**الصخور ومظاهر ضعفها:**

يتكون الجزء اليابس من الأرض من أنواع مختلفة من الصخور ويمكن تعريف الصخر بأنه كل مادة تتكون أساسا من معدن واحد أو خليط من معادن عديدة وتشترك في بناء جزء أساسي من القشرة الأرضية. وتوجد أيضا بعض الصخور التي تتكون من اصل عضوي ( غير معدني ) مثل صخور الفحم والصخور العضوية المتكونة من تكدس بقايا الهياكل العظمية للكائنات الحية.

وعلى هذا الأساس فان الصخور تختلف اختلافا بينيا اعتمادا على نوع المعادن ألمكونه لها وعلى نسبة المعادن المشتركة في تكوينها إضافة إلى كيفية نشأتها وطريقة تواجدها Mode of Ocurresence.

إن بعض هذه الصخور تشكل كتلا قوية كما أن بعضها يكون قليل المقاومة وتكون بعض الكتل الصخرية كبيرة واسعة في حين تكون أخرى صغيرة لذلك فان طبيعة الصخر وانتظامة ووضعه وبنيته تشكل عوامل مهمة في التأثير على سلوكية الأنهار والعوامل الظاهرية الأخرى خلال عملية تعرية كتل اليابس.

تؤثر نوعية الصخر LITHOLOGY في نشأة وتطور كثير من العمليات والأشكال الأرضية , مما أمكن تصنيفها حسب أنواع الصخور التي تتكون عليها , كتلك الأشكال التي ترتبط بالصخور الجيرية ( طبوغرافية الكارست ) , وأشكال الصخور الجرانيتية والصخور الرملية . فالمعالم السطحية التي تكونها عوامل النحت والارساب تعتمد إلى حد كبير على طبيعة الصخور التي تقع تحت المنطقة المعنية. وقد تناول كثير من الدارسين موضوع العلاقات الصخرية- الجيومورفولوجية في مناطق مختلفة, كالدراسات التي قام بها كل من: توماسوجننج وتوايديل، وركز بعضهم على إبراز دور نوعية الصخر في تطوير الأشكال الأرضية بصورة عامة, وذلك على حساب العوامل الجيومورفولوجية الأخرى مما آثار جدلا غير ضروري حول أولوية وأهمية أي من هذه العوامل. ففي الواقع, تتداخل العوامل البيئية معا, ومنها العوامل الجومورفولوجية, في إنتاج أية مجموعة من الأشكال الأرضية في الأماكن المختلفة, وان برز بعضها كعامل رئيسي أو سائد Prevailing Factor في بيئة محددة . وقد تكون نوعية الصخر هي العامل السائد في منطقة ما, في حين تفسح المجال للمناخ أو البنية الجيولوجية أو الإنسان في مناطق أخرى. وفي هذه الحالة, تعكس الأشكال الأرضية المتطورة فوق نوع معين من الصخور تأثير هذه العوامل, تماما كما يحدث بالنسبة لأشكال سطح الصخور الجيرية المتطورة في كل من المناطق الجافة والمناطق الرطبة, لاختلاف وتعقيد الصخور الموجودة حتى في المناطق المحدودة, أو نتيجة الخصائص الطبيعية والكيماوية في الصخر نفسه. ويعتبر الحجر الجيري من اضعف الصخور وذلك بسبب قابليته الشديدة على الذوبان إلا انه يكون ذو مقاومة واضحة في المناطق الجافة وذلك لقلة احتمال تغيره عند التغير في درجات الحرارة, كما لا يحدث للصخور الأخرى.

**أنواع الصخور:**

يمكن تقسيم الصخور حسب طريقة نشأتها إلى ثلاثة أقسام هي:

1. الصخور النارية
2. الصخور الرسوبية
3. الصخور المتحولة.

ويطلق على الصخور النارية والمتحولة أحيانا اسم الصخور البلورية.

