تعريف علم الجيومورفولوجيا:

قبل أن نعرف هذا العلم نعود إلى اصل الكلمة حيث أن كلمة جيومورفولوجيا Geomorphology تتكون من ثلاثة مقاطع يونانية تعني حرفيا علم أشكال سطح الأرض وهي: Geo وتعني ارض، و Morpho وتعني شكل، و Logy وتعني علم. وهذا المصطلح أمريكي ادخل لأول مرة من قبل مدرسة جغرافيا في أمريكا في أواخر القرن التاسع عشر وحتى أن هذا المصطلح هو الأقرب، مع أن باحثين جغرافيين آخرين يفضلون كلمة Land forms (أشكال الأرض)، لان جيومورفولوجيا ربما تكون اقرب إلى الجيولوجيا .

وللتأكد من سعة انتشار التعريف الأول بين الباحثين نستعرض ما قدم من تعاريف كبار علماء الجغرافيا والجيولوجيا مثل:

بنك Penck ، الذي وصفة بأنه يدرس أشكال الأرض من حيث النشأة والمظهر. في حين أن فيلبسون Philipson قال انه دراسة سطح قشرة الأرض الصلبة. ووصفة زولش بأنه علم أشكال الأرض من حيث دراسة مظهر الأرض الحالي والماضي والمستقبل. ووضع ريشتهوفين تعريف يقول هو العلم الذي يحاول التعرف على الأشكال الأرضية من حيث تمييزها ووصفها وتوزيعها، ثم تجميعها في أقاليم أرضية، أي بشمولية اكثر هو علم أشكال قشرة الأرض والعوامل الطبيعية المنشئة (المكونة) لتلك الأشكال، وهنا يهمنا تجنب دور الإنسان وفعله وتأثيره في تشكيل وتعديل الأشكال الأرضية، أي أن هذا العلم هو علم تشكيل أشكال سطح الأرض.

وبناء على ما ذكره الباحثين أعلاه ومن خلال التطور لعلم الجيومورفولوجيا حديثا، نستطيع وضع تعريف شامل لهذا العلم، على انه هو ذلك العلم الذي يقوم :

بوصف مظاهر وأشكال سطح الأرض من حيث الارتفاع والانخفاض والأصل والنشأة والتكوين الجيولوجي، ودراسة العمليات الجيومورفولوجية التي أسهمت في صياغة وتشكيل أشكال الأرض مثل الانجراف والتعرية والتجوية واستخدام المعايير والمقاييس المختلفة بدقة، لقياس العمليات الجيومورفولوجية ومسح مظاهر الأرض للاستفادة منها في التنقيب عن الثروات المعدنية والطبيعية ومعالجة الأخطار الطبيعية المتعددة.

وبذلك فالجيومورفولوجيا ليست مجرد فرع من فروع الجغرافيا بل هي الفرع الأساسي لعلم الجغرافيا، حيث أن جميع الأحداث والظواهر الأخرى على سطح الأرض تتصل اتصال مباشر بسطح الأرض والذي يوضح هذه الظواهر هو البحث في الجيومورفولوجيا، فمثلا رغم وجود الغلاف الجوي والذي يحكمه قوانين خاصة إلا أن عناصره وظواهره المناخية مثل الحرارة والرياح والأمطار تتصل اتصال وثيق بالظواهر الجيومورفولوجية، وكذلك النبات والحيوان يتأثر وهكذا. ومن هنا فالجيومورفولوجيا كما قال العالم بنك هي جوهر الجغرافيا وروحها، لان الجيومورفولوجيا تدرس المجالات الطبيعية الثلاث للكرة الأرضية: وهي اليابس والغلاف الغازي والمحيطات. وبذلك تدرس الجيومورفولوجيا جميع معالم سطح الأرض، كبيرها وصغيرها من محيطات وقارات إلى جبال وتلال وأحواض ووديان وسواحل وغيرها. والهدف من ذلك هو التعرف على صيغها وظروف نشأتها والعوامل التي اشتركت في تشكيلها وتتبع مراحل تطورها.

وبهذا المعنى فان هذا العلم مبني على مجموعه هائلة من الحقائق، وهو علم حدي بين الجغرافيا والجيولوجيا، حتى أن تطور الجيومورفولوجيا جاء مع تطور الجيولوجيا، وان اكبر الجغرافيين الذين تخصصوا ودرسوا هذا العلم في أميركا وقدموا له الكثير هم متخصصين في الجيولوجيا، وخاصة العالم ويليام موريس ديفز (W.M Davis) وسوف نرى فيما بعد ما يعرف بالمدرسة الديفيزيه نسبة إلى هذا العالم في دراسة تطور أشكال سطح الأرض.

ويهتم علم الجيومورفولوجيا بنشأة وتطور الأشكال ألا رضيه، أي بالبعد الزمني المتمثل في الرد على أسئلة تبدأ بـــ (متى وكيف) والتوزيع المكاني بكلمتي (أين ولماذا) حيث يتكون سطح الأرض في أي مكان من صور شتى ومختلفة، ولو تتبعنا ساحل الخليج ركوبا بالطائرة من الشمال إلى الجنوب نرى ظواهر أرضية مختلفة، وعمل على تطوير هذه الظواهر عوامل وعمليات جيومورفولوجية مختلفة.

العامل الجيومورفولوجي هو الطاقة مثل المطر، والعملية هي الوسيلة مثل الانجراف بمختلف أشكاله، وكأمثلة على العوامل والعمليات نورد ما يلي:

1- السيل عندما يجري ويجيش على شكل مجاري (عامل) يجرف وينقل ويرسب (عمليه).

2- الرياح (عامل) تعمل بدورها على نقل الرمال وتجميعها (عمليه).

3- أمواج البحر (عامل) تضرب وتنحت السواحل (عمليه) وتكون جروف صخرية.

وباختصار فانه عند النظر إلى أشكال الأرض والتي تبدوا على شكل حقائق بديهية فأنها لم تكن كذلك قبل فتره من الزمن، حيث انه حتى لو سألنا أحد العامة عن سر وجود الجبال مثلا وكيف ومتى نشأت سنرى رد فعل معين، تطور هذا الرد من القدم من الأوهام والخرافات إلى حقائق العلم الذي نحن بصدد دراسته في هذه المادة بالتفصيل.

تطور علم الجيومورفولوجيا:

رغم أن علم الجيومورفولوجيا من العلوم الحديثة التي وضع الإنسان قواعده وأصوله عند بداية القرن الماضي. ومع ذلك فكر الإنسان القديم منذ ظهوره على سطح الأرض في أشكال البيئة الطبيعية التي يعيش فيها.

وتعد أقدم الدراسات التي تختص بدراسة أشكال سطح الأرض وتكوين الكرة الأرضية هي التي ظهرت في عهد الإغريق نذكر منهم :

- هيرودوت (485- 425 ق . م) والذي عرف بأبو التاريخ فقد أوضح بأن دلتا مصر عبارة عن طبقات من الصلصال تترسب مع كل فيضان سنوي لنهر النيل، ومن هنا استنتج أن دلتا النيل هي المنطقة التي بناها النهر، وأنها تربة خصبة يعيش عليها سكان مصر في الزراعة ومن هنا كانت قولته المشهورة " مصر هبة النيل " .كذلك دلل هيرودوت على وجود الحواجز الساحلية في شمال مصر وفوقها بقايا أصداف وهياكل بحرية بان مستوى سطح البحر لم يكن ثابتا خلال العصور السابقة وانه كان أعلى من مستواه الحالي .

- أرسطو (حوالي 350 ق . م) بين أن الينابيع في بلاد الإغريق عبارة عن مياه جاءت من باطن الأرض. إما بسبب ما يتسرب من مياه الأمطار أو بنقل الغازات الموجودة في باطن الأرض . كذلك بين أرسطو أن الرواسب النهرية تأخذ في الصغر وحجمها يستدق كلما نقلت

لمسافات طويلة مع النهر وأنها تبدو في صورة رواسب طينية دقيقة تشكل ما يعرف بدلتاوات الأنهار، وبين أمثلة بذلك على الأنهار التي تصب في البحر الأسود.
كما بين أرسطو أن الزلازل والبراكين نشأتها واحدة، فهي عبارة عن غازات ساخنة في باطن الأرض. ونتيجة لتحركها تخرج إلى أعلى في صورة براكين أو أنها تعمل على تكسير قشرة الأرض فتهتز في صورة زلازل.
- استرابو (25 ق . م) أوضح أن ارتفاع و انخفاض أجزاء من سطح الأرض ترجع إلى فعل الزلازل و البراكين، كما بين أن بناء الدلتاوات النهرية يتم ببطء نظرا لاستمرار تآكل رواسبها بفعل الأمواج وعمليات المد والجزر.
وقد اضمحل الفكر الجيومورفولوجي خلال الفترة الزمنية الممتدة من نهاية العصر الإغريقي حتى العصور الوسطى، ويرجع الفضل إلى بعض الكتاب العرب الذين حافظو على الدراسات الإغريقية القديمة بل وأضافوا إليها، ولعل ذلك يظهر في مخطوطات الرحالة العرب القديمة وفيها وصفا تفصيليا لأشكال السطح في البلدان المختلفة خاصة في حوض البحر المتوسط وشبه الجزيرة العربية، كما برعوا في وصف الصحراء وأشكال التلال والكثبان الرملية ، ونذكر من هؤلاء :
- ابن سينا (حتى 1037 م) بين أن الجبال تنشأ بفعل حركات الرفع من أسفل إلى أعلى وان الجبال المنعزلة ما هي إلا صخور شديدة الصلابة قاومت فعل عوامل التعرية النهرية والرياح، كما ذكر ابن سينا أن فعل عوامل التعرية يحدث ببطء شديد، وأن الكثير من الظاهرات التضاريسية على سطح الأرض قد تكون خلال عشرات الآلاف من السنين .
- ابن خلدون بين عملية تكوين الأرض وتوصل إلى أن مواد باطن الأرض كثافتها أعلى بكثير من كثافة قشرة الأرض. كذلك بين ابن خلدون علاقة الأغلفة (المائية والصخرية والغازية) ببعضها .
أما فكر الغرب في الدراسات الجيومورفولوجية فقد بدأ في القرن 15 الميلادي اعتمادا على النظريات الافتراضية وعرفت هذه الفترة بفترة ما قبل هاطون .
ومن هؤلاء المفكرين :
- ليوناردو دافنشى (حتى 1519 م) بين أن المجاري النهرية العميقة هي نتاج نحت المياه للأرض التي تجري فوقها، وان رواسب الدلتاوات نقلتها المجاري النهرية من المنابع العليا.
- نيكولاس ستيني (حتى 1687م) أرجع أن التعرية النهرية هي التي شكلت معظم ظاهرات سطح الأرض.
- بيفو (حتى 1877 م) بين أن الأنهار هي التي نحتت الصخور، وأن ظاهرات سطح الأرض تتشكل ببطء خلال آلاف السنين، بل تخيل أن عملية تكوين الأرض وخلقها في ستة أيام (كما جاء في القرآن الكريم) لدليل على أن الله سبحانه وتعالى خلق الكون على مراحل متعاقبة بلغت ست مراحل .
- تارجيوتى (حتى 1784م) بين أن الاختلاف في شكل المجاري النهرية يرجع إلى اختلاف الصخور التي تجرى فوقها .
- جيثار (حتى 1786 م) كان فكره جيولوجيا، فقد اهتم بدراسة تآكل الحافات الجبلية وتراجعها بفعل المجاري النهرية القصيرة الشديدة الانحدار. كما اهتم بفعل البحر وبين تأثير

البحر يكون شديدا وواضحا على الصخور الجيرية اللينة بعكس الصخور الصلبة شديدة المقاومة .

- دى سوسير (حتى 1799م) أول من أطلق كلمة جيولوجيا واهتم بدراسة التركيب الجيولوجي لجبال الألب والظاهرات المميزة بها ومدى تأثرها بفعل الجليد والأنهار.

- دسما ريه (حتى 1815 م) أرجع تكوين الأودية النهرية إلى عدة مراحل وطبق ذلك على أنهار وسط وشمال فرنسا .

ثم جاءت مرحلة جيمس هاطون في نهاية القرن 18 ، وكانت اهتماماته بالكيمياء والجيولوجيا، كما اهتم بالأشكال التضاريسية على سطح الأرض، وبين هاطون أن الظاهرة التضاريسية تختلف في مظهرها من مكان إلى آخر على سطح الأرض .

وقد اهتم هاطون بحقيقتين :

الحقيقة الأولى : أن الحاضر مفتاح الماضي The present is the key to the past.

معنى ذلك أنه عند دراسة ظاهرة موجودة الآن ومعرفة مراحل تكوين وتطور هذه الظاهرة يمكن أن يرجعنا إلى الحالة الأولى التي كانت عليها هذه الظاهرة، وبالتالي معرفة ماضي المنطقة، ثم التغيرات التي حدثت بها إلى أن أوصلتها إلى صورتها الحالية (حاضر المنطقة) .

الحقيقة الثانية: هي التطور التدريجي البطيء أو ما يعرف (بالنسقية) Uniformitarianism. وفيها بين أن الظاهرات التضاريسية الكبرى على سطح الأرض تتشكل ببطء شديد خلال ملايين السنين إلى أن تتم دورتها في النمو والتطور. وضرب لنا مثلا بوجود تل منعزل في منطقة منبسطة لدليل على قوة مقاومته لعوامل التعرية خلال فترة طويلة .

أما مرحلة ما بعد هاطون فكانت في بداية القرن 19 حيث ظهرت دراسات علمية متعددة مثل :

دراسات لويس أجازيز، وبلاى فير، واسمارك فى أوروبا، وجميعها اهتمت بدراسة تأثير الجليد على سطح الأرض، كما أن أراضي أوروبا تأثرت بأكثر من فترة جليدية في عصر البليستوسين، وأن بين كل فترتين جليديتين كان هناك مرحلة دفيئة .

كما ظهر في ألمانيا دراسات جيومورفولوجية جادة على يد ألبرخت بنك وابنه فالتر بنك من بعده، واهتمت هذه الدراسات بتفسير الأشكال التضاريسية والجليدية لسطح الأرض، والاهتمام بدراسة ظاهرات الانزلاقات الأرضية وكذلك أنماط انحدارات سطح الأرض.

ظهرت في أمريكا دراسات متطورة لعلم الجيومورفولوجيا في أواخر القرن 19 وأوائل القرن 20 فهناك :

ماجور باويل اهتم بدراسة الظاهرات التركيبية في غرب الولايات المتحدة الأمريكية، وصنف المجاري النهرية بها بحسب نشأتها وهو أول من أطلق مفهوم مستوى القاعدة base-level وبين أن الأنهار تنحت مجاريها و تتعمق إلى أن تصبح الأرض في الجزء الأول من النهر قريبة من مستوى سطح البحر.

وهناك العالم جلبرت (حتى 1918م) اهتم بدراسة عوامل التعرية الخارجية (الهوائية)، كما اهتم بدراسة عمليات التعرية الجانبية للأنهار وعملية تكوين المدرجات النهرية. كما قام

جلبرت بدراسة المدرجات البحرية حول البحيرة الملحية العظمى، كما درس جلبرت المناطق الانكسارية في غرب الولايات المتحدة.
وهناك العالم داتون حتى 1921م الذي اهتم بدراسة ظاهرات جيومورفولوجية متعددة في هضبة كلورادو، وأسباب اختلاف أشكال الظاهرة الواحدة من مكان إلى آخر، وأوضح داتون بان ظاهرات سطح الأرض تتآكل وتتلاشى في النهاية بفعل عوامل التعرية، حتى انه أطلق على المرحلة النهائية في تطور الظاهرة اسم مرحلة التعرية العظمى The great Denudation.

مرحلة التعرف على تطور المظهر الجيومورفولوجى :
تعتبر هذه المرحلة بحق مرحلة هامة وأساسية في تقدم الفكر الجيومورفولوجي، فلم يعد الاهتمام قاصرا على معرفة أصل المظهر التضاريسي وعامل نشأته ونوعه وتصنيفه حسب هذا العامل ولكن تعدى هذا الاهتمام بمعرفة أصل الظاهرة إلى محاولة التوصل إلى معرفة عمر تلك الظاهرة ومراحل تطورها، وقد أسس العالم الأمريكي وليم موريس دافيز (1850- 1934) دعائم هذه الدراسة، و ألف مئات المصطلحات الجيومورفولوجية، ومن خلال رؤيته لتنوع ظاهرات سطح الأرض من مكان إلى آخر توصل إلى أن هناك ثلاثة عوامل تؤدى إلى هذا الاختلاف – هذه العوامل هي :
(أ) البنية والتركيب الجيولوجي Structure and Lithology
(ب) القوى التي تشكل الظاهرات Processes
(ج) الزمن أو مراحل النمو Stage
والبنية **Structure** هنا هي نظام بناء الصخور الرسوبية تظهر في صورة طبقات سواء كانت أفقية أو مائلة أو ملتوية (محدبة أو مقعرة) أو منكسرة، أما الصخور النارية فتظهر كتلية الشكل.
والتركيب الجيولوجي Lithology : فهي المواد التي تتألف منها التكوينات الصخرية وهل هي لينه لا تقاوم فعل التجوية والتعرية أم أنها صلبة شديدة المقاومة.
والقوى **Process** كما يراها دافيز فهي العوامل الخارجية التي تشكل سطح الأرض مثل فعل الأنهار، والرياح، والمياه الجوفية، والبحر، والجليد وكذلك العوامل الداخلية مثل فعل الالتواءات أو الانكسارات.
أما الزمن **Stage** فهو الفترة الزمنية التي تشكلت فيها الظاهرة وبالتالي إذا وجدت ظاهرتين متشابهتين من حيث البنية والتركيب الجيولوجي وكذلك العوامل الخارجية التي تشكلها ومع ذلك تتنوع الملامح وتختلف فيما بينهما فان هذا يرجع إلى اختلاف الفترة الزمنية في كل منها.
كما اهتم دافيز بدراسة مراحل تطور الظاهرة و اهتم بقول هاطون (الحاضر مفتاح الماضي) كما بين أن الأودية النهرية تختلف فيما بينها تبعا لما يعرف بالدورة الجغرافية Geographic Cycle أو ما تعرف بالدورة التحاتية Erosion cycle.
فالأنهار شديدة الانحدار يعظم فيها النحت الراسي والجانبي وبالتالي تظهر مناطق شديدة التضرس والوعورة وبين دافيز هذه المرحلة بأنها مرحلة الطفولة Young stage أي أن عوامل التعرية مازالت قوية ثم مرحلة الشباب Stage Mature وفيها تقل حدة التضاريس بسبب عمليات التسوية لجوانب الأنهار وقلة النحت الراسي، ثم تنضج الظاهرة أو تشيخ (

مرحلة النضج أو الشيخوخة)Old stage وفيها تصل إلى مرحلة الثبات والبطء. كما قسم دافيز المراحل الرئيسية إلى مراحل ثانوية فهناك مرحلة الطفولة المبكرة، والطفولة المتوسطة، والطفولة المتأخرة وكذلك الحال في المراحل الأخرى. وبين دافيز أن الظاهرة التضاريسية إذا مرت بجميع هذه المراحل بانتظام فإنها تكون قد أتمت دورتها التحاتية وهنا يطلق عليها الدورة التحاتية الكاملة A complete cycle. أما إذا حدث اضطراب خلال الدورة التحاتية مثل حدوث حركات رفع فإنها تؤدى إلى إعادة مظهر الطفولة من جديد وبداية دورة تحاتية جديدة. ومن هنا أطلق دافيز على الدورة الأولى اسم الدورة التحاتية الناقصة Partial cycle وإذا تكونت الظاهرة بأكثر من دورة تحاتية كل واحدة فيها قد اكتملت فتعرف باسم الظاهرة المتعددة الدورات التحاتية. A Multicyclic Feature ووجد دافيز أن هناك عاملا آخرا قد يؤدى إلى زيادة إجراء عملية النحت الرأسي للأنهار وهو تغير مستوى سطح البحر، فعندما ينخفض مستوى سطح البحر عن الأراضي المجاورة فان الأنهار يشتد نحتها وتعمق مجاريها كي تصل إلى المستوى الجديد الذي انخفض إليه منسوب سطح البحر، وعندما يصل النهر إلى حالة الثبات وينعدم فيه النحت يعرف باسم النهر المنحوت أو شبه الثابت Graded Stream. أما إذا كان النهر يصب في بحيرة أو حوض داخلي فان النحت الرأسي للمجرى يتوقف على الفرق بين منسوب المجرى النهري ومنسوب هذا المصب، فكلما كان الفرق كبيرا كان النحت الرأسي شديدا، ومن هنا أطلق عليه دافيز المستوى المحلى Local level.

