بسم الله الرحمن الرحيم

محاضرات في مقرر مادة

الجيومورفولوجيا

علم الاشكال الارضية

المرحلة الاولى

اعداد
الدكتور اسحق صالح العكام

كلية التربية للبنات / جامعة بغداد

مقدمة عامة:

Geomorphologyقبل أن نعرف هذا العلم نعود إلى اصل الكلمة حيث أن كلمة جيومورفولوجيا
تتكون من ثلاثة مقاطع يونانية تعني حرفيا علم أشكال سطح الأرض وهي:
وتعني ارض، Geo
وتعني شكل، Morphoو
وتعني علم. Logyو

وهذا المصطلح أمريكي ادخل لأول مرة من قبل مدرسة جغرافيا في أمريكا في أواخر القرن التاسع Landعشر وحتى أن هذا المصطلح هو الأقرب مع أن باحثين جغرافيين آخرين يفضلون كلمة (أشكال الأرض) ، لان جيومورفولوجيا ربما تكون اقرب إلى الجيولوجيا . forms

تطور علم الجيومورفولوجيا:
ركزت الدراسات القديمة على دراسة الزلازل والبراكين والتغيرات الساحلية والسهول الفيضيه والأنهار في دراسة تطور أشكال الأرض، وهكذا بدا التطور في العصور الوسطى والحديثة بأفكار غير مترابطة ووصفيه. وكما ذكرنا أول من طور الجيومورفولوجيا هم المتخصصين بدراسة الجيولوجيا والمياه في القرنيين الثامن عشر والتاسع عشر، وظهرت ما يسمى بالنسقيه Uniformitanismوالذي وضعها مجموعه من العلماء أهمهم شورلي Chorley وتستند هذه الفكرة إلى أن الحاضر في شكل الأرض هو مفتاح الماضي، وان التغيرات التي تعمل في الوقت الحاضر قد عملت أيضا خلال الازمنه الجيولوجية، وان التغيرات التي تحدث في أشكال سطح الأرض رغم أنها بطيئة فأنها بالواقع تكون فعاله، فعند توفر الوقت اللازم فان مظاهر سطح الأرض برمتها يمكن أن تنشا وتتلاشى مره ثانيه بواسطة قوى بطيئة العمل إلا أنها مستمره في هذا المجال، وهكذا كانت فكرة النسقيه تقدما واضحا على حساب الاعتقاد الخاطى بالحركات الفجائية Catastrophic والتي طغت عليها النسقيه ، حيث انه من السهل الاعتقاد أن الفيضانات الشديدة التي تحدث بشكل نادر ، تغير في وديان الأنهار اكثر مما يغيره جريان المياه بشكل اعتيادي في السنوات الواقعة بين فيضانين من هذا النوع .
ونتج عن دراسات العلماء نظريات هي التي ساهمت في تطور هذا العلم حديثا والتي كان أهمها هو العمل بخطوات تقوم على الملاحظة وتنظيم الملاحظات وتفسيرها واستخلاص النتائج ومقارنتها ببعضها البعض وخاصة العالم ديفز) في دراسة ما يسمى بدورة التعرية على شكل مراحل متتابعة سميت بالدورة العادية (Normal Cycle) أو الدورة المائية. وانطلق العالم في تطويره لعلم الجيومورفولوجيا من خلال التأكيد على ثلاثة عوامل يعتمد عليها تكوين المظهر وهي:
أ – البنية Structure
ب – العملية process
جـ - الزمن Time

وأدت هذه الأمور إلى الوصول لما يسمى بالمعالجة الوراثية للتضاريس (مثل عمر الكائن الحي مرورا بالشباب والنضج والشيخوخة)، وظهرت عدة مدارس جيومورفولوجية يمكن أن نذكر منها مدرسة الأفكار الحركية والمدرسة المناخية ومدرسة الارتباط، ولكن أقوى هذه المدارس هي مدرسة المناخ كأحد أهم العوامل في تحديد المظهر الأرضي. وتشير دراسات ديفيز إلى انه بحق من طور الجيومورفولوجيا الحديثة وتمكن من ابتداع مصطلحات علمية ذكية زود بها

دراساته، مثل مقارنته للظواهر التي تحدث في منطقة معينة بمراحل عمر الكائن الحي مثل مرحلة الشباب والنضج والشيخوخة. حيث أن الأشكال الأرضية الشابة هي الموجودة في منطقة تشكلت حديثا، أما الناضجة فهي الأشكال التي وصلت إلى التضاد بين الارتفاع والانخفاض وقد يوجد نضج مبكر أو نضج متأخر، أما الشيخوخة فهي وصول الأشكال إلى مرحلة لا تتلاشى فيها. وهكذا نلاحظ أن التطور سار من مرحلة الوصف أولا ثم الوصف الإيضاحي (ديفز) والتجريبي عن طريق التحليل المورفومتري (معادلات زوايا الانحدار، والكثافة التصريفية وغيرها)، والمقياس المباشر مثل سرعة المياه في دفع الرواسب، والاختبار والذي يبقى صعب لصعوبة تتبع ظواهر الطبيعة في المختبر لذا يستعمل هذا الأسلوب للأمور البسيطة. أي أن الجيومورفولوجيا انتقلت من الوصف إلى التحليل في تطورها

مجال علم الجيومورفولوجيا:

ذكرنا أن أهم العلم يدرس أشكال وهيئات سطح الأرض، وبذلك فمجاله الأساسي هو دراسة قشرة الأرض والغلاف الصخري وقيعان المحيطات (أو دراسة ما يسمى بالغلاف الصخري Lithosphere. وكلمة Litho كلمة يونانية تعني صخر ونعني بها المواد المشكلة لقشرة الأرض والتي تتكون من مجموعة هائلة من المعادن. وينفرد هذا العلم بهذا المجال بحيث يقدم التصوير والتفسير الكامل لإشكال سطح الأرض للمتخصصين في الدراسات المختلفة عن طريق تطبيقات هذا العلم فيما يعرف بالجيومورفولوجيا التطبيقية (التي تدرس في خطة قسم الجغرافيا / جامعة مؤته على شكل مادة اختيارية). وكما قلنا فانه عندما انتقلنا من الوصف إلى التحليل في الجيومورفولوجيا فان نتائج التحليل أصبحت توفر اكثر من التطبيقات لهذا العام وذلك باستخدام المقاييس الدقيقة عن طريق الميدان مباشرة. أهم الجوانب التطبيقية للجيومورفولوجيا ما يلي:

١- الكشف عن الثروات الطبيعية وتطوير المساحات الزراعية والمعادن والغاز والصخور المفيدة.
٢- دراسة أحواض الأنهار وبناء الخزانات والسدود المائية وتوليد الطاقة وكشف الموارد المائية السطحية والجوفية وصيانتها.
٣- دراسة انجراف وتعرية التربة بالمياه والرياح ومعالجة هذه المشاكل.
٤- تتبع تغير مجاري الأنهار والقنوات وأثار هذا التغير.
٥- دراسة الانهيارات والانزلاقات الأرضية والصخرية ككوارث طبيعية ومواجهتها.
٦- استخدامه في النواحي العسكرية والحروب.
٧- دراسة التربة وأعماقها وصلاحيتها للإنتاج الزراعي.
٨- دراسة السواحل البحرية والموانئ وأثرها في الملاحة، وعلاقة التيارات البحرية بذلك.
٩- استخدامه في عمل الخرائط الجيوموفورلوجية لتطبيقها في شتى المجالات.
١٠- استخدامه في دراسات البناء والطرق والسكك الحديدية.
١١- تتبع تطور الأقاليم واستقرارها الجيومورفولوجيا
١٢- استغلال الصحاري والأراضي الجافة وشبه الجافة وتتبع العواصف الرملية فيها أثرها على نشاط الإنسان.

تطور علم الجيومورفولوجيا:

ركزت الدراسات القديمة على دراسة الزلازل والبراكين والتغيرات الساحلية والسهول الفيضيه والأنهار في دراسة تطور أشكال الأرض، وهكذا بدا التطور في العصور الوسطى والحديثة بأفكار غير مترابطة ووصفيه. وكما ذكرنا أول من طور الجيومورفولوجيا هم المتخصصين بدراسة الجيولوجيا والمياه في القرنيين الثامن عشر والتاسع عشر، وظهرت ما يسمى بالنسقيه Uniformitanismوالذي وضعها مجموعه من العلماء أهمهم شورلي Chorley وتستند هذه الفكرة إلى أن الحاضر في شكل الأرض هو مفتاح الماضي، وان التغيرات

التي تعمل في الوقت الحاضر قد عملت أيضا خلال الازمنه الجيولوجية، وان التغيرات التي تحدث في أشكال سطح الأرض رغم أنها بطيئة فأنها بالواقع تكون فعاله، فعند توفر الوقت اللازم فان مظاهر سطح الأرض برمتها يمكن أن تنشا وتتلاشى مره ثانيه بواسطة قوى بطيئة العمل إلا أنها مستمره في هذا المجال، وهكذا كانت فكرة النسقيه تقدما واضحا على حساب الاعتقاد الخاطى بالحركات الفجائية Catastrophic والتي طغت عليها النسقيه ، حيث انه من السهل الاعتقاد أن الفيضانات الشديدة التي تحدث بشكل نادر ، تغير في وديان الأنهار اكثر مما يغيره جريان المياه بشكل اعتيادي في السنوات الواقعة بين فيضانين من هذا النوع .

ونتج عن دراسات العلماء نظريات هي التي ساهمت في تطور هذا العلم حديثا والتي كان أهمها هو العمل بخطوات تقوم على الملاحظة وتنظيم الملاحظات وتفسيرها واستخلاص النتائج ومقارنتها ببعضها البعض وخاصة العالم ديفز) في دراسة ما يسمى بدورة التعرية على شكل مراحل متتابعة سميت بالدورة العادية (Normal Cycle) أو الدورة المائية. وانطلق العالم في تطويره لعلم الجيومورفولوجيا من خلال التأكيد على ثلاثة عوامل يعتمد عليها تكوين المظهر وهي:

أ – البنية Structure

ب – العملية process

جـ - الزمن Time

وأدت هذه الأمور إلى الوصول لما يسمى بالمعالجة الوراثية للتضاريس (مثل عمر الكائن الحي مرورا بالشباب والنضج والشيخوخة)، وظهرت عدة مدارس جيومورفولوجية يمكن أن نذكر منها مدرسة الأفكار الحركية والمدرسة المناخية ومدرسة الارتباط، ولكن أقوى هذه المدارس هي مدرسة المناخ كأحد أهم العوامل في تحديد المظهر الأرضي. وتشير دراسات ديفيز إلى انه بحق من طور الجيومورفولوجيا الحديثة وتمكن من ابتداع مصطلحات علمية ذكية زود بها دراساته، مثل مقارنته للظواهر التي تحدث في منطقة معينة بمراحل عمر الكائن الحي مثل مرحلة الشباب والنضج والشيخوخة. حيث أن الأشكال الأرضية الشابة هي الموجودة في منطقة تشكلت حديثا، أما الناضجة فهي الأشكال التي وصلت إلى التضاد بين الارتفاع والانخفاض وقد يوجد نضج مبكر أو نضج متأخر، أما الشيخوخة فهي وصول الأشكال إلى مرحلة لا تتلاشى فيها. وهكذا نلاحظ أن التطور سار من مرحلة الوصف أولا ثم الوصف الإيضاحي (ديفز) والتجريبي عن طريق التحليل المورفومتري (معادلات زوايا الانحدار، والكثافة التصريفية وغيرها)، والمقياس المباشر مثل سرعة المياه في دفع الرواسب، والاختبار والذي يبقى صعب لصعوبة تتبع ظواهر الطبيعة في المختبر لذا يستعمل هذا الأسلوب للأمور البسيطة. أي أن الجيومورفولوجيا انتقلت من الوصف إلى التحليل في تطورها

مجال علم الجيومورفولوجيا:

ذكرنا أن أهم العلم يدرس أشكال وهيئات سطح الأرض، وبذلك فمجاله الأساسي هو دراسة قشرة الأرض والغلاف الصخري وقيعان المحيطات (أو دراسة ما يسمى بالغلاف الصخري Lithosphere. وكلمة Litho كلمة يونانية تعني صخر ونعني بها المواد المشكلة لقشرة الأرض والتي تتكون من مجموعة هائلة من المعادن. وينفرد هذا العلم بهذا المجال بحيث يقدم التصوير والتفسير الكامل لإشكال سطح الأرض للمتخصصين في الدراسات المختلفة عن طريق تطبيقات هذا العلم فيما يعرف بالجيومورفولوجيا التطبيقية (التي تدرس في خطة قسم الجغرافيا / جامعة مؤته على شكل مادة اختيارية). وكما قلنا فانه عندما انتقلنا من الوصف إلى التحليل في الجيومورفولوجيا فان نتائج التحليل أصبحت توفر اكثر من التطبيقات لهذا العام وذلك باستخدام المقاييس الدقيقة عن طريق الميدان مباشرة. أهم الجوانب التطبيقية للجيومورفولوجيا ما يلي:

١- الكشف عن الثروات الطبيعية وتطوير المساحات الزراعية والمعادن والغاز والصخور المفيدة.
٢- دراسة أحواض الأنهار وبناء الخزانات والسدود المائية وتوليد الطاقة وكشف الموارد المائية السطحية والجوفية وصيانتها.
٣- دراسة انجراف وتعرية التربة بالمياه والرياح ومعالجة هذه المشاكل.
٤- تتبع تغير مجاري الأنهار والقنوات وأثار هذا التغير.
٥- دراسة الانهيارات والانزلاقات الأرضية والصخرية ككوارث طبيعية ومواجهتها.
٦- استخدامه في النواحي العسكرية والحروب.
٧- دراسة التربة وأعماقها وصلاحيتها للإنتاج الزراعي.
٨- دراسة السواحل البحرية والموانئ وأثرها في الملاحة، وعلاقة التيارات البحرية بذلك.
٩- استخدامه في عمل الخرائط الجيوموفورلوجية لتطبيقها في شتى المجالات.
١٠- استخدامه في دراسات البناء والطرق والسكك الحديدية.
١١- تتبع تطور الأقاليم واستقرارها الجيومورفولوجيا
١٢- استغلال الصحاري والأراضي الجافة وشبه الجافة وتتبع العواصف الرملية فيها أثرها على نشاط الإنسان.

علاقة الجيولوجيا ببقية العلوم الأخرى

يعد علم الجيولوجيا من أكثر العلوم التي تربطها علاقات هامة مع العلوم الأخرى ، نتجت عن ذلك فروع جديدة في الجيولوجيا ، وتعد حلقة اتصال بين الجيولوجيا وبقية العلوم الأخرى :

١-هناك علاقة وثيقة بين علمي الجيولوجيا والفيزياء ، أدى إلى ظهور علم جديد يسمى علم فيزياء الأرض (الجيوفيزياء Geophysics)ونشأ هذا العلم عندما دعت الحاجة إلى معرفة الأسرار الموجودة تحت سطح الأرض من طبقات وتراكيب جيولوجية ورسم صورة مفصلة عنها ، ولهذا السبب تم الاستعانة بعلم الفيزياء وأساسياته المختلفة من صوت وكهرباء ومغناطيسية وهكذا جمع العلمان تحت علم واحد يهتم بكل ما هو تحت سطح الأرض .

٢- وهناك ارتباط بين علم الجيولوجيا وعلم الكيمياء ، أدى إلى ظهور علم آخر يسمى علم كيمياء الأرض أو الجيوكيمياء Geochemistry ويختص بجميع التحليلات والاختبارات الكيمياوية التي تجرى على المعادن والصخور.

٣-وهناك ارتباطا بين الجيولوجيا والعلوم الحياتية عن طريق علم المتحجرات Paleontology الذي يهتم بدراسة بقايا الأحياء المختلفة من حيوانات فقارية ولا فقارية ونباتات.

٤- وهناك علاقة بين الجيولوجيا وعلم الفلك ويسمى هذا العلم الجيولوجيا الفلكية أو الكونية Astronomic Geology الذي يختص بدراسة الأرض وعلاقتها بالنظام الشمسي .

٥- أما علم الهندسة فيرتبط بعلم الجيولوجيا فيما يسمى الجيولوجيا الهندسية Engineering Geologyوهو الذي يدرس الأعمال الهندسية ، والمشكلات الهندسية في الإنشاءات وحفر الأنفاق والسدود وإقامة المطارات .

٦- يرتبط علم الجيولوجيا بعلم الجغرافية القديمة وذلك بدراسة الجيولوجيا التاريخية للقشرة الأرضية .

٧- يرتبط علم الجيولوجيا مع العلوم الزراعية بما يسمى الجيولوجيا الزراعية.

عامل الزمن في العمليات الجيومورفولوجيه (الزمن الجيولوجي):

أن دراسة بعض أشكال سطح الأرض حالياً تتطلب بعض المعرفة البسيطة للازمنه الجيولوجية السابقة، حيث أن العامل أو العملية الجيومورفولوجية لا يتمكن من إنجاز دورة إلا في مدى زمني طويل يسمى بالزمن الجيولوجي. وفي العادة فان هذا المقياس يتعدى مدى عمر الإنسان إلى حدا كبير، من هنا لا بد من اخذ عامل الزمن بعين الاعتبار عند دراسة مظاهر سطح الأرض، ولذا فالمقياس الزمني هنا يجب أن يختلف عن المقياس المستعمل في الأحداث البشرية، حيث انه على الرغم من أن بعض العمليات الجيومورفولوجية تحدث بصورة سريعة وفجائية مثل البراكين والهزات الأرضية إلا أن هذا هو الشذوذ وليس القاعدة، ذلك لان معظم مظاهر وأشكال سطح الأرض تتشكل بطريقة بطيئة وبمرور حقب جيولوجية بحيث لا يتمكن الإنسان من أن يلحظ التغيرات التي تحدث خلالها.

ويقدر علماء الجيولوجيا عمر الأرض من أن أصبحت كوكبا صلبا له باطن وقشرة بحوالي ٣٠٠٠ مليون سنه، وان حوالي ٨٥% من هذه المدة يكاد يكون غامضا ولا يعرف عنه سوى النزر القليل من المعلومات، علما أن هناك وفرة من المعلومات عن الأرض في الفترة الأخيرة من تاريخها وهي المدة التي تبلغ ٥٠٠ مليون سنه، كما أن معظم مظاهر سطح الأرض البارزة ترجع إلى هذه الفترة المتأخرة من تاريخ الأرض، ويوجد جداول زمنية مثل جدول نتال، ولا بد من الرجوع إلى هذه الجداول لتتبع الحوادث الجيولوجية المختلفة، ولقد قدرت الأعمار الجيولوجية في هذه الجداول وفقا لتحاليل كيماوية ومواد معدنية شعاعية قام بها الجيولوجيين مع انه فيها نسبة من الخطأ في التقدير. وتقسم الجداول الجيولوجية الفترات الزمنية إلى: زمن (عصر) جيولوجي مثل الباليوزيك والذي يحتوي على حقب (مراحل) وتقسم الحقب إلى فترات وهكذا

جدول الأزمنة والعصور الجيولوجية

الزمن		العصر العهد	فترة كل عصر (سنة)	العمر مليون سنة	الحياة المميزة
زمن الحياة الحديثة (الكانيوزوى) Cenozoic	القسم الرابع Quaternary الزمن الثالث Tertiary	الهولوسين Holocene	١٠.٠٠٠	٢	عصر الجليد في أوروبا
		البليستوسين Pleistocene	٢٠٠٠٠٠٠	٥	عصر الإنسان الحجري
		البليوسين Pliocene	٣٠٠٠٠٠٠	٢٣	بدء ظهور الإنسان على الأرض
		الميوسين Miocene	١٨٠٠٠٠٠٠	٣٨	الثديات الكبرى – حركة الالتوائلت الالبية
		الاوليجوسين Oligocene	١٥٠٠٠٠٠٠	٥٤	بدء ظهور الحياة الحديثة
		الايوسين Eocene	١٦٠٠٠٠٠٠	٥٦	استمرار وجود الثعابين والسحالي المختلفة
		الباليوسين Paleocene	١١٠٠٠٠٠٠		

زمن الحياة الوسطى (الميزوزوى) Cenozoic	الكرتياسي(العصرالطباشيري) Cretaceous	٧١مليون		١٣٦	صخور الطباشير عصور الزواحف
	الجوراسي Jurassic	٥٤مليون		١٩٠	بدء ظهور أنواع الحياة الوسطى
	الترياسى Triassuc	٣٥مليون		٢٢٥ ٢٨٠ ٢٤٥	(زواحف عملاقة)
زمن الحياة القديمة (الزمن الأول) البالوزرى Paleozoic	البرمى	٥٥ مليون		٣٩٥	ظهور الزواحف واندثار الأنواع القديمة
	الفحمي (كربوني)	٦٥مليون			
	الديفونى	٥٠مليون		٤٣٠	عصر الفحم الحجري
	السيلورى	٣٥مليون		٥٧٠	عصر الأسماك
	الاوردرفيشى	٧٠مليون			بدء ظهور الأسماك
	الكامبري	٧٠مليون			ظهور الأنواع اللافقارية
زمن ما قبل الكامبري Precambrian الزمن الآركي Archaegoic (الابتدائي)	ما قبل الكامبرى الأعلى	مليون سنه ٠.٣ -٠.٤		بليون سنة ٠.٩ -١.٠	معظم الصخور
	ما قبل الكامبرى الأوسط	٠.٦ -٠.٨		١.٥ -١.٨	نارية أو متحولة
	ما قبل الكامبرى الأسفل	٠.٩ -١.٠		٢.٤ -٢.٨	
	أقدم عمر للصخور اكتمال الإرسال على الأرض عمر الأرض			٣.٥ -٤.١ ٤.٦ -٤.٧ ١٧ -١٨	وخالية من الحفريات

نظريات نشأة الأرض والنظام الشمسي

١- نظرية بفون

يعتبر العالم الفرنسي بفون (١٧٠٧ -١٧٨٨) أول من أعطى تفسيراً لأصل الأرض والمجموعة الشمسية وتتلخص نظريته بأن تكوين كواكب المجموعة الشمسية نتج عن اصطدام عنيف بين الشمس وأحد الأجرام السماوية الضخمة ، أدى ذلك إلى انفصال وتطاير أجزاء كبيرة من الشمس إلى مسافات متباينة ، منها من فقد بالفضاء ومنها ما استقر على مسافة من الشمس بفعل جاذبيتها وأخذ يدور حولها في نفس المستوى ونفس الاتجاه العام لدوران الشمس .

٢- نظرية كانت

وهو عالم ألماني قدم هذه النظرية عام ١٧٥٥ ، وتتلخص نظريته بأن المجموعة الشمسية في بادئ أمرها تتكون من مجموعة لا حصر لها من أجسام صلبة صغيرة ومعتمة تسبح بسرعة هائلة

في الفضاء ، ثم تجمعت هذه الأجسام حول بعضها بقوة الجذب ، وتصادمت بعضها بالبعض وحوّلتها الحرارة الناتجة من تصادمها إلى غازات متوهجة كالغازات التي يتكون منها السديم ، وأخذت الغازات بالدوران حول نفسها بسرعة عظيمة ، ثم انفصلت عن نطاقها الاستوائي إلى حلقات غازية بفعل القوة الطاردة المركزية ، ومن هذه الحلقات تكونت الكواكب السيّارة ومنها الأرض ، أما الجزء الأسفل فكوّن الشمس .

٣- نظرية لابلاس (النظرية السديمية)

وتعود للعالم لابلاس ، ويفترض في نظريته ان المجموعة الشمسية كانت في البداية سديماً (جسم غازي متوهج كبير الحجم) ، وكان يملأ فراغا داخل مدار يماثل أربعة كواكب من كواكب المجموعة الشمسية ، ثم أخذ ينقص ويتقلص لفقده الحرارة بالتدريج ونشأ من تقلصه ازدياد سرعة دورانه حول محوره ، وأحدثت القوة الطاردة المركزية انبعاجاً انفصلت عنه حلقات عددها كعدد الكواكب الشمسية ، واستمرت الحلقات المنفصلة في نفس اتجاه دوران السديم ، ثم أخذت تفقد من حرارتها وانكمشت وتجمعت مادتها وكوّنت مادة كل حلقة منها جسماً كروياً استمر في دورانه حول السديم في نفس موضع الحلقة التي تكوّن منها ، وهذه الأجسام هي الكواكب الشمسية ، وتكونت الشمس من كتلة السديم المركزية التي بقت بعد انفصال الحلقات منه ، وتكررت عملية الانفصال بالنسبة للكواكب أيضا وانفصلت عنها حلقة أو أكثر مكونة التوابع (الأقمار) .

٤- نظرية الكويكبات لتشمبرلن ومولتن

تقدم بهذه النظرية العالم الجيولوجي الأمريكي تشمبرلن والفلسفي الأمريكي مولتن عام ١٩٠٥ ، وتفترض هذه النظرية إن المجموعة الشمسية انفصلت عن الشمس نفسها وذلك بمرور نجم عظيم الحجم بالقرب من مدار الشمس الأولية في صورة ألسنة طويلة في اتجاه النجم المار بفعل جاذبيته ، ثم أعقب ذلك انفصال أجزاء من تلك المواد عن الشمس نهائياً وأخذت بالبرودة ، فتكاثفت وتجمدت وكوّنت أعداد لا حصر لها من الأجسام الصغيرة ، وقد اندمجت بعض من هذه الأجسام وكوّنت الكواكب السيّارة التي بردت أجسامها كثيراً عن جسم الشمس الذي لا يزال ملتهباً ، أما الأجسام الصغيرة التي لم تندمج فاستمرت في هيئة الأقمار ، وان النيازك ما هي إلا دليل على إن عملية الاندماج مازالت مستمرة .

