الباب الثالث

الصخـــــور

(بقلم الشناوى)

يتكون الجزء اليابس من الأرض من أنواع مختلفة من الصخور . ويمكن تعريف الصخر بصفة عامة بأنه كل مادة صلبة تتكون أساساً إما من معدن واحد أو من خليط معادن عديدة ، وتشترك فى بناء جزء أساسى من القشرة الأرضية . وتوجد أيضاً بعض الصخور التى تتكون من أصل عضوى (ليس معدنى) مثل صخور الفحم أو الصخور العضوية المتكونة من تكدس بقايا الهياكل العظمية للكائنات الحية .

تختلف الصخور إختلافاً بيناً يتوقف على نوع المعادن المكونة لها ، بل وعلى النسبة بين المعادن المشتركة فى تكوينها أى التركيب المعدنى لها ، وكذلك على كيفية نشأتها Mode of origin وطريقة تكوينها وتواجدها Mode of occurrence . ويمكن تصنيف الصخور حسب كيفية نشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية .

أولا ـ الصخور النارية Igneous rocks : وتشمل الصخور المتبلورة بصفة عامة والتى تكونت من تصلد الصهير (ماجما) Magma فى باطن الأرض أو تصلد الحمم (لافا) Lava على سطح الأرض .

ثانيا ـ الصخور الرسوبية Sedimentary rocks : تنشأ هذه الصخور نتيجة

تكسير وتفتت صخور سابقة التكوين ثم ترسيبها من جديد تحت تأثير النشاط الآلى أو الكيميائى لعوامل التعرية أو النشاط العضوى للكائنات الحية .

ثالثاً ـ الصخور المتحولة Metamorphic rocks : وتشمل كل الصخور التى تتكون نتيجة تغير أو تحول أساسى فى مادة صخور نارية أو رسوبية سابقة التكوين تحت تأثير تعرضها لظروف طارئة من الحرارة أو الضغط أو كليهما معاً ، مما يؤدى إلى تغير معالم الصخر الأساسى تغيراً جزئياً أو كلياً وإكتسابه معالم جديدة تلائم الظروف الجديدة .

ويمكن التمييز بين هذه الأنواع الرئيسية الثلاثة بصفة مبدئية . فالصخور الرسوبية غالباً ما تتكون فى هيئة طبقات متباينة ، قد تحتوى كل منها على بقايا حيوانية أو نباتية قديمة (تسمى الحفريات) ، وتنعدم هذه الميزة تماماً فى الصخور النارية ، وتوجد أحياناً فى الصخور المتحولة عن أصل رسوبى حيث تتشوه الحفريات أو تتحول تماماً تاركة خلفها آثاراً تدل على سابق وجودها . وتتميز الصخور النارية بهيئتها الكتلية اللاطبقية Non-stratified ولكنها غالباً ما تكون فى حالة متبلورة ، فى حين يندر وضوح مثل هذه المكونات المتبلورة فى الصخور الرسوبية وتظهر فى كثير من الصخور المتحولة حيث تتبلور مكوناتها من جديد وترتب نفسها فى نظام صفائحى يناسب ويوائم الإحتفاظ بكيانها تحت تأثير الضغط المرتفع الذى تعرضت له .

أولا ـ الصخور النارية

تتكون هذه الصخور من تصلد وتبلور مادة الصهير التى تتواجد على أعماق بعيدة غير معروفة من سطح الأرض . وقد تضطر هذه المواد المنصهرة

تحت تأثير ظروف معينة إلى الصعود فى القشرة الأرضية حيث تغزوها وتتداخل بين صخورها ، وأحيانا قد يصل الصهير إلى سطح الأرض ، وفى كلتا الحالتين يتعرض لفقدان حرارته فيتجمد متبلورا فى مكان ما ، أما فى باطن الأرض أو على سطحها (شكل ٢٦) . وبذلك يمكن تصنيف الصخور النارية حسب بيئة تكوينها وتواجدها إلى :

١) صخور باطنية Intrusive rocks وتشمل :

ا ـ صخور جوفية Plutonic rocks .

ب ـ صخور تحت سطحية Hypabyssal rocks

٢) صخور سطحية Extrusive rocks أى صخور بركانية Volcanic rocks .

الصخور الجوفية

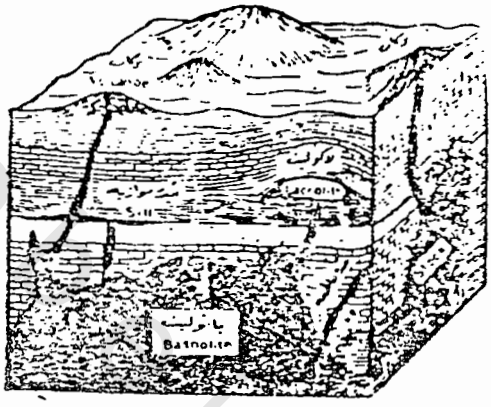
تتكون الصخور الجوفية على أعماق بعيدة فى جوف الأرض حيث تسمح عوامل الحرارة والضغط بعملية تبلور تام لمكونات الصهير ، نتيجة التبريد البطىء والضغط المستقر نسبياً ، ولذلك نوجد المكونات المعدنية للصخور الجوفية فى هيئة بلورات كبيرة الحجم ومتساوية فيما بينها فى النمو وفى ترتيب أفرادها ، وتوصف المعادن فى هذه الحالة بأنها كاملة التبلور Holocrystalline . وتعرف الهيئة الناتجة عن الحجم النسبي وشكل وطريقة ترتيب بلورات المعادن المكونة لصخر ما بالنسيج Texture . وتتميز الصخور الجوفية بنسيج كامل التبلور أى ذات بلورات واضحة المعالم « نموذجية الشكل » Idiomorphic (شكل ٣٢) . ويوصف النسيج فى هذه الحالة بأنه كبير

الحبيبات Coarse grained texture أو جرانيتي Granitoid (شكل ٢٧، ٢٨).
وتتواجد الصخور الجوفية فى هيئة كتل ذات حجم ضخم ، تغطى مساحات شاسعة تبلغ مئات الكيلومترات على أعماق كبيرة جداً تحت سلاسل الجبال ، وتتزايد مساحتها تدريجيا فى إتجاه قاعدتها ، وعادة ما تكون أسقفها مخروطية الشكل وجدرانها شديده الإنحدار وغير متوافقة (متباينة ـ شكل ٥٧) مع صخور مكانها وتعرف مثل هذه الكتل الضخمة من الصخور النارية « باثوليث » Batholith (شكل ٢٦) . وتسمى الأحجام الصغيرة منها « بوس » Boss أو « ستوك » Stock ..

الصخور تحت السطحية (المتداخلة)

يصعد الصهير أحيانا ـ تحت ظروف إضطرارية ـ داخل القشرة الأرضية ويتسرب إلى مناطق الضعف فى صخور المكان وخاصة الرسوبية منها وينتج عن ذلك تقوس الطبقات الموجودة فوق الصهير المتداخل فتتخذ هيئة قبو ذو قاعدة مستوية إلى حد ما ، وبذلك يوجد عدم توافق متباين (شكل ٥٧) ، بين السطح العلوى لهذه الكتلة المتداخلة وطبقات الصخور الرسوبية المحيطة بها . وتسمى مثل هذه الكتل النارية المتداخلة ، التى قد تصل مساحتها عدة كيلومترات ، باسم لاكوليث Laccolith أو كتل جرسية .

وأحياناً يتداخل الصهير بين سطوح الطبقات الرسوبية الضعيفة حيث يتجمد فى هيئة جدد موازيه Sills (شكل ٢٦) ، وأحياناً أخرى يغزو الصهير الشقوق والفواصل أو الكسور التى غالبا ما تكون رأسية أو مائلة فى صخور المكان ويتجمد مكونا كتلا نارية تعرف بالجدد القاطعة أو الرأسية Dikes .

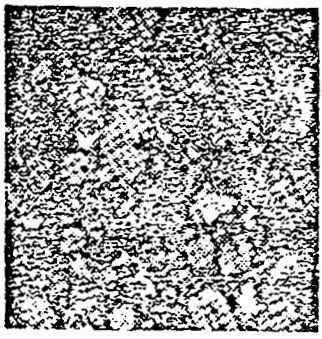


(شكل ٢٩) يبين كيفية تواجد الصخور النارية

وتتميز الصخور تحت السطحية بنسيج بورفيرى Porphyritic texture (شكل ٢٩ ، ٣٠) ويتكون من بلورات كبيرة الحجم تسمى فينوكريست Phenocrysts (شكل ٣١ ، ٣٢) منتشرة في وسط من البلورات الدقيقة أو المجهرية Microcrysts أو أو فى وسط زجاجى Glasssy groundmass ينعدم فيه التبلور تماما . وينشأ النسيج البلورى البورفيرى نتيجة تغير الظروف المحيطة بالصهير المتداخل أثناء تصلده : فتتكون البلورات الكبيرة الحجم النموذجية الشكل أثناء وجود الصهير فى أعماق بعيدة نسبياً من سطح الأرض نتيجة التبريد البطىء ، فاذا ما تداخل الصهير بعد ذلك فى الطبقات القريبة من سطح الأرض حيث التبريد المفاجىء فانه يتصلد حينئذ فى بلورات دقيقة الحجم أو لمجهرية تماماً وتتشكل بشكل للفراغات الموجودة بين البلورات النموذجية الشكل السابق تكوينها ، ولذلك فغالباً ما تكون هذه الحبيبات المتبلورة غير كاملة الهيئة ، غريبة الشكل، Xenomorphic أو تحت نموذجية الشكل Hypidiomorphic . وأحياناً أخرى يتعرض الصهير المتداخل إلى إنخفاض شديد مفاجىء فى درجة الحرارة والضغط فيتصلد فى هيئة مادة خفية التبلور Cryptocystalline (لا يمكن تمييزها بعدسة مكبرة أو مجهر عادى) أو يتجمد فى هيئة مادة زجاجية عديمة التبلور ، لتكون الوسط الذى يحيط بالبلورات الكبيرة الحجم .