مجال علم الجيومورفولوجيا:

يدرس علم الجيومورفولوجيا 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. وكما قلنا فانه عندما انتقلنا من الوصف إلى التحليل في الجيومورفولوجيا فان نتائج التحليل أصبحت توفر اكثر من التطبيقات لهذا العلم وذلك باستخدام المقاييس الدقيقة عن طريق الميدان مباشرة. أهم الجوانب التطبيقية للجيومورفولوجيا ما يلي:

1- الكشف عن الثروات الطبيعية وتطوير المساحات الزراعية والمعادن والغاز والصخور المفيدة.
2- دراسة أحواض الأنهار وبناء الخزانات والسدود المائية وتوليد الطاقة وكشف الموارد المائية السطحية والجوفية وصيانتها.
3- دراسة انجراف وتعرية التربة بالمياه والرياح ومعالجة هذه المشاكل.
4- تتبع تغير مجاري الأنهار والقنوات وأثار هذا التغير.
5- دراسة الانهيارات والانزلاقات الأرضية والصخرية ككوارث طبيعية ومواجهتها.
6- استخدامه في النواحي العسكرية والحروب.
7- دراسة التربة وأعماقها وصلاحيتها للإنتاج الزراعي.
8- دراسة السواحل البحرية والموانئ وأثرها في الملاحة، وعلاقة التيارات البحرية بذلك.

9- استخدامه في عمل الخرائط الجيومورفولوجية لتطبيقها في شتى المجالات.
10- استخدامه في دراسات البناء والطرق والسكك الحديدية.
11- تتبع تطور الأقاليم واستقرارها الجيومورفولوجيا
12- استغلال الصحاري والأراضي الجافة وشبه الجافة وتتبع العواصف الرملية فيها أثرها على نشاط الإنسان.

علاقة الجيومورفولوجيا بالعلوم الأخرى:

لقد قال لوبيك Lobeck أن الجيومورفولوجيا هي أيضا فرع أساسي من الجيولوجيا وخاصة علم دراسة المعادن والصخور وجيولوجية البنية والجيولوجيا الديناميكية التي تسهم في فهم علم الجيومورفولوجيا لأنها تفسر تطور معالم سطح الأرض، ولهذه الموضوعات الارتباط الوثيق مع الجغرافيا التي تدرس العلاقة بين الإنسان وبيئته الطبيعية من خلال الجغرافيا الطبيعية في دراسة المناخ والمياه والنبات. علاوة على ذلك يحتاج من يدرس الجيومورفولوجيا الرياضيات والعلوم الطبيعية. أي باختصار يشمل هذه العلم مواضيع تخص الجيولوجيا وعلم المياه والهندسة والرياضيات والفيزياء والجغرافيا وعلم التربة، حيث انه لا يوجد علم من العلوم يتقوقع ضمن حدود معينة، إلا انه يكون في تطور مستمر بحيث ينتقي ما يراه مناسبا من العلوم الأخرى التي تساعد على تطوره وشموله.
وهكذا فان الجيومورفولوجيا لا ترتكز على القاعدة الجغرافية وحدها بل يوجد خمسة علوم أرضية أساسية ومجاورة ذات صلة وثيقة بالجيومورفولوجيا. وتعنى هذه العلوم الخمسة بدراسة الشكل العام للأرض وبحالتها ونشأتها وبنائها وموادها، وأول هذه العلوم هو الجيوديسيا Geodesy وهي علم قياس الأرض لتحديد المواقع والارتفاعات لنقط معلومة على سطح الأرض مع الأخذ بالاعتبار عند القياس الشكل الحقيقي للكرة الأرضية (كروي)، أما العلم الثاني فهو الجيوفيزياء إن علم الطبيعة الأرضية Geophysics والذي يوضح للجيومورفولوجيا خبايا القوى التي تسكن باطن الأرض والتي ينتج عنها الزلازل والبراكين، والثالث هو الجيولوجيا، حيث انه يجب على الجيومورفولوجي أن يدرس منطقة البحث جيولوجيا إذا لم تكن مدروسة جيولوجيا بشكل مسبق من قبل آخرين. وبالتالي فان الجيومورفولوجيا هي همزة الوصل بين الجغرافيا والجيولوجيا، أو نطاق الحدود بينهما. والعلم الرابع هو علم البيتروجرافيا Petrography أو علم الصخور الذي يدرس قشرة الأرض السطحية من خلال تنظيمها في وحدات زمنية وأعمار محددة . قد يضاف إلى هذه العلوم علم خامس هو علم الكارتوغرافيا (الخرائط cartography) وهكذا نلاحظ انه لا يمكن الحديث عن البناء العلمي الجغرافي إلا إذا بدأنا أولا بدراسة علم الجيومورفولوجيا.

العوامل والعمليات الجيومورفولوجية:

كما ذكرنا فان العملية الجيومورفولوجية (Geomorphic Proccess) هي وسيلة التأثير على صخور الأرض وما يتكون عليها من أشكال وتشمل كل عملية التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي يكون لها دور في تغير وإزالة أو تكوين أشكال الأرض.
أما العامل الجيومورفولوجي (Agent) فهو الذي تصبح العملية مؤثرة بموجبها فانه وهو يعني أي وسيط طبيعي قادر على نحت ونقل وترسيب المادة التي تتكون منها قشرة الأرض والصخور على اختلاف أنواعها، وبناء على ذلك فان المياه الجارية والباطنية

والأمواج والتيارات هي عوامل جيومورفولوجية، وأحيانا تسمى بالعوامل المتحركة لأنها تقوم بتحريك المواد وتنقلها وترسبها في مكان أخر. والذي يوجه هذه العوامل هو الجاذبية الأرضية ولكن الجاذبية لا تعتبر عامل جيومورفولوجي (وقد تسمى هذه العوامل أيضا بالعوامل الظاهرية) ويمكن تلخيص مجمل العمليات الجيومورفولوجية التي تحدث في القشرة الأرضية على الوجه التالي:

1- التجوية Weathering
2- الانهيال Mass Wasting
3- التسوية Gradation
4- النحت (الهدم) Degradation
5- التعرية (الانجراف) Erosion وتشمل المياه الجارية + المياه الباطنية + الأمواج والتيارات البحرية والمد والأمواج البحرية العظمى + الرياح + الثلاجات.
6- البناء Aggradation وتشمل المياه الجارية + المياه الباطنية + الأمواج والتيارات والمد والأمواج البحرية العظمى والرياح والثلاجات وكل الكائنات العضوية بما فيها الإنسان، والعمليات الباطنية.
7- حركات القشرة الأرضية Diastrophisim (الانزياح والزحف)
8- النشاط البركاني Vulcanism
9- العمليات التي تنشأ خارج الغلاف الغازي Extraterrestrial مثل سقوط الشهب والنيازك.

ولا بد من التأكيد على انه قد يحدث التباس باستخدام المصطلحات التي تسمى بها العوامل والعمليات الجيومورفولوجية الشائعة. ويرجع الالتباس إلى حد ما إلى اختلاف الرأي عما يجب أن تشمله عملية جيومورفولوجية معينة. ولذا تستعمل كلمة التسوية (Gradation) لتشمل جميع العمليات الجيومورفولوجية التي تعمل على جعل سطح قشرة الأرض بمستوى واحد، وتشمل عملية التسوية مجموعتين من العمليات: الأولى تعمل على تخفيض مستوى قشرة الأرض وتسمى عمليات الهدم، والثانية تعمل على رفع مستوى قشرة الأرض وتسمى عمليات البناء. أما بالنسبة لعملية التعرية (الانجراف) فقد تكون مرادفة للتسوية وتشمل هذه العملية إزالة المادة لذا لا يدخل بها الإرسال مع انه جزء متمم للتعرية. أما كلمة الانهيار (الانهيال) فتدل على نقل كتلة كبيرة الحجم من المفتتات الصخرية بفعل الجاذبية المباشر نحو اسفل المنحدرات، ويساعد وجود الماء على حدوث الانهيار. في حين أن عملية التجوية توسع مفهومها إلى درجة كبيرة لكي تعبر هذه العملية جزءا من التعرية مع أنها قد لا يتشاركان في العمل فقد تحدث التجوية دون حدوث التعرية، والتعرية ممكنة دون تجوية سابقة، لذا فالتجوية عملية سابقة وعملية إعداد للتعرية إلا أنها ليست متطلب أساسي لحدوث التعرية.

عامل الزمن في العمليات الجيومورفولوجية (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 4,6 بليون سنه. أن معظم مظاهر سطح الأرض البارزة ترجع إلى 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.

الأفكار الأساسية في توجيه العمليات الجيومورفولوجية:

حدد العالم الجيومورفولوجي ثورنبري (Thornnmbry) العملية الجيومورفولوجية والتي تبدأ وتحدث وتكتمل بفعل عوامل جيومورفولوجية معينة تؤدي إلى تغيير أشكال سطح الأرض من حيث التغير ضمن مدى زمني جيولوجي معين، حددها بأنها تسير على صورة الأفكار التسعة التالية:

1- (إن بعض العمليات والقوانين الطبيعية التي تعمل ألان هي نفسها قد عملت خلال الأزمنة والعصور الجيولوجية، إلا انه ليس من الضروري أن يكون عملها بنفس الشدة الحالية دائما)، حيث أن أي وادي لا يوجد شك بأنه يشق مجراه حاليا مثل ما كان يشقه في الزمن الماضي، وان الاختلاف فقط هو في الشدة والذي قد يكون سببه التغيرات المناخية على سطح الأرض.

2- (ترتبط تضاريس سطح الأرض إلى حد كبير مع اختلاف سرعة العمليات الجيومورفولوجية)، أن أحد أسباب تباين مقدار نحت سطح الأرض هو تباين طبيعة الصخور المكونة لها، مثلا الصخر الجيري اسهل من الجرانيت، والمناطق المرتفعة قاعدتها صلبة والمنخفضة كالسهول صخورها لينة. أي أن درجة مقاومة الصخر هي التي تؤدي إلى تباين النحت، ولكن يبقى اختلاف عناصر الحرارة أو الرطوبة والغطاء النباتي السبب الرئيسي في اختلاف شدة العمليات الجيومورفولوجية من فترة لأخرى، وهذا معناه وجود الاختلاف من مكان لأخر حتى على نطاق ضيق.

3- (تترك العمليات الجيومورفولوجية آثارها الواضحة على أشكال اليابسة وتقوم كل عملية جيومورفولوجية بتطوير أشكال اليابس الخاصة بها)، ولذا لكل مظهر من مظاهر الأرض صفات مميزة تعود إلى طبيعة العملية التي أظهرت هذا الشكل. فالسهول أشكال كونتها الأنهار. ولكون كل عملية جيومورفولوجية تعمل على انفراد في تكوين معالم أرضية متميزة فانه بالإمكان تصنيف أشكال اليابسة على أساس نشأتها. ولذا يصبح تفسير وجود شكل معين سهل على المتخصصين في هذا العلم، وحتى انه يمكنهم توقع وجود أشكال أخرى بناء على

علاقة ونشأة هذه الأشكال، حيث مثلا تعود معظم مظاهر الأرض إلى تغيرات مناخية حدثت في زمن البلايستوسين.

4- (يظهر تعاقب منظم الأشكال اليابس عندما تعمل عوامل تعرية مختلفة على سطح الأرض)، أي انه يوجد تطور متعاقب ومنتظم لأشكال الأرض حسب اعتقاد المتخصصين، ورغم أن ديفز هو الذي وضع فكرة مرور الأشكال الأرضية بمراحل الشباب والنضج والشيخوخة والتي سميت بالدورة الجيومورفولوجية، إلا أن هذا لا يعني وجود دورة حقيقية في الطبيعة، ولكن يبقى وجود تطور منظم ومتعاقب وليس من الضروري وجود تماثل في مراحل وخصائص طبوغرافية كل إقليم. كما يختلف الزمن، حيث أن وجود منطقتين متشابهتين في مراحل تطورهما لا يعني انهما استغرقتا نفس الفترة الزمنية. ومن هنا لا بد من تتبع دورات تطور كل إقليم أو شكل على انفراد للوصول إلي تطوره الحقيقي.

5- (أن التطور الجيومورفولوجي المعقد اكثر شيوعيا من البسيطة– أي التطور البسيط منه)، حيث أن التوضيح البسيط لإشكال سطح الأرض قد لا يكون صحيحا. ولهذا وجدت التناقضات بسبب الاعتماد على الإيضاح البسيط، حيث انه عندما نتعمق في تفسير أشكال الأرض نجد أن التطور قد يكون نتيجة لعملية جيومورفولوجية واحدة وبناء على ذلك صنف هوربرج عام 1952 أشكال اليابسة في خمسة مجموعات كما يلي:

أ- البسيط: وهي الأشكال التي تكونت بفعل عملية (دورة) جيومورفولوجية تطغى على عمليات أخرى سابقة أن وجدت.

ب- المركب: تتعرض إلى دورتين (عمليتين) أو اكثر، ومعظم الأشكال مركبة

ج- أشكال تنتج عن دورة واحدة: تظهر على الأشكال أثار هذه الدورة

د- أشكال تنتج عن دورات متعددة: تحمل أثار هذه الدورات.

هـ- مجاميع الأشكال المنكشفة: أي تطور الشكل بوجود ظروف مناخية واحدة وما صاحبها من تباين في العمليات الجيومورفولوجية السائدة، كما ان هذا النوع من الأشكال تكون خلال فترات جيولوجية سابقة وانطمر تحت كتل من الصخور وعاد وظهر بعد زوال ما كان يغطيها من صخور.

6- (إن قليلا من طبوغرافية الأرض اقدم من الزمن الجيولوجي الثالث في تاريخ تواجدها ولا يتجاوز قدم غالبيتها عصر البلايستوسين)، ولقد قدر أشلي (Ashly) بان 90% من سطح اليابس في الوقت الحاضر تكون بعد الزمن الثالث وإن 99 % من هذه الأشكال تطور بعد عصر الميوسين. وليس بالضرورة أن تكون هذه التقديرات صحيحة إلا أنها تبقى فكرة مقبولة لدى المتخصصين.

7- (لا يمكن تفسير المعالم التضاريسية تفسيرا صحيحا دون أن تقدر التغيرات المناخية والجيولوجية المتعددة التي حدثت خلال البلايستوسين تقديرا كاملا)، حيث أن معظم المظاهر الطبوغرافية في العالم نشأت في فترة حديثة وان التغيرات المناخية والجيولوجية التي حدثت في البلايستوسين تركت أثارا واضحة على الوضع الطبوغرافي الحالي لان البلايستوسين تميز بوجود فترات مطرية وبغزارة شديدة.

8- (أن تقدير مناخات العالم حق قدرها أمرا ضروريا لفهم الأهمية المتباينة لمختلف العمليات الجيومورفولوجية فهما صحيحا). وهنا نركز على فهم عناصر المناخ وخاصة

الحرارة والأمطار والتبخر وسرعة الرياح والتجمد والتي تؤثر جميعها بشكل مباشر أو غير مباشر في العمليات الجيومورفولوجية لأثر المناخ حتى ألان.
9- (مع إن اهتمام الجيومورفولوجيا ينصب بالدرجة الأولى على معالم سطح الأرض الحالية، ألا إن هذه الدراسة والاهتمام تبلغ ذروة فائدتها إذا توسعنا بدراسة معالم السطح من الناحية التاريخية)، حيث توجد أشكال أرضية تعود لحقب جيولوجية سابقة، لذا لا بد من الرجوع لها، وهذا يسمى بالجيومورفولوجيا القديمة (Palaogeomorphology). وهذا يوصلنا للتعرف على أشكال أرضية نتجت بفعل عمليات لا تعمل في الوقت الحاضر.

شكل الأرض وبناء الأرض، وفكرة عامه عن الأرض بشكل عام:

لقد أصبح من الثابت أن الأرض شكلها كروي (على شكل الأجاص) وطول قطرها الاستوائي 7926.7 ميل (12754.1كم) وقطرها 7899.9 ميل (12710.9كم) أي أن الاستوائي يزيد عن القطبي بحوالي 43.2 كم. ويوجد عدة مرتفعات تحيط بالكرة الأرضية، وهذا يترتب علية اختلاف نصف القطر من منطقة إلى أخرى، ويبلغ محيط دائرة الأرض عند خط الاستواء حوالي 40225 كم. ويهمنا هنا اليابس الذي يحتل حوالي 29.2% والباقي مغطى بالمياه السائلة والمتجمدة. ويقدر متوسط ارتفاع الأرض بحوالي 840 م فوق مستوى سطح البحر، أما البحار فمتوسط عمقها هو 3800 م (أي أن البحار أكثر عمقاً من ارتفاع اليابس). ومن ناحية جيومورفولوجية إذا نظرنا إلى توزيع اليابس والماء نلاحظ ما يلي:
1- تركز اليابس في نصف الكرة الشمالي.
2- تركز المحيطات في نصف الكرة الأرضية الجنوبي.
3- تجمع والتفاف الماء حول القطب الشمالي.
4- امتداد أجزاء قارية كثيرة في نصف الكرة الجنوبي.
5- الشكل المثلثي لمعظم القارات.
6- وجود قارة مرتفعة ومنعزلة في القطب الجنوبي، القطبية الجنوبية (انتارا كتيا).
7- الوضع المتعاكس بين اليابس والماء بين القطبين (للتوازن).
8- اليابس يتكون من تضاريس وطبوغرافيا متنوعة، وهذا الاختلاف يعود إلى البنية ونوعيه الصخر.

تضاريس الأرض:

تبين لنا من خلال دراستنا للأفكار الأساسية في العمليات الجيومورفولوجية أنه ما من شيء ثابت على سطح الأرض غير أن هذا التغيير لا يكون ملحوظا في كثير من المناطق بسبب بطيء اثر عمليات التي تؤدي إلى حدوثه ويعتقد بعض سكان الإقليم التي يحدث فيها نشاط بركاني أو التي يتكرر حدوث الزلازل فيها إن معظم النشاط الأرضي يكون بشكل فجائي وبعنف شديد. ألا إن الحقيقة أن معظم العمليات الأرضية تكون بطيئة جدا فقد استغرق تكوين جبال روكي الحالية فترة تزيد عن ستة ملايين سنة. كما استطاع نهر كولورادو أن يحفر الخانق العظيم Grand Canyon في خلال ملايين عديدة من السنين ولم يكمل عملة إلى حد ألان.