٥- نظرية المـد الغازي

٦- نظرية الانفجارات النووية ((من النظريات الحديثة))

وتعود للعالم الفلكي البلجيكي لامتير عام ١٩٣١ وأيّدها العالم الفلكي الروسي جورج جامو عام ١٩٤٦ وتتلخص هذه النظرية إن قسماً من الفضاء الكوني كان يتألف من غازات كثيفة وأطلق عليها(المجرة الأولى) وبمرور الزمن أتحدت هذه الغازات مع بعضها وكوّنت الخلايا النووية ، وقد صاحب ذلك انفجارا عظيما أدّى إلى تناثر الأجسام الكونية في محيط أعظم اتساعا من المحيط الذي كانت تشغله الغازات بالتكثيف من جديد ، وبالتالي مرّت بعمليات تقليص وانكماشات والدوران وميلاد كواكب جديدة في الفضاء الخارجي ، وقد حدثت حركة الانفجار النووي منذ (١٠ – ١٣) بليون سنة ، في حين بدأت عملية تكثيف الغازات قبل (٢٥٠) مليون سنة .

٧- ومن النظريات الحديثة نظرية سحابة الغبار العظمى

طبيعة الأرض

الأرض كوكب من المجموعة الشمسية يبلغ متوسط قطرها نحو (٧٩٢٧) ميل ويزيد طول قطرها الاستوائي على طول قطرها القطبي بنحو (٢٧) ميل ، وتدور الأرض حول الشمس دورة كاملة في

عام واحد مما ينجم عن ذلك تكوين الفصول الأربعة ، وان دوران الأرض حول محورها يتم خلال يوم واحد ينشأ عنه تعاقب الليل والنهار .

أغلفــة الأرض

بعد انفصال الكرة الأرضية عن الشمس بدأت مكوناتها المختلفة بالبرودة التدريجية كما ساعدت عملية دوران كوكب الأرض حول محوره على ترتيب المواد المكونة لها في صورة نطاقات أو أغلفة ، وهكذا اتجهت المواد الثقيلة الوزن العظيمة الكثافة صوب مركز الأرض ، بينما احتلت المواد الخفيفة الوزن الثقيلة الكثافة الأجزاء العليا من الكرة الأرضية وهكذا ، إضافة إلى عمليات البرودة التدريجية والمؤثرات الخارجية إلى تشكيل الأرض في صورة أغلفة كبرى يتألف منها كوكب الأرض وهذه الأغلفة .

شكل يمثل أغلفة الكرة الأرضية

ومن أغلفة الكرة الأرضية

١- الغلاف الجوي Atmosphere

٢- الغلاف المائي Hydrosphere

٣- الغلاف الصخري Lithosphere

٤- جوف الأرض Centro sphere

وهناك غلافاً آخرا لا يمكن فصله في غلاف مستقر وهو الغلاف الحيوي Biosphere لأنه يلعب دورا رئيسا في كل الأغلفة ويكون مشتركا معها جميعا .

الغلاف الجوي

وهو النطاق الخارجي للأرض ، يبلغ سمكه نحو (٢٠٠) ميل ، ويتكون هذا الغلاف منذ نشأته بفعل الغازات والأبخرة التي تكونت حول كوكب الأرض أثناء البرودة التدريجية له ، ويتكون من الغازات الأولية التي بقيت فوق القشرة الأرضية في مراحل تكوينها ،علاوة على الغازات التي تندفع من باطن الأرض خلال البراكين والينابيع الحارة والغازات الناتجة عن تبخر المسطحات المائية .

يتكون الغلاف الجوي أساسا من غازات الأوكسجين والنيتروجين بنسبة ٩٩% والغازات الأخرى بنسبة ١%وكما يلي :

النيتروجين ٧٨.٠٣% الأوكسجين ٢٠.٩٦% أركون ٠.٠٩٣%

ثاني اوكسيد الكربون ٠.٠٣٠% الهيدروجين ٠.٠١١%

فالمجموع الكلي ٩٩.١٢٤ % وهناك نسبة ضئيلة من الامونيا وبعض الغازات الكبريتية .

وقد قسم إلى ثلاث طبقات :

١- طبقة التروبوسفير (الغلاف الجوي السفلي)

تؤلف هذه الطبقة حوالي ٧٠- ٧٥ % من الغلاف الجوي ، وتمتد الطبقة السفلى إلى ارتفاع (٥ – ١٠) ميل من سطح الأرض ، تنخفض درجة الحرارة في هذه الطبقة بمعدل (٦) درجة مئوية لكل كيلومتر إلى الأعلى ، ويتميز بتجانسه حيث يضم كل بخار الماء وجميع غاز CO_2 وتسمى الأجزاء العليا من التروبوسفير بـ (التروبوبوز) وتتميز بندرة بخار الماء و غاز CO_2 ، وتحتوي الطبقة السفلى على الغبار وحبوب اللقاح والبكتريا .

٢- طبقة الستراتوسفير (الغلاف الجوي العلوي)

وتمتد هذه الطبقة من ارتفاع (١٠ - ٥٠) ميل من سطح الأرض وترتفع درجة الحرارة حتى تصل إلى (٣٥) ْم وتخلو من العواصف والأعاصير ، ويبلغ الضغط الجوي في أعلى هذه الطبقة ٢/١

ملم بينما على سطح الأرض (٦٧٠) ملم ، ويطلق على الجزء الأسفل من هذه الطبقة وعلى ارتفاع (٥٠)ميل من سطح الأرض طبقة الأوزون .

٣- طبقة الايونوسفير

وتبدأ من ارتفاع (٥٠ -٢٠٠) ميل فوق سطح الأرض وتمثل الغطاء الخارجي الأعلى لطبقة الغلاف الجوي ، وهي طبقة متأينة بفعل الأشعة الكونية والأشعة تحت البنفسجية ولذلك فهي موصلة جيدة للكهرباء ، وهذه الطبقة مع طبقة الستراتوسفير لهما الأثر الكبير في المغناطيسية الأرضية والمجال الأرضي الكهربائي ، ويحدث في هذه الطبقة توّهج الشهب والنيازك واحتراقها خلال عبورها منها .

ويعتبر الغلاف الجوي من أهم العوامل التي تؤثر في تشكيل مظاهر سطح الأرض . إذ إن الهواء يتفاعل كيمياوياً مع صخور القشرة الأرضية أثناء التجوية ، إضافة إلى وجود بخار الماء الذي يسبب الأمطار وبالتالي تنتج المجاري المائية والسيول والبحيرات والثلاجات .

الغلاف المائي Hydrosphere

ويتكون من مياه البحار والمحيطات والأنهار وكتل الجليد القارية ويشمل المياه الجوفية ، وقد دلّت الدراسات على ان المسطحات المائية تشغل مساحة تقدر بـ (٧٠.٨%) من المساحة الإجمالية لسطح الكرة الأرضية ، ولا تزيد مساحة اليابس عن (٢٩.٢%) من مساحة الأرض والتي تقدر بـ (٥١٠) مليون كم^{٢}. ويختلف نوع المياه من مكان لآخر ، وذلك تبعاً لكمية الأملاح المذابة ، فمياه الأنهار معظمها عذبة ، أما البحار المغلقة نزداد درجة ملوحتها عن البحار المفتوحة والأخيرة تزدادملوحتها عن المحيطات ، وليس المحيط كله ماء بل إن (٢%) من حجمه يتكون من غازي النيتروجين والأوكسجين والغازات الأخرى الذائبة بالماء ، ويحتوي ماء المحيط كذلك على (٣.٥%) من وزنه أملاح ذائبة معظمها من كلوريد الصوديوم NaCl وكما يلي حسب نسب التركيز :

كلوريد الصوديوم $NaCl$ ٧٧.٧٥% كلوريد المغنسيوم $MgCl_2$ ١٠.٨٧%

كبريتات المغنسيوم $MgSO_4$ ٤.٧٣% كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ ٣.٦%

كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 ٢.٤٦% كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ٣٤%

بروميد المغنسيوم $MgBr_2$ ٢١ %

وتحتوي مياه البحار والمحيطات على أنواع من الكائنات الحية والدقيقة والجسيمات غير العضوية عالقة بها .وعلى الرغم من تعدد العوامل التي نؤثر في تشكيل سطح الأرض ، إلا إن فعل الغلاف المائي المباشر وغير المباشر من أهم هذه العوامل جميعاً ، ويتمثل العمل الذي تقوم به الأمطار والثلوج والثلاجات والأمواج والبحيرات والمياه الجوفية في نحت الصخور وتفتيتها من ناحية ، كما تقوم هذه المفتتات بالانتقال من مكان إلى آخر وإرسابها في صورة طبقات رسوبية مرة أخرى .

الغلاف الصـخري

وهو القشرة الأرضية الصلدة التي يظهر جزء منها على سطح الأرض مكونة القارات وقيعان المحيطات ، ويسمى هذا الغلاف الصخري بالقشرة الأرضية ، ويتراوح سمكه بين (٥ كم في المحيط الهادي - ٦٠ كم في المناطق الجبلية العالية) ، ويتكون من أنواع مختلفة من الصخور

الرسوبية والنارية والمتحولة وتغطيها طبقة سطحية رقيقة تسمى التربة ويختلف سمكها من مكان لآخر .
وفي أسفل التربة يمكن تقسيم الغلاف الصخري إلى طبقتين رئيسيتين تختلفان من حيث الكثافة وطبيعة تركيبها المعدني :
١- طبقة السيال (Sial) الطبقة السطحية للغلاف الصخري ، يتكون من صخور كرانايتية فاتحة اللون وتتركب من سليكات الالمنيوم ويبلغ متوسط كثافتها (٢.٨ غم/سم^{٣}) ويتراوح سمكها (٢ – ١٥) كم ، وتكون رقيقة أسفل البحار والمحيطات ومعدومة في المحيط الهادي .
٢- طبقة السيما (Sima) وتقع أسفل طبقة السيال ، وتكون أعظم كثافة من سابقتها لكونها تتركب من معادن ثقيلة حيث تزداد كثافتها عن (٣.٤ غم/ سم^{٣}) وتتكون من سيليكات المغنسيوم ، وتسمى الطبقة البازلتية حيث يقترب تركيبها من التركيب المعدني لصخور البازلت ، يبلغ سمك طبقة السيما
(٢٠ -٢٥) كم .

باطـن الأرض

يعد للعالم (موهور فيتشك) اليوغسلافي الفضل في معرفة أسرار باطن الأرض باستخدام سرعة الموجة الطولية والعرضية الزلزالية ، فقد لوحظ إنهما تتخذان مسافات مباشرة خلال الأرض وتزداد سرعة سريانها مع العمق حتى تصل عمق (٣٥) كم ثم يتغير سلوك هذه الموجات عند هذا العمق ، وهذا يؤدي إلى إن هناك تغيراً في خصائص مادة الأرض في هذا العمق وهذا ما سمي (طفرة موهو) وهو السطح الذي يفصل بين القشرة الأرضية والجبة ، وان عمق هذا السطح الفاصل ليس ثابتاً بل انه يختلف من قارة إلى أخرى ويتراوح بين (٣٥ – ٤٨) كم .
وتم التوصل إلى وجود انقطاع مماثل على عمق (٢٩٠٠) كم اعتمادا على سرعة الأمواج الزلزالية ويسمى بطفرة (جوتنبرج) نسبة للعالم الأمريكي جوتنبرج عام ١٩٢٠ وهذا الانقطاع يفصل بين الجبة ولب الأرض ، واعتمادا على هذه الدراسات الزلزالية يمكن تقسيم باطن الأرض إلى قسمين رئيسين هما الجبة ولب الأرض

أ- ألجبــه Mantle

وتقع أسفل الغلاف الصخري أو القشرة الخارجية للأرض وهي صخرية وأعظم سمكاً ، تتكون من معادن وصخور أكثر كثافة وثقلا من القشرة الخارجية ، ويقدر سمكها (١٨٠٠) ميل ، وتتراوح كثافة المواد ألمكونة لها من (٥ -٨) غم/ سم^{٣} ويوجد هذا النطاق على عمق (٣٠ – ٤٠٠) كم ، ويطلق على السطح الفاصل بين القشرة الخارجية للأرض وطبقة الجبة باسم (حد موهـو) .
وتشير الزيادة في سرعة الموجات الزلزالية إلى زيادة المعادن الحديدية والماغنيسية أي الصخور القاتمة اللون ، وقد تم التعرف على طبقتين مختلفتين من نطاق الجبة هما :
اولاً : العلوية وتكون أكثر قتامه في اللون وأكثر كثافة وقاعدية وتسمى طبقة البريدوتيت
ثانيا : الداخلية أو السفلية فتكون من خليط من المعادن القاعدية وفلز الحديد وتعرف باسم بالاسايت .

ب- لب الأرض Core

يلي الجبة نحو الأسفل ويمتد من عمق (١٨٠٠) ميل حتي مركز الأرض (٣٩٥٠) ميل ويتكون من مواد أعظم ثقلاً وكثافة ومتوسط كثافته (١٠ غم/ سم^{٣}) ، تتكونكيمياويا من مركبات الحديد والنيكل مع بعض الفلزات كالكروم والكوبالت ويرى البعض إن لب الأرض يقسم إلى نطاقين :
أولا : اللب الخارجي ويتكون من مادة سائلة تبلغ كثافة موادها حوالي (١٢ غم/ سم^{٣}) حيث تتكون من خليط من فلزي الحديد والنيكل ، ويبلغ سمك هذه الطبقة (٢٢٦٧) كم .
ثانيا : اللب الداخلي ويتكون من مواد صلبة من الحديد والنيكل وذات كثافة عالية تصل (١٧ غم/ سم^{٣}
تحت ضغط عالي يبلغ أكثر من (٣) ملايين مرة بقدر الضغط الجوي على السطح .

المـــعادن

وهي مواد صلبة متجانسة لعناصر أو مركبات لها تركيب كيمياوي معيّن ونظام هندسي منتظم وتكونت بعوامل طبيعية وغير عضوية .

فالمعدن : هو مادة صلبة لا عضوية طبيعية الوجود تتميّز بتركيب ذري داخلي معيّن (بلوري) يحدده كيفية ترتيب هذه الذرات أو الايونات المنتظم ، وللمعدن تركيبكيمياوي محدد وصفات طبيعية معينة ثابتة أو متغيرة بصورة محدودة .

لذا فأن أية مادة تصنع في المختبر (أي غير طبيعية) هي ليست معدنا ، وان أية مادة ليست صلبة (سائلة أو

غازية) وأية مادة عضوية هي ليست معدنا ، كما يجب انطباق الشروط الثلاثة (الترتيب الداخلي للذرات ، التركيب الكيمياوي ، الصفات الطبيعية) .

توجد المعادن بصورة عامة في كل شيْ من حولنا تقريبا ، فهي موجودة في صخور الجبال وفي رمال الشواطئ وكذلك في تربة الحديقة . ولقد دلّت الدراسات المعدنية لصخور القشرة الأرضية بأن العناصر الشائعة الموجودة في الطبيعة هي ثمانية فقط من مجموع اثنان وتسعون عنصرا موجودا في القشرة الأرضية وتكوّن هذه العناصر الثمانية (٩٨.٥%) من مجموع تراكيب القشرة الأرضية وهي :

(الاوكسجين O_2 ، السيلكون Si ، الالمنيوم Al ، الحديد Fe ، المغنسيوم Mg الكالسيوم Ca ، الصوديوم Na ، البوتاسيوم K) ، ويعتبر الاوكسجين هو أكثر العناصر انتشاراً في القشرة الأرضية حيث يكوّن (٩٣.٧٧%) من حجم الكرة الأرضية و (٦٤.٦%) من وزنها ، ويكون عادة مرتبطاً ارتباطا كيمياويا مع الصخور المختلفة وينطبق نفس الشيْ على العناصر الأخرى وهذا الارتباط يسمى بالمركب الكيمياوي ، وان جميع هذه العناصر هي فلزات عدا الأوكسجين فهو لا فلز ، ويصف العلماء عنصر السليكون بأنه فلز حيث يميل بصفاته نخو الفلزات ولكن خواصه تدل على انه من اشباه الفلزات .

يميل الاوكسجين للاتحاد مع العناصر السبعة الأخرى مكونا الاكاسيد ويمكن اعتبار الاوكسيد وحدة كيمياوية اساسية في القشرة الأرضية ومنها :

(السليكا SiO_2 ، اوكسيد الألمنيوم Al_2O_3 ، اوكسيد الحديدوز Fe_2O_3 اوكسيد الحديديك Fe_3O_4 ، الجيـر CaO ، الصودا Na_2O البوتاس K_2O ، المغنيسيا MgO).

وهناك بعض العناصر التي تكون المعادن (كالحديد ، النحاس ، الرصاص ، الكبريت ، الكاربون) وهي في الواقع متكونة من عنصر واحد لذلك تعرف بالمعادن الخام ، وتتميز هذه المعادن سواء أكانت عنصراً أو مركباً بنظام هندسي متبلور .

الصفات الفيزياوية للمعادن

تعتمد الصفات الفيزياوية للمعادن على بنائها الذري والتركيب الكيمياوي فلكل معدن صفات فيزياوية وهي :

اولاً : الخواص البصريـــة

تعتمد هذه الخواص على الضوء الطبيعي وتأثيره على المعادن مثل اللون والبريق والمخدش والشفافية :

أ- البريق واللمعان : وهو المظهر الذي يبديه سطح المعدن عندما يسلط عليه الضوء ، وهناك نوعان

من اللمعان : ١- اللمعان الفلزي : وهو البريق الذي تعطيه جميع المعادن الفلزية ومنها العناصر الحرّة والبايرايت FeS_2 ومن صفاتها العتمة ، ٢- اللمعان اللافلزي وتسمح هذه المعادن بمرور الضوء من خلالها فتكون فاتحة اللون كالماس والزرگون .

وللمعان اللافلزي انواع مختلفة هي :

١- اللمعان الزجاجي ويشبه لمعان الزجاج كما في الصوان والكوارتز

٢- اللمعان الماسي ويشبه لمعان الماس الساطع ويشمل معظم المعادن التي لها انكسار عالي

٣- اللمعان الكهربائي ويشبه سطح الكهرب كما في الكبريت

٤- اللمعان اللؤلؤي ويشبه اللؤلؤ كما في السليكات

٥- اللمعان السليكي ويشبه لمعان الحرير كما في الجبس

٦- اللمعان المعتم ويكون غير براق كما في الكاؤولين

ب- اللـــون : ويعتمد اللون على طول الموجة الضوئية التي تنعكس من سطح المعدن والتي تنتقل إلى الناظر عن طريق شبكة العين لتعطي إحساسا باللون المعيّن ، وان الشوائب الموجودة في المعدن تعطيه لونا آخراً يختلف عن لون المعدن الأصلي ، وهناك معادن لها لونا ثابتاً يستعمل في التعرف عليها ، كما في الكبريت (لونه اصفر) والمگنتايت (لونه اسود) ، وعند ملاحظة لون المعدن يجب أن يكون السطح نظيفا وخالياً من عوامل التجوية كالتأكسد والتحلل .....الخ والتي تغيّر اللون الأساسي للمعدن.

وهناك أعدادا كثيرة من المعادن لها ألواناً مختلفة تنشأ نتيجة عن الاختلاف في التركيب الكيمياوي من حالة إلى أخرى ، فمثلاً يظهر الصوان (الكوارتز) بعدة ألوان كالوردي والأسود والأحمر نتيجة لوجود تلك الشوائب ، فاللون البنفسجي ناتج عن وجود شوائب أكاسيد المنغنيز البنفسجية اللون ، واللون الأحمر يعزّى لوجود شوائب أكاسيد الحديد ، ويتوزع اللون في المعدن في بعض الأحيان على شكل حلقات منتظمة متمركزة حول بعضها البعض كما في معدن العقيق (الاكايـــت).

ج- الشفافيـــة : وهي قابلية المعدن على السماح للضوء بالمرور من خلاله ، والمعدن الذي يمكن مشاهدة الأجسام من خلاله يسمى بالمعدن الشفاف ، أما إذا كانت الرؤيا غير واضحة فالمعدن يكون نصف شفاف ، وعلى العكس إذا انعدمت الرؤيا فيسمى معتم .

د - لون المســحوق وتسمى "المخدش" : ويمكن معرفة لون المسحوق لمعدن ما وذلك بحك المعدن على سطح من الخزف الأبيض (ويسمى لوح المخدش) ، حيث إن صلابة هذا اللوح هي ((٥))حسب مقياس الصلابة ، وانه ليس من الضروري إن يكون لون مسحوق المعدن مثل لونه ، فمثلا معدن البايرايت لونه كلون النحاس الأصفر في حين لون مسحوقه ذا لون اسود ، وكذلك الحال في معدن الكرومايت فهو اسود اللون بينما مسحوقه ذا لوناً بنياً .

ثانيـــاً : الخواص التماسكية

وهي الخواص التي تعتمد على تماسك مادة المعادن وقابليتها على المرونة مثل الصلابة ، الانفصال ، الملمس ، وقابلية المعدن للطرق والسحب :

أ- الصلابـة : هي الخواص التي تعتمد على تماسك مادة المعدن للخدش والتآكل وتتفاوت درجة الصلابة من معدن إلى آخر، فمثلاً معدن التالك يخدش بالاظفر في حين الكلس يخدش بقطعة نحاسية ، بينما يكون الماس من اصلب المعادن الطبيعية ، ويمكن تعيين صلابة المعادن بصورة نسبية وذلك بمقارنتها بصلابة المعادن الأخرى الأكثر صلابة أو الأقل صلابة كما هو الحال في مقياس الصلابة لـ (موهس):

جدول يبين مقياس موهس للصلابة

الطلق (التالك)	**يخدش بالاظفر**	**درجة صلابته ١**
الجبس	**يخدش بالاظفر**	
درجة صلابته ٢		
الكلس	**يخدش بقطعة نحاسية كـ (الفلس)**	**درجة صلابته ٣**
الفلورايت	**يخدش بقطعة سبيكة (خمسون فلس)**	**درجة صلابته ٤**
الابتايت	**يخدش بنصل السكين**	**درجة صلابته ٥**
الاورثوكليز	**يخدش بالمبرد الصلب**	**درجة صلابته ٦**
الصوان (الكوارتز)	**يخدش بالزجاج**	**درجة صلابته ٧**
التوباز		
درجة صلابته ٨		
حجر المسن (الكوندارم)		**درجة صلابته ٩**
الماس		**درجة صلابته ١٠**

ب: التشقق أو الانكسار أو الانفصام : وهي ظاهرة تشقق المعدن باتجاهات معينة وعلى امتداد سطوح مستوية ملساء وتسمى بسطوح التشقق وذلك عند طرق المعادن طرقاً خفيفاً ، ويحدث التشقق دائما في المعادن التي تكون ذراتها مرتبطة ارتباطا ضعيفا كما هو الحال في معدن الگرافايت ، والتشقق أنواعا فمنه الكامل أو التام ومنه الغير كامل أو الجيد أو الضعيف .
ج : المكســـر : هو ذلك السطح الناتج عن كسر المعدن عند طرقه بمطرقة ويكون سطح غير مستوي التشقق ، وهكذا يكون واضحا في المعادن التي ليس لها مستوى للتشقق ، وللمكسر أنواع هــي :
١- المسطح أو المستوي : هو ذلك المكسر الذي يكون أملس تقريبا كما هو الحال في الكالينا .
٢- الخشن أو غير المستوي : يكون المكسر غير منتظم كما في الصوان .
٣- الترابي : يكون المكسر عادة غير منتظم وتتصف به جميع المعادن الترابية كالبوكسايت والكاؤولين والطباشير .
٤- المسنن : هو المكسر الذي يكون سطحه مسنن ذا أسنان حادة ومدببة كما هو الحال في مكسر النحاس
٥- ألمحاري : وهو المكسر الذي يكون سطحه شبيه بسطح الصدفة الداخلية للمحار ، أي ذو حلقات مركّزة كالزجاج والصوان .
د-الخواص التماسكية (الطرق والسحب) :وهي خاصية مقاومة المعادن للطرق والسحب والكسر والطحن والانثناء ، أي قابلية تماسك جزيئات مادة المعدن ومدى مرونتها ، ولهذه الخاصية أنواع مختلفة هي :
١- المعادن الهشّة (القابلة للكسر) : مثل الفلسبار
٢- المعادن القابلة للقطع : التي يمكن قطعها بالسكين إلى قشور وبالتالي يمكن طحنها بالمطرقة مثل الجبس .
٣- المعادن القابلة للطرق : يمكن طرقها إلى صفائح رقيقة كالذهب والنحاس .
٤- المعادن القابلة للسحب : وهي المعادن التي يمكن سحبها وتحويلها إلى أسلاك مثل الذهب والنحاس.
٥- المعادن القابلة للثني : وهي المعادن التي لها القابلية على الثني فيما إذا سلط علبها ضغطاً ولا تعود
إلى وضعها الأصلي مثل المايكا .

ثالـــثاً : الخواص الكهربائية والمغناطيسية
وهي الصفة التي بموجبها تتركز الشحنات الكهربائية على الأطراف المختلفة لبلورة المعدن نتيجة لتسخينه ، أما المغناطيسية هي تلك الخاصية التي بموجبها تنجذب بعض المعادن إذا اقتربت من المغناطيس في حين تنفر منها معادن أخرى .
رابـعاً : الوزن النوعـــي
وهي نسبة كثافة المعدن إلى كثافة الماء عند درجة حرارة (٤ ْم) تساوي (١) فالوزن النوعي في الحقيقة هو الكثافة .
خامسـاً : الخواص الحـــرارية
ويقصد بها قابلية المعادن بالتأثر بالحرارة إذا ما تعرضت لها فمثلاً هناك معادن تنصهر في لهب الشمعة وأخرى لا تنصهر إلا في لهب البنزين .
سادســاً : صفات أخرى
كالرائحة والطعم والملمس فمثلا للكبريت رائحة كريهة ، ولملح الطعام طعم مالح ، بينما يكون ملمس التالك ناعماً .

