكها كالسليكا وكاربونات الكالسيوم واكاسيد الحديد والكوارتز، وحينما تتخلل محاليل هذه المواد الفراغات البينية الفاصلة بين حبيبات الرواسب وتستقر فيما بينها على نحو يساعد على تماسكها، فانها تتحول إلى طبقة من الصخور المتماسكة.

2- الانضغاط Compaction: عندما تتراكم طبقات رسوبية سميكة فوق رواسب هشة غير متماسكة في احواض الترسيب يتكون ضغط ناجم عن ثقل هذه الطبقات المترسبة، مما يساهم في تقارب حبيبات الرواسب وتقليل المسام بينها وطرد الماء الذي يتخلل الفراغات بين هذه الحبيبات فتجف وتتماسك مكونة صخوراً رسوبية.

3- التلاحم الحراري Thermal Cementation: تزداد درجات الحرارة كلما زاد عمق حوض الترسيب الذي يحتوي على حبيبات الرواسب، مما يؤدي إلى تماسكها. كما يؤدي صعود الماكما إلى تماسك الحبيبات نتيجة التماس بينها، ومن ثم تتحول الحبيبات الهشة إلى صخور رسوبية.

تصنيف الرواسب:

تصنف الرواسب حسب مكان الترسيب وطبيعة العوامل التي ارسبتها إلى نوعين هما:-

1- الرواسب القارية Continental Sediments: تشتمل الرواسب القارية على المواد التي ترسبت على سطح اليابس أو على قيعان البحيرات والانهار بفعل الرياح أو مياه الانهار، كما تؤدي الانهار الجليدية إلى تجميع الرواسب وتراكمها بعد ذوبان الجليد حينما ترتفع درجة الحرارة.

2- الرواسب البحرية Marine Sediments: تتكون في مياه البحار والمحيطات وتشتمل على الحصى والرمل والطين والرواسب العضوية.

تصنيف الصخور الرسوبية حسب نشأتها:

تصنف الصخور الرسوبية حسب نشأتها(تكونها)الى ثلاث مجموعات: (كربل، 986، 64-70)

1- الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة: تتكون هذه الصخور نتيجة لترسيب المفتتات الصخرية التي تنتقل بواسطة المياه الجارية والرياح والثلاجات وتترسب في بيئات معينة دون ان تتعرض لأي تغير كيميائي، لذا يطلق عليها اسم الصخور الرسوبية الفتاتية. واهم انواع تلك الصخور ما يأتي:-

أ- صخور المجمعات (الكونكلوميرات) Conglomerates: تتكون من تجمع للحصى والجلاميد والرمال وربما كميات قليلة من الطين. وتحتوي حبيبات الكونكلوميرات على الكوارتز، وتكون بعضها مقاومة لعوامل التعرية اذا كانت مكوناتها تحتوي على نسب عالية من السليكا، وتتصف هذه الصخور بكونها مسامية.

ب- الصخور الرملية Sand Stones: تتكون من حبيبات معدنية فتاتية تلتحم معاً بواسطة مواد لاصقة اخرى وتتحكم تلك المواد اللاصقة في لون الصخور، اذ يكون اللون مائلاً إلى الاحمرار عندما تكون المادة اللاصقة اوكسيد الحديد، وتصبح الصخور بيضاء اللون عندما تكون المادة اللاصقة كاربونات الكالسيوم وهكذا. والصخور الرملية ذو خاصية مسامية تكون خزانات عظمى للمياه الباطنية.