(شكل ٢٧) يبين النسيج الجرانيتى
فى صخر جرانودايوريت ـ حجم طبيعى

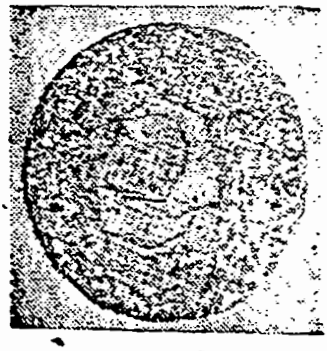
(شكل ٢٨) شريحة ميكروسكوبية تبين
النسيج الجرانيتى فى صخر سيانيت
(قوة التكبير × ١٥)



(شكل ٢٩) يبين النسيج البورفيرى
فى صخر كوارتز بورفيرى ـ حجم طبيعى

(شكل ٣٠) يبين بلورات واضحة
« فينوكريست » لمعدن فلسبارات فى
وسط زجاجى بحت فى صخر أبسيديان
(تكبير × ١٥)

(شكل ٣١) شريحة ميكروسكوبية
تبين بلورة واضحة « فينوكريست » فى
وسط دقيق التبلور فى صخر راكيت
(تكبير × ١٥)



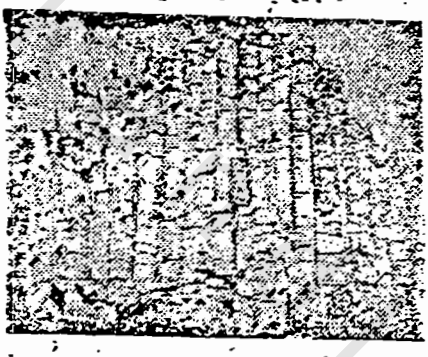
(شكل ٣٢) شريحة ميكروسكوبية
تبين قطاعا طوليا فى بلورة كاملة الهيئة
« عمودية الشكل » لمعدن أوليفين فى
صخر بازلت ـ (تكبير × ٢٥)

الصخور السطحية أو البركانية

تكون هذه الصخور نتيجة تدفق الحمم أو اللافا Lava من أفواه البراكين الثائرة ، أو من الشقوق والفواصل التى قد تصادف الصهير المتصاعد فى صخور المكان إلى سطح الأرض. وتتصلد الحمم حيث سرعة ثائرة لا تسمح لمكوناتها بأن تتخذ الأشكال البلورية الخاصة بها فتكون مادة زجاجية عديمة التبلور وأحيانا تتجمد الحمم فى كتل سميكة ، فتتكون الطبقة الخارجية منها فى نسيج زجاجى نتيجة تعرضها المباشر للجو حيث تفقد حرارتها بسرعة هائلة ، بينما تتمتع الأجزاء الداخلية منها بتبريد بطىء نسبيا فتتجمد فى نسيج دقيق أو خفى التبلور . وغالباً ما تحتوى الحمم على غازات وأبخرة متمددة على هيئة فقاقيع كبيرة ، سرعان ما تتطاير بمجرد تعرضها للجو تاركة خلفها فراغات فقاعية فى الصخور النارية السطحية فتكون نسيجا فقاعيا Vesicular texture (شكل ٣٧ — ٣٩) . وقد تمتلىء هذه الفراغات الفقاعية فيما بعد بمعادن ثانوية لاحقة مختلفة الأصل وتظهر فى شكل لوزى، ويوصف النسيج الناتج بأنه لوزى أو أميجدالى Amygdaloidal texture . وأحيانا تتجمع الغازات البركانية فى الحمم على هيئة فقاقيع صغيرة جدا كثيرة الإنتشار ، وبمجرد تطايرها تترك الصخر البركانى على هيئة نسيج أسفنجى Spongy texture كما هو الحال فى الحجر الخفاف .

وتظهر الصخور البركانية فى الطبيعة فى أشكال مختلفة تتوقف على التركيب الكيميائى للحمم ودرجة حرارتها ودرجة لزوجها Viscosity : فالحمم الحامضية التركيب تظل لزجة لوقت طويل وخاصة فى درجات الحرارة العالية فتسيل إلى مسافات قصيرة غير بعيدة عن مصدرها ، فى حين أن الحمم القاعدية التركيب

(شكل ٣٣) يبين التركيب الحبلى والوسادى للحمم البركانية



(شكل ٣٤) يبين التركيب العدنى فى صخر البازلت

(شكل ٣٥) القنابل البركانية

قليلة اللزوجة أو مائعة Mobile وتتحرك بسهولة فتصل إلى مسافات بعيدة نسبيا عن مصدرها . وتقذف البراكين قطع الحمم إلى إرتفاعات مختلفة فى هيئة كتل بركانية Volcanic blocks ، أو هيئة بيضاوية تعرف بالقنابل البركانية Volcanic bombs ، (شكل ٣٥) ، أو قطع صغيرة الحجم تسمى « لابيلاى » Lapilli ، أو تتطاير فى هيئة فتات أو حبيبات صغيرة تعرف بالغبار البركانى Volcanic dust ثم تتساقط هذه القذائف البركانية وتكون الرواسب الفتاتية البركانية Pyroclastic debris (شكل ٣٩) ، ومنها :

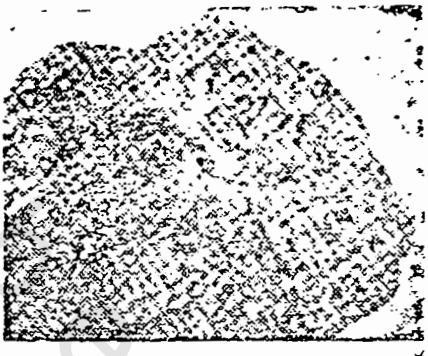
ا ـ الاجلومرات Volcanic agglomerate : وتتكون من قطع بركانية صغيرة مستديرة الشكل .

ب ـ البريشيا البركانية Volcanic breccia : وتتكون من قطع صخرية بركانية حادة الحواف .

حـ ـ التوفا البركانية Volcanic tuff : وهى الرواسب البركانية الدقيقة التى تتكون من الغبار البركانى .

أما اللافا فانها تسيل على جوانب البراكين الثائرة ، وعند ما تبرد هذه الحمم المتدفقة فانها تتخذ أشكالا حبلية Ropy appearance (شكل ٣٣) ، عادة ما توازى السطح الذى تسيل عليه ، وغالبا ما تتبلور مكونات الجزء الداخلى لهذه الحمم المتحركة وترتب متوازية لبعضها فى إتجاه التحرك فينتج ما يسمى بنية الإنسياب Flow structure (شكل ٣٦) . وقد تبرد اللافا متجمدة على هيئة وسائد متجمعة فوق بعضها فى بنية وسادية Pillow structure (شكل ٣٣) ، وأحيانا تتجمد الحمم فى شكل أعمدة رأسية متلاصقة ذات

(شكل ٣٦) يبين التركيب الانسيابى فى صخر رايوليت



(شكل ٣٧) يبين النسيج الفقاعى الاسفنجى فى صخر بيوميس

(شكل ٣٨) شريحة ميكروسكوبية تبين النسيج الفقاعى « البرليتى » فى صخر بلشتون (تكبير × ١٥)

(شكل ٣٩) شريحة ميكروسكوبية تبين النسيج الفقاعى والمواد الفتتة فى صخر التوفا البركانية (تكبير × ١٥)

مقطع سداسى منتظم يشبه خلايا النحل يعرف بالبنية العمدانية Columnar structure (شكل ٣٤) . وتنشأ هذه البنية عن الإنكماش المنتظم لسطح الحمم نتيجة التبريد فتنفصل فى أشكال منتظمة سداسية المقطع ، وتمتد الفواصل متعمقة إلى أسفل بازدياد التبريد والإنكماش فتتكون أعمدة طويلة متوازية متجاورة منفصلة عن بعضها .

التركيب المعدنى للصخور النارية

تتكون الصخور النارية من تصلد مادة الصهير أو الحمم . ويؤدى تجمد الصهير إلى تكون معادن السيليكات بالتبلور فى نظام وتتابع معين هو التبلور النوعى أو التبلور التجزيئى (شكل ٢٥ ، ص ٨٣) . ونتيجة لهذا فان الصخور النارية تختلف إختلافا بيناً فيما بينها فى تركيبها المعدنى وبالتالى فى تركيبها الكيميائى. ولا يتوقف نوع الصخور النارية على مجرد خاصية التبلور النوعى فحسب ، بل يتوقف كذلك إلى حد كبير على التركيب الكيميائى لمادة الصهير نفسه ، فالصهير الغنى أصلا بالسيليكا والألومينا والقلويات يتصلد مكونا معادن الفلسبارات القلوية والميكا البيضاء (مسكوفيت) والكوارتز، بينما تتكون المعادن الحديد وماغنيسية مثل الأوليفين ، الأوجيت ، الهورنبلند والميكا السوداء (بايوتيت) من الصهير الغنى بالماغنيزيا وأكسيد الحديد والجير . وأما الصهير الغنى بالقلويات (الصوديوم والبوتاسيوم) الفقير فى السيليكا فانه يتصلد مكونا المعادن الفلسباثية مثل النيفيلين واللوسيت .

وتصنف الصخور النارية على أساس التركيب المعدنى ، أى حسب نسبة السيليكا التى يحتويها الصخر إلى أقسام رئيسية :

١) صخور حمضية Acidic rocks : تحتوى على أكثر من ٦٦ ٪ سيليكا ونسبة صغيرة من الحديد والماغنيسيوم ولذلك فان لونها غالباما يكون فاتحاً ، وأهم المعادن التى تكون هذه الصخور هى الكوارتز والفلسبارات البوتاسية مثل أرثوكلاز وميكروكلين وقليل من الفلسبارات البلاجيوكلازية الحمضية مثل أوليجوكلاز، وألبيت والميكا البيضاء وقليل من الميكا السوداء. ومن أمثلة هذه الصخور جرانيت ، جرانودايوريت ، أبليت ، رايوليت .