كما يمكن التمييز بين هذه الأنواع الرئيسية الثلاثة من الصخور بشكل مبدئي على اساس ان الصخور الرسوبية تكون في الغالب على هيئة طبقات قد تكون متجانسة أو متباينة وقد تحتوي كل طبقة من هذه الطبقات على بقايا حيوانية ونباتية قديمة تسمى الحفريات (Fossils) وتنعدم هذه الميزة تماما في الصخور النارية ومن النادر أن توجد هذه الحفريات في الصخور المتحولة وذلك لأنها تتحلل وتزول نتيجة للضغط والحرارة, وتتميز الصخور النارية بهيئة كتلية لا طبقية ولكن غالبا ما تكون في حالة متبلورة في حين يندر وجود مثل هذه المكونات المتبلورة في الصخور الرسوبية كما تظهر البلورات في كثير من الصخور المتحولة.

**اولاً: الصخور الرسوبية:**

وإذا أخذنا سطح الأرض بنظر الاعتبار وبشكل كلي فان الجزء الذي يتكون من صخور رسوبية يكون أوسع بكثير من الجهات التي تتواجد فيها الصخور النارية والمتحولة بصورة مجتمعة. ويشير هذا إلى أن مناطق واسعة جدا من الجهات القارية كانت في وقت من الأوقات مغمورة تحت سطح البحر ومع ذلك هناك تكوينات رسوبية واسعة لم تتكون بفعل الارساب تحت الماء. ومن أمثلة ذلك السهول الرسوبية الواسعة تصل إلى مئات الأميال التي تكونت عند أقدام الجبال. وقد يبلغ سمك رواسبها في بعض الأحيان إلى ألاف الإقدام.

تتكون الصخور الرسوبية من تجمد وتماسك الرواسب الصخرية وذلك بالتحام مكوناتها مع بعضها تحت تأثير الضغط الناشىء من ثقل الرواسب الأخرى التي تعلوها, أو قد يتم التماسك والتجمد بواسطة مادة لاصقة أو لاحمة مثل كاربونات الكالسيوم أو السيليكا أو اكاسيد الحديد التي قد تتواجد بين هذه الرواسب، وتتكون الصخور الرسوبية من مواد ذات اصل متعدد وتركيب كيماوي أو معدني متباين وتحت ظروف متنوعة وبيئات مختلفة, وتؤدي مثل هذه الوضعية إلى تعدد أنواع هذه الصخور وتقسم الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها وظروف نشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي:

**أ- صخور رسوبية ميكانيكية النشأة:**

وتشمل هذه المجموعة كل الصخور الرسوبية التي تتكون من قطع ومفتتات الصخور السابقة والتي تم نقلها بواسطة المياه والرياح أو الثلاجات أو بفعل الجاذبية الأرضية, دون أن يطرأ عليها أي تغير كيماوي ومن ثم ترسب بطريقة آلية وتتماسك وتلتحم، مثل الحجر الرملي والطفل والمجمعات الصخرية وأنواع معينة من الحجر الجيري. وتقسم الصخور الرسوبية ميكانيكية النشأة من حيث حجم الحبيبات إلى:

1- صخور رسوبية ميكانيكية النشأة كبيرة الحبيبات وتتكون هذه من حبيبات كبيرة الحجم وذات قطر لا يقل عن 2 ملم وقد يصل أحيانا إلى بضعة سنتيمترات وتعرف هذه عامة بالحصى ومن أهم هذه الصخور الكونجلوميرات Conglomerate وصخور بريشيا.

2- صخور رسوبية ميكانيكية النشأة متوسطة الحبيبات وهنا يختلف حجم الحبيبات ويتراوح قطرها ما بين 2 إلى 1 / 16 من المليمتر. وتعرف هذه الصخور عامة بالصخور الرملية حيث انها تتكون من حبيبات معدنية يسودها الرمل الذي يصحب تأثره بعوامل التعرية, ومن أهم أنواع الصخور الرملية الحجر الرملي والحجر الرملي الجيري والحجر الرملي الكلسي والحجر الرملي الحديدي.

3- صخور ميكانيكية النشأة دقيقة الحبيبات, تتكون هذه الصخور من حبيبات دقيقة لا يزيد قطرها على 1 / 16 ملم. تنتج هذه الحبيبات من تحلل وتفتت المعادن وخاصة معادن السيليكات ومنها سيليكات الامونيا المائية ويمكن تمييز نوعين من هذه الحبيبات حسب حجمها أو قطرها هما: الغرين أو الطمي وحبيباته كبيرة نسبيا يتراوح قطرها بين 1 / 16 إلى 1 / 256 ملم والطين وهو عبارة عن حبيبات دقيقة جدا لا يزيد قطرها عن 1 / 256 ملم وقد تحتوي الصخور الطينية على بعض البقايا العضوية المتحللة مثل الدبال أو بقايا نباتات متفحمة ومن أهم أنواع الصخور الطينية هي الطين والحجر الطيني ويتحول الطين إلى حجر طيني عندما يفقد الجزء الأكبر من محتوياته المائية نتيجة للجفاف أو زيادة الضغط.