يؤلف كل من الغلاف الصخري والمحيطات غلافا تاما يحيط بالكرة الأرضية التي تتفلطح قليلا عند خط الاستواء وتنبعج عند القطبين، ولا يكون سطح الأرض ناعما ولكن وعلى الرغم من ضخامة التفاوت بين تضاريس الأرض (أي بين أعلى مناطقها فوق مستوى سطح البحر واخفض مناطقها دون مستوى سطح البحر) فان تلك التضاريس لا يمكن أن تقارن بأي شكل من حجم الأرض العظيم. وتقسم تضاريس الغلاف الصخري إلى ثلاث مجموعات أو رتب أو درجات هي تضاريس الدرجة الأولى First Order وتشمل القارات وأحواض المحيطات وتضاريس الدرجة الثانية Second Order وتضم الجبال والهضاب والسهول . وأما تضاريس الدرجة الثالثة Third Order فإنها تشمل التلال والوديان ... الخ وبعبارة أخرى تعني هذه التضاريس أنها تلك التي توجد فوق تضاريس الدرجة الثانية على القارات فقط تقريبا.

تضاريس الدرجة الأولى:

تبلغ مساحة الأرض حوالي 510320000 كم مربع تحتل المحيطات حوالي 365190000 كم مربع منها. ويوجد في المحيطات الحالية كمية هائلة من المياه التي تشغل أحواضها فقط بل طغت على الأرصفة القارية مغطيتا مساحة تقدر بحوالي 25900000 كم مربع منها، إذ تقدر كمية المياه التي توجد في أحواض المحيطات بحوالي 1370000 كيلو متر مكعب من المياه. وتحتل أحواض المحيطات الأجزاء المنخفضة من الغلاف الصخري إذ يبلغ معدل عمق المحيط العالمي 3800 مترا دون مستوى سطح البحر. ولا يكون قاع المحيط مستويا أو منظما إذ تنتشر فوقه كثير من المناطق التي يزيد ارتفاعها عن المستوى العام لعمق القاع مثل الحافات المحيطية الوسطى والتلال والجبال البحرية التي ترتفع حوالي 1000 متر فوق مستوى القاع وقد تزيد عن ذلك أحيانا كثيرة. وتوجد في بعض الجهات من قيعان المحيطات مناطق تنخفض كثيرا عن المستوى العام لعمق القاع كما في الخنادق المحيطية (الأغوار) التي يبلغ طول البعض منها عدة ألاف من الكيلومترات كما يزيد العمق في البعض منها عن 11000 متر دون مستوى سطح البحر.

تمثل القارات الأجزاء المرتفعة من تضاريس الدرجة الأولى على خلاف الأحواض المحيطية التي تمثل الأجزاء المنخفضة منها. ويمكن أن نظم للقارات بموجب هذا التعريف جزرا عديدة مثل تلك التي تقع إلى الشمال من قارة أمريكا الشمالية مثل الجزر البريطانية. وهي تصف سطح القارات بعدم انتظامه على خلاف ما يوجد على قيعان المحيطات بحيث

تكون المحيطات أكثر عمقا من ارتفاع القارات فوق مستوى سطح البحر، فبينما لا يرتفع إلا ما مقدرة 11 % من سطح اليابسة اكثر من 2000 متر فوق مستوى سطح البحر ينخفض حوالي 84 % من مساحة قاع المحيط اكثر من 2000 متر دون مستوى سطح البحر، في الوقت نفسه يكون ارتفاع أعلى قمة على اليابسة 8840 متر عند أفرست بينما سجل عمق مقداره 11524 متر دون مستوى سطح البحر عند خندق مارينا.

هذا ويرتبط تفسير كيفية تكون تضاريس الدرجة الأولى ارتباطا كليا بطريقة تكوين الكرة الأرضية نفسها والتي ما زالت الآراء والنظريات متضاربة حولها بشكل كبير، مثل نظرية الكويكبات لتشمبرلين ونظرية انفصال القمر ونظرية التقلص التي جاء بها لابورث والعقد النووية لديلورد كالفن وكذلك زحزحة القارات لفجنر.

ويتكون باطن الأرض (اللب core) بشكل رئيس من الحديد المختلط مع السليكون والكبريت وتبلغ درجة حرارته أكثر من 5500م^5 ووزنه النوعي حوالي 13 بالمقارنة مع 2,8 كمعدل للوزن النوعي لصخور القشرة الأرضية. أما نطاق المانتيل mantle فهو يشكل القسم الأعظم من كتلة الأرض ويحيط باللب ويبلغ مقدار سمكه 2800كم، ويتراوح الوزن النوعي لصخور المانتيل الخارجية بين 3 إلى 3,5 وتتزايد هذه القيمة إلى 4,5 وأكثر مع زيادة العمق. ويتصف المانتيل بأنه صلب بالدرجة الأساسية ومن المحتمل انه يتكون من معادن ثقيلة غنية بالمغنيسيوم والحديد، وتتراوح درجات حرارته بين 657 إلى 2750 درجة مئوية، هذا وتكون القشرة Crust الطبقة السطحية للأرض وهي غشاء رقيق يتراوح معدل سمكه بين 24 إلى 32 كم في حين يزداد ذلك السمك أسفل القارات فيبلغ بين 30 إلى 65 كم. ويظهر انقطاع واضح في البنية ودرجة البلورية والتركيب الكيماوي بين القشرة الأرضية وبين طبقة المانتيل الواقعة أسفلها وتقسم القشرة الأرضية نفسها إلى طبقتين هما :

1- النطاق العلوي الغير متصل الذي يتطابق مع خطوط القارات ويكون وزنه النوعي 2,65 ويعرف بالسيال Sial ويتكون معظمه من عنصري السيليكون والألمنيوم.

2- النطاق الأسفل المتصل الذي ينكشف عند قيعان المحيطات ووزنه النوعي 3 ويعرف بالسيما Sima الذي يتكون في معظمه من عنصري السيليكون والمغنيسيوم.

تضاريس الدرجة الثانية:

يوجد هذا النوع من التضاريس فوق تضاريس الدرجة الأولى فوق أسطح القارات مثل الهضاب والسلاسل الجبلية والسهول كما يوجد على قيعان المحيطات، وتتصف أنواع التضاريس الموجودة فوق قيعان المحيطات بأنها في العادة اكثر سعة وامتدادا مما علية فوق القارات، فقد أمكن العثور على الجبال فوق قيعان المحيطات ويرتفع بعض هذه الجبال إلى ما فوق مستوى البحر كثيرا في بعض الحالات. وتعتبر جزر هاواي مثلا جيدا على ذلك فهي تتكون من خمسة جبال بركانية تكونت خلال حوالي مليون سنة، وترتفع الجزيرة إلى حوالي 4000 متر فوق سطح البحر واكثر من 9000 متر فوق قاع المحيط. ومن المفيد إن نذكر هنا أن الهضاب والسلاسل الجبلية تقع في أماكن معينة ضمن مختلف القارات، إذ توجد معظم السلاسل الجبلية على مقربة من حواف القارات. وتقع معظم السهول العظمى في داخل عدد من القارات في الوقت نفسه التي تمتد فيه على مقربة من سواحلها. ونستطيع أن نعتبر تضاريس الدرجة الثانية أشكالا أرضية ناتجة عن عمليات جيومورفولوجية إنشائية (بنائية) Constructional وهي العمليات الداخلية Internal. وتتباين هذه الأشكال في

أحجامها كثيرا من السهول والسلاسل الجبلية والهضاب الواسعة التي تنتج عن عمليات بنائية كبيرة التأثير كعمليات الالتواء و الانكسار، إلى بعض الكتل الجبلية والتلال الصغيرة التي لا يزيد امتدادها عن عدة كيلومترات أمثال الجبال البركانية والقبابية.

تضاريس الدرجة الثالثة:

نعني بها الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات الهدم Destructional وهي العمليات الجيومورفولوجية الظاهرية External. وتوجد هذه الأشكال الأرضية عادة فوق تضاريس الدرجة الثانية على القارات فقط رغم أن بعض جهات الرصيف القاري والمنحدر القاري فيها بعض المظاهر التي ترجع إلى هذه الدرجة. ويعود السبب في ذلك إلى أن قيعان المحيطات محمية من التأثير للعمليات الظاهرية بواسطة الغلاف المائي السميك الذي يوجد فوقها. أن ما نراه من التضاريس على سطح القارات اليوم لا يتعدى كونه صورة لكل تضاريس الدرجة الثالثة الموجودة فوقها وان غاية ما يقوم به علم الجيومورفولوجيا لا يتعدى دراسة تلك التضاريس أو الأشكال، التي تكون في العادة ثلاثة أنماط هي: أشكال تعرية، أشكال متخلفة، أشكال ترسيبيه. ولكل عملية جيومورفولوجية ظاهرية، مجموعة خاصة بها من هذه الأشكال كما بينا ذلك فيما سبق، فالأنهار على سبيل المثال تكون أشكال تعرية خاصة بها مثل الوديان والخوانق والأخاديد. وينطبق الشيء نفسه على بقية العمليات الجيومورفولوجية الظاهرية كالجليد والأمواج والمياه الباطنية والرياح.

المجموعة الشمسية:

يتألف الكون من عدد كبير من المجموعات النجمية والمجموعة الشمسية هي احدى تلك المجموعات. وتتكون المجموعة الشمسية من نجم عظيم يشغل مركزها الشمس ومن تسعة كواكب سيارة أحدها كوكب الأرض، وتدور جميعها حول الشمس في مدارات بيضوية الشكل في اتجاه واحد من الغرب إلى الشرق وفي مستوى واحد هو مستوى الخسوف والكسوف وهذه الكواكب مرتبة حسب قربها من الشمس وهي عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ، المشتري، زحل، أورانوس، نبتون، بلوتو. وتختلف الكواكب فيما بينها من حيث الحجم والكثافة والبعد عن الشمس فمن حيث الحجم نجد من الكواكب ما هو صغير وما هو كبير والمشتري هو أكبرها حجما ويفصل بين الكواكب البعيدة عن الشمس والكواكب القريبة منها مجموعة كويكبات يبلغ عددها اكثر من (1500) كويكب وهي أيضا تدور حول الشمس في مدارات بيضوية فيما بين مدار المريخ والمشتري ويظن أنها تكونت نتيجة الانفجارات التي حدثت في كوكب كبير أو ان ذلك الكوكب قد اصطدم بغيرة فتفتت أو أنها أجرام صغيرة قد فشلت في التجمع والالتحام لتكوين كوكب كبير. وهناك ست كواكب لها توابع أو أقمار؛ وهي الأرض والمريخ والمشتري وزحل وأورانوس ونبتون، ويدور معظم هذه الأقمار حول الكواكب في نفس اتجاه دوران الكوكب حول الشمس.

أولاً: الشمس:

الشمس اقرب نجم إلى الأرض وينتمي إلى فصيلة النجوم القزمية الصفراء والشمس تمثل 99 % من كتلة المجموعة الشمسية كلها، ويقدر العلماء عمرها بنحو أربعة ونصف مليار عام عندما تواجد سديم من الغاز المكون في معظمه من الهيدروجين اخذ في التمركز والدوران حول نفسه مولدا الطاقة والضغط الكافيين لاندماج ذرات الهيدروجين معلنة بدء ولادة النجم، ويقدر العلماء وبحسب كمية الهيدروجين المتبقية ان المتبقي من حياة الشمس حوالى خمسة مليارات عام فقط تتمدد بعدها لتصبح عملاق احمر يبتلع مدارات الكواكب التي تدور حوله ثم تبدأ في الاضمحلال والانكماش إلى أن تصل إلى قزم ابيض اصغر بكثير من حجمها الحالي ثم إلى قزم اسود بعد ذلك، إلا ان هذه التحولات والتغيرات تأخذ المليارات من السنين من مرحلة إلى أخرى، ولا يعلم الغيب الا الله ولكن هذه افتراضات علمية مبنية على عمليات حسابية بافتراضات واحتمالات رياضية ليس إلا، وقد تكون هذه الفروض صحيحة أو غير مكتملة، وقد تظهر نظريات أخرى جديدة تغير وتعدل النظريات الحالية.

موقع الشمس

توجد الشمس في إحدى أذرع مجرة درب التبانة، وتبعد عن مركز المجرة حوالي 30 ألف سنة ضوئية، تنتمي الشمس إلى حشد نجوم صغير ومفتوح مكون من 140 نجم تقريباً، تدور الشمس حول مركز المجرة كل 250 مليون سنة تقريباً، كما تقوم الشمس بحركة أخرى معامدة لمدارها حول مركز المجرة وتنجز هزّة واحدة كل 28 مليون سنة.

ثانياً: الكواكب : أجرام سماوية صخرية معتمة لا تضيئ وإنما تستمد نورها من الشمس ومن أهمها :

1- عطارد:

عطارد هو اقرب كواكب المجموعة الشمسية إلى الشمس، وثاني أصغر الكواكب في النظام، قطره 40% أصغر من الأرض و40% أكبر من القمر، هو أصغر من جانيميد قمر المشتري وتيتان قمر زحل. تاريخ تشكل عطارد مشابه لتاريخ الأرض، فمنذ حوالي 4,5 بليون سنة خلت تشكل الكوكب عندما تشكلت كواكب المجموعة الشمسية من سديم حسب نظريات تكون المجموعة. وقد مرت المجموعة بفترة القصف العظيم، وفي وقت مبكر وخلال تشكل الكوكب تميز بقلب معدني كثيف وقشرة من السليكات، وبعد فترة القصف العظيم تدفقت الحمم عبر ارض الكوكب وغطت قشرته القديمة، وخلال هذا الوقت تجمع الحطام من الصخور والحجارة على الكوكب ودخل في مرحلة جديدة حيث استقرت القشرة عندما خفت حدة القذف. وفي خلال هذه الفترة تشكلت الحفر والسهول وأصبح عطارد ابرد وتقلص قلبه وخرجت الحمم من تشققات القشرة وكونت مجاري ومنحدرات ونتوءات صخرية.

2- الزهرة:

توأم الأرض كما كان يطلق عليهما قديما فكلاهما لهم نفس الحجم والكتلة والكثافة وكلاهما تكون في نفس الوقت ومن سديم واحد، ولكن هذه التوأمة قد انتهت عندما تمت دراسة الكوكب عن قرب، لقد اكتشف العلماء أن الزهرة يختلف نهائيا عن الأرض فلا توجد محيطات على الكوكب ومحاط بغلاف جوي كثيف مكون من ثاني أكسيد الكربون في معظمه ولا يوجد اثر للماء عليه وسحبه وأمطاره من حمض الكبريتيك، وعلى سطحه الضغط الجوي يعادل 92 مرة الضغط الجوي للأرض عند سطح البحر. الحرارة الحارقة على سطحه تصل إلى 482 درجة مئوية، تلك الحرارة تكونت بفعل كثافة غلافه الجوي المكون من ثاني أكسيد الكربون الذي يسبب ظاهرة البيوت الزجاجية، تمر أشعة الشمس من خلال غلافه الجوي الكثيف وتزيد من حرارة سطحه، ولا يسمح لها بالخروج إلى الفضاء الخارجي هذا يجعل من الزهرة اشد حرارة من عطارد وهو الأقرب للشمس. اليوم على الزهرة يساوي 243 يوم ارضي وهو اكبر من سنته البالغة 225 يوم ارضي، ويدور الكوكب من الشرق إلى الغرب فتبدو الشمس لساكن الزهرة تشرق من الغرب وتغرب من الشرق.

3- الأرض:

كوكب الأرض ثالث كواكب المجموعة الشمسية، وهو الكوكب الوحيد من ضمن كواكب المجموعة الذي يدعم الحياة وتتوفر فيه كل سبل الحياه، ويقدر عمر الأرض بنحو 4,5 مليار عام. ويقدر العلماء بأن أول من سكن الأرض كائنات دقيقة منذ نحو 3.5 إلى 3.9 مليار عام وبدأت في الماء أول ما بدأت، وإن أول حياه على الأرض بدأت بنباتات بسيطة كانت منذ 430 مليون سنة ، تبعتها الديناصورات بعد ذلك بنحو 225 مليون سنة، أما الأنسان فيقولون انه عمره على الأرض حوالى مليون سنة وهناك اختلافات كثيرة والله اعلم وقد كان جو الأرض في بدايتها يحتوي على ثاني أكسيد الكربون، أما الآن فانه يحتوي على النيتروجين والأكسجين. تسير الأرض بسرعة 108000 كيلومتر في الساعة وتقع على مسافة متوسطه من الشمس تقدر بحوالي 150 مليون كيلومتر (93.2 مليون ميل)، تأخذ الأرض 365,256 يوم للدوران حول الشمس و 23,9345 ساعة لتدور حول نفسها، لها قطر يبلغ 12,756 كيلومتر (7,973 ميل) من عند خط الاستواء، فقط بضعة مئات الكيلومترات أكبر من كوكب الزهرة، جو الأرض مكون من 78 % نتروجين، 21 % أوكسجين و1 % غازات أخرى، وميل محورها يبلغ 23,45 درجة وسرعة الهروب الاستوائية هي 11,18 كيلومتر/ثانية ومتوسط درجة حرارة السطح 15° والضغط الجوي يعادل 1,013 مليبار. الأرض الكوكب الوحيد في النظام الشمسي الذي يأوي الحياة، دورة كوكبنا السريعة ومركز الأرض من النيكل الحديدي السائل يسبب حقل مغناطيسي شامل حول الأرض، الذي يشكل مع الجو حماية من الإشعاع الكوني الضار الذي ترسله الشمس والنجوم الأخرى، جو الأرض يحمينا من النيازك، الذي أغلبه يدمر قبل ان يتمكن من أن تضرب سطح الأرض.

4- المريخ:

المريخ الكوكب الرابع بعدا عن الشمس ويدعى بالكوكب الأحمر، اللون الأحمر المتميز لاحظه الأقدمون منذ بدء التاريخ، واخذ اسمه من الرومان تكريما لإله الحرب عندهم، واطلقت كل حضارة أسماء مماثلة، فسماه المصريون القدماء الكوكب دسيتشر Descher وتعني الأحمر الواحد. الكوكب الأحمر حيث الصخور والتربة والسماء لهما اللون الأحمر أو الوردي، ويبدو المريخ بهذا اللون لأن الحديد في تربته السطحية ومنذ عهد بعيد تفاعلت مع الكمية الصغيرة جدا المتاحة للأكسجين على المريخ، مما جعلها تصدأ، سطحه فيه الكثير من البراكين القديمة ووادي كبير ضخم والذي يبلغ عرضه طول الولايات المتّحدة الأمريكية. قبل استكشاف الفضاء، كان المريخ يعتبر أفضل مرشح لإيواء حياة غير الحياة الأرضية، اعتقد الفلكيون القدماء بأنهم رأوا خطوط مستقيمة تمر خلال سطحه، قاد هذا إلى الاعتقاد السائد بانها قنوات تستعمل للري على الكوكب بنيت من قبل كائنات ذكية، وفي عام 1938 وعندما أذاع أورسن وألاس مسرحية إذاعية مستندة على حرب خيال علمي آمن أناس كثيرون بحكاية غزو مريخي وتسببت برعب حقيقي بينهم. السبب الآخر لتوقع العلماء بوجود الحياة على المريخ كان بسبب تغييرات اللون الموسمية الظاهرة على سطح الكوكب، هذه الظاهرة أدت إلى التخمين بأن تلك الشروط قد تدعم تغير النباتات المريخية أثناء الشهور الأدفأ وتصبح خاملة أثناء الفترات الأبرد.

