الفصل الثالث

الصخـور

الدورة الجيوكيمائية للصخور:

الصخور هى الوحدات المكونة للقشرة الأرضية، ويتكون الصخـر مـن معـدن واحـد أو أكـثر، وطبقًا للعالم روزنبوش تنقسم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى:

١ - النارية.

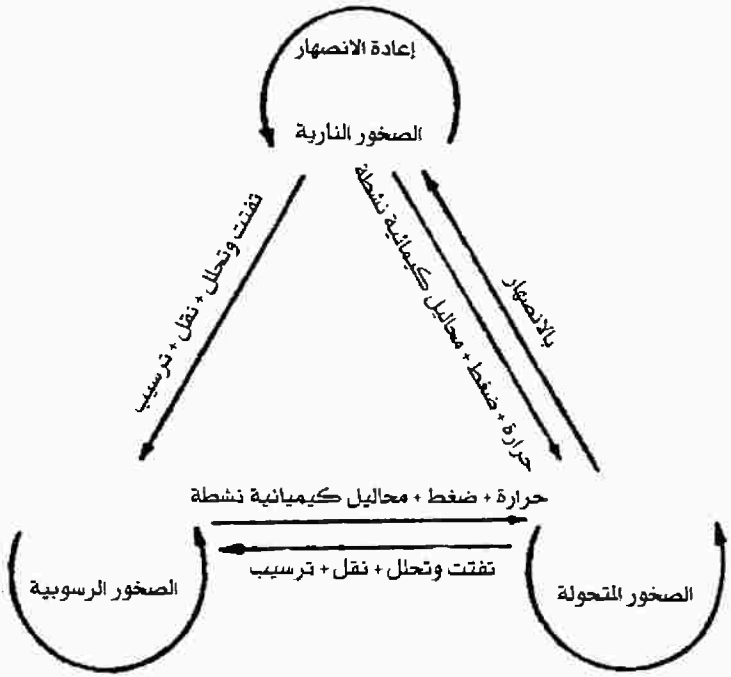
٢ - الرسوبية.

٣ - المتحولة.

وتتركب القشرة الأرضية فى غالبيتـها مـن الصخـور الناريـة التـى تشـمل الصخـور الجوفيـة والبركانية.

وعندما تتعرض الصخور النارية، سواء كانت جوفية أم بركانية، للظروف السائدة على سطح الأرض. فإنها تتفكك وتتحلل كيميائيًا مكونة المواد المفتتة أو الذائبة التى تنقلـها الميـاه الجاريـة ويرسب معظمها فى الأحواض الترسيبية بالبحار والمحيطات، وبذلك تنتج الرواسب التى تكون بعد تماسكها وتلاحمها الأنواع المختلفة من الصخور الرسـوبية مثـل الطـين الصفحـى والصخـور الرملية والجبرية.

وعندما تتعرض الصخور الرسوبية أو النارية التى علـى أعمـاق كبـيرة نسـبيًا بداخـل القشـرة الأرضية، لظروف جديدة من الضغط والحرارة العالية وتفـاعلات المحـاليل الكيميائيـة النشـطة. فإنها تتحول إلى صخور جديدة ذات تركيب معدنى ونسيج مختلف تمامًا عن الصخور الأصلية، وتسمى الصخور الناتجة بالصخور المتحولة ومن أمثلها الرخام والكوارتزيت والشيسـت. ويوضـح شكل (١٧) الدورة الجيوكيميائية للصخور والتى تبين العمليات الجيولوجية المختلفة التى تؤدى إلى نشأة الأنواع المختلفة من الصخور.



شكل رقم (١٧): الدورة الجيوكيميائية للصخور.

الصخور النارية

١ - نشأة الصخور النارية:

تتكون غالبية القشرة الأرضية من الصخور النارية (حوالى ٩٥٪ بالحجم) والتى يرجع أصلها إلى تبلور الصهارة أو الماجما بداخل القشرة الأرضية أو قريبًا من سطح الأرض. وتوجد الصهارة أو الماجما التى تتكون أساسًا من مصهر معادن السليكات وكمية صغيرة من الأبخرة والغازات تحت حرارة عالية وضغوط كبيرة على أعماق تتفاوت بين عشرات الكيلومترات وبضعة مئات من الكيلومترات تحت سطح القشرة الأرضية. ولما كانت الصهارة عادة ذات كثافة أقل من الصخور الصلبة المحيطة بها ومعرضة لضغوط هيدروستاتيكية هائلة، فإنه عندما تقل هذه الضغوط عن مقدار معين تندفع الصهارة إلى أعلى مخترقة صخور القشرة الأرضية وقد تصل أحيانًا إلى سطح الأرض حيث تتدفق على هيئة حمم من فوهات البراكين أو تقذف فى الهواء فى صورة كتل كبيرة ورماد بركانى وسحب متفجرة من الغازات وتبعًا للأعماق التى توجد عليها الصخور النارية بالنسبة لسطح الأرض فإنها تصنف إلى ثلاثة أقسام هى:

(أ) صخور جوفية أو متداخلة Plutonic or Intrusive Rocks

وهذه الصخور توجد على أعماق كبيرة من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها صخور الجرانيت والديوريت.

(ب) صخور سطحجوفية Hypabyssal Rocks

وتوجد على أعماق متوسطة من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلها بورفير الكوارتز والبورفيريت والدوليريت.

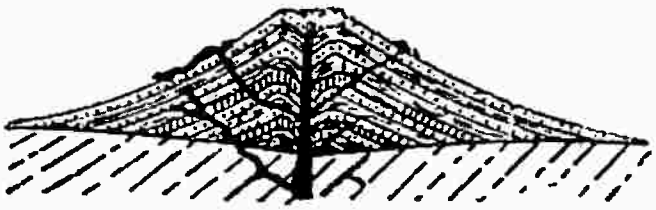
(جـ) صخور بركانية أو مقذوفة Volcanic or Extrusive Rocks

وتوجد على سطح الأرض أو بالقرب منه مثل البازلت والأندسيت والدوليريت.

٢ - التراكيب الأولية للصخور النارية:

(أ) الصخور البركانية:

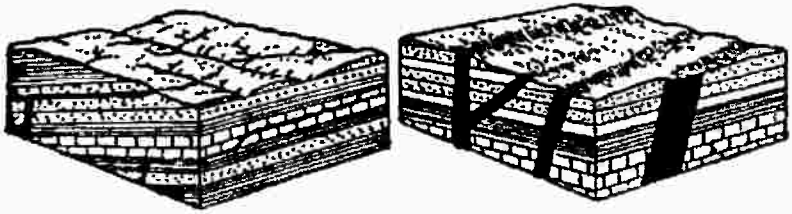
توجد الصخور البركانية إما على شكل طفوح بركانية أو رماد بركانى. وتوجد الطفوح البركانية أحيانًا على شكل طبقات سميكة من البازلت تغطى مساحات شاسعة من سطح القشرة الأرضية مثل هضبة الدكن فى الهند وفى جنوب أفريقيا وفى مصر بمناطق أبو رواش وأبو زعبل. وتتكون الطفوح البركانية نتيجة تصلب الحمم التى تتدفق من فوهات براكين مخروطية كما فى شكل (١٨) مثل بركان اثنا فى إيطاليا، أو على طول شقوق غائرة فى باطن الأرض، وتتميز الطفوح البركانية بأنها غير منتظمة الشكل وبها تعاريج كما أن فى سطحها ثقوبًا نتيجة خروج الغازات المحبوسة فى الجسم. وتتكون الطفوح البركانية من مواد زجاجية أو بلورات دقيقة جدًا أو خليط منهما. أما الرماد البركانى فيطلق على الصخور التى تتكون من ذرات دقيقة قد تكون مفككة أو متماسكة وتكون مختلطة مع الأبخرة والغازات الخارجية من البراكين، وتوجد منتشرة بالقرب من المناطق البركانية أو بعيدة عنها وذلك فى حالة نقلها بالمياه الجارية والرياح من مصادرها الأصلية إلى أماكن تواجدها.



شكل رقم (١٨): قطاع تخطيطى لبركان.