الصفات الكيمياوية للمعادن
تعتمد طبيعة المعادن وخواصها على التركيب الكيمياوي ، فبعض المعادن عبارة عن مركبات كيمياوية بسيطة في حين الآخر منها معقدة ، ويمكن معرفة ذلك بواسطة التحليل الكيمياوي ، حيث يعطي هذا التحليل
النسبة المئوية بالوزن لتركيب المعدن ، أي انه يعطي عدد الأجزاء المختلفة من العناصر أو الاكاسيد الموجودة في المعدن ، ويمكن تصنيف المعادن كيمياوياً حسب مجاميع أيوناتها إلى :
العناصـــر : وتوجد هذه العناصر طليقة بالطبيعة كالذهب والفضة والنحاس والحديد والماس والكبريت .
الاكاسيد والاكاسيد المتميئة : تتكون الاكاسيد من اتحاد عنصر مع O_2 مباشرة ، وتظهر هذه المعادن بسيطة التركيب وتتميز بصلابتها ووزنها الثقيل ، ولهذه الاكاسيدأهمية كبيرة لكونها تشمل المواد الخام الرئيسة كالحديد والكروم والمنغنيز والالمنيوم ومن أهم الاكاسيد في الطبيعة (حجر الصوان(الكوارتز)SiO_2 – حجر المسن (الكوندارم) Al_2O_3 - الهيمتايت Fe_2O_3 - المگنتايت Fe_3O_4 - الروتايل TiO_2 – البوكسايت) .
الكبريتيدات والأملاح الكبريتيدية : ويتكون من اتحاد مباشر للعناصر مع الكبريت كالذهب والفضة والحديد والنحاس والرصاص ومن أهم الكبريتيدات (الكالينا PbS - السلفابرايت ZnS - الجالكوبرايت $CuFeS_2$ - البايرايت FeS_2).
الكاربونات : وهي الملركبات الناتجة من اتحاد الكربون مع الاوكسجين مع العناصر الأخرى كالكالسيوم ومن أهمها (الكالسايت $CaCO_3$ - الدولومايت $CaMg(CO_3)_2$) .
الهالوجينات : هو اتحاد مباشر بين الكلور Cl أو الفلور F مع العناصر الأخرى مثل (ملح الطعام
(الهالايت) Nacl - الفلورايت CaF_2) .

الفوسـفات : هو اتحاد O_2 مع الفسفور مع عنصر اخر مثل الاباتايت $Ca_5F(PO_4)_3$.
السليـكات : هو اتحاد O_2 مع السليكون Si مع فلز اخر أو أكثر ومن أمثلتها (الاولوفين $(MgFe)_2SiO_4$ - التوباز $Al_2Fe_2SiO_4$ - الزرگون $ZrSiO_4$) .

الصـخور ودورتها في الطبيعة
الصخور : وهي تجمع للمعادن سواء أكانت لنفس المعدن أو لمعادن مختلفة ، والمعادن كمركبات كيمياوية تتكون وتكون مستقرة تحت ظروف معينة من الضغط وطبقاً لتوفر مكونات المعدن في المحيط الذي تتكون فيه .
وإذا ما نظرنا إلى القشرة الأرضية نجد إن الضغط والحرارة على السطح واطئة بينما في الأعماق السحيقة تكون عالية وما بينهما متوسطة ، وعليه نتوقع تكوّن صخور مختلفة ولها معادن مختلفة مميّزة تحت الظروف المختلفة للصخور بسبب طبيعة العمليات التي تؤدي إلى تكوين الصخور ونستطيع أن نتصوّر دورة مبسطة لتكوّن الصخور في الطبيعة في باطن الأرض على أعماق عشرات الكيلومترات حيث ظروف الحرارة والضغط عالية إلى درجة يبدأ انصهار الصخور لتكوّن مادة منصهرة تدعى الصهير (Magma) إذا ما ترسبت إلى مستويات أقرب إلى سطح الكرة الأرضية تبدأ بالتبلوّر والتصلب ، أما في هذه الأعماق فإذا ما وجد منفذاً إلى السطح فتخرج وتتصلب على لسطح على شكل براكين وصخور بركانية .
وفي كلتا الحالتين ونظراً لنكون الصخور من مادة منصهرة ذات درجة حرارة عالية تتجاوز (ألف درجة مئوية) فإننا ندعوها بالصخور النارية (Igneous Rocks) ، ونتيجة للعوامل الجوية فان الصخور التي خرجت إلى السطح تتعرّى وتتجوّى بواسطة المياه والهواء ، وكذلك ومع مرور الوقت ونتيجة للحركات الأرضية ولإزالة الصخور التي تعلوها بواسطة التسوية فقد تظهر الصخور التي تكونت في باطن الأرض إلى السطح وهناك تتعرض إلى عوامل التعرية ، تنتقل المواد الناتجة من التعرية أما على شكل فتات عالقة بواسطة الماء أو الهواء والعوامل الأخرى أو مذابة بالماء وتحت ظروف ملائمة تتجمع وتترتب على شكل صخور رسوبية Sedimentary Rocks .

وأما أن تتعرض الصخور الرسوبية إلى عوامل التعرية مرة ثانية أو أن تنغمر على أعماق كبيرة نتيجة الحركات الأرضية ، فإذا كانت على أعماق متوسطة وتسود ظروف حرارية وضغطية مناسبة فإنها تتحوّل في حالتها الصلبة إلى صخور تدعى الصخور المتحولة Metamorphic Rocks .
وقد يحصل هذا للصخور النارية ا ذا ما وجدت في هذه الأعماق ، أما إذا كانت على أعماق سحيقة ذات درجات حرارة وضغط عالية فأنها ستنصهر مكونة الصهيروالذي يكوّن صخور نارية لاحقاً ، وقد يحدث هذا للصخور المتحولة أيضا.

ومن ذلك يمكن القول بأن هناك ثلاثة أنواع رئيسة من الصخور وهي : الصخور النارية Igneous Rocks والصخور المتحولة Metamorphic Rocks والصخور الرسوبية Sedimentary Rocks .

ج

الصخور النارية Igneous Rocks

وتعني تلك الصخور التي تكونت من خلال تصلّب المواد المنصهرة ويطلق عليها أحيانا اسم الصخور الأولية Primary Rocks لأنها الصخور التي اشتقت منها بقية أنواع الصخور الأخرى بصورة مباشرة أو غير مباشرة ، وتؤلف الصخور النارية أربعة أخماس صخور القشرة الأرضية في الوقت الحاضر وعلى الرغم من كونها أقدم أنواع الصخور على سطح الأرض فان قسم منها يعتبر من أحدثها تكونا على سطح الأرض في الوقت الحاضر (يعتبر البركان نشطا إذا كانت آخر ثورة له حصلت في عصر البلايستوسين أو الفترة التي جاءت بعده) .

١- تسود فيها صفة البلورية إذ يكون نسيجها بلوريا لأن هذه الصخور مرّت بفترة انصهار ثم تبردت .

٢- لا تحتوي على المتحجرات ، أي لا تسمح لأي نوع من أنواع الحياة فوقها لأنها مرّت خلال تكونها بدرجات حرارية عالية .

٣- لا تظهر فيها صفة الطباقية حيث إنها تأخذ الوضعية التي كانت عليها لحظة تحوّلها من صهير إلى صخور نارية ، ويشذ عن ذلك الرماد البركاني Ash حيث تظهر الطباقية عند ترسبه داخل أجسام مائية .

تصنيف الصخور النارية

تصنّف الصخور النارية تبعا لتكوينها المعدني ولنسيجها ولحجم حبيباتها ومنطقة تواجدها على سطح الأرض ، وبشكل عام تقسم الصخور النارية إلى مجموعتين رئيسيتين كبيرتين هما :

(١) وهي الصخور التي تحتوي على كميات كبيرة من الكوارتز إضافة إلى معدن الاورثوكليز والالبايت
(فلدسبار) ويكثر وجود عنصري السليكون والالمنيوم وتكون باهنة اللون ويطلق على هذه المجموعة اسم مجموعة الصخور السيالية ومن أمثلتها الكرانيت .

(٢) وتتكون هذه الصخور من معادن الايوكايت والاولوفين ومن معادن أخرى ذات ألوان داكنة وغنية بالمغنيسيوم والحديد ويطلق عليها صخور Mafic ومن أمثلتها البازلت .

وفي اعتقادنا ان التصنيف الذي يعتمد على الموقع الأصلي لتكوّن الصخور هو من أكثر أنواع التصانيف قيمة ووضوحاً من وجهة نظر علم الجيومورفولوجياللأسباب التالية :

أ- ينعكس أثر موقع وجود الصخور الأصلي على درجة تبلورها وخصائصها الفيزياوية والكيمياوية الأخرى .

ب- تلعب الطريقة التي توجد فيها الصخور النارية دورا مهما في تحديد نوعية التضاريس التي تنشأ عنها وهو أمر مهم في علم الجيومورفولوجيا .

لذلك تقسم الصخور اعتمادا على موقع وجودها الأصلي إلى :

اولاً : الصــخور النارية الباطنية (المتداخلة)

وتضم كافة الصخور النارية التي تكونت من تصلّب المواد المنصهرة التي اندفعت من خلال تكوينات القشرة الأرضية الأخرى ويتقرر شكل التداخل من خلال عاملين هما :مقدار

سيولة الصهير Magma وطبيعة التكوين الصخري الذي يندفع من ذلك الصهير. وتعتمد درجة سيولة الصهير على ١- مقدار درجة حرارته
٢- تركيبه الكيمياوي ، أما طبيعة التكوين الصخري فله علاقة بوضع الصخور ومقدار تعرضها للحركات الأرضية .
تتصف الصخور النارية الباطنية بأنها ذوات درجات تبلور عالية بصورة عامة لكونها بردت بشكل بطئ لعدم ملامستها لسطح الأرض أو الغلاف الغازي أو المائي وكلما كان موقع تصلّب الصهير في مكان أبعد عن سطح الأرض كلما زادت الفترة التي يحتاجها لكي يبرد بسبب الضغط المسلط عليه .
وتوجد الصخور النارية الباطنية بالأوضاع التاليـــة :
١- الباثوليث Batholith
وهي كتلة من صخور نارية ذات حجم كبير تحتل مساحة واسعة تقدّر بآلاف الكيلومترات المربعة ، ويرتبط وجود الباثوليث أحيانا مع محاور الالتواءات الكبرى في القشرة الأرضية ، ويتصف بكونه غير منتظم في سطحه العلوي ، حيث تظهر فيه النتوءات الصخرية المندفعة بعيدا عـن كتلة الباثوليث ، وبالنظر إلى عظمة مساحته فانه يكون محاطا بأنواع مختلفة من الصخور فتحيط به الصخور النارية القديمة والصخور المتحولة والصخور الرسوبية . ويسمى الباثوليث الذي يكون صغير الحجم والذي تقل مساحته عن (١٠٠) كم^{٢} الستوك Stock
أو البوس Boss ولا يرتبط وجود هذه الأشكال كما في الباثوليث ببنية صخرية معينة.
٢- اللاكوليث Laccolith
وهي كتل صخرية نارية كبيرة الحجم كانت في الأصل صهيرا اندفع خلال طبقات صخرية رسوبية ، وان قوة الاندفاع لا تكفي إلى خروج الصهير فوق سطح الأرض بشكل ثورة بركانية بل اقتصر الأمر على تحدّب بعض الطبقات الصخرية من خلال تغلغل الصهير واندفاعه.

ويتصف اللاكوليث بأنه لا يوجد إلا ضمن تكوينات صخرية رسوبية طباقية ، ويتصف قسمه الأسفل بأنه يميل إلى الاستواء أو مائلاً بدرجة مشابهة لدرجة ميل الـطبقات الصخرية الأصلي ، ويكون سطحها العلوي محدبا وذا شكل عدسي يتغذّى من أسفله بمجرى واحد فقط فهناك البسيط والمركب منه ، وينكشف القسم الأعلى نتيجة التعريـة بإزالة ما يغطيه من تكوينات صخرية ، ويكون عادة بشكل قبة Dome ذات مركز يتكون من صخر ناري متبلور تحيط بها من جوانبها السفلى بقايا الطبقات السطحية الرسوبية الاقل صلابة ، ويتصف التصريف النهري المرتبط بهذا النوع من القباب بكونه مدوّراً .
٣- اللوبوليث Lopolith
وهي أجسام صخرية نارية صفائحية أو عدسية كبيرة يتقعر كل سطحها إلى الأسفل نتيجة لتعرض الطبقات والتكوينات الواقعة أسفلها للانخفاض من جرّاء ثقل الصهير الذي اندفع خلالها من خلال أنبوب تغذية واحداً أحيانا ، وتكون معظم الصخور النارية قاعدية ، وان اكبر لوبوليث في العالـم Bushveld Complex ويحتل مساحة (٥٥٠٠) كم^{٢} ويصل سمكه إلى حوالي (٨) كم^{٢}.

٤- السدود الأفقيــة Sill or Sheet

وهي كتل من الصخور النارية الباطنية تشبه الطبقات اندفعت بين الصخور الرسوبية أو المتحولة يطلق على السميكة منها Sill والرقيقة Sheet ويزيد سمك Sill على عدة مئات من الأمتار وفي بعض الحالات تمتد إلى كيلومترات عديدة ، وتتداخل السدود مع تكوينات صخريـه أفقية الامتداد أو حتى مائلة ، وتنكشف هذه الصخور بعملية التعرية وهي تحمي الصخور التي تحتها من تكوينات صخرية من إن تتأثر بالتعرية بالسرعة نفسها التي تتأثر بها المناطق المجاورة ، وتنكشف السدود الأفقية عند جوانب بعض الوديان النهرية حيث تزداد عليها درجة الانحدار بسبب مقاومتها لعمليات التعرية النهرية والعمليات الأخرى .

٥- السدود العمودية Dykes أوDikes

تختلف السدود العمودية عن الأفقية في إنها ذوات امتدادات عمودية أو قريبة منه ، كما إنها تخترق أنواع متعددة من الصخور الأخرى،وتتباين حجوم السدود العمودية فمنهـا الصغيرة وتسمى العروق Vernes إلى إن يزيد اتساعها عن عدة مئات من الامتار ويصل طولها إلى عدة كيلومترات وتمتلئ العروق بمواد تأتي إليها من أجسام صخرية نارية مجاورة كبيرة ويرتبط وجودها في المناطق التي حصل فيها اندفاع كبير للصخور الباطنية وكذلك في المناطق التي توجد فيها حركات للقشرة الأرضية بنطاق واسع ، وتنكشف أيضا بواسطة التعرية فتظهر على شكل جدران صخرية صلبة شديدة الانحدار تحيط بهامناطق منخفضة تمثل التكوينات الصخرية اللينة التي كانت تحيط بالسد .

٦- الأعناق البركانيــة Volcanic Nocks

وهي عبارة عن كتل الصهير التي كانت تملأ المداخن البركانية أو الممرات التي كانت تخرج الحمم منها عند الثوران البركاني وتبرد بصورة بطيئة ، وتقوم عوامل التعرية بإزالة قسم كبير من مكونات المخروط البركاني الذي يحيط بها وذلك لأن مواده ليست متماسكة وبذلك تنكشف لنا التكوينات النارية الباطنية بشكل اسطواني أو دائري ، وتعرف باسم الأعناق البركانية وأحيانا باسم السدادات Plugs .

٧- الفاكوليث Phacolith

تحتل قمم الالتواءات عادة ويمثل هو نفسه درجة تقوّس الطبقة الصخرية التي يوجد فيها.

ثانياً : الصخور النارية الظاهريــة

وتضم الصخور النارية الظاهرية كل المواد التي تخرج إلى سطح الأرض من الفوهات البركانية على مواقع فوق القارات أو على قيعان المحيطات وتبرد هذه المواد حال خروجها وبسرعة مكونة تضاريس مختلفة وتتصف هذه المجموعة بأن درجة بلورتها واطئة حيث تتكون من بلورات صغيرة جدا لا يمكن رؤيتها إلا بالميكروسكوب ولذلك تطغي عليها صفة الزجاجية بسبب التبريد السريع عند ملامستها لسطح الأرض أو الغلاف الغازي .

يعتمد شكل تكّدس الحمم البركانية التي تكوّن المادة الأساسية للصخور النارية الظاهرية على التركيب الكيمياوي للصهير Magma وعلى شكل فوهة البركان التي تندفع منها تلك الحمم والمقذوفات البركانية وعلى مقدار شدة الثورة البركانية نفسها .

وتقسم الحمم البركانية Lava إلى عدة أنواع حسب نسبة وجود السليكا SiO_2 ، ولذلك تنقسم الصخور النارية حسب نسبة وجود ثاني اوكسيد السليكون (السليكا) إلى :

١- صخور نارية فوق القاعدية وتقل فيها نسبة السليكا عن ٤٥% من وزنها .
٢- صخور نارية القاعدية وتتراوح نسبة السليكا فيها ٤٥-٥٢% من وزنها .
٣- صخور نارية متوسطة القاعدية وتتراوح نسبة السليكا فيها ٥٢ -٦٥% من وزنها .
٤- صخور نارية الحامضية وتتراوح نسبة السليكا فيها ٦٥-٧٥% من وزنها .
٥- صخور نارية فوق الحامضية وتزيد نسبة السليكا فيها عن٧٥% من وزنها .

وتتصف الحمم الحامضية بدرجة لزوجتها العالية وكونها سميكة القوام ولذلك تكوّن الأشكال التضاريسية الناتجة عنها مرتفعة عادة لأنها تتصلب بسرعة ولا تجري بعيدا عن الفوهة البركانية ، وكلما زادت درجة قاعدية الحمم البركانية كلما انسابت عند خروجها إلى مسافة ابعد عن الفوهة البركانية لأنها خفيفة القوام عادة ، إضافة إلى إنها لا تتصلب بسرعة ولذا تتميز الأشكال الجيومورفية الناتجة عنها بقلة ارتفاعاتها وسعة المساحات التي تشغلها مثل الهضاب والسهول البركانية والدروع .

يطلق على الحمم التي تخرج من الفوهات البركانية المختلفة وتسيل فوق سطح الأرض أسم الطفوح البركانية Lava Flow وهي في الأصل الصهير البركانيMagma التي تتراوح درجة حرارته (٥٠٠-١٣٠٠) ْم

وتتشكل الماكما في الأغلب من تسعة عناصر هي :(Ti , Mg , K , Na , Ca , Fe , Al , Si , O_2) وتمثل ٩٩% من الصهير أما بقية العناصر وعددها (٨٣) عنصرا فإنها تؤلف النسبة الباقية .

وتعتبر هضبة الدكن واحدة من بين أكبر الطفوح البركانية في العالم ، وكذلك هضبة الحبشة وجنوب البرازيل وهضبة كولومبيا في الشمال الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية .

يوجد حطام الصخور النارية الناتج عن الانفجارات البركانية العنيفة بأشكال عديدة وبأحجام مختلفة ، وتتصف القطع الكبيرة منها بأنها مثقبة بسبب تجمع وهروب الغازات منها خلال عملية تصلبها ، ويطلق على الصخور الكبيرة الحجم أسم القنابل البركانية وعلى الصغيرة منها اسم Lapilli ويطلق اسم الرماد البركاني Ash على المواد ذوات الذرات الدقيقة جدا ، وتتكون صخور المجمعات أو البريشيا Breccia من اختلاط الحمم البركانية الحديثة الخروج مع بعض مكونات المخروط البركاني الذي تحطم من جرّاء الثورة البركانية الجديدة وتتكون البريشيا من خليط من المواد الناعمة والخشنة ذات زوايا حادة .

الصخــور المتحولة Metamorphic

وهي نوع ثالث من الصخور ناتجة عن تحوّل الصخور النارية والرسوبية إلى أنواع جديدة تختلف في نسيجها وتركيبها المعدني وصفاتها الصخرية عن الصخور الأصلية أو صخور الأم ، ويحدث هذا التحوّل نتيجة عوامل التحول (الحرارة – الضغط – الحركة – المحاليل الكيمياوية) .

عــوامل التحــوّل

أولا : الحرارة وتؤثر الحرارة بطريقتين :

أ-الحرارة المباشرة : وهي الحرارة الناتجة من اقتحام الأجسام النارية الطبقات الصخرية مما تسبب شوي وتسخين الطبقات الصخرية والصخور المجاورة لهذه الأجسام النارية ، وبالتالي تعمل على تغيير صفاتها الصخرية .

ب-الحرارة الباطنية : وهي الحرارة الناتجة من ازدياد درجات الحرارة تدريجيا كلما توغلنا بأعماق القشرة الأرضية بحيث تتأثر الصخور الباطنية نتيجة لهذا التزايد في درجات الحرارة .

ثانياً : الضغـط وهو بنوعين :
أ- مباشر وحركي : وهو الضغط الناتج عن حركة الصخور الموجودة في القشرة الأرضية واحتكاكها مع بعضها البعض مما يؤدي إلى إجهاد على هذه الصخور وبالتالي تعمل على تغيّر في صفاتها النسيجية والمعدنية .
ب- تدريجي بسبب ثقل الصخور : ويحصل نتيجة للضغط المسلط على الصخور العميقة في موقعها في القشرة الأرضية وذلك بسبب ثقل الصخور التي فوقها بحيث يزداد هذا الضغط تدريجيا كلما توغلنا في باطن الأرض .
ثالثاً : المحاليل الكيمياوية
وهي المركبات المعدنية السائلة والمذابة والتي تتخلل الصخور الرسوبية أو النارية وتتفاعل معها فتؤدي إلى تحويل صفاتها النسيجية والمعدنية اعتمادا على عوامل التحوّل ،
ويمكن تقسيم عمليات التحوّل إلى ثلاثة أنواع :
١- التحول التماسي (الحراري)
وهي عملية التحول التي تنتج عن احتراق الأجسام النارية للطبقات الصخرية المختلفة مما يؤدي إلى تسخين وشوي وأحيانا إذابة الصخور وإعادة تصلبها من جديد على شكل أنواع صخرية جديدة ، ويحدث هذا التحوّل نتيجة لتماس الجسم الناري بالصخور المجاورة وهي تتدرج في تأثيرها مكونة حلقات أو هالة تحيط بالجسم الناري ويتضاءل هذا التأثير كلما ابتعدنا عن الجسم الناري .
٢- التحوّل الديناميكي
وهي عمليات التحول الناتجة عن تأثير الحركات والانهيارات والكسور في القشرة الأرضية والتي تؤدي إلى اجهاد وشد وسحج (حك) وتفتيت الصخور مما يؤدي إلى تغيّر نسيجها وتركيبها المعدني ، وتكون عمليات التحول الديناميكي مثل عمليات التحول التماسي سريعة نسبيا وتحدث في مناطق محددة نسبيا .
٣- التحوّل الإقليمي
وهي عمليات التحول التي تحصل في الطبقات الصخرية نتيجة لتأثير الضغط والحرارة التدريجية والتي تتراكم وتزداد كلما توغلنا في أعماق القشرة الأرضية .
ولابد أن نشير إلى بعض الصخور المتحولة من الصخور الرسوبية
الرخام الذي تحول من حجر الكلس
الاردواز الذي تحول من الطفل
أما الصخور المتحولة والتي تحولت من الصخور النارية هي الشيست ، النايس

الصـخور الرسـوبية Sedimentary Rocks

وهي الصخور التي تكونت من حطام الصخور القديمة وكذلك من المعادن التي تجمعت وتصلبت بشكل طبقات وتنتج أيضا من جرّاء عمليات عضوية ويكون بعضها نتاجا لترسب المعادن المباشر من المياه المحملة بالأملاح ، ويتم ترسيبها أما داخل الأجسام المائية كالبحار والمحيطات أو فوق اليابسة نفسها .
تغطي الصخور الرسوبية حوالي (٧٥%) من سطح الأرض وتزيد على ذلك فوق المحيطات ، وتعليل هذه الظاهرة إن القسم الأعظم من اليابسة كان تحت الماء في وقت من الأوقات ، وهناك

الكثير من الترسبات لم تكن تحت الماء أصلا مثل السهول الطموية الواسعة والمراوح الغرينية تحت قدمات السلاسل الجبلية ، ويمكن الاستدلال على الظروف السائدة أثناء عملية الترسيب هل هي فوق اليابسة أو فوق قاع المحيطات من خلال المتحجرات والنسيج الصخري ، ويمكن من خلال الدراسة معرفة المناخ الذي كان سائدا أثناء عملية الترسيب

إن سمك الصخور الرسوبية في القشرة الأرضية (٢.٤)كم ويصل إلى (٨-١٦) كم في حالة الأخذ بنظر الاعتبار الصخور الأخرى المتداخلة معها ، وتوجد صخور رسوبية قديمة ، فقد وجدت صخور المجمعات Conglomerate في زيمبابوي تعود إلى قبل (٣.٥) مليون سنة .