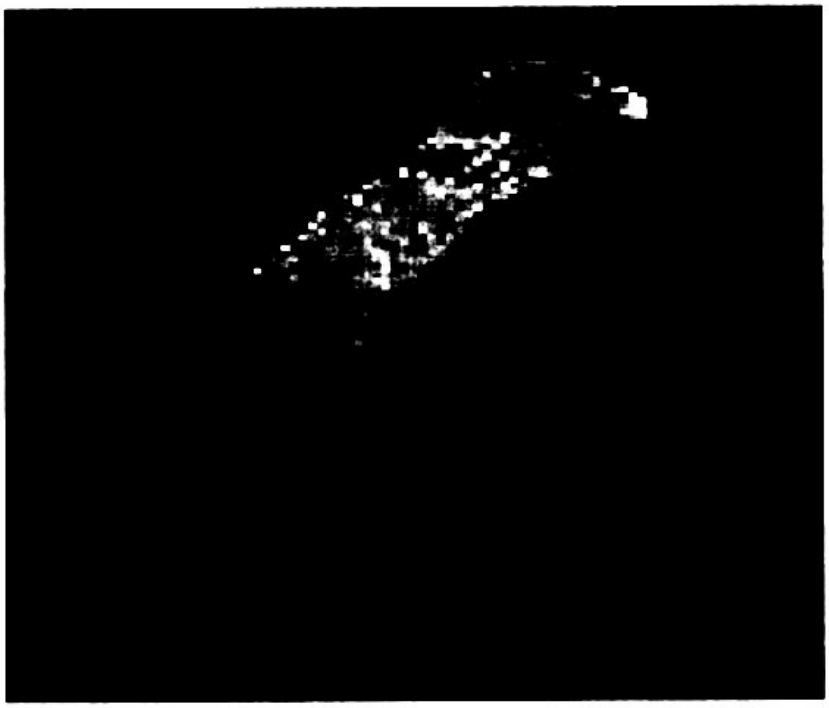
ج- الصخور الطينية Clay Stones: تتكون من رواسب ناعمة دقيقة من الطين والغرين ترسبها الأنهار في مياه عميقة أو تتراكم على قيعان البحيرات، وقد تتماسك حبيباتها بعد ذلك نتيجة لجفافها بسبب الضغط الذي يقع على تلك الرواسب الناجم عن تراكم طبقات من الرواسب الأحدث فوقها. وتعرف الصخور التي تنتج من تماسك الطين والغرين باسم صخور الطفل Shale.

2- **الصخور الرسوبية الكيميائية النشأة:** تتشكل من الرواسب التي تكون بشكل مواد ذائبة في المياه وخاصة المياه الجوفية التي تحتوي على كميات كبيرة من الأملاح ويكون تركيز ثاني اوكسيد الكاربون فيها كبيراً، فضلاً عما يوجد من حرارة عالية وضغط عال، مما يساعد على زيادة قابلية الماء الجوفي في اذابة الصخور. وتترسب هذه المواد اما بسبب التبخر ويطلق عليها اسم صخور المتبخرات أو بسبب تناقص الضغط. ومن اهم الصخور الكيميائية النشأة الصخور الجيرية والصخور الملحية والصوان والدولمايت. ويوضح الشكل (12) احد انواع الصخور الرسوبية.

3- **الصخور الرسوبية العضوية النشأة:** يتكون هذا النوع من الصخور من بقايا الكائنات الحية سواء الحيوانية أم النباتية، ومن اهم امثلتها الصخور الجيرية

المرجانية التي تتكون من تلاحم بقايا الشعب المرجانية الميتة المشبعة بكاربونات الكالسيوم المستخلص من مياه البحر، وحجر الطباشير الذي يتكون من تماسك بقايا حيوانية ونباتية مجهرية، وحجر الفحم الذي يتكون من النباتات المتحللة بعد طمرها وتعرضها للتفحم بتأثير عاملي الحرارة والضغط.

شكل (12) احد انواع الصخور الرسوبية



اهمية الصخور الرسوبية:

تأتي اهمية الصخور الرسوبية بالنسبة لنا من حيث اتساع انتشارها فهي تغطي ثلاثة ارباع سطح اليابسة اضافة إلى قيعان البحار والمحيطات التي تمثل اماكن مناسبة لترسيب هذه الصخور وتكمن اهمية الصخور الرسوبية في الآتي:-

1- تمثل المواد الخام التي نحتاجها لاعمال البناء.

2- تعتبر مكامن لمصادر الطاقة كالنفط والغاز الطبيعي والفحم.

3- تعد المصدر الأساس لبعض المعادن كالفوسفات والأملاح المعدنية.

4- تساعد الصخور الرسوبية الجيولوجيين في دراسة التاريخ الجيولوجي للأرض بما تحتويه من متحجرات تمثل الحياة السابقة على سطح الأرض.