1. **صخور رسوبية كيماوية النشأة:**

تتكون هذه الصخور نتيجة ترسبها من محاليل تحتوي على مواد مذابة وذلك عندما ترتفع درجة تركيزها وفقا للظروف الطبيعية المحيطة بها. أو قد تتكون من الرواسب نتيجة تفاعل كيماوي يجري بين مكونات هذه المحاليل. ويمكن تمييز الأنواع التالية من هذه الصخور وذلك على أساس تركيبها:

1- الصخور الرسوبية الجيرية: وتتكون هذه الصخور نتيجة ترسب كاربونات الكلسيوم من المحاليل الجيرية المحتوية على بيكاربونات كالسيوم ذائبة من هذه الصخور، الحجر الجيري غير العضوي وصخر الترافرتين ( Travertine) وحجر الدولومايت ( Dolomite ) الذي يتكون من كاربونات الكالسيوم وكاربونات المغيسيوم بنسب مختلفة.

2- صخور رسوبية سيليكية: وتتكون هذه الصخور من ترسب مادة السيليكا مثل حجر الصوان (Flint) وهذا خليط من السيليكا المتبلورة وغير المتبلورة تكون على هيئة عقد، وكذلك حجر شيرت ( Chert ) وهو نوع من الصخور السيليكية غير النقية لأنها تحتوي على نسبة عالية من الجير.

3- صخور رسوبية ملحية: حيث أن تبخر مياه البحيرات والبحار المغلقة يؤدي إلى تركيز المحاليل الملحية الموجودة فيها ثم ترسيبها في هيئة طبقات متعاقبة ومن أهم الصخور الرسوبية الملحية هو صخر الجبس (Gypsum ) ويتكون هذا الصخر من حبيبات دقيقة من كبريتات الكالسيوم المائية التي تترسب في هيئة طبقات أو صفائح ويدخل ضمن هذا النوع كذلك صخور انهايدرايت (Anhydrite) ويترسب هذا الصخر الأخير من ترسبات كبريتات الكالسيوم اللامائية إضافة إلى الصخور الملحية الأخرى مثل الجبس وملح الطعام والملح الصخري.

1. **صخور رسوبية عضوية النشأة:**

تنشأ هذه الصخور نتيجة تكدس او تراكم بقايا الكائنات الحية الحيوانية والنباتية (أوراق النباتات وجذوع الأشجار وأغصانها) بعد موتها والمحارات والاصداف الحيوانية على شكل طبقات سميكة ومن ثم تحلل هذه البقايا بفعل وتأثير الفطريات والبكتيريا خلال مدة زمنية طويلة, ثم تعود هذه المواد فتتماسك مع بعضها في هيئة صخور, نتيجة الضغط والتفحم، وهناك نوعان من هذه الصخور:

1- صخور عضوية حيوانية: وتتكون هذه الصخور من مواد عضوية جيرية سيليكية أو فوسفاتية مثل الحجر الجيري العضوي والأخير صخر واسع الانتشار يتكون من تحلل قشور وهياكل الحيوانات البحرية وتراكمها وتسمى الصخور الجيرية حسب نوع الحفريات التي قد تكون سائدة الانتشار فيها مثل، الحجر الجيري الصدفي (Shelly Limestone).

2- صخور عضوية نباتية: وتنتج هذه الصخور عن تكدس البقايا النباتية ثم تعفنها وتحللها وتفحمها وتتكون هذه إما من مواد سيليكية أو مواد كربونية ومنها بقايا الطحالب مثل دياتوم، والرواسب الكاربونية وتتكون الأخيرة نتيجة تفحم نباتات المستنقعات، وتتراوح نسبة الكربون فيه من 55% إلى 72% والفحم القطراني ( bituminous Coal ) وفحم الانتراسايت ( Anthracite ) ويعتبر الأخير من اصلب أنواع الفحم وأكثرها جودة ويحتوي على نسبة عالية من مادة الكربون قد تصل إلى 98% من مجموع وزنها الكلي.

