محاضرات في مقرر جيولوجيا3

الجزء الأول الجيومورفولوجيا

الجزء الثاني الجيولوجيا التركيبية

لطلاب الفرقة
الثالثة كلية التربية شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية

إعداد

د/كارم محمد مبارك

د/ وائل دسوقي فريحي

كلية العلوم-قسم الجيولوجيا

العام الجامعي

2024-2023

الجزء الأول الجيومورفولوجيا (Geomorphology)

مقدمة عامة:

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 اعلاة 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

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 نسبه 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 ومختلفه, ولو تتبعنا ساحل الخليج ركوبا بالطائرة من الشمال إلى الجنوب نرى ظ واهر ارضية مختلفه, وعمل على تطوير هذه الظواهر عوامل وعمليات جيومورفولوجية مختلفه.

العامل الجيومورفولوجي هو الطاقة مثل المطر

والعملية هي الوسيلة مثل الانجراف بمختلف أشكاله

وكامثله 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 نشاءت 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:

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 Uniformitanism والذي 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 للظ واهر 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

العوامل والعمليات الجيومورفولوجيه:

كما ذكرنا فان العملية الجيومورفولوجيه (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 جيومورفولوجيه, 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 الجيومورفولوجيه (الزمن الجيولوجي):

أن دراسة بعض أشكال سطح الأرض حالي اً 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 3000 مليون سنه, وان حوالي 85% 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 500 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 (هنا يطلب من الطلبة الرجوع إلى أحد الجداول الجيولوجية من اجل تتبع العمر أو السلم الجيولوجي).

المفاهيم الأساسية لعلم الجيومورفولوجى:

حدد العالم الجيومورفولوجي ثورنمبري (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 المفاهيم التالية:

- **المفهوم الأول** النسقيه **:(uniformitarianism)**

وظهرت ما يسمى بالنسقيه **uniformitarianism**والذي وضعها مجموعه من العلماء أهمهم شورلي Chorleyوتستند هذه الفكرة إلى أن الحاضر في شكل الأرض هو مفتاح الماضي, 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.

- **المفهوم الثانى**

التركيب الجيولوجي هو العامل المهيمن في تطور التضاريس وينعكس عليهم.

التركيب الجيولوجي في الجيومورفولوجيا يعني:

طبيعة الصخر، وجود أو عدم والمفاصل مستويات التطبق، والفوالق، والطيات، صلادة الصخور، وصلابة المعادن المكونة لها، وقابلية المكونات المعدنية للتغيير الكيميائي، وpermeabiliyالنفاذية والكتامة من الصخور وغيرها من الوسائل المختلفة التي يفرق الصخر عن الآخر في قشرة الأرض.

- **المفهوم الثالث**

العمليات الجيومورفولوجية تترك بصماتها المميزة على شكل سطح الأرض، ولكل عملية جيومورفولوجية مجموعة من الأشكال الأرضية الخاصة بها

والعملية الجيومورفولوجية تعني الطرق الفيزيائية والكيميائية التى تحدث تغيير فى شكل القشرة الأرضية .

وتشمل العمليات الجيومورفولوجية:

أ- عمليات داخلية Endogenic processes أ

وهى التى تنتج عن قوة من داخل القشرة الأرضية مثل البراكين

ب- عمليات خارجية Exogenic processes

وهى التى تنتج عن قوة خارجية مثل التعرية والنحت

- **المفهوم الرابع**

عندما توثر العمليات مختلفة على سطح الأرض، تظهرسلسلة من اشكال سطح الأرض ذات خصائص مميزة في مراحل متتالية من التطورlandforms

وتشمل مراحل الشباب والنضج والشيخوخة.

- **المفهوم الخامس**

معظم الظواهر الجيومورفولوجية التى نراها فى وقتنا الخاضر قد تكونت فى(عصر البلايستوسين).

- **المفهوم السادس**

تعقيد التطور الجيومورفولوجى هو أكثر شيوعا من البساطة.

- مناظر طبيعية بسيطةsimple landscapeهي نتاج عملية جيومورفولوجية واحدة.
- مناظر الطبيعية المركبةcompound landscapeهي نتاج لاثنين أو أكثر من العملية الجيومورفولوجية.

- مناظر الطبيعية وحيدة الحلقة هي تلك التي تحمل بصمة من دورة واحدة فقط من التآكل.

وقد تم إنتاج المناظر الطبيعية عديدة الحلقاتMulticyclic خلال دورة تآكل أكثر من واحد

المقياس المكاني والمقياس الزماني في الجيومورفولوجيا

- المدة الزمنية المطلوبة لتشكيل الظواهر الجيومورفولوجية تختلف من شكل إلى آخر.
- الأشكال التضاريسية الصغيرة يحتاج تشكيلها في الغالب إلى مدة زمنية قصيرة نسبيا، أما الأشكال الكبيرة فان تشكيلها يحتاج إلى مدة زمنية طويلة جدا.
- معظم أشكال سطح الأرض الصغيرة تعد انعكاسا للعمليات الجيومورفولوجية الحالية.
- أما أشكال سطح الأرض الكبيرة فان تشكيلها يستغرق وقتا طويلا ولذا فإنها قد لا تكون انعكاسا للعوامل والعمليات الجيومورفولوجية الحالية.
- العمليات الجيومورفولوجية ليست متجانسة على جميع أشكال سطح الأرض. فالأشكال الأرضية الصغيرة ربما يكون المسؤول عن تشكيلها عملية واحدة. أما الأشكال الأرضية الكبيرة فإنها في الغالب تتعرض لعمليات كثيرة. وعليه تبرز أهمية كل من المقياس المكاني والمقياس الزماني عند النظر إلى التغير في الأشكال الأرضية.
- أشكال سطح الأرض تقسم حسب حجمها إلى عشر رتب (جدول1).
- الرتبة الأولى يدخل تحتها الأشكال الكبيرة جدا مثل القارات.
- والرتبة العاشرة من التصنيف تخص الأشكال الصغيرة جدا مثل النيمripples في المجاري المائية وفي المناطق الرملية.

جدول رقم (١) تصنيف الأشكال الأرضية حسب حجمها

الرتبة	المساحة التقريبية (كم٢)	أمثلة من الأشكال الأرضية	المدة الزمنية التقريبية للاستمرار (العمر التقريبي بالسنين)
١	10^{7}	القارات وأحواض المحيطات	10^{8} - 10^{9}
٢	10^{6}	الأقاليم الجيومورفولوجية (الفيزيوغرافية) والدروع والسهول الرسوبية	10^{8}
٣	10^{4}	وحدات تكتونية متوسطة المقياس (الأحواض الترسيبية والكتل الجبلية والكتل القبابية)	10^{7} - 10^{8}
٤	10^{2}	وحدات تكتونية أصغر (الكتل الصدعية والبراكين والأحواض الطولية والأحواض الترسيبية الثانوية	10^{7}
٥	10^{2} - 10	وحدات التعرية والترسيب كبيرة المقياس (الدلتاوات والأودية الرئيسة والبيدمونت piedmonts)	10^{6}
٦	10^{-1} - 10	وحدات التعرية والترسيب متوسطة المقياس (السهول الفيضية والمراوح الفيضية والركامات الجليدية والأودية الأصغر والخوانق	10^{5} - 10^{6}
٧	10^{-2}	وحدات التعرية والترسيب صغيرة المقياس (الحيود والمصاطب والكثبان الرملية	10^{4} - 10^{5}
٨	10^{-4}	وحدات كبيرة للعمليات الجيومورفولوجية (منحدرات التلال وأجزاء من المجاري المائية)	10^{3}

جيومورفولوجيا الصحارى

- الصحاري : تعبير يطلق على الأقاليم التي يندر فيها النبات بفعل قلة الأمطار مع ارتفاع في درجات الحرارة.وكذلك لقلة الحرارة مثل الصحاري الجليدية.
- أو هي المناطق الجافة التي تتلقى بشكل عام أقل من عشرة انشات(250ملم) من الأمطار سنويا .أو هي الأقاليم التي تكون فيها معدلات التبخر ضعفي معدلات التساقط.

الرياح ودورها الجيومورفولوجي:

يمكن أن يصنف ثلث مساحة سطح الأرض باعتباره مناطق جافة أو شبه جافة ويعني ذلك أن الظروف الصحراوية تسود في هذا الثلث من سطح الأرض. وليس من السهولة بمكان استعمال بعض المصطلحات الجغرافية كالصحراء أو الجفاف قبل أن نتأكد مما نقصده بالصحراء وما يعنيه المناخ الجاف فليس هناك تعريف مقبول ومتفق عليه كليا عن الصحراء غير انه يمكن القول, على أية حال, إن الصحراء تتميز بقلة الرطوبة، وينعكس هذا بدوره على قلة الكائنات الحية التي يمكن أن توجد في هذه البيئة الصحراوية فندرة الغطاء النباتي تعتبر من بين أهم المظاهر الصحراوية ويكون النبات الموجود من الأنواع التي تكيفت تماما للعيش في الظروف الصحراوية. وينطبق الشيء نفسه بالنسبة إلى الحياة الحيوانية. ويمكن أن يعرف المناخ الجاف بأنه ذلك المناخ الذي يتبخر فيه كل المطر الذي يبقى على سطح الأرض بعد سقوطه. ومن المهم أن نؤكد هنا انه ليس شرطا أن يرتبط الجفاف بقلة كمية الأمطار الساقطة ذلك لان هناك مناطق لا تستلم إلا كميات قليلة من الأمطار دون أن تصبح مناطق صحراوية جافة. وبذلك فان عملية التبخر هي العامل المهم في تقرير ذلك. وتحاول معظم التصانيف المناخية أن تؤكد ذلك عندما تقرر طبيعة المناخ الجاف.

ولا توجد في الحقيقة حدود فاصلة في المناخ والتضاريس بين الأقاليم الرطبة والمناطق شبه الجافة وسوف نعتبر على أية حال المناطق شبه جافة إذا كانت كمية مطرها السنوي بين 30 – 60 سم. ونعتبر المناطق صحراوية إذا كانت كمية أمطارها

اقل من ذلك. ويعرف بعض الباحثين الصحاري بأنها المناطق التي لا يمكن لها أن تنشأ تصريفا مائيا خارجيا يصل إلى المحيط.

تكون الأنهار عوامل التعرية الرئيسية في الأقاليم الرطبة ويقل فيها التأثير الجيومورفولوجي للرياح على خلاف ما يحدث في الأقاليم الصحراوية التي تعتبر الرياح فيها عوامل التغيير الأساسية لمظاهر سطح الأرض. هذا وتكون الأنهار الدائمة نادرة الوجود في مناطق الصحاري وهي من نوع الأنهار الداخلية exioted إذا ما وجدت فيها كما في انهار النيل ودجلة والفرات والسند ونهر كولورادو.... الخ وتنتشر في الأقاليم الصحراوية الأنهار الوقتية والفصلية الجريان التي تتكون من جراء الأمطار الوقتية الغزيرة أو من جراء ذوبان الثلوج في الجهات المرتفعة المجاورة. وتسود الصحاري التجوية الميكانيكية أكثر مما عملية التجوية الكيماوية ولا يظهر وجود للغطاء النباتي في كثير من جهات الأقاليم الصحراوية ويكون نادرا في مناطق أخرى.

تنشأ التضاريس في الأقاليم الصحراوية من خلال النشاطات المترابطة لعدة عمليات للتعرية كالرياح والتجوية والمياه الجارية.

عمل الرياح:

لا تختلف الرياح عن بعض عوامل التعرية الأخرى مثل الأنهار والثلاجات إذ أنها تقوم بتعرية الصخور التي تواجهها وتنقل الحطام الصخري المفكك من مكان إلى أخر وتقوم أيضا بعملية الترسيب في مواقع معينة أخرى. وتشبه الرياح الأنهار والجليد في أن عملها في تعرية الصخور يكون أسرع إذا كانت محملة بذرات الصخور المختلفة. وينشأ من جراء عمل الرياح مجموعة متنوعة من التضاريس الأرضية التي توجد في ثلاثة أنواع من الصحاري هي:

1- **الصحاري الصخرية: Hamada**

وتعرف عادة باسم صحاري الحمادة وتتألف هذه الصحاري من سطوح صخرية تنكشف فيها الصخور الأصلية عادة مع وجود بعض البقع التي تغطيها الحصى والرمال.

2- **الصحاري الحجرية Stony Deserts**

وتغطي سطوحها الحجارة المحطمة والحصى المتنوع وتسمى عادة بصحاري الرق **Reg** في الجزائر والسرير في ليبيا وجمهورية مصر العربية.

3- **الصحاري الرملية** وتعرف عادة بصحاري العرق **Erg**.

أنواع الحمولة الهوائية

1. حمولة عالقة Suspended Load

عندما تتعرض المواد الغير متماسكة والجافة من التربة السطحية لفعل الرياح فان المكونات التي يكون قياسها أقل من 0.25 مم تتطاير مع الهواء بصورة غبار عالق (Dust) وتنتقل إلى مسافات شاسعة.

طريقة ترسيب الحمولة العالقة:-

تترسب هذه الحمولة عندما تهدأ سرعة الرياح عادة خارج المناطق الصحراوية، نتيجة لزيادة رطوبة الجو أو بفعل سقوط المطر. ترسب الغبار العالق يؤدي إلى تكون تربة اللويس (Loess) على شكل غطاء واسع الانتشار من الرواسب الغرينية والطينية على سطح الأرض.

2. حمولة متحركة Transported Load

عبارة عن حبات رملية يزيد حجمها عن 0.25 مم (التي تكون من ضمن مجال قدرة الرياح على الحمل). هذه الحبيبات تتحرك بالقرب من سطح الأرض على ارتفاعات قليلة إما عن طريق القفز أو الدحرجة.

طريقة ترسيب الحمولة المتحركة:-

تترسب هذه الحمولة عندما تقل قدرة الهواء على حمل الرواسب بسبب تقليل سرعة الرياح، ونتيجة اصطدام الرياح بأي عائق. ترسب الحمولة المتحركة يؤدي إلى تكون الكثبان الرملية على أشكالها المختلفة.

أهمية الرياح في البيئات الصحراوية

أولا: التأثير الهدمي للرياح في البيئة الصحراوية

تعرية الرياح

تقوم الرياح بتعريتها للصخور من خلال عمليتين هما:

1- عملية التفريغ Deflation(التذرية)

وتعني عملية إزالة المواد الصخرية المفككة إما برفعها أو دحرجتها. وتعرف أحيانا بعملية التذرية. كما أن عملية التفريغ تعني الإزاحة الكاملة للذرات الدقيقة من الصخور من منطقة ما بوساطة الرياح تاركة المواد ذوات الذرات الثقيلة التي لا تستطيع الرياح رفعها. ويمكن لهذه العملية أن تتم في مختلف الأقاليم المناخية غير أنها تسود أكثر ما تسود في الأقاليم الجافة وشبه الجافة, فقد قدر بعض الباحثين على سبيل المثال بأنه ما سمكه 2.4 مترا من تربة أجزاء دلتا النيل قد فرغت بوساطة الرياح خلال أل 2600 سنة الأخيرة. وقد تعرضت أجزاء واسعة من منطقة السهول العظمى في الولايات المتحدة لعملية التفريغ خلال هذا القرن عندما قامت الرياح بنقل كميات هائلة من التربة التي تعرض تماسكها للتفكك بسبب عمليات الحراثة المتواصلة لها. وقد تسبب عن ذلك حدوث كثير من العواصف الغبارية التي تتجه شرقا حتى ساحل المحيط الأطلسي أحيانا. ويعني ذلك أن عملية التفريغ تزداد حدة في الأقاليم الصحراوية التي تكون الرياح فيها أكثر استمرارية واشد نشاطا وسرعة.

يوجد في الجهات الجنوبية من ولاية نيومكسيكو وفي ولاية تكساس في الولايات المتحدة أحواض تقع بين الجبال تعرف باسم البولسون Bolson وهي منخفضات ناتجة عن عملية التفريغ التي تقوم بها الرياح. ويتغطى سطح بعض هذه الأحواض برواسب طموية سميكة قامت بترسيبها الأنهار الوقتية التي تنبع من الجبال التي تحيط بتلك الأحواض. غير أن قسما أخر من تلك الأحواض تكون ذوات قيعان صخرية ، ويعتقد أن السهول الصحراوية الموجودة في صحراء كلهاري تعود إلى عملية التسوية التي تقوم بها الرياح. وتعتبر صحاري الحمادة نتاجا أساسيا لعملية التفريغ أيضا حيث تقوم الرياح بالتقاط ذرات الرواسب الدقيقة وتنوك الحصى والحجارة في مكانها مكونة ما يعرف باسم الصحاري المرصوفة Desert Pavements أو الحمادا.

وتستطيع الرياح حتى في الأقاليم الأقل جفافا أن تعمل بعض التجاويف الضحلة الدائرية الشكل في المناطق التي تكون الصخور فيها ذوات صلابة اقل من الصخور الأخرى المجاورة لها وحيث يكون النبات قليلا وتعرف هذه باسم blowouts. هذا ويعتقد أن قد تكون بهذه الطريقة كثير من المنخفضات الموجودة في الصحراء الغربية في مصر كما في منخفض القطارة والمنخفضات الصغيرة الا خرى المجاورة له والتي

تقع كلها دون مستوى سطح البحر وكذلك الحال في مناطق الواحات الصحراوية المشهورة في مصر مثل واحة الفرافرة والداخلة والخارجة.

2- عملية النحت (الصقل) Abrasion

وهي التي تقوم بها الرياح من خلال ضربها للسطوح الصخرية بوساطة ما تحمله من ذرات الرمل وذرات الصخور الأخرى. وبذلك فان عملية التفريغ تتم من خلال حركة الهواء فقط بينما لا يمكن لعملية الصقل أن تتم دون وجود أدوات القطع والنحت المتمثلة بذرات الصخور المختلفة . ولاتعمل الرياح القليلة السرعة إلا تعرية ميكانيكية قليلة لصخور غير أن الرياح القوية تستطيع بوساطة ما تحمله من حطام صخري كذرات الرمال والحصى الصغيرة أن تقوم بصقل وتعرية ما يواجهها من صخور. وتشبه الرياح في هذه الحالة المياه الجارية. ويزداد تأثير الرياح بوساطة عملية الصقل إضافة إلى ما تقدم, في المستويات القريبة من سطح الأرض حيث من النادر أن تكون الرياح قادرة فيها على أن ترفع ذرات الرمل إلى مسافة تزيد عن 0.9 من المتر أو المتر الواحد علما بأن معظم ذرات الرمل التي تستخدمها الرياح كأدوات للنحت والتعرية تتركز خلال 0.5 متر من سطح الأرض. كما تلعب درجة مقاومة الصخور دورا مهما في تقرير مقدار تأثرها بالتعرية الناتجة من عمل الرياح حيث تكون الصخور اللينة أكثر تأثرا بتلك العملية منها في الصخور الشديدة الصلابة.

يزداد تأثير الرياح في الصقل بوضوح في الأقاليم التي تسود فيها رياح هابة من اتجاه واحد تقريبا. فقد تآكلت من جراء ذلك أسلاك التلغراف التي مدت على طول سكة حديد عبر قزوين إلى حوالي نصف أقطارها خلال إحدى عشر سنة فقط. وقد قطعت أعمدة التلغراف الخشبية الموجودة في جنوب غرب الولايات المتحدة بوساطة الرمال التي تعصفها الرياح الأمر الذي أدى إلى ضرورة حمايتها بالكونكريت أو الصخور.

تعتبر الحصى والصخور ذوات الأوجه ventifacets و dreikanter وتعني (ذوات الجوانب الثلاث في اللغة الألمانية) نتاجا مهما من نتائج عملية الصقل التي تقوم بها الرياح في الصحاري الحجرية حيث تسود رياح قوية. إذ تقوم الرياح بصقل الجانب المواجه لها من تلك الصخور بصورة مستمرة بوساطة ما تحمله من ذرات

الصخور كالرمال مثلا. ويختلف شكل أوجه تلك الحصى تبعا لاتجاه الرياح ومقدار سرعتها، ويعتبر اليارداتك Yardang مظهر ارضي أخر من المظاهر الناتجة عن التعرية الميكانيكية (النحت والصقل) الذي تقوم به الرياح. ويتكون اليارداتك من مجموعة من الحافات المرتفعة والوديان المتوازنة مع بعضها البعض. ويصل حجم بعض الوديان إلى عدة كيلو مترات طولا وكيلومو متر واحد عرضا وتكون قيعانها حجرية في بعض الحالات وقد تغطيها الرمال أحيانا وترتفع إلى حوالي 50 مترا. وتمثل الوديان مناطق الصخور القليلة المقاومة التي استطاعت تعرية الرياح أن تؤثر فيها بشكل كبير في حين تحتل الحافات مناطق الصخور الصلبة التي لم تؤثر فيها تعرية الرياح كثيرا. واشهر المناطق التي تتمثل فيها هذه الظاهرة في جنوب غرب الولايات المتحدة وفي صحاري وسط أسيا وإيران. وحين تكون الطبقات السفلى اقل صلابة من الطبقات العليا تتعرض إلى تعرية شديدة في حين تظل الطبقات العليا بعيدة عن التعرية المركزة ويطلق على الأشكال الناتجة عن هذه العملية اسم الصخور التي تشبه نبات الفطر mushroom أو تعرف باسم الأعمدة الصخرية Pedestal Rocks.

