اهمية علم معادن الترب

تعد مادة معادن التربة من المفردات الأساسية والهامة في قسم علوم التربة والموارد المائية والأقسام الأخرى لكون المعادن في التربة تشكل45% من بين أطوار التربة الصلبة والسائلة والغازية، وتمثل الجزء المعدني والغروي الفعال في التربة، لاسيما المعادن الطينية التي تقوم بدور فعال في الكثير من التفاعلات الكيميائية التي تجرى في التربة، منها الامتزاز والتبادل والتحرر الأيوني لتوفر أيونات العناصر الجاهزة في التربة لتمد بها النبات لإكمال متطلبات نموه وإنتاجيته. فعلى سبيل المثال معادن التربة من المكونات السائدة في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة تعد خزين دائم في تجهيز التربة بالعناصر الغذائية من خلال عمليات الامتزاز والتبادل والتحرر الأيوني التي تنضوي تحت مفردات مادتي خصوبة وتغذية التربة، نتيجة لما تحتويه من الشحنات السالبة على سطوحها تتبادل مع الأيونات الموجبة في محلول التربة لتعكس صور الأيونات الجاهزة(الذائبة والمتبادلة)، وكذلك لما تمتلكه من أيونات موجبة بين وفي وحداتها البنائية يطلق عليها بالأيونات غير المتبادلة كخزين دائم لإمداد التربة بالعناصر عند حالة النقص الحاصل فيها عند محلول التربة وعلى سطوح معقدات التبادل الأيوني. وبالنتيجة كل ذلك يتعلق بنشاط وفعالية معادن الطين التي تتصف بسعة تبادلية للأيونات الموجبة عالية تعكس التبادل الأيوني الحاصل في التربة يمكن إن يقع جزءا منه على عاتق كيمياء التربة. وعلى فيزياء التربة التي تهتم بدرجة أساسية في شكل وهيئة وحجم مكونات أطوار التربة، فان معادن الطين تمتلك مساحة سطحية عالية تمثل مواقع التبادل الأيوني من حيث النوعية والكمية، نتيجة لشكلها الهندسي المتطاول وحجمها الحبيبي الدقيق أقل من0.002ملم. وفي مسح وتصنيف التربة الذي يرتبط مع جميع علوم التربة، وبالتالي تصب منافعه في إدارة التربة ومتابعة التغيرات الحاصلة في خصائصها المتنوعة، فأن معادن التربة وحركتها تحت تأثير عمليات الغسل، فضلا عن العمليات البيدوجينية السائدة في آفاق بيدونات التربة يعتمد توصيفها وتصنيفها بشكل رئيس على نقل وتراكم معادن التربة، إضافة الى مادة أصل التربة المعدنية. أما مادة إحياء التربة فالعديد من البحوث العلمية أشارت الى أهمية معادن التربة في حيوية التربة وسلوك إحيائها يتوقف بالدرجة الأساس على نوع وطبيعة تلك المعادن المكونة للتربة، وقابلية امتزاز وتثبيت العناصر المغذية للكائنات الحية سواء أكانت نباتية أم حيوانية أو إحيائية، لا يمكن للتربة إن تنشط وتوفر الأيونات الا بوجودها. وغيرها من المواد الدراسية الأخرى التي تكون من ضمن اختصاصات الفيزياء والكيمياء الرئيسة كالري والبزل التي تتوقف حركتها وصرفها الطبيعي على نوع وطبيعة نسجة التربة فيما إذا كانت خشنة أو متوسطة أو ناعمة على

وفق نوعية وكمية المعادن المكونة لمفصولات التربة ونسجتها. وملوحة التربة واستصلاحها هي بطبيعة الحال تتضمن الكربونات والكبريتات والكلوريدات تعد في الأساس أملاح بعض المعادن المكونة للتربة.

مكونات نظام التربة Components of the soil system

التركيب الكيميائي للتربة معبرة عنه في صورة نسب مئوية من العناصر المختلفة الموجودة كان موضع دراسات واسعة من قبل علماء التربة في الماضي. إلا أنه من خلال معرفتنا الحالية للعلاقات المختلفة بين النبات والتربة فقد أتجه الاهتمام الأن نحو معرفة خواص وصفات المعادن المكونة للتربة، والتي تدخل تلك العناصر في تركيبها وليس الاهتمام فقط بالتركيب الكيميائي العام للتربة. وذلك لأنه لا يمكن إيجاد علاقة مباشرة أو ارتباط وثيق بين نسب العناصر في التركيب الكيميائي الكلي للتربة وبين نمو النبات

أدى هذا النوع من المعرفة إلى المفهوم الجاهزية availabilityأو تيسر العناصر للنبات، والتركيز بشكل خاص على الصور المختلفة للعنصر في التربة وليس على نسبته الكلية فقط. فقد يكون العنصر موجودة في التربة بكمية كلية كافية لكنه في صور معدنية أو كيميائية غير متيسرة للنبات.