٢) صخور متوسطة Intermediate rocks : تحصر فيها نسبة السيليكا بين ٦٦ ٪ و ٥٢ ٪ وتزداد بها نسبة الحديد والماغنسيوم عن النوع السابق ، وهى لذلك ذات لون متوسط ولكنه أقتم من الصخور الحمضية . ومن أهم المعادن المكونة لها : الفلسبارات البلاجيوكلازية المتوسطة التركيب مثل أنديزين ، ومعادن الأمفيبولات مثل الهورنبلد ، وقليل من الفلسبارات البوتاسية والميكا السوداء ومن أمثلة هذه الصخور دايوريت ، أنديزيت ، تراكيت .

٣) صخور قاعدية Basic rocks : تحتوى على نسبة ٥٢ – ٤٥ ٪ من السيليكا وتكثر فيها نسبة المعادن الحديد وماغنيسية مثل الأوليفين والبيروكسينات ، وكذلك الفلسبارات البلاجيوكلازية القاعدية مثل أنورثيت، ويندر وجود معدن الكوارتز فى هذه الصخور . ولون هذه الصخور عادة قاتم يميل إلى السواد ، ومن أمثلتها صخر جابرو ، دوليريت ، بازلت .

٤) صخور فوق قاعدية Ultra-basic rocks : تقل فيها نسبة السيليكا عن ٤٥ ٪ من تركيبها وتتكون أساسا من المعادن التى تحتوى على نسبة عالية

جدا من الحديد والماغنسيوم مثل الأوليفين ومن أمثلتها صخر بريدوتيت ، دونيت ويتكونان أساسا من معادن الأوليفين ، وصخر بيروكسينيت ومعظمه من معادن البيروكسينات ، وكذلك صخر هورنبلنديت ويتكون من الهورنبلند .

ويمكن تصنيف الصخور النارية بصفة عامة وبطريقة مبسطة يسهل استيعابها تشمل كل من التصنيفين الأساسيين وهما التصنيف حسب بيئة وطريقة التكوين ، والتصنيف الذى يعتمد على التركيب المعدنى للصخور ، أى أن هذا التصنيف العام يتوقف أساسا على نوع نسيج الصخور ونسبة السيليكا (وبالتالى اللون والوزن النوعى) كما هو موضح بالجدول المرفق (جدول رقم ١) .

وصف بعض الصخور النارية

يمكن الاستفادة بالجدول السابق فى وصف الصخور النارية من حيث تركيبها المعدنى وطريقة تكوينها

الصخور الجوفية

الجرانيت Granite : صخر حمضى يتكون من المعادن الأساسية Essential minerals : كوارتز والفلسبار البوتاسى مثل أرثوكلاز أو ميكروكلين ، والميكا البيضاء (ماسكوفيت) أو السوداء (بايوتيت) وهذه معادن سائدة Dominant . وقد توجد بعض المعادن الأساسية الأخرى ولكن بنسبة أقل من المعادن السائدة ، فمثلا قد يوجد قليل من الهورنبلند ، ونادراً ما يوجد الأوجيت . وينتج عن هذا التركيب المعدنى الحمضى لون الجرانيت الوردى الفاتح ووزنه النوعى الصغير نسبيا .

ويوصف الجرانيت حسب حجم بلورات المعادن المكونه له ، فهو صخر جوفى ذو نسيج جرانيتى قد يكون كبير البلورات أو دقيقها وغالباً ما تكون بلوراته كاملة الهيئة واضحة المعالم .

جرانوديوريت Granodiorite : ويتشابه إلى حد ما مع الجرانيت فى تركيبه المعدنى إلا أن نسبة الفلسبار البوتاسى تقل بكثير فى الجرانوديوريت، وتزيد نسبة معادن البلاجيوكلاز الصودى حيث تحل محل الأرثوكلاز ويتغير لون الجرانوديوريت بين فاتح وداكن حسب إزدياد البلاجيوكلاز والمعادن الحديد ومغنيسية القاتمة مثل الهورنبلند . والجرانوديوريت صخر جوفى جرانيتى النسيج كبير البلورات أو دقيقها .

سيانيت Syenite : صخر متوسط فى تركيبه المعدنى ويتكون أساسا من الفلسبارات البوتاسية (أرثوكلاز) ، والبلاجيوكلاز الصودى وهما المعدنان الأساسيان السائدان ، هذا بالإضافة إلى قليل من المعادن الأساسية الأخرى مثل الميكا السوداء والأمفيبولات (هورنبلند) . وقد يوجد الكوارتز كمعدن غير أساسى بنسبة ضئيلة جدا أو ينعدم وجوده فى صخور السيانيت . وصخر السيانيت فاتح أو متوسط اللون ، ونسيجه دقيق البلور متساوى الحبيبات أى أنه صخر جوفى .

دايوريت Diorite : صخر متوسط التركيب المعدنى ومكوناته الأساسية السائدة هى البلاجيوكلاز الصودى (أوليجوكلاز) والمتوسط (أنديزين). ومن المعادن الأساسية الأخرى : الهورنبلند وتوجد بكميات متوسطة ،والميكا السوداء بنسبة أقل من الهورنبلند ، وكذلك بعض معادن البيروكسينات

(أوجيت) بكميات قليله . ويوجد الفلسبار البوتاسى (أرثوكلاز) بنسبة ضئيلة جدا إلى حد اعتباره معدنا غير أساسى ، وأما الكوارتز فيندر وجوده أن لم ينعدم نهائيا . ولون الصخر قاتم بصفة عامة ، وتزداد قتامة لونه بازدياد نسبة المعادن الحديدوماغنيسية . والصخر جوفى أى أن نسيجه منتظم قد يكون متوسط أو دقيق التبلور ، ويوجد عادة فى كتل اللاكوليث أو الباثوليث .

جابرو Gabbro : صخرى قاعدى شائع الوجود يتكون أساسا من المعادن النائدة الآتية : البلاجيوكلاز القاعدى (لابرادوريت ـ بايتونيت ـ أنورثيت) والبيروكسينات (أوجيت ، أنستاتيت) . وتوجد معادن أخرى غير سائدة مثل الهورنبلند والأوليفين وكميات ضئيلة من البايوتيت ، بجانب المعادن الإضافية الأخرى مثل ماجنيتيت وكروميت . وصخر الجابرو أسود اللون ذو نسيج منتظم متوسط التبلور حيث أنه جوفي .

بريدوتيت Peridotite : وهو صخر فوق قاعدى ذو لون أخضر قاتم أو أسود ويتوقف على تركيبه المعدنى ، وغالبا ماتكون المعادن الحديدوماغنيسية هى السائدة فى هذا الصخر . ويسمى الصخر دونيت Dunite إذا تكون أساسا من معادن الأوليفين بنسبة عالية جدا ، ويسمى بيروكسينيت Pyroxenite إذا كانت معظم مكوناته الأساسية من معادن أوجيت أو أنستاتيت ، ويسمى هورنبلنديت Hornblendite إذا تكون من معدن الهورنبلند بنسبة تفوق المعادن الأخرى وغالبا ما تحتوى الصخور فوق القاعدية على معادن إضافية مثل ماجنيتيت ، كروميت والمينيت .

الصخور البيجماتيتية

تتكون صخور البيجماتيت من مواد الصهير المتبقية بعد تكوين الصخور النارية الجوفية حيث يصبح الجزء المتبقى أقل لزوجة أى أكثر ميوعة عن ذى قبل . وتسمح طبيعة الصهير المتبقى بتكوين معادن ذات بلورات كبيرة جداً إلى حد قد تبلغ فيه بضعة أقدام في الطول ، وتكون عادة واضحة نموذجية الشكل ، وبذلك تتميز صخور البيجماتيت بنسيج منتظم كبير البلورات الكاملة الهيئة . وتتكون صخور البيجماتيت متداخلة فى هيئة جدد أو عروق قد تتقاطع مع الصخور النارية الجوفية التى سبق تكوينها فى المرحلة الأولى من تصلد الصهير ، أو قد تتداخل بين طبقات صخور المكان التى تخترقها ، وبذلك تكون صخور البيجماتيت حلقة الإتصال بين الصخور النارية الجوفية والصخور النارية السطحية أى البركانية من ناحية طريقة تكوينها وتواجدها .

أما عن تركيبها المعدنى فهو حمضى ، يشبه التركيب المعدنى لصخر الجرانيت إلى حد كبير : فتتكون صخور البيجماتيت من معادن أساسية تسود فيها نسبة الكوارتز والفلسبار البوتاسى والميكا وخاصة معدن ماسكوفيت الذى يتواجد بكمية أكبر من معدن بايوتيت . وتعتبر صخور البيجماتيت مصدرا هاما لبلورات الكوارتز والماسكوفيت والفلسبارات .

الصخور السطحية (البركانية)

رايوليت Rhyolite : صخر سطحى ذو نسيج دقيق الحبيبات ، حمضى ذو لون فاتح يقابل الجرانيت فى تركيبه المعدنى ، إذ يتكون أساسا من الكوارتز وأرثوكلاز وقليل من الميكا وأحيانا الهورنبلند . ويوجد صخر الرايوليت فى الطفوح البركانية حيث يتميز بنسيج دقيق أو خفى التبلور ،

ويوجد أحياناً فى الصخور تحت السطحية المتداخلة مثل الجدد فيكون سيجه حينئذ بورفيريا .

تراكيت Trachyte : صخر بركانى ذو نسيج دقيق البلور ، أو تحت سطحى ذو نسيج بورفيرى يحتوى على بلورات واضحة « فينوكريست » من معدن سانيدين (إحدى عينات الأرثوكلاز) ، ونادراً ما يتكون فى نسيج زجاجى . والصخر ذو لون فاتح أو متوسط إذ أن تركيبه المعدنى متوسط بناظر تركيب صخر السيانيت ، ويحتوى على المعادن الأساسية : أرثوكلاز وبلاجيوكلاز صودى (أوليجوكلاز) وهما السائدان ، الميكا والهورنبلند أما المعادن الإضافية فمتنوعة ، فقد يوجد منها الأوجيت ، الكوارتز أو التريميان أو اللوسيت ، ماجنيتيت ، زيركون . أباتيت .