5- المشتري:

كوكب المشتري العملاق الغازي هو خامس الكواكب بعدا عن الشمس، واكبر كواكب المجموعة الشمسية بل إن كتلته اكبر من جميع الكواكب والأقمار في المجموعة، وملك الكواكب هو المسمى الملائم للمشتري، ليس فقط لأنه الأكثر ديناميكية لغلافه الجوي لكن أيضا لأنه أكثر العملاقة غيوما وعواصف جذابة تجعله يظهر بهيبة ملكية عن بقية الكواكب العملاقة الأخرى، والمشتري لم يتغير كثيرا منذ تطوره المبكر خارج السديم الشمسي، وفي الحقيقة قد يكون مازال في طور التشكيل. كما ان للمشتري حلقات مثل كوكب زحل ولكنها حلقات خفيفة جدا تبلغ سماكتها حوالي 30 كيلومتر تتكون من الغبار والأحجار الصغيرة. الغلاف الجوي للمشتري يشبه الغلاف الجوي للشمس فهو يتكون بنسب كبيرة من غاز الهيدروجين والهليوم والأمونيا والميثان وسحب كثيفة من الغازات الكثيفة. الظهور المثير للمشتري اكتسبه من تركيبة جوه التي تتضمن جزيئات معقدة مثل الأمونيا والميثان بالإضافة إلى الجزيئات البسيطة مثل الهليوم والهيدروجين والكبريت كما يتضمن التركيب جزيئات غريبة أيضا مثل عنصر الجيرمين Germain. وجو المشتري عبارة عن طبقة سطحية ضيقة فقط بالمقارنة مع طبقاته الداخلية، الثلاث طبقات من السحب من جو المشتري موجودة على مستويات مختلفة من طبقة الترابوسفير، بينما الغيوم والضباب الدخاني يمكن أن توجد أعلى الجو.

6- زحل:

عرف كوكب زحل منذ القدم، وكان غاليليو أول من لاحظه بمنظار فلكي في عام 1610، ولاحظ شكله الفريد، المراقبين الأوائل لزحل قد تخيلوا بأن الأرض تعبر خلال حلقات

زحل كل بضع سنوات حيث حركة زحل في مداره، وبقيت حلقات زحل فريدة في النظام الشمسي حتى عام 1977 عندما اكتشفت حلقات ضعيفة جدا حول أورانوس وبعد قليل فيما بعد حول المشتري ونبتون. يظهر زحل بوضوح عند مشاهدته من خلال منظار صغير، في ظروف سماء صافية وقت الليل، يمكن رؤيته بسهولة بالعين المجردة. مع إنه ليس ساطعا مثل المشتري، ولكن من السهل تميزه ككوكب لأنه لا يتلألأ مثل النّجوم، أما الحلقات والأقمار الكبيرة التابعة له تكون مرئية بمنظار فلكي صغير. أقطاره الاستوائية والقطبية تتغير بحدود 10% تقريبا (120,536 كيلومتر مقابل 108,728 كيلومتر) هذا نتيجة دورانه السريع والحالة السائلة التي عليها الكوكب، وهو ذو كثافة الأقل بالنسبة للكواكب؛ ووزنه النوعي أقل من الماء (0.7). مثل المشتري، زحل يتكون من 75% هيدروجين و25% هليوم وميثان وأمونيا وتركيبه الصخري مشابه إلى تركيب السديم الشمسي الذي تشكل منه النظام الشمسي.

التركيب الداخلي للكوكب:

التركيب الداخلي لزحل يشبه في التركيب كوكب المشتري ويحتوي على مركز صخري، وطبقة من الهيدروجين المعدني السائل وطبقة هيدروجين جزيئي. وهناك آثار للثّلوج موجودة أيضا. زحل من الداخل حار جدا (حوالي 12,000 كلفن في المركز) ويشع طاقة في الفضاء أكثر من الذي يستقبلها من الشمس، وأغلب الطاقة الإضافية تولد بآلية كيلفن هيلمولز كما في المشتري. لكن هذا لا يكون كافيا أن يلمع الكوكب مثل النجم. يمتلك زحل حقل مغناطيسي هام.

7- أورانوس:

كوكب أورانوس ثالث اكبر كوكب في مجموعتنا الشمسية وسابع كوكب بعدا عن الشمس، اكتشف عام 1781 بواسطة العالم وليام هيرتشيل، وهو عملاق غازي مثل المشتري وزحل، يتكون في معظمه من الميثان والايثان. يظهر الكوكب باللون الأخضر والأزرق ويعود ذلك إلى سحب الميثان المتكون في غلافه الجوي العلوي والذي يعطيه هذا اللون ولان غاز الميثان يحصر الضوء الأحمر ولا يسمح لذلك اللون بالهروب، وسحبة الكثيفة تغطي معالم سطحه الداخلي، ويؤكد لون الكوكب المائل للزرقة الخفيفة حقيقة أنه مغطّى بالغيوم، وإلى جانب غيوم بلورات الميثان في الجو هناك ضباب متكون من الإيثان عند مستويات عليا في الجو، جزيئات الغيوم تكرر نفسها بشكل ثابت، أولا تتكون ثم تحطم البلورات الأثقل، ذلك إشارة ان جو أورانوس ما زال يتطور منذ تشكيله خارج السديم الشمسي. وبسبب إن أورانوس يستند على جانبه، فله فصول غريبة جدا، تحركات الغيوم تشير إلى ذلك، مثل المشتري وزحل، الطقس الأساسي لأورانوس يمكن أن يوصف على انه ذا خطوط نمطية من الرياح، هذا يعني بأن أورانوس مثل المشتري وزحل.

8- نبتون:

كوكب نبتون (ويطلق عليه توأم أورانوس) رابع اكبر كوكب في مجموعتنا الشمسية وثامن كوكب بعدا عن الشمس، اكتشف عام 1846 بعد 65 سنة من اكتشاف كوكب أورانوس حيث لوحظ اضطراب مسار أورانوس مما جعل العلماء يبحثون عن كوكب أخر بعد أورانوس. هو كوكب غازي مثل المشتري و زحل وأورانوس ولكنه شديد الشبه بكوكب أورانوس ويختلفوا عن الأخرين المشتري وزحل. يبلغ قطره حوالى 49 الف كيلومتر وسنته - أي الوقت اللازم للدوران حول الشمس دورة كاملة- تعادل 165 سنة أرضية ويومه - أي الوقت الذي يلزمه ليدور حول نفسة دورة كاملة- تبلغ 16 ساعة أرضية ويبعد عن الشمس حوالي 4,479 مليون كيلومتر، ويميل على محوره بمقدار 29 درجة و36 دقيقة. وتبلغ درجة الحرارة عند الغيوم –210 درجة مئوية.

9- بلوتو:

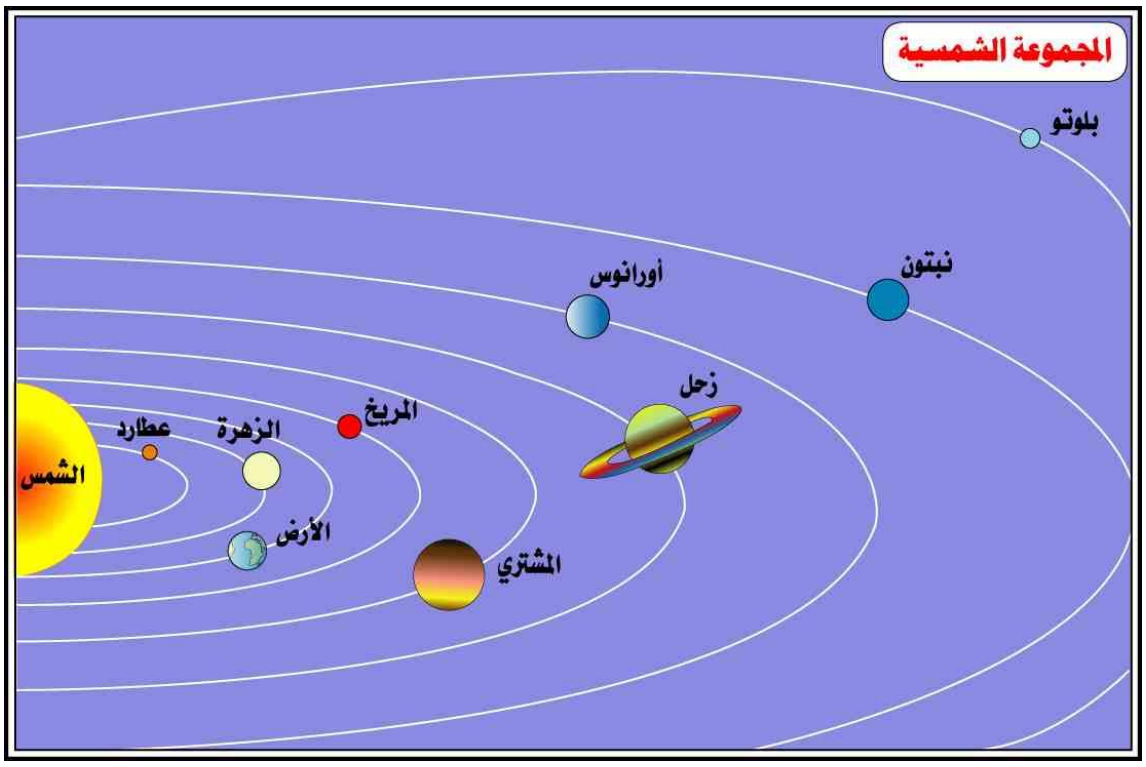
وهو كوكب صغير وبعيد لدرجة يصعب قياسه بدقة ويدور حول الشمس ب 247 سنة أرضية بينما يدور حول نفسه ب (6,4) يوم ولا يزيد حجمه عن المريخ وله فلك سائر في مدار نبتون مما يظن البعض أنه تابع هارب من الكوكب.

ثالثاً: المذنبات :

وهي جزء من المجموعة الشمسية وتشاهد من الأرض في هيئة بقع مضيئة تمثل رؤوسها وتتركب المذنبات من غازات أهمها أول أوكسيد الكاربون ومن حبيبات دقيقة من التراب الكوني الذي يعكس أشعة الشمس وكتلة المذنبات صغيرة جداً ولا تزيد عن كتلة كويكب صغير وهي تقدر بنحو واحد في المليارعن كتلة الأرض وتدور المذنبات حول الشمس في مدارات بيضوية ولهذا يمكن رؤيتها موسميا من الأرض .

رابعاً: الشهب والنيازك :

وهي عبارة عن حطام أجسام كونية متحللة تماثل في تركيبها الكواكب من صنف الأرض ولا تختلف الشهب عن النيازك الا في الحجم فالشهب في حجم الحصى أما النيازك فيصل قطرها بضعة امتار وهي تسبح في الفضاء وتقترب من مجال جاذبية الأرض عندما تندفع اليها وتخترق الغلاف الجوي بسرعة هائلة ويتولد عن احتكاكها بجو الأرض حرارة عالية تؤدي إلى اشتعالها واحتراق معظمها وتتلاشى في الجو بينما يصل بعض موادها إلى الأرض و موادها معروفه في الأرض فهي تتركب من معادن الحديد والنيكل كالتي تدخل في تركيب الصخور الأرضية .



الزلازل:

الزلازل من اكثر الظواهر الطبيعة المسببة للرعب في حياتنا، فنحن نعتقد بصفة عامة ان الأرض التي نقف عليها صلبة ومستقرة تماما، ولكن الزلزال يطيح بهذا الاعتقاد بسرعة فائقة وعنف شديد. وحتى وقت قريب ظل العلماء في حيرة إزاء الزلازل وكيفية حدوثها، غير ان الصورة باتت اليوم أوضح قليلا رغم بعض الغموض، فقد تجمعت معلومات كثيرة خلال القرن المنصرم، وتمكن العلماء من التعرف على القوى التي تسبب الزلازل، وامتلكوا التقنيات التي تحدد أحجام الزلازل ومنابعها، ويحاول العلماء التوصل إلى طريقة للتنبؤ بالزلازل حتى لا يؤخذ الناس على غرة.. في هذا المقال سوف نحاول التعرف على مسببات الزلازل ولماذا ينتج عنها كل هذا الدمار الذي نراه.

الزلزال في الواقع اهتزاز ينتقل عبر قشرة الأرض، ويمكننا تشبيهه ببساطة بالاهتزاز الخفيف الذي تشعر به عند مرور مركبة كبيرة في الشارع قريبا من بيتك، ولكن الزلزال يهز مساحة كبيرة قد تشمل مدينة كاملة، وله مسببات عديدة مثل الانفجارات البركانية والاصطدامات النيزكية والانفجارات التي تحدث تحت الأرض ووقوع بعض المنشآت، مثل المناجم، ولكن معظم الزلازل تسببها حركة الصفائح الأرضية.

ونحن في العادة نسمع عن الزلازل في الأخبار من حين لآخر، ولكنها في الواقع تحدث كل يوم في كوكبنا، فحسب الإدارة الأمريكية للمسح الجيولوجي يفوق عدد الزلازل التي تشهدها الكرة الأرضية كل عام اكثر من ثلاثة ملايين زلزال، أي حوالي٨٠٠٠ زلزال كل يوم، أو بمعدل زلزال واحد كل ١١ثانية. وقد دمرت الزلازل كثيرا وقتلت كثيرا، وتشير الإحصاءات إلى ان عدد الذين تسببت الزلازل في موتهم خلال القرن الماضي بلغ اكثر من ١/٥ مليون شخص. وليس الزلزال وحده هو الذي يقتل، بل ما ينتج عنه أيضا، مثل انهيار المنشآت والتسونامي وغيرهما. شهد منتصف القرن الماضي اكبر حدث علمي في مجال

علم الزلازل عندما توصل العلماء إلى نظرية تكتونية الصفائح التي امكن على أساسها تفسير عدد من الظواهر الغريبة على الأرض، مثل الحركة الظاهرية للقارات مع مرور الزمن، وتركز النشاط البركاني في مناطق معينة، ووجود السلاسل الجبلية الضخمة في قيعان المحيطات، وتنص النظرية على ان السطح الخارجي للأرض، أو القشرة الأرضية، تتكون من عدد من الصفائح التي تنزلق فوق الطبقة التحتية الزيتية، ويمكن حدوث ثلاثة أشياء عند مناطق التقاء هذه الصفائح. فقد تنشطر القشرة إلى صفيحتين متباعدتين، وقد تندفع صفيحتان، كل منهما تجاه الأخر، وقد تنزلق صفيحة فوق أخرى، وفي كل هذه الحالات تتكون ما يعرف بالصدوع، وهي شقوق في قشرة الأرض تتحرك حولها الكتل الصخرية في كل الاتجاهات، ويشيع حدوث الزلازل على امتداد هذه الصدوع مقارنة بأية منطقة أخرى على الكرة الأرضية.

هناك أنواع متعددة من الصدوع يختلف كل منها عن الأخر حسب اختلاف مستوى الصدع والشق المتكون على الصخر وحركة الكتلتين الصخريتين. وفي كل هذه الأنواع من الصدوع تشكل الكتل الصخرية المختلفة ضغطا شديدا على بعضها البعض، مما يولد احتكاكا شديدا بينها، وعندما يبلغ الاحتكاك حدا معينا تتوقف الكتل عن الانزلاق، وتصبح في حالة انحصار، وحينئذ تستمر قوى الصفائح في دفع الصخور، ويزيد ذلك الضغط على الصدع، وكلما ضغطت القوى التكتونية على الكتل المنحصرة تتولد طاقة كامنة، وعندما تتحرك الصفائح في النهاية تتحول هذه الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية. وتنتج عن بعض حركات الصدوع تغيرات مرئية على سطح الأرض، بينما تحدث حركات أخرى في الصخور العميقة ولا تتولد عنها تمزق في السطح. والشق الابتدائي الذي يولد الصدع، بالإضافة إلى الحركات الكثيفة المفاجئة على جانبي الصدوع المتكونة سلفا، هي المصادر الرئيسة للزلازل. وتحدث معظم الزلازل حول السطوح المتقابلة في الصدوع لان هذه المناطق هي المناطق التي يمكن فيها الشعور بالشد الناتج عن حركة الصفائح، مكونا بذلك مناطق الصدوع، وهي مجموعات من الصدوع المتصلة بعضها ببعض.

الموجات الزلزالية:

يسبب حدوث شق مفاجئ في القشرة الأرضية تولد طاقة إشعاعية في شكل موجات زلزالية، وفي كل زلزال هناك أنواع مختلفة من الموجات الزلزالية تنقسم بصفة عامة إلى موجات جسمية، وهي الموجات التي تتحرك خلال الطبقات الداخلية للأرض، والموجات السطحية، وهي التي تتحرك إلى سطح الأرض وتسبب معظم التدمير التي نشاهده في الزلازل.

كيفية حدوث الزلازل:

تتكون الأرض من ثلاث طبقات وهي : القشرة ، الوشاح أو الحزام ، واللب ، القشرة هي السطح الظاهر من الأرض والسطح الذي يليه مباشرةً، أما الحزام أو الوشاح فهو الطبقة الثانية من الأرض وهي منقسمة إلى نصفين حزام علوي وحزام سفلي، والطبقة الثالثة أيضاً مكون من قسمين القسم العلوي وهو يدعى النواة الحديدية الأولى وهي سائلة بطبيعتها، والنواة الحديدة الثانية وهي صلبة . تتكون الزلازل في نطاق القشرة الذي يحتوي على صفائح صخرية عملاقة، يشكل كل منها قارة من القارات الخمس، هذه الصفائح هي المسؤولة عن تشكيل الأرض منذ تكوينها، وتعد حركة الصفائح من أهم الحركات التي

تحدث في باطن الأرض وذلك بالطبع لأنها تؤثر بشكلٍ مباشر على السطح وخصائصه، تعتبر حركة الصفائح هذه هي المسبب الأول لحدوث الزلازل، بحيث أن الأخيرة تحصل كنتيجةً لانزلاق الصفائح الأرضية أو تصادمها، تنزلق هذه الصفائح بسبب أن الطبقة الثانية من الأرض بالأصل هي طبقة سائلة نتيجة الحرارة التي تصهر الصخور فيها، عندما تنزلق صفيحة ما فإن هذا يؤدي إلى حدوث موجات، تتحرك هذه الموجات منتقلة بالصخور أو السوائل وعندما تنتهي شدة الموجة الزلزالية فإن كل ما مرت به قد تأثر بها وبالتالي يحصل موجات ارتدادية والتي بدورها تعتبر الأخطر، كونها غير منتظمة كالموجة الأولى وتنتشر في جميع الاتجاهات، يعرف أن الموجة الأولى الناتجة عن حركة الصفائح تسبق الموجات الارتدادية بفترةٍ قصيرةٍ جداً، لذلك لا يمكن اعتبارها دليلاً على زلزال ما واتخاذ الإجراءات الاحتياطية بل تعتبر كلها كزلزال واحد . تتسبب الزلازل بتغييراتٍ معينةٍ حسب شدتها، فهناك زلازل من الممكن أن تغير شكل الأرض فتختفي سلاسل جبلية أو تظهر سلاسل وهناك زلازل أقل شدة منها من الممكن أن تتسبب في زوال أشكال أرضية معينة كالينابيع أو اختفاء ينابيع أو انحسار بحرٍ معين أو انفتاحه على غيره، بالإضافة إلى تدمير المباني والمنشآت، ومن الممكن أن تكون ذات شدة أقل فتتسبب ببعض التصدعات الأرضية فقط، أو شدتها قليلةً جداً فلا تؤثر إلا من خلال اهتزاز طفيف في الأرض لا ينتج عنه أي مظاهر أخرى، ومن أسباب حدوث الزلازل أيضاً نتيجةً البراكين أو أي مؤثرات عظيمةً على الأرض. يسمى مركز الزلزال بالبؤرة الزلزالية وهذه البؤرة مهمة جداً لتحديد منطقة الزلزال وشدتها ومناطق انتشارها.