(ب) الصخور السطحجوفية:

توجد هذه الصخور فى صورة قواطع (Dykes) كما فى شكل (١٩ – أ) وهى عبارة عن عروق من الصخور تصلبت من الصهارة بعد تداخلها فى شقوق رأسية أو مائلة. ويختلف سمكها من بضعة سنتيمترات إلى عشرات الأمتار. وقد تكون هذه القواطع من صخور أعلى صلابة من الصخور التى على جانبيها فتقاوم عوامل التعرية. ويظهر القاطع على هيئة حائط قد يمتد لعدة كيلومترات، أما إذا كان القاطع أقل صلابة من الصخور المحيطة به فإنه يتآكل بدرجة أسرع

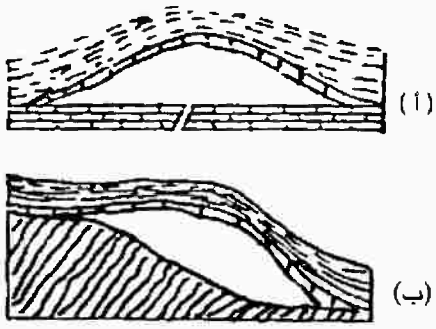


(ب) (أ)

شكل رقم (١٩): بعض أشكال الصخور النارية.

(أ) قاطع. (ب) سد.

ويظهر مكان القاطع منخفضًا مستطيل الشكل تقريبًا. وتوجد الصخور السطحجوفية أحيانًا على شكل سدود تسمى جددا (Sills) وهى عبارة عن ألواح تتكون نتيجة تداخل الصهارة فى الفواصل الأفقية مثل تلك التى توجد بين مستويات التطابق للصخور الرسوبية، وقد تكون الجدد أفقية أو مائلة أو شديدة الميل كما فى شكل (١٩ ب) وكذلك توجد هذه الصخور أيضًا على هيئة كتل قبرية صغيرة تسمى لاكوليث (Lacolith) وتتراوح فى قطرها بين عدة مئات من الأمتار إلى بضعة كيلومترات، وعادة تكون قاعدة اللاكوليث مسطحة وسطحها العلوى محدبًا كما فى شكل (٢٠).



(أ)

(ب)

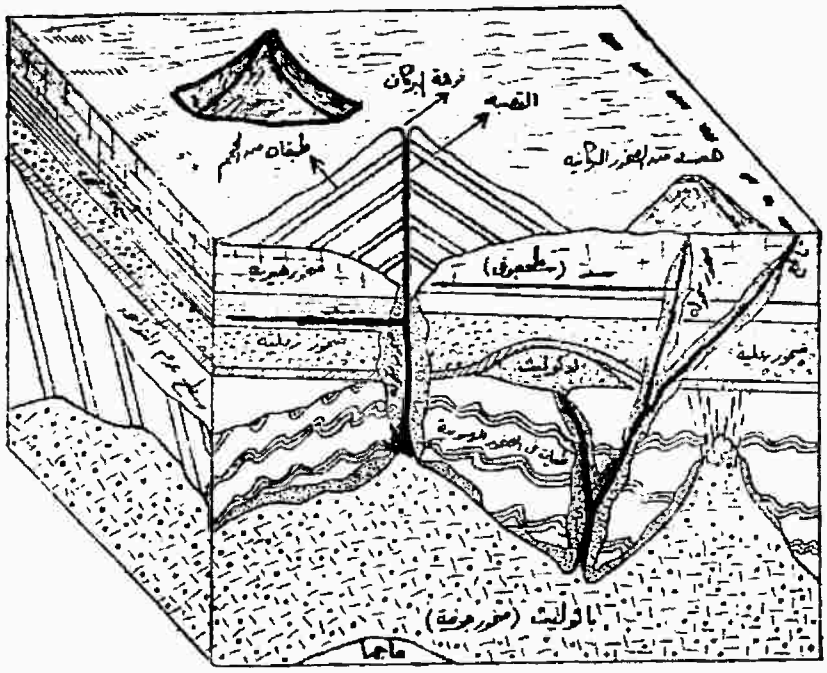
شكل رقم (٢٠): لاكوليث.

(أ) السطح العلوى محدب والسفلى مستوى. (ب) السطحان العلوى والسفلى محدبان.

وتتميز الصخور السطحجوفية بأن حبيباتها دقيقة وبلوراتها صغيرة نسبيًا، وأحيانًا توجد بلورات كبيرة تحيط بها حبيبات دقيقة أو مادة زجاجية.

(جـ) الصخور الجوفية:

توجد هذه الصخور على صورة كتل كبيرة جدا تسمى باثوليث (Baltholith) كما في شكل (٢١)، وتكون سلاسل الجبال الكبرى مثل جبال الألب والبرانس والروكى وتمتد لمسافات تبلغ أحيانًا مئات الكيلومترات طولا وعشرات الكيلومترات عرضًا كما أنها تمتد لأعماق لم يصل العلماء بعد إلى تحديدها بدقة كافية. ومن أهم صفات الصخور النارية الجوفية أنها خشنة الحبيبات وبلوراتها كبيرة أو متوسطة.



شكل رقم (٢١): بعض التراكيب الأولية للصخور النارية مثل الباثوليك واللا كوليث القاطع والسد والحمم البركانية

٣ - نسيج الصخور النارية:

يعتمد حجم وشكل حبيبات ونسيج الصخور النارية على سرعة تبريد الصهارة ودرجة سيولتها. ففى حالة الصخور الجوفية مثل الجرانيت والديوريت التى تتبلور من الصهارة تحت

غطاء سميك من القشرة الأرضية يبلغ عشرات من الكيلومترات تحت سطح الأرض يكون التبريد بطيئًا جدًا لدرجة تمكن ذرات العناصر المكونة للمعادن من ترتيب نفسها بانتظام فى وحدات الخلايا المكونة للبلورات النامية، وبذلك يصبح الصخر الناتج كله متبلورًا وحبيباته خشنة (يزيد قطرها عن ٢مم) ويمكن تمييزها بالعين المجردة، أما فى حالة التبريد السريع للصهارة فينشأ عنه صخور دقيقة الحبيبات، بينما يعوق التبريد المفاجئ للذرات الداخلة فى تركيب المعادن من تنظيم نفسها تنظيمًا متماثلا وينتج عن ذلك مادة زجاجية تتميز بها الصخور البركانية التى قد يكون نسيجها زجاجيًا بأكمله مثل صخر الأوبسيديان أو ذا حبيبات دقيقة مثل صخر البازلت. وتتميز الصخور البركانية أيضًا بوجود ثقوب نتيجة لانفجار الغازات المحبوسة فى الحمم ويعرف النسيج فى هذه الحالة بأنه فجوى (Vesicular Texture). وقد تبقى هذه الفجوات فارغة، أو تمتلىء فيما بعد ببلورات معادن أخرى ويعرف حينئذ بالنسيج اللوزى (Amygdaloidal Texture) وأحيانًا تتكون فى الصهارة قبل خروجها على سطح الأرض بلورات كبيرة نسبيًا وبذلك يتكون الصخر من بلورات كبيرة تحيط بها بلورات صغيرة وحبيبات دقيقة ويسمى هذا النسيج بورفيرى (Porphyritic Texture) ويميز الصخور السطحجوفية مثل بورفير الكوارتز والبورفيريت والدوليريت.

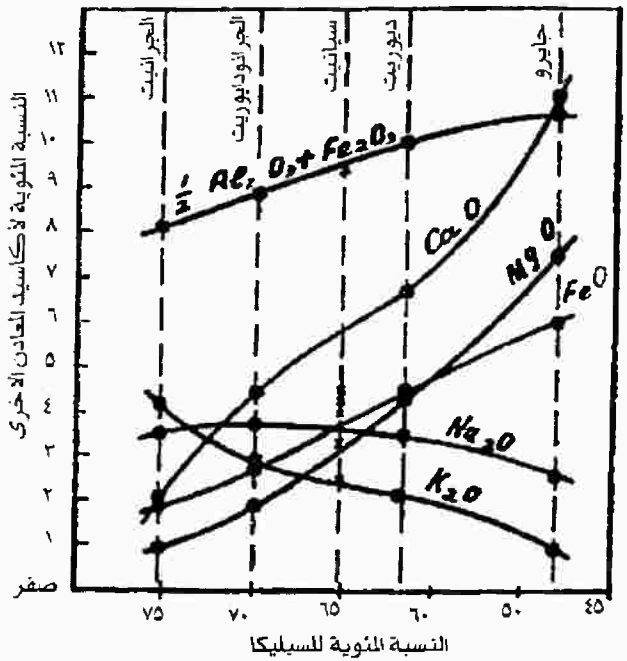
٤ - التركيب الكيميائى للصخور النارية:

يعتمد التركيب الكيميائى والمعدنى للصخور النارية أساسًا على التركيب الأصلى للصهارة والتى تنشأ عن تصلبها تلك الصخور، وتحتوى الصهارة على جزأين رئيسيين هما:

(أ) مواد غير متطايرة (Non-volatiles) ونسبتها حوالى ٩٠٪ من الحجم الكلى للصهارة وتتكون من مصهر معادن السيليكات ودرجة تبلورها أو تصلبها ١٠٠٠°م تقريبًا.