نقل الرياح:

تنقل المواد الصخرية المفككة بوساطة الرياح بطرق ثلاثة هي التعلق Suspension والقفز Saltationوالدحرجة. إن تفسير ميكانيكية عملية النقل التي تقوم بها الرياح تعتبر معقدة غير انه يمكن إيجازها بالآتي: يوجد نطاق رقيق جدا يقع فوق سطح الأرض مباشرة حيث لا توجد في هذا النطاق أية حركة للهواء إن لم تكن توجد فيه حركة ضعيفة جدا. ويعتمد سمك هذا النطاق على حجم ذرات الصخور التي تغطي سطح الأرض. ويبلغ سمكه حوالي 30/1 من قطر ذرات الصخور الموجودة على سطح الأرض. فإذا كان معدل الذرات 30 مليمتر فان سمك ذلك النطاق سيكون مليمترا واحدا. وتزداد سرعة الرياح بسرعة فوق ذلك النطاق مع الارتفاع وتظهر فيها الدوامات وحركات اضطراب سريعة نحوالاعلى أو الأسفل أو نحو الجانبين إضافة

إلى الاتجاه العام لحركة الرياح. وقد دلت التجارب على أن سرعة الحركة الصاعدة للهواء خلال تلك الدوامات يبلغ حوالي 5/1 معدل السرعة العامة للرياح.

لقد أظهرت تحاليل المواد التي تنقلها الرياح أنها تقع من حيث الحجم ضمن مجموعتين: مواد ذوات أقطار تقل عن 0.06 مليمتر والتي تصنف على أنها غبار, ومواد تزيد أقطار جزيئاتها عن ذلك والتي تصنف على أنها رمال. و تلتقط ذرات الغبار التي تضم الذرات الناعمة من الطين والغرين إلى الأعلى بوساطة الرياح وتنقل بطريقة التعلق، وتظل هذه الذرات مرفوعة بوساطة الحركات الدوامية وبذلك يمكن أن تنقل إلى مسافات بعيدة تصل حتى 1610 كم. ويمكن للهواء أن يرفع الغبار لارتفاعات كبيرة، فعلى سبيل المثال وصل سمك عاصفة غبارية حدثت في تشرين الثاني من عام 1933 في الولايات المتحدة إلى ارتفاع 2740 مترا، وكانت هذه العاصفة قد بدأت في ولاية نبراسكا وولايتي داكوتا الشمالية والجنوبية وسارت باتجاه نيويورك بمعدل سرعة يبلغ 69كم في الساعة. وقد غطت هذه العاصفة حوالي 1.500.000 كم^2. ويعتقد بعض الباحثين انه يوجد فوق كل منطقة من سطح الأرض غبار قادم إليها من مناطق أخرى ويتأكد هذا القول من حقيقة أن الرياح يمكن لها أن تنقل الغبار إلى أماكن بعيدة عن مصادرها. فعلى سبيل المثال يصل الغبار القادم من الصحراء الكبرى إلى انجلترا أحيانا رغم أنها تبعد عنها بحوالي 3200كم. وقد سجل وصول كميات من الغبار البركاني القادم من أيسلندا إلى شبه جزيرة اسكندنافية مرات عديدة . ولقد قذف الرماد البركاني إلى مستويات عالية في الهواء عند ثورة بركان كاركاتوا في اندونيسيا في عام 1883 ظل عالقا في الهواء لفترة طويلة بعد أن أحاط بالأرض احاطة كاملة.

وتستطيع عواصف الغبار أن تنقل كميات هائلة من ذرات الغبار من مكان إلى أخر ففي عاصفة واحدة حدثت بين 9 و 12 مارس 1901 غطت مساحة قدرت بحوالي 750000 كم^2 من اليابسة و 440000 كم^2 من المحيط ورسبت كمية كمية من الغبار تقدر بحوالي 1.960.420 طن وكانت هذه العاصفة قادمة من الصحراء الكبرى باتجاه المحيط الأطلسي. وقد سجلت مثل هذه الكمية من الترسيب في عواصف الغبار التي تحدث في استراليا والأرجنتين وشرقي آسيا وفي كثير من الأقاليم الصحراوية الأخرى.

تنقل المواد التي تزيد أقطار ذراتها عن 0.06 ملم بطريقتي القفز والدحرجة على سطح الأرض. وتشبه عملية النقل بالقفز تلك التي تقوم بها الأنهار عند نقلها للمواد الخشنة الذرات على طول مجاريها. إذ تقوم تيارات الهواء المرتفعة إلى الأعلى بسبب الحركة الاضطرابية للرياح بنقل ذرات الرمال نحو الأعلى ثم تسقط هذه الذرات خلال حركتها الأفقية مع الاتجاه العام للرياح. ومن ثم يتكون مسار لذرات الصخور المتحركة يتألف من صعود قصير شبه عمودي مع نزول منحدر طويل نسبيا وتعيد تلك الذرة عند سقوطها على سطح الأرض حركتها ثانية أو أنها تبدأ القفز ثانية عند ارتطام ذرة رمل أخرى بها. يعتمد مقدار الارتفاع الذي تصل إليه ذرات الصخور عند قفزها على مقدار سرعة الرياح وكذلك على طبيعة سطح الأرض. إذ يكون ذلك الارتفاع على السطوح الحصوية أكثر من الارتفاع الذي ينجم عن القفز فوق سطوح رملية. ولا يمكن للقفز أن يزيد بأية حال من الأحوال عن 1.8 مترا فوق سطح الأرض.

ترسيب الرياح:

تترسب كافة المواد الصخرية التي نقلتها الرياح والتي تتباين طرق نقلها تبعا لأحجامها من ذرات دقيقة تنقلها الريا ح بطريقة التعلق إلى ذرات خشنة تنقل بطريقتي الدحرجة والقفز ، ويتم ذلك الترسيب حالما تبدأ سرعة الرياح بالتناقص. وتتناقص سرعة الرياح أما عند اقترابها من مناطق الضغط الخفيف التي سببت حركة تلك الرياح أو من جراء وجود عوارض متنوعة.

إن أهم الأشكال الجيومورفوجية الناتجة عند ترسيب الرياح هي:

1- تربة اللويس:

اللويس كلمة ألمانية تطلق على تجمع الرواسب الدقيقة الذرات التي قامت بنقلها الرياح، وتنتقل تلك الترسبات عبر مسافات طويلة بوساطة الرياح القوية والثابتة من مناطق صحراويه أو شبه صحراويه نحو أقاليم أكثر رطوبه حيث تقوم الأمطار بإنزالها من الغلاف الجوي ثم تتراكم وتستقر في تلك الأقاليم. ولقد درست ترسبات اللويس لأول مره من قبل الجيولوجي الألماني فون رشتهوفن Von richthofenفي

شمال غرب الصين، حيث تنتشر تلك الترسبات فوق مساحات واسعة. إن أهم ما تتميز به رواسب اللويس أنها تتكون من ذرات دقيقه وتكون مسامية ولا تظهر فيها خاصية الطبقية. وتدل الصفة الاخيره على أنها ليست ناشئة من ترسيب نهري بل أنها ناتجة عن ترسيب هوائي .Aeolian ويظهر بها نوع من البنية العاموديه نتيجة لتأثير سيقان وجذور النباتات التي دفنت خلال تراكمات اللويس. ويكشف لنا المقطع ألعامودي لتكوينات اللويس وجود عدد هائل من أنابيب عاموديه دقيقه تكون مرتبطة في العادة برواسب من كربونات الكالسيوم المتخلف من تحلل المواد النباتية. وتفسر لنا هذه الخاصية كيف أن رواسب اللويس تبقى ثابتة, رغم سهولة تعريتها, على شكل حوائط شديدة الانحدار. وتختلف مصادر ترسبات اللويس من مكان إلى أخر إذ يرجع اصل تربة اللويس الموجودة في الصين إلى صحراء غوبي في وسط منغوليا. ويبلغ سمك تلك الرواسب حوالي 350مترا في بعض الأماكن. وقد أزالت انهار الصين الكبرى مثل نهر هوانك هو واليانجستي وروافدهم كميات هائلة من هذه التربة وإعادة ترسيبها ثانية داخل سهولها الفيضيه.

وتوجد ارسابات اللويس في الولايات المتحدة في المناطق ألمجاوره للأنهار الكبرى في وادي نهر المسيسبي و ويبلغ سمك هذه الرواسب قرب الأنهار حوالي 30 مترا أو أكثر من ذلك. ويتناقص سمك تلك الرواسب بشكل سريع كلما ابتعدنا عن المجاري النهرية. وقد قامت الرياح بنقل تلك الرواسب من السهول الفيضية فترة انخفاض مناسيب المياه حيث تتعرض خلالها مساحات من الغرين والرمال الجافة إلى الرياح القوية التي تهب في الإقليم. وقد كنت الأنهار قد نقلت تلك الرواسب في الأصل من رواسب جليدية تقع إلى الشمال. ويكمن بذلك الاختلاف بين رواسب اللويس في الصين والولايات المتحدة. في حين أن رواسب اللويس في الصين تكون ناتجة أصلا من نقل الرياح ثم قامت الأنهار بإعادة ترسيبها، إلا أن رواسب اللويس في الولايات المتحدة نهرية في الأصل ثم قامت الرياح بنقلها.

تبدو رواسب اللويس في أوربا وكأنها جلبت من المناطق المجاورة التي تعرضت لأثر الجليد والتي تقع شمالها حيث قامت الرياح بنقل هذه الرواسب ثم أجرت الأنهار تحويرات طفيفة عليها. وتتمثل تربة اللويس فيأوربا بنطاق واسع الامتداد متقطع يمتد

من حوض باريس عبر منطقة المرتفعات الهرسينية في ألمانيا وبولندا حتى جنوب روسيا. وتوجد ارسابات أخرى للويس في مناطق أخرى من العالم كما في تركيا وفي الأرجنتين واستراليا.

2- الكثبان الرملية:

تختلف الرواسب الرملية عن الرواسب الغبارية (اللويس) في أنها تتجمع بشكل تلال متباينة في أحجامها وامتداداتها وأشكالها. يطلق على مثل هذه الرواسب الرملية اسم الكثبان Dunes. وتتحرك هذه الكثبان عادة بصورة بطيئة مع الاتجاه الذي تهب إليه الرياح، وتختلف الكثبان كثيرا في أحجامها من أمتار قليلة في الارتفاع وعدة أمتار في الامتداد إلى أن يزيد ارتفاع البعض منها أكثر من 200 مترا ويزيد ارتفاع قواعدها عن 900 مترا. ويتراوح ارتفاع معظم الكثبان الرملية في حدود30 مترا. وعلى الرغم من إمكانية وجود الكثبان الرملية بصورة منفردة إلا أن الشائع في وجودها أن يكون بشكل مجموعات تغطي مساحات واسعة تزيد عن الاف الكيلومترات المربعة في بعض الأحيان. ولا يقتصر وجود الكثبان الرملية على الجهات الصحراوية فقط إنما يمكن أن توجد في بعض المناطق الساحلية التي تنكشف فيها مناطق رملية عند انحسار الماء عنها خلال عملية الجزر. حيث يؤدي هبوب رياح قوية من المحيط باتجاه اليابسة إلى نقل بعض تلك المواد الرملية وترسيبها في المناطق القريبة من الساحل. ولا تكون تلك الكثبان بنفس الحجم الذي عليه الكثبان الصحراوية ولا بنفس المساحة التي تشغلها..

العوامل التي تؤثر على نوع وشكل الكثبان الرملية

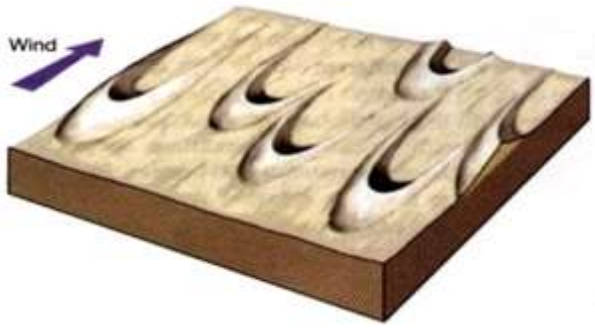
- اتجاه الرياح: ثابت أو متغير.
- سرعة الرياح.
- طبيعة الغطاء النباتي.
- طبيعة السطح.
- كمية (نسبة) الإمداد الرملي ونوعية الرواسب.

تصنيف (انواع) الكثبان الرملية

تقسم الكثبان الرملية إلى:

1. كثبان البرخان Barchan Dunes

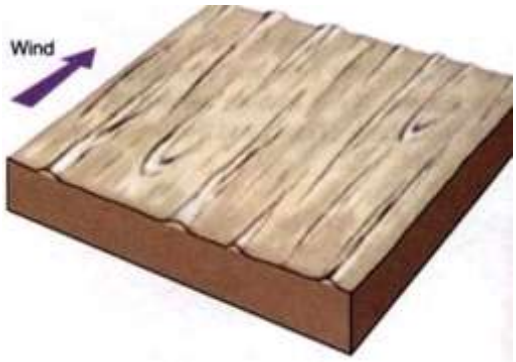
عبارة عن كثبان هلالية الشكل، بحيث تكون قمة الكثيب بعكس اتجاه الرياح السائدة. وهذه الكثبان توجد غير متصلة مع بعضها البعض لكن توجد في تجمعات.



العوامل المساعدة في تكون كثبان البرخان:-

1. رواسب قليلة محدودة الكمية.
2. السطح الخارجي للأرض مستوي نسبيا وصلب.
3. عدم وجود غطاء نباتي.
4. اتجاه واحد وثابت للرياح.
5. سرعة الرياح متوسطة.

2.الكثبان الطولية (السيفية)Longitudinal-Seif Dunes



عبارة عن تراكمات مستطيلة الشكل من الرمال تمتد في اتجاه موازٍ لاتجاه الرياح السائدة.

العوامل المساعدة في تكون الكثبان الطولية:-

1. ثبات اتجاه الرياح تقريبا.
2. رواسب قليلة محدودة الكمية.
3. سرعة الرياح عالية.

وتمتد هذه بشكل سلاسل من الرواسب الرملية بصورة موازية للاتجاه العام للرياح السائدة وتسير هذه الكثبان في بعض الأحيان وبصورة متصلة لمسافة تصل لعدة مئات من الكيلو مترات. وقد أظهرت الدراسات أن هذه الكثبان تنشا في المناطق التي توجد فيها تيارات هوائية متجاورة قوية حيث تتناقص سرعة التيارين كليهما على الجوانب

مما يؤدي إلى إلقاء الرواسب الرملية التي تحملها. وتعرف هذه الكثبان باسم الكثبان السيفية Sief ويصل ارتفاع بعض كثبان السيف في بحر الرمل في مصر إلى حوالي 100 متر ويصل بعضها في إيران إلى حوالي 210 مترا ويبلغ مقدار عرض كثبان السيف ستة أضعاف ارتفاعها عادة. ويكون ظهر بعض الكثبان الطويلة عريضا فتعرف آنذاك باسم كثبان (ظهر الحوت).

3 الكثبان الاعتراضية: Transverse

عبارة عن كثبان طولية الشكل ممتدة في اتجاه عمودي على اتجاه الرياح السائدة. يصل ارتفاعها إلى حوالي 200 متر وطولها المتوسط 1-3 كم وأحيانا بطول 100 كم. وتتكون عادة بمحاذاة الشواطئ ، وفي المناطق الجافة.

العوامل المساعدة في تكون الكثبان المستعرضة:-

1. ثبات اتجاه الرياح.
2. نسبة عالية من رواسب.
3. قلة أو عدم وجود الغطاء النباتي.
4. رياح عالية السرعة.

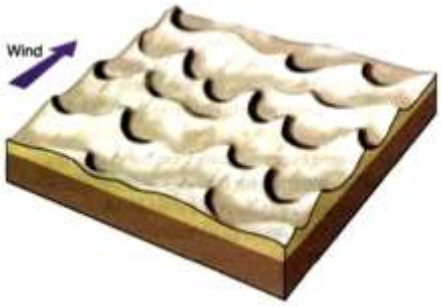
4. كثيب هلالي معكوس Parabolic Dunes

كثبان رملية هلالية الشكل، بحيث تكون قمة الكثيب باتجاه الرياح السائدة. وهذه الكثبان توجد غير متصلة مع بعضها البعض لكن توجد في تجمعات.

العوامل المساعدة في تكون الكثبان الهلالية المعكوسة:-

1. غطاء نباتي قليل-متوسط الكثافة.
2. رياح عالية السرعة قادمة من اتجاه البحر.
3. نسبة عالية من الرواسب الرملية

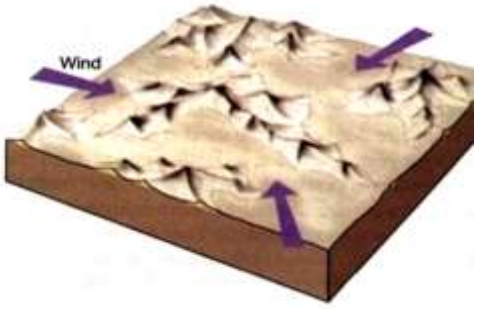
5. كثبان مستعرضة متعرجة Barchanoid Dunes



كثبان طولية الشكل بتعرجات هلالية ملتوية ممتدة عموديا على اتجاه الرياح السائدة. وهي تعتبر حالة وسط بين الكثبان الرملية المستعرضة وكثبان البرخان، فهي تشبه بحد كبير تراص كثبان البرخان وتجمعها على خط واحد.

6. الكثبان الشعاعية Star Dunes

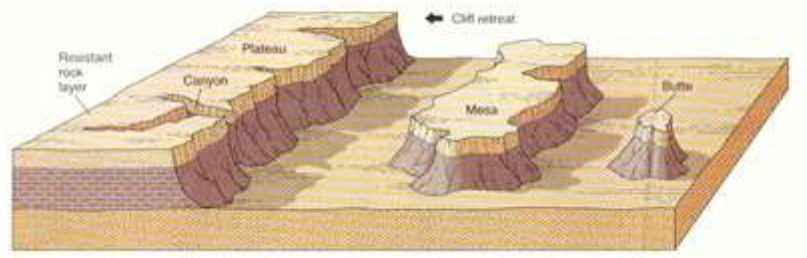
عبارة عن تلال متفرقة من الرمال وهي بشكل معقد متشعب. كل كثيب يحتوي على3-4 أضلع متشعبة من نقطة مركزية يصل ارتفاعها إلى حوالي 90 متر أحيانا. هذه الكثبان توجد في الصحراء الكبرى والصحاري العربية والأفريقية فقط.



العوامل المساعدة في تكون الكثبان الشعاعية:-

1. اتجاه الرياح متغير.
2. نسبة عالية من الرواسب الرملية.
3. غطاء نباتي معدوم تقريبا.

أهم الأشكال الجيومورفوجية الناتجة عند نحت الرياح هي:



الجبل : ارض مرتفعة لها قمة يزيد ارتفاعها عن1000 قدم.
وهى كتلة ضخمة من الأحجار والصخور توجد على قطعة ضخمة كبيرة هي سطح الأرض الذي يتكون من نفس المادة، وتتميز بقمم صخرية حادة وسفوح شديدة الانحدار وبها أيضا قمم مرتفعة العلو. الجبل بصورة عامة أكثر ارتفاعا من الهضبة . هناك اختلاف حول تحديد الارتفاع الكافي للجبل لاعتباره جبلا فالموسوعة البريطانيةتستعمل ارتفاع 610 متر عن سطح الأرض لإطلاق مصطلح الجبل على المرتفع. يعتبر جبل إفرست أعلى جبل في العالم ارتفاعه (88488م)، بينما يعد أعلى جبل في النظام الشمسي هو جبل أوليمبوس مونس على كوكب المريخ ارتفاعه (211711 م) وفى مصر اعلى جبل هو جبل سانت كاترين ويبلغ ارتفاعه 2.629 م فوق سطح البحر وفى الصحراء الشرقية جبل الشايب2.181م فوق سطح البحر

التل: اقل ارتفاعا من الجبل ارتفاعه اقل من1000 قدم.

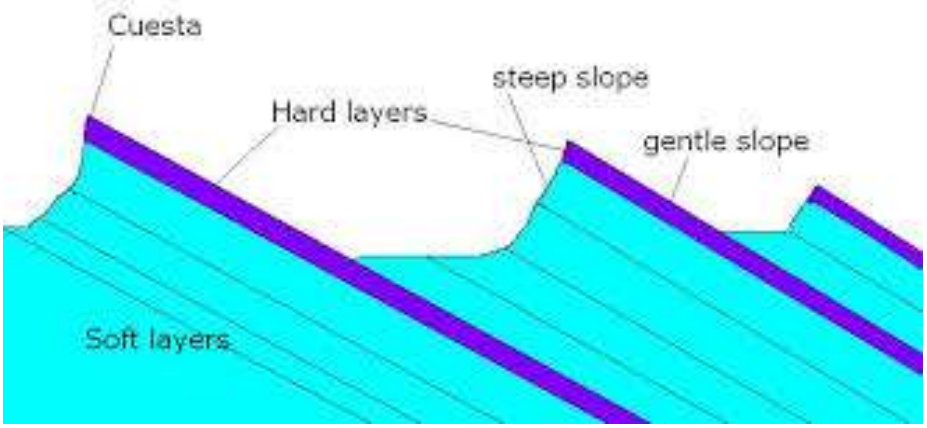
الهضاب ، هي كلّ أرض ذات مساحة واسعة ممتدّة ، إلى مئاة الكيلومترات المربّعة ، و تكون مسطّحة رغم ارتفاعها ، الذي يتميّز بالتجانس ، رغم اختلاف أجزائها ، قد تأخذ شكل منضدة واضحة الحدود ، حيث يكون انحدارها شديد الميل

، ليشكّل حاجزاً صلباً بسبب ارتفاعها عن مستوى الهضبة المعروف ، و تجمع الهضاب من حيث خصائصها بين الجبل و السهل.