أنواع الزلازل: تقسم أنواع الزلال إلى عدة أنواع حسب ما يلي:

1- حسب سبب النشأة وهي: أ: زلازل تكتونية: يعتبر هذا النوع من الزلازل من أكثر الأنواع خراباً وتدميراً، وهو من أصعب الزلازل من حيث عدم القدرة على التنبؤ بها، ويتكوّن بسبب ضغط ناتج عن حركة طبقات الأرض الصغيرة والكبيرة والبالغ عددها (12) طبقة، بحيث تنزلق بعض الطبقات عن بعضها البعض، وهذا النوع هو أكثر أسباب الحوادث الزلزالية المدمرة على مستوى العالم بنسبة (75%). يتركز الزلزال التكتوني في منطقة يُطلق عليها اسم " دائرة النار"، وهي حزام ضيق يصل طوله قرابة (38,600) كم، وبعمق (645) كم.

ب: زلازل بركانية: ويكون أصل هذا النوع من الزلازل براكين، ويشار إلى أن إيجابياته أكثر من سلبياته نظراً لكونه غير مدمّر، ويتيح المجال بالتنبؤ بانفجار بركان مؤكد، نظراً لأن حدوثه يكون نتيجة صعود المواد المنصهرة من باطن الأرض إلى الأعلى، حيث تعبر طبقات الأرض.

ج: زلازل انهدامية: وهي الزلازل التي تحدث إثر وقوع انزلاقات أرضية كبيرة جداً. ويكون سببه هو الإنسان وذلك من خلال قيام الإنسان بعدّة أنشطة مثل: ضخ سوائل في باطن الأرض، أو ملء خزانات للانفجارات النووية أو غيرها.

د: زلازل اصطناعية: ويكون سببها الإنسان من خلال ما يقوم به من أنشطة تحفّز حدوث الزلزال مثل: ضخ سوائل في باطن الأرض، أو التفجيرات النووية أو انهيارات السدود وغيرها.

2- حسب العمق، وهي: أ: زلازل ضحلة: وهي الزلازل التي تحدث عند عمق (70كم) تحت الأرض.

ب: زلازل متوسطة: وهي الزلازل التي تحدث في المسافة المحصورة ما بين (70-300 كم) تحت الأرض.

ج: زلازل عميقة: وهي الزلازل التي تحدث في عمق يصل إلى (700 كم) من باطن الأرض. 3- حسب مكان الحدوث وهي: أ:خارج الصفائح التكتونية: ويكون مركزها في أكثر الأماكن نشاطاً وهي نهايات الصفائح وحدودها.

ب: داخل الصفائح التكتونية: وهذا النوع من الزلازل نادر الحدوث بالنسبة للزلازل خارج الصفائح التكتونية، ويكون عمق تأثيرها أكثر من أي نوع أخر.

شدة الزلزال: يعتمد الجيولوجيون على قياس شدة الزلازل بالاعتماد على مقياسين أساسيّن، وهما: أ: شدة الزلزال: وهو عبارة عن مقياس وصفي للزلزال وآثاره التي خلّفها وراءه لدى حدوثه سواء على الإنسان، أو ممتلكاته، أو على سطح الأرض وتضاريسها.

ب: قوة الزلزال: ويعتمد هذا النوع من مقاييس شدة الزلزال على كمية طاقة الإجهاد التي يبذلها الزلزال أثناء حدوثه، ويعتبر هذا النوع من المقاييس علمياً بحتاً نظراً لقيامه بحساب القيمة لكل موجة من الموجات الزلزالية التي ترافق حدوث الزلزال ويتم تسجيلها في محطات رصد الزلازل. يكمن الفرق بين المصطلحين بأن قوة الزلزال تعمل على قياس مدى وحجم الطاقة التي يستهلكها أثناء حدوثه ويتم قياسها بمقياس ريختر، وهو مكون من تسع درجات، أشدها تأثيراً الدرجة التاسعة وأقلها الدرجة الأولى وتكون طفيفة. أما فيما يتعلق بشدة الزلازل فإنها تعتبر كوسيلة لتحديد مدى الدمار أو الأثر الذي تركه الزلزال، ويتم قياسه بمقياس مير كالي المعدل والذي يتكون من اثنتي عشرة درجة وتكون الدرجة الثانية عشر مدمرة بشكل تام ومفجعة، أما الدرجة الأولى فمن الممكن ألا يشعر بها الإنسان. أشهر الزلازل زلزال البرتغال المدمر، عانت البرتغال في عام 1755 من زلزال أدى إلى حدوث آثار مدمرة، وكان ذلك نتيجة انخفاض قاع البحر قرب لشبونة، وتدمرت المنشآت الواقعة قبالة سواحله بفعل الأمواج العاتية الناشئة. زلزال البيرو، شهدت البيرو مع حلول عام 1968م زلزالاً مدمراً أدى إلى مقتل ثلاثين ألف شخص، وعاود الزلزال أدراجه في عام 1970 وأدى إلى مصرع خمسة وثلاثين شخصاً. زلزال في اليابان: وقع زلزال مدمر في عام 1960م في منطقة خليج ساجامي نجم عنه مصرع مئتي ألف شخص. زلزال في تركيا: بلغ مجموع ضحايا الزلزال المدمر الذي لحق بتركيا في عام 1970م حوالي خمسين ألف شخص، وأربعين ألف شخص. الموجات الزلزالية Seismic Waves، يمكن تعريف الموجات الزلزالية - استناداً إلى الدراسات الجيوفيزيائية التي مكنّت العلماء من حصر معناها - بأنها عبارة عن اهتزازات يتم إحداثها نتيجة زلازل صناعية تهدف للكشف عن التركيب الداخلي للكرة الأرضية، وتختلف هذه الموجات فيما بينها من حيث السرعة والطول والشكل، ووفقاً للوسط التي يمكنها اختراقه، ويتم رصدها وتسجيلها على جهاز السيزموغراف ليتم ترتيبها، وتظهر على شاشة هذا الجهاز على شكل خطوط متعرجة، ويمكن تقسيمها إلى نوعين: الموجات الأولية Primary Waves يرمز لها بالرمز P والتي ترمز إلى المصطلح الإنجليزي Pressure ومعناها ضغط، وهي عبارة عن موجات

تضاغطية تحدث نتيجة الدفع والجذب، وتعتبر من أول الموجات الزلزالية وصولاً وأسرعها، وبإمكانها الانتشار في مدى واسع والانتقال في الأوساط الصلبة والسائلة، وتكون سرعتها أكبر كلما كان عمق الأرض أكبر في المنطقة التي نشأت بها. الموجات الثانوية Secondary Waves يرمز لها بالحرف S اختصاراً للمصطلح الإنجليزي Shear والذي يعني القص، بالرغم من سرعة هذه الموجات إلا أنها سرعتها أقل من سرعة الموجات الأولية لذلك يتم تسجيلها على جهاز السيزموغراف بعد الأولية مباشرة، ويمكن تسميتها أيضاً بالموجات القصية أو المستعرضة وذلك نظراً لانتقالها فقط في الأوساط الصلبة. يكون تأثير اهتزاز جزيئاتها عمودياً في الوسط الذي تنشط به، وتتعرض هذه الموجة للانكسار فور اختراقها لأحد مكونات الأرض الداخلية كالنواة أو اللب نتيجة اختلاف تركيبها.

يختلف الدمار على حسب قوة الزلزال في مقياس ريختر:

3 درجات / لا يحس بها أحد، إلا بعض الناس في ظروف خاصة جداً.

3,5 درجات / يحس بها بعض الناس وتهتز الأشياء.

4 درجات / يحس بها الجميع ولكن لا يوحي انه زلزال.

4,5 درجات / لا يحس بها النائمون ويحس بها البقية ويسمع صوت تصدع الجدران.

5 درجات / يحس به جميع الناس وتسقط بعض الصور المعلقة على الحائط وتحدث شقوق صغيرة في الجدران.

5,5 درجات / يحس بها الجميع وتتحرك قطع الأثاث الثقيلة وتتصدع الجدران الضعيفة.

6 درجات / الجميع يخرجون خارج المباني وتحدث تشققات متفاوتة في الجدران ويحس به قادة السيارات.

6,5 درجات / تنهار بعض الجدران وتنقلب قطع الأثاث وتنهار المداخن.

7 درجات / تنهار بعض المنشآت والمباني وحدوث تشققات في التربة.

7,5 درجات / تنهار معظم المباني وحدوث شقوق كبيرة وخطيرة في التربة وتنحني قضبان سكك الحديد.

8 درجات على مقياس ريختر / دمار كبير وانهيار للمباني وانحناء سكك الحديد وحدوث انهيار في شبكات المياه والمجاري.

8,5 درجات على مقياس ريختر / دمار شامل.

البراكين:

يعرف البركان بأنه ذلك المكان الذي تخرج أو تنبعث منه المواد الصهيرية الحارة مع الأبخرة والغازات المصاحبة لها على عمق من القشرة الأرضية ويحدث ذلك خلال فوهات أو شقوق . وتتراكم المواد المنصهرة أو تنساب حسب نوعها لتشكل أشكالا أرضية مختلفة منها التلال المخروطية أو الجبال البركانية العالية.

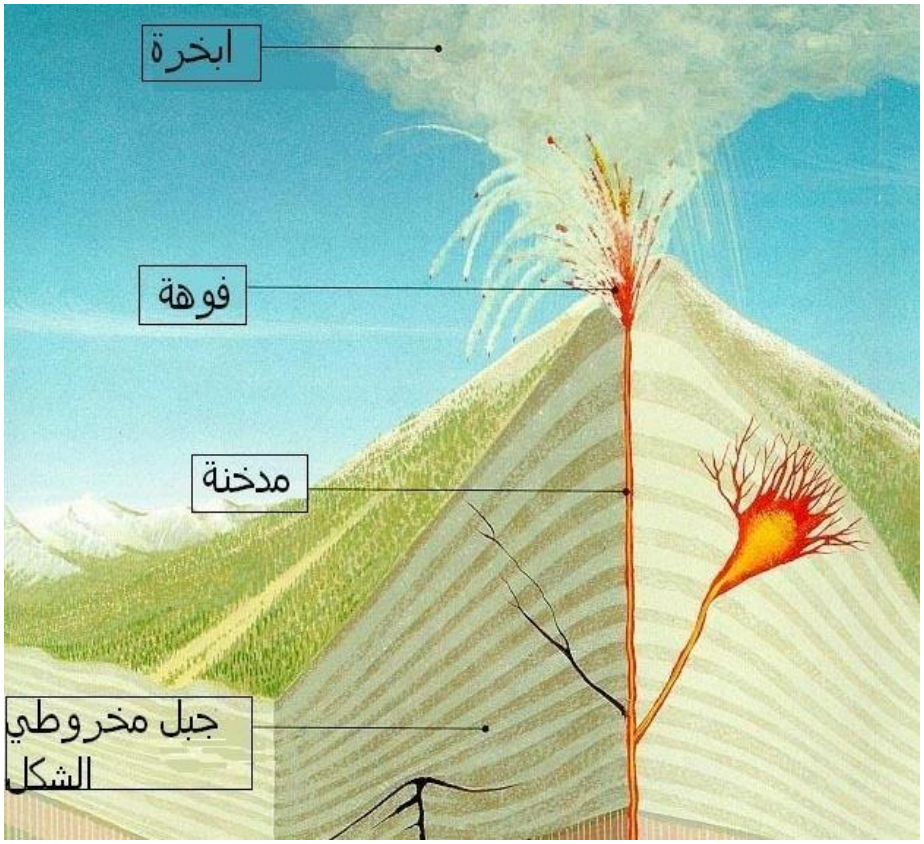
أجزاء البراكين:

يظهر من خلال تحليل الشكل نجد بأن البركان يتكون من:

1- جبل مخروطي الشكل: يتركب من حطام صخري أو لافا متصلبة. وهي المواد التي يقذفها البركان من فوهته وكانت كلها أو بعضها في حالة منصهرة.

2- فوهة: وهي عبارة عن تجويف مستدير الشكل تقريبا في قمة المخروط ، يتراوح اتساعه بين بضعة آلاف من الأمتار. وتنبثق من الفوهة على فترات غازات وكتل صخرية وقذائف وحمم ومواد منصهرة (لافا) وقد يكون للبركان أكثر من فوهة ثانوية إلى جانب الفوهة الرئيسية في قمته.

3- مدخنة أو قصبة : وهي قناة تمتد من قاع الفوهة إلى أسفل حيث تتصل بفرن الصهير في جوف الأرض. وتندفع خلالها المواد البركانية إلى الفوهة. وتعرف أحيانا بعنق البركان. وبجانب المدخنة الرئيسية، قد يكون للبركان عدة مداخن تتصل بالفوهات الثانوية.



أنواع المواد البركانية: وتتمثل بما يلي:

1- الحطام الصخري: ينبثق نتيجة للانفجارات البركانية حطام صخري صلب مختلف الأنواع والأحجام عادة في الفترة الأولى من الثوران البركاني. ويشتق الحطام الصخري من القشرة المتصلبة التي تنتزع من جدران العنق نتيجة لدفع اللافا والمواد الغازية المنطلقة من الصهير بقوة وعنف ويتركب الحطام الصخري من مواد تختلف في أحجامها منها الكتل الصخرية، والقذائف والجمرات، والرمل والغبار البركاني.

2- الغازات: تخرج من البراكين أثناء نشاطها غازات وبخار الماء، وهو ينبثق بكميات عظيمة مكونا لسحب هائلة يختلط معه فيها الغبار والغازات الأخرى. وتتكاثف هذه الأبخرة مسببة لأمطار غزيرة تتساقط في محيط البركان. ويصاحب الانفجارات وسقوط الأمطار حدوث أضواء كهربائية تنشأ من احتكاك حبيبات الرماد البركاني ببعضها ونتيجة للاضطرابات الجوية. ينفث البركان غازات متعددة أهمها الهيدروجين والكلورين والكبريت والنتروجين والكربون والأوكسجين.

3- اللافا: هي كتل سائلة تلفظها البراكين، وتبلغ درجة حرارتها بين (1000- 1200م°). وتنبثق اللافا من فوهة البركان، كما تطفح من خلال الشقوق والكسور في جوانب المخروط البركاني، تلك الكسور التي تنشئها الانفجارات وضغط كتل الصهير، وتتوقف طبيعة اللافا ومظهرها على التركيب الكيماوي لكتل الصهير الذي تنبعث منه وهي نوعان: أ- لافا خفيفة فاتحة اللون. ب- لافا ثقيلة داكنة اللون.

أشكال البراكين:

1- براكين الحطام الصخري: يختلف شكل المخروط البركاني باختلاف المواد التي يتركب منها . فإذا كان المخروط يتركب من الحطام الصخري، فإننا نجده مرتفعا شديد الانحدار بالنسبة للمساحة التي تشغلها قاعدته. وهنا نجد درجة الانحدار تبلغ 30 درجة وقد تصل أحيانا إلى 40 درجة وتنشأ هذه الأشكال عادة نتيجة لانفجارات بركانية. وتتمثل في جزر إندونيسيا.

2- البراكين الهضبية: وتنشأ نتيجة لخروج اللافا وتراكمها حول فوهة رئيسية ولهذا تبدو قليلة الارتفاع بالنسبة للمساحة الكبيرة التي تشغلها قواعدها. تبدو قممها أشبه بهضاب محدبة تحدبا هينا ومن هنا جاءت تسميتها بالبراكين الهضبية وقد نشأت هذه المخاريط من تدفق مصهورات اللافا الشديدة الحرارة والعظيمة السيولة والتي انتشرت فوق مساحات واسعة وتتمثل هذه البراكين الهضبية أحسن تمثيل في براكين جزر هاواي كبركان مونالوا الذي يبلغ ارتفاعه 4100 م وهو يبدو أشبه بقبة فسيحة تنحدر انحداراً سهلاً هينا.

3- البراكين الطباقية: البراكين الطباقية نوع شائع الوجود، وهي في شكلها وسط النمطين السابقين وتتركب مخروطاتها من مواد الحطام الصخري ومن تدفقات اللافا التي يخرجها البركان حين يهدأ ثورانه. وتكون اللوافظ التي تخرج من البركان أثناء الانفجارات المتتابعة طبقات بعضها فوق بعض، ويتألف قسم منها من مواد خشنة وقسم آخر من مواد دقيقة، وبين هذا وذاك تتداخل اللافا في هيئة أشرطة قليلة السمك. ومن هذا ينشأ نوع من الطباقية في تركيب المخروط ويمثل هذا الشكل بركان مايون أكثر براكين جزر الفلبين نشاطا في الوقت الحاضر.

التوزيع الجغرافي للبراكين:

تنتشر البراكين فوق نطاقات طويلة على سطح الأرض أظهرها:

1- النطاق الذي يحيط بسواحل المحيط الهادي والذي يعرف أحيانا بحلقة النار، فهو يمتد على السواحل الشرقية من ذلك المحيط فوق مرتفعات الأنديز إلى أمريكا الوسطى والمكسيك، وفوق مرتفعات غربي أمريكا الشمالية إلى جزر الوشيان ومنها إلى سواحل شرق قارة آسيا إلى جزر اليابان والفلبين ثم إلى جزر إندونيسيا ونيوزيلندا.

2- يوجد الكثير من البراكين في المحيط الهادي نفسه وبعضها ضخم عظيم نشأ في قاعه وظهر شامخا فوق مستوى مياهه. ومنها براكين جزر هاواي التي ترتكز قواعدها في المحيط على عمق نحو 5000م ، وترتفع فوق سطح مياهه أكثر من 4000 م، وبذلك يصل ارتفاعها الكلي من قاع المحيط إلى قممها نحو 9000 م

3- جنوب أوربا المطل على البحر المتوسط والجزر المتاخمة له . وأشهر البراكين النشطة هنا فيزوف قرب نابولي بإيطاليا، وأتنا بجزر صقلية وأسترومبولي (منارة البحر المتوسط) في جزر ليباري.

4- مرتفعات غربي آسيا وأشهر براكينها أرارات واليوزنز .

5- النطاق الشرقي من أفريقيا وأشهر براكين كلمنجارو.

آثار البراكين :

1- في تشكيل سطح الأرض : نستطيع مما سلف أن نتبين آثار البراكين في تشكيل سطح الكرة الأرضية فهي تنشأ الجبال الشامخة والهضاب الفسيحة. وحين تخمد تنشأ في تجاويف فوهاتها البحيرات في الجهات المطيرة.

2- في النشاط البشري: من الغريب أن الإنسان لم يعزف السكنى بجوار البراكين حتى يكون بمأمن من أخطارها، إذ نجده يقطن بالقرب منها، بل وعلى منحدراتها أيضا. فبركان فيزوف تحيط به القرى والمدن وتغطيه حدائق الفاكهة وبساتين الكروم وجميعها تنتشر على جوانبه حتى قرب قمته. وتقوم الزراعة أيضا على منحدرات بركان (أتنا) في جزيرة صقلية حتى ارتفاع 1200 م في تربة خصيبة تتكون من البازلت الأسود الذي تدفق فوق المنطقة أثناء العصور التاريخية.

وهذه البراكين لا ترحم إذ تثور من وقت لأخر فتدمر قرية أو أخرى ويمكن للسائر على طول الطريق الرئيسي فوق السفوح السفلى من بركان أتنا وعند نهاية تدفقات اللافا المتدفقة وهي شواهد أبدية تشير إلى الخطر الدائم المحدق بالمنطقة.

وتشتهر جزيرة جاوة ببراكينها الثائرة النشطة وبراكينها تفوق في الواقع كل براكين العالم في كمية الطفوح واللوافظ التي انبثقت منها منذ عام 1500 م ومع هذا نجد الجزيرة تغص بالسكان ، فهي أكثف جهات العالم الزراعية سكانا بالنسبة لمساحتها ويسكنها نحو 75 مليون شخص ويرجع ذلك كما أسلفنا إلى خصوبة التربة البركانية، وقد أنشئت بها مصلحة للبراكين وظيفتها التنبؤ بحدوث الانفجارات البركانية وتحذير السكان قبل ثوران البراكين مما يقلل من أخطار وقوعها.