لمفهوم التربة دلالات كثيرة ومتعددة، فقد مر هذا المفهوم بمراحل متعددة بدأها العالم الكيميائي الألماني Liebig والمشتغلين معه بنظريتهم إلى أن التربة عبارة عن مخزن ساكن Static متوازن، يعطي النبات ما يحتاجه من عناصر غذائية، ويعوض هذا الفقد بما يأخذه من إضافات من المادة العضوية والمخصبات المختلفة، ولم يكن هؤلاء العلماء يشغلون أنفسهم بأكثر من الطبقة السطحية من التربة. وقد أخذ الجيولوجيون الأوائل هذا المفهوم عن التربة وأضافوا إلى ذلك المخزن بعض العناصر الجيولوجية كالصخور بأنواعها المختلفة كالكرانيت والحجر الرملي والكلسي، وأضافوا إلى ذلك قولهم بأن خواص التربة لا بد وأن تتغير تبعا لخواص الصخور والرواسب التي نشأت منها، وكذلك تبعا للطريقة التي تم بها هذا الترسيب .Mode of deposition

كذلك فان، معرفتنا الحالية بالدور الكبير الذي يلعبه الجزء الغروي من التربة، في كلا من تغذية النبات والخواص الفيزيائية للتربة كالنفاذية والقدرة الأحتفاضية بالماء، قد أدت إلى الاهتمام الكبير بدراسة صفات هذا الجزء الغروي من حيث التركيب المعدني والقواعد التي تتحكم في سلوكه.

وتعد دراسة ومعرفة خصائص المعادن المختلفة الموجودة في التربة، وتحولاتها من معدن إلى أخر ضرورة أساسية في فهم الخصائص الكيميائية للتربة ومستواها الخصوبي. ولما كانت التربة قد

نشأت من مواد نتجت أصلا من صخور ومعادن القشرة الأرضية، فلا بد من دراسة التركيب الكيميائي والمعدني للقشرة الأرضية.

الصهير (Magma الماكما)

يتواجد الصهير في باطن الأرض على مسافات بعيدة عن سطح القشرة الأرضية، ويعتبر المادة التي تتكون منها الصخور النارية. والصهير هو عبارة عن سائل كثيف القوام لزج بدرجة تسمح له بالحركة والانسياب في كل اتجاه وهو منصهر سيليكاتي لزج معقد التركيب مضاف اليه نسبة بسيطة من المواد الطيارة وبخار ماء. يتميز الصهير بدرجات حرارة مرتفعة قد تفوق .c 1300 وقد وجد ان الابخرة والغازات الموجودة في الصهير تعمل على خفض درجة حرارته في باطن الأرض. وذلك بسبب انخفاض الوزن الجزيئي للمواد الطيارة مقارنة بالوزن الجزيئي للمكونات السليكاتية حيث تعمل تلك الابخرة والغازات المصاحبة لاندفاع الحمم فوق سطح القشرة الارضية على رفع درجة حرارة الصهير، حيث ان الكثير من هذه الغازات قد تسبب حدوث الكثير من التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة مسببة رفع درجة حرارة الحمم الى حد كبير وقد تصل الى .300 c

ويتوقف كل من لزوجة وكثافة الصهير على:

1. التركيب الكيميائي.
2. درجة حرارته.
3. الضغط الواقع عليه.

التركيب الكيميائي للصهير:(Chemical Composition Of Magma)

يتكون الصهير من نوعين من المركبات الاساسية هي:

1-المركبات الطيارة:(Volatile Compounds)

وتتكون هذه المركبات من غازات وأبخرة وماء وبعض الأملاح الذائبة، وتكون نسبة هذه المركبات في الصهير ضئيلة جداً بحيث لا تتعدى 3% وتشمل غازات الكلور والفلور وثاني اوكسيد الكربون.