الميسا : تتقطع الهضبة بفعل التعرية إلى هضيبات صغيرة المساحة وذات جوانب شديدة الانحدار، ويطلق على هذه الهضيبات مصطلح الموائد الصخريةMesa،

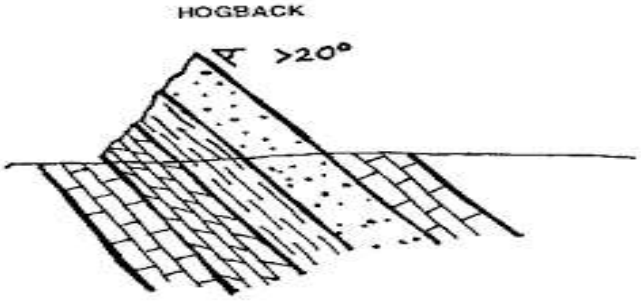
البيوت (الشواهد الصخريه): عندما يصبح ارتفاع المائدة الصخرية أكبر من امتدادها الأفقي، وتتميز بانحدارها الشديد جدا فإن الظاهرة الناتجة تعرف باسم الشواهد الصخرية Buttes

الكويستا Questa:بنويا تتكون الكويستا من طبقتين صخريتين مائلتين من1 الى 15 درجة في اتجاه وسط الحوض الرسوبي ويجب أن تكون الطبقة العليا أكثر صلابة من الطبقة السفلى



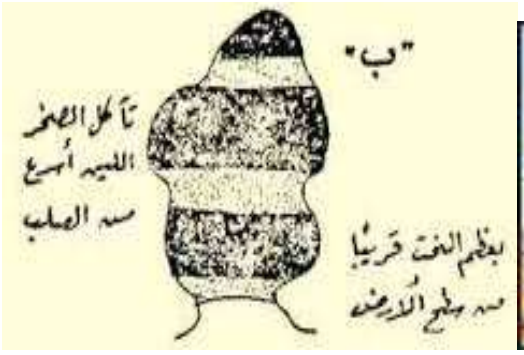
الهوجباك hogback :ظاهرة ظهر الحلوف أو سنم الجمل: Hogback

ترتبط هذه الظاهرة بالطبقات الصخرية الشديدة الميل (أكثر من20 درجة)



الزيوجين Zeugens

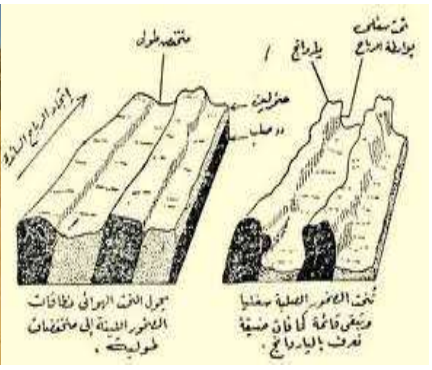
تنتج الزيوجين او ما يعرف بالشواهد الصحراوية حيث تتوغل الرياح في الفواصل والشقوق الصخرية اللينة وقد يصل ارتفاع الزيوجين الى اكثر من30 مترا .
ويوضح الشكل التالي اثر التجوية الميكانيكية في فتح ثغرات خلال الفواصل الصخرية Joints كبداية لتكون الزيوجين ، ويوضح تضافر عملية البري بفعل الرياح مع التجوية في توسيع القنوات الغائرة في الصخور اللينة وتكوين الحافات او الشواهد الصحراوية .التي تبين شكلا قريبا من الشواهد الصحراوية حيث ترتكز صخور جيرية صلبة فوق صخور اقل صلابة ويمكن ملاحظة ذلك من اختلاف اللون الى جانب وضوح اسطح الطبقة التي تمثل مناطق ضعف تتخيرها الرياح والتي تتميز عملياتها التحاتية (البري) بانها عمليات تفاوتية تختلف حسب اختلاف درجة صلابة الصخر .



الياردنج Yarding

تظهر في المناطق الجافة حيث توجد صخور صلبة تمتد في موازاة صخور لينة في وضع رأسي ، وعندما تتعرض لرياح سائدة من اتجاه ثابت نجد ان الصخور الصلبة تبدو شامخة كأشرطة صخرية - اذا صح التعبير- يطلق عليها الياردنج وتعرف أيضاً بالدهاليزالشواهد الصحراوية ,وهي عبارة عن حفر طولية ذات اتجاه موازي لاتجاه الرياح السائد ويفصلها عن بعضها ضلوع مرتفعة ذات جوانب

شديدة الانحدار ويصل ارتفاعها إلى نحو 7-10 أمتار ويتراوح عرضها بين 10,40 متراً.وترجع تلك الظاهرة إلى عملية البري التي تقوم بها رياح قوية ذات حمولة رملية عالية إلى عملية تشكيل وشطف, إذ تتميز جوانب الضلوع المرتفعة بتشكيلات مختلفة من الفجوات والبروزات والأعراف يتفق اتجاهها مع اتجاه الرياح



الأشكال الجيومورفولوجية فى البيئة النهرية

الحمولة النهرية: River Load

يظل النهر عاملا مؤثرا من الناحية الجيومورفـولوجية عندما تبقى له القابلية على تحريك الحمولة المختلفة. إذ ينقل النهر حمولته المختلفة بأساليب متعددة تبعا لنوعية تلك الحمولة والتي تقسم إلى:

1- الحمولة الذائبة Solution Load

تحمل الأنهار الكثير من المواد بشكل ايونات ذائبة وتكون تلك الايونات جزء من الماء نفس ه وتتحرك مع حركتة. وتعتبر الكاربونات والكبريتات والكلوريدات والاكاسيد من بين أهم تلك الايونات. ويأتي معظم تلك الأملاح من الماء الباطني الذي يترشح بشكل بطيء من خلال الصخور والتربة التي تعرضت لعمليات التجوية. ولا يأتي إلا القليل منها من خلال عمليات الإذابة التي تحصل على جوانب وقاع المجاري النهرية ما عدا تلك الأنهار التي تجري فوق الصخور الجيرية أو الجبس.

ينقل عدد من الأنهار حمولة ذائبة تزيد عن الالف جزء بالمليون، ويقترب المعدل العام لهذه المواد في حدود 200 جزء بالمليون. وتعتبر عملية الإذابة مهمة جدا ليس فقط في الأقاليم الجبلية بل وفي الأقاليم ذوات التضاريس المنخفضة والجريان السطحي البطيء كما في القسم الجنوبي الشرقي من الولايات المتحدة حيث يعتقد أن عملية الذوبان استطاعت أن تخفض من مستوى سطح الأرض بمعدل متر واحد كل 250.000 سنة. وتتجاوز حمولة النهر الذائبة في مثل هذه المناطق الأنواع الأخرى من الحمولة النهرية. وقد قدر موري Murray كمية المواد المذابة ب حوالي 762.587 طن في الميل المكعب الواحد من مياه الأنهار يتكون نصفها تقريبا من كاربونات الكالسيوم. وتنقل الأنهار إلى البحار كمية من الماء تقدر ب حوالي 6.500 ميل^3 فإذا كان تقدير موري صحيحا فان الأنهار تنقل ما مقداره 5 بلايين طن من المواد بطريقة الذوبان من اليابسة إلى البحر في كل عام.

2- الحمولة العالقة Suspended

تتألف الحمولة العالقة للأنهار من ذرات الطين الناعمة جدا والتي يمكن أن تكون حتى غروية Colloidalوتبقى هذه المواد عالقة في المياه حتى تتوقف حركة الجريان عند وصول النهر إلى جسم مائي راكد. ولا تعتمد كمية حمولة النهر من هذه المواد العالقة على مقدار سرعة فقط بل على عوامل أخرى مثل طبيعة الأمطار ومقدار حجم ذرات التربة السطحية وكذلك على مقدار الغطاء النباتي وخاصة المتكون من الحشائش. وتساعد حالة الاضطراب الناتجة عن حركة الماء في النهر على حمل كميات من مواد ذوات ذرات اكبر حجما ، فقد أظهرت التجارب التي أجريت على بعض الأنهار إن قليلا من الأنهار السريعة الجريان فقط يستطيع أن يرفع مواد رملية ذوات ذرات متوسطة الحجم على قيعانها. وتلعب التيارات الصاعدة دورا مهما في رفع المواد المنقولة وإبقائها عالقة في المياه. ويزداد تكرار حدوث التيارات الهابطة في مياه النهر كلما تحرك النهر باتجا ه المصب بحيث تفوق في عددها مقدار التيارت المائية الصاعدة ولكن مثل هذه التيارات لا تؤدي إلا إلى حدوث حالة الاضطراب التي تبقي المواد عالقة في مياه النهر.

3- الحمولة القاعية Bed load

إن بعض المواد خشنة الذرات والتي لا يستطيع النهر رفعها أو نقلها بطريقة التعلق يقوم برفعها ودحرجتها على طول القاع النهري لتكون الحمولة القاعية، وتتألف الحمولة القاعية من الصخور الصغيرة والحصى والرمال ويمكن أن تظم إليها حتى ذرات الغرين الخشنة تبعا لطبيعة جريان النهر والتضاريس. ولقد أظهرت المشاهدات لأحدى المجاري النهرية المخبرية التي جرت من خلال نافذة جانبية موجودة على جانب ذلك المجرى النهري أن قسما من الحمولة القاعية يتدحرج وينزلق قسمأخر منها ويطفو القسم الأخر منها بشكل يبدو معه وكأنه جزء من الحمولة العالقة. ويكون من الصعوبة بمكان قياس كمية الحمولة القاعية حيث لا يمكن تقرير الحدود بين المواد القاعية والحمولة العالقة التي تك ون غير واضحة. وبشكل عام تكون نسبة الحمولة القاعية إلى الحمولة العالقة كبيرة في الأنهار الصغيرة منها في الأنهار الكبيرة. ولقد أجريت تجارب عديدة لتقدير مدى قابلية النهر على تحريك حمولتالقاعية. غير أن أية نتيجة لهذه التجارب لم تكن مقنعة بصورةتامة.

ويمكن أن تعرف قابلية النهر على النقل من خلال مفهومين هما:

السعة Capacityوتعني مجموع الوزن الإجمالي لحمولة الرواسب ذوات الذرات المتباينة الإحجام. والكفاءة Competence وتعني وزن أو حجم اكبر الذرات التي يمكن للنهر أن يحركها على طول قاعة. إذ تستطيع كثير من الأنهار أن تحرك كتلا صخرية يزيد قطرها عن 3 م. فقد استطاع تيار الماء المتدفق أثناء تهدم سد St.Francis في جنوب كاليفورنيا في سنة1928 أن يدفع ببعض الكتل الكونكريتية التي يبلغ وزنها10000 طن لمسافة كيلومتر واحد باتجاه أسفل النهر. واستطاع نهر Lyn في انجلترا أن يحرك خلال فيضانه صخورا كبيرة تزن حوالي**15 طن**

عمل النهر وسرعة النهر:

تعتمد سرعة النهر بشكل رئيسي على درجة انحدار الوادي وكذلك على مقدار الاحتكاك في قاع وجوانب المجرى النهري وكذلك على كمية الماء وعلى مقدار

الحمولة التي ينقلها النهر نفس ه. تزداد سرعة الجريان في حالة ثبات بقية العوامل الأخرى مع زيادة درجة الانحدار في الوادي النهري وتقل تلك السرعة مع القلة في درجة انحدار الوديان النهرية. حيث تزداد قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة على الماء في الحالة الأولى. و يؤدي الاحتكاك الذي يحصل بين الماء المتحرك وبين قاع وجوانب الوادي النهري إلى تخفيض سرعة الجريان في النهر. ويزداد ذلك التأثير مع زيادة حالة عدم الانتظام والدوامات الذي يحصل في مواقع معينة من قطاع لنهر. وعلى الرغم من عدم تشابه القطاعات العرضية لمجاري الأنهار إلا أن القسم السطحي من ماء النهر الذي يقع فوق جزئه العميق يكون أكثر جهات النهر سرعة. وتتناقص سرعة الجريان بالابتعاد عن ذلك المكان باتجاة القاع والجوانب.

تطور الأنهار

للأنهار حياة وأعمار كما هو الحال في البشر فالنهر يمر بفترة شباب ونضج وأخيرا يمر بمرحلة الشيخوخة ، وتختص كل فترة من فترات عمر النهر بجزء منه يمثل تلك الفترة ، ففترة الشباب يمثلها المجرى الأعلى وفترة النضج يمثلها المجرى الأوسط وفترة الشيخوخة يمثلها المجرى الأدنى . وفيما يلى **عرض لتطوير مراحل النهر** :

1- مرحلة الشباب : Youth Stage

ويهتم النهر في مرحلة الشباب بالحفر الرأسى لتعميق مجراه وشق طريق على سطح الأرض عن طريق النحت في قاع المجرى ليصل إلى مستوى سطح البحر أو مستوى القاعدة المحلى إذا كان يصب في بحيرة داخلية أو في نهر آخر . ويتميز مجرى النهر هنا بأنه على شكل رقم 7 أي له جوانب شديدة الانحدار والناتجة من سرعة جريان التيار في هذه المرحلة مما يسبب ضيق المجرى .

2- مرحلة النضج : Maturity Sage

ويمثل الوادى المجرى الأوسط في هذه المرحلة التي تتميز باتساع الوادى الناتج من زيادة النحت الجانبى بالإضافة إلى تناقص سرعة التيار لقلة الانحدار . وإذا كان مجرى النهر في مرحلة الشباب يمثل رقم 7 فإن المجرى يزداد إنفراجا كما أن النحت

الجانبى قد كون واديا عريضا تغطية الرواسب تمهيدا لتكوين ما يعرف بالسهل الفيضى الذي يتكون في المراحل الأخيرة من حياة النهر

3- مرحلة الشيخوخة : Old Stage

وفى أثناء انحدار الماء في مجرى النهر يحل وينقل كثيرا من المواد منها الذائب ومنها العانق . ويختلف حجم هذه المواد العالقة من الذرات الدقيقة جدا كما في الصلصال والطفل والطين إلى الحبيبات الكبيرة من الرمال والحصى .

وأخير يضعف النهر وببطء انحدار مجراه وتقل مقدرته على حمل الرواسب فيبدأ في التخلص منها في قاعة أو على جوانبه أو عند مصبه في البحر

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:

1- 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 التفر ع في مناطق الصخور النارية الصلبة المقاومة. وتزيد درجة التفرع أيضا مع زيادة كمية التساقط وتقل بقلته:

2- 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.

3- 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.

1 - نمط التصريف المدور(الدائري) Annular

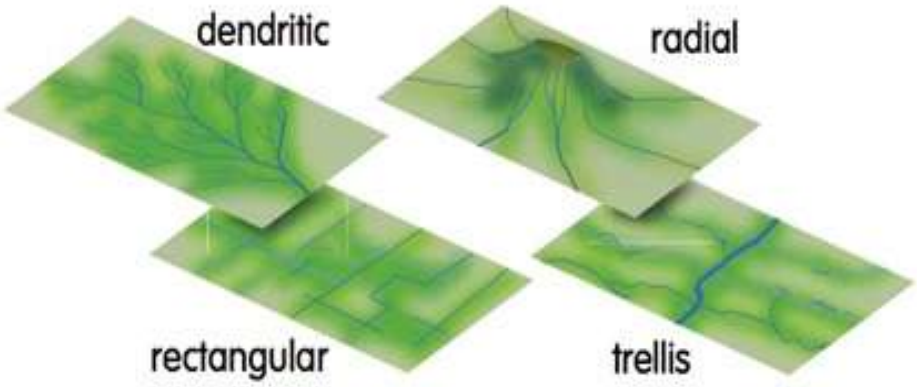
يرتبط وجود هذا النمط فوق الجهات التي تكون بنيانها قبابية وفي مرحلة النضج من الدورة الجيمورفية حيث تتعاقب الطبقات الصخرية المختلفة في درجة الصلابة وتحيط كلها بالمركز الذي يتكون من صخور نارية متبلورة. تثبت الأنهار الرئيسية وديانها فوق مناطق الصخور اللينة الدائرية الامتداد وتلتقي بها روافد تنبع من الحافات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

و توجد 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.



الأشكال الجيومورفولوجية مرحلة الشباب

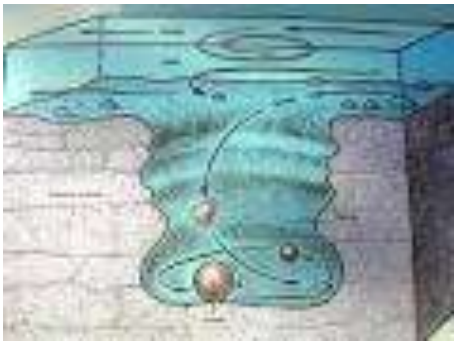
الخوانق Canyons

وتنشأ الخوانق عادة في الصخور الصلبة ، حتى تبقى جوانبها قائمة شديدة الانحدار دون أن تنهار ، وقد تنشأ أحيانا عندما تقل الأمطار ، فيقل فعل عوامل التجوية في جوانبها ومن ثم تتراجع ببطء ، ومن أشهر الخوانق، الخانق العظيم Grand Canyonsبولاية كلورادو بالولايات المتحدة ويبلغ طول خانق الكلورادو العظيم زهاء 500 كم وعمقه ما يقرب من 2 كم وهو يشق طريقة خلال طبقات صخرية أفقية ووصل نحته الرأسى إلى الصخور النارية السفلى التي تنتمى إلى حقب ما قبل الكمبرى .

وهو جزء من مجرى نهر شديد الانحدار في جوانبه حيث يتغلب النحت الرأسى على النحت الجانبى ، ومعظم المجارى العليا هي بمثابة خوانق ، وخصوصا عندما تجرى على امتداد نطاق ضعف أصابه التكسر ، ومثل هذه الخوانق نجدها بكثرة في المناطق الجبلية ومنها مرتفعات الألب .

الحفر الوعائية Porholes

وهي عبارة عن منخفضات مستديرة الشكل توجد في قاع النهر . وتنشأ من تحرك الكتل الصخرية على القاع حركة دائرية متأثرة بقوة الدوامات المائية التي يكونها تيار النهر . وتؤدى هذه الحركة الدائرية إلى تآكل قاع النهر وإلى تكوين فجوات فيه .



الجنادل Cataracts

وتنشأ اختلاف في طبيعة الصخور التي يتركب منها قاع المجرى النهرى . فالصخور الصلبة تقاوم عملية النحت بجميع صوره بنما تتآكل الصخور اللينة ، ومن ثم تبقى الصخور الصلبة بارزة تعترض سيير المياه مثال ذلك الجنادل التي تعترض مجرى النيل الخرطوم وأسوان . فقد نحت نهر النيل مجراه رأسيا في الحجر الرملى النوبى إلى أن وصل في بعض المواقع إلى الصخور الصلدة من جراء عملية النحت النهرى ، فظهرت بارزة من القاع مكونه ما يشبه الجزر الصخرية الصغيرة تقسم مجرى النيل عندها إلى أكثر من مجرى.

المساقط المائية Water-Falls

المساقط المائية أو الشلالات Water-Fallsوتنشأ نتيجة لأسباب عديدة أهمها :

أ ـ انحدار مجرى النهر من جهة مرتفعة إلى أخرى منخفضة ، كأن ينحدر من فوق هضبة تشرف على السهول من حولها بحافلت حادة .

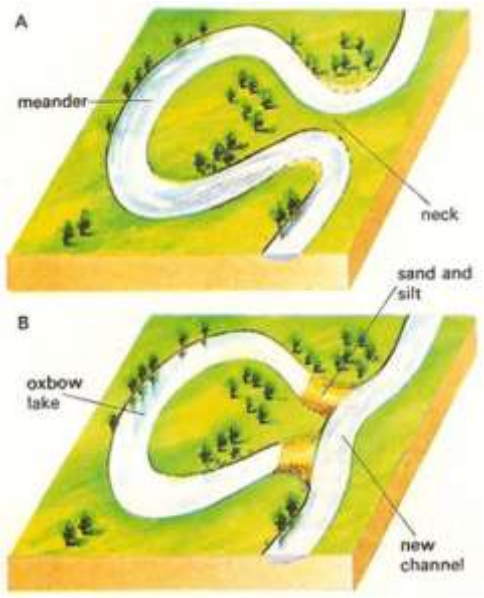
ب ـ اعتراض طبقة صخرية صلبة مقاومة للتعرية لمجرى النهر ، تقع أسفلها أو حولها طبقات رخوة أقل مقاومة للتعرية . فيتكون الشلال ، لأن مياه النهر تنحت في الطبقات اللينة أكثر مما تنحت في الطبقات الصلبة ، مما ينشأ عن ذلك اختلاف في

منسوب المجرى ، فتسقط المياه من مستوى مرتفع وهوابقة الصلبة ، إلى مستوى منخفض وهو مستوى الطبقة اللينة التي تعرض للتآكل كما تعمل المياه الساقطة بقاعدة الشلال على نحت الصخور اللينة السفلى ، بينما تبقى الطبقة الصخرية الصلبة بارزة ومعلقة فوقها ثم لا تلبث أن تسقط نتيجة لثقلها وضغط المياه عليها وتتكرر عملية النحت السفلى وسقوط أجزاء من الطبقة الصلبة باستمرار ، ولهذا نجد أن الشلالات تتراجع دائما نحو المنبع .