ثالثاً: الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

نعني بالصخور المتحولة تلك الصخور التي نتجت عن تحولات طرأت على شكل وخصائص الصخور الأصلية وجعلتها تختلف عنها. وتنحصر العوامل الرئيسة المسببة للتحول بالحرارة والضغط ووجود المحاليل. فقد ترتفع درجة حرارة الصخور اما بسبب وجود صخور في اعماق سحيقة من الأرض أو نتيجة لوجودها قرب الصهير، وتتراوح درجات الحرارة التي يتم فيها التحول ما بين 200 إلى اكثر من 570°م. وهناك مصدر آخر للحرارة التي تتحول نتيجتها الصخور آت من الطاقة الميكانيكية المصاحبة للحركات الأرضية البانية للسلاسل الجبلية

أما التحول بالضغط فينجم عن الضغط المباشر الناتج عن حركات أرضية والضغط الثابت الناتج عن ثقل الطبقات الصخرية الموجودة فوق الصخور المتحولة. وتقوم المحاليل بدور مهم في عملية التحول عندما تنقل الأيونات من مكان إلى آخر داخل الصخرة نفسها أو من صخرة إلى اخرى، ويعد الماء اكثر السوائل اهمية في نقل تلك الايونات، في حين يعد ثاني اوكسيد الكاربون اهم الغازات في تكوين تلك المحاليل.

بيئات عمليات التحول:

تنشأ الصخور المتحولة غالباً في احدى البيئات الثلاث الآتية:-

1- التحول في المناطق الصدعية (الانكسارية) Metamorphism in Faulted Areas: ينتج في الأقاليم التي تتعرض إلى الحركات الصدعية بسبب الضغط المباشر وحرارة الاحتكاك الناتجة عن امتداد النطاق الصدعي.

2- التحول الحراري أو التماسي Thermal or Contact Metamorphism: ينتج هذا النوع من التحول من تعرض الصخور إلى حرارة عالية دون ان يصاحب ذلك ضغط شديد، ويتم عندما يدخل الصهير بين الصخور المجاورة فتؤدي الحرارة العالية إلى اعادة تبلور المعادن.

وينشأ عن ذلك معادن جديدة مميزة للصخور المتحولة.

3- التحول الأقليمي Regional Metamorphism: يحدث التحول الأقليمي عند تعرض منطقة شاسعة من القشرة الأرضية للضغط الشديد والحرارة العالية المنبثقة من المواد الساخنة المصاحبة للأجسام النارية المتداخلة، وتكون مصاحبة عادة للعمليات البانية للجبال، فاثناء حدوث تلك العمليات يتم الضغط على جزء كبير من القشرة الأرضية، ويؤدي تأثير الحرارة إلى اعادة تبلور المعادن المكونة للصخور الأصلية وظهور معادن جديدة. ومن امثلة ذلك تحول حجر الكلس إلى رخام وفحم البتيومين إلى فحم الانثراسايت الشديد الصلابة.

أهم الصخور المتحولة:

تقسم الصخور المتحولة تبعاً لنوعية الصخور الاصلية إلى نوعين هما:-

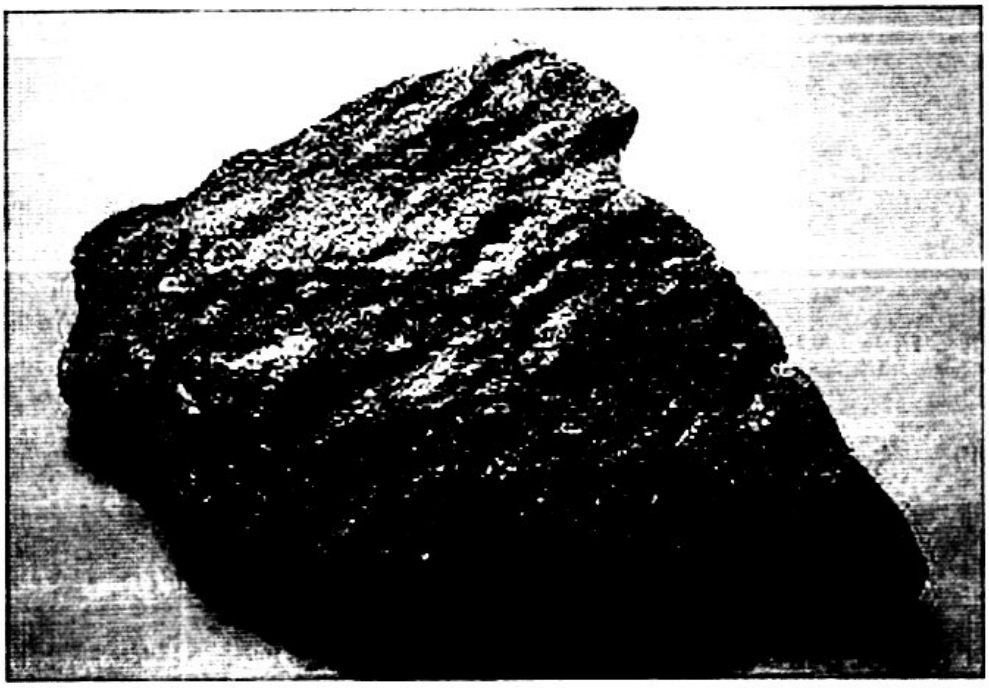
1- الصخور المتحولة ذوات الأصل الرسوبي: تتمثل هذه الصخور في الاردواز واصله صخر طيني ويتكون من صفائح رقيقة يمكن فصلها عن بعضها بسهولة. ويعتبر الرخام من بين اهم الصخور المتحولة من اصل رسوبي، وينشأ من جراء تعرض الصخور الكلسية للضغط الشديد والحرارة العالية، وهو بلوري مقاوم شديد لعمليات التعرية وبخاصة في الأقاليم الجافة.