(ب) مواد متطايرة (Volatiles) وتشمل الغازات وبخار الماء والأبخرة الحاملة لكثير من المعادن الفلزية واللافلزية.

ولقد أثبتت التحاليل الكيميائية لعشرات الآلاف من العينات للأنواع المختلفة من الصخور النارية أن تركيبها الكيميائى متغير فى حدود متفاوتة لدرجة كبيرة كما هو مبين فى جدول (١٠) وشكل (٢٢).



شكل رقم (٢٢): التركيب الكيميائي للصخور النارية.

جدول رقم (١٠) التركيب الكيميائي للصخور النارية

أكسيد السليكون	SiO_2	٣٥ – ٧٥ فى المائة
أكسيد الألمونيوم	Al_2O_3	صفر – ٢٥ فى المائة
أكسيد الحديدوز	FeO	صفر – ٢٠ فى المائة
أكسيد الحديديك	Fe_2O_3	
أكسيد المغنسيوم	MgO	صفر – ٤٥ فى المائة
أكسيد الكالسيوم	CaO	صفر – ١٠ فى المائة
أكسيد الصوديوم	Na_2O	صفر – ١٦ فى المائة
أكسيد البوتاسيوم	K_2O	صفر – ١٢ فى المائة

ويتضح من ذلك أن الصخور النارية يتكون معظمها من السيليكا (أكسيد السليكيون) بينما تتحد الأكاسيد الأخرى (التى تسمى بالأكاسيد القاعدية) بالسيليكا مكونة معادن السيليكات والتى تسمى بالمعادن المكونة للصخور، وعلى أساس نسبة السيليكا فى الصخور النارية فإنها تصنف إلى أربعة أنواع هى:

(أ) صخور حمضية ونسبة السيليكا بها أكبر من ٦٦٪ ومن أمثلتها صخر الجرانيت.

(ب) صخور متوسطة ونسبة السيليكا بها من ٦٦٪ إلى ٥٢٪ ومن أمثلتها صخر الديوريت.

(جـ) صخور قاعدية ونسبة السيليكا بها من ٥٢٪ إلى ٤٠٪ ومن أمثلتها صخر الجابرو.

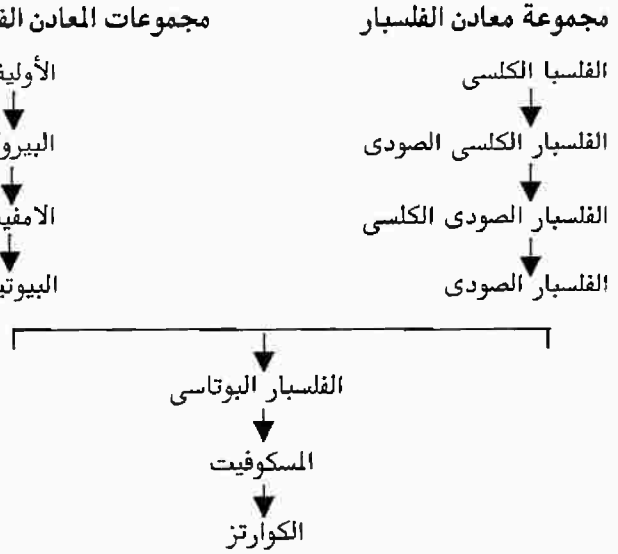
(د) صخور فوق قاعدية ونسبة السيليكا بها أقل من ٤٠٪ ومن أمثلتها صخر البريدونيت.

وفى الأنواع المختلفة من الصهارة توجد حدود معينة للكمية التى توجد بها الأكاسيد المختلفة بالصهارة، فإذا كانت الصهارة تحتوى على كمية كبيرة من السيليكا والألومنيا والأكاسيد القلوية فإنه يتبع ذلك نقص واضح فى كمية أكاسيد الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والتى يزيد مقدارها فى حالة الصهارة الفقيرة بالسيليكا والألومنيا والأكاسيد القلوية، أما المواد المتطايرة فتوجد بالصهارة بنسبة ضئيلة جدًا لا تزيد عن عشرة فى المائة، ولكن بتبلور المواد غير المتطايرة يتزايد تركيز المواد المتطايرة تدريجيا ثم ينفصل منها بالتدريج كثير من الرواسب المعدنية الاقتصادية مثل خامات النحاس والرصاص والزنك.

٥ - التركيب المعدنى للصخور النارية:

تتكون الصخور النارية من مجموعات معادن السيليكات الآتية:

الكوارتز والفلسباثويد والميكا والبيروكسين وبعض أكاسيد الحديد مثل المجنتيت والألمينيت. وبعد دراسة دقيقة للتتابع أو الترتيب الذى تتبلور به المجموعات الهامة لمعادن السيليكا المكونة للصخور من الصهارة بالتبريد استنتج العالم بوين (Bowen) أن هذه المعادن تنفصل طبقًا للتتابع التالى:

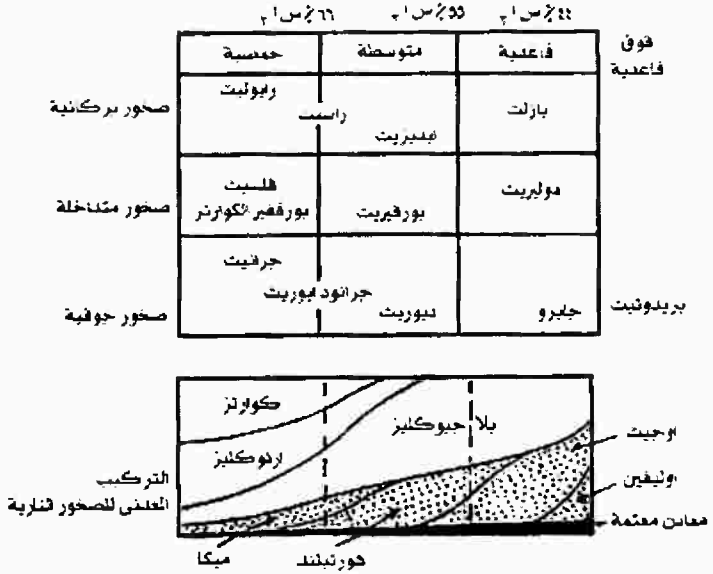


ويتوقف نوع المعادن المكونة للصخر النارى على التركيب الكيميائى للصهارة، فعلى سبيل المثال إذا كانت الصهارة غنية بالسيليكا والألومنيا وأكاسيد القلويات فإن المعادن التى تتبلور تشمل الفلسبارات القلوية (مثل الألبيت والأرثوكليز) والمسكوفيت. وإذا كانت الصهارة فقيرة فى السيليكا وتحتوى على كمية وفيرة من الألومنيا وأكاسيد القلويات فإن معادن مجموعة الفلسبا ثويد (مثل اللوسايت والنفيلين) هى التى تتكون من تصلب الصهارة، أما إذا كانت الصهارة غنية بأكاسيد الكالسيوم والمغنسيوم والحديد فإنه فى هذه الحالة تتبلور مجموعات المعادن الفيروماغنسيومية مثل الأوليفين والبيروكسين والأمفيبول. وعلى أساس التركيب المعدنى يمكن تمييز نوعين من الصخور النارية هما:

(أ) صخور فاتحة اللون وتشمل الصخور الحمضية مثل الجرانيت والريوليت وتتميز بنسبة عالية من الأرثوكليز والكوارتز.

(ب) صخور داكنة اللون وتشمل الصخور القاعدية مثل الجابرو والبازلت وتتميز بنسبة عالية من الفلسبار الكلسى والأوجيت والأوليفين.

ويوضح شكل (٢٣) تصنيف الصخور النارية تبعًا للأعماق التى توجد بها وعلى أساس تركيبها الكيميائى والمعدنى. ويحتوى صخر الجرانيت وهو أكثر الصخور الجوفية الحمضية انتشارًا على ٣١٪ من الكوارتز، ٥٢٪ من الأرثوكليز فلسبار، ١٢٪ من الميكا فى المتوسط - أما البازلت وهو أكثر الصخور البركانية انتشارًا فإنه يحتوى على حوالى ٤٦٪ بلاجيوكليز فلسبار (لابراد وريت)، ٣٧٪ أوجيت، ٨٪ أولفين.



