الباب الخامس:

الموارد المعدنية Mineral resources.

الفصل الأول: أصل المعادن وطرق تكوينها.

الفصل الثاني: تصنيف المعادن.

الفصل الثالث: استغلال الموارد المعدنية.

الفصل الأول

أصل المعادن وطرق تكوينها

الموارد الصخرية:

الصخر هو تجمع لمعدن أو أكثر، وتعني كلمة تجمع تواجد المعادن مع بعضها كخليط يحتفظ فيه كل معدن بخصائصه. ولو أن معظم الصخور تشتمل على عدة معادن، إلا أن بعض المعادن توجد بمفردها وبكميات كثيرة. ويمكن اعتبارها في هذه الحالة على إنها تمثل معدنا أو صخرا مكونا من معدن واحد. ومن الأمثلة الشائعة معدن الكلسيت الذي يعد المكون الرئيس لوحدات صخرية كبيرة تسمى بالحجر الجيري[1].

تأتي أهمية الموارد الصخرية من:

١: احتوائها على الكثير من المعادن الفلزية واللافلزية.

٢: إنها المادة الأصلية لأنواع الترب.

٣: يمكن استعمالها كمادة ضرورية في البناء والإنشاءات.

٤: يمكن أن تحتضن العديد من مصادر الطاقة كالبترول والفحم والغاز الطبيعي والطين النفطي.

تقسم الصخور حسب طريقة نشأتها إلى ثلاثة أقسام، ولكل قسم معادنه:

١: الصخور النارية Igneous rocks: تعد الصخور النارية مادة الأصل لكثير من أنواع الصخور. وتنتج هذه الصخور من برودة وتصلب المواد المنصهرة على سطح الأرض فتشكل جسما سطحيا تسمى بالصخور البركانية، أو داخل القشرة الأرضية مكونة جسما صخريا داخليا تسمى بالصخور البلوتونية. وتتباين الصخور النارية من حيث تركيبها المعدني والكيميائي والنسيج وطريقة تواجدها في الطبيعة. والصخور النارية الداخلية لايمكن رؤيتها إلا بعد أن تعمل عوامل التعرية على إزالة الصخور الواقعة

---

[1] ادوارد تاربوك وفريدريك لوتجينز، مصدر سابق، ص٥٠.

فوقها. وتتميز الصخور النارية بهيئة كتلية لاطبقية، وغالبا ما تكون متبلورة[١].

٢: الصخور الرسوبية Sedimentary rocks: تتواجد الصخور الرسوبية على شكل طبقات من رواسب فيزيائية تلقى في الماء أو الهواء وتتكون من جزيئات صغيرة من الرمل والبوغاء تحملها الأنهار والرياح إلى مناطق التجمع فتكون الحجر الرملي والطفل وأنواع من الحجر الجيري. أو رواسب كيميائية اقل انتشارا من الرواسب السابقة تترسب نتيجة التبخر أو بسبب آخر كما في الجبس ورواسب الكهوف. أو رواسب عضوية مثل المرجان والصخور الجيرية والطباشيرية والفحم حيث تكونت مثل هذه الرواسب بفعل الحيوانات المجهرية ثم ترسبت في الماء أو الهواء. وتتميز الصخور الرسوبية بأنها تتكون في الغالب على شكل طبقات قد تكون متجانسة أو متباينة، وقد تحتوي كل طبقة على بقايا حيوانية ونباتية قديمة تسمى الحفريات، ويندر وجود المكونات المتبلورة في الصخور الرسوبية[٢].

٣: الصخور المتحولة Metamorphic rocks: هي صخور نارية أو رسوبية الأصل تحولت بواسطة الضغط والحرارة أو نتيجة ترشح موادا أخرى أزالت الخصائص الأصلية للصخور وحلت محلها خصائص أخرى. وتظهر في معظم الصخور المتحولة بنية بلورية، كما يكون بعضها شديد المقاومة لعمليات التجوية والتعرية، ومن أنواعها الشائعة الانتشار صخور الشيست والنايس والمرمر، ومن النادر أن توجد في الصخور المتحولة الحفريات لأنها تشوهت بالضغط والحرارة، وتظهر البلورات في كثير من الصخور المتحولة حيث تتكون بلوراتها من جذيد وترتب نفسها بشكل صفائحي[٣].

يجب الإشارة إلى أن حجم الصخور المتبلورة (النارية والمتحولة) يقدر بنحو ٩٥% من القشرة الأرضية الصلبة، بينما لايتعدى حجم الصخور

---

(١) وفيق حسين الخشاب واحمد سعيد حديد، الجغرافيا الطبيعية، بلا تاريخ، ص٨٨.
(٢) نفس المصدر، ص٨٩.
(٣) نفس المصدر، ص٨٩، ٩١.