أنواع الرواسب التي تكوّن الصخور الرسوبية والصخور الناتجة عنها

تقسم الرواسب التي تكوّن الصخور الرسوبية إلى مجموعتين رئيستين هما :

المجموعة الأولى : الرواسب الصخرية النشأة والتي تحطمت ونقلت بعمليات ميكانيكية

وتتم هذه العملية ميكانيكيا على الصخور فتتحوّل إلى حطام صخري متباين في حجم ذراته :

جلاميد كبيرة	أكبر من ٢٥٦ ملم
الجلاميـــد	٦٤-٢٥٦ ملم
الحصى	٤- ٦٤ ملم
الحصى الصغيرة	٢ -٤ ملم
الرمــل	١٦/١ – ٢ ملم
الغرين	٢٥٦/١ – ١/ ١٦ملم
الطين	أقل من ٢٥٦/١ ملم

ينقل هذا الحطام الصخري من مكان للآخر بواسطة الأنهار والثلاجات والأمواج والتيارات البحرية وتسمى بحرية ، أما إذا ترسبت في البحيرات فتسمى رواسببحيرية ، وتسمى رواسب طمويّة إذا ترسبت على قيعان الانتهار والوديان ، وتتجمع الرواسب الجليدية التي تنقلها الرياح في أمان معينة أخرى ، وتتصف الرواسب التي تتجمع داخل الأجسام المائية بأنها ذات ترتيب طباقي ، في حين لا تظهر هذه الصفة في الترسبات الجليدية والتي تنقلها الرياح .

تتماسك ذرات الرواسب الميكانيكية النشأة من ذرات مفككة إلى صخور متماسكة بعدة عمليات :

١- عملية التماسك بالالتحام Cementation

وتسود هذه العملية في الذرات الكبيرة الحجم كالجلاميد والحصى والرمل ، حيث تسمح هذه الذرات للماء الباطني بالبقاء والانتقال فيها بسهولة وذلك لكبر حجمها وتبعاً للضغط الهايدروستاتيكي ، تحتوي هذه المياه على الأملاح المعدنية الذائبة فتقوم بترسيب بعض هذه الأملاح بين تلك المسامات الموجودة بين تلك الذراتفتعمل على التحامها وتماسكها ، وقد تقوم المياه بإذابة بعض الرواسب ومن ثم اعادتها ثانية على شكل رواسب كما في بعض صخور الكاربونات والدولومايت ، ومن المعادن الرابطة هي الكالاسايت ، الكوارتز واكاسيد الحديد .

٢- عملية التماسك بالإحكام Compaction

تسود هذه العملية في الرواسب ذات الذرات الصغيرة الحجم كالغرين والطين ، وتتم عملية الترسيب من خلال زيادة سمك الرواسب وزيادة ضغطها على الطبقات السفلى ،وهذا يؤدي إلى تناقص حجم المسامات ويطرد الماء الموجود في داخلها ، ويطلق على هذا الأسلوب ((عملية التماسك بالتجفيف)) ، فالطين مثلا يحتوي على (٤٥%) من حجمه مسامات تتحول إلى (٥%) فقط عندما يتحول الطين إلى صخور الطفل

Shale عند عمق ألفا متر ويساعد على حدوث هذا النوع بعض الحركات الأرضية والتي تعمل على زيادة الضغط على الرواسب ، وقد تؤدي الضغط الشديد إلى حدوث ظاهره التبلوّر .

أنواع الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة

١- صخور المجمعات (المتكتلات) Conglomerate

تتكون هذه الصخور أما من تجمع الحصى والجلاميد والرمال مع كميات قليلة من الطين وتحتوي على كميات كبيرة من الكوارتز ، وقد تتكون من التعرية النهرية للصخور القديمة حيت تتحول تلك الانواع من الرواسب بعملية الالتحام إلى صخور وقد تكون مقاومة لعوامل التعرية إذا كانت تحتوي على نسبة عالية منالسيليكا وتكون ذات مسامية عالية ، ويظهر هذا النوع من الصخور في تكوينات باي حسن
(البختياري سابقاً) .

٢- الصخور الرملية Sand Stone

تتكون من صخور رملية ناعمة تشبه السكر المطحون ، أو أن تكون كلسية كما في الصخور المرجانية وتتكون بعملية الالتحام بواسطة مواد لاصقة أخرى وهي التي تتحكم بلون الصخور ، فتكون مائلة للاحمرار إذا كانت المواد اللاصقة اكاسيد الحديد ، أو قد تكون بيضاء اللون إذا كانت كاربونات الكالسيوم وتكون في هذه الحالة ذات مقاومة قليلة للتعرية ، أما إذا كانت المواد اللاصقة السليكا فإنها تكون مقاومة للتعرية ، ويحتوي الحجر الرملي ذا مسامية عالية ويحتوي على خزانات كبيرة من المياه الباطنية .

٣- الصخور الطينية (الطفل) Shale

وهي الصخور الناتجة من تماسك الطين والغرين بعملية التماسك بالإحكام ، وتكون قابلية هذه الصخور على إمرار الماء خلالها قليل جدا لصغر وقلة مساماتها ، لذا تكون قابلية تعرية سطحها كبيرة وتكوّن أراضي مضرسة في مناطق المناخ شبه الجاف ، ينحصر الماء الباطني فوق التكوينات الصخرية وتمنعه من النفاذ إلى الأسفل لذلك نجده يتجمع فوق التكوينات الصخرية المسامية التي تقع فوقها ويحاول الخروج من منطقة الاتصال بين الصخور الطينية والصخور الحاوية علية إلى الأعلى .

العمليات الجيوموفولوجية: Geomorphological Processes

أولاً: عمليات التجوية Weathering Processes

تعني التجوية التحول الفيزياوي Disintegration أو التحول الكيماوي Decomposition أو كليهما لمعادن الصخور على سطح الأرض أو بالقرب منه. إن معظم الصخور والمعادن المنكشفة على سطح الأرض أو بالقرب منه أو تحته مباشرة تكون متواجدة في بيئة لا تتشابه مع البيئة التي تكونت فيها هذه الصخور. وخاصة الصخور النارية والمتحولة التي تكونت في درجات حرارة وضغوط عالية. لذلك يمكن إيجاز تعريف عملية التجوية بأنها عملية تحول الصخور ومعادنها إلى إشكال قد تكون أكثر ثباتا في ظل وضعيات جديدة في بيئتها بفعل الرطوبة ودرجات الحرارة والنشاط البايولوجي.

والتجوية عملية خارجية لا صلة لها بباطن الأرض. وقد عرفها البعض بأنها عملية ابتدائية تعمل على تمهيد الصخور لعمليات الحمل والنقل والارساب، ولولا عملية الإعداد هذه لما تمكنت عوامل الحت والنقل من تأدية عملها على الوجه الأكمل، وتحتاج عمليات التجوية كافة إلى الطاقة اللازمة لقيامها بعملها سواء كان ذلك العمل ميكانيكيا أم كيماويا أو حيويا، ويهيئ الجو تلك الطاقة من خلال أشعة الشمس وطاقتها الحرارية. حيث أن الطاقة الشمسية هي المسئولة عن أي تغيير

يحدث في حالة الغلاف الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية وينعكس ذلك بدوره على فعاليات عمليات التجوية المختلفة.

وتعتبر عملية التجوية مهمة جدا للحياة على سطح الأرض إذ أنها المسؤول الرئيسي عن تكوين التربة التي تعتبر الأساس الأول لدورة الحياة على سطح الأرض.

تتميز عمليات التجوية بأنها بطيئة جدا بصورة عامة بحيث لا يمكن ملاحظتها بصورة مباشرة. وقد أمكن من خلال المباني التي أقامتها الحضارات الإنسانية الأولى وما جمع عنها من معلومات أثرية وتاريخية تقدير معدل التجوية لأنواع الصخور المختلفة وعلى فترات طويلة.

أنواع التجوية:

تضم التجوية العمليات الكيماوية والفيزياوية (أو الميكانيكية) التي يستطيع الجو من خلالها أن يؤثر على الصخور. ولذلك فهي تقسم إلى التجوية الميكانيكية أو الفيزياوية والتجوية الكيماوية. ويضيف البعض من المختصين نوعا ثالثا من التجوية وهو التجوية العضوية حيث يناقشون فيه اثر الأحياء على الصخور. غير أن عمل الأحياء هذا لا يتعدى كونه عملا فيزياويا (ميكانيكيا) أو عملا كيماويا ولذلك فمن المستحسن أن تقسم التجوية إلى القسمين الأولين فقط.

وتعمل التجوية الفيزياوية على تتفكك الصخور الأصلية إلى مواد اصغر من حيث حجمها، ولا يصاحب هذه العملية أي تغير ملحوظ من الناحية الكيماوية أو في التركيب المعدن للصخور. أما التجوية الكيماوية فتعمل على تغير التركيب الكيماوي والمعدني للصخور التي تتعرض لهذه العملية. وتحدث هاتان العمليتان بشكل متلازم في الطبيعة بحيث يصعب فصل تأثير أحداهما عن الأخرى. وبذلك فان عمليات التجوية تعمل كأداة تكيف الصخور المكونة للقشرة الأرضية مع البيئة التي توجد فيها، وفيما يلي توضيح لأنواع التجوية:

أ- **التجوية الميكانيكية (الفيزياوية):**

يقوم الجو بوساطة هذه العملية في التأثير على الصخور بأساليب فيزياوية حيث تتحطم الصخور إلى فتات صخري اصغر حجما من الصخور الأصلية، ولا يحدث أي تغيير مهما كان بسيطا في التركيب الكيماوي للصخور الناتجة. ويلعب هذا النوع من أنواع التجوية دورا مهما في زيادة المساحة السطحية للفتات الصخري الناتج عن تحطم الصخرة الأصلية، الأمر الذي يزيد من احتمالات تعرضها إلى عمليات التجوية الأخرى وخاصة التجوية الكيماوية. ويمارس الجو دوره الفيزياوي بأساليب متعددة يمكن إجمالها بالاتي:

١- تأثير التمدد والتقلص على التجوية:

إن المعادن لها معاملات تمدد مختلفة عن بعضها البعض، كما أن الزيادة في الحجم نتيجة للتمدد تختلف بين صخر وأخر بعد التسخين. والصخور عدة معادن وهذه المعادن تتمدد بشكل مختلف من معدن لأخر، وهذا التفاوت في التمدد يؤدي إلى إنفراط المعادن لان قوة التماسك بينها تقل، وبعد التقلص لا تعود إلى مكانها بل تبتعد قليلا وهذا يؤدي إلى إحداث فراغات في الصخور مما يزيد التجوية الميكانيكية. أي الذي يؤثر على التجوية هو التفاوت في التمدد والتقلص، والتفاوت في البداية قد يؤدي إلى انفراط أو انفصال في الصخر (Fritting). كما أن الصخور بصورة عامة تتلقى الشمس من الأعلى لذلك فان الطبقة العليا هي التي تسخن أولا كذلك هي التي تبرد أولا، أما الطبقة السفلى فتكون الحرارة فيها اقل وعندما تبرد لا تبرد بسرعة، وهكذا كلما زادت الأعماق في هذه الحالة تتفاوت درجات الحرارة في طبقات الصخر كلما انخفضنا للأسفل، أي أصبح لدينا نطاقات حرارية في الصخر، وبالتالي عندما تتمدد الطبقة العليا فإنها تختلف في تمددها عن الطبقات التي أسفلها، وهذا يؤدي إلى تفاوت في التمدد والانكماش الناتج عن التبريد والتسخين بين كل طبقة وأخرى مما ويؤدي إلى انفصال أفقي عن الطبقات التي تحتها، وتفتت الصخر، وهكذا تنفصل كل

طبقة عن الأخرى وهذا يؤدي إلى وجود مفاصل أفقية أو دائرية. وبالتالي فان المنطقة التي تتأثر بذلك تتحول إلى طبقات صخرية من نفس النوع وفي هذه الحالة فان الطبقة الأولى تنسلخ عن الطبقة الثانية وتفقد تماسكها مع بقية الكتلة الجبلية ومع مرور الزمن تنتزع الطبقة العلوية على شكل كتل كبيرة، وهكذا تنسلخ كل الكتل الصخرية. وفي النهاية فان جبلا كاملا قد يتلاشى بهذه الطريقة وهذا ما يسمى بالزوال الدائري أو التقشير للصخور، ويبقى قلب الصخور دون تتفتت يكون اصلب جزء في الصخر ولا يتأثر بعوامل التفت بشكل كبير.

ب- تأثير الحرارة والرطوبة:

تحدد درجة الحرارة وكمية الأمطار ونوع وشدة عمليات التجوية المختلفة. إذ تتعرض الحبيبات المعدنية والأسطح الصخرية إلى التفتت Fretting والتشقق والتقشر Exfoliation بسبب الاختلافات الحرارية اليومية الشديدة، وما تؤدي إليه من تفاوت في معدلات التمدد والتقلص المعدني. أما الرطوبة سواء كانت متوفرة على شكل مطر أو ندى، فإنها تعمل، أيضا، على إضعاف الصخر كيماويا وميكانيكيا معتمدة في ذلك على نسبة الحموضة PH ومعدل تركيز المطر أو حجم قطراته المائية. فالمعادن المختلفة تتحلل في ظروف حمضية مائية متفاوتة: فالألمنيوم على سبيل المثال، يصبح أكثر تأثرا بعملية الإذابة من السيلكا إذا قل معدل PH في الماء عن ٤، في حين يصبح غير قابل للذوبان إذا تراوح هذا المعدل ما بين ٥ – ٩، وذلك على عكس السيلكا التي تزيد قابليتها للذوبان في هذا المعدل. أما الحديد فان قابليته للذوبان تزيد بحوالي ١٠٠٠٠٠ مرة إذ بلغ معدل PH في الماء ٦ عنها إذا كان المعدل ٨.٥.

ولا يمكن الفصل بين تأثير كل من درجة الحرارة والرطوبة في إضعاف الصخر. إذ تزيد فعالية التجوية الكيماوية بحوالي الضعف أو الثلاثة أضعاف لكل ارتفاع في درجة الحرارة يعادل عشر درجات مئوية كما أن انخفاض درجة حرارة الماء إلى ما دون نقطة التجمد يزيد من نشاطه الميكانيكي. ففي حالة تجمد الماء يزداد حجمه في الفراغات الصخرية بنسبة ٩% مما يضغط على الصخور ويفتتها ويشققها. وقد يصل ضغط الماء المتجمد والمحصورر في الصخور عند درجة الحرارة – ٢٢°م إلى ٢١٠٠ طن / قدم مربع.

من ناحية أخرى، يمكن أن تؤدي الأمطار إلى انجراف التربة وانكشاف الصخر لعوامل الجو مباشرة بفعل ما تقوم به من تعرية متناثرة Splash erosion أو تعرية طبقية Sheet erosion أو قنوية Channel erosion. وتعتمد الأمطار في نشاطها الحتي على طاقتها الحركية Kinetic energy ومدة الأمطار وكذلك على نوعية الغطاء النباتي وتماسك حبيبات التربة، ويمكن أن يؤدي ضغط قطرات المطر إلى رفع حبيبات التراب لعلو قدمين في الهواء ونقلها لمسافة خمسة أقدام مما يساهم في تفتت الصخور.

أما دور التغيرات في درجات الحرارة في التأثير على التجوية وتفتت الصخور فانه ما زال غير واضح الى حد الآن. إذ يحدث أن تتعرض الصخور في المناطق الجوفية وشبة الجوفية إلى التسخين الشديد أثناء النهار جراء تعرضها إلى أشعة الشمس ولكونها جردا خالية من الغطاء النباتي، فان المعادن ألمكونه لهذه الصخور تتمدد بدرجات متفاوتة. ويعمل انخفاض درجات الحرارة في أثناء الليل على التقلص، وبالنظر إلى عدم تساوي معاملات التمدد والتقلص هذه لكل المعادن ألمكونه للصخور فان تكرار هذه العملية يؤدي إلى تفكك الصخور وتحطيمها.

وتلعب التغيرات في درجة الحرارة دورا آخر في عملية تحطيم الصخور عندما يحدث نوع من التقشر exfoliation نتيجة تعرض الطبقة العليا من الصخور إلى التغيرات اليومية في درجات الحرارة الأمر الذي يحتم عليها أن تنفصل عن بقية أجزاء الصخرة الواقعة أسفلها والتي لا تتأثر

بالدرجة نفسها بالتغيرات الحاصلة في درجات الحرارة. وينتج عن هذه العملية انفصال قشور صخرية بشكل صفائح رقيقة تتساقط عند أسفل المنحدرات. وتتأثر الصخور النارية بهذه العملية أكثر من الصخور الرسوبية لان معظم الصخور الرسوبية كانت في الأصل صخورا نارية مرة بهذه العملية.
إن الصخور ليست جيدة لتوصيل الحرارة، وان انتقال الحرارة من السطح إلى الداخل يكون قليلا، وبالتالي لا تتمدد الأسطح الداخلية بنفس تمدد وتقلص السطوح الخارجية وهذا يؤثر على مدى انفراط وتكسر الصخر.

لقد أجرى الباحث الجيومورفولوجي جرجز (Griggs) تجربة كان الهدف منها معرفة كيف يؤدي التسخين والتبريد إلى تفتيت الصخر. واحضر جرجز ثلاثة قطع صخرية من الجرانيت وقام بتسخينها على درجة حرارة ١٤٠ ° م لمدة ٥ دقائق داخل فرن وبعد ذلك برد القطع الصخرية الثلاثة على درجات حرارة ٣٠ ° لمدة ١٠ دقائق وكرر العملية ٨٩٤٠٠ مرة في مدة ٣ سنوات ولكن الصخر لم يظهر علية أي تفتت، إذا في هذه الحالة اثبت خطاء النظرية وهذه يحتاج لتفسير، وهكذا لاحظ جرجز لما أعاد العملية في جو آخر واحضر نفس الصخور وسخنها وبردها بواسطة التغطيس بالماء وكان التبريد لمدة (٦) ساعات في جو درجة حرارته ١٢ ° م تحت الصفر، والتسخين لمدة ساعة في ماء لمدة درجة حرارته ٢٠ ° م ، وكرر العملية ٥٠٠٠ مرة ولم يحدث أي تغيير على الصخر. ولكن بعد ذلك وقبل بدء تسخين الصخر وضعة في محلول من الماء وسلفات الصوديوم وبعد أن نقع الصخور في هذا المحلول وسخنها وبردها بالماء كرر العملية ٤٢ مرة فقط، وبعد ذلك تفتت الصخر وانفرط. وهذا يدل على عدم وجود تجوية ميكانيكية لوحدها بل تتداخل العمليات الميكانيكية والكيماوية. أي دخلت عوامل الماء والاكاسيد والحوامض وهذه المواد الكيماوية تساهم في تفتت الصخر بدليل تجربة جرجز، والتي دلت على تداخل التجوية الميكانيكية والكيماوية مع بعضهم البعض في تفتت الصخور.
تشتد عملية التجوية الميكانيكية الناجمة من التغيرات في درجات

ج- اثر الصقيع:

يعتبر الصقيع من أكثر عوامل التجويه الميكانيكية تأثيرا، إذا يزداد حجم الماء عند تجمدة إلى حوالي ٩% من حجمه السابق. فلو فرضنا أن هذا الماء كان محصورا في مكان ما فانه سوف يولد ضغطا يصل إلى حوالي ٢٠٠٠ باوند على كل ١ بوصة مربعة، أو ١٢٥ كغم على كل ١ سم مربع. ومن الطبيعي أن يؤدي تجمد الماء الموجود داخل المفاصل والشقوق أو المسامات الموجودة داخل الصخور إلى زيادة الضغط والى تحطيم تلك الصخور إلى قطع صغيرة. ويؤدي تعاقب عملية الانجماد والذوبان إلى توسيع الشقوق الموجودة بين الصخور حتى تتكسر بعد ذلك إلى كتل منفصلة. ويتركز اثر الصقيع بصورة خاصة في مناطق العروض الوسطى والعالية وكذلك فوق الارتفاعات العالية، حيث تسمح ظروف الحرارة السائدة بتكرار عملية الانجماد والذوبان. وتتأثر الصخور الرسوبية بهذه العملية أكثر من الصخور النارية بسبب كثرة المفاصل والشقوق والفراغات فيها، وتتحول الصخور من جراء هذه العملية إلى حطام صخري ذي جوانب حادة. ويظل ذلك الحطام الصخري في مكانه إذا كان موجودا فوق منطقة ذات انحدار قليل، تتساقط المفتتات ويتجمع عند أسفل المنحدرات مكونا أشكالا مخروطية الشكل تعرف باسم التالوس Talus أو Scree.

د - اثر إزالة الضغط:

عند إزالة الضغط يحصل تمدد للصخور، والتمدد لا يحصل بصورة متكافئة بل يحدث بصورة تدريجية ويتبعها تشقق في الصخر، مثل المناطق التي كانت مغطاة بالجموديات (الجليد) حدث بها خدوش وشقوق بعد زوال الجليد عنها، مما أدى إلى تصدعها على شكل تجوية ميكانيكية، ونفس الشيء ينطبق على المناطق التي كانت مغطاة بالبحار. هذا ويؤدي تناقص الضغط المسلط على

الصخور بسبب تعرضها للتعرية وإزالة الطبقات العليا منها إلى حدوث نوع آخر من التقشر إذ تظهر المفاصل والشقوق بوضوح في الصخور الأمر الذي يعرضها إلى المزيد من تأثير التعرية.

هـ- التمدد الناتج عن التغيرات الكيماوية والنمو البلوري:

ويتكون من جراء بعض العمليات الجوية الكيماوية التي تتعرض لها الصخور وخاصة إذا رافق ذلك عمليات ترطيب، تتكون أنواع جديدة من المعادن التي تكون اكبر حجما من المعادن الأصلية الأمر الذي يؤدي إلى حدوث تفكك لمكونات الصخور. وهناك نوع آخر من التمدد الذي يحصل للصخور نتيجة تغلغل البلورات الملحية داخل المسامات الموجودة بين ذرات الصخور. وتسود هذه الحالة في المناطق الجافة وشبة الجافة بدرجة رئيسة حيث يؤدي نمو معادن ملحية اكبر حجما نتيجة لعمليات كيماوية إلى تحطيم المواد اللاحمة لذرات تلك الصخور. وتحدث هذه العملية أيضا عندما يرتفع الماء الجوفي خلال مسامات الصخور نحو الأعلى بموجب الخاصية الشعرية حيث يتبخر في النطاق الأعلى الجاف من الصخور الذي يقع فوق مستوى الماء الجوفي تاركا ما يحمله من أملاح داخل المسامات الصخرية. وبنمو تلك البلورات الملحية تتفكك المواد اللاحمة لذرات الصخور وتتقشر طبقات منها بسبب التمدد الحاصل في حجم البلورات الملحية. ومن أهم المعادن الملحية التي تتسبب في هذه العملية هي الجبس والهاليت (كلوريد الصوديوم).

ب- التجوية الكيماوية:

تظم التجوية الكيماوية مجموعه من التفاعلات المعقدة التي تقوم بها مواد مختلفة كالماء والأوكسجين وثاني أكسيد الكربون والحوامض والمواد العضوية. وتعمل هذه المواد عند تأثيرها على الصخور إلى تغيير وتبديل المعادن وتركيبها الكيماوي.
وينتج من معظم العمليات الكيماوية للجو تغييرات تشمل:
١- زيادة في الحجم الذي يؤدي بالتالي إلى زيادة الضغط الداخلي للصخور.
٢- تقليل في كثافة المعادن.
٣- ذرات ذوات أحجام صغيرة ينتج عنها زيادة في المساحة السطحية.
٤- مواد أكثر استقرار أحيانا.
٥- مواد أكثر قدرة على الانتقال.
وتعتبر الزيادة في المساحة السطحية (البينية) ذات أهمية خاصة إذ بموجبها سوف يزيد معدل التفاعل بين مواد الصخور وبين المحيط الغازي أو السائل المجاور لها وتعتبر التجوية الكيماوية وعلى نطاق الأرض كلها أكثر فعالية من التجوية الميكانيكية في تحطيم الصخور. ويبدو هذا النوع من التجوية مسيطرا تماما في بعض الأقاليم التي ترتفع فيها درجات الحرارة مع زيادة في كمية الأمطار.
وتضم التجوية الكيماوية عدة عمليات هي:

١- عملية الذوبان Solution

تأتي عملية الذوبان كمرحلة أولى في التجوية الكيماوية، حيث تظهر هذه العملية أثناء جريان الماء أو عندما يقوم الماء بالاحاطة بذرات الصخور بشكل غشاء رقيق. وتعتمد عملية الذوبان على كمية الماء الذي يمر فوق سطوح الذرات وكذلك على قابلية الذوبان للذرات الصخرية نفسها. فعلى سبيل المثال يكون ملح الطعام ذا قابلية عالية للذوبان في الماء النقي ولذلك فانه لا يظل موجودا في القشرة الأرضية إلا في المناطق الجافة. وتكون قابلية الجبس على الإذابة اقل منه وكذلك الحالة بالنسبة إلى الكاربونات. وتعتبر عملية الذوبان ذات أهمية قليلة في التجوية الكيماوية فيما عدا حالات نادرة عندما تتكشف الصخور الملحية على سطح الأرض، غير أنها تلعب دورا هاما في نقل المنتجات المتخلفة عن عمليات تجوية أخرى وخاصة عملية التحليل المائي وعملية التكربن.