الأشكال الجيومورفولوجية مرحلة النضج

المنعطفات Maenders

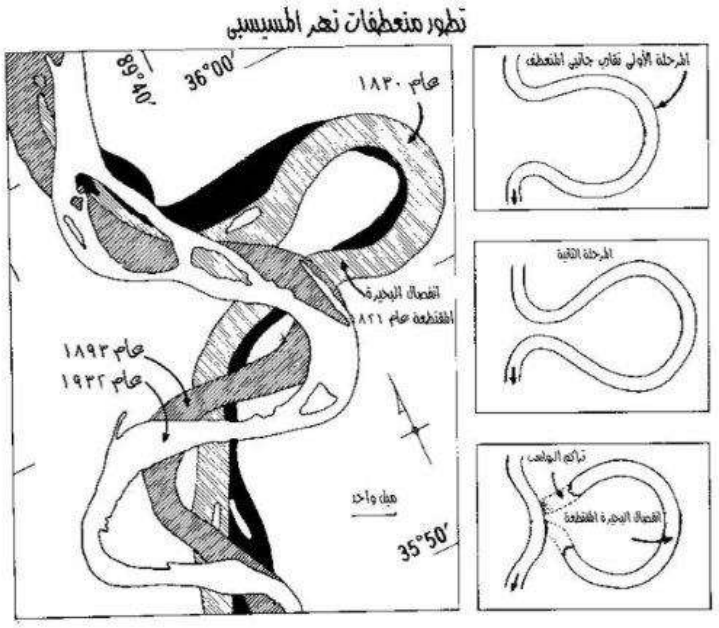
فعندما يصل النهر أقصى مداه نحت قاع مجرى النهر بحيث لا يقوى بعد ذلك على النحت فيتحول نشاطه إلى النحت الجانبى . فحيثما ينحرف مجرى النهر استقامته لأى سبب من الأسباب ، سرعان ما يرتطم تيار النهر بالجانب المقعر من المنحنى ويقتحمه بقوة ، بحيث يتآكل ساحل النهر حول جانبه المحدب من المنحنى حيث يترسب الفتات الصخرى والرواسب العالقة من جراء عملية النحت وهكذا باستمرار هذه العملية مع الزمن ، يترحزح بالتدريج مجرى النهر عن موضعه الأصلي ، ويزداد مقدار إنحناء النهر .وبتكرار هذه العملية في أماكن مختلفة من النهر ، يرى النهر وقد التوى مساره في نسق من الثنيات والالتوءات تسمى المنعطفات أو التعرجات النهرية المعروفة بـ " الميأندرز" . Meandersوفى كثير من الحالات تبلغ شدة المنعطفات مبلغا كبيرا ، وتتعقد الانثناءات ، بحيث أن المسافة بين أي نقطتين من مجرى النهر قد تكون قصير جدا إذا قيست بخط مستقيم ، بينما تطول كثيرا هذه المسافة إذا ما قيست بخط منحن



يتبع مجرى النهر في إنحنائه وعلى ذلك فإن الانعطاف المتعدد الواضح في مجرى النهر يعتبر شاهدا على تقدم عمر النهر .

البحيرات القوسية OX-Bows

عندما يشتد إنحناء النهر قد يحدث أحيانا أن يندفع التيار فيخترق البرزخ الضيق بين الطرفين المتقابلين من مجرد النهر الأصلي، فيمتد المجرى مستقيما تاركا الجزءالمنحنى من مجراه . هذا الجزء المهجور من مجرى النهر يصبح بحيرة مقوسة.

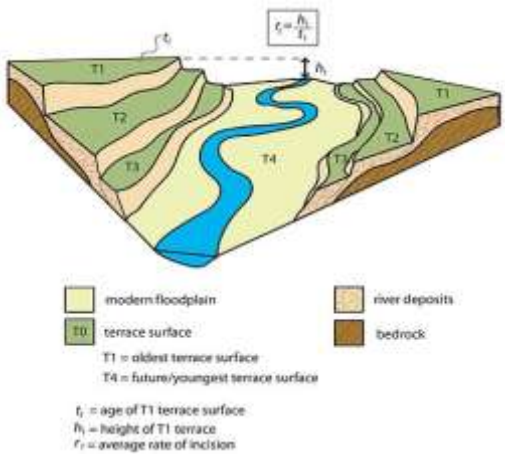


السهول الفيضية Flood Plains

عنما يتم توسيع الوادى في المجرى الأوسط في مرحلة النضج من تأثير النحت الجانبى للمجرى وعندما تقل سرعة التيار في مرحلة الشيخوخة فإن النهر يتخلص من حمولته من الفتات الصخرى والمواد العالقة بترسيبها على الجوانب المحدبة للثنيات والمنحنيات النهرية الأمر الذي يكون معه ضفاف ترسبيهة وباستمرار تحرك المنحنيات تتغطى جميعها بغطاء من الرواسب الطينية مكونة السهل الفيضية .

المدرجات (الشرفات النهرية)

عندما يترك النهر على جوانبه البعيدة مخلفاته من الرواسب الطينية وبسبب تغيير مستواه وقلة مياهه مثلا أو تعمق مجراه ووصوله إلى مستوى القاعدة العامة يأخذ النهر مجرى أعمق من الأول ولا تصل مياهه إلى الجوانب البعيدة التي كان يصلها في الماضى تاركا بذلك مدرجا قديما ليبنى مدرجا جديدا وهكذا .... ولهذه المدرجات فوائد عديدة لرجال التاريخ والآثار والجيولوجيا والمناخ لما تكشف عنه من صور الماضى



الأشكال الجيومورفولوجية مرحلة الشيخوخه

الدالات Deltas

بطبيعة الحال عندما يستوى النهر في مجراه وتتناقص سرعة جريانه شيئا فشيئا فإنه يصب حمولته في نهاية المطاف في البحار والمحيطات إذ تتجمع رواسب النهر على هيئة سهل منخفض.

هي تكوين أرضي مثلثي الشكل عند مصب النهر يأخذ شكل جرف دلتا (Δ) في اللغة الإغريقية ونتيجة لحدوث عمليات الترسيب عند مصب النهر فإنه يتفرع إلى قنوات عديدة وهذه تنفرع بدورها قنوات أصغر تعرف بالقنوات الثانوية أو الفروع بحيث تاخذ فروع الدلتا شكلا شعاعيا وأحيانا تأخذ شكل الأقواس

لتكوين الدلتا شروط منها :

- أن يكون البحر الذي يصب فيه النهر قليل العمق
- أن يكون البحر ساكنا هادئا بدون تيارات بحرية
- أن تكون كمية الرواسب التي يرسبها النهر كبيرة
- تكون الدلتا على شكل مثلث رأسه باتجاه عكس اتجاه مجرى النهر وقاعدته باتجاه

البحر

والدالات النهرية على أنواع منها :

- الدالة ذات الشكل المروحي مثل دلتا نهر النيل
- الدالة التي تشبه قدم الطائر مثل نهر المسيسبي
- الدالة الحدباء مثل دلتا

نهر النيل

نهر المسيسبي

نهر التيبر

جيومورفولوجية المناطق الجيرية الرطبة "مناطق الكارست

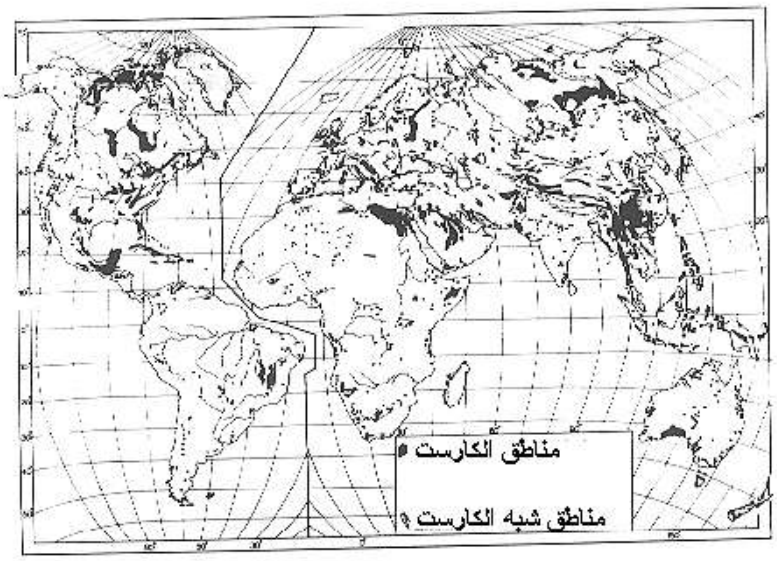
أولا: مفهوم مناطق الكارست

تتأثر الصخور الكربونية بفعل الإذابة سواء بالمياه الجوفية أو مياه الأمطار ، وأشهر المناطق الجيرية فى العالم إقليم كارست Karst فى يوغسلافيا السابقة ، وشاع تعبير الكارست وأطلق على جميع المناطق المتأثرة بفعل الإذابة النشطة فى العالم .

تسود الأشكال الكارستية فى أكثر من 15 % من سطح الأرض (انظر الخريطه) ، لعل أشهرها إقليم الكارست Karst غرب يوغوسلافيا السابقة.

أشكال الكارست المتبقية

كما تنتشر بعض الظاهرات الكارستية المتبقية عن ظروف المناخ الرطب الذى حدث خلال الفترات المطيرة بعصر البلايستوسين ، وتتبعثر هذه الأشكال فى النطاقات الصحراوية الحالية مثل سهل الاحساء ومنطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية ، وأجزاء من الصحراء الغربية المصرية وأهمها هضبة مارمريكا الميوسينية ، وبتكوينات الحجر الجيرى الايوسينى فيما بين منخفض الداخلة ووادى النيل .



ثانيا :العوامل المؤثرة فى تكوين أشكال الكارست الجيرية

يتوقف تكوين أشكال الكارست على مجموعة من العوامل نوجزها فيما يلى :

- نوع الصخر ونظامه .
- البنية الجيولوجية .
- درجة انحدار سطح الأرض.
- الظروف المناخية.
- خصائص الماء الجوفى.

ثالثاً : أهم الأشكال الجيومورفولوجية فى مناطق الكارست :

1- الحفر الغائرة وبالوعات الإذابة *Sink Holes & Dolines*

2- الأسطح الجيرية المضرسة (التشرشر الجيرى)*Bogaz,Karren or Lapies*

3- أودية الكارست *Karst Vallies*

4- كهوف الكارست *Karst Caves*

1- الحفر الغائرة وبالوعات الإذابة *Sink Holes & Dolines*

تعتبر الحفر الغائرة أو بالوعات الإذابة من أكثر الظاهرات الكارستية انتشاراً فى العالم ، وهى تنشأ نتيجة تسرب المياه من خلال الفواصل وإذابتها لمكونات الصخر ، ويتوقف شكل الحفرة الغائرة على المميزات التركيبية للصخر ومدى وفرة المياه .

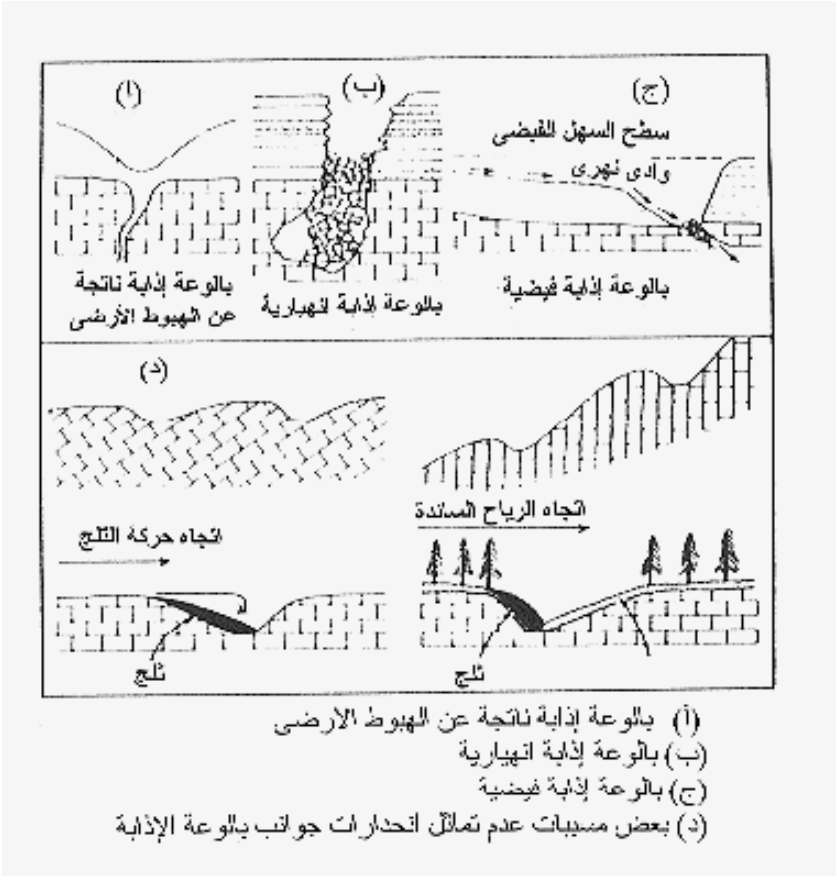
ويمكن تمييز بالوعات الإذابة للأنماط الآتية وفقاً لأسلوب تشكيلها :

(أ)بالوعات الإذابة Solution Dolines- Solution Sink Holes

(ب)بالوعات الإذابة الانهيارية Collapse Dolines or Collapse Sink Holes

(ج) بالوعات الإذابة الفيضية Alluvial Dolines

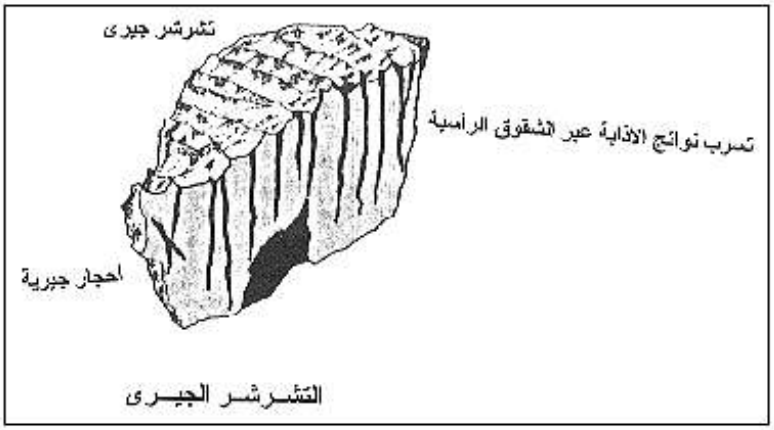
(د) الحفر الطولية Polje



(أ) بالوعة إذابة ناتجة عن الهبوط الارضى
(ب) بالوعة إذابة انهيارية
(ج) بالوعة إذابة فيضية
(د) بعض مسببات عدم تماثل انحدارات جوانب بالوعة الإذابة

2- الأسطح الجيرية المضرسة (التشرشر الجيرى)

تظهر الأسطح الجيرية مقطعة ومرصعة بالثقوب والخطوط والحزوز الغائرة ، نتيجة عدم انتظام فعل الإذابة على سطح الأرض ، وتعرف هذه الظاهرة باسماء محلية مختلفة منها : البوجاز Bogaz فى سيبيريا ويوغسلافيا ، والليبيه Lapies فى فرنسا ، والكارن Karren فى المانيا

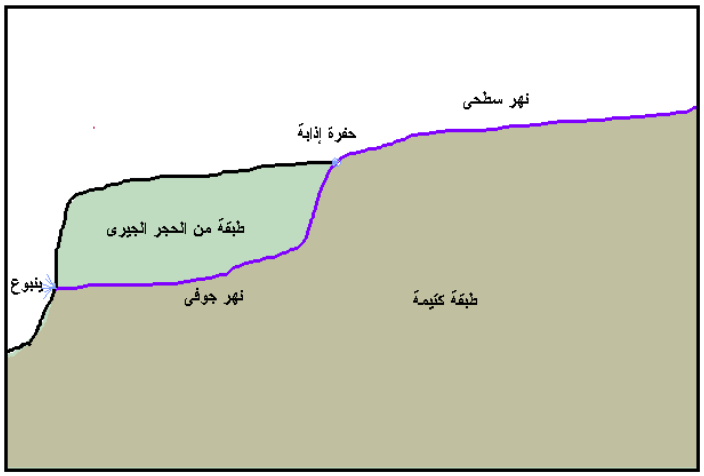


3- أودية الكارست Karst Vallies

يعتبر وجود الأودية من أهم مميزات الأقاليم الجيرية الرطبة ، وتتكون هذه الأودية نتيجة تدفق وجريان المياه السطحية مكونة العديد من الأشكال الجيومورفولوجية أهمها ما يلى :

(أ) المجارى أو الأنهار المفقودة Lost Rivers

ينشأ هذا النمط من الأنهار حينما تغور مياه النهر داخل إحدى بالوعات الإذابة ، إلا أنه قد يظهر مرة أخرى على السطح حينما يتفق منسوب المجرى الجوفى مع مستوى سطح الأرض.



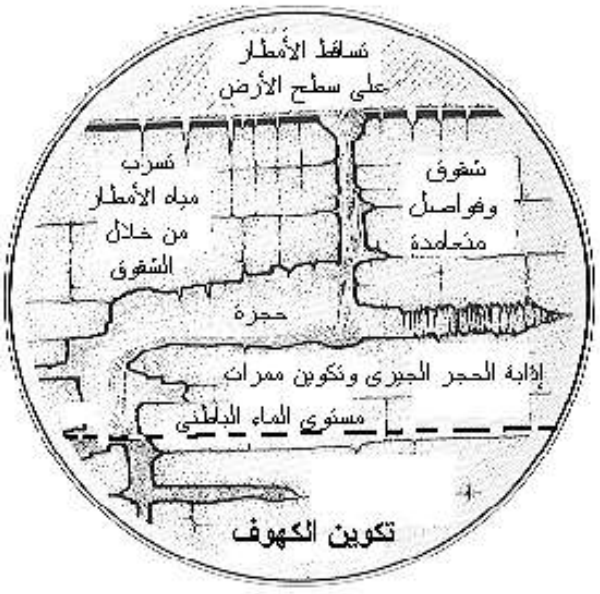
الينابيع المتكونة عن الأنهار الجوفية

(ب) الأودية العمياء Blind Valleys

يقصد بها المجارى السطحية التى تجف مياهها نتيجة تسربها فى باطن الأرض وتحولها بذلك إلى مجار جوفية ، وقد تظهر هذه المجارى من جديد مع زيادة كميات المطر بدرجة تفوق معدلات تسرب المياه فى باطن الأرض.

تعد الكهوف من الأشكال الأرضية الفريدة التى تميز مناطق الكارست ، وهى عبارة عن ممرات أو أنفاق ودهاليز طبيعية تمتد تحت سطح الأرض لمسافات كبيرة جداً تصل لأكثر من 563 كيلومتر فى أطولها وهو كهف ماموث Mammoth بولاية كنتاكى الأمريكية ، وهى ذات امتداد أفقى ورأسى يتفق إلى حد كبير مع نظم الفواصل الصخرية ، وقد تمتد هذه الكهوف لأعماق كبيرة تصل لحوالى 1500 متر فى أعمق الكهوف فى العالم وهو كهف Huautle فى المكسيك .

قد تتألف الكهوف من حجرة واحدة أوعدد محدود من الحجرات ، تتكون هذه الحجرات عادة عند مواضع إلتقاء نظم الفواصل الرأسية والأفقية ، وقد تتعدد طوابق الكهف نتيجة توالى انخفاض مستوى الماء الجوفى ، وكثيراً ما تجرى الأنهار الجوفية على قيعانها مكونة العديد من الأشكال الجيومورفولوجية الفريدة مثل الشلالات الجوفية ، والمنعطفات النهرية الجوفية ، والأشكال المرتبطة بقاع هذه الأنهار التى تستهوى مرتادى هذه الكهوف لممارسة رياضة الغوص فى مياهها .



وتتمثل بالكهوف الكارستية العديد من الظاهرات الجيومورفولوجية مثل :

- الأعمدة الجيرية الهابطة Stalactite
- الأعمدة الجيرية الصاعدة Stalagmite
- الأعمدة الجيرية المتصلة من سقف الكهف حتى أرضيته
- الستائر المتدلية من سقف الكهف
- الأعمدة الإبرية الشكل
- الأسطح الملساء.

أهم الأشكال الجيومورفولوجية فىالصخور النارية

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

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

1- صخور سطحية, (صخور بركانية). –

2 صخور باطنية وتشمل:

أ – صخور جوفية.

ب- صخور تحت سطحية

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

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

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

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

<u>ألأشكال الجيومورفولوجية للصخور سطحية, (صخور بركانية). –</u>

تعتبر البراكين من ألأشكال الجيومورفولوجية للصخور سطحية, (صخور بركانية) الفريدة التي استرعت انتباه الإنسان منذ القدم وهي تلعب دورا عظيما في العمليات الجيولوجية التي تؤثر على تاريخ تطور القشرة الأرضية وتشكلها . وذلك لأن أغلب أجزاء القشرة الأرضية تأثرت بالعمليات الاندفاعية وخضعت في تشكيلها إلى مساهمة العمليات الاندفاعية . وتفيد دراسة البراكين في التعرف على مراكز الهزات الأرضية ودراسة البراكين فرع من فروع الجيولوجيا والذي أصبح قائما بذاته يعرف باسم علم البراكين Volcanology . والبراكين يصاحبها تكون معادن وخامات هامة جدا من الناحية الاقتصادية .