2-المركبات غير الطيارة:(Non Volatile Compounds)

وتشمل المكونات الثابتة التي تتكون منها معظم الصخور النارية، متمثلة بالمركبات السيليكاتية المعقدة، وتحتوي على مجموعة من العناصر الاساسية هي (السليكون، الألمنيوم، الحديد، المغنيسيوم، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم) هذا بالإضافة الى عنصر الأوكسجين الذي يوجد متحداً مع معظم العناصر السابقة مكوناً أكاسيدها وتختلف نسب هذه العناصر في الصهير الحامضي عن الصهير القاعدي الى أكثر من 97% من مكونات الصهير.

عمليات التبلور وتكون المعادن الأولية:

نتيجة لارتفاع درجات حرارة الصهير في باطن الأرض، فأن جميع العناصر الداخلة في تركيبه تكون في حالة حركة مستمرة، ثم تميل تلك العناصر الى الارتباط مع بعضها مكونة المعادن الأولية Primary minerals بعد اندفاع الصهير الى سطح القشرة الارضية وتبلوره.

ان عملية الارتباط بين العناصر عند تبلور الصهير تنشأ بفعل الألفة (The Infinity) *بين* تلك العناصر مع بعضها، وهذه الألفة تتحكم فيها الكثير من العوامل:

1- طبيعة التركيب الالكتروني لذرات العناصر.

2- قدرة العنصر على التأين.

3- نصف قطر الذرة او الايون.

4- جهد التأين وصفاته الكهروكيميائية.

5- تكافؤ وعدد الإحاطة للعنصر.

وعندما يبدأ الصهير في التبلور فأن هذا يعني انخفاض درجة حرارته وظهور أطوار متبلورة تتدرج في تركيبها الكيميائي في درجات حرارة وضغط مختلفة، ومن المعروف ان عملية تبلور الصهير فوق سطح القشرة الأرضية تتكون من خلال عمليات غاية في التعقيد وتخضع لقوانين الكيمياء الحرارية والفيزيائية .لذا فان بلورات المعادن المتكونة بفعل عملية تبلور الصهير تميل عادة الى حالة الانتظام خلال تكوين نظام بلوري مستقر، أي ان الايونات تكون موزعة ومرتبة في فراغ منتظم يطلق عليه الفراغ البلوري، (Crystal Space) يشغل الفراغ البلوري الكاتيون إذا كان قطره مساوياً لحجم الفراغ، وعندئذ تحيط به الأنيونات بعدد مساوياً لتناسقه (Coordination number)والمقصود بعدد التناسق وهو عدد الذرات او الايونات السالبة التي تحيط بالأيون المركزي اثناء ارتباطهم مع بعضهما.

ان ذرة العنصر التي تتحد مع ذرات العناصر الاخرى تحاط بعدد من الذرات بما يتناسب تكافؤها ونصف قطرها الذري وكذلك نصف قطر ذرة العنصر .فمثلاً في حالة كون السليكون (Si^{+4}) الرباعي التكافؤ ايوناً مركزياً نجده محاطاً بأربع ذرات من الأوكسجين.

التبلور :هو عملية اتحاد العناصر فيما بينها مثلاً اتحاد السليكا مع الاكاسيد تحت ظروف الضغط ودرجة الحرارة المناسبة.

سلسلة بوين التفاعلية (Bowen Reaction Series)

عند انخفاض درجة حرارة الصهير فأنه يبدأ بعدها بالتبلور، حيث تتحد السليكا مع واحد او أكثر من الاكاسيد الأخرى تحت ظروف مناسبة من الحرارة والضغط لتكون معادن السليكات .وعادة ما يكون تبلور هذه المعادن تبعاً لنظام معين.