٢- عملية التحلل المائي Hydration

تعني هذه العملية التفاعل الكيماوي الذي يجري بين الماء ومعادن الصخور. ويحدث هذا النوع من التفاعل حيثما يوجد اتصال بين المعادن الصخرية وبين الماء الذي قد يكون ماء نقيا. وتعتبر هذه العملية من أهم عمليات التجوية الكيماوية بسبب تأثيرها على الفلسبار وهو المكون الرئيسي لمعظم المعادن الصخرية حيث يدخل الماء إلى التركيب الذري للمعدن الصخري مكونا معدنا جديدا. وتعد الحالة التي تحصل لمعدن الارثوكليز مثالا جيدا على هذا النوع من التفاعل الكيماوي، إذ يتمثل الفدسبار بصورة نموذجية في معدن الارثوكليز الذي يؤلف بدوره احد المعادن التي تحتويها صخور الجرانيت. حيث يتفاعل الارثوكليس مع الماء الذي يحتوي بدوره على كميات من حامض الكاربونيك فينتج عن التفاعل معدن جديد هو الكاؤولين كما في المعادلة التالية:

$$2k\ Al\ Si_3\ O_8 + 2H_2\ CO_3 + 9H_2O \longrightarrow Al_2Si_2O_5\ (OH4) + 4H\ SiO_4 + 2K\ (HCO_3)$$

الارثوكليس + حامض الكاربونيك +الماء ← الكاؤولين +حامض السيليسيك + بيكاربونات البوتاسيوم

وبذلك فقد تحول احد معادن صخور الجرانيت النارية الصلبة إلى الكاؤولين وهو معدن لا يستطيع مقاومة عوامل التعرية وخاصة المياه الجارية الأمر الذي يجعل الصخرة كلها غير مقاومة لهذه العمليات الجيومورفولوجية. وتكونت بهذه الطريقة معظم معادن الطين وذلك لان الفلسبار شديد الانتشار بين الصخور.

٣- عملية الترطيب (الاماهة): Hydration

تحدث هذه العملية عندما تتحد جزيئات الماء مع التركيب الكيماوي لواحد أو أكثر من معادن الصخور. حيث يزداد حجم المعادن تبعا لذلك، إضافة إلى التغير الكيماوي الذي يحصل عليها. وخير مثال على ذلك ما يحدث عن تحول معدن الانهايدرايت anhydrite بعد ترطيبه إلى الجبس كما في المعادلة التالية:

$$CaSO_4 + H_2O \longrightarrow Fe_2O_3.3H_2O$$

ماء + انهايدرايت ← الجبس

ومن الأمثلة المعروفة على هذا النوع من التجوية الكيماوية ما يحصل عند ترطيب معدن الهمياتايت إذ يتحول إلى معدن الليمونايت كما في المعادلة التالية:

$$2FeO_3 + 3H_2O \longrightarrow Fe_2O_3.3H_2O$$

هيماتايت + ماء ← ليمونايت

(احمر اللون) (اصفر اللون)

تزيد عملية الترطيب من حجم المعادن الصخرية ويؤدي هذا التغير في الحجم إلى تحطيم الصخور بسبب زيادة التضاغط بين ذراتها. وتتأثر الصخور النارية بهذه العملية أكثر من الصخور الرسوبية فيما عدا بعض الصخور الرملية التي تحتوي على المايكا بكثرة إذ تتأثر هذه بعملية الترطيب وتتحول الصخور الرملية بعدها إلى ذرات منفصلة. وتحضر هذه العملية من سطوح المعادن الصخرية لكي تصبح أكثر قابلية على التأثر بالعمليات الكيماوية الأخرى مثل التأكسد أو التكربن. وترجع ألالوان الجميلة المتباينة للصخور في المناطق ذوات المناخ الجاف وشب الجاف إلى تعرض الحديد في الصخور إلىعملية الترطيب.

٤- عملية التكربن (التفاعل الايوني) Carbonation

و تتحول بعض المعادن الصخرية مثل الجير والصودا والبوتاس وغيرها من الاكاسيد القاعدية إلى كاربونات بوساطة حامض الكاربونيك في الماء أو في الهواء، ويعتبر ثاني اوكسيد الكربون مصدر تكوين حامض الكاربونيك ويوجد هذا في هواء التربة وكذلك في الغلاف الجوي حيث يتكون حامض الكاربونيك عند ذوبان هذا الغاز بالماء. وتكون لهذا الحامض القابلية على مهاجمة الصخور التي تحتوي معادنها على عناصر الحديد والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم، حيث تذوب هذه العناصر بحامض الكاربونيك فتتحول إلى كاربونات ذات قابلية كبيرة على الذوبان. ويهاجم الماء الذي يحتوي على حامض الكاربونيك الحجر الجيري حيث يتحول إلى بيكاربونات تكون قابلية ذوبانها اكبر بمرات عديدة من قابلية الإذابة للحجر الجيري كما في المعادلة التالية:

$$CaCO_3 \pm H_2O + CO_2 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

كاربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) + ماء + ثاني اوكسيد الكربون ← بيكاربونات الكالسيوم

هذا وتنتقل البيكاربونات وهي ذائبة في الماء تاركة المواد الأخرى التي لا تذوب فيه بالسرعة نفسها في مكانها. وقد تكونت بهذه الطريقة معظم الأشكال الكارستية والكهوف. ويزداد تأثير حامض الكاربونيك من خلال أنواع أخرى من الحوامض العضوية الموجودة في التربة والناتجة من تحلل المواد النباتية بالدرجة الأساسية وتهاجم الأحماض العضوية الموجودة في التربة الفلسبار أثناء الفصل المطير وتكون نواتج ذلك مهمة في عملية النمو النباتي.

٥- عملية التأكسد (الاكسده) Oxidation

تحدث هذه العملية عندما يتحد الأوكسجين الموجود في الغلاف الجوي مع المعادن المكونة للصخور وعلى الرغم من سعة انتشار هذا النوع من التجوية الكيماوية الا أن أهميتها قليلة.

٦- التجوية الكيماوية العضوية:

توجد الأحياء في التربة بكميات هائلة وخاصة في الأقاليم المناخية الرطبة حيث تقدر بحدود ٣٠ – ٤٠ طن في الهكتار الواحد. وتحتوي التربة بين ٢ – ١٤ مليون بكتريا في كل ١ سم مكعب، وينتج عن وجود نشاط البكتيريا تكون مادة معقدة تعرف بالمواد العضوية Humus. وتذوب هذه في الماء الذي يكون بشكل حامض التركيز ويقوم هذا بدوره بمهاجمة السيليكات الموجودة في الصخور، حيث تتحول حتى المعادن غير القابلة للذوبان فيا بهذه الطريقة إلى محاليل غروية يسهل على الجذور امتصاصها.

ج- التجوية البايولوجية (النشاط الحياتي):

ويمكن تقسيم التجوية البايولوجية إلى تأثيرات فيزيائية وكيماوية إلا انه من الملائم دراسة كلا النوعين مع بعضهما، ذلك لأنها تعتبر مهمة في الوقت الحاضر، وبالرغم من أن العمليات التي تنطوي عليها مثل هذه التجوية إلا انه لم يتم دراستها بشكل واف حتى الوقت الحاضر. ودرس التأثير الفيزيائي بشكل بسيط وذلك عند الكلام عن الدور الذي تقوم به جذور النباتات إضافة إلى تأثير الحيوانات التي تعمل على حفر الأرض كما يشار إلى التأثير الكيماوي الحياتي عند التكلم عن ظاهرة اقتناص بعض ايونات المعادن (Chelation)

على أن التأثير الرئيسي للنباتات والحيوانات يظهر في زيادة ثاني اوكسيد الكربون في التربة وذلك من خلال عملية التنفس، حيث يزداد هذا الغاز إلى بضعة أضعاف ما هو عليه في الغلاف

الغازي، لذلك أصبح الدور الذي يقوم به ثاني اوكسيد الكربون يأتي عن طريق الغلاف الحياتي وليس عن طريق الغلاف الغازي.
وبالإضافة إلى ما سبق تقوم بعض الحيوانات المجهرية بالتفاعل مع ايونات المعادن المكونة للصخور ومن بين هذه الحيوانات بكتريا الانتحاء الكيماوي (Chemotropic bacteria) التي تعمل على أكسدة بعض المعادن مثل الكبريت والحديد. وبالإضافة إلى ذلك فان الكوانكو (فضلات الحيوانات) (Guano) تكون في الواقع قادرة على تجوية الصخور الجيرية. إن هذه التأثيرات وغيرها قد أثبتت على أنها أكثر أهمية في عملية التجوية مما كان معروفا عنها في السابق. ويمكن للأحياء أن تتسبب في تحطيم الصخور ميكانيكيا بطرق مختلفة إذ تتمكن جذور النباتات أن تتغلغل داخل شقوق الصخور ويساعد نمو تلك الجذور على توسيع تلك الشقوق. ولا تقوم جذور الأشجار الكبيرة فقط بهذه العملية بل تقوم بها حتى جذور النباتات الصغيرة كالحشائش. وتقوم حيوانات الإنفاق أيضا بتحطيم المواد الصخرية عندما تقوم بحفر ممراتها مثل دودة الأرض earth worms التي تقوم بابتلاع التربة من اجل الحصول على غذائها، ويوجد من هذه الدودة في الأرض الخصبة بحدود مليون واحدة في الايكر الواحد، وتستهلك هذه الدودة لغذائها حوالي ٥٠ طن متري من التربة في العام الواحد. كما تعمل حيوانات الأنفاق مثل السنجاب الأمريكي على تجوية التربة والصخور. وان الإنسان ليعجب حقا عند ملاحظتها الاكوام الكثيرة من التربة التي يخرجها ذلك الحيوان عند حفره للممرات والإنفاق.

قام كل من الإنسان والحيوان وما زالا ونتيجة لحركتهما فوق سطح الأرض بتفتيت الصخور بطريقة ميكانيكية. كما ويحرث الإنسان في العام الواحد حوالي ٦% من سطح الأرض. وقد لعب البشر دور آخر من خلال الغطاء النباتي، فعلى سبيل المثال أزال الصينيون مناطق غابات كثيرة منذ قرون طويلة مضت وقد قطع جامعوا الأخشاب مساحات واسعة في نيوانجلند في شمال شرق الولايات المتحدة في الآونة الأخيرة. وقد أدت إزالة الغابات إلى جرف شديد للتربة بحيث ظهرت الصخور الأصلية في أقسام كبيرة منها وتجويتها كما ساهمت فقد عرض حرفة التعدين في مناطق واسعة من القشرة الأرضية كأحد عوامل التجوية.

العوامل المؤثرة في التجوية:
تعتمد سرعة تأثر الصخور بالتجوية، ونوعية عملية التجوية، على عدة عوامل عديدة يمكن إجمالها كما يلي:

١- نوعية الصخور:

إذ تختلف الصخور كثيرا تبعا لدرجة صلابتها ويرجع ذلك إلى تباين المعادن المكونة لها، وطبيعة المواد اللاحمة لذراتها ودرجة تضاغطها. وتقسم المعادن حسب درجة صلابتها بموجب مقياس (Moh) للصلابة إلى درجات تتراوح بين ١ إلى ١٠، فالجبس على سبيل المثال تكون درجة صلابتة ٢ والكالسايت ٣، الارثوكليز ٦ والكوارتز ٧ وهكذا. وتعتبر الصخور الرسوبية في معظمها لينة رغم أنها تحتوي على معادن صخرية صلبة أحيانا، فالحجر الرملي يتكون معظمة من الكوارتز لكنة لينا بسبب ضعف المواد اللاحمة للكوارتز مثل أكسيد الحديد وكاربونات الكالسيوم.

وان من الأمور المعروفة لدى الجيومورفولوجيين ان لدرجة صلابة الصخور أثرا في مقدار تأثيرها بالتجوية، حيث تتأثر الصخور حتى الصلبة منها بعمليات التجوية الميكانيكية والكيماوية حسب مقدار تعرضها لهذه العمليات. ويؤثر لون المعادن في قابلية الصخور لامتصاص أشعة الشمس وحرارتها مما يؤدي إلى درجات تمدد غير متساوية لهذه المعادن حسب لونها، الأمر الذي سوف يساعد على زيادة سرعة تفكك تلك الصخور بالتجوية، حيث تتسخن الصخور ذوات الألوان

الداكنة مثل البازلت والجابرو بسرعة اكبر وتتأثر بعملية التفكك بشكل أوضح مما في الصخور ذوات الألوان الفاتحة مثل الطباشير والحجر الجيري الذي يعكس معظم أشعة الشمس الساقطة علية.

كما تؤدي زيادة المفاصل إلى زيادة المساحة السطحية من الصخور والتي قد تتعرض لعمليات التجوية المختلفة، إذ يتركز دخول الماء المحمل بالأحماض إلى الصخور من خلال المفاصل الموجودة فيها، كما تساعد المفاصل في عملية تعاقب الانجماد والذوبان إذ يتغلغل الجليد خلالها.

٢- المناخ:

ويظهر دور المناخ من خلال درجة الحرارة والرطوبة، أي العلاقة بين كمية الأمطار ودرجة الحرارة وبين قيمة وشدة وتنوع عمليات التجوية. حيث انه كلما زادت الحرارة والرطوبة تزداد التجوية الكيميائية والعكس صحيح، وإذا قلت الحرارة والرطوبة زادت التجوية الميكانيكية والعكس صحيح، ويظهر تنوع عمليات التجوية وتفاوتها حسب كميات الأمطار والحرارة حيث تصبح التجوية كيميائية نشطة في المناطق التي تزداد فيها درجة الحرارة والأمطار، أي في الإقليم الاستوائي وتضعف وتنعدم في الأقاليم التي تنخفض فيها درجات الحرارة والأمطار أي في القطبي، أما في الإقليم المعتدل فالتجوية من النوعين، وتنشط التجوية الميكانيكية في المناطق التي تقل فيها الأمطار وتنخفض فيها درجة الحرارة أي في الاقليم القطبي، وينشط في الإقليم الصحراوي الحار التجوية الميكانيكية وتقل الكيميائية. وللمناخ اثر أخر من حيث تكون الصقيع في المناطق التي تتعاقب حدوث الانجماد والذوبان فيها. حيث يستطيع الماء الموجود على السفوح الخالية من الغطاء النباتي والتربة أن ينفذ إلى الشقوق والمفاصل ويكون إسفينا جليديا يفتت الصخور.

٣- التضاريس:

تؤثر التضاريس في عملية التجوية من خلال تأثرها على نوعية المناخ الذي يسود فوقها. حيث تختلف السفوح الجبلية فيما بينها في درجة ارتفاعها وكذلك مقدار تعرضها لأشعة الشمس ودرجة مواجهتها للرياح الرطبة. وتؤدي كل هذه الاختلافات إلى ظهور أنماط متنوعة من المناخ تؤدي تاى زيادة في تأثير أنواع خاصة من التجوية.

كما وتختلف التضاريس في درجة انحدار سفوحها ويؤثر ذلك بدورة على سرعة ونوعية عملية التجوية الموجودة عليها. إذ تزداد حدة التجوية الميكانيكية على السفوح الشديدة الانحدار والتي يمكن أن يحصل فيها ظواهر مثل الانزلاق الأرضي، زحف التربة... الخ بحيث تبقى تلك السفوح عارية من التربة وتكون صخورها معرضة لعمليات التجوية الميكانيكية مثل اثر الصقيع أو التمدد والتقلص الناتج عن تباين درجات الحرارة. وتزداد سرعة جريان المياه السطحية فوق هذه السفوح الأمر الذي يزيد حتى من عملية تجوية تلك السفوح تجوية كيماوية.

ويتبع قلة درجة انحدار السفوح وجود غطاء سميك من التربة فوق الصخور الأصلية التي نتجت هي الأخرى من خلال عمليات التجوية المختلفة، ويقوم ذلك الغطاء بحماية ما تحته من صخور من أن تتعرض إلى التجوية الميكانيكية بالدرجة الأساسية. ولكن وبسبب احتواء تلك التربة على كميات من المياه، على الأغلب، فان ذلك يساعد على قيام تجوية كيماوية عليها.

١- تأثير الزمن على عملية التجوية:

من الواضح انه كلما طال الزمن الذي تستمر فيه عملية التجوية، كلما توغلت هذه الظاهرة إلى مسافة أعمق في داخل الأرض. وربما هناك حد لفعالية هذه العمليات، إلا إذا كانت هناك استمرارية واضحة في نقل مخلفات عمليات التجوية.

٢- تأثير النسيج الصخري على عملية التجوية:

يمكن تعريف النسيج الصخري (Texture) بأنه الوضعية المتبلورة للصخر أي كونه خشن الحبيبات أو ناعم الحبيبات أو زجاجيا. ففي وضعيات معينة تستجيب الصخور الخشنة الحبيبات لعمليات التجوية بسرعة تفوق استجابة الصخور الناعمة الحبيبات رغم أنهما يتكونان من معادن متشابهة على انه من النادر أن نجد بعملية التجوية أن تستجيب جميع المكونات المعدنية في الصخور بدرجة متشابهة.

نتائج عملية التجوية :

يتكون الغطاء الصخري بفعل عملية واحدة أو أكثر من عمليات التجوية التي مر شرحها فيما تقدم. ويعني هذا الغطاء الحطام المفكك الذي يتكون من الصخور والمعادن في مختلف مراحل تحللها والذي يغطي بدورة الصخور الصلبة غير المتفككة التي تعرف بالصخور الأصلية bed rock وفي الغالب يسمى هذا الغطاء الصخري المفكك الذي ينقل من مكان إلى أخر باسم يتفق والعملية التي قامت بنقلة وارسابه مثل الثلاجات والرياح والأنهار ... الخ ولذلك فهناك رواسب طموية أو مائية ناتجة عن ترسيب الأنهار ورواسب جليدية ناتجة عن ترسيب الجليد و رواسب اللويس والكثبان الناتجة عن عمل الرياح. ويبقى هذا الغطاء الصخري المفكك دون أن يتحرك إلا قليلا في المناطق السهلية المستوية وفوق قمم الهضاب المسطحة وكذلك في أقاليم الغابات الكثيفة وفي الأقاليم ذوات التربة المتجمدة.

بعض الأشكال الأرضية الناتجة عن التجوية:

عندما تتعرض الصخور التي تتباين طبقاتها أو مكوناتها في درجة مقاومتها لعمليات التجوية يحدث أن يكون تأثير تلك العمليات شديدا فوق الجهات اللينة أو القليلة المقاومة بحيث تتآكل تلك الأجزاء في حين تظل الطبقات الصلبة بارزة. ويعرف هذا النوع من التجوية باسم التجوية المتباينة Differential وتتكون بهذه الطريقة أشكال متنوعة منها، الأشكال الأرضية التي تشبه نبات الفطر Mashroom rock. وينتج من تعرض الركام جليدي وصخور المجمعات البركانية (البريشيا) إلى عملية التجوية أعمدة أو أبراج توجد في أعلاها جلاميد صخرية كبيرة صلبه تحمي الحطام الصخري المفكك الموجود أسفلها ويطلق على هذه الأشكال اسم .Demoiselles والتالوس Talus وهو أيضا احد الأشكال الجومورفولوجية التي تنتج عن عملية التفكك الصخري بواسطة تكرار عملية التجمد والذوبان، وينتج عن التجوية عدة أشكال أرضية منها:

١- الحرافيش أو القشعات: Lapies وهي عبارة عن حزوز أو شقوق واسعة تنتشر فوق الصخور الجيرية التي تختلف في نفاذيتها ونظام مفاصلها أو أسطح تطبقها، وغيرها من الخصائص الطبيعية والكيماوية التي تحدد سير عملية الإذابة المتفاوتة بفعل ماء المطر الحمضي المتسرب.
٢- الأعمدة المسننة: Stylolitites وتتطور هذه الأعمدة الصغيرة بفعل الإذابة المتغايرة التي تحدث على سطح الصخور الجيرية. ففي الأجزاء الضعيفة من الصخر الجيري تتعمق عملية الإذابة بينما تبقى المراكز السطحية الصلبة قائمة فوق مستوى سطح الأرض المحيطة على شكل أعمدة، ويعتمد تطورها على وجود المفاصل المتعمقة، خاصة العمودي منها، ونشاط عملية الإذابة وانجراف نتاج هذه العملية.
٣- حفر التجوية: Weathering pits وتنتشر فوق الأسطح الصخرية المكشوفة قليلة الانحدار خاصة على طول المفاصل الصخرية أو نقاط الضعف المعدني أو نتيجة للتفاوت في تآكل الصخر. وتنشا هذه الحفر بفعل التجوية المتغايرة خاصة في الصخور الصماء وما يتبع ذلك من إزالة للهشيم وتآكل متغاير مركز في نقاط الضعف. ويزيد حجمها باستمرار بتجمع الرطوبة في داخلها وما تقوم به عملية الاماهه أو التميؤ Hydration. ويمكن أن تساهم الجذور المتباينة بما تفرزه من أحماض، في تكون حفر التجوية صغيرة الحجم نسبيا، وتكون في هذه الحالة متجاورة

وغير منتظمة، وتسمى هذه الحفر بالتنخربات Honeycombs لارتباطها بالتجوية الحفرية أو التنخبرية (من نخر) / Cavernous Honeycomb Weathering.

٤- الجلاميد: Boulders وتتكون الجلاميد في صخور صلبة قليلة المسامية كالجرانيت بفعل عمليتين متتابعتين هما، التجوية السفلية المتغايرة والتعرية المتفاوتة، فعندما يتسرب الماء الحمضي عبر المفاصل تتعرض أطراف الكتل الصخرية لتجوية مركزة تعمل على توسيع المفاصل واستدارة الكتل الصخرية، حسب نظام المفاصل السائد، وتطويرها إلى جلاميد مستديرة صغيرة الحجم نسبيا تسمى الحجارة القلبية Gore stones/ Kernels وتظهر على السطح بعد إزالة نتاج التجوية. ويحدد نظام المفاصل وطبيعتها شكل الجلاميد المتطورة، ففي حالة وجود مفاصل قليلة الاتساع ومحددة للتسرب المائي، تتطور أنواع أخرى من الجلاميد كبيرة الحجم نسبيا تسمى الانسلبرغ Inselbergs أو القباب أو الأعلام الصحراوية، وتتخذ الشكل المستدير في أماكن المفاصل المكعبة والشكل البيضاوي أو الاسطواني في أماكن المفاصل الأفقية والمستطيله والشكل ألبرجي في أماكن المفاصل العمودية والشكل ألقبابي (Bornhards).

٥- الأشكال الناتجة عن التجوية المتباينة المدى: يستخدم هذا المصطلح للإشارة إلى عملية التجوية التي تعمل على حت وإزالة الأجزاء الضعيفة من الكتل الصخرية المعرضة إلى هذه العملية، وقد تؤدي هذه العملية إلى ظهور سطوح صخرية محفورة، أو أنها تعكس بشكل بارز ظهور النطاقات الصلبة من الصخور والطبقات الرسوبية التي تستطيع مقاومة عمليات التجوية. وتشير الدلائل الموجودة في الطبيعة مثلا إلى أن صخور البريشيا أو الطفل الجليدي إذا ما تعرضت إلى عمليات التجوية المتباينة فإنها تنتهي إلى أشكال تضاريسية تشبه الأعمدة (pillars) أو الاسطوانات (Column) تتغطى هذه بكتل صخرية اكبر أو شظايا صخرية كبيرة الحجم تعمل على حماية الكتل الصخرية المتفككة الواقعة تحتها، ويطلق على هذه الأعمدة (Demoiselles). ويعتبر الهشيم الصخري (Talus) نتاجا أخر لعمليات التجوية، والهشيم مفتت صخري ينتج عن التفكك الذي يحصل في سفوح شديدة الانحدار، ويتجمع هذا الهشيم عادة عند قاعدة السفوح، وقد يسمى في بعض الأحيان (Scree). فإذا اتخذ هذا التراكم شكلا مخروطيا شديد الانحدار فعند ذلك يطلق عليه اسم مخروط الهشيم (Talus cone).

٦- ومن أثار التجوية الأخرى للتجوية الكتل الماكثة Residual Boulders وتتقطع مثل هذه الكتل بواسطة سلسلة أو أكثر من الفواصل، فتتحول إلى ألواح كتليه ذات أحجام مختلفة، وليس من الغريب أن تتواجد هذه الفواصل على شكل مناطق أو خطوط ضعف، بحيث تجد الرطوبة والعوامل الفعالة الأخرى، طريقها من خلالها إلى داخل الصخور فتؤدي وبشكل تدريجي إلى استدارة زوايا هذه الكتل حتى تنتهي أخيرا على شكل بيضاوي.

٧- زحف التربة: Soliflustion or Soil Creep ويستخدم هذا المصطلح من الناحية الجيومورفية للدلالة على الحركة البطيئة غير المنظورة لكتل الصخور والتربة المشبعة بالماء، من ارض عالية إلى جهات منخفضة. ومن الجدير بالذكر أن ظاهرة من هذا النوع يمكن تتبعها في الجهات التي تتميز بوجود جهات جبلية ذات مناخ رطب، وتظهر على شكل كتل من الصخور متباينة الحجم ممتزجة مع التربة وتتخللها كمية لا بأس بها من المياه، ويكون مصدر هذه المياه من الجليد الذائب في غالب الأحيان، يتحرك هذا المزيج الثلاثي وبشكل تدريجي عبر منحدر من الأعلى نحو الأسفل. على أن ضخامة هذا المزيج أثناء هذه الحركة تتراوح من مناطق لوحية واسعة (Extensive Sheets) وثلاجات صغيرة الحجم يطلق عليها اصطلاحا اسم الثلاجات (Mud Glaciers) وفي الجهات الجبلية اوالتلالية التي تتعرض إلى مثل هذه الظاهرة يظهر تناقص واضح في شدة التضاريس المحلية المتواجدة على السطح، فعلى سبيل المثال نلاحظ آن الجهات التي تتميز بمناخات شبه جليدية (Sub glacial Regions) والتي يتساقط فيها الثلج بغزارة في فصل الشتاء تصبح هذه العملية عاملا فعالا في هدم الأشكال الأرضية السطحية

البارزة وفي الوقت نفسه، نلاحظ أن المناطق القطبية وشبه القطبية، حيث لا تتغطى الأرض بالجليد فان هذه العملية تكون مستمرة بشكل دائم. أما التدفق الطيني، ويشار إليه في بعض الأحيان على انه انسياب (Mudflow) فانه ظاهرة تتجمع التربة بموجبها ثم تتحرك بصورة بطيئة عبر الثلاجات المحتوية على الصخر والوحل. وفي حالة من هذا النوع تشتمل الحركة على صخور من مختلف الأحجام. ومن ابرز الأمثلة المعروفة عن مثل هذه الحركة هو التدفق الطيني في منطقة ينابيع ندكن سون في مقاطعة كولورادو في أمريكا، وقد أدى هذا التدفق إلى تكوين ما يشبه الدلتا، في غير موضعها بطبيعة الحال و أدى ذلك إلى تكوين بحيرة كرستوبال) (san Cristobel lake ولقد بلغ مجموع هذا التدفق حوالي أربعة أميال كما بلغ انحداره ٢.٥٠٠ قدم وقد يتراوح سمك الوحل الذي بدا على الوادي بين ٢٠٠ إلى ٣٠٠ قدم.