بازلت Basalt : وهو صخر قاعدى قاتم اللون يشابه صخر الجابرو الجوفى فى تركيبه المعدنى ويتكون من معادن البلاجيوكلاز القاعدية ، والبيروكسينات وكميات قليلة من الأمفيبولات والأوليفين . ويتواجد الماجنيتيت كمعدن إضافى ولكن قد تزيد نسبته فى بعض الأحيان لدرجة إعتباره كمعدن أساسى . ويتميز البازلت بنسيج بورفيرى ذى بلورات دقيقة فى وسط خفى البلور أو زجاجى . وصخر البازلت من أكثر صخور القشرة الأرضية شيوعا حيث يوجد بكثرة فى الجدد والطفوح البركانية .

أبسيديان Obsidian : صخر بركانى حمضى التركيب ذو لون فاتح مثل الأحمر والأخضر وأحياناً ذو لون أسود مبرقش بالأبيض . ونسيجه زجاجى عديم البلور إلا أنه قد يحتوى على بعض البلورات الدقيقة جداً أو الخفية

التبلور ، وتبدو كذرات من الرماد فى وسط زجاجى ، كما قد يحتوى على فراغات غازية .

صخر القار (بتشستون) Pitchstone : ذو لون فاتح إلى متوسط مثل اللون الأحمر أو الأخضر أو البنى ، وتركيبه المعدنى حمضى يحتوى على نسبة كبيرة من الماء قد تصل إلى ١٠ ٪ ، ونسيجه زجاجى عديم التبلور .

الحجر الخفاف (بيوميس) Pumice : صخر حمضى فاتح اللون ويشابه صخر الرايوليت فى تركيبه المعدنى ولكنه يتميز بنسيج فقاعى أو أسفنجى مما يخفف وزنه لدرجة تسمح له بالطفو على سطح الماء إلى مسافات بعيدة عن مصدره .

تراكيليت Trachylite : صخر سطحى ذو نسيج زجاجى ، داكن اللون قاعدى فى تركيبه المعدنى الذى يشابه التركيب المعدنى لصخور البازلت.

ثانياً ـ الصخور الرسوبية

تتكون الصخور الرسوبية نتيجة تفتت صخور أخرى سبق تكوينها ، ثم ترسب المواد الناتجة في مكان جديد تحت ظروف عادية من الضغط والحرارة . ويتم ذلك بواسطة عوامل التعرية Denudation ، فتؤدى التجوية Weathering إلى تكسير الصخور الأصلية وتفتيتها تحت تأثير النشاط الميكانيكى أو الكيميائى للأمطار والرياح والجليد والصقيع أو الإختلاف الدورى فى درجة الحرارة ، ثم نقل المواد الناتجة من عمليات التجوية ـ أما فى حالة صلبة على هيئة حبيبات صغيرة أو مواد دقيقة غير قابلة

للذوبان ، أو فى حالة سائلة على هيئة محاليل - من مكانها الأصلى بواسطة عوامل النقل Transport مثل المياه الجارية أو الرياح ، الثلاجات Glaciers ، إلى حيث تتجمع فى هيئة رواسب صخرية . وعادة ما تتكون هذه الرواسب فى هيئة طبقات متعاقبة - الأحدث فوق الأقدم منها - وتختلف فيما بينها فى سمكها وتكوينها وحجم الحبيبات المكونة لها وألوانها وجميع صفاتها الأخرى، وبذلك يمكن تمييز مستويات أو سطوح فاصلة لكل من هذه الطبقات . ثم تأتى بعد ذلك عملية تماسك أو تصلد Consolidation هذه الرواسب الصخرية وذلك بالتحام Welding مكوناتها مع بعضها تحت تأثير الضغط الناشئ من ثقل الرواسب الأخرى التى تعلوها ، أو قد يتم التصلد بواسطة مادة لاصقة أو مادة لحام Cement ، مثل كربونات الكالسيوم أو السيليكا أو أكاسيد الحديد ، التى قد تتواجد بين مكونات هذه الرواسب . وتتكون الصخور الرسوبية من خليط مواد مختلفة ذات أصل متعدد وتركيب كيميائى أو معدنى متباين ، تحت ظروف متنوعة وبيئات مختلفة ، وذلك مما يؤدى إلى تعدد أنواعها . وتصنف الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها وظروف نشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

١) صخور رسوبية ميكانيكية النشأة Mechanically-formed sedimentary rocks : تشمل هذه المجموعة كل الصخور الرسوبية التى تتكون من قطع وفتات الصخور السابقة التكوين التى يتم نقلها - بواسطة المياه أو الرياح أو الثلاجات أو بفعل الجاذبية الأرضية - دون أن يطرأ عليها أى تغير كيميائى إلى حيث تترسب بطريقة آلية ، ثم تتماسك وتتصلد .

٢- صخور رسوبية كيميائية النشأة Chemically-formed sedim-entary rocks : تتكون هذه الصخور نتيجة ترسبها من محاليل تحتوى على مواد مذابة عندما ترتفع درجة تركيزها تحت تأثير الظروف الطبيعية المحيطة بها . أو قد تتكون الرواسب نتيجة تفاعل كيميائي بين مكونات هذه المحاليل .

٣- صخور رسوبية عضوية النشأة Organically-formed sedimentary rocks تتكون الصخور العضوية من تكدس البقايا الصلبة الحيوانية والنباتية المتخلفة عن الكائنات الحية بعد موتها ، مثل الهيكل العظمى والمحارات والأصداف الحيوانية ، ثم تماسكها وتصلدها ، وكذلك أوراق النباتات وجذوع الأشجار وغصونها التى قد تترسب بين طبقات الصخور الرسوبية الأخرى ثم تتحلل وتتفحم .

الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة

يمكن تمييز الصخور الرسوبية الميكانيكية فى ثلاثة أنواع رئيسية تتوقف على حجم الحبيبات المكونة لها كما يلى :

أ- صخور رسوبية ميكانيكية كبيرة الحبيبات Coarse-grained, rudaceous or pebbly : تتكون من حبيبات كبيرة الحجم - ذات قطر لا يقل عن ٢ مم، قد يصل أحياناً إلى بضعة سنتيمترات - تعرف عامة بالحصباء Gravel أو « الحصى » Pebbles - وأهم هذه الصخور هى :

١) كونجلومرات Conglomerate : يتكون هذا الصخر من قطع صخرية مختلفة الأصل ، ذات حواف مستديرة (شكل ٤٠) بسبب تقلبها واحتكاكها

بعضها أثناء نقلها عن طريق مياه الأنهار التى تحملها لترسبها عند مصابها بالقرب من شواطىء البحار . وتتصلد مكونات هـذا الصخر من حصباء وحصى وأحيانا حبيبات رمل خشن مع بعضها بواسطة مواد لاحمة مختلفة مثل اللحام الجيرى Calcareous cement أو السيليكى Siliceous أو الحديدى Ferruginous .

٢) بريشيا Breccia : تختلف البريشيا عن صخر الكونجلومرات فى شكل الحبيبات المكونة لها إذ هى ذات حواف حادة الزوايا (شكل ٤١) وليست مستديرة كما فى الكونجلومرات ، وذلك لأن البريشيا تتكون عادة فى البحيرات والخلجان والبحار المقفولة بعيداً عن تأثير التيارات البحرية القوية حيث لا تتعرض حبيباتها للاحتكاك ومن ثم عدم التآكل والإستدارة .

ب ـ صخور رسوبية ميكانيكية متوسطة الحبيبات (أو الرملية)

Medium-grained, arenaceous or sandy : يختلف حجم الحبيبات المكونة لهذه الصخور ، فيتراوح قطرها ما بين ٠٫٠٦٢ و ٢ مم. وتعرف هذه الصخور عامة بالصخور الرملية حيث أنها تتكون من حبيبات معدنية يسودها الكوارتز (أو الرمل) الذى يصعب تأثره بعوامل التعرية ، وتوجد حبيبات قليلة من معادن أخرى مثل الفلسبار والاوجيت والميكا ، وأحيانا الماجنيتيت . وقد تحتوى كذلك على بعض أجزاء مفتتة من قشور أو هياكل الكائنات الحية وأهم الصخور الرملية :

١) الحجر الرملى Sandstone : يتكون من الرمل الذى تسوده حبيبات الكوارتز المتوسطة أو الدقيقة الحجم ذات الحواف المستديرة (شكل ٤٢)

وتتماسك هذه الحبيبات مع بعضها بواسطة مادة لاحمة قد تختلف من صخر لآخر . وتتميز أنواع الحجر الرملي حسب المادة اللاحمة إلى :

حجر رملي جيري Calcareous sandstone : إذا كانت المادة اللاحمة كربونات الكالسيوم . حجر رملي سيليكي Siliceous sandstone : إذا كانت المادة اللاحمة هي السيليكا . حجر رملي حديدي Ferruginous sandstone : إذا كانت أكاسيد الحديد (هيماتيت أو جويتيت) هي المادة اللاحمة .

٢) الجريت (حجر الطاحون) Grit : صخر رملي مكون من حبيبات الرمل الخشنة ، ذات حجم كبير (٢ — ١مم) أو متوسط (١ — ½مم) وذات حواف حادة لم تتآكل أو تستدر بعد . وتتماسك حبيبات هذا الصخر بمادة لاحمة جيرية أو سيليكية أو حديدية .

٣) أركوز Arkose : صخر رملي تزيد فيه نسبة حبيبات معادن الفلسبار عن حبيبات الكوارتز والمعادن الأخرى ، وغالبا ما تتماسك حبيباته بمادة لاحمة سيليكية .

٤) جرايواك Greywacke : صخر رملي أوجريت (رملي ذو حبيبات كبيرة حادة الحواف) يحتوى على نسبة عالية من حبيبات المعادن السيليكاتية القاعدية مثل الهورنبلند والأوجيت والكلوريت ، وكذلك معدن ماجنيتيت. وعلى ذلك فصخر الجرايواك (رملي حديد وماغنيسي) يقابل صخر الأركوز (رملي فلسباري) ، فينشأ الأول نتيجة تفتت الصخور النارية القاعدية بينما ينتج صخر الأركوز عن تفتيت الصخور النارية الحمضية .