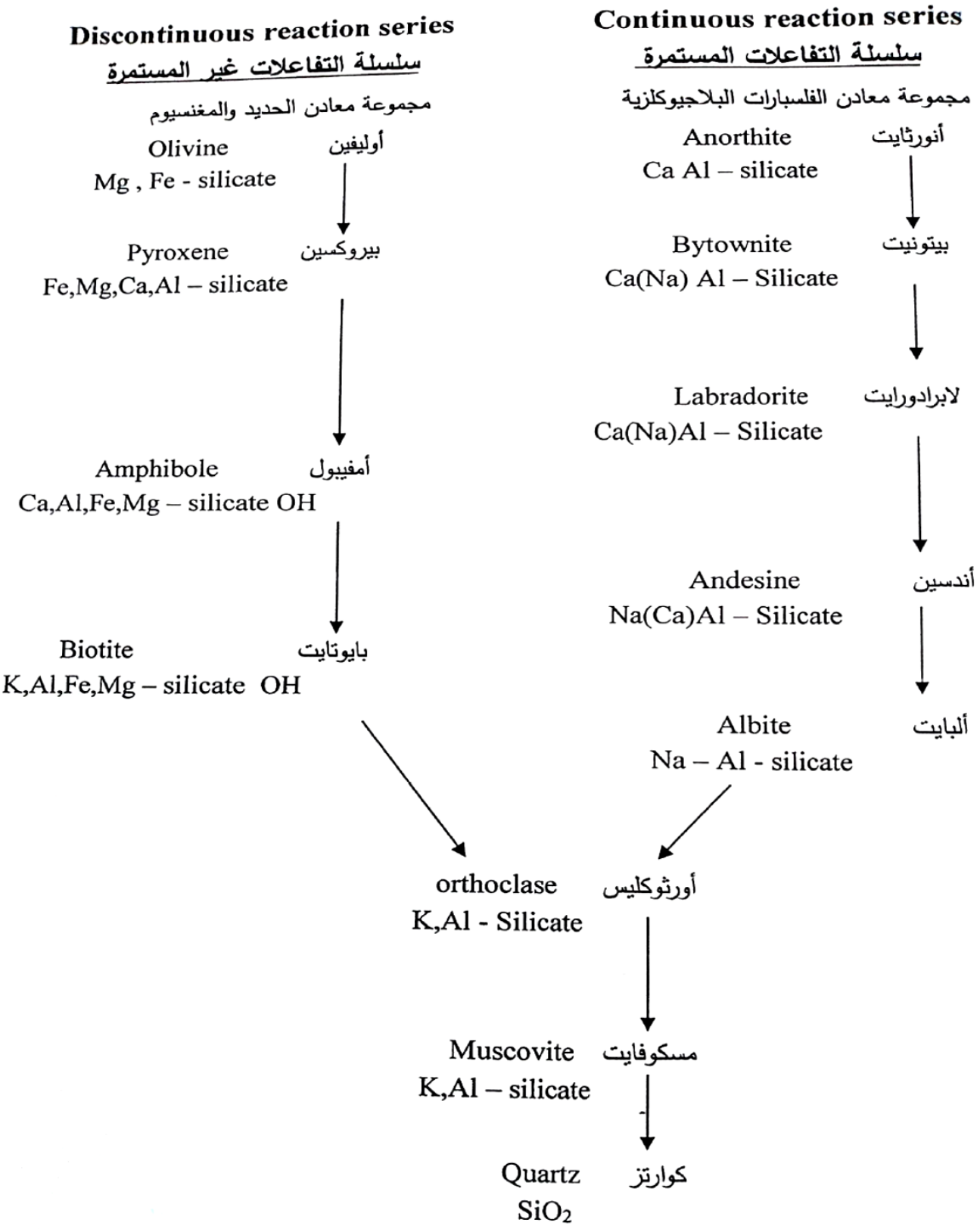
قسمت المعادن الى سلسلتين رئيسيتين وكما يتضح في المخطط التالي الى:

1- سلسلة التفاعلات المستمرة:(Continuous Reaction Series)

وتظم مجموعة معادن الفلدسبارات البلاجيوكلازية Plagioclase والتي تبدأ بتبلور البلاجيوكليز (الانورثايت Anorthite) وبانخفاض درجة الحرارة يبدأ عنصر الصوديوم في الأحلال تدريجياً محل عنصر الكالسيوم الى ان يتكون البلاجيوكليز (Albite) حيث يحل الصوديوم تماما محل الكالسيوم .وقد سميت هذه المجموعة من المعادن بالسلسلة التفاعلية المستمرة، حيث ان الاحلال التدريجي للصوديوم محل الكالسيوم لا يتبعه أي تغيير في التركيب البلوري لمعادن هذه السلسة، حيث انها تتبلور في فصيلة الميول الثلاثة، كما انها تتشابه في خواصها الفيزيائية.

2- سلسلة التفاعلات غير المستمرة:(Discontinuous Reaction Series)

تتبلور معادن هذه المجموعة في نظام موازي لحد ما لترتيب تبلور معادن الفلدسبارات البلاجيوكليزية، ففي اثناء تبلور البلاجيوكليز الكلسي تبدأ معادن هذه المجموعة والغنية بالحديد والمغنسيوم والفقيرة من السليكا بالتبلور مبتدئة بمعادن الاوليفينات وبانخفاض درجة الحرارة تبدأ المعادن تدريجياً في التشبع بالسليكا لتكون معادن البايروكسين Pyroxenes ثم تليها الأمفيبولات Amphiboles ثم المايكا السوداء وقد سميت هذه المعادن بالسلسلة التفاعلية غير المستمرة حيث ان التغير من الالوفينات الى البيروكسينات الى الامفيبولات ثم الى المايكا يتبعه تغير في



مخطط لسلسلة باوين (Bowen) التفاعلية

كل من التركيب ال ++والتركيب البلوري، وكذلك تختلف معادن هذه السلسلة في خواصها الفيزيائية وتسمى هذه المجموعة بمعادن الحديد والمغنيسيوم.