٨- قباب التقشر: (Exfoliation Domes) من الملاحظ أن الكتل الصخرية المتجانسة الضخمة تتقشر على شكل أغشية رقيقة عند تعرضها إلى تغيرات متطرفة في درجات الحرارة. وتعود هذه الظاهرة إلى تفكك الكتل الجرانيتية إلى أغشية محدبة وإن هذا التركيب – كما هو معروف، يتصل اتصالا وثيقا بالحالة الصهيرية التي كانت عليها هذه الصخور في بداية تكوينها ومع ذلك هناك نواح عديدة ترجح فرضية أخرى لتفسير هذه الظاهرة ومرجع هذه النظرية، إن ظاهرة تقشر الصخور ترجع إلى التذبذب الحاصل في درجات حرارة البيئة المتواجدة فيها، فمن الملاحظ أن البيئة القبابية لا تمتد باتجاه سفلي أو جانبي إلى مدى لا نهائي، ودليل ذلك أن أغشية التقشر لا تمتد في غالب الأحيان إلى عمق يزيد على ٥٠ قدم، وهذا دليل على أن هذه ظاهرة سطحية وليست ظاهرة تمتد إلى أعماق الغلاف الصخري، هذا فضلا عن أن هذه البيئة لا تقتصر على مظهر القباب بل تتواجد أيضا في خوانق وحوائط وواجهات السلاسل الجبلية وحتى في قيعان الوديان الأخدودية. ولقد اجمع بعض علماء الجيومورفولوجيا على وجود ثلاثة تفسيرات لظاهرة التقشر السطحي هي: (١) تغير فصلي في درجات الحرارة يؤدي إلى تمدد وتقلص بشكل ملائم بحيث يدفعان إلى حدوث التقشر، و (٢) تمدد سطح الصخور نتيجة التميؤ (دخول الماء في تركيب الصخر) وخاصة صخور الفلسبار وذلك لتكوين الكاؤولين و(٣) وجود تضاريس ذات ضغط داخلي، وتنتج هذه التضاريس عن تعرية الكتل الصخرية السطحية.

إن تمدد وتقلص سطح الصخر، استنادا إلى معامل تمدد صخر النايس المعروف، يؤدي في الواقع، إلى زيادة في طول الصخر يصل إلى حوالي ٠.٥ بوصة لكل ١٠٠ قدم، وذلك عند ارتفاع درجة الحرارة إلى حوالي ١٠٠ ° ف. وتصبح هذه الدرجة اقل من ذلك في الأعماق وذلك لان المدى الحراري في هذه الجهات يكون اقل من ذلك بكثير، فيكون التمدد والانكماش على عمق قدم واحد، تحت السطح مقاربا إلى حوالي ٢٠/١ ملم يوجد من نفس هذا المعدل على السطح. لذلك يمكن القول انه ما دامت السطوح التي تتعرض إلى مثل هذه الظاهرة تكون متسعة بحيث تصل إلى ألاف الإقدام فان الضغط المتواجد بين الطبقات العليا والطبقات السفلى يكون كبيرا وواضحا، ومن الضروري الإشارة إلى أن عملية التقشر لا تحدث أو تظهر بشكل بارز إلا إذا توفرت عوامل مساعدة لها منها الشقوق المجهرية الصغيرة التي تعمل على إيصال الحرارة والماء إلى داخل الصخر فضلا عن فعل النباتات المجهرية. ويبدو أن تغيرا بسيطا في درجات الحرارة يحدث على عمق ١٥ قدم يكون أكثر فعالية من تغيرات مماثلة تحدث على سطح الصخر ذاته، وسبب ذلك أن صخور السطح تكون في وضعيتها الحالية قد تاقلمت مع بيئتها، إذ لا مجال أمامها لمقاومة تغيرات نوعية من هذا الطراز.

التجوية وعمليات تكون التربة:

تعتبر التربة النتاج المباشر لعمليات التجوية المختلفة، وتطلق هذه التسمية على الطبقة العليا المفككة من القشرة الأرضية والتي تكونت بتأثير عمليات التجوية المختلفة. وترتبط مع عمليات التجوية، وبشكل وثيق، عمليات تكوين التربة على الجزء العلوي من القشرة الأرضية، وقد تبلورت

الأفكار العلمية الرئيسية عن التربة وطرق تكوينها على يد العالم الروسي دوكوجيف، وفي واقع الأمر لا يمكن الفصل بين الأفكار المتعلقة بالتربة وخصوبتها فالتربة وبتعريف فلسفي هي الجزء العلوي المفكك من الغطاء الصخري وتحتوي على الحياة العضوية وعلى الأخص النباتية منها، وهي تتكون نتيجة مجموعتي عمليات متلازمة هما عمليات التجوية وعمليات تكوين التربة لذلك فان التربة تتكون بشكل أساسي، من جزأين صلبين هما المادة المعدنية المفككة والمادة العضوية.

ومن الضروري أن نشير إلى أن مصطلح التربة له معاني عديدة اعتمادا على ماهية الشخص الذي يستعمل هذا المصطلح. فالمهندس، مثلا يعني بمصطلح التربة على انه مادة غير متماسكة، في حين يكون مفهوم هذا المصطلح بالنسبة لعلماء التربة الوسط الذي تنمو فيه النباتات وتزدهر، وقد ذكر جوف (Joffe) أن التربة هي جسم طبيعي يتكون من طبقات أو آفاق معدنية وعضوية ذات سمك متباين، وتختلف هذه الآفاق عن الصخور الأم في شكلها وفيزيائيتها وكيميائيتها وخصائصها المعدنية والبيولوجية.

تكوين التربة:

تتكون التربة من خلال عمل عدة عوامل وقد تمكن دوجيف وجيني jenny من تمييز خمسة عوامل منها هي : (١) المادة الصخرية الأصلية (صخور الأساس) التي تتكون التربة عليها، و (٢) الحياة النباتية والحيوانية و (٣) المناخ (٤) عمر المنطقة التي تتكون التربة فيها و (٥) الطوبوغرافيا المحلية (التضاريس). إن العامل الحياتي، وعلى الأخص النباتات، تلعب دورا مهما في هذه العملية المعقدة، وكان سبب ذلك أن تكوين التربة يكون على أشده في المنطقة التي قد تأثرت بمواد قد تطورت وتكونت بفعل الأحياء المجهرية خلال دورة حياتها وبواسطة نظم جذور النباتات. وإن اغلب المادة العضوية المتواجدة في التربة إنما هي بقايا المادة الكلوروفيلية الخضراء. وتكون بقايا الجذور مهمة جدا وعلى الأخص في منطقة تكون الحشائش ونموها.

وتسهم الحيوانات المجهرية بشكل فعال في هذه العملية المعقدة وإنتاج المادة العضوية التي يكون لونها اسود أو اسمر عند تجمعها في التربة بعد عملية تفسخ المادة العضوية الأولية وتسمى بالعادة بمادة الدبال (Humus) وهي كلمة مشتقة من اصل لاتيني، وهذه المادة هي العامل الرئيسي في خصوبة التربة. ويلعب الماء، حينما يعمل على إذابة جزء من مواد التربة دورا مهما في تكوين المقطع العمودي للتربة (Vertical Profile) وقد تتحرك المواد الذائبة نحو الأسفل بفعل الماء. وحيثما تكون الظروف ملائمة فان هذه المواد يتكرر ارسابها إما من خلال التبلور أو التخثير Coagulation وتحدث مثل هذه الحركة نحو الأعلى أيضا وذلك من خلال الخاصية الشعرية. وبهذه الطريقة تتلاشى بعض المواد من آفاق التربة في جهة معينة في حين تغتني آفاق أخرى بهذه المواد ذاتها.

وحيثما تسود الحركة السفلى لهذه المواد، يصبح بالامكان تمييز ثلاثة آفاق أصلية بشكل واضح ضمن مقطع التربة هي:

١- الأفق العلوي (A1) ويحدث في هذا الأفق عملية غسل شديد لمكونات التربة (Leaching) ومع ذلك فان العملية السائدة في هذا الأفق هي تجمع المادة العضوية.
٢- الأفق التالي (A2) وهو أفق الاستخلاص (أو الإزالة) Fluvial ويقع هذا الأفق تحت الأفق السابق، ويتميز هذا الأفق بشكل خاص بكثرة تسرب المواد منه للأسفل. وهذا الأفق يقتصر تواجده على المناطق المناخية الباردة والممطرة.
٣- الأفق المستقبل أو أفق الترسيب: هذا الأفق يحتوي على المواد التي يتم غسلها من الآفاق العليا في التربة.

يمكن تقسيم التربة من ناحية جيومورفولوجية وجيولوجية إلى نوعين هما:

١- التربة المتبقية (المتخلفة):

تعني هذه التربة من اسمها أنها تلك التي اشتقت من الصخور التي تستند عليها وإنها تبقى فوق تلك الصخور وبذلك فأنها تحتوي على المعادن الأولية نفسها الموجودة في صخور الأساس. وتدل التربة المتخلفة العميقة على حدوث عمليات تجوية سريعة أو أن المنطقة لم تتأثر منذ وقت طويل بعمليات تعرية تقوم بنقل الحطام الصخري إلى مكان أخر. ويكون من الصعوبة بمكان معرفة نوعية الصخور الأصلية التي تنشا منها التربة المتخلفة القديمة التكوين وذلك بسبب عمليات التحلل الكيماوي الذي تعرضت له مكوناتها وأدت إلى تغيير في صفاتها الأصلية، وتعرف مثل هذه التربة بالتربة الناضجة.

تلعب الظروف المناخية دورا مهما في تكوين خصائص التربة المتبقية إذ يطلق على مجموعة التربة التي تتطور عند ظروف مناخية رطبة اسم مجموعة Pedalfers وهي الترب التي تحتوي على الحديد والألمنيوم بشكل خاص، وتتكون هذه الترب في المناطق ذوات المناخ الرطب التي يزيد معدل مطرها عن ٦٠ إلى ٧٥ سم في العام. ويعني هذا أن التربة والصخور الأصلية الواقعة تحتها تكون رطبة بصورة مستمرة. وتتجرد هذه الترب من أملاحها بصورة مستمرة الأمر الذي يجعلها فقيرة بها نسبيا. وتتصف بأنها تفتقر كثيرا إلى المواد القابلة للذوبان مثل أملاح البوتاسيوم والكالسيوم وكذلك فهي فقيرة بموادها العضوية. ومن أمثلة هذه التربة تربة اللاتريت Literate التي توجد في الأقاليم المدارية ذات الأمطار الغزيرة التي تسبب حدوث ظاهرة التجرد leaching فيها. ولا يمكن استغلال هذه التربة للزراعة إلا باستعمال الأسمدة.

ويطلق على مجموعة الترب التي تتطور تحت ظروف مناخية جافة أو شبه جافة اسم ترب البيدوكال pedocals وتعني الترب التي تحتوي على الكالسيوم، وتنشأ هذه الترب في الأقاليم التي تقل أمطارها السنوية عن ٦٠ سم ولا تسمح هذه الكمية القليلة من الأمطار بحدوث جريان مائي خلال التربة نحو الأسفل، ويكون معظم النبات الطبيعي الموجود عليها من الحشائش والشجيرات الصغيرة، وتحتوي هذه التربة على كل المواد القابلة للذوبان والتي تسبب خصوبتها. وتتباين هذه الترب في خصوبتها من تربة الجرنوزم Chernozem السوداء الخصبة التي تحتوي على كميات كبيرة من المواد العضوية إلى ترب الصحاري الرمادية الفقيرة التي ليس فيها إلا كميات قليلة من هذه المواد.

٢- التربة المنقولة: Transported

وتشمل التربة المنقولة كل أنواع التربة التي قامت عمليات جيومورفولوجية معينة بإزالتها من فوق الصخور الأصلية التي نشأت عنها ونقلتها ورسبتها تلك العمليات نفسها أو غيرها. وتختلط هذه التربة أثناء عملية نقلها بمواد قادمة من صخور أخرى مختلفة. ولذلك لا يمكن تحديد نوعية الصخور الأصلية بالنسبة إلى التربة المنقولة. كما وتنتقل بعض هذه الأنواع من التربة إلى مسافات قصيرة من خلال حركات الانزلاقات الأرضية المختلفة، وينقل القسم الأخر إلى مسافات قد تزيد عن مئات الكيلو مترات عن منطقة المنشأ كما هي الحالة في التربة الطموية وتضم التربة المنقولة الأنواع التالية:

١- التربة التثاقلية Colluvial أو Gravity Soil

تتكون هذه التربة نتيجة تدحرج الحطام الصخري تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية من المناطق المرتفعة باتجاه الجهات المنخفضة ولمسافة قصيرة من منطقة المنشأ. ويكثر هذا النوع من التربة في المناطق الصحراوية أو شبه الصحراوية بسبب سيادة التجوية الميكانيكية وقلة وجود الغطاء النباتي الذي يمنع تساقط وحركة الحطام المفكك. وتعتبر الانزلاقات الأرضية بكافة أشكالها أسبابا رئيسية لهذه الحركة للتربة. ولا تتشابه ذرات هذه التربة في أحجامها إذ غالبا ما تختلط معها الجلاميد الصخرية الكبيرة الأحجام (boulders) وتوجد هذه التربة عند قدمات المنحدرات الشديدة، ولا تظهر فيها عادة صفة طباقية جيدة.

٢- التربة الطموية Alluvial

تضم هذه التربة كل أنواع التربة التي قامت المياه السطحية الجارية بنقلها وترسيبها أو عند اتصالها بمسطحات مائية بشكل دلتاوات. وتتميز هذه التربة بأنها ذات صفة طبقية جيدة كما وتتصف بتجانس ذرات الرواسب فيها. وهما خاصيتان تميزان الترسيب المائي عن غيره. وتوجد الترب الطموية بصورة خاصة فوق سهول الأنهار الفيضية التي تغمرها مياه الفيضان بين حين وأخر. كما توجد في الدلتاوات والدالات المروحية والبجادا وبنطاق اقل في البحيرات الساحلية lagoons والمستنقعات وفي قيعان المجاري النهرية القديمة. وتمثل السهول الفيضية للأنهار الكبرى في العالم مثل سهل المسيسبي والنيل ودجلة والفرات نماذج جيدة من التربة الطموية. ويوضح نهر النيل جيدا كيفية تكون كل من السهول الفيضية والدلتاوات من خلال نقله للكميات العظيمة من التربة الجيدة إلى الأراضي الواقعة قرب مصبه.

هذا وتتميز التربة الطموية بأنها سميكة في العادة وخصبة خاصة إذا كانت ظروف المناخ ملائمة لتكاثر المواد العضوية بسرعة فيها وكذلك بسبب التجديد المتواصل الذي يحصل عليها جراء ما تلقيه عليها الفيضانات من ارسابات جديدة كل عام تقريبا.

٣- التربة الجليدية Glacial Soils

ترسبت التربة الجليدية في مناطق واسعة من اليابسة عندما تراجع الجليد الذي غطى مساحات كبيرة من القارات أثناء عصر البلايستوسين. وقد ألقى ذلك الجليد بالرواسب التي كان يحملها معه مكونا ما يعرف باسم التربة الجليدية، و تتميز التربة الجليدية بأنها غير طبقية وأنها ذات ذرات غير متجانسة في أحجامها كما تتصف بدرجة مساميتها العالية. وتعتبر تربة نطاق الذرة المشهور في الولايات المتحدة من أوضح الأمثلة لهذا النوع من التربة.

٤- تربة قيعان البحيرات: Lacustrine

تتغطى قيعان كثير من البحيرات التي جفت مياهها لسبب من الأسباب بتربة ذات صفة طبقية جيدة. وتتباين هذه التربة كثيرا في حجم ذراتها تبعا لموقع البحيرة من وادي النهر حيث تكون طبيعة الرواسب أكثر خشونة إذا كانت الأنهار التي تصب في البحيرات في مرحلة متقدمة من مراحل الدورة الجيومورفولوجية. وتختلف تربة البحيرات في خصوبتها أيضا تبعا لدرجة وجود وتحلل المواد العضوية فيها. ويقع نطاق القمح في الولايات المتحدة وكندا، الذي يمتد في غرب ولاية مينسوتا وشمال داكوتا فوق موقع لأحد البحيرات القديمة التي انصرفت مياهها بواسطة النهر الأحمر وروافده، ويتصف هذا الإقليم باستوائه الشديد وبخصوبة تربته بالوقت الحاضر.

٥- التربة الهوائية: Aeolian soil

تتكون هذه التربة من جراء الترسيب للمواد التي تنقلها الرياح. إذ تستطيع الرياح أن تنقل ذرات الرواسب من مصادر مختلفة بعضها قادم من مواد طموية قامت الأنهار بترسيبها فوق سهولها الفيضية ويأتي قسم أخر من تلك الرواسب من مناطق الارسابات الجليدية إضافة إلى مصادر أخرى مثل الغبار البركاني أو المواد التي تقوم الرياح نفسها بتعريتها وقطعها من الصخور أو تقوم بتفريغها من المناطق والأحواض الصحراوية. وتترسب المواد الخشنة الذرات في مناطق ليست بعيدة عن المنشأ. ومن الأمثلة عليها تربة اللويس في المناطق الجافة وشبه الجافة. كما تعتبر الكثبان الرملية نوع من أنواع هذه التربة التي سندرسها لاحقا عند الحديث عن الدور الجيومورفولوجي للرياح.

الدور الجيومورفولوجي للمياه السطحية الجارية:

الأنهار:

تعتبر الأنهار من أكثر العمليات الجيومورفية انتشارا وأكثرها أهمية في التأثير على سطح الأرض وتغيير مظاهره. إذ تقوم الأنهار بنقل معظم المواد الصخرية القارية التي اقتطعتها أو غيرها من العمليات إلى البحر المحيط. وبذلك فإنها تعمل على تخفيض سطوح القارات بشكل متواصل. تنتشر الأنهار عند كل مستويات الارتفاع عن مستوى سطح البحر تقريبا ما عدا تلك التي ترتفع فوق مستوى خط الثلج الدائم وكذلك فإنها يمكن أن توجد في معظم أنواع المناخ فيما عدا المناخ ذي الانجماد الدائم.

وان المرء ليعجسطح الهضبة يرى بعض الأشكال الأرضية التي قامت الأنهار بتكوينها، باعتبارها العملية الرئيسية فيها كما في الخانق العظيم لنهر كولورادو ذلك الخانق الذي يزيد عمقه في بعض مواقعه عن ١.٥ كم عن مستوى سطح الهضبة المجاورة له والذي يبلغ اتساعه حوالي ٢٥كم.

لقد أطلق Strahlerعلى الأنهار اسم مكائن الأرض حيث أنها تقوم بوظيفتين مهمتين إذ أنها تصرف المياه الزائدة عن سطح اليابسه في بعض المناطق كما وإنها تعمل بقوة في سبيل نحت وتعرية سطح اليابسة، يقوم النهر في سبيل انجاز وظيفته الثانيه بالأعمال التالية:

١- يقوم بإذابة وتعرية سطح الأرض الذي يتحرك عليه.
٢- ينقل تلك المواد التي قام بتعريتها أو إذابتها.
٣- يرسب المواد التي قام بنقلها بطريقة الدحرجة أو التعلق.

لا يقتصر عمل النهر كما بينا سابقا على النحت والتعرية فقط وإنما يقوم أيضا بأعمال إنشائية كبيرة كما في السهول الفيضية والدلتا وات. والدالات المروحية وسهول البجاد .Bajada ويمكن أن تكون الأنهار بذلك عوامل إنشائية constructional بقدر ما تكون عليه عوامل هدم destructional في الوقت نفسه أحيانا، فيصبح النهر في هذه الحالة نهرا متوازنا gradedإذ يقوم النهر في مناطق معينة من مجراه بعملية النحت والتعرية وبذلك فهو نهر حفار ويرسب النهر في واديه في مناطق معينة من مجراه في واديه بعض المواد التي قام بتعريتها ونقلها فيقال انه مرسب aggraded وليست الأنهار هي العملية الجيومورفولوجية الوحيدة التي تمر بمثل هذه الحالات إذ تشبهها في ذلك بعض العمليات كالثلاجات والرياح والأمواج. غير أن الأنهار وعلى نطاق الأرض كلها يمكن أن تكون أكثرها أهمية وتأثيرا.

مصادر مياه الأنهار:

تعتبر مياه الأمطار والثلوج الذائبة المصادر ألمباشره لمياه الأنهار. يغور قسم من مياه الأمطار والثلوج داخل التكوينات الصخرية والتربة. ويتحرك خلالها ثم يخرج بعضه ثانية بشكل عيون أو ينابيع أو حتى بصورة رشح seepage حيث تقوم هذه المياه بتغذية الأنهار ثانية، وتتغذى كثير من الأنهار من خلال البحيرات التي تنبع منها أو تمر فيها. وتتزود تلك البحيرات بدورها بالمياه بوساطة الأمطار الساقطة عليها أو مياه الثلوج التي تذوب وتنتهي فيها.

وتساعد الظروف التالية على زيادة جريان المياه السطحية بصورة عامة:

١- ظروف مناخية ملائمة:

تتمثل بسقوط الأمطار ناتجة عن زوابع رعدية الأمر الذي يؤدي إلى زيادة نسبة الجريان السطحي وذلك لعدم إتاحة المجال الكافي للتربة والنبات الطبيعي لامتصاص واخذ كمية كبيرة من مياه الأمطار. تؤثر الظروف المناخية على كمية الجريان السطحي من خلال تأثيرها غير المباشر

المتمثل في كثافة النبات الطبيعي حيث تتناقص نسبة المياه السطحية الجارية مع زيادة كثافة ذلك الغطاء التي تؤدي بدورها إلى تقليل سرعة جريان مياه الأمطار فوق سطح الأرض فتضيع نسبة كبيرة منها بسبب نفاذها خلال مسامات التربة والصخور وكذلك عن طريق التبخر – النتح. وكلما قلت كثافة الغطاء النباتي كلما كبرت حصة المياه السطحية الجارية من مياه الأمطار. كما ويزيد ارتفاع الرطوبة النسبية في الهواء من حصة المياه السطحية الجارية بسبب تناقص نسبة الضياع المائي عن طريق النتح – التبخر. وتساعد معدلات الحرارة الواطئة على زيادة حصة المياه السطحية الجارية أيضا إذ تقل بسببها فعالية عملية النتح – التبخر.

ظروف جيولوجية وتضاريسية ملائمة:

نزداد حصة المياه السطحية الجارية في المناطق التي تتكون من صخور ذوات درجات مسامية قليلة مثل الطين وصخور الطفل shale وكذلك في حالة قلة وجود الشقوق والمفاصل، ويحصل العكس عندما تكون التكوينات الصخرية مسامية بدرجة كبيرة كصخور الطباشير أو صخور المجمعات مع وجود نظام مفصلي واضح في المنطقة حيث يضيع قسم كبير من مياه الأمطار والثلوج وتنضم إلى المياه الباطنية.

كما وتزداد حصة المياه السطحية الجارية في المناطق التي تزيد فيها درجة الانحدار حيث تتعاظم سرعة جريان مياه الأمطار والثلوج الذائبة على السطح في هذه الحالة وبذلك لا يبقى مجال للصخور والتربة والغطاء النباتي ولعملية التبخر أن تأخذ نسبة كبيرة من تلك المياه ويحصل العكس تماما عندما تكون درجة الانحدار للسطح قليلة.

تصنيف الأنهار:

كما هي الحالة في كثير من الظواهر الطبيعية الأخرى يمكن للأنهار أن تصنف إلى عدة تصانيف تبعا للمقياس المستخدم في ذلك، إذ تقسم الأنهار استنادا إلى:

أولا: طبيعة جريان الماء في الوديان النهرية إلى الأقسام التالية:

١- الأنهار الدائمة الجريان Permanent

نعني بهذه الأنهار تلك التي يستمر جريان الماء فيها طيلة العام وتسبب ظروف كثيرة حالة الجريان ألدائمي للأنهار منها:

١- تكون كمية التساقط كبيرة وموزعة توزيعا منتظما طيلة العام. كما في انهار الأقاليم الاستوائية مثل الامازون والكونغو...الخ.

٢- ينبع النهر من بحيرة أو من عدة بحيرات أو يمر مجراه خلالها كما في النيل ومكنزي.

٣- ينبع النهر من نهائيات الغطاءات الجليدية أو الثلاجات كما في نهري الدانوب والراين في قارة أوربا ونهر مزوري في قارة أمريكا الشمالية.