ح - صخور رسوبية ميكانيكية دقيقة الحبيبات (أو الطينية)

Fine-grained, argillaceous or clayey : تتكون هذه الصخور من حبيبات دقيقة لا يزيد قطرها عن $\frac{1}{256}$ مم ، تنتج عن تحلل وتفتت معادن السيليكات وخاصة سيليكات الألومينا المائية (المعادن الطينية Clay minerals). ويمكن تمييز نوعين من هذه الحبيبات حسب حجمها أو قطرها : الغرين أو الطمي Silt or mud وهي حبيبات كبيرة نسبيا يتراوح قطرها بين $\frac{1}{256}$ - $\frac{1}{16}$ مم ، والطين Clay وهو عبارة عن حبيبات دقيقة جداً لا يزيد قطرها عن $\frac{1}{256}$ مم ، وتتماسك هذه الحبيبات الدقيقة نتيجة فقدان جزء من محتوياتها المائية لمجرد الضغط الواقع عليها والناتج من ثقل الرواسب التي تعلوها . وقد تحتوى الصخور الطينية على بعض البقايا العضوية المتحللة مثل الدبال Humus أو بقايا نباتية متفحمة ، وذلك مما يكسب بعضها الألوان القاتمة أو السوداء . وهناك بعض الصخور الطينية التي يشوبها اللون الأحمر أو الأصفر أو الأخضر نتيجة إحتوائها على بعض المواد الملونة مثل أكاسيد الحديد أو المنجنيز . وأهم الصخور الطينية :-

١) الطين (صلصال) Clay : يتكون نتيجة تماسك حبيبات طينية دقيقة جداً ، ويحتوى على نسبة كبيرة من الماء (لا تتجاوز ١٥ ٪) كافية لأن تكسبه خاصية اللدانة « قابلية التشكيل » Plasticity .

٢) الحجر الطيني Mudstone : يتحول الطين إلى حجر طيني عندما يفقد الجزء الأكبر من محتوياته المائية نتيجة للجفاف أو زيادة الضغط الواقع عليه بحيث يفقد لدانته .

٣) الطفل (الحجر الطيني الصفحي) Shales : ينتج هذا الصخر عن الحجر الطيني نتيجة لزيادة الضغط الذي يفقده كل محتوياته المائية ويكسبه خاصية الترتيب الصفحي أو الترتيب الورقي «التورق» Lamination . ولذلك يتميز صخر الطفل بظاهرة التسمخ الصخري Fissility حيث يمكن فصله أو تقشيره في هيئة وريقات Lamiae ، وترجع هذه الخاصية إلى إحتواء صخر الطفل على بعض قشور دقيقة من المعادن الصفائحية مثل الميكا ، ترتب نفسها تحت تأثير الضغط في مستويات التقشر ، وقد تحتوي بعض صخور الطفل على شوائب عضوية فحمية أو بترولية فتكسبها اللون القاتم أو الأسود .

٤) الطين الحراري Fire clay : وهو صخر الطين الذي يخلو من الجير والقلويات والحديد فيكتسب خاصية مقاومة الاحتراق Refractory . ويوجد الطين الحراري عادة تحت طبقات الفحم حيث تندر المواد الجيرية والقلوية والحديدية إذ أن النباتات التي تفحمت تكون قد أمتصتها .

٥) مارل Marl : عبارة عن صخر طيني يحتوي على نسبة عالية من الجير (كربونات الكالسيوم) . ويعتقد البعض أن صخر المارل عبارة عن صخر طيني يحتوي على كمية كبيرة من حبيبات الرمل الدقيقة جداً بدلا من كربونات الكالسيوم أو قد يتواجد الجير بنسبة قليلة مع الرمل الدقيق الحبيبات .

الصخور الرسوبية الكيميائية النشأة

يمكن تمييز الأنواع الآتية من الصخور الرسوبية الكيميائية على أساس تركيبها :-

أ - صخور رسوبية جيرية Calcareous rocks : تتكون نتيجة ترسب

كربونات الكالسيوم من المحاليل الجيرية المحتوية على بيكربونات كالسيوم ذائبة . وأهم أنواعها :

١) الحجر الجيرى (غير العضوى) Inorganic limestone : وهو صخر أبيض أو رمادى اللون إذا كان نقيا ، ولكنه غالبا ما يحتوى على شوائب تكسبه ألوانا مختلفة .

٢) الحجر الجيرى البطروخى (السرئى ـ الأوليتى) Oolitic limestone : يتكون من حبيبات كروية صغيرة جداً نتيجة تفاعل كيميائى بين محاليل الأملاح فى مياه البحار والبحيرات ، يؤدى إلى ترسيب كربونات الكالسيوم فى طبقات رقيقة حول نواة دقيقة (مثل حبيبة رمل أو فتات صدفة حيوان) فى هيئة كريات صغيرة (سرئيات) تتماسك مع بعضها بأية مادة لاحمة غالبا ما تكون جيرية .

٣) ترافرتين (سنترجيرى) Travertine, calc-sinter : وهى رواسب جيرية تتكون حول الينابيع الحارة ، ومن مياهها المتصاعدة المحملة بمحلول بيكربونات الكالسيوم ، حيث تفقد غاز ثانى أكسيد الكربون بمجرد تعرضها للجو فترسب كربونات الكالسيوم على هيئة كتل من مسحوق أبيض متماسك .

٤) ستلاكتيت ، ستلاجميت Stalactite, stalagmite : تتكون هذه الصخور فى هيئة أعمدة جيرية مخروطية الشكل تتدلى من سقوف الكهوف Stalactite أو ترتفع على أرضيتها Stalagmite (شكل ٤٣) بمجرد تعرض محاليل بيكربونات الكالسيوم الجيرية إلى فقدان ما تحتويه من غاز ثانى أكسيد الكربون ، فترسب كربونات الكالسيوم .

٥) دولوميت Dolomite : يتكون من كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم بنسب مختلفة من كل منها نتيجة تبادل كيميائى بين عنصرى الكالسيوم والماغنسيوم . وقد يتم هذا التبادل بين المحاليل الموجودة فى مياه البحر ، أو قد ينشأ الدولوميت نتيجة إحلال عنصر الماغنسيوم الموجود فى محاليل جارية محل الكالسيوم الموجود بالصخور الجيرية السابقة التكوين . وبطريقة مماثلة تتكون كربونات الحديد التى تسمى «خام حديد المستنقعات» Bog iron ore .

ب — صخور رسوبية سيليكية Siliceous rocks : تتكون من ترسب السيليكا مثل :

١) فلينت (صوان) Flint : صخر قاتم ، أسود أو رمادى اللون يتكون من خليط من السيليكا المتبلورة وغير المتبلورة فى هيئة عقد أو درنات Concretions مختلفة الحجم ، ويحتوى عادة على بعض الشوائب الملونة مثل أكاسيد الحديد أو الماغنسيوم . وأحيانا يتكون الفلينت من حبيبات أو كريات صغيرة جدا فى هيئة طبقات رقيقة بين طبقات الصخور الرسوبية الأخرى .

٢) شيرت Chert : وهو نوع من الصخور السليكية غير النقية التى تحتوى على نسبة عالية من الجير ويتكون عادة من حبيبات دقيقة جدا من سيليكا غير متبلورة فى هيئة طبقات رقيقة بين الصخور الجيرية .

٣) جيزيريت (سنترسيليكى) Geyserite (Silceous-sinter) : ويتكون من ترسب مادة السيليكا المتصاعدة مع مياه الينابيع الحارة المتفجرة التى تسمى جيزير .

٤) الكاولين (الطين الصينى) Kaoline . يتكون من سيليكات الألومنيوم

المائية المتبقية من تفتت وتحلل معادن الفلسبار (أرثوكلاز) المكونة للصخور النارية وخاصة الجرانيت . وقد تجرف مياه الأمطار هذه المواد المفتتة وتحملها إلى حيث تترسب في هيئة طبقات .

ح ـ صخور رسوبية ملحية Saline deposits : يؤدى تبخر مياه البحيرات والبحار المقفولة إلى تركيز المحاليل الملحية الموجودة بها ثم ترسيبها فى هيئة طبقات متعاقبة ، تبدأ بطبقات الأملاح القليلة الذوبان فى الماء . ومن أشهر الرواسب الملحية ، تلك الموجودة بأواسط ألمانيا (ستاسفورت) والتى توضح تعاقب ترسيب الأملاح ، مبتدئة بالدولوميت ثم الكالسيت ، ويليها أملاح الجبس ثم أنهيدريت ، ويتبعها ملح الطعام ، ثم بوليهاليت Polyhalite . (كبريتات كالسيوم وماغنسيوم وبوتاسيوم + ماء) ، ثم كيزيريت Kieserite (كبريتات الماغنسيوم المائية) ثم كارناليت Carnalite (كلوريد البوتاسيوم والماغنسيوم المائية) . وتوجد الرواسب الملحية فى مناطق متعددة فى مصر فيكثر صخر الجبس فى الصحراء الشرقية وعلى ساحل البحر الأحمر ، ورواسب ملح الطعام فى ملاحات إدكو ورشيد والمكس ورواسب النطرون (كربونات الصوديوم المائيه) مع أملاح أخرى بوادى النطرون . وأهم الصخور الرسوبية الملحية :

١) الجبس Gypsum : يتكون من حبيبات دقيقة من كبريتات الكالسيوم المائية تترسب فى طبقات ، وأحيانا فى صفائح أو كتل ذات هيئة ليفية . ويعتبر الجبس أول الصخور الملحية التى تترسب بكميات ضخمة نتيجة تبخر مياه البحيرات والبحار المقفولة عندما يتبخر ٣٧ ٪ من الماء .