ان عملية فصل المعادن المتكونة على مراحل متتابعة في ضوء مقترح سلسلة Bowen التفاعلية والتي تعرف بالتبلور الجزئيFractional Crystallization وتتابع تبلور المعادن المختلفة وانفصالها عن الصهير اعتماداً على درجة حرارة تبلوها.

تبدأ المعادن التي تتبلور عند درجات الحرارة العالية بالانفصال مما يؤدي الى حدوث تدرج في التركيب الكيميائي للصهير ويعود ذلك نتيجة لاختفاء بعض العناصر التي استنفذت في عملية تبلور المعادن السابقة التكوين وبالتالي يزداد تركيز العناصر الاخرى التي تكون معادن جديدة.

وبانخفاض درجة حرارة الصهير تتكون باستمرار معادن جديدة اخرى، اذ يصبح الصهير في تلك المراحل غنياً بالسليكا والصوديوم والبوتاسيوم، ويكون في نفس الوقت فقيراً في الكالسيوم والألمنيوم والمغنيسيوم والحديد. ومن خلال المخطط يمكن ملاحظة زيادة نسبة السليكا في معادن السلسة غير المستمرة وذلك اثناء تدرج انخفاض درجة حرارة الصهير, مرافقة انخفاض في محتواها من المغنيسيوم والحديد وهذا الاختلاف في تركيز العناصر ضمن المعادن المتكونة باستمرار يرافقه ايضاً زيادة في تعقيد التركيب البلورية للمعادن المتكونة لاحقاُ , أي اشتراك وحدات التتراهيدرا مع بعضها بعدد اكبر من ذرات الاوكسجين كلما استمرت درجة حرارة الصهير بالانخفاض. فعلى سبيل المثال نجد ان معادن الاولفين " Olivne " والتي تتبلور في بداية تجمد الصهير الواقعة في اعلى سلسلة Bowen التفاعلية يتكون تركيبها البلوري من مجموعة السليكات الرباعية المنفصلة Neso Silicateأي ان وحدات التتراهيدرا فيها لا تشترك بذرات الاوكسجين , في حين يتكون التركيب البلوري لمعادن البيروكسينات Pyroxen " من مجموعة السليكات السلسلية المنفردة Single Chain Silicateأي تشترك وحدات التتراهيدرا بزوج من الاوكسجين ثم تليها معادن الامفيبولات Amphiboles التي تتميز تراكيبها البلورية بوجود مجموعة السليكات السلسلية المزدوجة Double Chain Silicate اما المايكا فهي اكثر تعقيداً في تركيبها البلوري , حيث انها تتميز بوجود السليكات الصفائحية Phyllosilicates . وبشكل عام يمكن القول ان المعادن ذات درجة حرارة التبلور العالية والمتكونة في بداية تبلور الصهير تكون اقل تعقيداً واقل مقاومة للتجوية من تلك المعادن التي تمتلك درجة حرارة تبلور واطئة، وفي المعادن المتبلورة في نهاية عملية التبلور الجزئي والمعبر عنها في نهاية سلسلة Bowen التفاعلية، حيث تمتاز الاخيرة

بكونها أكثر تعقيداً في تركيبها البلوري واعلى مقاومة للتجوية .اما المعادن التي تحتل النطاق الاوسط في سلسلة Bowen التفاعلية فهي تحوي نسباً متوسطة لمعظم العناصر ومن امثلتها الهورنبليند Hornblende والاندسين Andesine التي تدخل عادة في تكوين الصخور المتوسطة.