**بنية الصخور الرسوبية:**

يمكن تقسيم بنيات الصخور الرسوبية إلى بنيات رئيسية وتشمل مختلف أنواع الالتواءات والانكسارات ونظم الفواصل وعدم التجانس، والى بنيات ثانوية هي الطبقات المتقاطعة والشقوق. من النادر أن تتواجد الصخور الرسوبية في الطبيعة بشكل أفقي تماما, فقد يؤدي التجعد البسيط في أي منطقة رسوبية إلى تكوين قباب وأحواض تتراوح أحجامها من بضعة أميال إلى مئات الأميال أو قد تزيد على ذلك. وقد يؤدي الضغط في بعض الأحيان إلى تكوين التواء اعتيادي وتظهر اثر ذلك تموجات متوازية تتعاقب على شكل أقواس ومنخفضات وتسمى هذه الأقواس بالالتواءات المحدبة ( Anticlines ), في حين تسمى الجهات المنخفضة منها الالتواءات المقعرة ( Syncline ) ومن النادر أن تستمر هذه الالتواءات إلى ما لا نهاية إذ أنها سرعان ما تستدق, وتنتهي، وقد تظهر حافاتها على سطح الأرض على شكل ظهر ( Strike ).

وقد يؤدي الضغط المتطرف في شدته إلى انكسار الالتواء بحيث يتكون اثر ذلك ما يسمى الانكسار المستلقي (Thrust Fault)، وفي الطبيعة لا يكون سطح مثل هذا الانكسار كثير البعد عن الوضع الأفقي بعد رفعها بحيث أصبحت تبدو على شكل مستوي يتغطى بالرواسب بعد ذلك فإذا ما تكونت سلسلة ثانية بعد ذلك فان العلاقة بين السلسلتين المتباينتين من طبقات السلسة تسمى بعلاقة عدم التوافق (Unounformity). وتظهر في بعض جهات بعض التوافق اختلافات واضحة في الزوايا المتواجدة بين طبقات الصخور الواقعة نحو الأعلى أو نحو الأسفل في منطقة الزاوية. أما إذا كانت الطبقات متوازية فلا يظهر عدم التوافق, والمصطلح الشائع لمثل هذه الحالة هو عدم التجانس (Disconformity).

ومن بين البنيات الثانوية التي تظهر في الصخور الرسوبية كذلك هي الطبقات المتقاطعة، وتشقق الطمي ومختلف أنواع التكلسات.

**ثانياً: الصخور النارية:**

تعتبر الصخور النارية مادة الأصل لكل أنواع الصخور، وتنتج هذه الصخور من تبرد المواد المصهورة فإذا ما بردت مادة الصهير على سطح الأرض فإنها تشكل جسما سطحيا أما إذا توغلت هذه المادة من خلال صخور أخرى ثم بردت في داخل القشرة الأرضية فانها تكون جسما صخريا داخليا. تتباين الصخور النارية بشكل واضح من حيث تركيبها المعدني والكيماوي والنسيج وطريقة تواجدها في الطبيعة فالصخور النارية الداخلية لا يمكن رويتها إلا بعد أن تعمل عوامل التعرية على إزالة الصخور الواقعة فوقها, ويؤثر تركيب الصخر ونسيجه وبنيته وشكله في الأشكال التحاتية التي تتكون فوقه.

وقد تضطر هذه المواد المنصهرة في ظروف معينة إلى الصعود في أعماق قشرة الأرض حيث تتداخل مع الصخور ألمكونه لهذه القشرة وقد تصل أحيانا إلى سطح الأرض. وتتعرض مادة الصهير في كل حالة عن هذه الأحوال إلى فقدان الحرارة فتتجمد وتتبلور إما في باطن الأرض أو على سطحها: لذلك تقسم الصخور النارية حسب طريقة تكوينها إلى:

1- صخور باطنية وتشمل:

أ – صخور جوفية.

ب- صخور تحت سطحية.

2- صخور سطحية, (صخور بركانية).