تعريف البركان :

البركان هو ذلك المكان الذي تخرج أو تنبعث منه المواد الصهيرية الحارة مع الأبخرة والغازات المصاحبة لها على عمق من والقشرة 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 :

إذا نظرت إلى الشكل ستجد أنه يتكون من:

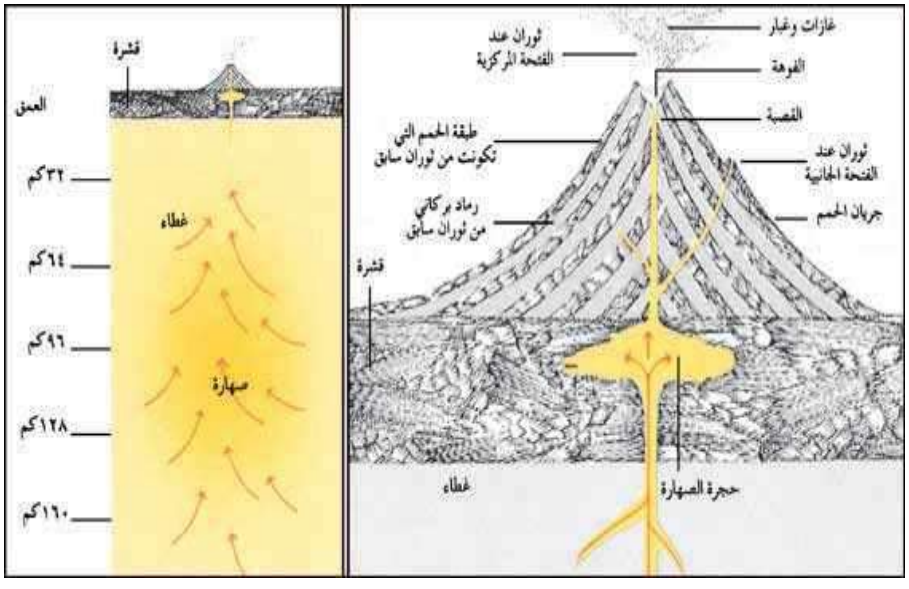
1-جبل مخروطي الشكل:

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 كما ترى في الشكل:

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:

يخرج من البراكين حين ثوراتها حطام صخري صلب ومواد سائلة .

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 بخار 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، وعدا الأبخرة المائية الشديدة الحرارة ، ينفث البركان غازات متعددة أهمها الهيدروجين والكلورين والكبريت والنتروجين والكربون والأوكسجين.

3- اللافا:

هي كتل سائلة تلفظها البراكين ، وتبلغ درجة حرارتها بين 1000 م و 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:

وهذه تتميز بعظم لزوجتها ، ومن ثم فإنها بطيئة التدفق ومثلها اللافا التي انبثقت من بركان بيلي (في جزر المرتنيك في البحر الكاريبي) عام1902 فقد كانت كثيفة لزجة لدرجة أنها لم تقو على التحرك ، وأخذت تتراكم وترتفع مكونة لبرج فوق الفوهة بلغ

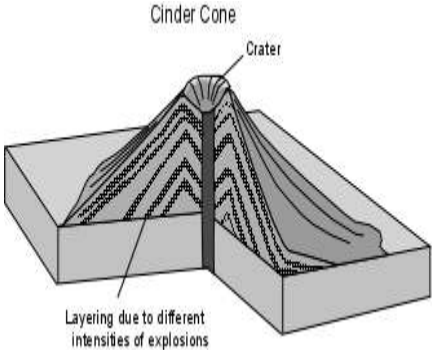
ارتفاعه نحو 300 م ، ثم ما لبث بعد ذلك أن تكسر وتحطم نتيجة للانفجارات التي أحدثها خروج الغازات .

ب- لافا ثقيلة داكنة اللون:

وهي لافا بازلتية ، وتتميز بأنها سائلة ومتحركة لدرجة كبيرة، وتنساب في شكل مجاري على منحدرات البركان، وحين تنبثق هذه اللافا من خلال كسور عظيمة الامتداد فإنها تنتشر فوق مساحات هائلة مكونة لهضاب فسيحة ، ومثلها هضبة الحبشة وهضبة الدكن بالهند وهضبة كولومبيا بأمريكا الشمالية.

أشكال البراكين:

1-براكين الحطام الصخري(المخروطية):



يختلف شكل المخروط البركاني باختلاف المواد التي يتركب منها . فإذا كان المخروط يتركب كلية من الحطام الصخري ، فإننا نجده مرتفعا شديد الانحدار بالنسبة للمساحة التي تشغلها قاعدته . وهنا نجد درجة الانحدار تبلغ30 درجة وقد تصل أحيانا إلى 40 درجة مئوية وتنشأ هذه الأشكال عادة نتيجة لانفجارات بركانية . وتتمثل في جزر إندونيسيا.

2- البراكين الهضبية(الدرعية):

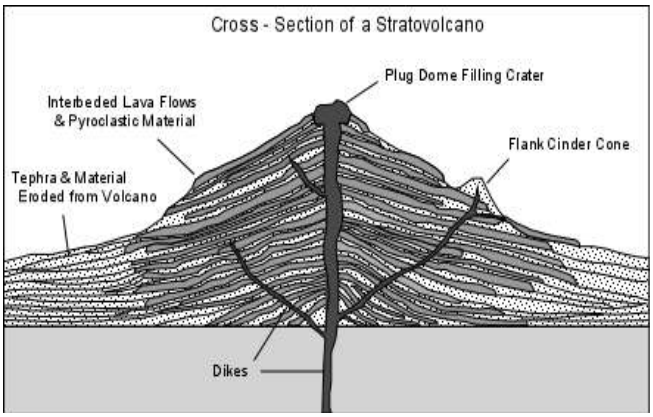
وتنشأ نتيجة لخروج اللافا وتراكمها حول فوهة رئيسية ولهذا تبدو قليلة الارتفاع بالنسبة للمساحة الكبيرة التي تشغلها قواعدها . وتبدو قممها أشبه بهضاب محدبة تحدبا هينا ومن هنا جاءت تسميتها بالبراكين الهضبية وقد نشأت هذه المخاريط من تدفق مصهورات اللافا الشديدة الحرارة والعظيمة السيولة والتي انتشرت فوق مساحات واسعة وتتمثل هذه البراكين الهضبية أحسن تمثيل في براكين جزر هاواي كبركان مونالوا الذي يبلغ طوله 4100 م وهو يبدو أشبه بقبة فسيحة تنحدر انحداراً سهلاً هينا. يكمن سبب تكون هذا النوع من البراكين في اللابة أو كما يسميها الأوروبيون اللافا الشديدة الميوعة مصحوبة بقدر بسيط من الغازات . ويكون تكوينها عادة من البازلت

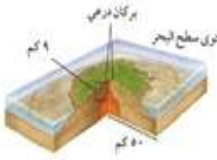
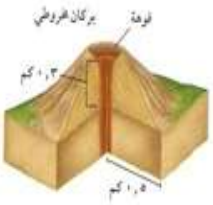
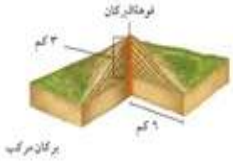
وتحتوي أقل من 52 % من ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2). وتسيل اللابة عند درجة حرارة بين 1000 درجة مئوية و 1250 درجة مئوية ، عالية بمقارتها بدرجة حرارة الصهارة في البراكين القارية 850 درجة مئوية. وتعتبر الطبقة السطحية للأرض هي مصدر الصهارة magma . ويكون سطح البركان طفيف الارتفاع بسبب سرعة سيلان اللابة والتي تقدر بنحو 60 كيلومتر في الساعة ويكون ميله نحو 5 درجات فقط ، أي أن يكون مخروطيا الشكل ذو قاعدة واسعة .

3- البراكين الطباقية(المركبة):

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 الفليبين نشاطا في الوقت الحاضر.



	البراكين الدرعية	البراكين المخروطية	البراكين المركبة
الحجم النسبي	كبير	صغير	متوسط
طبيعة ثورانه	منخفض	مرتفع	متوسط إلى مرتفع
مخرجاته	لابا وغازات	حمم وغازات	لابا وحمم وغازات
تركيب اللابا	السيليكا منخفضة	السيليكا مرتفعة	السيليكا متغيرة
لزوجة اللابا	منخفضة	مرتفعة	متغيرة
أمثلة	بركان حرة كتيان شمال المملكة	بركان حرة البراك	بركان جبل القدر شرقي المدينة المنورة
الصور التقريبية له			

الأشكال الجيومورفولوجية للصخور النارية المتداخلة(الجوفية)

تسمى الاجسام الصخرية المتداخلة بلوتونات.

- البلوتونات الكبيرة تكون حبيباتها متوسطة إلى خشنة.
- تقسم البلوتونات إلى مجموعتين:

بلوتونات غير متوافقة Discordant Plutones

بلوتونات متوافقة Concordant Plutones

- البلوتونات غير المتوافقة تقطع التراكيب البنائية للصخور القديمة وتكون في الغالب كتليه massive وحدودها الفاصلة مع الصخور غير منتظمة الشكل ومعروجه.

• البلوتونات المتوافقة تكون حدودها الفاصلة مع الصخور المحيطة موازية لطبقات وأسطح الصخور المحيطة. في الغالب تكون هذه الأجسام صفائحية الشكل ذات جوانب مسطحة ومتوازية.

الباثوليث Batholith

• الباثوليث هو أكبر أنواع الأجسام الصخرية غير المتوافقة. و يتكون من صخور جرانيتية.

• تغطي صخور الباثوليثات مساحات شاسعة تقدر بعدة آلاف من الكيلومترات المربعة (باثوليث أيداهو في الولايات المتحده الأمريكية يغطي حوالي 4000 كم2).

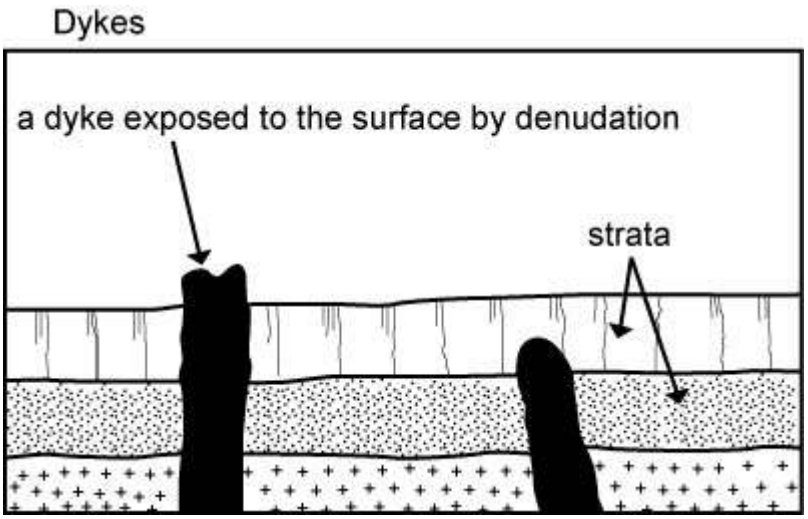
• تتكون الباثوليثات في اعماق سحيقة داخل القشرة الأرضية ولا تظهر على سطح الأرض إلا بعد مرور ملايين السنين بعد أن تزيح عوامل التعريه طبقات الصخور القشرية التي تعلو هذه الباثوليثات .

الستكوات Stocks

• الستكوات أجسام بلوتونية صغيرة غير متوافقة تحتل مساحات اقل من 100كم2.

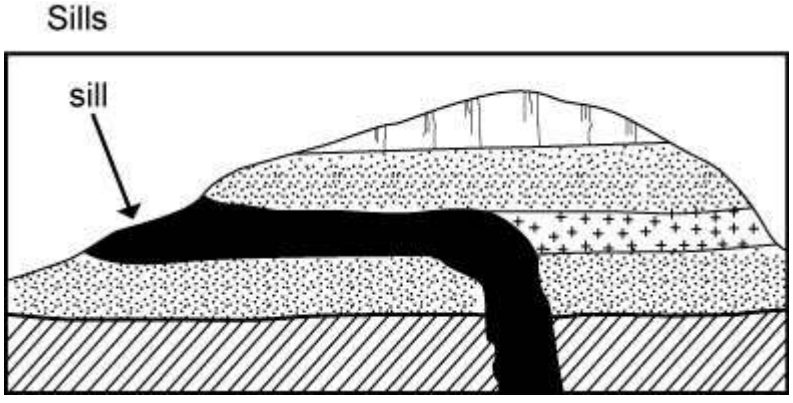
القواطع dykes

• هى أحد انواع البلوتونات الغير المتوافقة حيث توجد على هيئة أجسام صفائحيةتقطع طبقات الصخور المحيطة وتحدث عند تدفق الصهير وتصلده داخل الشقوق . وعندما تتعرض الصخور المحيطة للتعرية يصبح بارزا كالعرف ridge



جدة موازيةٍ Sill

• هو أحد انواع البلوتونات المتوافقة حيث توجد على هيئة أجسام صفائحية موازية لطبقات الصخور المحيطة.

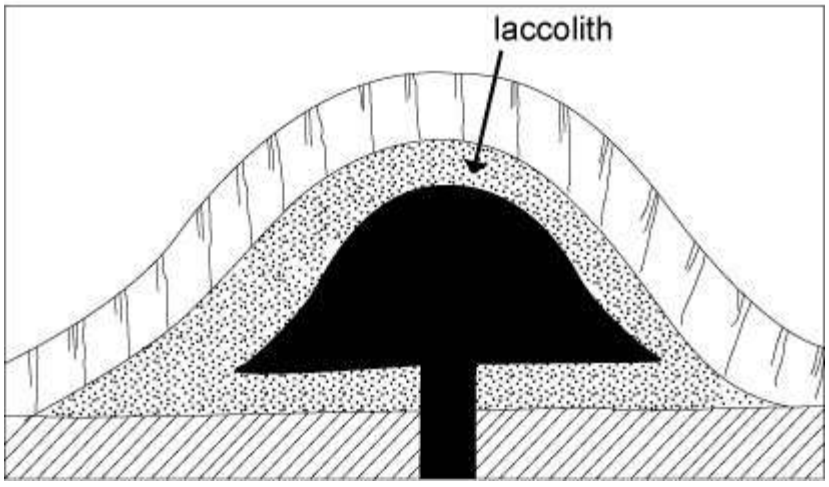


لكوليث Lacolith

• هو أحد أنواع البلوتونات المتوافقة ويتكون عندما تضغط الصهارة على طبقات الصخور التي تعتليها فتكون الشكل القبابي dome.

• الصخور المحيطة في هذه البيئة يجب ان تكون مرنة وقابلة للطي.

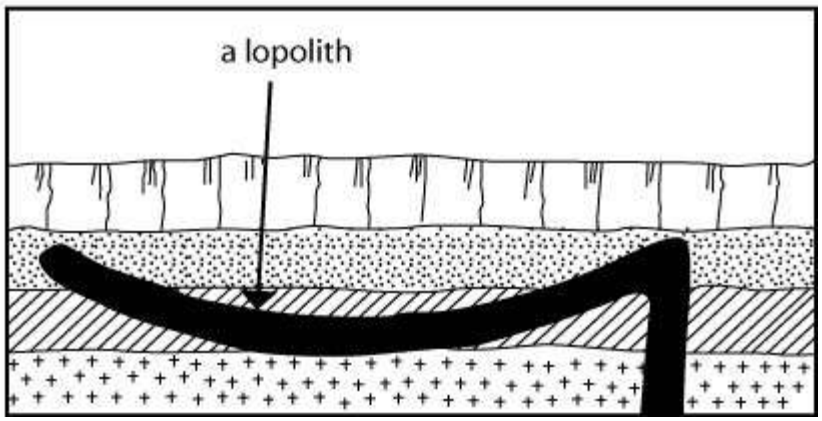
Laccolith



لابوليث Lapolith

هو أحد أنواع البلوتونات المتوافقة وله شكل الطبق بحيث تكون جوانبه موازية للطبقات العليا والسفلى للصخور المحيطة

a lopolith



الأشكال الجيومورفولوجية للصخور النارية المتداخلة(الجوفية)

تسمى الاجسام الصخرية المتداخلة بلوتونات.

• البلوتونات الكبيرة تكون حبيباتها متوسطة إلى خشنة.

الأشكال الجيومورفولوجية للصخور النارية المتداخلة(الجوفية)

تسمى الاجسام الصخرية المتداخلة بلوتونات.

• البلوتونات الكبيرة تكون حبيباتها متوسطة إلى خشنة.

الأشكال الجيومورفولوجية للصخور النارية المتداخلة(الجوفية)

تسمى الاجسام الصخرية المتداخلة بلوتونات.

• البلوتونات الكبيرة تكون حبيباتها متوسطة إلى خشنة.

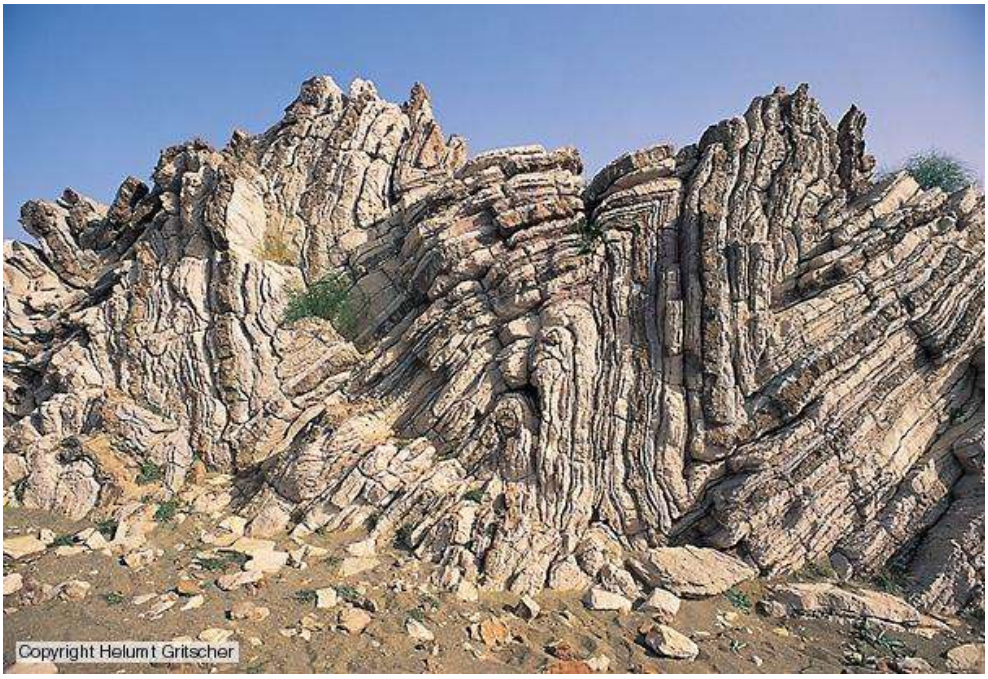
الأشكال الجيومورفولوجية للصخور النارية المتداخلة(الجوفية)

تسمى الاجسام الصخرية المتداخلة بلوتونات.

• البلوتونات الكبيرة تكون حبيباتها متوسطة إلى خشنة.

الجزء الثاني

مقرر جيولوجيا3"جيولوجيا تركيبية"



لطلاب الفرقة

الثالثة كلية التربية شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية

إعداد

د/ وائل دسوقي فريحي

كلية العلوم-قسم الجيولوجيا

العام الجامعي

2023-2022

مقدمة:

الجيولوجيا التركيبية: هو علم يهتم بدراسة هندسة الصخور والبني التركيبية الناتجة عن عمليات التشوة Deformation تحت تأثير القوي التكتونية.

تعتبر الجيولوجيا التركيبية من أهم فروع الجيولوجيا لما لها من علاقة وثيقة بكثير من التخصصات والفروع الأخري لعلم الجيولوجيا مثل علم الصخور والمعادن والجيوفيزياء وجيولوجيا المياه وجيولوجيا البترول والجيولوجيا الهندسية وجيولوجيا المناجم والجيولوجيا الاقتصادية.

وتنقسم التركيب الجيولوجية الي ثلاث أقسام رئيسية وهي التراكيب الاولية التي تتكون أثناء تكون الصخر أو بعد تكونه بفترة وجيزة ولاعلاقة للقوي التكتونية بتكون تلك التراكيب لذلك تسمي بالتراكيب اللاحركية والنوع الثاني من التراكيب وهو التراكيب الثانوية وهي تركيب تكتونية او حركية أي مرتبطة بالقوي التكتونية مثل الفوالق والطيات والفواصل والنوع الاخير وهو التراكيب العالمية وهي التراكيب التي تشغل مساحات شاسعة مابين القارات والمحيطات والبحار.

ولعلم الجيولوجيا التركيبية أهمية كبيرة من الناحية الاقتصادية والهندسية والبيئية وتقييم المخاطر الطبيعية.

يهدف هذا المقرر إلي القاء الضوء بصوره مبسطة عن الأنواع المختلفة للتراكيب الجيولوجية سواء كانت تراكيب أولية أو ثانوية أو عالمية مع توضيح الأهمية الاقتصادية لهذه التراكيب حتي يتسني للطالب معرفة الأهمية التطبيقية لدراسة هذا الفرع من أفرع علم الجيولوجيا. وذيل هذا المقرر بمجموعة من المراجع العربية والأجنبية التي يمكن للطالب الرجوع اليها لزيادة حصيلتة العلمية.