التركيب المعدني للقشرة الارضية:

ان لزوجة الصهير العالية تمكنه من الحركة والانسياب في كل الاتجاه، حتى انه في احيان كثيرة يقترب من سطح الأرض ثم ينطلق الى السطح بواسطة البراكين والتي يطلق عليها اسم الحمم البركانية او Lava والتي تعد المصدر الرئيسي لجميع الصخور الموجودة على سطح الارض، اذ يعد الصخر الوحدة الاساسية في بناء الارض وان هذه الصخور تتكون من معدن واحد او مجموعة من المعادن لذا يمكن اعتبار المعدن هو وحدة بناء الصخر، وان تلك المعادن تكونت من اتحاد مجموعة من العناصر تربطها الفة محددة. وكما ذكرنا سابقاً فان العنصر يعد الوحدة البنائية للمعدن ويمكن تمثيل تلك

الحالات وفقاً لما يلي:

ذرة ← عنصر ← معدن ← الصخر

او مجموعة ذرات او مجموعة عناصر او مجموعة معادن

وتختلف الصخور عن بعضها من حيث انواع المعادن المكونة لها، وعلاقة بعض هذه المعادن ببعض في الصخر الواحد وكذلك تختلف من حيث مواضع تكوينها في الكرة الأرضية وعموماً فان الصخور تقسم الى ثلاثة انواع اساسية تبعاً لأصل تكوينها وهي الصخور النارية والرسوبية والمتحولة.

1 – الصخور النارية Igneous Rocks

تعرف الصخور النارية بالصخور الأولية نظرا لكونها أقدم أنواع الصخور، وأن مصدر تكوينها هو الصهير Magma الذي تبلور بعد خروجه إلى سطح الأرض عن طريق البراكين وعندها يطلق عليه بالحمم البركانية أو اللافا Lava ، وتعد الصخور النارية المكون الرئيسي للقشرة الداخلية للأرض. ومن أهم أنواعها صخور الكرانيت والبازالت والدياباس، وتمتاز الصخور النارية بناء بلوري

صب يعتمد على الظروف التي رافقت تصلب المنصهرات البركانية. وتشكل الصخور النارية حوالي 95 % من صخور القشرة الأرضية.

2 – الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

تكون الصخور الرسوبية نتيجة عمليات تفتيت الصخور السابقة التكوين (صخور نارية، صخور رسوبية وصخور متحولة)، ثم حدوث عملية ترسيب اللفتات الصخري في وسط مائي، أو هوائي تحت تأثير عوامل ميكانيكية أو كيميائية أو عضوية. وتعد الصخور الرسوبية بأنها تراكم للمواد الناتجة من تفتيت صخور سابقة التكوين، أو تراكم مواد عضوية نباتية، أو حيوانية أو كلاهما ثم تماسكت الى المواد بفعل عوامل الترسيب والضغط والتجفيف.

وأهم ما يميز هذه الصخور وجود النظام الطبقي فيها، وكذلك احتواء البعض منها على الأحافير. وتتكون الصخور الرسوبية بفعل العمليات الخارجية Epigene process والتي تشمل عمليات التجوية Weathering والنقل Transportation والترسيب Deposition وهناك نوعين من تراكيب الصخور الرسوبية، الأول يطلق عليه التراكيب الأولية Primary structure وهي عبارة عن التراكيب التي قد تتواجد في الصخور أثناء تكونها، ولذلك فهي تعكس ظروف الترسيب في وقت تكون الصخر الرسوبي. أما النوع الثاني فهي تراكيب ثانوية Secondary structure تظهر في الصخور الرسوبية بعد تكوينها نتيجة للحركات الأرضية التي تسبب تشوهات في الشكل العام للصخور كالطيات والصدوع والفواصل وعدم التوافق.

3 – الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

تتكون الصخور المتحولة بفعل تغير الظروف الطبيعية كالضغط أو درجة الحرارة أو كليهما معا، والتي قد تؤثر في الصخور النارية أو الرسوبية أو المتحولة السابقة التكوين، اذ تتحول ويعاد بناؤها في هيئة صخور جديدة في خواصها المعدنية والكيميائية والتركيبية. تتم عملية تحول الصخور بفعل تأثرها بثلاثة عوامل أساسية، تشمل الحرارة والضغط (الضغط الاتجاهي أو الضغط المنتظم) أو النشاط الكيميائي للمحاليل. ويحدث التحول بدرجات مختلفة نتيجة تأثير أحد العوامل السابقة بصفة سائدة أو نتيجة تضافر العاملين معا. ومن الجدير بالذكر أن المحاليل ذات النشاط الكيميائي لها تأثير كبير في تحول المعادن وتكوينها، وغالبا ما تكون مصاحبة الأنواع التحول التي تتم على مسافات غير قريبة من سطح القشرة الأرضية. تختلف نوعية التركيب المعدني الصخور المتحولة تبعا لتداخل عاملي الضغط والحرارة ومدا تأثيرها في الصخر الأصلي.