٢) أنهيدريت Anhydrite : يتكون بترسيب كبريتات الكالسيوم اللامائية

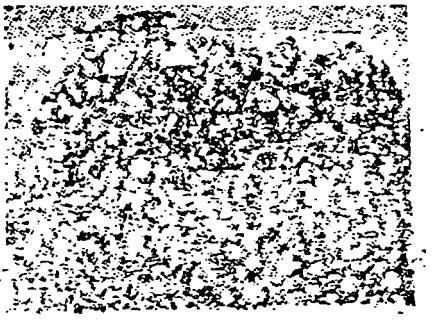
مع الصخور الملحية الأخرى مثل الجبس وملح الطعام . ويترسب الأنهيدريت من مياه البحر تحت درجـــة حرارة متوسطة (٢٥°م) فى هيئة طبقات غالبا ماتكون متبادلة مع طبقات الجبس ، ولذلك يسود الاعتقاد أن هذين النوعين من الرواسب الملحيـة يتكونان بطريقة دورية سنـوية Annual أو فصلية Seasonal . أما بالنسبة لأولية تكوينها فالاحتمال الكبير هو ترسب الكبريتات اللامائيـة أى الأنهيدريت أولا ، ثم يتحـول هذا إلى كبريتات مائية أى جبس .

٣) الملح الصخرى Rock salt : ويتكون هذا الصخر فى حالته النقية نتيجة ترسب كلوريد الصوديوم من مياه البحيرات بسبب البخر الشديد (عندما يتبخر أكثر من ٩٠٪ من ماء البحيرات) بعـد ترسب أملاح الكبريتات . وغالبـا مايحتوى الملح الصخرى على بعـض شوائب من أملاح البوتاسيوم مثـل سيلفين (بوكل) Sylvine ، وعادة ماتوجد طبقـات الملح الصخرى فوق طبقات الرواسب الملحية الكبريتاتية مثل أنهيدريت وجبس .

٤) الرسوبيات الملحية البوتاسية Potas salts : تترسب بعد الملح الصخرى إذا ما استمر تبخر الماء لدرجة يتشبع فيها المحلول بهذه الأملاح المعروفة بشدة قابليتها للذوبان فى الماء . وتتواجد الرواسب البوتاسية إمـا مختلطة مع الملح الصخرى كشوائب فيه ، أو تتكون فى طبقات رقيقة تعلو طبقات الملح الصخرى . وأهم هذه الرواسب البوتاسية هى سيلفين وكارناليت (بوكل ، ما كل$_2$ ـ ٦ يد$_2$ا) وكاينيـت (بوكل ، ما كب ا$_4$ ـ ٣ يد$_2$ا) Kainite .

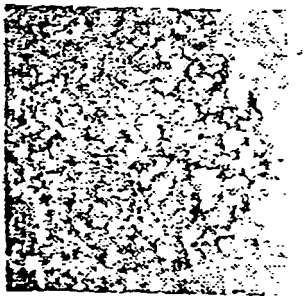
الصخور الرسوبية العضوية

تنشأ الصخور الرسوبية العضوية نتيجة تراكم بقايا الكائنات الحيـــة ،

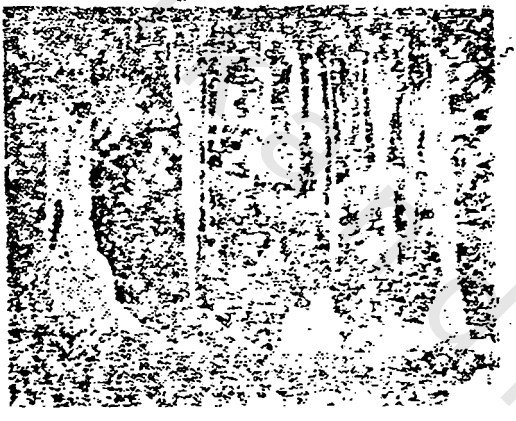


(شكل ٤٠) كونجلوميرات

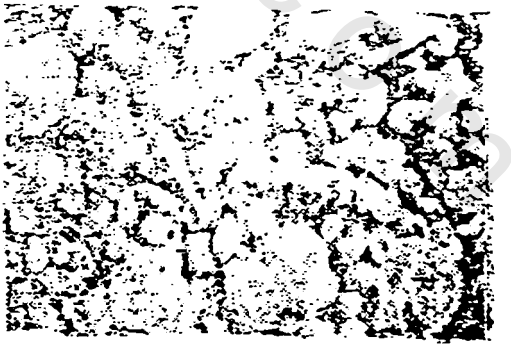
(شكل ٤١) بريشيا



(شكل ٤٢) شريحة ميكروسكوبية تبين حبيبات الكوارتز فى الحجر الرملى (تكبير × ٢٥)



(شكل ٤٣) سلتستون وسلتستون جيرى



(شكل ٤٤) حجر مارلى اورامينيفيرى (تكبير هذا)

(شكل ٤٥) صخر مارلى صدفى

الحيوانية منها والنباتية، فى طبقات سميكة ، وتحللها بواسطة الفطريات والبكتريا خلال أزمنة طويلة ، ثم تتماسك مع بعضها فى هيئة صخور ، وذلك إما لمجرد الضغط الواقع عليها من الطبقات التى تعلوها ، أو نتيجة عملية اختزال أو تفحم (فى البقايا النباتية) تؤدى إلى تماسكها وتصلدها . ويمكن تمييز نوعين من الصخور العضوية .

أ ـ صخور عضوية حيوانية : وتتكون من مواد عضوية جيرية ، سيليكية أو فوسفاتية .

١) الصخور العضوية الجيرية : مثل الحجر الجيري العضوى Organic limestone : وهو أهم الصخور الجيرية وأكثرها انتشارا ، ويتكون من تراكم وتحلل قشور وهياكل الحيوانات البحرية بعد موتها . وغالبا ما تتكون الهياكل العظمية لهذه الحيوانات من كربونات الكالسيوم ، كربونات الماغنسيوم ، ثانى أكسيد السيليكون وكذلك فوسفات الكالسيوم . ويتكون الحجر الجيرى العضوى بصفة أساسية من البقايا الجيرية للحيوانات فى هيئة حبيبات غاية فى الصغر متماسكة مع بعضها فى كتل أو طبقات . وقد تحتوى الصخور الجيرية على نسبة كبيرة من كربونات الماغنسيوم وتعرف حينئذ بالدولوميت (ص١٢٢) . وتسمى الصخور الجيرية حسب نوع الحفريات التى قد تكون سائدة الانتشار فيها مثل الحجر الجيرى المرجانى Coral limestone حيث يكثر وجود الهياكل العظمية للمرجان ، والحجر الجيرى الفورامينيفيرى Foraminiferal limestone (شكل ٤٤) أو حجر جيرى صدفى Shelly limestone (شكل ٤٥) بصفة عامة إذا كانت الحفريات الموجودة ذات أصداف وحفارات مختلفة الأنواع

الطباشير Chalk : نوع من الحجر الجيرى العضوى يتميز بلونه الأبيض أو الأبيض المغبر (رمادى خفيف) ونعومة ملمسه وقلة صلادته ، ويتكون فى مياه البحار العميقة من حبيبات دقيقة من قشور هياكل الحيوانات الأولية الوحيدة الخلية المعروفة بالفورامنيفيرا .

٢) الصخور العضوية السيليكية : تتكون من ترسب وتراكم بقايا الحيوانات ذات الهياكل العظيمة السيليكية ومنها :

الرواسب الراديولارية Radiolarian ooze : تتكون فى المياه البحرية العميقة نتيجة تجمع بقايا الحيوانات البحرية ذات الهياكل السيليكية المعروفة باسم راديولاريا .

٣) الصخور العضوية الفوسفاتية Phosphate rocks : تتكون أساسا من فوسفات الكالسيوم الناتج من تراكم إفرازات بعض الطيور أو تكدس بقايا الهياكل العظمية الفوسفاتية لبعض الحيوانات البحرية ومنها :

جوانو : Guano : وهى مادة خفيفة بنية اللون ذات رائحة نشادرية نفاذة تتكون من إفرازات الطيور في بعض الأماكن الجافة . وتتواجد رواسب الجوانو غالبا على الجزر الصغيرة حيث تكثر الطيور (مثل الجزر الصغيرة التى تقع بالقرب من شاطىء بيرو الغربى) .

صخر الفوسفات Phosphate rock : يتكون من فوسفات الكالسيوم مع مواد أخرى مثل الجير فى هيئة طبقات أو درنات أو تكاوين عدسية Lenticular formations فى طبقات الحجر الجيرى أو الرملى . وينتج صخر الفوسفات عن ترسب عظام الأسماك والزواحف وتحللها ، ثم حدوث تفاعل كيميائى بين الأملاح الموجودة فى مياه البحار والمواد الفوسفورية الناتجة من

هذا التحلل . وتوجد طبقات الرواسب الفوسفاتية فى مناطق الواحات الخارجة والداخلة بالصحراء الغربية . وكذلك فى القصير والسباعية .

ب ـ صخور عضوية نباتية . تنتج عن تكدس البقايا النباتية ثم تعفنها وتحللها وتفحمها ، وتتكون إما من مواد سيليكية أو كربونية .

١) الرسوبيات الدياتومية Diatomaceous ooze ، تتكون فى المياه العذبة أو الملحة نتيجة تجمع الهياكل السليكية للطحالب المعروفة باسم دياتوم .

٢) الرسوبيات الكربونية « الفحم » Carbonaceous deposits : تتميز باحتوائها على نسبة عالية من الكربون أو الهيدروكربونات نتيجة تفحم أو أختزال المواد النباتية التى تتكدس فى المستنقعات ، أو الغابات التى تدفن تحت الرواسب البحرية أثناء طغيان البحر على الأرض . وتتم عملية تفحم هذه الرواسب النباتية فى عدة مراحل تزداد فى كل منها نسبة الكربون تدريجيا .

بيت Peat : هى مادة اسفنجية تشبه العلق أو البرسيم المجفف المضغوط ، لا تزال توجد بها آثار بعض الألياف والبنيات الخشبية ، وينتج البيت فى أول مراحل عملية التفحم ويحتوى على نسبة تقرب من ٥٥ ٪ من الكربون ، ويستعمل كمادة رخيصة للوقود يتصاعد منها دخان كثير أثناء الإشتعال .