2- الصخور المتحولة ذوات الاصول النارية: تشتمل على صخور الشيست Schist التي تتكون من حبيبات خشنة وصفائح متلاصقة. كما تشتمل على صخور النايس Gneiss التي تتواجد فيها معادن الكوارتز والفلسبار والبوتاسيوم وهو صخر متحول عن الكرانيت، ويتبين من الشكل (13) احد انواع الصخور المتحولة.

دورة الصخور في الطبيعة:

يعود منشأ واصل الصخور إلى الصهير الصخري (الماكما) الذي يندفع من باطن الأرض نحو سطحها، وقد يتصلب في الأجزاء العليا من القشرة الأرضية مكوناً الصخور النارية المتداخلة، أو ربما يصل إلى سطح القشرة الأرضية ويسيل عليه على شكل (لافا) اي طفوح بركانية ثم يتصلب فوق السطح مكوناً الصخور النارية البركانية أو السطحية. وعليه فان اول انواع الصخور هي الصخور النارية التي تنشأ نتيجة برودة الصهير وتتصلب مكونة صخور ذات سمات تميزها عن انواع الصخور الاخرى.

شكل (13) احد انواع الصخور المتحولة



عندما تنكشف الصخور النارية فوق سطح الأرض فانها تتعرض لعمليات التجوية التي تعمل على تفتيتها بمرور الزمن، ثم تنقل هذه المفتتات وترسب بعيداً عن المنشأ الأصلي. وهذه مهمة عوامل التعرية المختلفة مثل المياه الجارية والجليد والرياح والأمواج، وعند تراكم الرواسب على شكل طبقات افقية في بيئة ترسيبية مناسبة سواء كانت بحرية مثل قيعان المحيطات أم بيئة قارية مثل السهول الفيضية للأنهار، أو بيئة ترسيبية هامشية أو انتقالية مثل البحيرات الساحلية والسبخات الساحلية، عندئذ تبدأ عملية تحول المفتتات إلى صخر صلب متماسك، وتتصخرالرواسب عندما تتضاغط تحت ثقل الطبقات التي فوقها أو عندما تلتحم مع بعضها فتتكون الصخور الرسوبية. وقد تتعرض الصخور الرسوبية لضغوط شديدة اذا مادفنت تحت اعماق كبيرة في باطن الأرض أوحرارة عالية نتيجة اقترابها من خزانات الصهير، مما يؤثر في سماتها الصخرية ويطلق على هذه العملية مصطلح التحول الصخري، اي تحول الصخور النارية والرسوبية إلى صخور

متحولة. وحينما تتعرض الصخور المتحولة إلى حرارة وضغط شديدين فانها تنصهر مرة اخرى مكونة بذلك الصهير الذي قد يتصلب بالبرودة ويتبدل إلى صخور نارية لتكرر دورتها مرة اخرى وكما يتبين من الشكل (14).

الشكل (14) دورة الصخور في الطبيعة