شكل رقم (٢٣): تصنيف الصخور النارية.

ويلاحظ أن التركيب المعدنى للصهر النارى ونسيجه من العوامل الرئيسية التى تحدد خواصه الطبيعية مثل الكثافة وخواصه الميكانيكية والحرارية والمغناطيسية والكهربية ويتضح من شكل (٢٤)، كما أن نواتج التحلل الكيميائى للصخور النارية بفعل عوامل التجوية يعتمد أيضًا على التركيب المعدنى لهذه الصخور، ويوضح جدول (١١) متوسط التركيب المعدنى لجميع الصخور النارية ومنه يستنتج أن معادن مجموعة الفلسبار أكثر المعادن انتشارًا فى تركيب القشرة الأرضية.

جدول رقم (١١) متوسط التركيب المعدنى للصخور النارية

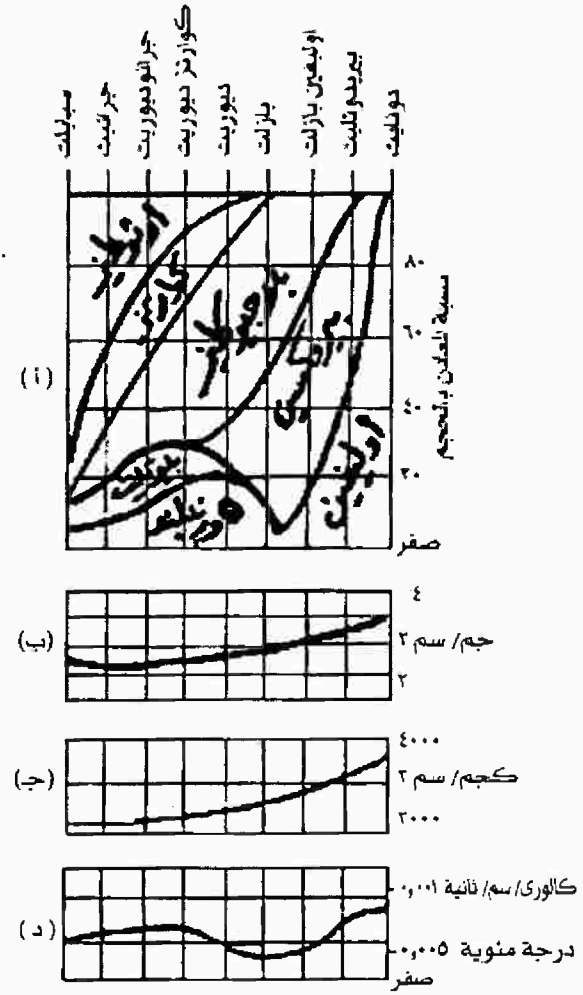
المعادن	النسبة المئوية
الفلسبارات (ارثوكليز - بلاجيوكليز)	٥٩
أوجيت وهورنبلند	١٧
كوارتز	١٢
ميكا	٤
معادن أخرى وأكاسيد حديد	٨

بعض الصخور النارية

١- الجرانيت Granite

صخر حمضى يتكون أساسًا من معادن الكوارتز (٣١٪) والأرثوكليز فلسبار (٥٢٪) والميكا (١٢٪)، وفى بعض الأنواع يوجد الهورنبلند بدلا من الميكا. وقد يحتوى على معادن أخرى بكميات قليلة وتختلف من نوع لآخر. ويقال للجرانيت إنه خشن إذا كانت بلوراته كبيرة الحجم (أكبر من ٢مم)، أما إذا كانت صغيرة فيقال إنه ناعم أو دقيق الحبيبات. ويختلف لون الجرانيت تبعًا للون الفلسبار فقد يكون لونه أحمر أو رماديًا. ويتراوح وزنه النوعى من ٢,٦ إلى ٢,٧. والجرانيت من أكثر الصخور النارية الجوفية انتشارًا فمنه يتكون أساس معظم القارات كما يوجد على شكل سلاسل من الجبال الكبرى.

وينتشر الجرانيت فى الصحارى المصرية منه تتكون معظم سلاسل الجبال التى تفصل البحر الأحمر عن وادى النيل وكذلك جبال شبه جزيرة سيناء الجنوبية. وينتج عن تفتت الجرانيت انفصال المعادن المكونة له كما تتحلل معادن الفلسبار والميكا بتأثير المياه المشبعة بثانى أكسيد الكربون إلى مواد صلصالية. أما الكوارتز فتستدير حبيباته وتتكون منها الرمال التى تغطى معظم



شكل رقم (٢٤): العلاقة بين التركيب المعدنى للصخور النارية وبعض خواصها الطبيعية.

(أ) التركيب المعدنى والنسبة المئوية للمعادن بالحجم.

(ب) الكثافة بالجرام سم^{٣}.

(جـ) القوة الضغطية بالكيلوجرام سم^{٢}.

(د) التوصيل الحرارى بالكالورى سم ثانية – درجة مئوية.

الصحارى المصرية، وأهم أنواع الجرانيت فى مصر هو ذلك النوع الموجود بأسوان ويكون صخور الجنادل التى تعترض مجرى نهر النيل، وقد استخدم الجرانيت منذ القدم كحجر من أحجار

الزخرفة واستعمله قدماء المصريين فى بناء المعابد والتماثيل كما استخدم حديثًا فى بناء السد العالى وخزان أسوان. وكذلك يستعمل فى عمل الخرسانة وفى رصف بعض الطرق. ويوجد فى بعض أنواع الجرانيت أحيانًا عروق من المرو (الكوارتز) التى قد تحتوى على معادن اقتصادية هامة مثل الولفرام والكاسيتريت والتنتالايت والمولبدينايت.

٢ - الديوريت Diorite

صخر متوسط لا تزيد فيه نسبة السيليكا عن ٥٥٪ ولا يوجد به الكوارتز عادة إلا فى بعض الأحيان وفى هذه الحالة يسمى كوارتز ديوريت، بلوراته واضحة ويتكون أساسًا من معدنى البلاجيوكليز فلسبار والهورنبلند، واللون يكون مائلا للاخضرار ووزنه النوعى = ٢,٨، ويوجد الديوريت فى الصحارى المصرية وخاصة فى جنوب الصحراء الشرقية حيث تتكون منه بعض الجبال التى قد تحتوى على عروق المرو الحاملة للذهب.

٣ - الجابرو Gabbro

صخر قاعدى لا تزيد فيه نسبة السيليكا عن ٥٠٪ لذلك لا يوجد فيه معدن الكوارتز عادة ولكن تزيد فيه نسبة المعادن الفيروماغنسيومية التى تعطيه لونًا أسمر وتزيد من ثقله النوعى. بلوراته واضحة ويتكون أساسًا من معادن البلاجيوكليز فلسبار (اللابرادوريت) والأوجيت وأحيانًا الأوليفين، وتوجد نسبة صغيرة من أكاسيد الحديد والتيتانيوم ووزنه النوعى حوالى ٣، ويوجد الجابرو فى مصر بالصحراء الشرقية وأحيانًا توجد به عدسات أو شرائط من خام الألمنيت كما فى منطقة أبو غلقه بجنوب الصحراء الشرقية.

٤ - الصخور فوق القاعدية Ultrabasic Rocks

تشمل مجموعة الصخور التى تقل فيها نسبة السيليكا عن ٤٠٪، ولذلك فإنها لا تحتوى عادة على الكوارتز والفلسبار، وتتكون من معدنين أو أكثر من المعادن الفيروماغنسيومية كالأوليفين والأوجيت والهورنبلند، والصخور فوق القاعدية سوداء اللون وثقيلة ووزنها النوعى حوالى ٣,٣، وترجع أهميتها إلى احتوائها على رواسب معدنية اقتصادية مثل خامات الكروم والبلاتين والماس.

وأهم الصخور فوق القاعدية التى توجد فى مصر صخر البريدوتيت الذى يتكون أساسًا من الأوليفين وبعض المعادن الأخرى، ويوجد هذا الصخر فى جزيرة الزبرجد ويحتوى على معدن الجارنيريت الحامل للنيكل. كذلك يوجد صخر السربنتين فى جنوب الصحراء الشرقية فى

منطقة البرامية على طريق ادفو - مرسى علم ويحتوى على عدسات من الكروميت وهو من المعادن الاقتصادية الهامة.