ويمكن تقسيم الصخور النارية على أساس تركيبها المعدني أي حسب مادة السيليكات التي يحتويها الصخر إلى:

1- صخور حامضية Acidic Rocks وهذه تحتوي على اكثر من 66% من السيليكات ونسبة قليلة من الحديد والمغنيسيوم . لذلك يكون لون هذا الصخر فاتحا, ومن أمثلة هذه الصخور الكرانيت وصخور ابلايت وصخور الرايولايت.

2- صخور متوسطة Intermediate Rocks تتواجد السيليكات في هذه الصخور بنسبة تتراوح بين 52 % إلى 65 % في حين تزداد فيها نسبة الحديد والمغنيسيوم. يكون لونها متوسطا ولكنه اشد دكنة من الصخور الحامضية, ومن أمثلة هذه الصخور صخور الدايورايت وصخور انديزايت وصخور تراكايت.

3- صخور قاعدية Basic Rocks وتتراوح نسبة السيليكات في هذه الصخور بين 45 % إلى 52 % وتكثر فيها نسبة الحديد والمعادن المغنيسية ويكون لونها في العادة قاتما يميل إلى السواد ومن أمثلة هذه الصخور صخر الجابرو والبازلت.

**بنية الصخور النارية:**

فبالإضافة إلى الكتل الكبيرة التي تظهر بها الصخور النارية في الطبيعة, هناك أيضا بنيات صغيرة من هذه الصخور تؤثر على معالم التعرية التي تتكون منها.كما تفتقرالصخور النارية إلى الترتيب المنتظم الذي يظهر في التكوينات الرسوبية، حيث أن تأثير الضغط والاضطرابات لا يظهر في الصخور النارية على شكل التواءات فقط، بل أيضا على شكل انكسارات وفواصل أحيانا.

وتكون الفواصل اكثر انتشارا بالقرب من السطح مما هي عليه في أعماق القشرة الأرضية ما دامت تتوفر للصخور فرصة للتمدد على السطح بتأثير قوى التجوية, فتميل الفواصل في هذه الجهة إلى أن تكون أكثر عرضا بحيث تبدو واضحة رغم أنها تستمر في داخل القشرة على شكل بنيات متماسكة قليلة الظهور.

إن القوى التي تؤدي إلى ظهور الفواصل في الصخور النارية تشمل عمليات التقلص بفعل برودة الكتل النارية وعملية التمدد والانكماش نتيجة لعمليات التجوية والضغط الناتج من حدوث انبثاقات إضافية لمادة الصيهر, اللافا ( Lava ) . وتحدث هذه الفواصل عادة على شكل مجموعات متوازية وتتقاطع هذه المجموعات في العادة مع بعضها البعض بزوايا تكاد تكون قائمة وتكون الفواصل في غالب الاحيان على شكل سطوح مشوهة, على انها قد تكون في الكتل النارية الكبيرة المتجانسة مقوسة او مجعدة. وتتخذ معظم الفواصل شكلا عموديا خصوصا ما يرجع سبب تكونها إلى حركات في القشرة الأرضية هذا فضلا عن وجود عدد من الفواصل تتخذ شكلا أفقيا.

وتكون الفواصل الناتجة عن الانكماش بفعل البرودة عمودية الوضع على سطح التبريد, فتكون هذه الفواصل في انسيابات اللافا وغطاآتها عمودية الوضع ويكون هذا الوضع سببا في ظهور البنية العمودية ( Columnar Palisade Structure) المتواجدة في التكوينات البازلتية.

تمتلىء الفواصل الصخرية في بعض الأحيان بمادة معدنية قد تعمل على مقاومة عملية التجوية بشكل اقوى من الصخر نفسه. وتظهر مثل هذه العروق أو السديدات ( Dikelets ) على شكل أضلاع أو سلاسل صغيرة على سطوح الصخور التي تعرضت لعملية التجوية. إن معظم السدود تكون كما

ذكرنا أقوى بكثير من الصخور المتداخلة معها, لذلك فإنها تظهر في كثير من الأحيان على شكل حيطان وسلاسل وتلال غير منتظمة عندما تتعرض إلى عوامل التعرية.