الرسوبية ٥%، أما الجزء الظاهر فوق سطح الأرض من الصخور المتبلورة فلا يغطي إلا مساحة قدرها ٢٥%، في حين تغطي الصخور الرسوبية مساحة قدرها ٧٥%، وهذا يدل أن الصخور الرسوبية توجد على هيئة غطاء خارجي لسطح الأرض يصل سمكه نحو ٢ كم في المتوسط[١].

الأغلفة الصلبة للكرة الأرضية:

١: القشرة Earth crust: هو الغلاف الصلب العلوي للأرض، ويحدد العلماء حدوده السفلى بالطرائق الجيوفيزيائية الزلزالية. وكان العلماء يعتبرون نطاق موهو الحد الأسفل للقشرة الأرضية، ونطاق موهو يكون أكثر عمقا تحت الجبال العالية والقارات، إذ يصل العمق إلى ٦٠ كم في المناطق الجبلية ونحو ٢٠ كم في المناطق القارية المنبسطة، أما في أعماق البحار والمحيطات فلا يتعدى ١٠ كم. أما الآن فتدل الدراسات التي أجريت على التغيرات في سرعة الموجات الزلزالية مع العمق في الأغلفة الصلبة للأرض أنه توجد تحت نطاق موهو منطقة تحيط بالكرة الأرضية، وهي نطاق مثل نطاق موهوا كثر عمقا في المناطق القارية، ويقع الحد الأعلى لهذه المنطقة على عمق يقدر تقريبا ١٠٠ كم، أما الحد الأدنى فيقع على عمق ٣٥ كم، وتنخفض سرعة الموجات الزلزالية عبر هذه المنطقة ، مما يستدل منه العلماء على أن المادة الصخرية في هذه المنطقة تكون في حالة سائلة وتسمى هذه المنطقة بالاستينوسفير Astenosphere، ويفترض العلماء أن الحدود العليا لهذه الطبقة تمثل الحدود السفلى لليثوسفير Lithosphere، وان القشرة تمثل الجزء العلوي من الليثوسفير. وتؤكد هذه الاعتبارات أن القشرة الأرضية أكثر سمكا في المناطق القارية منها في المناطق المحيطية. وتبين دراسات جاذبية الأرض في مناطق مختلفة أن كثافة القشرة القارية ٢,٧ وهي اقل من القشرة المحيطية التي كثافتها ٣، وذلك لأن القشرة القارية يتكون معظمها من صخور نارية حامضية تكثر فيها نسبة الألمنيوم والسليكون لذا تسمى القشرة

---

[١] أزاد محمد أمين النقشبندي وتغلب جرجيس داود، مصدر سابق، ص٥١٠.

القارية بالسيال Sial، أما القشرة المحيطية فتتكون من صخور نارية قاعدية ثقيلة الوزن تسمى بالسيما Sima، إشارة إلى السليكون والمغنيسيوم[١].

٢: الوشاح Mantle: يتكون من مادة صخرية صلبة في تركيبها، وهو يمتد من ١٠٠ كم إلى ٢٨٨٣ كم، وتكون كثافته ٣,٢، وأمكن التعرف على مادة الوشاح من دراسة بعض الصخور التي تصل إلى السطح نتيجة لحركات أرضية عنيفة في قلب بعض المتدفقات، ولاحظ العلماء أن تركيب هذه الصخور شبيه بتركيب بعض النيازك الحجرية التي لاتحتوي على حبيبات كروية[٢].

٣: اللب Core: يمتد لب الأرض من عمق ٢٨٨٣ كم إلى مركز الأرض، وتدل الاختلافات في سرعة الموجات الزلزالية التي تمر من خلاله أن الجزء الخارجي للب سائلا، أما الجزء الداخلي فصلب، ويقع مركز الكرة الأرضية على عمق ٦٣٧١ كم من سطح الأرض[٣].

المعادن Minerals:

تعرف المعادن بأنها جوامد طبيعية غير عضوية لها هيكل داخلي ثابت وتركيب كيميائي معلوم. ورغم دقة هذا التعريف إلا انه لايخلو من بعض العيوب كما في استثناءه للمركبات العضوية التي يعتبرها معظم الجيولوجيين من المواد المعدنية مثل الفحم الحجري والنفط، كما إن التركيب الكيميائي لكثير من المعادن يتفاوت على مدى واسع. وتتكون المعادن من عناصر، ويبلغ عدد العناصر المعروفة في الطبيعة أكثر من ١٠٠ عنصر، أما ما تم تركيزه في المعمل فيبلغ ١٨ عنصرا. وتتكون بعض المعادن من عنصر

---

(١) مهدي محمد علي الصحاف وفاضل باقر الحسني، الجغرافية الطبيعية، جامعة بغداد، بغداد، ١٩٩٠، ص٦٩.