٤- يصبح النهر دائمي الجريان إذا قام بتعميق أقسام من واديه إلى ما دون مستوى الماء الباطني ألدائمي الأمر الذي يجعله يتغذى بكميات ثابتة من المياه الباطنية.

٢- الأنهار المتقطعة Intermittent

وهي الأنهار التي تتقطع عنها مصادر المياه في فترات. وتوجد هذه الأنهار على الأغلب في الأقاليم التي يكون التساقط فيها فصليا وتكون شائعة في الأقاليم شبه الجافة. تقسم هذه الأنهار بدورها إلى قسمين هما:

(أ) الأنهار المتقطعة التي تتغذى بوساطة الينابيع.

(ب) الأنهار المتقطعة التي تتغذى من الجريان السطحي للماء.

ينقطع الجريان بالنسبة للحالة الأولى من الانهار بسبب أنها لم تقم بتعميق واديها إلى دون المستوى الدائم للماء الباطني خلال الفترة الجافة من السنة (شكل رقم ٣٤) ز وينقطع الجريان في حالة النوع الثاني عندما يتوقف التساقط في منطقة تغذية النهر لكونه ذا تساقط فصلي. ويصبح النهر فصليا إذا لم ينبع من مناطق مرتفعة تغطيها الثلوج أو انه لا يمر في بحيرة أو ينبع منها.

٣- الأنهار الوقتية Ephemeral

تظهر هذه الأنهار في المناطق الجافة وشبه الجافة، ولا يحدث أي جريان مائي فيها إلا عقب سقوط الأمطار على أحواض ووديان تلك الأنهار ويعتمد مقدار طول الفترة التي تجري فيها المياه في مثل هذه الأنهار على كمية الأمطار الساقطة وعلى الفترة التي استغرقتها عملية التساقط.

ثانيا – تصنيف الأنهار تبعا لنظمها:

نعني بنظام النهر أو رجيم النهر Regime الطريقة أو الأسلوب الذي تتصرف بموجبه مياه النهر، أي الفترات التي تكون فيها كمية التصريف عالية في النهر (الفيضان) والفترات التي تنخفض فيها كمية ذلك التصريف (الصيهود).

تصنف الأنهار تبعا لذلك إلى:

١- الأنهار ذوات النظام البسيط:

ترتفع مناسيب المياه في النهر وتزداد كمية التصريف في هذا النوع من النظام مرة واحدة في السنة ترتبط مع فترة التساقط الكبيرة أو مع فترة زيادة التجهيز المائي من منطقة التغذية. وتنخفض كمية التصريف وتهبط المناسيب للنهر في فترة معينة أخرى من السنة تتفق مع انقطاع التساقط أو تناقصه وقلة كمية التجهيز المائي من منطقة التغذية كما في نهري دجلة والفرات.

٢- الأنهار ذوات النظام المزدوج:

يظهر على انهار هذا النظام فترتان يرتفع فيهما منسوب المياه في النهر تحصران بينهما فترتين للمناسيب الواطئة والتصريف المائي القليل. وتعتبر الأنهار الاستوائية مثالا جيدا على هذه الحالة حيث توجد في المناخ الاستوائي قمتان للمطر تتفقان مع فترتي تعامد الشمس على الأقاليم الاستوائية الأمر الذي يؤدي معه إلى رفع مناسيب المياه في الأنهار. وتنخفض تلك المناسيب المناسيب في فترتي قلة المطر النسبية المحصورة بين هاتين القمتين، كما في نهري الامازون والكونغو. ويمكن لهذه الحالة أن تحصل أيضا للأنهار التي تتزود بالماء من الأمطار الغزيرة في الخريف والشتاء ثم تقل الأمطار بنهاية الشتاء ويقل معها التصريف النهري. وتحدث زيادة ثانية للتصريف عندما ترتفع درجات الحرارة في بداية الفصل الحار وتؤدي إلى إذابة الثلوج المتجمعة في منطقة التغذية وتعتبر انهار جنوب أوربا التي تنبع من جبال الألب خير الأمثلة على ذلك.

٣- النظام المركب:

عندما تكون مساحة حوض النهر كبيرة جدا بحيث يمكن أن تضم أنواعا متباينة من الأقاليم المناخية أو تشمل تضاريس متنوعة فان من غير المعقول أن يكون نظام الجريان في كل أجزاء النهر الذي يصرف مياه ذلك الحوض متشابهه وتتبع نظاما واحدا ولذلك يصبح نظام الجريان مركبا فيها. وتعتبر انهار المسيسبي والدانوب أمثلة جيدة على ذلك. وتتصف هذه الأنهار بكثرة روافدها وتباعد المسافات بين تلك الروافد.

ثالثا - تصنيف الأنهار تبعا لمراتبها: River Orders

جرت محاولات عديدة لتصنيف الأنهار تبعا لمراتبها كان من بينها محاولة هورتن Horton في سنة ١٩٤٥، ومحاولة سترالر عام ١٩٥٢ وشريف Shreveسنة ١٩٥٧ وشايدكر

Scheideggerسنة ١٩٦٥. تهدف كل تلك المحاولات إلى تصنيف الوديان النهرية تبعا لبدء تسلسلها في تكوين المجرى النهري. ولا تهدف عملية ترتيب المجاري النهرية إلى هذا فقط بل يمكن لها أن تعطي دليلا تقريبيا عن كمية الجريان الذي يمكن أن يكون في شبكة نهرية معينة حيث كلما زادت مرتبة النهر فان من المتوقع أن تكون كمية المياه فيه كبيرة بسبب الروافد التي تغذي. ويعتبر الدليل الذي وضعة هورتون اكثر تلك المحاولات بساطة حيث قام بتصنيف الانهار الى مراتب. وقبل ان نصنف الانهار حسب رتبتها لا بد من التعرف على الخصائص المورفومترية للاحواض المائية لان الرتبة واحدة من هذه الخصائص.

الخصائص المورفومترية للاحواض المائية:

تمثل دراسة الاحواض المائية جانبا كبيرا من اهتمام الجومورفولوجيين، لما لهذه الأحواض من دلالات بيئية عديدة. فالخصائص المورفومترية للاحواض المائية عامة ترتبط ارتباطا مباشرا بالعوامل الطبيعية، خاصة البنية الجيولوجية (Structure) والمناخ والغطاء النباتي وأية تغيرات تطرأ عليها كما تلقي دراسة تلك الخصائص الضوء على هايدرولوجية المجاري المائية وإنتاجها الرسوبي (Sediment Yield). ودورها في تطوير الأشكال الارسابية والحتية المختلفة. يضاف إلى ذلك. إن هذه الدراسة تمثل قاعدة ضرورية لاهتمامات علمية أخرى، كتلك المتعلقة بالمصادر المائية، والتربة، والهندسة الجيولوجية. تحدد العوامل الطبيعية السائدة في بيئات الأحواض المائية خصائصها المورفومترية إلى حد كبير. إذ تتفاعل هذه العوامل لتساهم، في النهاية، في تطوير السمات الجيومورفولوجية المميزة لتلك الأحواض، ولما كانت الأحواض المائية حساسة جدا بالنسبة للتغييرات التي تتعرض لها العوامل الطبيعية، بحيث تتمكن من استيعابها بواسطة.

وتستعمل الخرائط الطبوغرافية للحصول على مختلف القياسات المورفومترية التي، بطبيعتها، يمكن حسابها مباشرة، أو بتطبيق الطرق الرياضية المتعارف عليها، وتقسم هذه الخصائص إلى:

أ- الخصائص المساحية والشكلية وتشمل:

١- مساحة الحوض/ كم^{٢}.

٢- نسبة الاستطالة (Elongation Ratio) =

طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض / كم

اقصى طول الحوض / كم

* مساحة الدائرة = نق مربعا X ثابت النسبة التقريبية (٣.١٤)

٣- استدارة الحوض (Circularity) =

مساحة الحوض / كم^{٢}

مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض نفسه / كم^{٢}

- المحيط = ٢نق×٣.١٤
- نق مربعا = المساحة ÷ ٣.١٤
- نق = جذر مربع نصف القطر (المساحة ÷ ٣.١٤)

٤- معامل شكل الحوض (From Factor) $^{(٢)}$ =

مساحة الحوض/ كم^{٢}

مربع طول الحوض/كم^{٢}

ب- الخصائص التضاريسية:

١. نسبة التضرس (Relief Ratio) =

التضرس (الفرق بين أعلى واخفض نقطة في الحوض) م
طول الحوض/ كم

٢. المعامل الهبسومتري (Hypsometric Index)[٣] =

الارتفاع النسبي (النسبة بين ارتفاع أي خط كنتوري مختار إلى أقصى ارتفاع في الحوض.
المساحة النسبية (النسبة بين المساحة المحصورة بين أي خط كنتوري ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية لنفس الحوض)

ج- خصائص الشبكة المائية:

١. الكثافة التصريفية (Drainage Density)=

طول المجاري المائية بجميع رتبها / كم .
مساحة الحوض / كم ٢

٢. التكرار النهري (Stream Frequency)=

عدد المجاري المائية بجميع رتبها.
مساحة الحوض / كم ٢

٣. رتبة النهر (Stream Order).

وتعني مركز النهر أو المسيل المائي بالنسبة لبقية المجاري المائية في نفس الحوض ، وحسب منهاج ستريلر تسمى المجاري التي لا تصب فيها اية مجاري مائية بمجاري الرتبة الاولى ، في حين تنتمي الى الرتبة الثانية المجاري الناتجة عن التقاء مجريين او اكثر من الرتبة الاولى وهكذا .

٤. نسبة التشعب النهري (Bifurcation ratio) =

عدد الانهار من رتبة معينة
عدد الانهار في الر تبة التالية

٥. معدل النسيج الحوضي (Texture Ratio) =

مجموع النتوءات البارزة في أي خط كنتوري في الخوض المائي
طول محيط الحوض نفسه

٦. معدل النسيج الإقليمي (The Weighted mean value) =

مجموع (المساحات الحوضية × معدلات النسيج ألحوضي)
مجموع المساحات الحوضية

وبعد أن أكملنا الخصائص المورفومتريه نعود الآن إلى تصنيف الأنهار حسب رتبتها، بحيث حددت الشبكات المائية بجميع رتبها حسب منهاج كل من هورتون وشوم وستريلر. بحيث وصل بين التعرجات المتتابعة في خطوط الارتفاعات المتساوية باتجاه المنابع، ثم صنف المجاري المائية المتشكلة حسب الرتبة وفقا لمنهاج ستريلر.

مراتب الأنهار بموجب دليل هورتون

١- انهار المرتبة الأولى، وهي الأنهار التي ليست لها أية روافد.
٢- انهار المرتبة الثانية، وهي الأنهار التي تصب فيها انهار المرتبة الأولى فقط.
٣- انهار المرتبة الثالثة: وتنشأ هذه الأنهار من ارتباط الأنهار التي تعود إلى المرتبة الثانية. وتأتي بعد ذلك بقية المراتب بشكل متسلسل[٩].

رابعا – تصنيف الأنهار تبعا لنمط التصريف Drainage Pattern

تأخذ شبكة التصريف النهري لأية منطقة شكلا خاصا يعرف بنمط التصريف وهو الذي تبدو فيه مجاري ووديان الأنهار عندما ترسم على خارطة تلك المنطقة. ومن الطبيعي أن لا يكون وضع الشبكة النهرية هذا اعتباطيا بل انه يكون نتيجة للعلاقات بين نوعية المناخ السائد وطبيعة التضاريس وكذلك نوعية الصخور وبنيتها. وبذلك أمكن تقسيم أنماط التصريف النهرية إلى:

١- نمط التصريف النهري الشجري Dendritic

يرتبط وجود هذا النمط من التصريف بالمناطق التي تكون صخورها متجانسة وتكون على الأغلب ذوات طبقات صخرية أفقية الامتداد أو تميل ميلا بسيطا. كما ويتصف السطح فيها بأنه ذو تضاريس واطئة كأن يكون سهلا أو سطح هضبة. وتبدو الأنهار في هذا النمط وكأنها تفرعات أغصان الأشجار. وتختلف كثافة التفرغ النهري في هذا التصريف تبعا لدرجة صلابة الصخور ومساميتها وكذلك لنوعية المناخ إذ تزداد كثافة التفرغ كلما كانت الصخور ذوات صلابة قليلة كما هي الحال في الصخور الرسوبية في حين يقل التفرع في مناطق الصخور النارية الصلبة المقاومة. وتزيد درجة التفرع أيضا مع زيادة كمية التساقط وتقل بقلته.

٢- نمط التصريف المستطيل Rectangular

تعتبر المفاصل مناطق ضعف في التكوين الصخري لأية منطقة من المناطق حيث تحاول الوديان النهرية أن تثبت امتداداتها فوق مناطق الضعف تلك، ويحدث أن تأخذ المفاصل في المنطقة نظاما متعامدا ينعكس بدوره على شكل التصريف حيث تلتقي الأنهار مع بعضها بزاوية قائمة تقريبا.

٣- نمط التصريف التكعيبي Trellis

يتطور نمط التصريف النهري التكعيبي فوق المناطق ذوات البنيات الالتوائية التي تكون في مرحلة النضج من الدورة الجيومورفولوجية، حيث تثبت الوديان النهرية الرئيسية نفسها فوق المناطق الصخرية اللينة. وتتصل بهذه الوديان روافد عديدة بشكل متعامد تقريبا يكون بعضها موافقا في اتجاهه مع اتجاه الميل الأصلي للصخور ويكون البعض الأخر معاكسا لاتجاه ذلك الميل.

١- نمط التصريف المدور(الدائري) Annular

يرتبط وجود هذا النمط فوق الجهات التي تكون بنيانها قبابية وفي مرحلة النضج من الدورة الجيمورفية حيث تتعاقب الطبقات الصخرية المختلفة في درجة الصلابة وتحيط كلها بالمركز الذي يتكون من صخور نارية متبلورة. تثبت الأنهار الرئيسية وديانها فوق مناطق الصخور اللينة الدائرية الامتداد وتلتقي بها روافد تنبع من الحافات المرتفعة التي تمثل الصخور الأكثر صلابة.

نمط التصريف النهري الإشعاعي Radial

يمثل هذا النمط من التصريف فوق أنواع مختلفة من التضاريس إذ يظهر فوق المخاريط البركانية وفوق القباب التي تكون في مرحلة الشباب وكذلك على الدلتاوات والدالات المروحية. وتتباعد خطوط التصريف عن بعضها كلما ابتعدنا عن نقطة مركزية مرتفعة.

وتوجد بالإضافة إلى ما تقدم من أنماط التصريف أنماط أخرى ذوات صبغة محليه على الأغلب مثل التصريف المركزي حيث تلتقي خطوط التصريف مع بعضها في منخفض مركزي كما في مناطق الحفر البالوعيه والفوهات ألبركانيه و بقية الأشكال الحوضية، ونمط التصريف المتوازي الذي يوجد في العادة في المناطق التي تمتد فيها المجاري على شكل مسافات منتظمة أو بشكل متوازي كما في مناطق الركام الجليدي.

خامسا: تصنيف الأنهار تبعا لنشاتها Genetic Classification

تصنيف الأنهار تبعا لنشاتها وطبيعة العلاقة بينها وبين ميل الطبقات الصخرية التي تجري عليها إلى:

١- الأنهار التابعة Consequent

نعني بها الأنهار التي تتبع في اتجاة جريانها الميل الأصلي للصخور في الإقليم. ترجع معظم انهار الأرض إلى هذا النوع. وتظهر الأنهار التابعة فوق كل الأشكال الأرضية التي تكونت لتوها كان تكون جبلا بركانيا.

٢- الأنهار التالية: Subsequent

يطلق على هذه الأنهار اسم انهار المضارب Strike لان امتدادها العام يكون مع اتجاة مضارب الطبقات الصخرية. وتثبت هذه الأنهار وديانها فوق الطبقات اللينة نسبيا. ولذلك تتميز تلك الوديان بأنها عميقة بسبب شدة تأثير التعرية الراسية أو العمودية فيها.

٣- الأنهار العكسية Obsequent

ونعني الأنهار التي تجري باتجاه معاكس لاتجاة ميل الطبقات الصخرية أي عكس اتجاه جريان الماء في الأنهار التابعة Consequentالموجودة في الإقليم. وتتصف وديان هذه الأنهار بأنها قصيرة وذوات درجة انحدار شديدة ولا تكون عميقة لأنها تجري فوق التكوينات الصخرية الصلبة عادة وتعتبر الأنهار العكسية روافد للأنهار التالية Subsequentعلى الأغلب.

٤- الأنهار الحديثة Resequent

يطلق على الأنهار التي تجري مع اتجاه الميل للطبقات الصخرية عادة اسم الأنهار الحديثة، وتجري تلك الأنهار مع اتجاة جريان الأنهار التابعة وتختلف عنها في أنها انهار نشأت بعد نشو الأنهار التابعة. وتكون الأنهار الحديثة روافد للأنهار التالية على الأكثر.

٥ – الأنهار العشوائية Isequent

وهي الانهار التي لا يمكن أن نجد سببا مقنعا لتحديد مجراها إذ أنها لا تتبع ترتيب البنية الصخرية كما أنها لا تجري باتجاة الميل للطبقات غير أنها تجري في كل اتجاة مناسب. ويكون نمط التصريف النهري المرتبط معها شجريا.

وتعتبر الأنواع الخمسة السابقة أكثر أنواع الأنهار من حيث النشأة شيوعا غير أن هناك انهارا أخرى تعرضت وديانها لعمليات باطنية أعطتها صفات نشأة خاصة بها وهي:

١- النهر السالف Antecedent

حيث في بعض الحالات ينحرف مجرى النهر بعد أن كان قد طور مجراه بشكل جيد نتيجة للحركات الأرضية أو بسبب الطفوح البركانية أو انكشاف التكوينات الصخرية النارية الباطنية. ويطلق على النهر اسم النهر السالف إذا كان من القوة بمكان يجعل في مقدوره البقاء في مجراه رغم قوى الانحراف التي يفترض أن تكون بطيئة جدا وتكون هذه الأنهار ومجاريها غير منسجمة مع المنحدرات المجاورة لها.

٢- النهر المنطبع: Superimposed

يقوم النهر بعملية تعميق لواديه ضمن تكوينات صخرية معينة وضمن بنية معينة أيضا. ومع استمرار عمليات التعرية تكشف الأنهار تكوينات صخرية مطمورة تختلف كثيرا في تكوينها وفي بنيتها ولذلك تجد الأنهار نفسها وهي واقعة في أماكن غير مناسبة كان تكون على قمة أو على جوانب التواء محدب شديد أو أنها تعبر صخورا ذات صلابة كبيرة كان من الممكن أن تتحاشاها في ظروف التصريف الاعتيادية ومما يساعد على سرعة كشف تلك التكوينات من قبل النهر المنطبع تعرضه إلى حالة إعادة الشباب حيث تقوم الأنهار بعد ذلك بتسوية الإقليم مع بقاء التكوينات الصلبة أكثر ارتفاعا عن المستوى العام لها وتكون وديانها ضيقة وعميقة عند عبورها لتلك الصخور المقاومة. وتكون معظم هذه الأنهار غير منسجمة تماما مع البنيات المحيطة بها ويصعب تمييزها كثيرا عن الأنهار السالفة.

بعض التغيرات التي تعرض لها الأنهار:

من المحتمل أن تحدث للأنهار أمور كثيرة بعد أن تكون قد نشأت وبدأت بقطع أوديتها. حيث تحاول الأنهار الوصول إلى مستوى القاعدة الصخرية الصلبة، أو يتعرض البعض منها إلى حالة الأسر النهري أو تصبح أجزاء من وديانها غارقة. كما تقوم الثلاجات الجليدية بتغيير مجاري بعض الأنهار، وتغلق الانزلاقات الأرضية والطفوح البركانية بعض الوديان النهرية حيث تشكل بحيرات خلفها أو تقوم بتغيير اتجاة مجرى النهر. ويحدث أن ينقطع مصدر المياه التي تغذي الأنهار بسبب الحركات الأرضية أو نتيجة لتصريف مياه بعض الأنهار وتضع العقبات في وديانها وتمنع التطور الطبيعي لها. وسنتناول فيما يأتي بعضا من تلك الحالات المهمة:

١- مستوى القاعدة: Base Level

قبل أن ندخل في دراسة تفاصيل الأشكال الجيومورفية التي تكونها الانهار لا بد لنا من معرفة مفهوم مهم جدا ألا وهو مستوى القاعدة للتعرية النهرية. ونعني به المستوى الذي يحاول النهر بكل روافده أن يوصل كل جهات حوضه إليه من خلال عملة في التعرية والترسيب. هناك نوعان من مستويات القاعدة هما مستوى القاعدة ألدائمي الذي يتمثل في حالات عديدة مثل ظهور طبقات صخرية اشد صلابة في مكان ما من مجرى النهر، ومستوى قاعدة مؤقت يتمثل في مستوى تلك الطبقات الصخرية الصلبة نفسها بالنسبة للقسم الواقع اعلاة من المجرى النهري. ويحدث الشيء نفسه إذا كان النهر يصب في بحيرة حيث تعتبر تلك البحيرة مستوى القاعدة المؤقت بالنسبة للقسم الواقع اعلاة من النهر. كما تعتبر قيعان الأحواض الداخلية مستويات قاعدة مؤقتة للأنهار التي تنتهي فيها. أما لماذا اعتبرت هذه المستويات مؤقتة فذلك يرجع إلى أن الأنهار تستطيع بعملها المستمر في تعميق وديانها في بعض الحالات أو من خلال عمليات الترسيب في حالات أخرى أن تقضي على تلك الظروف التي كونت مستوى القاعدة المؤقت وترجع ثانية نحو مستوى القاعدة ألدائمي.

يهدف كل نهر من الأنهار إلى تكوين قطاع بشكل منحن متوازن مع مستوى القاعدة بحيث يزداد ارتفاع ذلك المنحنى النهري كلما اقتربنا من أعالي حوض النهر ومنابعه ويتناقص ارتفاع هذا المنحنى من مستوى القاعدة كلما اقتربنا من المكان الذي ينتهي فيه النهر أو المكان الذي يمثل الأساس لارتفاع مستوى القاعدة. ويعني ذلك أن على النهر أن يسرع في تعميق واديه في المناطق التي يكون مرتفعا فيها كثيرا عن مستوى القاعدة وعليه أيضا أن يتباطأ في هذه العملية في الأجزاء السفلى من الوادي النهري القريبة في ارتفاعها من مستوى القاعدة. وتوضح لنا هذه الفكرة كيف أن النهر علية أن يوجه معظم طاقته في عملية النحت العمودي وتعميق واديه في المناطق الجبلية المرتفعة وان علية أن يوجه طاقته في المناطق المنخفضة نحو توسيع ذلك الوادي بدلا من تعميقه. بل ويضطر النهر أحيانا حتى إلى رفع مستوى قاع الوادي من خلال عمليات الترسيب من اجل أن يتباطأ في عملية التعميق وبذلك يمكن لكل أجزاء الوادي أن تصل إلى مستوى القاعدة في وقت واحد تقريبا. ويكون النهر متوازنا gradedإذا استطاع من الناحية النظرية أن يكون له منحنى يتوافق مع كمية المياه الجارية فيه وكمية الحمولة التي ينقلها بحيث انه لا يحاول أن يقوم بأية عملية للتعرية وفي الوقت نفسه لا يحاول أن يرسب شيئا من الحمولة التي ينقلها. وبذلك تكون الطاقة التي يختزنها النهر متوازنة مع العمل الذي يقوم به وهو نقله للحمولة فقط.

٢- الأسر النهري Stream Capture

تحدث عملية الأسر النهري عندما يقوم احد الأنهار بالاستيلاء على جزء أو كل منابع نهر أخر مجاور موسعا بذلك مساحة حوضه على حساب حوض ذلك النهر. ويحصل نتيجة لظروف متعددة أن تكون عملية النحت العمودي لوادي احد الأنهار أسرع من عملية النحت العمودي لنهر أخر الأمر الذي يؤدي إلى زيادة في طول ذلك الوادي باتجاة المنابع. وتعرف هذه العملية باسم عملية النحت التراجعي. ويمكن أن يكون سبب الأسر زيادة درجة الانحدار بالنسبة إلى احد الأنهار الأخرى، يعقبه زيادة في سرعة جريان ذلك النهر، وبالتالي زيادة عملية تعميقه لواديه، وتحدث مثل هذه الحالة كثيرا عندما ينبع نهر من أسفل إحدى الحافات الجبلية.