٥ - البازلت Basalt

أكثر الصخور البركانية انتشارًا، قاعدى، أسود اللون وقد توجد به بلورات دقيقة خضراء من معدن الأوليفين. وعادة تتخلله ثقوب نتيجة لتصلبه على سطح الأرض وخروج الغازات المحبوسة من الحمم البركانية. والبازلت صخر شديد التماسك ويتكون من بلورات مجهرية بينها مواد زجاجية، والمعادن الأساسية المكونة له هى البلاجيوكليز (اللابرادوريت) والأوجيت والأوليفين. وزنه النوعى حوالى ٣.

ويوجد البازلت فى مصر فى عدة مناطق أهمها منطقة أبو زعبل شمال القاهرة ويستخرج على نطاق واسع ويستخدم فى رصف الطرق وعمل الخرسانة.

٦ - الدوليريت Dolerite

صخر قاعدى، أسود قاتم اللون، وزنه النوعى حوالى ٢,٩ ويتكون من معدنى البلاجيوكليز والأوجيت وأحيانًا يوجد به الأوليفين فى بلورات صغيرة منتشرة بينها حبيبات دقيقة من أكاسيد الحديد.

ويوجد الدوليريت فى مصر على نطاق كبير وتخترق قواطع الدوليريت الصخور النارية كما يوجد على هيئة سدود متداخلة على طول مستويات الصخور الرسوبية ويوجد فى التلال الموجودة فى غرب الفيوم وفى طريق مصر - السويس ووسط وشمال شبه جزيرة سيناء وبالصحراء الشرقية بين النيل وخليج السويس.

٧ - الأنديزيت Andesite

صخر بركانى متوسط يشبه فى تركيبه الكيميائى والمعدنى الديوريت (صخر جوفى) والبورفيريت (صخر سطحجوفى)، ولكنه يختلف عنه فى طريقة وجوده ونسيجه.

ويوجد الانديزيت فى مصر بالصحراء الشرقية فى جبل الدخان ويعرف باسم الحجر السماقى الإمبراطورى (Imperial porphry). ويتكون من مادة أرجوانية ذات بلورات مجهرية وأحيانًا تكون خضراء وتتكون من البلاجيوكليز والهورنبلند، ولونه أرجوانى وبه بقع بيضاء منتشرة بغير انتظام، وثقله النوعى حوالى ٢,٨، وقد استخدم قدماء المصريين الانديزيت فى إقامة المعابد والتماثيل كما يستعمل كحجر للزخرفة والزينة.

٨ – الفلسيت Felsite

صخر بركانى حمضى غير شائع ويشبه فى تركيبه الكيميائى والمعدنى الجرانيت وبلوراته مجهرية، ولكن هناك أنواع لها نسيج بورفيرى ونرى فيه بلورات كاملة النمو من الكوارتز أو الفلسبار أو الاثنين معًا فى أرضية دقيقة الحبيبات، ويوجد الفلسيت فى مصر بالصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء.

٩ – الرايولايت والزجاج الطبيعى Rhyolite and Obsidian

الرايولايت صخر بركانى يشبه فى تركيبه الكيميائى والمعدنى صخرى الجرانيت والفلسيت وهو دقيق الحبيبات وبه مادة زجاجية.

أما الأوبسيديان فهو صخر بركانى يشبه الزجاج فى جميع خواصه من حيث الشكل وينشأ بالتصلب الفجائى للحمم الحمضية، ومن الناحية الكيميائية يشبه الجرانيت إلى حد كبير، لونه أسود ولكن فى القطاع الرقيق يكون شفافًا وذا ألوان متعددة تبعًا لنوع الشوائب التى توجد به، بريقه زجاجى، مكسره محارى، ووزنه النوعى يتفاوت من ٢,٣ إلى ٢,٧، سهل الانصهار، أشد صلابة من الزجاج العادى.

١٠ – الحجر الخفاف Pumice Stone

صخر بركانى حمضى، زجاجى، عديم التبلور ويشبه الأوبسيديان كيميائيًا ويسمى أحيانًا رغاوى الزجاج، اللون أبيض أو رمادى أو أصفر وأحيانًا بنى ونادرًا ما يكون أحمر، له بريق حريرى، ويتكون من نسيج رقيق من ألياف زجاجية. ويتميز الحجر الخفاف بوجود ثقوب وفجوات كبيرة ولهذا فإنه يطفو بسهولة فوق سطح الماء، ويستعمل كمسحوق لصنفرة الأثاث المصنوع من خشب الأرو وفى تلميع أو صقل الفلزات والسبائك.

بعض الصخور الرسوبية

تنشأ الصخور الرسوبية من ترسيب المواد المفتتة أو الذائبة فى الماء والتى تنتج من تعرض الصخور المختلفة وخاصة الصخور النارية لعوامل التجوية الطبيعية والكيميائية وتؤدى التعرية الطبيعية إلى التفتت الميكانيكى للصخور. أما التجوية الكيميائية فإنها تؤدى إلى التحليل الكيميائى لمعظم المعادن المكونة للصخور. وتنقسم نواتج تفتت وتحلل الصخور إلى أربعة أنواع وهى:

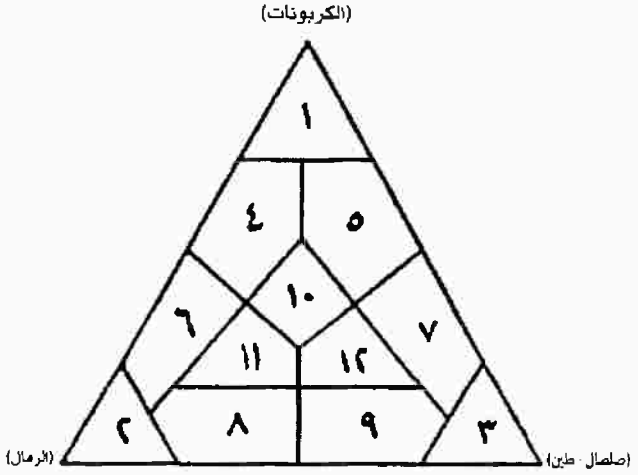
١ – معادن أولية ثابتة التى لا تتأثر بفعل المحاليل الكيميائية ومن أمثلتها الكوارتز والزركون والمجنتيت والألمينت والكاسيتيرايت والذهب والبلاتين.

٢ – معادن ثانوية ثابتة وأهمها معادن الصلصال (الطين) ومنها الكاولينايت والمونتموريلنيت والأليت.

٣ - أملاح ذائبة فى الماء على هيئة مواد إلكترونية مثل كلوريد وكبريتات وبيكربونات الصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم والكالسيوم.

٤ - مواد غروية مثل إيدروكسيدات الحديد والألمونيوم والسيليكا.

وتنقل نواتج تفتت الصخور عادة من أماكنها الأصلية، بفعل المياه الجارية أو الرياح أو الثلاجات، إما على هيئة حبيبات صلبة أو فى صورة محاليل، ثم ترسب بعد ذلك فى طبقات بعد توزيعها بفعل المياه والرياح مكونة الرواسب الطبقية والتى تنقسم تبعًا للمعادن المكونة للصخر إلى أنواع عديدة كما يتضح من شكل (٢٥).



شكل رقم (٢٥): تصنيف الصخور الرسوبية.

وتتراكم معظم الرواسب على هيئة فتات غير متماسك، ولكنها تتعرض بعد ذلك لظروف طبيعية وكيميائية تجعلها أكثر اندماجًا وصلابة وبذلك تتكون الصخور الرسوبية، وأهم هذه العوامل:

١ - التماسك Compaction

يؤدى الضغط الناتج عن ثقل الطبقات المترسبة بعضها فوق بعض على الرواسب الأصلية إلى ترابط حبيباتها وأحيانًا إلى طرد ما يتخلل مسامها من المياه فتجف وتتماسك الحبيبات ويقل الحجم مكونة الصخور الرسوبية.

٢ - التلاحم Cementation

فى هذه الحالة تترسب بعض المعادن التى تعمل كمادة لاحمة بين حبيبات الرواسب وأهم المواد التى لها هذه الخاصية هى السيليكا وكربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد. وتعتبر

السيليكا من أكثر المواد اللاحمة فاعلية وانتشارًا فى الصخور. وتترسب المواد اللاحمة بين حبيبات الرواسب من المياه الجارية أو المحاليل التى تمر خلال مسامها أو شقوقها ولذلك تقل الفراغات البينية بين الحبيبات التى تلتحم ببعضها مكونة الصخور الرسوبية.

٣ - التبلور Crystallisation

تتماسك حبيبات الرواسب أحيانًا نتيجة لتبلور بعض مكوناتها أو إعادة تبلورها مرة أخرى بفعل الضغوط التى تتعرض لها وينتج عن ذلك تداخل بلوراتها وامتلاء الفراغات بالمواد المتبلورة وتماسك الرواسب مكونة الصخور الرسوبية.