(٢) نفس المصدر، ص٧١.

(٣) نفس المصدر، ص٧٢.

واحد كالذهب والكبريت، بينما تتكون معظم المعادن من اتحاد عنصرين أو أكثر لتكون مركبا ثابتا [١].

دلت الدراسات والتحاليل الكيميائية التي أجريت على مجموعة من الصخور المختلفة المكونة للقشرة الأرضية أن ثمانية عناصر فقط تكون ٩٨,٥٩% من وزن قشرة الأرض هي: الأكسجين والسليكون والألمنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم، وعند إضافة عناصر التيتانيوم والمنغنيز والكبريت والكروم فان الاثنى عشر عنصرا تكون ٩٩,٢% من وزن قشرة الأرض. أما الغلاف المائي فيوجد فيه اثنى عشر عنصرا في مياه البحار والمحيطات بتركيز يزيد عن ملغم واحد في اللتر، من بينها ثمانية عناصر ذات تركيز عالي هي: الكلور والصوديوم والمغنيسيوم والكبريت والكاليسيوم والبوتاسيوم والبروم والكربون، وتتميز بتركيز اكبر ووجود أوفر لايقل عن ٢٨ ملغم لكل لتر من الماء، أما الأربعة اللاحقة فهي السترنشيوم والبورون والسليكون والفلور. من خلال ذلك يظهر أن هناك خمسة عناصر شائعة يتكرر وجودها في كل من قشرة الأرض وفي مياه البحار المحيطات هي : الصوديوم والمغنيسيوم والكاليسيوم والبوتاسيوم والسليكون[٢].

أصل المعادن وطرق تكوينها:

يرجع أصل المعادن وكيفية تكوينها في الطبيعة إلى الطرق التالية [٣]:

١: تتكون المعادن من الصهير Magma أو الحمم Lava، والصهير مادة صخرية منصهرة معقدة التركيب ثقيلة القوام لزجة لدرجة تسمح بتحرك العناصر المكونة له بحرية في درجات الحرارة العالية، ويوجد على أعماق كبيرة تحت سطح القشرة الأرضية. أما الحمم فهي سائل صخري منصهر

---

(١) ادوارد تاربوك وفريدريك لوتجينز، مصدر سابق، ص٥٠.

(٢) ازاد محمد أمين النقشبندي وتغلب جرجيس داود، مصدر سابق، ص٥١٠، ٥١٢.

(٣) نفس المصدر، ص٥١٦-٥١٨.

يظهر على سطح الأرض متدفقا من فوهات البراكين الثائرة. وعند تبلور الصهير والحمم تنشأ المعادن المكونة للصخور النارية. ويتوقف نوع المعادن الناتجة على التركيب الكيميائي للصهير والذي يتكون من مواد غير طيارة وأخرى طيارة. وعندما تنخفض درجة حرارة الصهير يبدأ في التبلور حيث تتحد السليكا مع واحد أو أكثر من الاكاسيد الأخرى تحت ظروف مناسبة من الحرارة والضغط لتكون معادن السليكات.

٢: تكون المعادن من المحاليل السطحية، التي هي عبارة عن مياه الأمطار والأنهار والبحيرات والبحار التي قد تترسب خلال المسام في الصخور المختلفة وتحمل معها المواد التي تذيبها أثناء تسربها، وتترسب المعادن من هذه المحاليل السطحية أثناء عملية التبخر، أو نتيجة بعض التفاعلات الكيميائية بين هذه المحاليل أو بين المحاليل والصخور التي تمر خلالها.

٣: تكون المعادن نتيجة لعمليات التحول تحت تأثير الحرارة والضغط. وتحدث عملية التحول للمعادن في حالتها الصلبة دون أن يحدث لها عملية إذابة أو انصهار، ولكن ما يحدث هو تغير جزئي أو كامل في البناء الذري للمعادن لتتحول إلى معادن جديدة تناسب ظروف الضغط والحرارة الجديدة كما في تحول الرواسب الكربونية إلى كرافيت.