التضاريس الناتجة عن التعرية النهرية:
تتشكل معظم التضاريس الناتجة عن التعرية النهرية عندما يكون النهر في مرحله الشباب من الدورة الجيومورفولوجيه أو عندما تجري تلك النهار فوق أقاليم ما تزال في مرحله الشباب كمناطق الجبال الوعرة أو الهضاب ألمرتفعه. وتتصف كل تلك الأقاليم بان سطوحها ترتفع كثيرا عن مستوى سطح البحر (مستوى القاعدة ألدائمي للتعرية في الأنهار) الأمر الذي يجعل الأنهار التي تجري عليها تحاول أن تعمق وديانها بسرعة لكي تصل إلى مستوي القاعدة. تتصف هذه الأنهار بأنها ذوات درجات انحدار كبيره وتجري داخل خوانق ذوات جوانب شاهقة الارتفاع أو في وديان عميقة تشبه حرف (v) ويكثر فيها وجود الشلالات والجنادل. تقوم هذه الأنهار بتعميق وديانها رغم أن بعضها تصبح ذوات حمولات فائضة بسبب المواد الكثيرة التي تلقيها في بعض روافدها لذا لا تقوم هذه الأنهار بتعميق وديانها وترسب على تلك الوديان أحيانا. ويمكن إجمال أهم التضاريس التي تتكون من أجزاء التعرية النهرية في هذه المرحلة بالاتي:

١- الخوانق النهرية والوديان العميقة:
وهي عبارة عن وديان نهرية ذات جوانب شديدة الانحدار، وتكون تلك الجوانب مرتفعه ارتفاعا كبيرا قياسا إلى سعتها. وتبين هذه الوديان ما ينتج عن اثر التعرية النهرية التي تحصل في انهار تقوم بتعميق وديانها بسرعة أعظم بكثير من عملية توسيع تلك الوديان والتي تقوم بها إضافة إلى النهر نفسه عمليات أخرى مثل التجويه بأنواعها المختلفة أو عمليه تعميق الروافد لوديانها. تتكون جوانب الوديان العميقة والأخاديد من صخور مقاومه لعمليات التعرية المختلفة الأمر الذي لا يجعلها تتباعد كثيرا عن بعضها. ويساعد وجود مناطق الضعف المختلفة مثل المفاصل والانكسارات على زيادة سرعه عملية تعميق الوادي النهري كما ويساعد تراجع الشلالات السريع إلى توضيح عملية تعميق النهر لواديه. تنشأ معظم الخوانق فوق مناطق مرتفعه ذوات مناخ جاف أو شبة جاف حيث يكون اثر الجوية قليل فوق جوانب الوادي مما لا يؤدي إلى تباعد تلك الجوانب. كما هي ألحاله في الوديان العميقة التي توجد في القسم الغربي الجاف وشبة الجاف من الولايات المتحدة. وأشهرها الخانق العظيم لنهر كولورادو Grand Canyon ويبلغ طوله حوالي ٥٠٠كم ويقرب عمقه من ٢كم. ويشق طريقة خلال طبقات صخرية أفقيه تكون هضبة كولورادو. وقد نشأت معظم الخوانق هنا من جراء تعرض المنطقة إلى حركه رفع صاحبتها عملية اعادة للشباب وتعميق لوديان تلك الأنهار. وتتصف حافات هذا الوادي العليا بأنها واسعة وتظهر فيها أشكال أرضيه مختلفة ناتجة عن التعرية المتباينة لصخور رسوبية مختلفة في درجة صلابتها. ويصل أقصى عمق لهذا الخانق ١٩٠٥ متراً عن تلك الحافات ألمرتفعه. وتكثر داخل هذا الخانق الجنادل التي ساعدت بدورها على سرعه تعميق هذا الخانق. وقد تكون بسبب بناء سد هوفر Hoover damبحيرة اصطناعية تعرف باسم بحيرة ميد mead أدت إلى إيقاف التعرية في القسم الذي شغلته مياه تلك البحيرة من وادي النهر وكذالك قيام النهر بالترسيب داخلها. وقد عمل نهر النيل في مصر خانقاً اقل وضوحا من حالة الخانق العظيم في كولورادو فوق الهضبة الافريقيه يتراوح اتساعه بين اقل من نصف كيلو متر في الجوانب حيث يقطع مجراه خلال صخور الجرانيت ألصلبه إلى حوالي ١٦كم في الشمال حيث تسوده الصخور الجيرية ويكون الوادي محاطا بجدران تشبه الجروف ترتفع في بعض الأماكن إلى أكثر من ٣٠٤ متر فوق النهر.

٢- الشلالات والجنادل:
تتكون ظاهرة الشلالات أو المساقط المائية نتيجة إلى وجود هبوط مفاجئ في مجرى النهر. وتوجد الشلالات في كل القارات وخاصة داخل الأقاليم الجبلية والهضبيه منها. أما الجنادل فإنها توجد عاده إلى الأعلى أو إلى الأسفل من مواقع الشلالات في الأنهار ويمكن للجنادل أن توجد لوحدها أحيانا. وتعتبر الشلالات والجنادل احد المقاييس التي تعتمد عند تحديد مرحله الشباب في

النهر. وتتألف من نوعين أولهما تلك التي تكونت من خلال التاريخ الطبيعي لتطور النهر ويدل وجودها على أن النهر لم يكمل انحداره المتوازن المطلوب. وثانيهما نتيجة لظروف خارجية معينه تجبر النهر على تكوين الشلالات، ويعرف النوع الأول منها بأنه النمط العادي من المساقط المائية، ويرجع تكونه كلياً إلى الاختلافات في درجة صلابة الصخور التي يقوم النهر بتعميق واديه خلالها. إذ يؤدي ظهور تكوين صخري صلب إلى جعل الجزء الواقع أعلاه من النهر يتصرف وكان ذلك التكوين الصخري مستوى القاعدة المؤقت له في حين مازال جزء النهر الواقع أسفل ذلك التكوين الصخري يعتبر مستوى القاعدة له مختلفا عن القسم الأول. وبذالك يقسم ذلك التكوين الصخري عملية تعميق النهر لواديه بشكل مفاجئ مكونا المسقط المائي أو الشلال. ومن أشهر الامثله على ذالك شلالات نياغارا الشهيرة على الحدود بين الولايات المتحدة وكندا. وهذا ويكون وضع التكوينات الصخرية الصلبة في هذا النوع من المساقط المائية إما أفقيا أو عامودياً. تتراجع الشلالات في الحالة الأولى عادة بسبب النحت التي تتعرض له التكوينات الصخرية أللينه الواقعة أسفل الصخور ألصلبه من جراء تساقط الماء وحصول الدوامات ويؤدي ذالك إلى تكسير الطبقات الصخرية ألصلبه وترجع الشلالات نحوا الخلف. ويختلف ارتفاع الشلال عند تراجعه في هذه الحالة تبعا لاتجاه الميل للطبقات الصخرية ألصلبه. إذ يقل ارتفاع الشلال تدريجياً عند تراجعه في حاله إذ كانت تلك الطبقة الصخرية تميل باتجاه باطن الأرض ويحدث العكس عندما تميل الطبقات الصخرية نحو الخارج إذ يزداد ارتفاع الشلال عند تراجعه تدريجياً. ولا يتراجع الشلال إلى الوراء في حالة كون الصخور ألصلبه بوضع عامودي غير أن ارتفاعه يتناقص في هذه الحالة بشكل تدريجي ويتحول إلى نوع من الجنادل.

كما يؤدي الاضطراب الذي يصيب تطور النهر إلى تكوين الشلالات والجنادل، والذي يمكن أن يحصل في الحالات التالية:

أ. الانخفاض الذي يطرأ على مصب النهر من جراء:
١- حدوث عمليه نحت عامودي سريعة لبعض الأنهار التي تتعرض إلى حاله إعادة شباب قويه الأمر الذي يبقى بعض روافدها وكأنها روافد معلقه فتتساقط المياه منها نحو النهر الرئيسي بشكل شلالات.
٢- تسبب بعض حالات الأسر النهري اختلافاً كبيراً وسريعاً في مستويات قيعان المجاري النهرية المأسورة والاسره مما يؤدي إلى سقوط مياه الأنهار المأسورة على هيئه شلالات أو مساقط مائية في وديان الأنهار الآسرة التي تمثل الموقع المنخفض عادة.
٣- يمكن للتعرية الجلدية التي حدثت في الإقليم الجبلي أن تكون الشلالات وذالك عندما تتراجع الثلاجات وتحتل وديانها الأنهار. فتساقط مياه الأنهار التي تحتل الوديان الجلدية المعلقة بشكل مساقط مائية نحو الأنهار التي تحتل الوديان الجلدية الرئيسية.
٤- يؤدي النحت الذي تقوم به الأمواج أحيانا إلى عمل الأجراف المرتفعة وبسبب ذالك تكون الشلالات عندما تتساقط مياه بعض الأنهار من أعالي الأجراف باتجاه البحر.
٥- يمكن لبعض حالات الانكسار والالتواء أن تخفض من الأقسام السفلي لبغض الأنهار مما يؤدي إلى تكوين المساقط المائية.

ويعمل الغلق الذي يصيب بعض المجاري النهري أشكال من الشلالات والجنادل، وقد يحدث هذا الغلق نتيجة لما يلي:
١- الانزلاق الأرضية.
٢- بواسطة الركامات الجليدية.
٣- بواسطة الثلاجات التي تجبر بعض الأنهار على تغيير مواضعها دافعه إياها نحو مواقع أعلى ارتفاعاً.

٤- أية ظروف مصاحبه أخرى تجعل النهر يأخذ موقعاً جديداً وتجعله يجري فوق تضاريس غير منتظمة.

وتنشأ الجنادل كما ذكرنا سابقاً عند المنحدرات الشديدة وليست ألعاموديه من قيعان الأنهار نتيجة لتراجع الشلالات إلى الوراء في معظم الحالات. وتعتبر الجنادل الخلابة الموجودة عند أسفل شلالات نياغارا مثالاً لهذا النوع. ويظهر نوع أخر من الجنادل عندما تقوم الأنهار بنحت صخور غير متشابهة في مقاومتها، كما في الجنادل الموجودة في نهر سانت لورنس فوق مدينه مونتريال مباشرة وكذالك يتمثل هذا النوع من الجنادل في منطقه الخانق العظيم لنهر كولورادو. وتشكل الجنادل والشلالات عقبات أمام الملاحة في الأنهار. وكثيراً ما تضطر الدول معها إلى أن تقوم بحفر قنوات على جوانب المناطق التي تظهر فيها الجنادل من الأنهار إذا كانت بقيه جهات النهر الواقعة أعلى الجنادل والشلالات وأسفلها صالحة للملاحة. وتحتاج تلك القنوات إلى منشآت هندسية معقدة تتمثل بالأحواض التي تساعد على خفض أو رفع القوارب والسفن إلى مستوى أخر.

٣. الحفر الوعائية: potholes

وتعرف أحيانا بالحفر الدردوريه وتوجد عند قدمات المساقط المائية حيث يؤدي سقوط الماء القوي إلى تكوين حركة دورانية تقوم بواسطة ما تحمله من رمال وحصى بنحت القاع النهري الصلب وتكوين حفر باسم الحفر الوعائية. ولا تكون هذه الحفر إشكالا تضاريسية مهمة غير أنها يمكن أن تعتبر دليلاً على مقدار النحت العمودي الذي تقوم به الأنهار التي تكون في مرحلة الشباب. وتتكون الحفر الوعائية بشكل سريع فوق التكوينات الصخرية اللينة مثل صخور الطفل ولكنها تضل محافظة على شكلها بصورة جيدة عند تكونها في صخور نارية صلبة كالجرانيت والبازلت والكوارتز. وتتحول بعض الحفر الدردورية من جراء تراجع الشلالات إلى الوراء إلى ما يعرف باسم البرك الغاطسة Plunge Pool وأشهر هذه البرك تلك التي توجد في كراندكولي الذي يعتبر بمثابة المجرى السابق لنهر كولومبيا في ولاية واشنطن وقد تكونت تلك البرك الغاطسة من جراء تساقط الماء من فوق جرف يبلغ ارتفاعه حوالي (١٢٢) متراً.

التضاريس الناتجة عن الترسيب النهري:

وتشمل ما يلي:

١- السهول الفيضيه:

تتصف السهول الفيضيه للا نهار بأنها ذوات مستويات منخفضة وقريبه إلى حد ما من مستوى قاعدة التعرية أن لم تكن عندها فعلا. وتكونت تلك السهول من جراء تجمع الإرسابات الطمويه فوق قيعان الوديان التي قامت الأنهار بتوسيعها. وتتميز هذه السهول بقله درجه الانحدار فيها. وتنتشر فوقها مظاهر تضاريسيه متعددة مثل الالتواء النهرية والبحيرات الهلالية والمستنقعات والبحيرات غير المنتضمه في توزيعها والتي تشغل المنخفضات الموجودة هنا وهناك من السهل الفيضي. تنتج معظم تلك المنخفضات من جراء عدم انتظام عمليه الترسيب فوق كل أجزاء السهل الفيضي حيث تتلقى بعض المناطق كميات كبيره من الرواسب في حين لا تستلم الأخرى إلا رواسب قليله فتتحول إلى منخفضات كما في مناطق الاهوار في جنوب العراق. ويمكن لهذه المنخفضات وغيرها من إشكال التضاريس الصغيرة أن تنشا من جراء التغيرات التي تحصل لمجاري بعض الأنهار إثناء الفيضانات أو من خلال تطور الالتواءات ألنهريه.

٢- الالتواءات ألنهريه Meanders

تطلق صفة الأنهار الملتوية على الأنهار التي تجري فوق سهول فيضيه عريضة ولها مجار متعرجة وقد أخذت هذا الاسم من نهر ميأندر meander في تركيا الذي تتمثل فيه هذه الميزة بشكل واضح. وتطهر كل الأنهار ميلا واضحا لتكوين الالتواءات بسبب ميلها إلى تكوين تأرجح متعاقب

في جريانها من جانب إلى آخر. ولا يكون هذا التأرجح مرتبطا بالأنهار فقط وإنما نجدة واضحا في تحرك الأجسام الكبيرة الأخرى كما يحصل ذالك عند حركه الهواء وتكوينه للتيارات النفاثة jet streams في الغلاف الجوي. أو عند تحرك مياه المحيطات في بعض التيارات المحيطية كتيار الخليج في المحيط الأطلسي. وكان يعتقد سابقا أن السبب الرئيسي في حدوث الالتواء النهرية يمكن إرجاعه إلى وجود العقبات التي تواجه النهر مما يجعله يدور أو ينثني حولها مكوناً الالتواء. إلا أن الدراسات الحديثة أثبتت انه من الممكن للالتواء أن يتكون حتى في مجار نهرية مستقيمة وليس فيها أي نوع من العقبات، وقد أثبتت ذلك تجربة مخبريه في Imperial College في لندن، وكان جريان الماء فيه ثابتاً ومنتظماً. وقد ظهرت بعد مضي وقت ليس بالطويل بعض المناطق الضحلة على مسافات منتظمة من قاع المجرى، ثم بدا النهر بالدوران حول تلك المناطق الضحلة وبدا يطور الدورانات النهرية ويعتقد بعض الباحثين أن اختلاف سرعة تيار النهر خلال قطاعه وقله تلك السرعة في الجهات القريبة من القاع مسئول عن نشوء المناطق الضحلة التي سبق ذكرها قبل قليل. وينتج عنها ايضا حدوث تيار حلزوني يكون مسئول عن تطور الالتواءات النهرية. فعندما تتحرك الطبقات السفلى من المياه في النهر بسرعة اقل من الطبقات العليا يلحق الجريان السطحي بالجريان القاعي من الضفة المقعرة نحو الضفة المحدبة.

ويربط بعض الباحثين بين سبب حدوث الالتواءات النهرية وبين طبيعة ونوعية المواد المكونة لقيعان المجاري النهرية حيث يؤدي وجود مواد رسوبية دقيقة مثل ذرات الغرين والطين وبعض الرمال الناعمة إلى جعل المجرى النهري يميل إلى التعرج والالتواء. في حين إذا كان مثل هذه المواد غير متوفرة بدرجه كافية على جوانب وقاع المجرى النهري فإن ذلك المجرى يميل إلى التمزق وينقسم إلى عده مجاري على قطاع عريض من السهل الفيضي ويطلق على مثل هذه المجاري اسم الانهار المظفوره BRAIDED STREAMS وقد أظهرت دراسة نموذجية لحاله نهر طموي في السهول العظمى بالولايات المتحدة أن الالتواءات الكبيرة تكون مرتبطة بالأنهار التي تتصف بتماسك حدود مجاريها.

وتساهم الالتواءات في عمليه تكوين وتسويه السهل الفيضي حيث يتبع تغير مواقع الالتواءات من مكان إلى أخر فوق السهل الفيضي إلى تغطيه ذلك السهل بطبقه من الارسابات وتلعب الالتواءات دورا مهما في توسيع الوديان النهرية إذ تقترب بعض الثنيات النهرية من جانب الوادي النهري فيؤدي ذلك إلى تعرض تلك الجوانب من الوادي إلى التعرية النهرية وتراجعها إلى الخلف وتكون هذه العملية واضحة في مرحلة النضج من مراحل تطور الوديان النهرية. وذلك لان سعه قيعان الوديان في هذه المرحلة تكون قريبه من سعه نطاق الالتواءات النهرية. في حين يكون نطاق الالتواءات في الوديان النهرية التي في مرحلة الشيخوخة أضيق بكثير من قيعان تلك الوديان ولذا لا تستطيع أن تؤدي هذا الدور في هذه المرحلة. ويؤدي تغير مواقع الالتواءات النهرية المستمر إلى امكانية حدوث حالات اسر نهري ذلك عندما يقوم النهر بازالة المرتفعات التي تفصله عن رافده فيحول قسم من منابع ذلك الرافد إليه تاركا إياه نهرا طويلا.

٣- السدود الطبيعية: Natural Levees

يقوم النهر بإنشاء سدود طمويه عندما يجري فوق سهله الفيضي في مرحلتي النضج والشيخوخة. وتوازي تلك السدود مجاري الأنهار وتكون على أكثر حالاتها ارتفاعاً عند جهاتها القريبة من النهر وتنحدر تدريجيا كلما ابتعدت عنه. ويتراوح اتساعها بين كيلو متر والنصف أو أكثر. يرجع السبب في ارتفاعها الكبير بالقرب من مجاري الأنهار إلى حاله الترسيب الفجائي للمواد التي تنقلها الأنهار عندما تطغي فوق ضفافها. يرتبط وجود السدود الطبيعية مع الأنهار التي تتكون فيها ظاهرة الالتواء. وبالنظر إلى الموقع المرتفع نسبياً لهذه السدود قياسا إلى بقية أجزاء السهل ألفيضي فإنها تكون محمية عادة من الفيضانات الاعتيادية. في حين تكون بقية أجزاء السهل ألفيضي منخفضة فتتأثر بالفيضان. فعلى سبيل المثال يكون ارتفاع السدود الطبيعية لنهر بو Bo في ايطاليا

وهوانك هو ويانجتسي في الصين أعلى من ارتفاع المنازل الموجودة في السهل الفيضي المجاور ومن هنا يتضح مقدار الخطر الذي قد يصيب تلك المناطق المنخفضة جراء الفيضان. فقد غمر نهر المسيسبي في فيضانه المشهور سنه ١٩٥١ مساحه واسعة بحيث فقد أكثر من ٢٠٠ر٠٠٠ نسمه مساكنهم الواقعة في المناطق المنخفضة البعيدة عن تلك الضفاف العالية. هذا وتقدم مناطق السدود الطبيعية للانهار مواقع جيده للاستيطان في السهول الفيضيه بسبب قله تعرضها للفيضان كما ذكرنا قبل قليل كما أن خشونة نسيج تربتها يساعد على القيام بالأعمال الزراعية فيها اضافة إلى قله الملوحة فيها نتيجة للتصريف السطحي وقابلية النفاديه العالية نسبياً في هذه التربة قياسا بالتربه ذات النسيج الناعم والتصريف الرديء التي توجد فوق قيعان الأحواض النهرية البعيدة عن الأنهار.

٤- الدلتاوات ( ) Delt△s

الدلتاوات مناطق رسوبية طموية تقع عند مصبات الأنهار وتكون في العادة محاطة بتفرعات النهر التي تتباعد عن بعضها كلما اتجهنا نحو المكان الذي ينتهي فيه ذالك النهر. وقد أعطي هذا الاسم أول الأمر إلى دلتا نهر النيل التي تشبه تماما حرف دلتا الإغريقي والمرسوم أعلاه. ولكي تتكون الدلتاوات لابد من أن تكون كمية ما يتجمع من الرواسب أمام مصب النهر اكبر من الكمية التي تزيلها التيارات المائية والأمواج. يتوقف تيار النهر عاده عند وصوله نحو جسم مائي مستقر أو قليل الحركات كان يكون بحيرة أو بحرا أو غير ذالك الامر الذي يؤدي إلى إلقائه إلى القسم الأعظم من ارساباتة وبسرعة. وخير مثال على ذلك ما يحدث في دلتا نهر Terek على بحر قزوين بين مدينه باكو ونهر الفولغا الروسي. حيث يمكن حتى مشاهدة عملية تقدم هذه الدلتا السريعة داخل بحر قزوين إذا أنها تتقدم بمعدل يبلغ ٥ر١ كم لكل ٥ أو ٦ سنوات. وعلى الرغم من أن مقدمتها بدأت تصل إلى المياه العميقة لبحر قزوين إلا أن معدل تقدمها ما زال اكبر من معدل تقدم دلتا نهر الراين في بحيرة جنيف بعشرة أضعاف.

ولكي تكون الأنهار دلتاوات عند التقائها بالمسطحات المائية المستقرة، لا بد من توفر ظروف عديدة لكي تستطيع الأنهار أن تقوم ببناء الدلتاوات منها أن تكون كمية الارسابات التي تجلبها الأنهار كبيرة نسبياً وان لا يكون الساحل الذي ينتهي فيه النهر عميقا بدرجة لا يمكن معها نمو الدلتا فيه. ولا تنشأ الدلتاوات مثلاً فوق السواحل التي تتعرض لظاهرة الانغمار وكذلك يجب أن لا تكون التيارات والأمواج قويه على ذالك الساحل. وليست هذه الظروف أساسيه جدا لتكون الدلتاوات غير أنها يمكن أن تكون قاعدة عامه لامكانية نشوؤها. فهناك انهار لا يتوفر فيها بعض هذه الظروف إلا أنها استطاعت أن تقوم بإنشاء الدلتاوات. هذا وتتجمع معظم الارسابات التي تنقلها الأنهار أمام القسم الأوسط من النهر في منطقه اتصاله بالجسم المائي المستقر فيتكون من جراء ذلك حاجز طموي يزداد ارتفاعا مع الوقت ومع حدوث الفيضانات العالية الاستثنائية. وتنمو الدلتا وتتشعب الأنهار بهذه الطريقة. وتظل المناطق المنخفضة المحصورة بين تلك الفروع بشكل بحيرات ساحليه مالحة في أول الأمر ثم تمتلىء تدريجيا بالارسابات التي تصلها خلال الفيضانات حيث يؤدي ذلك إلى ردم تلك البحيرات لتضيف بذلك أراضي جديدة إلى الدلتا. وتؤدي الارسابات الطموية التي تجلبها الأنهار إلى رفع مستوى قيعان البحيرات والبحار التي تنتهي فيها تلك الأنهار. وتقوم تلك الرواسب التي نقلتها الأنهار العظيمة والتي استمرت لنقلها لفترة طويلة إلى إيجاد نوع من الثقل العظيم الذي قد يضغط بدوره على القاع فيكون نوعا من الهبوط فيه. وقد لوحظت هذه الظاهره على سواحل خليج المكسيك الشمالية حيث أدت الرواسب التي ألقاها نهر المسيسبي إلى حدوث ظاهره هبوط فيه.

١- الدالات المروحية: Alluvial Fans

تعرف أحيانا باسم السهول المروحية أو باسم المراوح الطينية. وتنشا هذه المراوح عند مناطق الانتقال بين المناطق ذوات الانحدار الشديد كالسلاسل الجبلية والتلال العالية والهضاب وبين

الجهات المنخفضة المجاورة لها والتي تتميز بقلة درجة انحدارها كالسهول مثلا أو بطون الوديان التي تتميز بان مناخها جاف أو شبه جاف حيث تكون الأنهار التي تجري فيها وقتية عادة. وتحمل تلك الأنهار عند جريانها بسرعة فوق المنطقة الشديدة الانحدار كميات كبيرة من الرواسب التي كانت قد هيأتها عمليات التجوية المختلفة. وتتناقص سرعة جريان تلك الأنهار فجأة عند انتقالها نحو المناطق المنخفضة المجاورة. ويؤدي ذلك إلا إن الأنهار تقوم بإلقاء معظم ما تحمله من الرواسب فوق منطقة الانتقال. وتترسب معظم الرواسب الخشنة الذرات أولا وخاصة في منتصف المجرى النهري حيث يتكون حاجز يضطر النهر معه إلى الانقسام إلى فرعين ينقسمان بدورهما أيضا ويزداد تفرع الأنهار وتقل كمية مياهها والرواسب التي تحملها كلما ابتعدت عن المنطقة الجبلية المرتفعة. ولذلك نجد أن المروحة الطموية ذات سمك كبير ورواسب خشنة في جزئها الأعلى القريب من المنطقة المرتفعة ويتناقص سمكها ويقل حجم ذراتها ويزداد اتساعها كلما ابتعدنا عن تلك المنطقة المرتفعة. ويظهر عند الحافات السفلى لكثير من السهول المروحية مجموعة من الينابيع والعيون الناتجة عن خروج مياه الأنهار النافذة خلال التكوينات المسامية للمروحة.

خصوبة الرواسب الطموية:

لا بد لنا ونحن ننهي دراستنا للأشكال الناتجة عن الترسيب النهري أن نذكر أن هذه الأشكال تتميز بخصوبة تربتها حيث تكون تربتها متجددة من جراء تعرض غالبية هذه الأشكال لعملية الفيضان التي تجلب طبقة جديدة من التربة التي تضاف فوق التربة السابقة التي أنهكتها النباتات فتجدد من نشاطها وخصوبتها. وتصبح هذه المناطق من انسب المناطق للزراعة إذا كان المناخ ملائما لذلك حيث أنها ذوات تضاريس منخفضة تجعلها ملائمة للاستيطان البشري وللقيام بالأعمال الزراعية المختلفة. وعلى الرغم من خصوبة الأرض في السهول الطموية الواقعة عند قدمات المرتفعات والدالات المروحية ولكن البعض منها يحتوي على الحجارة والصخور الكبيرة التي تجعل الزراعة الممكننه غير سائدة فيها.