ليجنيت أو الفحم البنى Lignite or Brown coal : يمثل المرحلة الثانية فى عملية التفحم . وتظهر فيه بعض آثار البنيات النباتية بنسبة أقل من البيت ، ويزداد ... فى القتامة فيصبح بنيا مسودا . ويحتوى هذا النوع من الفحم

(رقم ٢) جدول مبسط يبين أنواع الصخور الرسوبية

المميزات / النشأة	مكونات كبيرة الحجم (أكبر من ٢ مم)	مكونات متوسطة الحجم (٢ - $\frac{1}{16}$ مم)	مكونات دقيقة الحجم (أصغر من $\frac{1}{16}$ مم)
ميكانيكية	مكونات حادة الحواف = بريشيا مكونات مستديرة الحواف = كونجلومرات	مكونات حادة الحواف نوعا ما = جريت مكونات مستديرة الحواف = حجر رملي مكونات تسودها حبيبات فلسبارية = أركوز مكونات تسودها حبيبات حديد وماغنيسية = جراي واك	يحوي نسبة من الماء (١٥٪) = طين (صلصال) لا يحتوي على ماء = حجر طيني خال من القلويات والجير = طين حراري رقائقي صفحي = طفل به نسبة عالية من الجير أو الرمل = مارل
كيميائية	جيرية	سليكية	ملحية
	حجر جيري غير عضوي — حجر جيري بطروخي حجر جيري ماغنيسي = دولوميت حول الينابيع الحارة = ترافيرتين في الكهوف والمغارات = ستلاكتيت وستلاجيت	سيليكا متبلورة وغير متبلورة = فلينت ذو نسبة عالية من الجير = شيرت حول الينابيع الحارة المتفجرة = جيزيرايت متبقية من تحلل صخور نارية حمضية = كاولين	كربونات = نطرون كبريتات = جبس وأنهيدريت كلوريدات = ملح الصخر رسوبيات بوتاسية

المميزات / النشأة	حيوانية			نباتية	
	جيرية	سليكية	فوسفاتية	سليكية	كربونية (فحمية)
عضوية	حجر جيري صدفي / مرجاني حجر جيري طباشيري حجر جيري فورامينيفيري	رسوبيات راديولارية رسوبيات دياتومية رسوبيات سبونجية	صخر الفوسفات	رسوبيات دياتومية	بيت — ليجنيت فحم بني — فحم أسود أنثراسيت

على نسبة من الكربون تتراوح بين ٥٥٪ إلى ٧٢٪ ، ولذلك يمكن اعتبار أن نوع الليجنيت يتكون فى مرحلة تسبق الفحم البنى إذ أن متوسط نسبة الكربون فى الليجنيت ٦٠٪ وفى الفحم البنى ٧٠٪ ، هذا بالاضافة إلى عدم وجود آثار للبنيات النباتية الخشبية فى الفحم البنى بجانب سواد لونه .

الفحم القطرانى (البيتومينى) Bituminous coal : ويحتوى هذا النوع على نسبة كربون تتراوح بين ٧٥٪ إلى ٩٠٪ ، ويختلف كثيرا فى صفاته ويعطى لهبا مدخنا « وطقطقة » أثناء الاحتراق، وهذا هو النوع المستعمل فى الأغراض المنزلية .

أنثراسيت Anthracite وهو أصلب أنواع الفحم وأحسنها جودة حيث يحتوى على نسبة عالية من الكربون ، تتراوح بين ٩٣٪ إلى ٩٨٪ ويحترق بلهب خافت غير مدخن تنتج عنه حرارة عالية جدا ولذلك يستخدم فى الصناعة .

ثالثا ـ الصخور المتحولة

يعرف التحول بأنه التغير الذى يطرأ على صخور سابقة التكوين (نارية أو رسوبية) وإعادة بنائها نتيجة تغير الظروف الطبيعية مثل درجة الحرارة أو الضغط أو كليهما معا . وغالبا ما يؤدى التحول إلى تغير نوع النسيج فى الصخور الأصلية أو التركيب المعدنى بما يتناسب مع التغيرات الطارئة التى تعرضت لها هذه الصخور : فالمعادن التى قد تكون فى حالة استقرار تحت ظروف معينة من الحرارة والضغط قد تصبح فى حالة غير مستقرة تحت الظروف الجديدة التى قد تكون قاسية فتزعزع استقرارها وبنيانها فتضطر حينئذ إلى التغير والتحور لمواءمة الظروف الجديدة .

والأسباب الرئيسية التى تؤدى إلى تحول الصخور هى الحرارة العالية أو الضغط العالى أو كليهما ، ويساعد وجود الماء ، أو المحاليل المائية بصفة عامة ، فى إتمام عملية التحول . وتنتج الحرارة من تداخل مواد الصهير والمحاليل المائية الحارة فى صخور المكان فترتفع درجة حرارتها بالتماس ، ويعرف التحول حينئذ بالتحول الحرارى أو التماسى Thermal or contact metamorphism ، ويحدث فى المنطقة الملاصقة أو المجاورة لمادة الصهير المتداخل وهى منطقة محدودة محليا تعرف باسم حلقة التحول Metamorphic aureole ، ولذلك يعرف هذا النوع من التحول أيضا باسم التحول المحلى Local metamorphism .

ويؤدى الضغط المرتفع غير المصحوب بتغير كبير فى درجة الحرارة فى مناطق التكسر أو التفلق إلى تغير أو تحول طفيف نسبيا فى الصخور الموضعية الواقعة على جانبى هذه الفوالق ، ويعرف هذا النوع بالتحول الموضعى أو التحول بتغير الأوضاع Dislocation metamorphism .

أما الضغط المرتفع المصحوب بحرارة عالية والناتج من تحركات القشرة الأرضية التى تشمل مناطق شاسعة (الحركات البانية للجبال Orogenic movements) فانه يؤدى إلى تحول واسع النطاق يمتد فى أقاليم كبيرة ومساحات واسعة ولذلك يعرف بالتحول الإقليمى Regional metamorphism ، ويوصف أحيانا بالتحول الديناميكى Dynamic metamorphism إذ أنه ينتج عن حركة .

التحول الحرارى (التماسى)

يحدث التحول الحرارى فى الصخور التى تتداخل فيها مادة الصهير — عادة ما تكون مصحوبة بأبخرة ومحاليل شديدة الحرارة — ويكون التأثير الحرارى لهذه المواد المتداخلة على أشده فى المناطق المجاورة لها ، ويقل تدريجيا بعيدا

عن منطقة التماس التي قد يتراوح اتساعها بين عـــدة أمتار ومئات الأمتار . ويتوقف ذلك على شدة الحرارة الناتجة عن تداخل الصهير ، أي على كتلة مادة الصهير نفسها ودرجة حرارتها وكذلك على نوع صخور المكان المحيطة بها ، فبينما يكون التحـول الناشيء من تداخل الجدد الصغيرة طفيفـا ، قد يؤدى التأثير الحرارى للجدد الكبيرة وكتل اللاكوليثه إلى تحول واضح يمتد أثره إلى مسافات بعيدة فى صخور المكان .

ويتوقف نوع الصخور المتحولة بالحرارة ، أي نوع المعـــادن الجديدة التكوين فى حلقة التحول ، على نوع صخور المكان الأصلية أي التركيب المعدنى لها ، وكذلك عـلى التركيب الكيميائى للمـادة المصهورة المتداخلة : فمثلا يتحول الحجر الرملى إلى نوع آخر أصلب وأشد تماسكا ، ذى حبيبات متبلورة من الكوارتز أكبر نسبيا من حبيبات الرمل الأصلية ، ويعرف هذا الصخر باسم كوارتزيت Quartzite بينما تتحـــول الصخور الطينية ذات الحبيبات الدقيقة إلى صخور أشد صلابة تسمى هورنفلس Hornfels وتحتوى على معادن جديدة ومميزة هى معـادن سليكات الألومنيوم مثل أندالوسيت (لو س ا ٥) Andalusite ، سيليمانيت Sillimanite ، كورديريت (سيليكات لو ، ح ، ما + ماء) Cordierite ، شتوروليت (سيليكات لو ، ح ، ما ، م + ماء) Staurolite وغيرها ، وأما الصخور الجيرية فإنها تتحول إلى رخام Marble قد تتواجد به معـادن جديدة إذا ما كان الصخر الجيرى الأصلى غير نقى .

ومن المظاهر الجديدة للصخور المتحولة بالحرارة تغير نسيج الصخور الأصلية إلى نسيج ذى حبيبات متبلورة متساوية إما دقيقة أو متوسطة الحجم ومتراصة فى إحكام وتقارب شبه منتظم بحيث تشبه البلاط (أو المزايكو)

فى تقارب حجم حبيباته وإحكام تراصها ، ولذلك يعرف نسيج هذه الصخور بالنسيج «الموازيكى» Mosaic texture . وأهم الصخور المتحولة بالحرارة هى:

١) الصخور المتحولة عن أصل رسوبى رملى :

كوارتزيت : ينتج عن تحول الحجر الرملى، ويتكون أساسا من حبيبات متبلورة من معدن الكوارتز . وقد تحتوى بعض الأنواع على شوائب معدنية أخرى مثل الميكا أو الفلسبار أو أكاسيد الحديد . ولون الكوارتزيت أبيض مصفر (لون الرمل) إذا كان نقيا ، أو قد يتلون حسب الشوائب المعدنية الموجودة به فيتخذ اللون الأحمر القاتم أو الأحمر المصفر عن شوائب حديدية. ويتميز الكوارتزيت بنسيج موازيكى ذى حبيبات متوسطة الحجم متماسكة مع بعضها بواسطة أغلفة أو أغشية رفيعة جدا من الميكا أو الشوائب المعدنية الأخرى . أو قد تلتحم الحبيبات التحاما ذاتيا ناتجا من تراص الحبيبات مع بعضها بإحكام دون وجود مسافات بينية بينها ، ومن ثم تنتج شدة صلابة هذا الصخر .