٤: تكون المعادن نتيجة لعوامل التجوية الفيزيائية أو الكيميائية. فالتجوية الفيزيائية تؤدي إلى تكسير وتفتيت المعادن دون حدوث تغير في تركيبها الكيميائي، ويتوقف مدى استجابة المعادن للتجوية الفيزيائية على بعض الخواص الطبيعية للمعادن مثل الصلابة والتشقق. أما التجوية الكيميائية فتؤدي إلى تغير التركيب الكيميائي للمعادن، فتتحول إلى معادن جديدة.

٥: تكون المعادن بفعل الكائنات العضوية. حيث تقوم الكائنات العضوية بدور رئيس في تكوين بعض الرواسب المعدنية باعتبارها مصدر مادته المعدنية الأساسية، كما هو الحال مع تكون النفط والفحم والغاز الطبيعي والفوسفات، أو باعتبارها عاملا مساعدا يعين على فصله وتركيزه كما هو الحال مع

خامات الحديد التي تتكون في المستنقعات، كما قد تعمل بعض الكائنات العضوية على ترسيب المواد الذائبة من المحاليل السطحية.

الخواص الطبيعية للمعادن:

تتصف المعادن بعدد من الخواص:

أولا: خواص بصرية: وتتمثل[1]:

١: اللون: بعض المعادن تكون ثابتة اللون وبضها الآخر يكون متغير اللون.
٢: المخدش: هو لون المعدن عندما يكون على شكل مسحوق.
٣: الشفافية: بعض المعادن تكون شفافة وبعضها شبه شفافة وغيرها معتمة.
٤: البريق: هو قدرة المعدن على عكس الأشعة الضوئية الساقطة عليه. والبريق يكون أما فلزي كالذهب، أو لافلزي: ماسي، زجاجي كالكوارتز، صمغي كالكبريت، لؤلؤي كالتلك، حريري كالاسيبستوس والجبس، وترابي كالبوكسايت.

ثانيا: خواص تماسكية: وتشمل[2]:

١: الصلادة: هي المقاومة التي يبديها المعدن للخدش، وتتبع مقياس موهو للصلابة: فالتلك (١)، الجبس (٢)، الكالسيت (٣)، الفلوريت (٤)، الاباتيت (٥)، الآرثوكليز (٦)، الكوارتز (٧)، التوباز (٨)، الكورندم (٩)، الماس(١٠).
٢: الانخلاع (التشقق): هو قابلية المعدن للانخلاع عند مستويات منتظمة (مستويات الانخلاع) ومتوازية عند طرقها طرقا خفيفا، وتقسم إلى انخلاع واضح في اتجاه أو أكثر، وانخلاع غير واضح.
٣: الانفصال: هو تفتت أو تكسر المعدن نتيجة عوامل خارجية.
٤: سطح الكسر: شكل سطح المعدن عند كسره صناعيا في اتجاهات غير تلك التي ينفصم عندها.
٥: الطرق وقابلية السحب: هو إمكانية تشكيل المعدن.
٦: الوزن النوعي: ويعتمد على كيفية ترابط وتراص جزيئات وذرات المعدن.

---

(1) http://www.ar.wikipedia.org/wiki/معدن.
(2) I bid.

ثالثا: خواص حسية: وتتمثل بالرائحة والمذاق والملمس[1]:

١: الرائحة: تتميز بعض المعادن برائحة خاصة عندما تتعرض للاحتكاك أو التسخين أو التنفس عليها مثل:

أ: رائحة طينية: وهي رائحة تنتج عند وضع الماء على معدن الكاؤولين.

ب: رائحة زنخة: عند تسخين بعض عينات حجر الجير القطراني.

ج: رائحة ثومية : وتصدر عن بعض المعادن الزرنيخية عند حكها أو تسخينها مثل معدن ارزنيوبايرايت.

د: رائحة كبريتية : عندما ينطلق غاز كبريتيد الهيدروجين بتسخين معدن البايرايت.

٢: الملمس: هو التأثير الناتج عن لمس المعدن باليد، ويوصف المعدن بأنه ذو ملمس :

أ: بارد : وهو مميز للمعادن العنصرية مثل الذهب والنحاس.

ب: شحمي : وهو مميز لمعدن التلك.

ج: ناعم : وهو مميز لمعدن الأوبال.

٣: الطعم أو المذاق: تتميز بعض المعادن بطعم معين، وقد أمكن معرفة الأنواع الآتية : طعم قلوي وملحي ومر ورطب.

رابعا: خواص أخرى: وتشمل الإشعاع الذري، والمغناطيسية، والكهربائية، ودرجة حرارة الانصهار[2].

---

(1) http://earth104.tripod.com/crystals.htm.

(2) http://www.ar.wikipedia.org/wiki/معدن. op. cit.