وبالرغم من أن الرواسب تغطى حوالى ٧٥٪ من مساحة القشرة الأرضية إلا أن حجمها لا يتجاوز ٥٪ من الحجم الكلى لصخور القشرة الأرضية، ويرجع ذلك إلى أن الصخور الرسوبية توجد على هيئة غطاء رقيق غير متصل ويبلغ سمكه فى المتوسط ٨٠٠ متر تقريبًا. ويكون الطين الصفحى حوالى ٨٠٪ من الصخور الرسوبية. بينما تكون الصخور الرملية حوالى ١٥٪ والصخور الجيرية ٥٪ تقريبًا. وتعزى الوفرة النسبية للطين الصفحى إلى أن معادن مجموعة الفلسبار وهى المعادن الأكثر انتشارًا فى تركيب الصخور النارية تتحلل كيميائيًا مكونة المعادن الصلصالية وتركيبها الكيميائى سيليكات الألونيوم المائية وتتميز بتركيب صحائفى لمجموعات (س أ٤) وفى الطين الصفحى تكون المعادن الصلصالية مختلطة بقشور دقيقة من معدنى الميكا والكلوريت بالإضافة إلى حبيبات دقيقة من الكوارتز والكلسيت والسيليكا الغروية وأكاسيد الحديد. ويوضح جدول (١٢) متوسط التركيب المعدنى للأنواع المختلفة من الصخور الرسوبية.

جدول رقم (١٢) متوسط التركيب المعدنى للصخور الرسوبية

المعـــادن	النسبة المئوية
كوارتز وسيليكا	٣٠
ميكا (مسكوفيت وبيوتيت)	٢٣
معادن الصلصال (الطين)	١٧,٥
فلسبار	٩
كربونات (كلسيت ودولوميت)	٨,٥
أكاسيدو أيدروكسيد الحديد	٥
كلوريت	٢
ماء	٢

وعلى أساس نشأة الرواسب فإنها عادة تصنف إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

١ - رواسب ميكانيكية:

مثل الحصى والرمال والطين والصلصال.

٢ - رواسب عضوية:

رواسب عضوية وتنشأ من تراكم بقايا مواد عضوية مثل بعض أنواع الصخور الجيرية والدياتوميت والفحم والفوسفات وبعض خامات الحديد.

٣ - رواسب كيميائية:

ومن أمثلتها بعض الصخور الجيرية والرواسب الملحية مثل الجبس والأنهيدريت والملح الصخرى.

١ - الرواسب الميكانيكية Mechanical Sediments

تتكون الرواسب الميكانيكية من حبيبات المعادن الناتجة من التفتت الميكانيكى لجميع أنواع الصخور، ونقل المواد المفتتة بفعل المياه أو الهواء أو الجليد إلى أماكنها الحالية التى ترسبت فيها، وتشمل هذه الرواسب الأنواع الموضحة فى جدول (١٣).

جدول رقم (١٣) أنواع الرواسب الميكانيكية

الصفة الغالبة للراسب	المواد المكونة للراسب	أنواع الصخور الرسوبية
(أ) رواسب الحصى ٦٤ مم - ٢ مم	حصى مستدير حصى غير منتظم جلاميد ومواد صلصالية	كونجلومرات بريشيا تيلليت
(ب) رواسب الرمال ٢ مم - ٠,٠١ مم	رمال خشنة رمال متوسطة رمال دقيقة	الصخور الرملية بأنواعها السيليسية والجيرية والحديدية والطينية والجانستر
(جـ) رواسب الطين ٠,٠١ إلى أقل من ٠,٠٠٥ سم	الصلصال الطمى الطين	الحجر الصلصالى الصلصال البيتيومينى الصلصال الحرارى

٢ – الرواسب العضوية Organic Sediments

تتكون هذه الرواسب من تراكم بقايا المواد العضوية التى خلفتها الحيوانات أو النباتات التى تعيش فى البحار أو اليابس، وتحتوى غالبًا على حفريات تدل على نشأتها، وتنقسم الرواسب كما فى جدول (١٤) إلى رواسب جيرية وسيليسية وكربونية وحديدية وفوسفاتية.

جدول رقم (١٤) أنواع الرواسب العضوية

الصفة الغالبة للراسب	المواد المكونة للراسب	أنواع الصخور الرسوبية
(أ) رواسب جيرية Calcarecous	فتات المحار وهياكل الحيوانات البحرية والشعاب المرجانية	صخور جيرية عضوية كالطباشير
(ب) رواسب سيليسية Siliceous	أشواك الأسفنج الدياتوميت	صخور سيليسية عضوية مثل صخر الدياتوميت
(جـ) رواسب كربونية Carbonaccous	غابات متفحمة – ونباتات منقولة	لجنيت – فحم بتيومينى – انثراسيت
(د) رواسب حديدية Ferruginous	رواسب حديد المستنقعات	رواسب الحديد التى تتكون من الليمونيت
(هـ) رواسب فوسفاتية Phosphatic	طبقات من عظام الحيوانات الضخمة – الجوانو	خام الفوسفات (الفوسفوريت)

٣ – الرواسب الكيميائية Chemical Sediments

تنشأ الرواسب الكيميائية من عملية التبخر أو التفاعل الكيميائى بين المحاليل التى كانت هذه المواد مذابة فيها. ومن أمثلتها بعض الرواسب الجيرية والرواسب الملحية أو التبخيرية ويوضح جدول (١٥) الأنواع الرئيسية لهذه الرواسب.

جدول رقم (١٥) أنواع الرواسب الكيميائية

الصفة الغالبة للراسب	المواد المكونة للراسب	أنواع الصخور الرسوبية
(أ) رواسب جيرية	كربونات كالسيوم مترسبة من المحاليل، كربونات كالسيوم ومغنسيوم مترسبة من المحاليل	الحجر الجيرى البطروخى والدولوميت والصخور الجيرية الدولوميتية
(ب) رواسب سيليسية	السيليكا الجلاتينية	الشرت والصوان
(جـ) رواسب حديدية	أكاسيد وأيدروكسيدات الحديد	خامات الحديد الليمونيتية والطفلة الحديدية
(د) رواسب ملحية	رواسب البحيرات المالحة	جبس - انهيدريت - ملح صخرى - أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والنطرون

التراكيب الأولية للصخور الرسوبية:

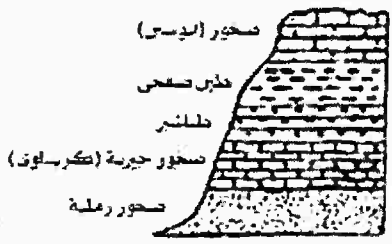
١ التطابق Stratification

من أهم تراكيب الصخور الرسوبية وجودها فى طبقات متعاقبة. والطبقة عبارة عن سمك متجانس من المواد الرسوبية ويتميز بأن له سطحين متوازيين تقريبًا. ويختلف سمك الطبقات اختلافًا كبيرًا فتكون أحيانًا رقيقة وقد يبلغ سمكها عشرات الأمتار، كما تختلف الطبقات من حيث دقة حبيباتها أو لونها أو تركيبها الكيميائى. وغالبًا ما يكون الاختلاف نتيجة تغير الظروف فى بيئة الترسيب، ويكون الامتداد الأفقى للطبقات عادة أكبر بكثير من سمكها كما قد توجد الطبقات على هيئة عدسات كما فى شكل (٢٦ أ).

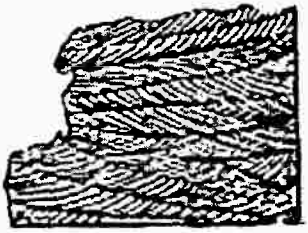
٢ - التطابق المتقاطع Cross Bedding

يوجد هذا التركيب فى حالة الرواسب الشاطئية أو النهرية حيث تتعرض الرواسب لتغير مستمر فى شدة التيارات المائية واتجاهاتها أثناء عملية الترسيب، وترى الطبقة الواحدة من الصخر مكونة من عدة طبقات كل منها عبارة عن صفائح رقيقة متتالية قد تختلف فى وضعها عن الشكل العام للطبقة.

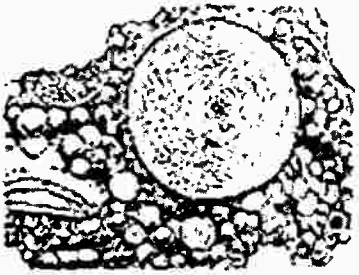
كما فى شكل (٢٦ - ب).