الصخور بنياتها وأنواعها ونشأتها:
تعتبر الصخور المادة الأساسية بالنسبة للمتخصص في الجيومورفولوجي وذلك لأنها تشكل المواد التي تحفر بها أشكال سطح الأرض، ومن الضروري هنا اعتبار أي صخرة نتاجا للبيئة التي توجد فيها فعندما تتغير البيئة فأن الصخور تتغير كذلك ومن الملاحظ هنا ان الصخور تتكون في بيئتين فهي أما تتكون تحت القشرة الأرضية أو على سطحها فتكون الأولى الصخور النارية والثانية فهي الصخور الرسوبية وعندما تنكشف الصخور الأولى على سطح الأرض أو عندما تتعرض الصخور الموجودة على السطح إلى ظروف أنية من أعماق الأرض فان كلا النوعين السابقين من الصخور يتعرضان إلى التغير على ان هذا التغير يكون في الغالب جزئيا وينتج عنه ما يسمى بالصخور المتحولة، فصخور الكرانيت من الصخور النارية ذات الحبيبات الخشنة تتغير بسرعة حيثما يكون تغير درجات الحرارة كبيرا لذلك كانت هذه الصخور قليلة المقاومة في الجهات الصحراوية وعلى قمم الجبال أما في المناطق الرطبة تكون اكثر مقاومة من الصخور الأخرى أما الصخور المتحولة مثل الشيست والنايس تكون ذات مقاومة عالية للتغيرات الكيماوية ويظهر ضعف هذه الصخور في ميلها إلى الانشطار أو التشقق. إن مثل هذه الظواهر لا تؤدي إلى تكوين مفتتات صخرية صغيرة كما يحدث عند تفتت الصخور النارية، أما بالنسبة للصخور الرسوبية مثل صخور

الكوارتز لا تخضع إلى التغير الكيمياوي أو الفيزيائي وبذلك تكون اكثر مقاومة من الصخور النارية البلورية، أما الصخور الرملية (الحجر الرملي) ذو مقاومة عالية الا انه لا يتماسك مع بعضه في أي كتلة كرانيتية لذلك يستجيب للتفكك بسرعة. وتكون الصخور الجيرية من اضعف الصخور وذلك بسبب قابليتها الشديدة على الذوبان الا أنها تكون ذو مقاومة واضحة في المناطق الجافة وذلك لقلة احتمال تغيرها عند التغير في درجات الحرارة .

أنواع الصخور :

يتكون الجزء اليابس من الأرض من أنواع مختلفة من الصخور ويمكن تعريف الصخر بأنه كل مادة تتكون أساسا من معدن واحد أو خليط من معادن عديدة تشترك في بناء جزء أساسي من القشرة الأرضية وتتكون بعض الصخور من أصل عضوي غير معدني مثل صخور الفحم والصخور العضوية المتكونة من تكدس بقايا الهياكل العظمية للكائنات الحية ويمكن تقسيم الصخور حسب طريقة نشأتها إلى ثلاثة أنواع : النارية والرسوبية والمتحولة .

أولاً - الصخور النارية:

تتكون هذه الصخور من برودة وتبلور مادة الصهير التي تتواجد في أعماق بعيدة عن سطح الأرض وقد تضطر هذه المواد المنصهرة في ظروف معينة إلى الصعود في أعماق قشرة الأرض حيث تتداخل مع الصخور المكونة لهذه القشرة وقد تصل إلى سطح الأرض أحيانا وتتعرض مادة الصهير في كل حالة من هذه الأحوال إلى فقدان الحرارة فتتجمد أو تتبلور أما في باطن الأرض أو على سطح الأرض، وبذلك يمكن تقسيم الصخور النارية حسب طريقة تكوينها إلى:

أ- الصخور الجوفية : تتكون هذه الصخور في أعماق بعيدة من جوف الأرض حيث تتبلور مادة الصهير تبلوراً تاماً نتيجة البرودة البطيئة والضغط المستمر. توصف المعادن المكونة لهذه الصخور بأنها كاملة التبلور، فالصخور الجوفية تتميز بنسيج كامل التبلور أي بلورات واضحة المعالم ويوصف النسيج في هذه الحالة بأنه كامل التبلور ذو بلورات واضحة المعالم لكونها بردت بشكل بطيء لعدم ملامستها سطح الأرض وكذلك بسبب الضغط المستمر عليها وقد عملت عوامل التعرية والحركات الأرضية على كشف أجزاء كبيرة من الصخور النارية الباطنية.

ب- الصخور تحت السطحية: وقد تصعد مادة إلى داخل القشرة الأرضية وتتسرب إلى مناطق الضعف الجيولوجي وخاصة الصخور الرسوبية وينتج عن ذلك تقوس الطبقات الموجودة فوق الصهير ويتخذ شكل قبو وتسمى مثل هذه الصخور باللاكوليث التي هي كتل صخرية نارية كبيرة الحجم كانت في الأصل صهيرا أندفع خلال طبقات صخرية رسوبية وكانت قوة الاندفاع ليس بقوة بحيث تكفي لخروج الصهير فوق سطح الأرض بشكل ثورة بركانية بل اقتصر الأمر إلى تغلغلها بين الطبقات الصخرية الرسوبية مما أدى إلى تحدبها نتيجة لقوة اندفاع الصهير، ولذلك لا يوجد اللاكوليث الأ ضمن تكوينات رسوبية طبقاية.

ج- الصخور السطحية أو البركانية: تتكون هذه الصخور نتيجة لتدفق الحمم من أفواه البراكين أو الشقوق أو الفواصل التي تتواجد في طريق الحمم الصاعدة حيث تتجمد الحمم بسرعة فائقة بحيث لا يفسح المجال أمام مكوناتها إلى أن تتخذ الأشكال البلورية الخاصة بها

وتكون أثر ذلك مادة زجاجية عديمة التبلور وفي بعض الأحيان قد تتجمد هذه الكتل الكبيرة الحجم بسرعة فتشكل طبقة زجاجية خارجية في حين يتجمد داخلها ببطء بحيث يكون الجزء الداخلي منها ذو نسيج دقيق خفي التبلور، وتظهر الصخور البركانية في الطبيعة على أشكال مختلفة اعتمادا على تركيبها الكيمياوي ودرجة حرارتها ومقدار لزوجتها .

التركيب المعدني لصخور النارية: تختلف الصخور النارية اختلافا كبيرا فيما بينها من حيث تركيبها المعدني وبالتالي في تركيبها الكيمياوي ويمكن تقسيمها على أساس تركيبها المعدني حسب نسبة مادة السليكا التي يحتويها الصخر إلى ما يلي:

أ- صخور حامضية وتحتوي على نسبة عالية من السليكا تصل إلى 66% ونسبة قليلة من الحديد والمغنسيوم لذلك يكون لونها فاتحا ومن أمثلة هذه الصخور الكرانيت.

ب- صخور متوسطة حيث تتواجد السليكا بنسبة ما بين 65%و52% في حين تزداد فيها نسبة الحديد والمغنسيوم ويكون لونها أشد دكنة من الصخور الحامضية ومن أمثلة هذه الصخور (انديزايت وتراكايت).

ج- صخور قاعدية وتتراوح نسبة السليكا فيها بين 52% الى45% وتكثر فيها نسبة الحديد والمعادن المغنيسية ويكون لونها قاتما يميل إلى السواد ومن أمثلتها صخور البازلت والجابرو.

د- صخور ما فوق القاعدية وتقل نسبة السليكا إلى ما دون 40% وتكون في الأساس من معادن تحتوي على نسبة عالية من الحديد والمغنسيوم ومن أمثلة هذه الصخور صخر الدونايت والهورنبلند.

بنية الصخور النارية :

تفتقر الصخور النارية إلى الترتيب المنتظم الذي تظهر في التكوينات الرسوبية وبذلك لا تظهر تأثيرات الضغط والاضطرابات في الصخور النارية على شكل التواءات فقط بل عن طريق الانكسارات والفواصل بصورة تكاد تكون كلية وتكون الفواصل أكثر انتشارا بالقرب من سطح الأرض وذلك لتأثرها بقوى التجوية التي تتمثل بعمليات التقلص بفعل برودة الكتل النارية وعملية التمدد بفعل الحرارة والضغط الناتج من حدوث النباتات، وتحدث الفواصل عادة على شكل مجموعات متوازية مع بعضها البعض بزوايا تكاد تكون قائمة وتكون الفواصل في اغلب الأحيان على شكل سطوع ملتوية وفي الكتل النارية الكبيرة المتجانسة تكون مقوسة أو مجعدة . والانكسارات مثل الفواصل مناطق ضعف في الصخور ومن المحتمل أن تتركز التعرية فوقها.

ثانياً: الصخور الرسوبية:

تشكل الصخور الرسوبية حوالي 75% من سطح الأرض وتتكون الصخور الرسوبية من تجمد وتماسك الرواسب الصخرية وذلك بالتحام مكوناتها مع بعضها تحت تأثير الضغط الناشئ من ثقل الرواسب الأخرى التي تعلوها أو قد يتم التماسك والتجمد بواسطة مادة لاصقة أو لاحمة مثل كاربونات الكالسيوم أو السليكا أو أكاسيد الحديد التي قد تتواجد بين هذه الرواسب وتنقسم الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها إلى ثلاثة أقسام:

أ- صخور رسوبية ميكانيكية النشأة: وتشمل هذه المجموعة كل الصخور الرسوبية التي تتكون من قطع ومفتتات الصخور السابقة والتي تم نقلها بواسطة المياه والرياح أو الجليد أو بفعل الجاذبية الأرضية دون أن يطرأ عليها أي تغير كيمياوي ويمكن تميز هذه الصخور في ثلاثة أنواع رئيسية تعتمد على حجم الحبيبات المكونة لها، النوع الأول هي صخور رسوبية كبيرة الحبيبات وذات قطر لا يقل عن 2ملم وقد يصل أحيانا إلى بضعة سنتمترات وتعرف عادة بالحصى ومن أهم هذه الصخور صخور الكونكومرات وصخور بريشيا، والنوع الثاني هي صخور رسوبية متوسطة الحبيبات حيث يتراوح قطرها بين 2 إلى 1,16 ملم وتعرف بالصخور الرملية حيث أنها تتكون من حبيبات معدنية يسودها الرمل الذي يصعب تأثره بعوامل التعرية، ومن أهم أنواع هذه الصخور الحجر الرملي والحجر الرملي الجيري والحديدي والكلسي، حيث تتماسك حبيبات هذا الصخر بمادة جيرية أو حديدية أو سيليكة، أما النوع الثالث فهي الصخور الرسوبية الدقيقة الحبيبات والتي لا يزيد قطرها عن 1,16ملم وتنتج هذه الحبيبات من تحلل وتفتت المعادن وخاصة معادن السليكات ومنها سيليكات الأمونيا، ويمكن تميز نوعين من هذه الحبيبات هما الغرين أو الطمي وهي حبيبات كبيرة نسبيا يتراوح قطرها بين 1,16- 1,256 ملم والطين الذي عبارة عن حبيبات دقيقة جدا لا يزيد قطرها عن 1,256ملم وقد تحتوي الصخور الطينية على بعض المواد المتحللة مثل الدبال أو بقايا النباتات ومن أهم أنواع الصخور الطينية هو الطين والحجر الطيني ويتحول الطين إلى الحجر الطيني عندما يفقد جزء كبير من محتوياته المائية نتيجة للجفاف أو الضغط الواقع عليه.

ب- الصخور الرسوبية الكيمياوية النشأة: تتكون هذه الصخور نتيجة ترسبها من محاليل تحتوي على مواد مذابة وذلك عندما ترتفع درجة تركزها أو قد تتكون من رواسب نتيجة للتفاعل الكيمياوي الذي يجري بين مكونات هذه المحاليل ويمكن تميز الأنواع التالية من هذه الصخور :

1- الصخور الرسوبية الجيرية: وتتكون نتيجة ترسب كربونات الكالسيوم من المحاليل الجيرية المحتوية على بيكربونات كالسيوم ذائبة من هذه الصخور، ومن أمثلة هذه الصخور الحجر الجيري.

2- صخور رسوبية سليكيه: وتتكون هذه الصخور من ترسب مادة السليكا مثل حجر الصوان الذي هو خليط من السليكا المتبلورة والغير متبلورة وحجر شيرت وهو نوع من الصخور السلكية غير النقية لأنها تحتوي على نسبة عالية من الجير.

-3 صخور رسوبية ملحية وتتكون من تبخر مياه البحيرات والبحار المغلقة مما يؤدي إلى تركيز المحاليل الملحية الموجودة فيها ثم ترسيبها بهيئة طبقات متعاقبة ومن أمثلة ذلك صخر الجبس الذي يتكون من حبيبات دقيقة من كبريتات الكالسيوم المائية والتي تترسب بهيئة طبقات ويدخل ضمن هذا النوع من الصخور الملح الصخري.

ج- الصخور الرسوبية العضوية: وتنشأ نتيجة تراكم بقايا الكائنات الحية الحيوانية والنباتية على شكل طبقات سميكة ومن ثم تحلل هذه البقايا بفعل وتأثير البكتريا والفطريات خلال مدة زمنية طويلة ثم تعود هذه المواد فتتماسك مع بعضها في هيئة صخور وذلك نتيجة للضغط أو التفحم، وهناك نوعين من هذه الصخور:

- صخور عضوية حيوانية: وتتكون هذه الصخور من مواد عضوية جيرية أو سليكيه أو فوسفاتية مثل الحجر الجيري العضوي الذي يتكون من تحلل قشور وهياكل الحيوانات البحرية وتسمى الصخور الجيرية حسب نوع الحفريات التي تكون سائدة الانتشار فيها مثل الحجر الجيري المرجاني والصدفي ومن هذه الصخور العضوية أيضا السيليكات التي تتكون من ترسب وتراكم بقايا الحيوانات ذات الهياكل العظمية السيلكية وكذلك الحال بالنسبة الصخور العضوية الفوسفاتية.

- صخور عضوية نباتية: وتنتج هذه الصخور من تكدس البقايا النباتية ثم تعفنها وتحللها وتفحمها وتتكون هذه أما من مواد سليكيه أو مواد كربونية ومنها الرواسب الكربونية التي تتكون من تفحم نباتات المستنقعات أو الغابات .

بنية الصخور الرسوبية:

من النادر أن نجد الصخور الرسوبية في الطبيعة بشكل أفقي تماما فقد يؤدي التجعد البسيط في أي منطقة رسوبية إلى تكوين هضاب أو أحواض تتراوح أحجامها من بضعة أميال إلى مئات الأميال وقد يؤدي الضغط في بعض الأحيان إلى تكوين التواء اعتيادي وقد تظهر على شكل متموجات متوازية تتعاقب على شكل أقواس ومنخفضات وتسمى الأقواس بالالتواءات المحدبة والأحواض بالالتواءات المقعرة .

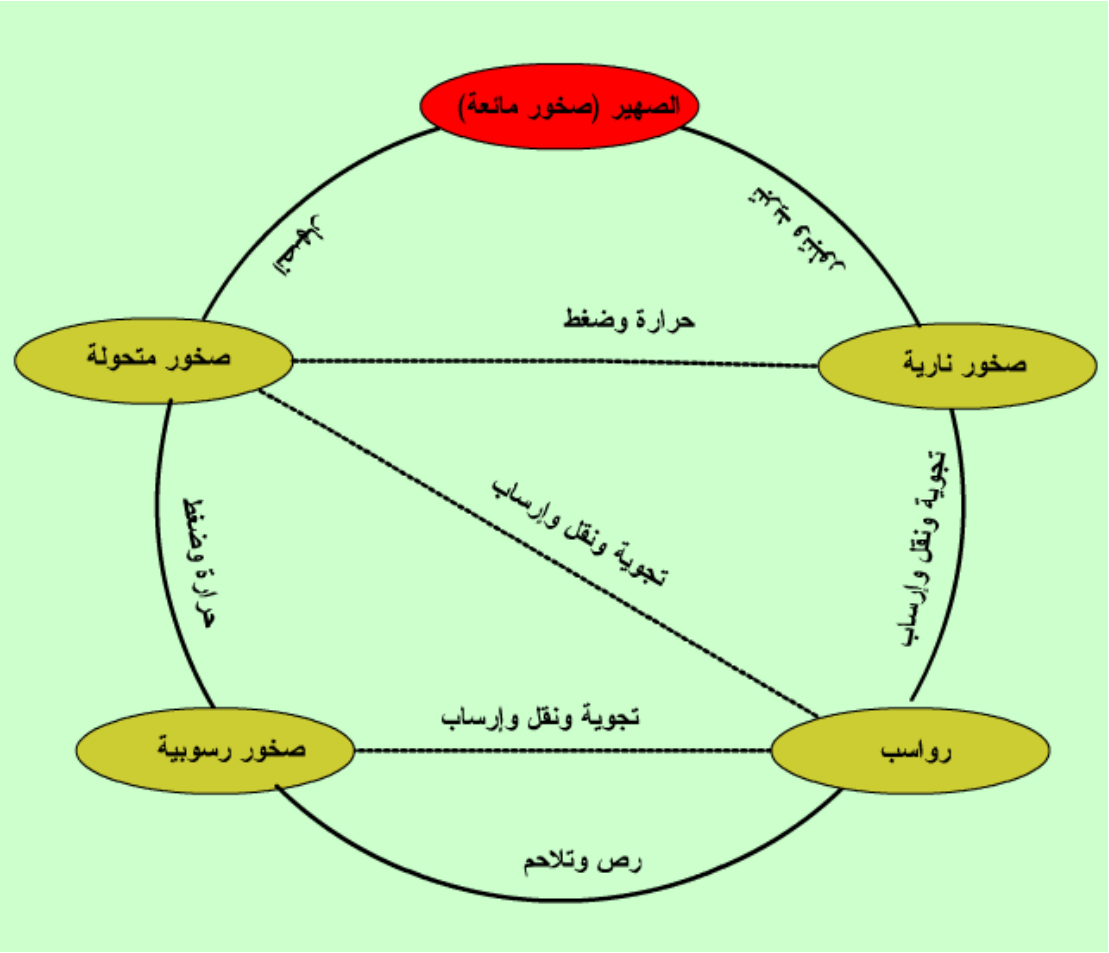
ثالثاً: الصخور المتحولة :

تتحول الصخور النارية والرسوبية نتيجة تغير الظروف الطبيعية من قبل التغيرات الحاصلة في درجات الحرارة والضغط أو كليهما وغالبا ما يؤدي إلى تغير نوع النسيج في الصخور الأصلية أو في تركيبها المعدني ومن المعلوم إن الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى تحول الصخور هي الحرارة العالية أو الضغط العالي أو كليهما وهناك أنواع عديدة من التحول:

أولا- التحول الحراري أو التماسي: ويحدث هذا في المنطقة الملاصقة أو المجاورة للصهير حيث تتعرض الصخور المجاورة إلى حرارة عالية دون أن يصحب ذلك ضغط شديد كما يحدث عندما يندفع سد عمودي خلال مجموعة طبقات من الصخور الجيرية حيث يتحول الحجر الجيري المجاور لذلك السد إلى الرخام بصورة كلية .

ثانيا- التحول الديناميكي الموضعي: وينتج هذا التحول بسبب الضغط المباشر الذي تتعرض له الصخور الموضعية الواقعة على جانبي الكسور أو الصدوع الناتجة من الحركات الالتوائية والانكسارية.

ثالثا- التحول الإقليمي: يؤدي الضغط المرتفع المصحوب بدرجات حرارة عالية ناتجة من حركات القشرة الأرضية الكبيرة التي تكون على نطاق واسع فتحول حجر الكلس إلى رخام وصخور الطفل إلى الاردواز.