التراكيب الأولية Primary Structures

التراكيب الأولية هي تلك التراكيب التي تصاحب الصخر من وقت تكوينه أو تتشكل بعد تكون الصخر بفترة زمنية وجيزة ولا تتدخل الحركات التكتونية بطريقة مباشرة في تكوين هذه التراكيب وتسمي أيضا التراكيب الأولية بالتراكيب الغير تكتونية أو التراكيب اللاحركية Non tectonic structures وتنقسم التراكيب الأولية إلي عدة أقسام كما يلي:

1-التراكيب الأولية في الصخور الرسوبية Primary Sedimentary Structures
2-التراكيب الأولية في الصخور النارية Primary Igneous Structures
3- التراكيب الإرتطامية Impact structures
4- تراكيب الجاذبية Gravity- Controlled Structure
5- التراكيب الاختراقية Diapiric structures

1-التراكيب الأولية في الصخور الرسوبية Primary Sedimentary Structures

هذه التراكيب تتكون أثناء ترسيب الصخر أو بعد فتره وجيزة من عملية الترسيب وتنتج هذه التراكيب عن تأثير التيارات المائيه (بحرية أو نهرية) أو الهوائية في عمليات الترسيب. وهناك علاقة كبيرة بين أنواع هذه التراكيب والموقع الجغرافي لمكان الترسيب أثناء تراكم المواد الرسوبية، حيث تشاهد تراكيب أولية مميزه خاصة بالمناطق القارية أو النهرية أو البحرية، ولهذه التراكيب الأولية في الصخور الرسوبية أشكال كثيرة، نذكر منها ما يلي:

التطبق والترقق Stratification and Lamination

عند النظر إلي مكشف صخر رسوبي فان أول ما تلحظه العين هو وجود الصخر علي هيئة طبقات أو راقات تعلو الواحدة منها الاخري وتسمي هذه الظاهرة بالتطبق أو الترقق. والتطبق يكون أسمك من 1سم، بينما الترقق يكون ذا سمك أقل من 1سم. وهنالك تطبق سميك جدا (أكبر من1متر)، تطبق سميك (30 سم-1متر)، تطبق متوسط (10سم-30سم)، تطبق نحيف (3سم -10 سم)، تطبق نحيف جدا (1سم -3سم)، ترقق سميك (6مم-1سم)، ترقق متوسط (3مم-6مم)، ترقق نحيف (1مم-3مم)، وترقق نحيف جدا(أقل من 1مم). وينجم التطبق أو الترقق عن الاختلاف في ظروف الترسيب. وكل

طبقة تتميز عن الاخري باختلافات في اللون أو التركيب المعدني أو الكيميائي أو النسيج أو الدمج أو الصلابة. وقد تختلف طبقة عن اخري بواحده أو أكثر من هذه الصفات. ويحد كل طبقة سطحين، أحدهما علوي والاخر سفلي، يفصلانها عن كل من الطبقة التي تعلوها وتلك التي تقع تحتها، ويسمي السطح الفاصل بين طبقتين بمستوي التطبق (Bedding or Stratification Plane).

صورة توضح ظاهرة التطبق في الصخور الرسوبية

الطبقات العدسية Lenticular Strata

قد يتضاءل سمك طبقة ما تدريجيا في اتجاه معين حتي تتلاشي تماما في هذا الاتجاه. وفي كثير من الأحيان يقل السمك تدريجيا في جميع الاتجاهات مما يجعل الطبقة عدسية الشكل. وظاهرة تلاشي الطبقات جانبيا هي أحد اسباب ظهور طبقة ما في قطاع في أحد المواقع وعدم ظهورها في مواقع أخري. بعض الطبقات الرملية العدسية المحصورة بين طبقات غير منفذه من الطين تكون مصائد هامة واقتصادية للبترول.

صوره تظهر طبقة كونجلوميرات عدسية

التطبق المتقاطع Cross Bedding

يكثر وجود هذا التركيب في صخور الحجر الرملي وينتج بفعل التيارات الهوائية أو المائية بحيث تكون الرقائق فيه مائلة بالنسبة لمستويات التطبق الرئيسية للطبقات.
ويعرف التطبق المتقاطع أيضا بالتطبق الكاذب أو التطبق التياري وهو شائع في الرواسب التي تكونت بفعل الرياح وفي الرواسب الدلتائية، كما أنه يوجد في رواسب البحار والبحيرات.

صوره تظهر التطبق المتقاطع

التطبق المتدرج Graded Bedding

يميز هذا النوع التدرج الواضح في حجم الحبيبات من القاع للقمة، حيث تكون الحبيبات الكبيرة في القاع وتدريجيا يقل الحجم كلما اتجهنا الي أعلي. هذا التركيب ناجم عن انخفاض في سرعة انسياب التيارات، حيث تترسب الحبيبات الخشنة أولا، ثم الأقل فالأقل في الحجم.

علامات النيم Ripple Mark

عندما تتعرض الرمال غير المتماسكة لفعل الأمواج أو الرياح فإن سطحها يتموج في تموجات صغيرة تسمي علامات النيم. لا تتكون علامات النيم إلا علي سطح الرواسب الحبيبية المفككة. لذلك فإنها لا يمكن أن توجد في الرواسب الطينية أو المارل المترسبة تحت سطح الماء. يوجد نوعان أساسيان لعلامات النيم وهما نيم الموج ونيم التيار. وتفيد دراسة علامات النيم في تحديد اتجاه الرياح أو التيارات الهوائية. ويدل وجودها في الرسوبيات المائية علي كون المياه من النوع الضحل.

صورة تظهر التطبق المتدرج

صورتان تظهران علامات النيم

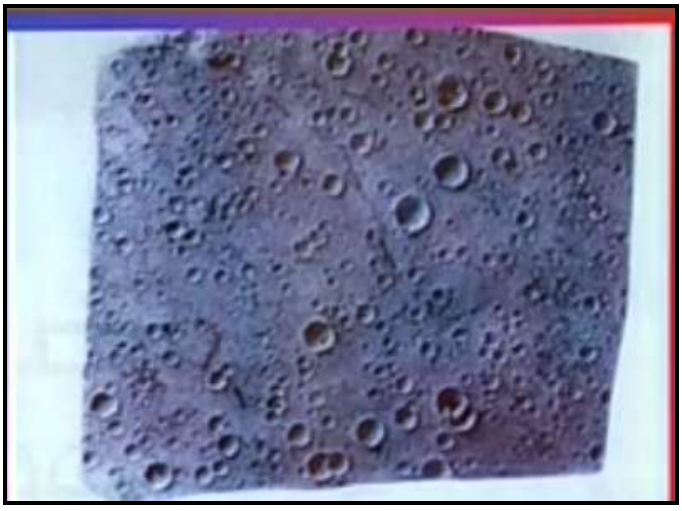
<u>شقوق الطين Mud Cracks</u>

عندما تتعرض رواسب الطين الي عملية جفاف فان سطحها ينكمش مكونا شقوقا مميزه تعرف بشقوق الطين أو شقوق الانكماش. في المسقط العمودي يبدو هذا التركيب الجيولوجي مضلعا تضلعا غير مكتمل، أما في القطاع العرضي فيأخذ التركيب شكل حرف V أو الشكل الاسفيني.

صورة تظهر شقوق الطين في الحجر الطيني علي أحد جانبي طريق قنا-سفاجا،مصر

آثار تساقط المطر Rain Imprints or Rain Spots

عبارة عن منخفضات دائرية الشكل لها حواف مقعرة من أعلي، تتكون بفعل ارتطام قطرات المطر مع الأسطح العلوية المفككة للرواسب دقيقة التحبب.



صورة تظهر آثار تساقط المطر علي طبقة من الطين

الجدد الفتاتية Clastic Dykes

تحتوي بعض التكاوين الرسوبية علي أجسام من المواد الفتتاتية تشبة الجدد النارية تتكون عن طرق ملء لشق أو مجموعة من الشقوق القاطعة لما حولها من الطبقات بالرمال. الجدد الفتتاتية سهلة التميز في الحقل بالرغم من كونها نادرة.

2-التراكيب الأولية في الصخور النارية Primary Igneous Structures

تتكون هذه التراكيب في الصخور النارية أثناء عملية تبلور الماجما أو الصهارة في باطن الأرض بشكل بطئ لتتكون صخور ذات بلورات خشنة أو تتكون أثناء التبلور السريع للابا علي سطح الأرض أو تحت سطح المياه لتتكون صخور ذات نسيج دقيق الحبيبات ونذكر من هذه التراكيب ما يلي:

التطبق الأولي في الجابرو :Primary layering in Gabrro

يحدث هذا النوع من التطبق كنتيجة لعملية التبلور التفاضلي حيث تنفصل المعادن المافية المعتمة وذات الكثافة العالية (البيروكسين والأمفيبول)عن المعادن السيلكاتية الفاتحة (البلاجيوكليز) وبذلك تتكون طبقات متبادلة من المعادن الفاتحة والقاتمة حيث يمكن تمييزه بسهولة في الحقل ومن أشهر الأمثلة علي هذا النوع من التراكيب تطبق الجابرو في منطقة أبوفاس بأقصي جنوب الصحراء الشرقية المصرية.

صورة توضح التطبق الأولي في صخر الجابرو

التطبق المتدرج والترقق في الرماد البركاني

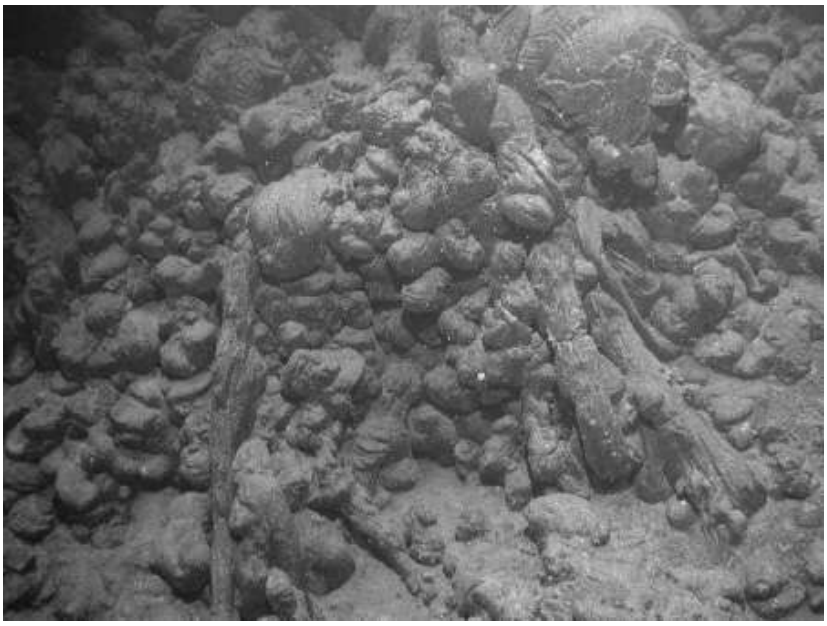
يلاحظ هذا التركيب في الرماد البركاني والتوف حيث يكون الرماد خشن التحبب في القاع ويقل الحجم كلما اتجهنا إلي أعلي ليتكون تطبق متدرج مشابة للتطبق المتدرج الموجود في الصخور الرسوبية.

القنابل البركانية Volcanics Bombs

توجد عدة أنواع من المواد الصلبة التي تقذفها البراكين، وهي تتراوح من الغبار الدقيق الي كتل ضخمة تزن عدة أطنان، وهذه المواد الصلبة يشار إليها باسم" الفتات الحراري Tephra أو Pyroclastics وتعتبر القنابل البركانية أحد أنواع الفتات الحراري وهي عبارة عن أجسام كروية تشبة الكمثري تتميز بسطح أملس ومستو تتكون نتيجة تجمد مادة سائلة مقذوفة من البركان أثناء دورانها في الهواء.

اللابا الوسائدية Pillow Lava

هي عبارة عن لابا قاعدية متبلورة تأخذ شكل الوسائد وهي تتبلور بشكل سريع في قاع البحر تأخذ الشكل المحدب من أعلي.



صورة تظهر اللابا الوسائدية

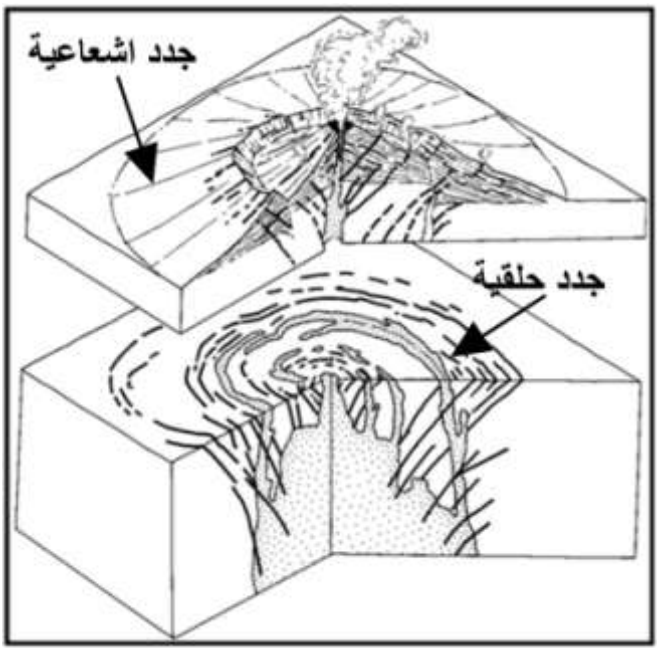
تراكيب مرتبطة بمتداخلات صفائحية أو لوحية ضحلة

وهي عبارة عن متداخلات نارية علي هيئة ألواح وتشمل:

الجدد القاطعة Dykes

وهي عبارة عن متداخل ناري رأسي أو ذو ميل ميل ملحوظ يكون قاطع لمستويات التطبق في حالة الصخور الرسوبية أو مستويات التورق في حالة الصخور المتحولة. يوضح الشكل الموجود بالأسفل جدة قاطعة من صخور مافية قاطعة لصخر الجرانيت بمنطقة الفواخير الواقعة علي طريق قفط-القصير بوسط الصحراء الشرقية.

ومن الممكن أن تكون الجدد المتقاطعة دائرية في مسقطها، ورأسية في وضعها الفراغي وتسمي في هذه الحالة الجدد الحلقية Ring Dykes ومن الممكن أيضا أن تتواجد في صورة اشعاعية وتسمي جدد اشعاعية Radial Dykes.



صورة توضح الجدد الحلقية والاشعاعية (المصدر فان دير بلوجم و مارشاك2004)

الجدد المتوافقة أو الموازية Sills

ويطلق عليها السدود النارية وهي عبارة عن متداخل ناري مستو ومسطح يكون موازيا لمستويات التطبق أو التورق في الصخور المحيطة. وعموما فان الجدد سواء كانت قاطعة أو موازية فان سمكها يتراوح مابين سنتيمترات الي عدة أمتار.

اللاكوليث Lacolith

وهي عبارة عن متداخلات نارية تشبه السدود غير أن الضغط الكبير للصهير علي السطح الطبقي يسبب تقوس الطبقات التي تعلو التداخل الناري بينما تظل الطبقات السفلية علي حالها في الموضع الأفقي وتتراوح أقطار وسمك اللاكوليث من بضع مئات الأمتار إلي عدة كيلومترات.

تراكيب مرتبطة بمتداخلات بلوتونية عميقة

الباثوليث Batholith

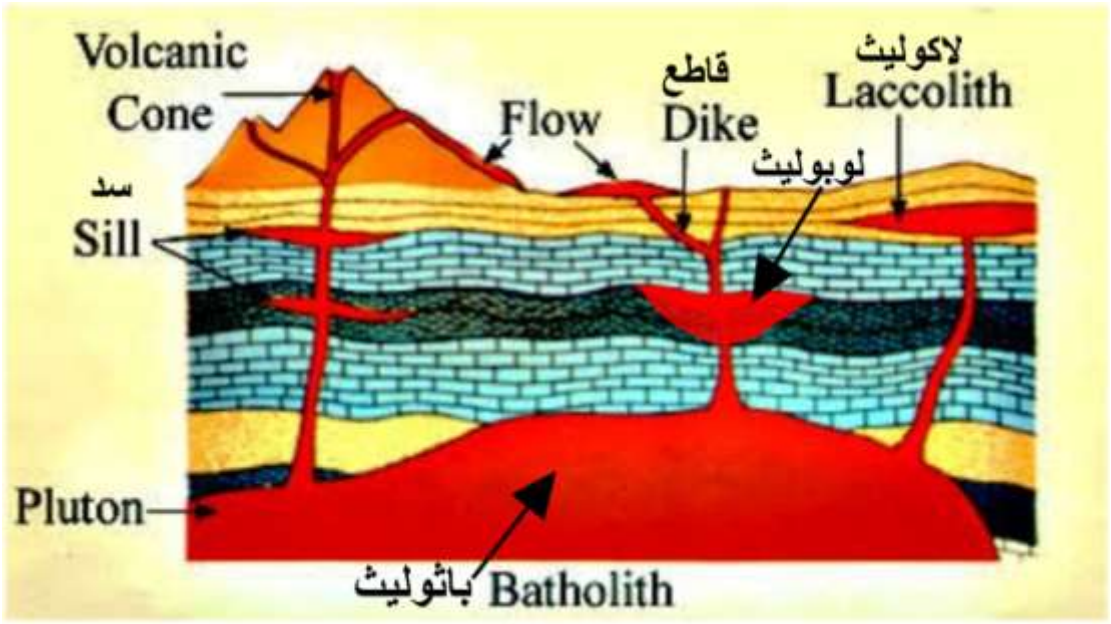
تمثل أضخم كتل الصخور النارية وأكثرها اتساعا وتتكون غالبا من صخور الجرانيت والجرانوديوريت وهي تشكل جذور السلاسل الجبلية الضخمة وتشغل مساحة تزيد عن 100 كيلومتر مربع.

الستوك Stocks

تشبه الباثوليث ولكنها تشغل مساحة أقل من100 كيلو متر مربع.

اللابوليث Lapolith

عبارة عن كتل عدسية الشكل معظمها مكونة من صخور قاعدية وهي عكس اللاكوليث إذ يحدث التقوس الي أسفل أي أن السطح السفلي يشبه الإناء المقعر.



التراكيب الناتجة عن المتداخلات النارية

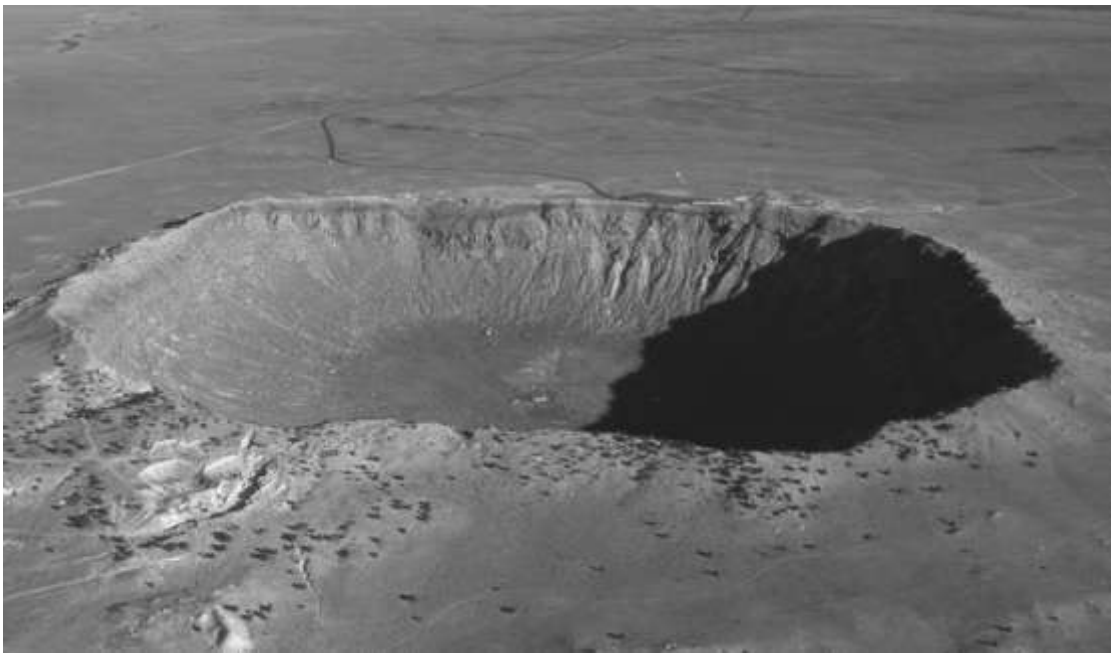
3- التراكيب الإرتطامية Impact structures

وهي عبارة عن منخفضات دائرية أو شبه مستطيلة كبيرة الحجم وذات أعماق كبيرة تنتج من ارتطام النيازك بسطح الأرض. معظم هذه الحفر النيزكية طمست معالمها بسبب عمليات التعرية والترسيب والحركات التكتونية. من أبرز الشواهد الدالة علي التراكيب الارتطامية وجود الكتل النيزكية وفي حالة غياب تلك القطع النيزكية ثمة عوامل عدة يمكن الاستناد اليها للتعرف علي تلك التراكيب الارتطامية منها:

- وجود تركيب حلقي بالمكان، دائري المقطع.
- تعرض الصخور الموجودة لتحول عال.
- وجود صخور البريشيا.
- وجود صخور نارية دقيقة التحبب، تختلف في تركيبها المعدني والكيميائي عن الصخور النارية المتعارف عليها.
- وجود اشعاعات عالية من الإيريديوم.