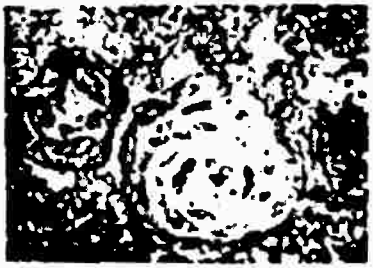
(أ) التطابق فى صخور العصرين الكريتاوى واللابوسينى بالهضبة المحيطة بالوادى الجديد.



(ب) التطابق الكالب فى الحجر الرملى النوبى فى جنوب الصحراء الشرقية.



(جـ) حجر جيرى تيموليتى من عصر اللابوسين المكون لهضبة جبل المقطم شرق القاهرة.



(د) قطاع فى خام الحديد بواحة البحرية يوضح الحفريات الدقيقة بعد إحلالها بأكاسيد الحديد.

شكل رقم (٢٦): بعض التراكيب الأولية فى الصخور الرسوبية.

٣ تشققات الطين Mud Cracks

تتعرض بعض الرواسب الطينية أحيانًا لعوامل الجفاف فتفقد المياه التى تتخلل مسامها ويجف السطح الخارجى للرواسب بدرجة أسرع من سطحها الداخلى نتيجة تعرضه لعوامل التجفيف والعوامل الجوية مثل حرارة الشمس والتيارات الهوائية، وبالتالى تظهر بها شقوق نتيجة لانكماش الصخور، وتختلف هذه التشققات فى عمقها وسمكها وطولها وحجمها وشكلها ويمكن مشاهدتها بوضوح فى الرواسب الطينية التى توجد عند حواف البرك والمستنقعات بعد جفاف الطين.

٤ - الحفريات Fossils

تتميز الصخور الرسوبية عادة باحتوائها على بقايا المواد العضوية الحيوانية والنباتية التى كانت تعيش على اليابس أو الماء أثناء عملية الترسيب، وتمثل الحفرية البقايا العضوية التى دفنت مع الرواسب المكونة للصخور الرسوبية كما فى شكل (٢٦ - جـ، د)، ومن ضمن العوامل التى تساعد على تكوين الحفرية ما يأتى:

١ - أن تدفن البقايا العضوية بعد موت الكائن الحى مباشرة فى مواد رسوبية وذلك لحفظها من عوامل التحلل.

٢ - أن يحتوى الكائن على مواد صلبة تقاوم عوامل الفناء مثل الأصداف والمحارات والأسنان والهياكل العظمية وجذوع الأشجار وحبوب لقاح النباتات.

٣ - أن يوجد الكائن فى بيئة مناسبة لحدوث عمليات إحلال المواد المعدنية مثل السيليكا محل الأصل العضوى للحفرية مثل إحلال السيليكا محل النسيج الخشبى فى الغابات المتحجرة.

بعض الصخور الرسوبية:

١ - الصخور الرملية Sandstones

عندما تتماسك رواسب الرمال بمواد لاحمة فإنها تكون الصخور الرملية التى تتكون فى غالبيتها من حبيبات تكاد تكون تكون مستديرة من الكوارتز وهو معدن صلب ولا يتفتت بسهولة بعوامل التعرية، وتتوقف خواص الأحجار الرملية تبعًا لنوع المادة اللاحمة. فإذا كانت جيرية فإنها تعرف بالأحجار الرملية الجيرية، وإذا كانت من أكاسيد الحديد تنتج الحجر الرملى الحديدى، وإذا كانت من السيليكا تكون الحجر الرملى السليسى، وإذا كانت من المواد الصلصالية أو الطينية فإنه يسمى بالحجر الرملى الطينى، وتختلف صلابة الصخور الرملية تبعًا لاختلاف حجم حبيبات الرمال ودرجة استدارتها ونوع ومقدار المادة اللاحمة، وبوجه عام تتميز الصهور الرملية بأنها من أكثر الصخور مسامية، ولذلك فإنها تعتبر من أفضل الصخور المناسبة كخزانات طبيعية للسوائل مثل المياه الأرضية والبترول والغاز الطبيعى.

٢ - الصلصال والطين الصفحى Clays and Shales

الصخور الطينية وأهمها الصلصال والطين الصفحى تشمل الرواسب التى تتكون من حبيبات دقيقة يتفاوت قطرها من ٠,٠١ مم إلى أقل من ٠,٠٠٥مم، وتتكون رواسب الطين فى دالات ومصبات الأنهار كما تتكون فى قاع البحار والمنحدرات القارية على أعماق أكبر من ٢٠٠ متر.

وتتكون الرواسب الطينية أساسًا من معادن الصلصال مثل الكاولينايت والمونتموريلينيت التى تركيبها الكيميائى سيليكات الألومنيوم المائية وتنتج من التحلل الكيميائى لمعادن مجموعة الفلسبار والتى تكون حوالى ٦٠٪ من تركيب صخور القشرة الأرضية، وتحتوى الرواسب الطينية أيضًا على معادن أخرى أهمها الكوارتز والميكا وأكاسيد المنجنيز وبعض البقايا الحيوانية وبقايا

النباتات المتحللة أو المتفحمة، وهناك أنواع من الرواسب الطينية لونها أحمر أو أصفر أو أخضر لوجود شوائب من مواد ملونة بها.

والرواسب الطينية النقية تسمى بالصلصال الصينى (China Clay) وهو المادة الخام الأساسية فى صناعة الخزف والصينى والفخار والطوب الحرارى، وينتج هذا النوع من الصلصال بالتحلل الكيميائى لمعادن مجموعة الفلسبار وخاصة معدن الأرثوكليز طبقاً للمعادلة الآتية:

$$2\,KAlSi_3O_8 + 2H_2O + CO_2 = (OH_4\,Al_2\,Si_4O_5 + 4\,SiO_2 + K_2CO_3$$

سيليكا كاولينايت ارثوكليز

وقد تزيد فى الرواسب الطينية نسبة كربونات الكالسيوم فيسمى الصخر الناتج صلصالاً جيريا أو طفلا (Marl)؛ أما إذا ارتفعت نسبة الكوارتز فيطلق على الصخر فى هذه الحالة الطينة الرملية أو الطينة الصفراء (Loam) وتتميز الرواسب الطينية التى تقل فيها نسبة المواد الجيرية والقلويات يتحملها لدرجات الحرارة العالية ولذلك تسمى بالطينة الحرارية (Fire Clay) وتستعمل فى تبطين الأفران الكهربائية.

وعندما تجف الرواسب الطينية وتتماسك فإنها تكون الصخور الطينية والتى تنقسم إلى نوعين هما:

١ - صخور طينية متجانسة.

٢ - صخور الطين الصفحى ويتميز بانفصاله إلى شرائح رقيقة عند تعرضه لأقل ضغط.

ويرجع الفرق فى صفات النوعين السابقين من الصخور الطينية إلى الظروف الطبيعية والكيميائية المتحكمة فى عملية الترسيب، والنوع الأول من الصخور الطينية يتكون من ترسيب مواد متجانسة لمدة طويلة تحت ظروف غير متغيرة. وعندما تتعرض الرواسب للضغط والتجفيف فإنها تتماسك مكونة صخورا متجانسة، أما النوع الثانى فينشأ من ترسيب متقطع تحت ظروف مختلفة والتى عند تماسكها بالضغط والتجفيف تكون الطين الصفحى.

٣ - الصخور الجيرية والدولوميت Limestones and Dolomites

تتكون الصخور الجيرية عضوية كانت أم كيميائية من كربونات الكالسيوم على هيئة معدن الكليست وأحيانًا معدن الأراجونيت، وقد يكون معدن الدولوميت وهو الكربونات المزدوجة للكالسيوم والمغنسيوم من المكونات الهامة للصخور الجيرية، وتزداد كمية الدولوميت أثناء الانتقال من الأحجار الجيرية الدولوميتية إلى الدولوميت النقى. والصخور الجيرية من المواد الأساسية كأحجار البناء ورصف الطرق وفى صناعة الأسمنت والحديد والصلب وغيرها، أما الدولوميت فيستخدم فى صناعة الطوب الحرارى الذى تبطن بها أفران صهر الخامات لاستخلاص الفلزات الهامة منها ولصناعة أنواع معينة من الأسمنت.