٢) الصخور المتحولة عن أصل رسوبى طينى :

هورنفلس : ينتج من التحول الحرارى للصخور الطينية والطفلية ، وأحيانا من بعض الصخور الطينية الجيرية (مارل) . ويتكون الهورنفلس من حبيبات دقيقة جدا (قد يصعب رؤيتها بالعين المجردة) من معادن سيليكات الألومنيوم التى تتكون من جديد من مكونات الصخور الأصلية مضافا اليها بعض مكونات مادة الصهير المتداخل ، مثل معادن أندالوسيت ، سيليمانيت ، شتورولیت ، كورديريت وأحيانا ولاستونيت (كا س أ٣) Wallastonite ، دايوبسيد « كا ، ما (س أ٣)٢ » Diopside . وقد توجد كذلك بعض

أكاسيد الألومنيوم مثل كورانديوم (Al_2O_3) وسبينيل ($MgAl_2O_4$) . ويسود اللون الرمادى على الألوان الأخرى فى صخور الهورنفلس، ونسيجها حبيبى غالبا مايكون دقيقا ، وقد توجد أحيانا بعض البلورات الكبيرة الحجم « بورفيروبلاست Porphyroblast » فى وسط موازيكى دقيق فيتشابه حينئذ ظاهريا مع النسيج البورفيرى للصخور النارية تحت السطحية.

٣) الصخور المتحولة عن أصل رسوبى جيرى :

الرخام : تتحول الصخور الجيرية النقية إلى رخام أبيض اللون ذى نسيج موازيكى منتظم ، يتكون من حبيبات دقيقة أو متوسطة الحجم من معدن الكالسيت بصفة أساسية . والمعروف أن الصخور الجيرية نادرا ماتكون نقية ، وتحتوى فى معظم الأحيان على كربونات الماغنسيوم (ماجنيزيت) بالاضافة إلى شوائب أخرى مثل أكاسيد الحديد ومكونات طينية وكربونية، ولهذا فغالبا مايكون الرخام مختلف الألوان فمنه الأحمر أو الأخضر أو قد يكون مخططا أو منقوشا بهذه الألوان أو باللون الأسود الناتج من بعض الشوائب الكربونية مثل الجرافيت. ويحتوى الرخام الناتج من تحول الصخور الجيرية غير النقية — مثل الدولوميت ، أو صخر المارل الغنى جدا بكربونات الكالسيوم والرمل — على معادن إضافية مميزة للصخور المتحولة بالحرارة مثل معدن ولاستونيت ، دايوبسيد ، تريموليت (سيليكات كا ، ما) Tremolite ، ومعادن الجارنت الكالسية مثل جروسيولاريت Grossularite .

التحول الاقليمى أو الديناميكى (التحول الضغطى الحرارى)

ينشأ التحول الإقليمى نتيجة تغير صخور سابقة التكوين فى مناطق إقليمية شاسعة تحت تأثير الضغط العالى المصحوب بارتفاع درجة الحرارة والناتج من

(شكل ٤٦) يبين التركيب اللوحى فى صخر الاردواز

(شكل ٤٧) يبين التركيب العدسى فى صخر نيس

(شكل ٤٨) شريحة ميكروسكوبية تبين النسيج الشريطى فى صخر النيس (تكبير × ١٠)

(شكل ٤٩) يبين التركيب الصفائحى فى صخر شيست

(شكل ٥٠) شريحة ميكروسكوبية تبين النسيج الشيستوزى فى صخر الشيست (تكبير × ١٥)

حركات القشرة الأرضية . وغالبا ما يؤدى هذا النوع من التحول إلى ترتيب المعادن المكونة للصخور الأصلية (رسوبية أو نارية) فى نظام يناسب الظروف الجديدة . وقد تشتد وطأة التحول إلى درجة تزول فيها معالم الصخر الأصلى تماما ، فقد تتكسر أو تتفتت بعض المكونات المعدنية ، وأحياناً قد تنصهر أو تذوب ثم تستعيد كيانها من جديد ، متبلورة ومصفوفة بحيث تشغل أقل حيز ممكن تحت تأثير الضغط الواقع عليها ، وذلك بأن تترتب المعادن الجديدة بحيث يكون الإتجاه الطولى لبلوراتها متعامداً على إتجاه الضغط . وينتج عن هذا الترتيب تجمع المعادن فى هيئة طبقات رقيقة أو شرائط Bands، ورقات Folia ، رقائق أو صفحات Laminae ، متوازية ومتعامدة على إتجاه الضغط ، ويوصف النسيج حينئذ بأنه شريطى Banded texture ، ورقى Foliate ، صفحى Laminate أو شيستوزى Schistose . وهذا النسيج مميز للصخور المتحولة ، وتوجد فيه بلورات المعدن الواحد مرتبة فى صفوف أو صفائح متوازية قد تكون متصلة أو متقطعة ومتبادلة مع صفائح بلورات المعادن الأخرى . أما بالنسبة للمعادن الجديدة التى قد تتكون نتيجة التحول الإقليمى فهى قليلة وليست مميزة ومنها : معدن سيريسيت (ميكا ثانوية التكوين) Sericite ، كلوريت (سيليكات لو ، ح ، ما + ماه) ، وكذلك معادن أخرى تحتاج إلى حرارة عالية بجانب الضغط المرتفع مثل كيانيت (لو٢ س أ٢) Kyanite وسيليمانيت ومعادن الجارنت . وأهم الصخور المتحولة بالضغط والحرارة هى

١) صخور متحولة عن أصل رسوبى :

الإردواز Slate - صخر متحول عن صخور الطفل نتيجة ضغط مرتفع

وحرارة منخفضة نسبياً ، ويتميز بخاصية التفسخ الصخرى حيث يمكن فصله إلى ألواح رقيقة (شكل ٤٦) تتكون من حبيبات دقيقة من مواد طينية شديدة التماسك فيما بينها . ويختلف لون الإردواز من الأسود أو الرمادي إلى الأحمر أو الأخضر نتيجة وجود شوائب كربونية أو حديدية أو بعض المعادن الخضراء مثل الكلوريت. ويعتبر الإردواز نتيجة أولى مراحل التحول الضغطى، فإذا زاد الضغط وارتفعت درجة الحرارة فقد يتحول الإردواز إلى صخر شيستى (ميكاشيست Mica-schist) حيث تترتب بلورات المعادن المكونة له فى صفائح رقيقة جداً فيظهر الصخر فى هيئة شيستوزية .

٢) صخور متحولة عن أصل نارى أو رسوبى :

نيس Gneiss : صخر متحول إما عن أصل نارى ويسمى (أورثونيس Orthogneiss) أو عن أصل رسوبى (باراجنيس Paragneiss) ، يتكون من حبيبات كبيرة متبلورة مرتبة ومتوازية فى هيئة شرائط سميكة إلى حد ما ، قد تكون متقطعة أو عدسية الشكل Lenticular (شكل ٤٧، ٤٨)، وغالباً ما تتكون من معدن واحد وتترتب متوازية ومتبادلة مع بعضها . ويختلف لون النيس تبعاً للمعادن المكونة له ، ويعرف صخر النيس باسم الصخر الأصلى له مثل :

نيس جرانيتى Granitic gneiss : وهو الناشىء عن تحول صخر الجرانيت .

نيس دايوريتى Dioritic gneiss : وهو دايوريت متحول بالضغط والحرارة .

وقد يعرف صخر النيس كذلك باسم المعدن السائد فى تكوينه مثل : نيس ماسكوفيتى Muscovite gneiss ، نيس بايوتيتى Biotite gneiss أو نيس هورنبلندى Hornblende gneiss . ويعتبر صخر النيس نتيجة مرحلة تحول ضغطى حرارى سابقة لمرحلة تكوين صخور الشيست .

شيست Schist : صخر متحول يتكون من صفائح رقيقة متشابهة فى تركيبها المعدنى ، ومتصلة (شكل ٤٩ ، ج) أى غير متقطعة كما فى صخر النيس . وتتكون هذه الصفائح غالبا من معادن قشرية Flaky minerals مثل الميكا والكلوريت والتالك ، أو أليافية مثل هورنبلند . وتترتب الصفائح متوازية وتحصر بينها حبيبات دقيقة متبلورة من المعادن الأخرى مثل الكوارتز الذى يعتبر كمعدن أساسى ، بجانب بعض المعادن الإضافية مثل جارنت ، سيليمانيت ، ستوروليت .. الخ . وينتج عن هذا الترتيب الصفائحى النسيج الشيستورى المميز لصخور الشيست. ويسمى صخر الشيست حسب التركيب المعدنى للصفائح المكونة له مثل :

ميكاشيست : بايوتيت شيست Biotite schist ويتكون أساسا من معدن البايوتيت فى صفائح والكوارتز بينها فى حبيبات متبلورة دقيقة . ماسكوفيت شيست Muscovite schist سيريسيت شيست Cericite schist . وإذا وجدت المعدن الإضافية نسبة كبيرة فى الشيست الميكانى فقد يسمى كذلك باسم هذا المعدن مثل جارنت ـ بايوتيت شيست Garnet-biotite schist أو ستوروليت ـ ميكاشيست Staurolite-mica schist الخ .

تالك شيست Talc schist : صخر متحول رمادى مخضر إلى أخضر مصفر ذو ملمس دهنى أو صابونى يتكون أساسا من قشور معدن التالك التى تكون الصفائح وأحيانا تحتوى هذه على قليل من الكلوريت والميكا . هذا بجانب معدن الكوارتز الذى يكون الجيبات الدقيقة فى الرقائق المتبادلة مع صفائح التالك .

هورنبلند شيست Hornblende schist : ويتكون أساسا من معدن الهورنبلند مع معادن إضافية مثل الكلوريت والميكا وأحيانا بعض البلاجيوكلاز ومن هذا النوع أكتينوليت شيست Actinolite schist وتريموليت شيست Tremolite schist .

obeikandl.com