في الوقت الراهن تم التعرف علي حوالي150 تركيب ارتطامي ولكن اثنا عشر منها واضحة ولعل اشهرها ما يعرف بفوهة بارينجر وهي حفرة بقطر1200 متر وعمق

180 متر وذات حواف بارتفاع 50متر عن السهول المحيطة وبها رواسب من البرشيا بسمك 200مترو هذا التركيب موجود بولاية أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية.



صورة توضح فوهة بارينجر بأريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية (المصدر فان دير بلوجم و مارشاك،2004)

4- تراكيب الجاذبية Gravity- Controlled Structure

تلعب قوي الجاذبية الأرضية دورا مهما في تكوين بعض التراكيب الجيولوجية حيث تتشوه بعض الصخور بفعل وزن وحمل تلك الصخور علي صخور اخري. هناك عوامل تساعد علي تشوه الصخور بفعل الجاذبية لعل من أهمها وجود سطح منحدر تنزلق علية الصخور وكذللك ارتفاع منسوب المياه الجوفية وانصهار الكتل الجليدية حيث ان الماء يسهل عملية الانهيار الثقلي بفعل الجاذبية. من أشهر التراكيب المتكونة نتيجة الانهيار الثقلي الطيات المضجعة مثل التي تظهر علي طريق نويبع-طابا بشبه جزيرة سيناء.

صوره تظهر طيه مضجعة تكونت بفعل الجاذبية علي طريق نويبع-طابا شبه جزيرة سيناء

التراكيب الثانوية (التكتونية) Secondary Structures (Tectonics)

التراكيب الثانوية أو التراكيب التكتونية يمكن تعريفها ببساطة علي أنها تراكيب تكونت بعد تكون الصخر نتيجة لتأثير نوع معين من القوي يؤدي إلي تشوهها. القوي المؤثرة علي الصخر تسمي الاجهاد ويعرف علي أنه مقدار القوة المؤثرة علي وحدة المساحة ونتيجة للإجهاد الواقع علي الصخر فان الصخر يحدث له تشوه، هذا التشوه الناتج عن تأثير الاجهاد يسمي الانفعال وهو عبارة عن تغير في الشكل أو الحجم أو كليهما. توجد ثلاث أنواع لتشوه الصخور وهي التشوه المرن ولا يرافق هذا التشوه أي تراكيب جيولوجية والتشوة اللدن وينتج عنه تكون الطيات والتشوه بالكسر وينتج عنه تكون الفوالق.

الطياتFolds

الطيات عبارة عن انثناءات وتموجات تحدث في صخور القشرة الأرضية نتيجة الضغط الواقع عليها. وتوجد الطيات في كل أنواع الصخور ولكنها أكثر وضوحا في الصخور الرسوبية. ويتراوح حجمها من الميكروسكوبق إلي الطيات الضخمة التي يبلغ

مداها عشرات الكيلومترات طولا وعرضا مكونة سلاسل جبال ضخمة مثل جبال الألب والهيماليا وأطلس.

هندسة الطيات Geometric parts of folds

يقصد بهندسة الطيات الأجزاء المختلفة التي تتكون منها الطية وهي كالأتي:

جناح الطية Fold Limb: جانب الطية وهو جزء غير منحني ممتد من المستوي المحوري للانثناء إلي المستوي المحوري للانثناء المجاور.

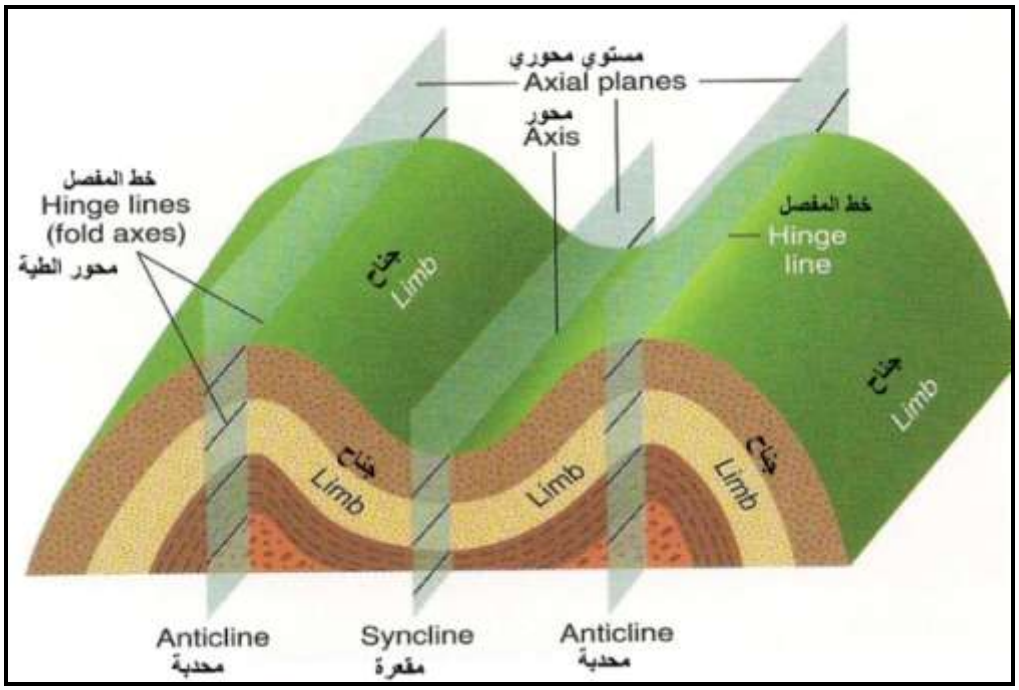
المستوي المحوري Axial plane: وهو المستوي الوهمي الذي يقسم الطية إلي جزأين أو هو المستوي الذي ينصف الزاوية بين جناحي الطية.

محور الطية Fold Axis: وهو الخط الناتج عن تقاطع المستوي المحوري مع سطح طبقة ما من الطية. ولكل طية عدد كبير من المحاور (تقاطع أي سطح لأي طبقة مع المستوي المحوري) ولكن هذه المحاور تكون في أغلب الأحيان متوازية، لذلك فان محور واحد منها يكفي لتمثيلها جميعا.

مفصلة الطية Fold Hinge: هي النقطة التي يكون عندها أكثر انحناءة في الطيه.

نطاق المفصلة Hinge Zone: النطاق الذي يحيط بمفصلة الطيه، وتكون عنده الطيه في أقصي درجات انحناءها.

أثر المستوي المحوري Axial Trace: عبارة عن خط تقاطع المستوي المحوري مع سطح الأرض.



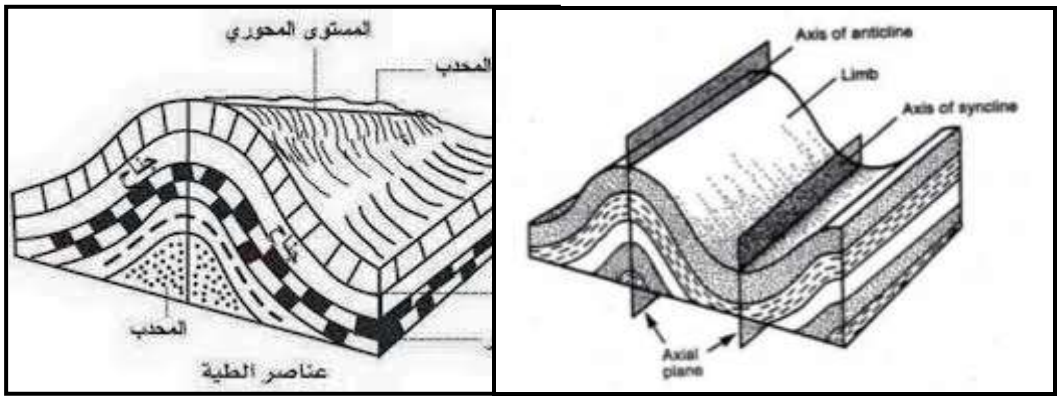
صورة توضح أجزاء الطيه،

تصنيف الطيات Classification of Folds:

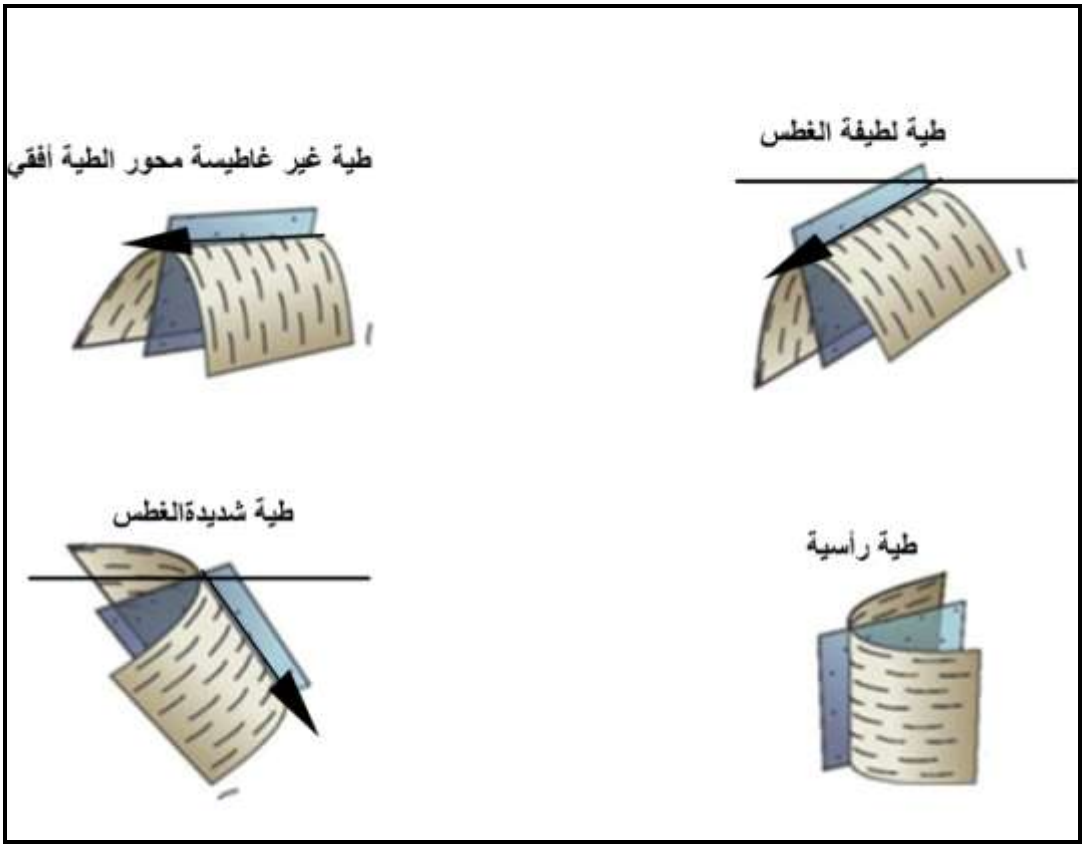
يتم تصنيف وتسمية الطيات علي أسس عدة نذكر بعضا منها كما يلي:

اعتمادا علي وضع المحور (اعتمادا علي الغطس)

يميز محور الطية بين الطيات الغاطسة Plunging Folds والغير غاطسة Non plunging Folds . وتعتبر الطية غير غاطسة اذا ما ظهر محورها في الطبيعة متخذا وضعا أفقيا، أما الطيات الغاطسة فهي التي يظهر محورها دائما متخذا أوضاعا مائلة علي المستوي الأفقي. وتسمي الزاوية المحصورة بين محور الطية الغاطسة وبين أي مستوي أفقي قاطع له بزاوية الغطس وتبعا لهذه الزاوية فالطيات الغاطسة تصنف علي أنها طية لطيفة الغطس Gently Plunging Fold اذا كان المحور غاطسا بزاوية تتراوح بين (10-45) درجة أما اذا ما تراوحت زاوية الغطس بين (45-80) درجة تصنف الطية علي أنها طية شديدة الغطس Steeply Plunging Fold اما اذا كان المحور راسيا أو شبه رأسي تكون الطية حينئذ رأسيةVertical Fold.



طية غاطسة *طية غير غاطسة*



صورة توضح تقسيم الطيات اعتمادا علي غطس المحور

التقسيم اعتمادا علي وضع المستوي المحور ووضع جناحي الطية

تبعا لوضع المستوي المحوري تكون الطية متماثلة Symmetrical إذا كان المستوي المحوري رأسيا وفي هذه الحالة يكون ميل جناحي الطية متساوي أما إذا كان المستوي المحوري مائلا تسمي الطية غير متماثلة Asymmetrical وفي هذه الحالة يكون هناك اختلاف في مقدار ميل الجناحين وكذالك اختلاف في أطوالهم.

اعتمادا علي الكيفية التي تميل بها صخور كل من جناحي الطية بالنسبة لمستواها المحوري وكذلك درجتي ميل جناحي الطية بالنسبة لبعضهما البعض يمكن أن نميز بين الطيات المقعرة والمحدبة وبين الطيات الرأسية والنائمة والمائلة والمقلوبة كما يلي:

الطيات المقعرة Syncline Folds

وهي الطيات التي يميل فيها جناحي الطين ناحية بعضهما البعض في اتجاه المستوي المحوري وفي هذه الطيات تكون أحدث الصخور المطوية في مركز التقوس أو لب الطية.

الطيات المحدبة Anticline Folds

وهي الطيات التي يميل فيها جناحي الطية في اتجاهين متضادين بعيدا عن المستوي المحوري وفي هذه الطيات تكون أقدم الطبقات في مركز الطية.

القبة Dome

هي طية محدبة الي اعلي تميل الطبقات المكونة لها في جميع الاتجاهات من نقطة في وسط قمتها وتكون الطبقات الأقدم في المركز.

الحوض Basin

هي طية مقعرة تميل الطبقات المكونة لها في جميع الاتجهات الي الاعلي مبتدئة من قاعها وتكون الطبقات الأحدث في المركز.

الطية القائمة Upright Fold

ويكون فيها المستوي المحوري رأسيا تقريبا وفيها تكون اجنحتها متخذه اوضاعا رأسية موازية لمستواها المحوري.

الطية النائمة أو المضجعة Recumbent Fold

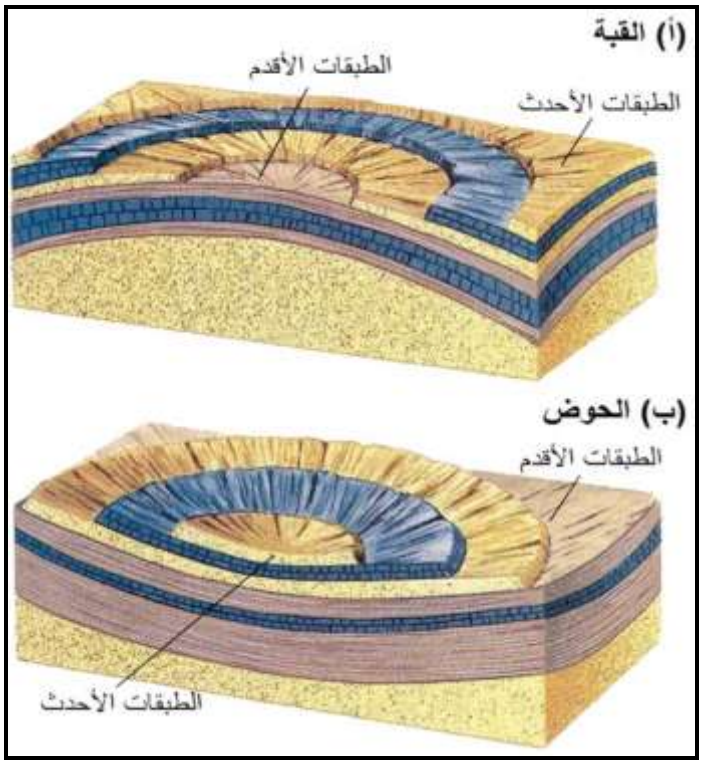
ويكون فيها المستوي المحوري أفقيا ، ويكون الجناحان غالبا متوازيان واحد منهما فوق الأخر.

الطيه المائلة Inclined Fold

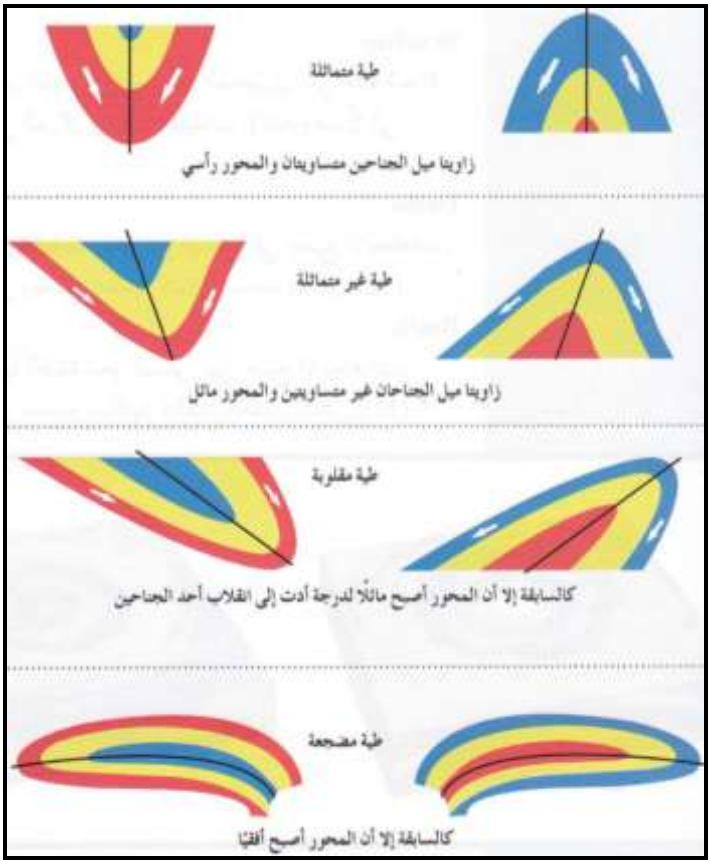
وفيها يميل المستوي المحوري ما بين 10-80 درجة ويميل الجناحان بزاوية حادة عن الأفقي.

الطبقة المقلوبة Overturned Fold

في الطية المقلوبة يكون المستوي المحوري مائلا وجناحي الطية يميلان في اتجاه واحد وبزوايا مختلفة.