الصخور المتحولة

تنشأ الصخور المتحولة من الصخور النارية أو الرسوبية التى كانت موجودة من قبل تحت تأثير الحرارة والضغط والمحاليل الكيميائية النشطة. ويحدث هذا التحول عندما تتغير الظروف الطبيعية والكيميائية التى تتعرض لها الصخور مما يجعل كثيرًا من المعادن المكونة للصخر غير ثابتة للظروف الجديدة وبالتالى تتحول إلى معادن جديدة أكثر ملاءمة للبيئة الجديدة. وتتم عملية تحول المعادن بينما تبقى الصخور فى الحالة الصلبة وكثيرًا ما تكتسب الصخور المتحولة أنسجة وتراكيب جديدة تختلف عن نسيج الصخور الأصلية تمام الاختلاف. ونتيجة لفعل الضغوط القاصة التى يتعرض لها الصخر فإن الحبيبات المعدنية قد تتهشم أو تتفلطح أو تترتب فى طبقات شبه متوازية على هيئة ترتيب شرائطى مميز للصخور المتحولة. وتتم عملية التحول بطريقتين هما:

١ - التحول التماسى أو الحرارى Contact Metamorphism

وينشأ بتأثر الصخور المحيطة بالكتل النارية المتداخلة ذات الحرارة العالية وينتج عن ذلك إعادة تبلور بعض أو جميع المعادن المكونة للصخر الأصلى، فمثلا فى حالة الصخور الرملية يعاد تبلور الكوارتز إلى بلورات صغيرة متداخلة بعضها فى بعض فيتكون صخر الكوارتزيت ويوضح جدول (١٦) أنواع الصخور المتحولة الناتجة من التحول التماسى.

٢ - التحول النطاقى أو الديناميكى Rogional Metamorphism

وينشأ بتأثير الإجهادات وتغير درجات الحرارة ويؤثر عادة على مناطق شاسعة من الصخور. وهذا النوع من التحول يساعد على نمو معادن جديدة مسطحة أو نصلية الشكل بحيث تتعامد جوانبها المفلطحة على اتجاه النهاية العظمى للضغوط، وبذلك يتميز الصخر المتحول بتركيب شرائطى يعرف بالتورق أو التركيب الشيستى. ويبين جدول (١٧) الصخور المتحولة الناتجة بالتحول النطاقى.

(جدول ١٦) صخور التحول التماسى

الصخر الأصلى	الصخر المتحول
١ - صخور رملية طينية	كوارتزيت
٢ - صخور جيرية ودولوميتة نقية	رخام
٣ - صخور جيرية صلصالية (مارل)، صخور صلصالية جيرية. صخور صلصالية سيليسية	هورنفلس

(جدول ١٧) صخور التحول النطاقى (أنواع الشيست المتبلورة)

الصخر الأصلى	الصخر المتحولة		
	تحول صغير	تحول متوسط	تحول كبير
١ – صخور رملية، عروق الكوارتز	كوارتزيت	كوارتزيت	كوارتز
٢ – صخور جيرية نقية	رخام	رخام	رخام
٣ – طين صفحى وصلصال	اردواز	ميكاشيست	نيس
	فيلليت	ميكاشيست	جارنت – بيوتيت نيس
٤ – مارل (صخور جيرية صلصالية)	فيلليت كلسى	ميكاشيست كلسى	ديويسايدنيس
٥ – جرانيت	سيرسيت نيس	ميكانيس	نيوتيت نيس
صلصال سيليسى	فيلليت	ميكاشيست	جرانيو لايت
٦ – ديوريت وجابرو	كلوريت شيست	هورنيلندنيس	بلاجيو كليزنيس
مارل	تلك شيست،	تلك شيست	
	سربنتين		أوليفين نيس

بعض الصخور المتحولة:

١ – الكوارتزيت Quartaite

ينتج هذا الصخر من تحول الصخور الرسوبية التى تحتوى كلية أو فى غالبيتها على الكوارتز ثم الأحجار الرملية والصوان: ويتكون الكوارتزيت من هذه الصخور نتيجة إعادة تبلور المعادن المكونة لها بالتحول التماسى أو النطاقى، وأحيانًا تترسب السيليكا كمادة لاصقة بين حبيبات الصخور الرملية مما يؤدى إلى تكون صخر الكوارتزيت: ويختلف لون صخور الكوارتزيت من القرمزى إلى الأصفر نتيجة لوجود شوائب من أكاسيد الحديد. ويكون معدن الكوارتز حوالى ٩٨٪ من مكونات الكوارتزيت الذى يتميز بنسيج دقيق الحبيبات.

ولا توجد الصخور الرملية عادة فى حالة نقية، ولكنها تحتوى على مجموعة كبيرة من معادن الطين، ولذلك فإن هذه الصخور عند تحولها إلى الكوارتزيت، فإن هذه الشوائب الطينية تتحول إلى معادن أخرى تناسب الظروف الجديدة، وتستخدم هذه الشوائب فى التعرف على الأنواع المختلفة من الكوارتزيت.

فمثلا الأنواع التى يوجد بها معدن الميكا تسمى بالكوارتزيت الميكائى.

ويتميز الكوارتزيت بالصلابة ويوجد على شكل طبقات كما هو الحال فى الصخور الرسوبية. وتشبه الأنواع فاتحة اللون من صخور الكوارتزيت إلى حد ما صخور الفلسيت (صخر نارى بركانى حمضى)، أما الأنواع المعتمة فإنها تشبه الصخور القاعدية وتستخدم معادن الفلسبار للتمييز بين الكوارتزيت والصخور الرملية.

والكوارتزيت من الصخور القوية التى تقاوم عوامل التعرية والتآكل، لذلك يستعمل فى كثير من الأعمال الإنشائية. وتستخدم الأنواع النقية فى صناعة الزجاج وعمل أحجار الطواحين والتجليخ والمسن.

٢ - الرخام Marble

ينتج الرخام من تحول الصخور الجيرية أو الدولوميتية. ويختلف لونه اختلافًا كبيرًا وهو أبيض اللون إذا تحول من صخور جيرية نقية، أما إذا كانت الصخور الجيرية تحتوى على شوائب مختلفة فيصبح لون الرخام الناتج أخضر أو أحمر أو قرمزيًا، ويعزى اللون الأخضر إلى وجود معدن السربنتين واللون الأحمر إلى وجود أكاسيد الحديد، كما تسبب البقايا العضوية إلى وجود الألوان الداكنة فى الرخام ويتدرج نسيج الرخام من الخشن إلى دقيق الحبيبات تبعًا لنوع الحجر الجيرى أو الدولوميتى الذى تحول منه الرخام وتبعًا لدرجة التحول. ويستخدم الرخام بكثرة فى المنشآت والمبانى لأعمال الزخرفة والزينة وعمل التماثيل.

ويوجد الرخام فى مصر بالصحراء الغربية فى أجران الفول وأبى رواش وفى الصحراء الشرقية شرق إدفو وجبل عتاقة بالقرب من السويس.

٣ - الشيست Schist

تسمى الصخور المتحولة التى بها تركيب ورقى أو شرائطى بالشيست مثل الميكاشيست وأكثر المعادن انتشارًا فى صخور الشيست الميكا البيضاء والسوداء والكلوريت والهورنبلند، كما يوجد الكوارتز بكثرة فى معظم صخور الشيست ولكن مجموعة الفلسبار لا توجد إلا بكمية قليلة فى هذه الصخور، ويختلف لون الشيست باختلاف التركيب المعدنى للصخر.

٤ - النيس Gneiss

النيس صخر متحول من الجرانيت أو الصخور النارية الجوفية الأخرى بتأثير الضغط والحرارة ويتكون من نفس المعادن الداخلة فى تركيب هذه الصخور، إلا أن بلوراته ترتب نفسها فى خطوط متوازنة نتيجة للضغوط التى يتعرض لها الصخر الأصلى أثناء عملية التحول، وتوجد صخور الشيست والنيس بالصحارى المصرية وخاصة فى جبال الصحراء الشرقية وجنوب شبه جزيرة سيناء.

الفصل الثالث: الصخور

1. Grout, F. F., Kemps Handbook of Rocks: Van Nostrand, New York, (1940).

2. Hatch, F. H., Rastall, R. H., and M. Black, The Sedimentary Rocks: Murby, London, (1948).

3. Pettijohn, F. J., Sedimentary Rocks: Harper & Brothers, New York, (1957).

4. Pirsson, L. V., and A. Knopf, Rocks and Rock Minerals: Wiley, New York, (1947).

5. Roubault, M., The identification of Rock Material: Paris, (1960).

6 Rzhsvky, V., and G. Novik, The Phvsics of Rocks: Mir Publishers, Moscow, (1971).