حركات القشرة الأرضية:

يتعرض الغلاف الصخري إلى حركات تكتونية متنوعة وبذلك فانه غير مستقر ومتحرك. ويشار إلى هذه القوى الباطنية على أنها الحركات الأرضية. تقسم هذه الحركات بدورها إلى نوعين :

1- التغيرات في وضع القشرة الأرضية من خلال الحركات الالتوائية والحركات الانكسارية وكذلك حركات الرفع والهبوط التي تتعرض لها القشرة الأرضية .

2- النشاط البركاني : الذي يحور من شكل القشرة الأرضية بواسطة المقذوفات البركانية أو من خلال ما ينكشف من صخور نارية باطنية متداخلة. ويظهر ان التأثير الإجمالي للنشاط التكتوني هو المحافظة على التضاريس على سطح الأرض من خلال حركات البناء بواسطة عمليات بناء السلاسل الجبلية والنشاط البركاني أو من خلال ما تتعرض له بعض المناطق لحركات الرفع وما تتعرض له الأخرى من حركات الهبوط.

يؤدي تعرض القشرة الأرضية إلى قوى الضغط من جانب واحد أو من جوانب متعددة إلى تكون الالتواءات . ويطلق على المحدبة منها اسم الالتواء المحدب وعلى المقعرة منها الالتواء المقعر ويتوالى تعاقب هذين النوعين من الالتواءات بصورة منظمة على الأغلب. ويطلق على الثنيات الواسعة من تلك الالتواءات اسم الطيات. وتتمثل هذه في العادة في الحركات المقاربة وتمتد هذه من عدة كيلومترات إلى المئات منها في الطول والاتساع. يطلق

على الأقسام المرتفعة منها اسم جيوانتيكلاين وعلى الجهات الواطئة منها اسم الجيوسنكلاين ويسمى الالتواء منظما عندما تكون زاوية الميل على كلا جانبي الالتواء متساوية تقريبا. ويكون الالتواء غير منتظم عندما تختلف زاوية الميل على كلا جانبي الالتواء. ويصطلح على الالتواء كونه التواءا عاديا عندما تتوالى الالتواءات المحدبة والالتواءات المقعرة وذلك ناتج عن أن القوى الالتوائية التي كونته كانت غير عنيفة وبطيئة إلى حد ما ويزداد تعقيد الالتواءات كلما زادت قوة الضغط المسلطة على الصخور أو كانت فجائية حيث نجد أنواعا أخرى من الالتواءات المعقدة مثل الالتواء المستلقي والالتواء المعكوس وذلك عندما يحدث التواء مصحوب بحركة انكسارية . هذا ويوجد معظم هذه الأنواع من الالتواءات ضمن محاور السلاسل الجبلية الالتوائية .

لا تختلف القوى التي تؤدي إلى تكوين الصدوع أو الانكسارات عن تلك التي تسبب الالتواءات في أنها قوى ضغط مسلطة على الصخور من جهة واحدة أو من عدة جهات. غير أن الصخور الصلبة تكون أكثر عرضة لحدوث الانكسارات فيها من الصخور اللينة ومما يؤكد كلامنا هذا تداخل مناطق البنية الالتوائية والانكسارية في أماكن واحدة. ويعني الانكسار شقا أو صدعا في القشرة الأرضية يصحبه تغيير في مواقع الصخور على جانبيه. ويطلق على السطح الذي تجري عليه تلك الحركة اسم صفحة الانكسار، وعلى الصدع اسم خط الانكسار وتعني زاوية الميل الزاوية التي يكونها خط الانكسار مع المستوى الأفقي. ويطلق على الكتل الأرضية التي تتعرض للرفع من جراء الحركة الانكسارية اسم الكتلة الصاعدة في حين تسمى الكتل التي تتعرض للهبوط من جراء الحركة الانكسارية بالكتل الهابطة. هذا وتسمى الحافة التي تظهر فوق المستوى العام لارتفاع المنطقة بالحافة الانكسارية . وتكون معظم هذه الحافات ذوات سطوح مثلثة الشكل بعد تقطعها بالأودية النهرية.

تتشكل بعض المظاهر والأشكال الأرضية من جراء امتداد الخطوط الانكسارية بأوضاع معينة. إذ يتكون الظهر الانكساري (الهورست) عندما تتقابل انطقه انكسارية وتمتد بشكل متواز تقريبا حيث ترتفع الكتلة الأرضية الوسطى فتعرف بالهورست وتهبط الكتلتان المجاورتان أو تبقيا مستقرتين. تعتبر هضبة الفوج والغابة السوداء من بين أشهر الظهور الانكسارية. أما الوادي الانكساري أو الوادي الأخدودي أو ما يعرف باسم الكرابين فهو عبارة عن انخفاض أرضي طولي يقع بين نطاقين انكساريين مما يؤدي إلى هبوط الكتلة الوسطى وارتفاع الكتلتين المجاورتين لها. وتعتبر وديان الراين والأردن والوادي الأخدودي الأعظم في أفريقيا أمثلة للوديان الانكسارية.

تسمى الحركات الالتوائية والانكسارية التي تؤدي إلى تغيير وضع القشرة الأرضية بالحركات البانية للسلاسل الجبلية كما في حالة السلاسل الجبلية الكبرى في العالم مثل الهملايا والروكي وزاجروس ...الخ . وهي حركات بطيئة جدا إلى درجة لا يظهر معها أي دليل عليها يمكن ملاحظته خلال حياة الأنسان القصيرة .

تعرف عملية الرفع أو الهبوط التي تقوم بنطاق واسع يشمل قارة برمتها باسم الحركات القارية. وتشير الدلائل على أن حالات الانغمار والظهور المتكررة فوق ودون مستوى سطح البحر التي حدثت خلال العصور الجيولوجية المختلفة أنما هي نتاج لمثل هذه الحركات القارية.

فعـــــــــــل البحـــــــــــر الجيومورفولوجي:

التعريـــــــــــة الساحلية:

المقصود بالتعرية الساحلية دراسة كل الظاهرات الجيومورفولوجية التي تنشأ عن الصراع بين مياه البحر ويابس الأرض . وكل شواطئ البحر الحالية ما هي إلا نتاج التطور الذى حدث ومازال يحدث نتيجة لتقدم البحر أو تقهقره عن الأراضي المجاورة له. فيؤدى ارتفاع مستوى سطح البحر أو انخفاض الأرض إلى انغمار أجزاء كبيرة من ظاهرات سطح الأرض. وانغمار الأرض تحت مياه البحر قد يساعد على تكوين سواحل بحرية أهم ما يميز مظهرها الجيومورفولوجي هو تشكيلها بواسطة الخلجان Bays والمضايق البحرية Estuaries والأقسام الرئيسية من يابس الأرض التي تتأثر بفعل مياه البحر نحتا وإرسابا كما يوضحها الشكل هي:

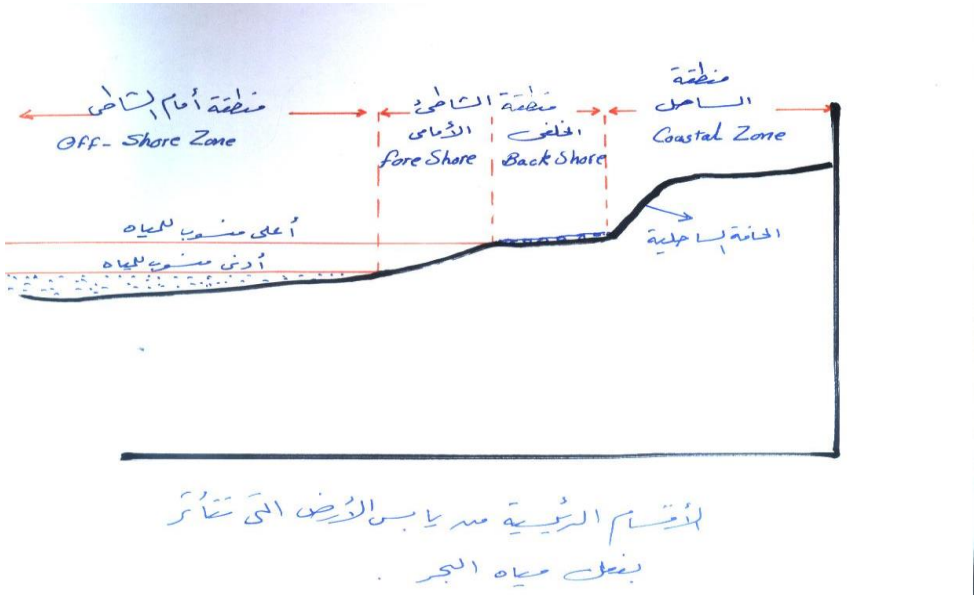
1 – منطقة الساحل Coastal Zone : وتضم هذه المنطقة يابس الأرض الذى يحده صوب البحر منحدر يعرف بالحافة الساحلية Coastal Cliff .

2 – منطقة الشاطئ Shore Zone : وهذه تنقسم إلى منطقتين أ – الشاطئ الخلفي Back Shore ويوجد عند حضيض الحافة الساحلية حتى أعلى منسوب لمياه البحر أي أن مياه البحر لا تغمره إلا في ظروف استثنائية تؤدى إلى ارتفاع مياه البحر بدرجة تغمر معها هذا الشاطئ الخلفي .

ب – الشاطئ الأمامي Fore Shore وتغمره المياه عند أعلى منسوب لها (المد) ويظهر كأرض يابسة عند أدنى منسوب للمياه (الجزر) .

3 – منطقة أمام الشاطئ Off- Shore Zone وهذه المنطقة دائما مغمورة بالمياه أمام منطقة الشاطئ وترسب فيها الإرسابات البحرية التي تؤدى إلى تكوين الرصيف البحري المرسب أو المبنى .

(مع ملاحظة أنه ليس ضروريا أن تتمثل هذه الأقسام وخاصة منطقة الشاطئ في كل المناطق البحرية)



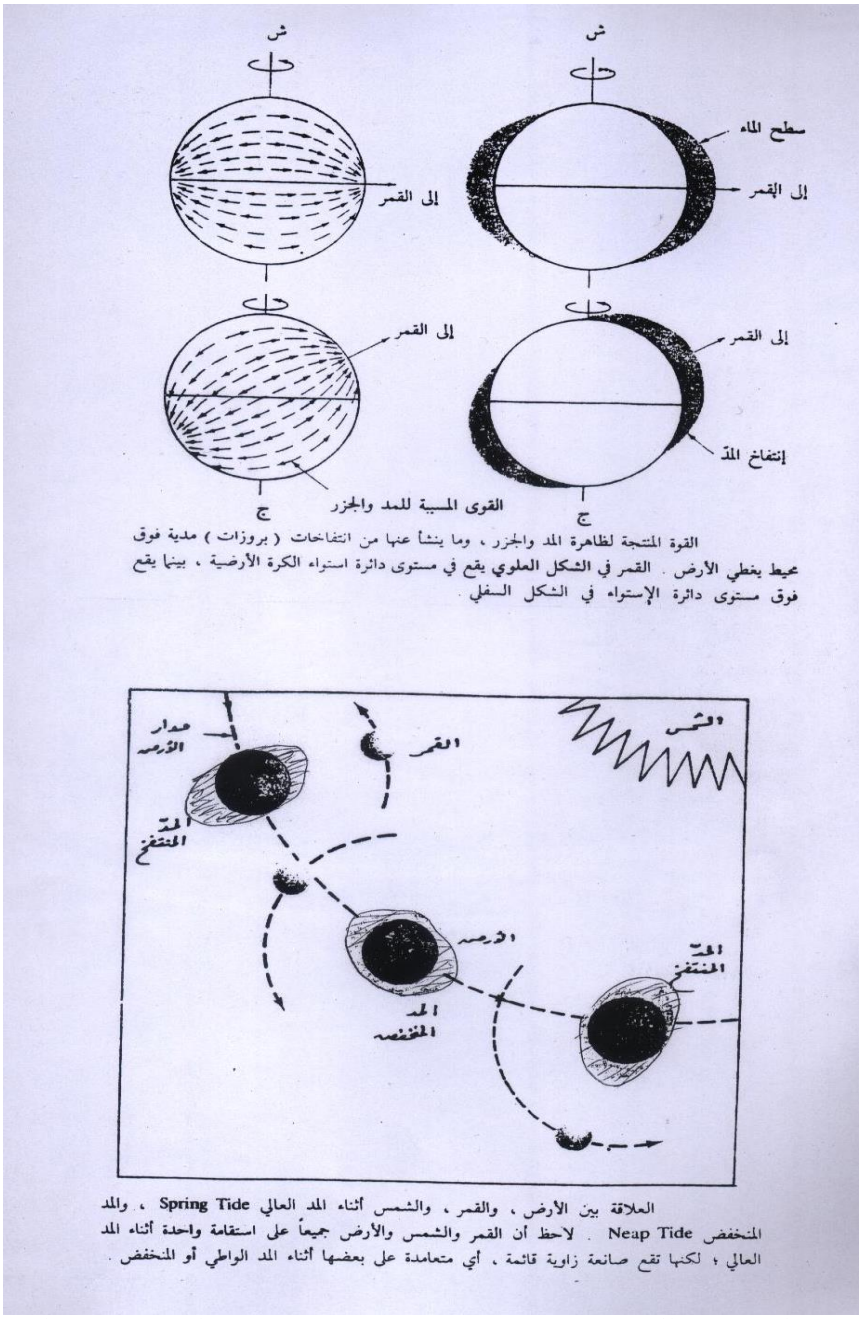
الأقسام الرئيسية من اليابس الأرض التي تتأثر بفعل مياه البحر .

العوامل التي تؤثر في تشكيل الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية :

1 – تأثير فعل كل من المد والجزر والتيارات البحرية والأمواج :

يعتبر المد والجزر ارتفاع وانخفاض وقتي في مستوى سطح البحر وتحدث هذه العملية في بعض البحار مرة كل 12 ساعة و 26 دقيقة.

وتنشأ حركة المد والجزر بسبب قوة جذب القمر والشمس لكوكب الأرض. وعلى الرغم من كبر حجم الشمس وعظم كتلتها بالنسبة للقمر إلا أن قوة جذب الشمس لمياه البحار والمحيطات على كوكب الأرض ضعيفة إذا ما قورنت بقوة جذب القمر لها. ذلك لأن القمر أقرب إلى الأرض من الشمس بكثير، فتعوض طول هذه المسافة تباين اختلاف الحجم، حيث تضعف قوة جاذبية الشمس لبعدها النسبي عن الأرض.



القوة المنتجة لظاهرة المد والجزر ، وما ينشأ عنها من انتفاخات (بروزات) مدية فوق محيط يغطي الأرض . القمر في الشكل العلوي يقع في مستوى دائرة استواء الكرة الأرضية ، بينما يقع فوق مستوى دائرة الإستواء في الشكل السفلي .

العلاقة بين الأرض ، والقمر ، والشمس أثناء المد العالي Spring Tide ، والمد المنخفض Neap Tide . لاحظ أن القمر والشمس والأرض جميعاً على استقامة واحدة أثناء المد العالي ، لكنها تقع صانعة زاوية قائمة ، أي متعامدة على بعضها أثناء المد الواطي أو المنخفض .

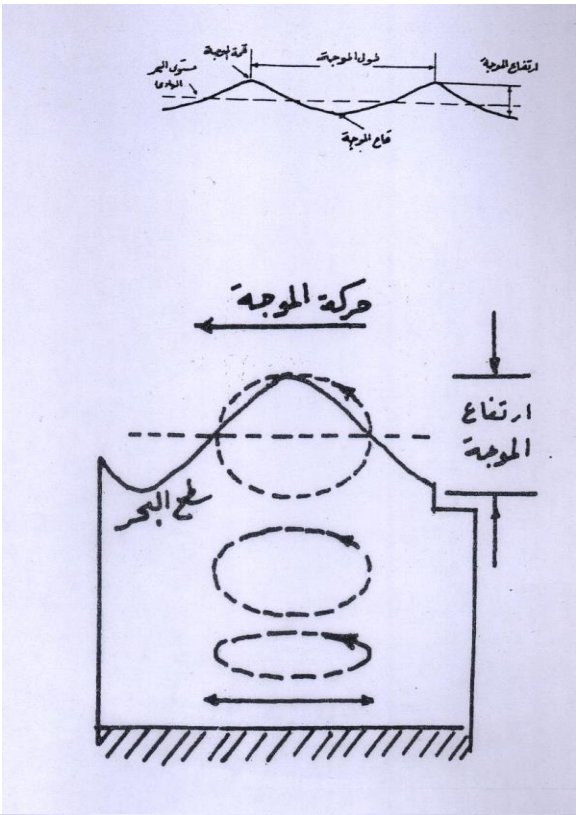
كما قد تتكون في البحار كذلك تيارات تصاعدية تبعا لاختلاف الخصائص الطبيعية للمياه من درجة حرارة وملوحة وكثافة من مكان إلى آخر. وتتوقف هذه الخصائص الطبيعية للمياه تبعا لـــ :

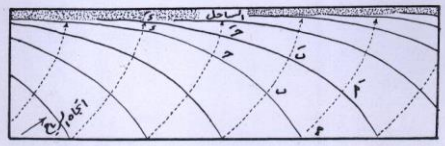
أ - مقدار الأشعة الشمسية الساقطة تبعا لاختلاف تعامدها على سطح مياه البحر.

ب - كمية التبخر التي تؤثر في كل من نسبة الملوحة وكثافة المياه.

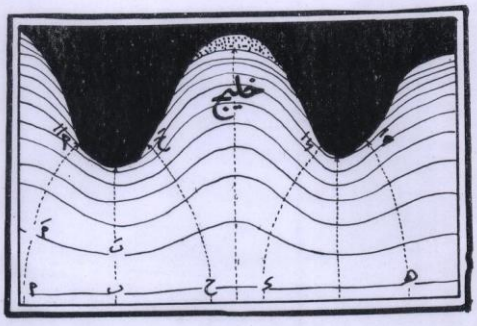
جـ - مقدار الرواسب وكمية التساقط وذوبان الجليد التي تؤثر في اختلاف نسبة الملوحة في البحار.

أما فعل الأمواج فيرجع في الأساس إلى أثر فعل الرياح التي تهب فوق سطح المياه وبالتالي يتموج سطح البحر بفعل الرياح وترتفع المياه وتزداد سرعة حركتها تبعا لاختلاف سرعة الرياح. ويقصد بارتفاع الموجة طول المسافة الرأسية التي تفصل بين قمة الموجة وقاعها، أما طول الموجة فيقصد به المسافة الأفقية الممتدة بين قمتين (أو قاعين) لموجتين متتاليتين.





تكسر الموجة على السواحل المستقيمة الامتداد .



تكسر الموجة على السواحل التى تكثر بها الخلجان .