ومثل الانكسارات, مثلها مثل الفواصل, مناطق وسطوح ضعف في الصخور. ومن المحتمل أن تتركز التعرية على طول هذه السطوح وتسمى الوديان أو المنخفضات التي تتبع خطوط الانكسارات باسم وديان خط الانكسار (Faultline faults ) تكون مثل هذه الوديان مستقيمة لمسافات طويلة وتتصل مع روافدها بزوايا تكاد تكون قائمة وذلك بسبب النمط المتقاطع من الفواصل , وفي الواقع يمكن ارجاع تكون نمط تصريف مائي قائم الزاوية في الجهات التي تنتشر فيها الصخور النارية الى وجود نظام محكم من الانكسارات والفواصل.

**ثالثاً: الصخور المتحولة:**

تشكل الصخور المتحولة النوع الثالث من الصخور وهذه صخور نارية أو رسوبية في أصلها تحولت بواسطة الضغط والحرارة أو نتيجة ترشح مواد أخرى بحيث زالت الخصائص الأصلية للصخور وأحلت محلها محلها خصائص أخرى. وتظهر في معظم الصخور المتحولة بنية بلورية كما يكون بعضها شديد المقاومة لعمليات التجوية والتعرية. ان التغيرات الحاصلة في درجات الحرارة والضغط أو كليهما, غالبا ما تؤدي إلى تغيير نوع النسيج في الصخور الأصلية أو في تركيبها المعدني, كما يساعد وجود الماء أو المحاليل المائية بصورة عامة على إتمام عملية التحول هذه. وهناك أنواع عديدة من التحول هي:

1. التحول الحراري أو التماسي Thermal or Contact Metamorphism

ويحدث هذا التحول في المنطقة الملاصقة أو المجاورة لمادة الصهير وهذه منطقة محدودة محليا وتعرف حلقة التحول (Metamorphysic role) لذلك قد يعرف هذا التحول باسم التحول المحلي (Local metamorphism)

1. التحول الموضعي أو التحول بتغير الأوضاع: حيث يؤدي الضغط المرتفع إلى تغير أو تحول طفيف نسبيا في الصخور الموضعية الواقعة على جانبي الكسور أو الصدوع الناتجة عن هذا الضغط.
2. التحول الإقليمي أو التحول الديناميكي:

( regional metamorphism or dynamic metamorphism ) و

يؤدي الضغط المرتفع المصحوب بدرجات حرارة عالية و الناتج عن حركات القشرة الأرضية إلى تحول واسع النطاق يمتد في أقاليم كبيرة ومساحات واسعة.

وقد يؤدي التحول الحراري إلى تكوين صخور متحولة من اصل رسوبي رملي كما هو الحال في صخور الكوارتزايت التي تتكون من تحول الحجر الرملي, أو يؤدي إلى تكوين صخور متحولة من اصل رسوبي طيني كما هي الحال في صخر الهورنفلس, وينتج الأخير من التحول الحراري للصخور الطينية والطفلية. وقد يؤدي هذا التحول إلى تشكيل صخور متحولة من اصل جيري كما هي الحال في تكون الرخام، إذ تتحول الصخور الجيرية النقية إلى رخام ابيض اللون ذو نسيج موزاييكي. وقد تشتد وطأة التحول إلى درجة تزول معها معالم الصخر الأصلي تماما كما تتفتت الصخور الأصلية أو قد تنصهر وتذوب ثم تستعيد كيانها من جديد فتكون متبلورة ومرتبة بحيث ينتج عن هذا الترتيب تجمع لمعادن في هيئة طبقات رقيقة أو شرائط ( Bands ) أو ورقات ( Folia ) أو صفحات ( Laminate ) متوازية ومتعامدة على اتجاة الضغط. ويوصف النسيج الصخري عندئذ بأنه شريطي ( Banded Texture ) أو ورقي ( Foliate ) أو صفحي ( Laminate ) من أهم أنواع الصخور المتحولة بالضغط والحرارة هي صخور الإردواز ( Slate ) وهذا صخر متحول عن صخور الطفل الرسوبية نتيجة ضغط مرتفع وحرارة منخفضة نسبيا. ومن هذه الصخور أيضا صخر النايس وهو صخر متحول من اصل ناري يتكون هذا الصخر من حبيبات كبيرة متبلورة مرتبة ومصفوفة في هيئة شرائط سميكة قد تكون متقطعة أو عدسية.