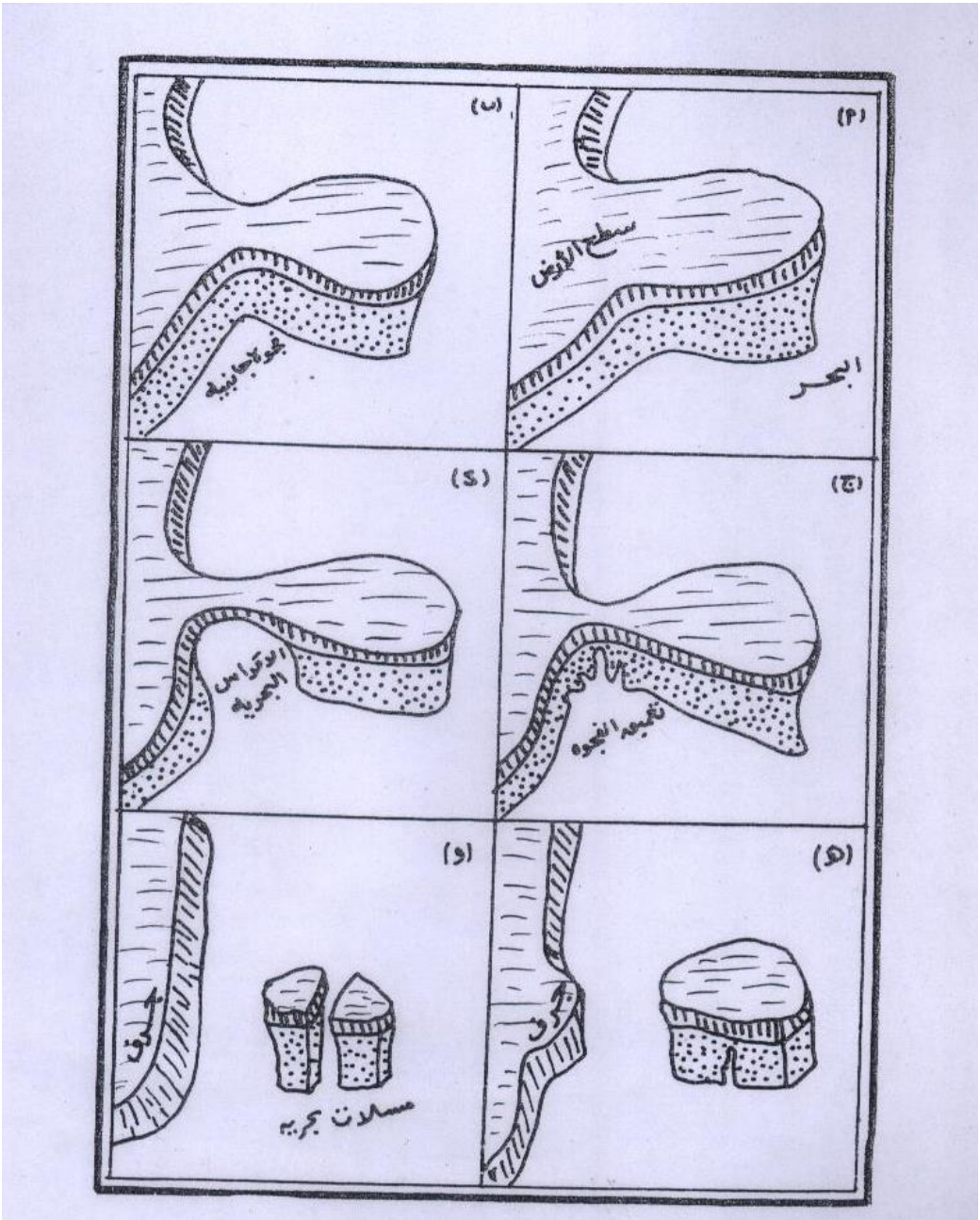
وتتأثر سرعة الأمواج تبعا لاختلاف أعماق المياه التي تكونت فيها فإذا نشأت في مياه بسيطة العمق نسبيا فتأخذ الأمواج الأمامية في التقهقر وبالتالي يقل طول الموجة ، وعلى ذلك فعندما

تتقارب الموجة من ساحل ممتد امتدادا عرضيا وتتكسر على خط الساحل ، فإن قمة الموجة تكاد تكون موازية لامتداد الشاطئ.
أما اذا تقاربت الأمواج من ساحل يتميز بالانحناءات تبعا لتشكياه بواسطة الخلجان فإن الأمواج تتقدم بسرعة في الخلجان ذات المياه العميقة بدرجة أعظم من تقدمها في المياه الضحلة .
2- طبيعة الساحل واختلاف تركيبه الصخري:
لطبيعة السواحل واختلاف نشأتها وأشكالها و تركيبها الصخري أثرا كبيرا في تحديد نوع عوامل التعرية المختلفة ومدى فعلها وتنظيم عملها، هذا بالإضافة إلى العلاقة بين اتجاه خط الساحل نفسه Orientation of the Coast وكيفية تكسر الأمواج عليه.
ويعتبر عامل اختلاف التركيب الصخري Lithological Variation من أهم هذه العوامل جميعا في تشكيل المظهر الجيومورفولوجي العام لخط الساحل. فإذا كانت الجروف البحرية التي تشرف على خط الساحل تتألف من طبقات صخرية صلبة متعاقبة فوق طبقات صخرية لينة، وأن هذه الصخور تمزقت وتشققت بفعل الفوالق والشقوق الكثيفة Heavily Cracked and Jointed فتتآكل الصخور اللينة بسرعة بفعل تكسر الأمواج وتلاطمها وسرعان ما تنزلق الكتل الصخرية أو تنهار وتتساقط من أعالي الجروف البحرية لتقدم إلى البحر رواسب قارية جديدة تتجمع فوق أرضية قاعة. ويعظم فعل التعرية وتتآكل الجروف البحرية بسرعة إذا كانت المادة اللاحمة لصخور هذه الجروف ضعيفة التماسك.
التعرية البحرية وأثرها في تشكيل الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية:
يقوم البحر بتعرية صخور الشاطئ بعدة وسائل مختلفة أهمها:
أ- الفعل الهيدرولوجي: هو تأثير فعل المياه في صخور الشاطئ، فعندما تصطدم المياه بقوة في صخور الشاطئ فإنها تعمل على إيجاد مناطق ضعف جيولوجية في الصخر، ومن ثم يتفتت الصخر.
ب- فعل الأمواج والتيارات البحرية وحركة المياه: فمع حدوث الأمواج العالية خاصة مع العواصف القوية يتفتت الصخر، كذلك الحال يؤثر كل من التيارات البحرية والمد والجزر في إضعاف الصخر جيولوجيا.
جـ - عامل الجر: تنقل المواد التي تندفع من اليابس وصخور الشاطئ إلى داخل البحر، وأثناء نقل هذه المواد فإنها تتدحرج فوق أرضية القاع، ومن ثم تعمل على تآكل هذا القاع خصوصا في المناطق القريبة من خط الساحل.
د- التجوية الكيميائية: قد تتكون الجروف البحرية من صخور جيرية، حيث تعمل المياه على تنشيط التجوية الكيميائية في الصخور وتتحلل موادها ومعادنها تدريجيا.
أثر فعل البحر كعامل من عوامل التعرية والظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بالساحل:
1- الجروف البحرية:
تكون الجروف البحرية تبعا لاختلاف التركيب الصخري خاصة في المناطق التي تتألف من صخور صلبة متعاقبة فوق صخور قليلة الصلابة، حيث تقاوم الصخور الصلبة فعل التعرية بدرجة أكبر لذا تبدو على شكل جروف بحرية عالية شديدة الانحدار. وقد تتكون الجروف البحرية تبعا لانخفاض مستوى سطح البحر وتتراجع خلفيا عن أرض اليابس لذا تتكون الشواطئ القديمة ، أو قد تتكون هذه الجروف تبعا لحدوث حركات رفع تدريجية في اليابس

المجاور للساحل حيث ترتفع الأرض نسبيا وبتآكل الصخور اللينة السفلى تبدو الصخور العليا على شكل حوائط صخرية عالية.
وأهم ما يميز هذه الجروف أنها تبدو موازية لخط الساحل، وإذا كانت حديثة العمر فإنها تظل على شكل حوائط صخرية شديدة الانحدار.
ويؤثر البحر في تشكيل المظهر الجيومورفولوجي العام للجروف البحرية خاصة إذا كانت تتركب من صخور رخوة لينة أو من صخور صلبة متعاقبة فوق صخور لينة، حيث تعمل الأمواج بما تسببه من ضغط شديد فوق أسطح الصخور على تآكلها وإضعافها جيولوجيا، كما تعمل الأمواج على اكتشاف مناطق الضعف الجيولوجية في الجدران والجروف الصخرية البحرية، ثم توسيع فتحات الشقوق والفواصل بها، وإيجاد فجوات جانبية فيها وقد تتكون فيها بعض الكهوف البحرية، وعندما تتآكل الصخور اللينة السفلى أو تتسع الفجوات الجانبية فيها تبعا لاتساع الشقوق، يختل توازن الطبقة الصخرية العليا وتتعرض لعملية السقوط والانزلاق الأرضي.

2 – الفجوات الجانبية والأقواس والمسلات البحرية :

تتشكل الجروف والحوائط البحرية التي تتآلف من صخور رخوة لينة بظاهرات جيومورفولوجية متباينة بفعل نحت الأمواج في صخورها فإذا كانت هذه الجروف تتركب من طبقات صلبة متعاقبة فوق أخرى لينة، تعمل الأمواج على نحت الصخور السفلى اللينة وتكتشف مناطق الضعف الجيولوجي فيها والتي تتمثل في فتحات الشقوق والفوالق وأسطح الصدوع بمرور الزمن تتسع هذه الفتحات وتكون كهوفا بحرية أو فجوات في جوانب هذه الجروف.
وقد تعمل الأمواج على استمرار تآكل الصخور اللينة، ومن ثم يختل توازن الصخور العليا الصلبة وتتعرض لعمليات السقوط والانزلاق، وينجم عن ذلك أن تتسع الفجوات الجانبية ويعظم حجمها وتعرف في هذه الحالة باسم الفجوات الهوائية.
وإذا تصادف وأن تكونت فجوتان متجاورتان في اتجاهين متضادين، فقد تعمل الأمواج على التحامهما ببعضهما وتتكون فتحات ضيقة في الصخور اللينة، سرعان ما تتسع تبعا لتآكل الصخور وتبدو على شكل أقواس بحرية Sea Bridge.
وإذا اختل توازن اسقف الكهف البحري وانهارت صخوره، تنفصل ألسنة الجروف الصخرية لتكون مسلات بحرية. وقد تتعرض هذه المسلات هي الأخرى لفعل الأمواج من جديد خاصة إذا كان فيها مناطق ضعف جيولوجي، وبذلك تنقسم المسلات البحرية وتتفتت أو قد تتآكل قاعدتها وتنهار المسلة وتسقط أمام فعل الأمواج.



تطور تكوين الفجوات الجانبية والأقواس والمسلات البحرية

تضاريس القشرة الأرضية :

عبارة عن مظاهر سطح هذه القشرة من مرتفعات ومنخفضات وهي إما أن تكون موجبة أو سالبة وهناك تضاريس أخرى تقع تحت مستوى سطح البحر مثل الرصيف القاري وما يجاوره من جزر ثم الأحواض المحيطية وقاع المحيط ونحو ذلك ويندرج تحت مسمى الأشكال المغمورة بماء البحر.

1- التضاريس الموجبة:

أولاً: الجبـــــال: وتمتاز بالخصائص التالية:

1- تزيد الجبال في ارتفاعها في العالم عادة عن (1000م) فوق مستوى سطح البحر وتمتاز قممها العالية وجوانبها المنحدرة بأن صخورها عالية نظراً لتأثيرها بالتعبئة الجوية .

2- يتوقف شكل الأجزاء العليا من الجبال وقممها على التركيب الجيولوجي وبنية الجبال ونوع عامل التعرية الظاهر أو الباطن الذي يشكل قمة الجبل.

3- لا يزيد التل في العادة في العالم عن (1000م) وتمتاز عن الجبال بأن أعاليها تحتفظ ببعض تربيتها الحملية مما يساعد على نمو بعض النباتات فوقها مما يقلل من أثر التعرية الجوية.

4- يتفاوت ارتفاع قمم الجبال من موضع إلى آخر في القارة الواحدة كما يتفاوت من قارة إلى أخرى.

5- يمكن القول بوجه عام أن تشكيل الجبال والتغيرات التي تحدث فيها تكمن في عدة عوامل منها:

- مقدار ارتفاع الجبل وموقعه.
- مقدار انحدار سفوح الجبل.
- بنية وتركيب الجبل.
- مقدار درجة الحرارة في المنطقة التي يوجد بها الجبل ومدى ذبذبتها.
- نوع التساقط ودرجته.
- نوع التعرية التي تؤثر في الجبل.
- نوع الغطاء النباتي.

أنواع الجبال:

أولاً: الجبال الالتوائية:

1- نشأت هذه الجبال نتيجة حدوث التواءات في القشرة الأرضية أدت إلى ارتفاع أجزاء من هذه القشرة إلى أعلى على شكل قمم جبلية أو سلاسل جبلية متوازية.

2- تمتاز فيما بينها في اتجاهاتها وذلك نظراً لحدوثها في عصر جيولوجي واحد كما تمتاز أيضاً بأنها شديدة الارتفاع وشديدة الانحدار.

3- لا يقتصر تكوين الجبال الالتوائية على زمن جيولوجي دون الآخر بل تكونت في معظم الأزمنة الجيولوجية وأحدثها هي مجموعة الجبال الالتوائية الالبية التي تكونت في عصر الميوسين.

ثانياً: الجبال الانكسارية:

1- تكونت نتيجة لحدوث انكسارات في منطقة جبلية ملتوية فتفقد الطبقات تماسكها ويهبط جانب منها ويظل الجانب الآخر على حدا أو يرتفع حيث يتكون جبل انكساري في كلتا الحالتين.

2- تمتاز هذه الجبال بأن الجانب الذي حدث فيه الانكسار يكون أشد انحداراً من الجانب الآخر الذي يقع عند طرفه الالتواء .
3- قد ينتمي إلى الجبال الانكسارية حواف الهضاب المرتفعة التي هبطت إلى جانبها الأرض وبقيت هي في مستوى مرتفع.
ثالثاً: الجبال التراكمية:
1- تنقسم هذه الجبال تبعاً للمصدر الذي كونها إلى قسمين هما : أ- جبال بركانية . ب- جبال تكوين نتيجة لارساب بعض العوامل الظاهرية لحمولتها.
2- تتكون الجبال البركانية نتيجة لتراكم المقذوفات البركانية على شكل مخاريط بركانية.
3- تكون اللافا الحمضية الجرانيتية مخاريط بركانية قبابية الشكل أم اللافا القاعدية البازلتية التي تكون أعظم مرونة من اللافا الحمضية فإنها تنبسط على السطح وتمتد إلى مسافات بعيدة وتغمر مساحات واسعة.
4- قد يتكون المخروط البركاني من قطع منكسرة من المقذوفات البركانية أو من خليط من اللافا والمواد الصخرية المتكسرة.
5- لا تكون الجبال البركانية سلاسل جبلية مستطيلة وقد تكون منتظمة الشكل وصلبة تتفاوت في ارتفاعها من منطقة إلى أخرى ومن بركان إلى آخر.
6- تتكون المجموعة الأخرى من الجبال التراكمية نتيجة لارساب بعض العوامل والظواهر لحمولتها مثل الرياح التي تُكون الكثبان الرملية بمختلف أشكالها وبالمثل يؤدي الجليد إلى تكوين التلال الركامية مثل تلك الموجودة في شمال غرب ألمانيا.
رابعاً: جبال التعرية:
1- يرجع وجودها في الغالب إلى فعل عوامل التعرية المختلفة .
2- إذا تعرضت منطقة التوائية إلى عوامل التعرية لمدة طويلة حتى تأتي على كثير من مظاهر الالتواء فتتحول الجبال الالتوائية إلى جبال تعرية.
3- بالمثل إذا تعرض إقليم مرتفع ذو طبقات مائلة متعاقبة مختلفة الصلابة لعوامل التعرية فإن الطبقات اللينة تنخفض بسرعة إلى مستوى أعمق من الطبقات الصلبة التي تظهر بارزة على شكل جبال.
ثانياً: الهضاب:
تعرف الهضبة بأنها مساحة واسعة من الأراضي الجبلية لها سطح مستوي وترتفع عن مستوى سطح البحر وعن مستوى الأراضي المحيطة بها. وتنقسم الهضاب حسب تكوينها إلى:
أ: هضاب التوائية: وتنشأ نتيجة لارتفاع جزء من قشرة الأرض إلى أعلى بسبب حدوث التواء بحيث ترتفع عن مستوى سطح الأرض المجاورة لها وعن مستوى سطح البحر ومثالها : هضبة سويسرا – وهضبة الشطوط – وهضبة ريكون – وهضبة المكسيك.
ب: هضاب انكسارية: تنشأ الهضاب الانكسارية نتيجة لحدوث انكسار في القشرة الأرضية ترتب عليها ارتفاع هذه المنطقة عما جاورها مكونة هضبة تحف بها الجبال الانكسارية أو تطل بحافة قائمة شديدة الانحدار على ما جاورها ومن أمثلتها : هضبة الدكن وسيناو – والهضبة الأفريقية – وهضبة بلاد العرب .

ج: هضاب تراكمية: تتكون الهضاب التراكمية نتيجة لتراكم الرواسب التي تحملها عوامل التعرية الظاهرية فتتكون منها طبقات يزداد سمكها بتولي عملية الأرساب حتى تتكون منها في النهاية مساحة واسعة ترتفع كثيراً عن مستوى سطح البحر مثل الهضبة الموجودة في جبال الصين . والمقصود بالهضاب التراكمية بالتحديد هي الهضاب البركانية التي تتكون نتيجة لخروج اللافا من شقوق كثيرة من القشرة الأرضية نحو سطح الأرض لتتكون منها طبقات من اللافا تغطي الصخور التي تحتها وتأخذ هذه اللافا بالتراكم حتى تتكون منها كتلة مرتفعة عن سطح البحر كثيراً ويغلب عليها أن يكون سطحها مستوي.

التضاريس السالبة:

أولاً: الأوديـــــــــة :

الوادي هو عبارة عن أرض مستطيلة ضيقة تحف بها المرتفعات من الجانبين. تنقسم الأودية إلى قسمين رئيسيين هما:

أ- الأودية التكتونية التي تكونت بفعل العوامل الباطنية وهي إما التوائية أو انكسارية.

ب- الأودية التحاتية التي ترجع نشأتها إلى فعل عوامل التعرية الظاهرية.

ثانياً: السهـــــــول:

السهول هي مسطحات مستوية من الأرض لا يرتفع مستواها كثيراً عن سطح البحر. ترجع نشأة السهول إلى فعل العوامل الظاهرية وإن كانت الاضطرابات الظاهرية والظاهرات البركانية تساهم في تغيير شكل السهول بعد تكوينها لأول مرة. تنقسم السهول إلى أربعة أقسام تتكون اثنان منها نتيجة لعملية التعرية حيث يسميان بسهول التعرية وهي تشمل السهول التحاتية وسهول التعرية، وتتكون الاثنان الأخريان نتيجة لعمليات الأرساب وهي السهول الرسوبية النهرية أو البحرية وسهول الأرساب البحري التي تتكون في الخلجان أو عند حواف القارات.

ثالثاً: الأحواض والمنخفضات:

الأحواض هي مناطق منخفضة تُحيط بها المرتفعات وقد يكون الحوض فوق مستوى سطح البحر مثل حوض إيران وقد يكون الحوض دون مستوى سطح البحر وتنقسم الأحواض من حيث نشأتها إلى مسميين:

1- أحواض انخفاضيه: وتتكون نتيجة لهبوط أو خسف في قشرة الأرض مثل حوض المجر وحوض باريس وحوض لندن.

2- أحواض تعرية: وتتكون بفعل عوامل التعرية الظاهرية خاصة التعرية الهوائية كتل بعض منخفضات الصحراء الغربية في مصر.

ليس هناك حد فاصل بين الأحواض والمنخفضات ولكن يمكن القول أن الأحواض يمكن اعتبارها منخفضات إذا كانت مساحتها محدودة ومن أمثلة الأحواض حوض إيران وحوض الكونغو الأوسط وحوضا بوليفيا وغيرها.