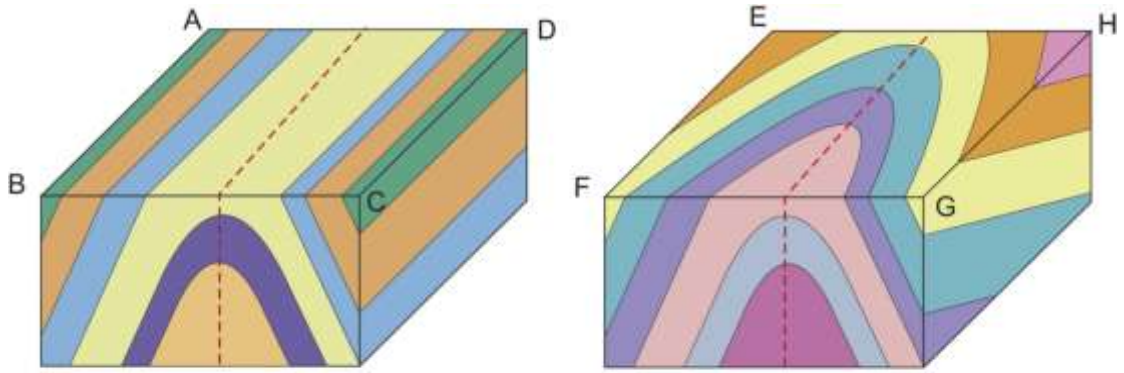
صوره توضح الفرق بين القبة والحوض



صورة توضح بعض التسميات المختلفة للطيات

تمثيل الطيات فى الخرائط الجيولوجية

أولا:الطيات الغاطسة والغير غاطسة

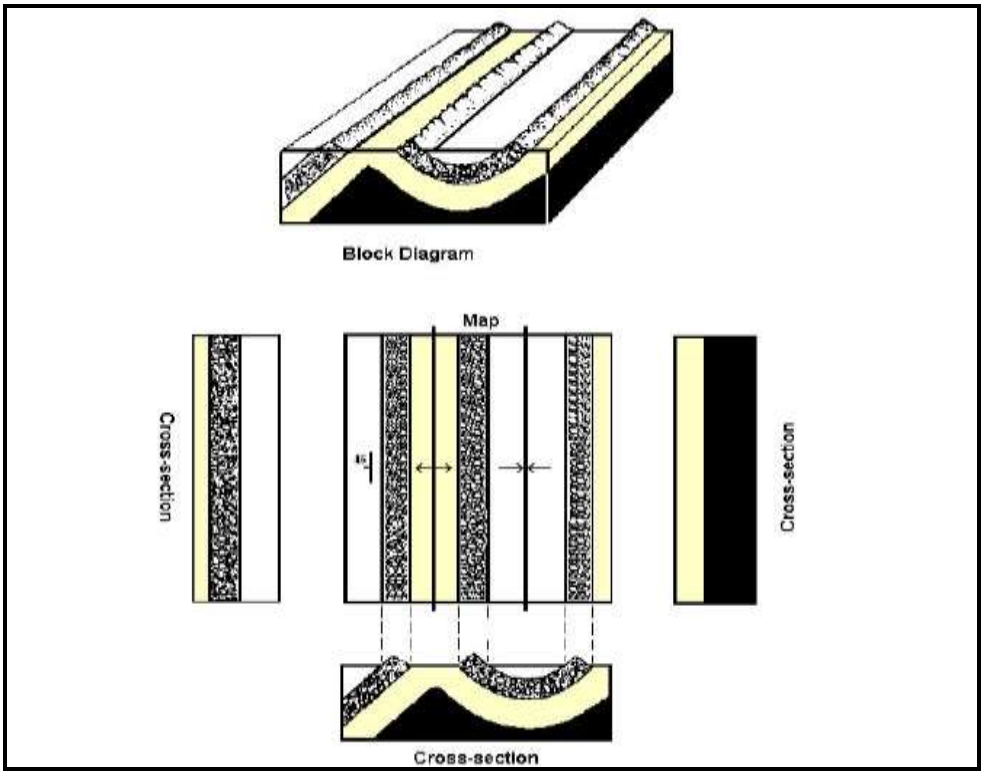


(A) Non-plunging fold (B) Plunging fold

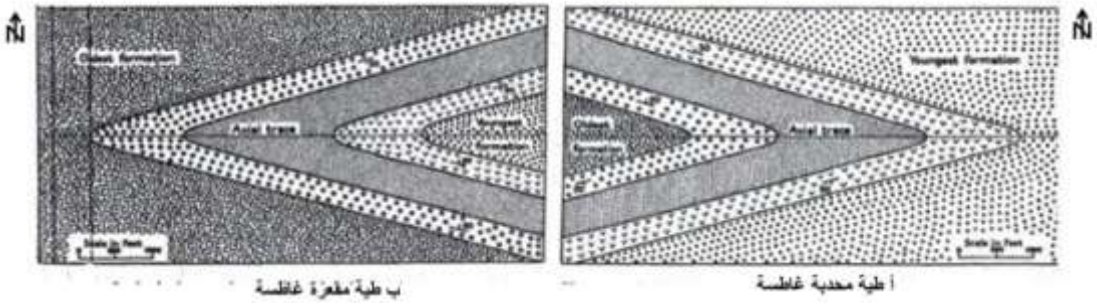
في حالة الطيات الغير غاطسة تمثل اجنحة الطيات المكشوفة والمجواه (أي المتعرضة لعملية التجوية) علي الخريطة بحيث تكون تكون الطبقات مستقيمة ومتوازية ولا

تتقابل. أما في حالة الطيات الغاطسة فانها الطبقات المكونة لأجنحة الطية تتقابل لتكون شكل حرف U

ثانيا: الطيات المحدبة والمقعرة الغير غاطسة



ثالثا: الطيات المقعرة والمحدبة الغاطسة



الفوالق: Faults

تتعرض الصخور والتراكيب الجيولوجية أحيانا إلي جهود معينة كبيرة بحيث لا تستطيع فيه هذه التراكيب الاستمرار في التحدب والتقعر، فلذلك فانها تتشوه بالكسر الذي تنتج عنه الصدوع، فالصدع يعرف علي أنه كسر في الصخر مصحوبا بازاحه وهذه الازاحة قد تكون أفقية أو عمودية أو الحالتين معا.

ويتشكل الصدع من عده أجزاء كما يلي:

مستوي الصدع Fault Plane: هو ذلك المستوي الذي تتحرك علي جانبية الكتل الصخرية المهشمة واحده بعكس الأخري. وقد يكون هذا السطح إما رأسيا أو مائلا.

مضرب الصدع Strike: وهو اتجاه أي خط افقي ناتج من تقاطع سطح الصدع مع المستوي الأفقي.

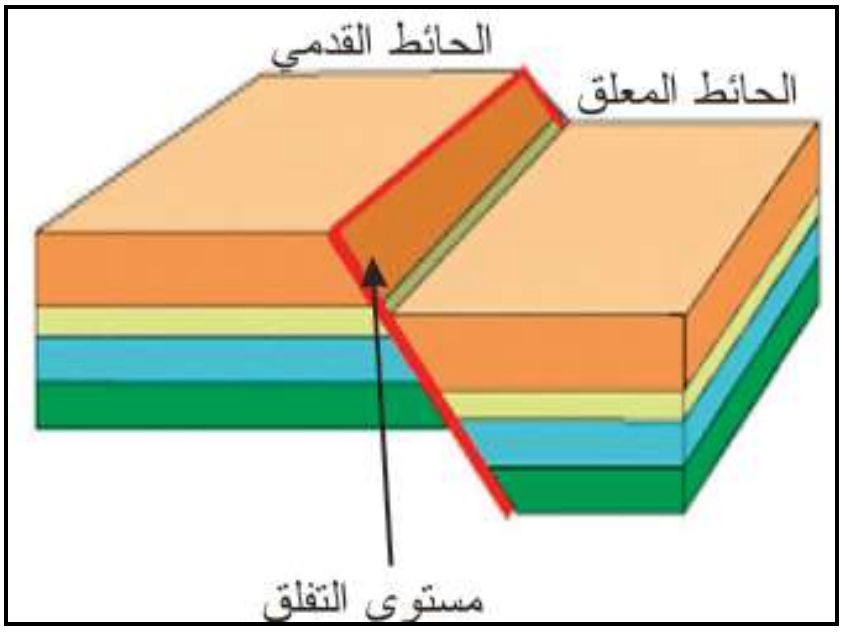
ميل الصدعDip: وهي الزاوية التي يصنعها سطح الصدع مع الالمستوي الأفقي.

الحائط العلوي Hanging Wall: هي الكتلة التي تعلو سطح الصدع في حالة كون السطح أفقيا أو مائلا. وتسمي ايضا الحائط المعلق.

الحائط السفلي Foot Wall: هي الكتلة التي تقع أسفل سطح الصدع في حالة كون السطح أفقيا أو مائلا. أما الصدع الرأسي فليس له حائط علوي أو حائط سفلي، حيث أن الكتلتين اللتين يفصلهما مثل هذا الصدع تقعان علي جانبه. وتسمي ايضا الحائط القدمي.

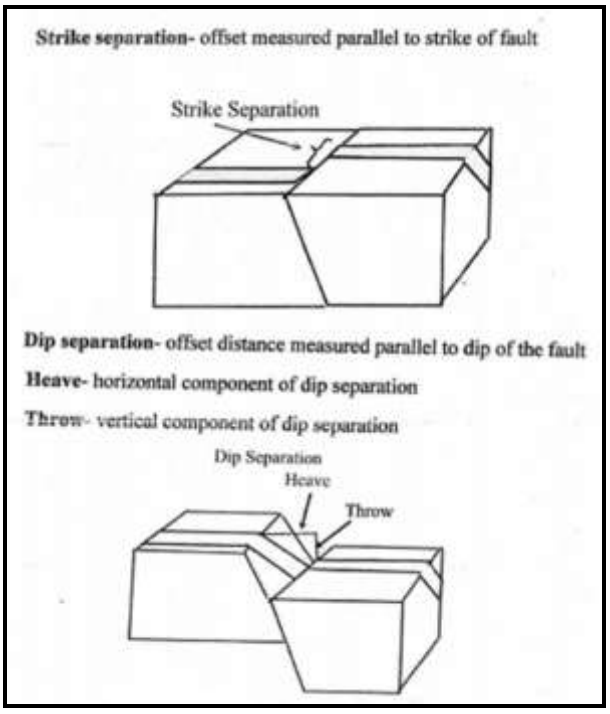
رمية الصدع Fault Throw: وهي الازاحة العمودية بين طرفي الطبقات المتناظرة علي جانبي الصدع.

الانزياح Heave: وهي المحصلة الأفقية للازاحة.



صورة توضح عناصر الصدع

الانفصال Separation: عبارة عن مقدار الإزاحة الظاهرة لأي سطح متصدع ومن الممكن ان يكون الافتراق باتجاه المضرب Strike Separation وفي هذه الحالة يساوي البعد المقاس موازيا لمضرب الفالق، أما إذا كان الانفصال باتجاه ميل الفالق Dip Separation فهي تعبر عن المسافة المقاسة بصورة موازية لميل الفالق ويعبر عنها بالانزياح والرمية.



صورة توضح مفهوم الانفصال في الفوالق

الأنواع الرئيسية للصدوع

توجد طرق عديدة لتقسيم الصدوع ، من بينها التقسيم اعتمادا علي عملية الانزلاقSlip حيث يمكن تقسيم الصدوع الي ثلاثة أقسام رئيسية كما يلي:

1 - صدوع انزلاق الميل Dip Slip Fault

في هذا النوع من الصدوع تكون الحركة أو الازاحة فيها في اتجاه ميل مستوي الصدع وبالتالي تكون محصلة الازاحة المضربية تساوي صفر. تتضمن صدوع انزلاق الميل ما يلي:

أ - *الصدوع العادية أو صدوع الجاذبية Normal Faults*

الصدوع العادية هي تلك التي يتحرك فيها الحائط العلوي الي اسفل بالنسبة للحائط السفلي، وهي صدوع ينتج عنها زيادة في طول جزء من القشرة الأرضية. بعض الصدوع العادية صغير جدا بينما يبلغ طول البعض الاخر عشرات الكيلومترات وتزيحها الصافي مئات الكيلومترات. تنتج بعض الملامح التركيبية عن الصدوع العادية نذكر منها ما يلي:

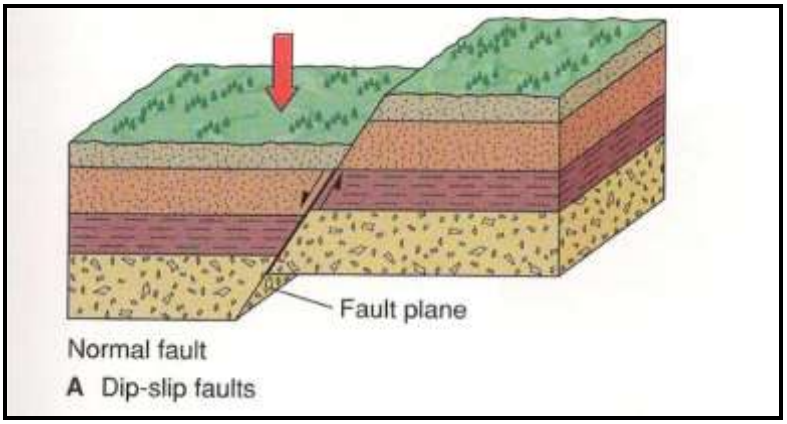
الكتل الصدعية: عندما تسبب الصدوع ارتفاع أو انخفاض عدد من الكتل في منطقة ما يقال أن هذه المنطقة قد تعرضت للتصدع الكتلي. واذا لم تكن عوامل التعرية قد اثرت لمدة طويلة علي المنطقة ، فان المعالم الطبوغرافية تكون نتيجة مباشرة للتحركات النسبية للكتل المتصدعة.أما اذا تعرضت المنطقة للتعرية لفترة كافية من الزمن فان الكتل المتصدعة لا تعبر عن نفسها كمعالم طبوغرافية واضحة.

الصدوع السلمية: هي مجموعة من الصدوع العادية المتوازية تنشأ نتيجة حدوث هبوط بصورة متوالية لسطح القشرة الأرضية، ويكون هذا الهبوط باتجاه واحد، وتظهر الطبقات فيها علي شكل متدرج.

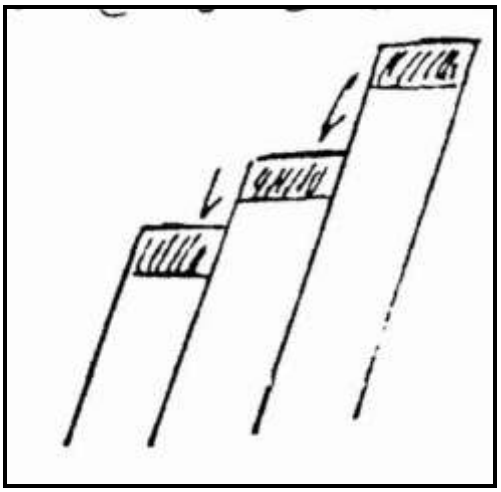
الصدع الحوضي Grabben: ينشأ هذا النوع نتيجة هبوط جزء من القشرة الأرضية بين صدعيين عاديين يميل احداهما باتجاه ميل الاخرحيث يحدث تلاقي للحائطين العلويين في كتلة صخرية متلاحمة.

الصدع المتهضب Horst :ينشأ هذا النوع نتيجة ارتفاع جزء من القشرة الأرضية بين صدعيين عاديين يميل احداهما عكس اتجاه ميل الاخرحيث يحدث تلاقي للحائطين القدميين في كتلة صخرية متلاحمة.

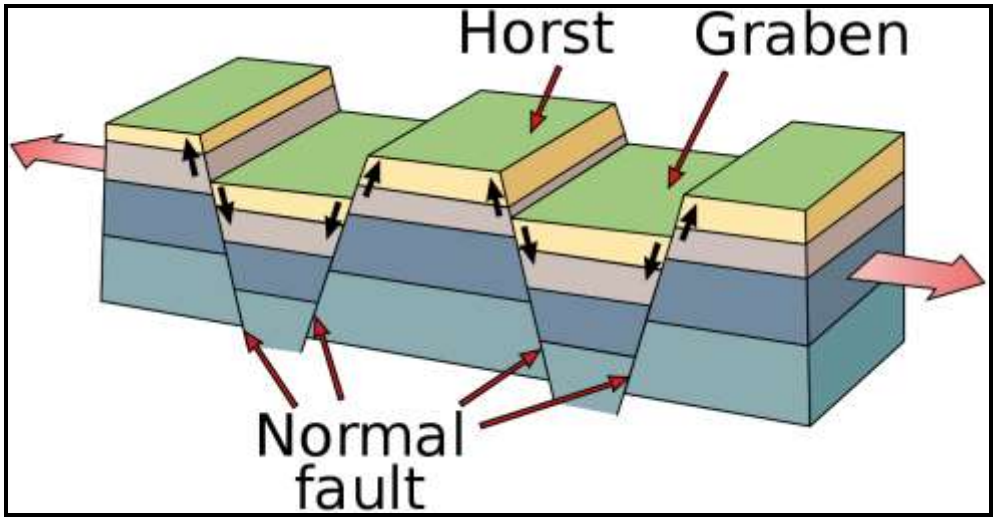
الصدوع الملازمة للتحدبات والقباب: تكاد تكون جميع التراكيب المحدبة مصحوبة بعدد من الصدوع وكثيرا ما تكون هذه الصدوع عادية وكبيرة الزاوية.



صورة توضح الفالق العادي



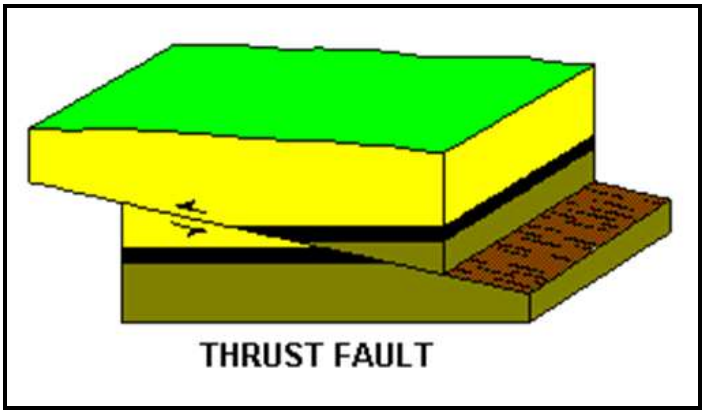
صورة توضح الفوالق السلمية



صورة توضح تكون الصدع الحوضي والمتهضب

ب - الصدوع المعكوسة Reverse Faults:

هي تلك التي يتحرك فيها الحائط العلوي الي أعلي بالنسبة للحائط السفلي وتكون زاوية ميلة أكبر من 45 درجة. أما اذا كانت زاوية الميل أقل من 30 درجة فان الصدع في هذه الحالة يسمي صدع دسري Thrust Fault.



صورة توضح فالق الدسر

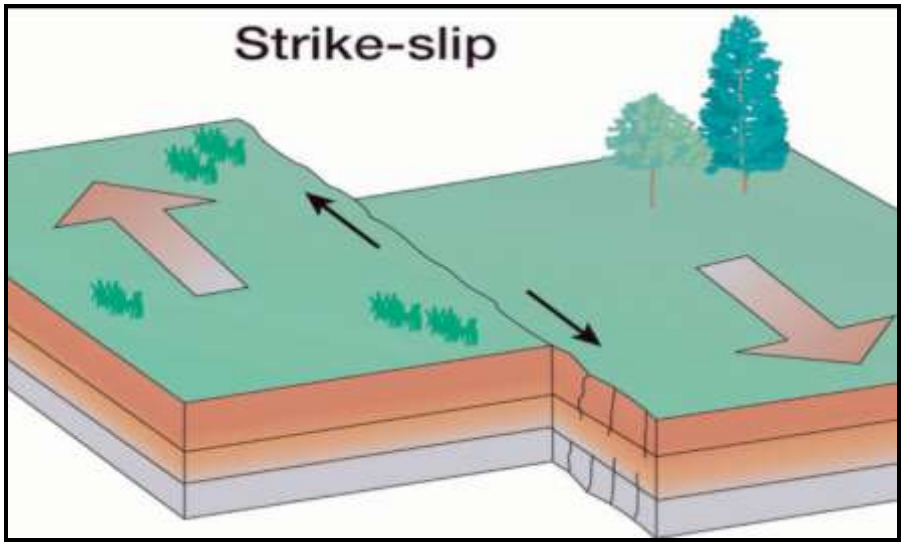
2 - <u>صدوع انزلاق المضرب Strike Slip Fault</u>

تتميز هذه الصدوع بازاحة موازية لخط المضرب وبالتالي فمحصلة الازاحة في اتجاه الميل تساوي صفر. ويقسم هذا النوع الي قسمين:

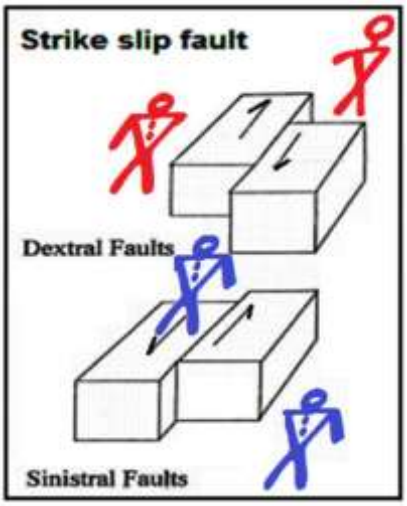
- الأول صدع انزلاق مضربي يميني Dextral: وهو صدع انزلاق مضربي يري فية الناظر علي طول الصدع ان الحركة النسبية تجعل الكتلة التي علي يمينة قد تحركت نحوه.
- النوع الثاني صدع انزلاق مضربي يساري Sinistral: وهو صدع انزلاق مضربي يري فية الناظر علي طول الصدع ان الحركة النسبية تجعل الكتلة التي علي يسارة قد تحركت نحوه.

اذا قطع صدع الانزلاق المضربي تراكيب تكون مضاربها موازية لمضربه فان مثل هذا الصدع يصعب اكتشافه. ومن الملامح الجيولوجية التي تقطعها وتسبب ازاحتها صدوع الانزلاق المضربي الطبقات والتكاويين، الجدد النارية والعووق، محاور الطيات، والأجسام النارية.

ومن أشهر الأمثلة علي هذا النوع من الصدوع صدع سان أندرياس بولاية كاليفورنيا غرب الولايات المتحدة الأمريكية حيث يبلغ طولة حوالي 1000 كيلومتر. وقد حدثت حركة علي هذا الصدع عام 1906 وتسببت هذه الحركة في زلزال سان فرانسيسكو الشهير الذي حدث في 18 ابريل من ذلك العام والذي ادي الي خسائر فادحة بالمدينة وقد بلغ مقدار التزيح الصافي حوالي 4 امتار.



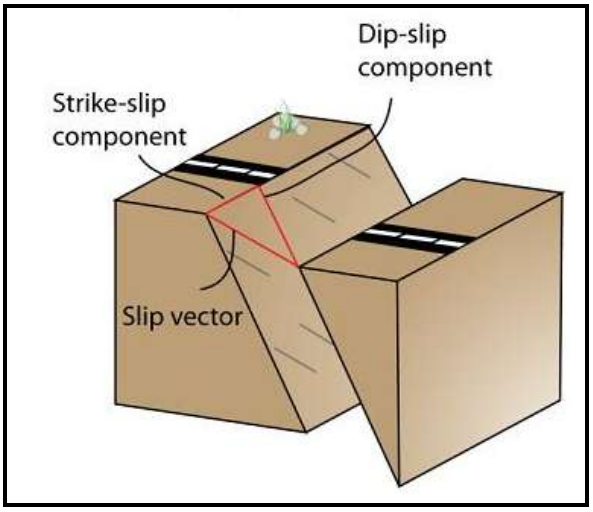
صورة توضح صدع الانزلاق المضربي



صورة توضح انواع صدع الانزلاق المضربي

3 - صدوع مائلة الانزلاق Oblique Slip Faults

وهي صدوع تكون فيها محصلة الازاحة في اتجاه الميل وكذلك في اتجاه المضرب ذات قيمة معينة أكبر من الصفر. وهذا يشير إلي أن الأنزلاق أو الحركة تتم في اتجاه ميل مستوي الصدع ومضربه في ان واحد.



صورة توضح صدع مائل الانزلاق

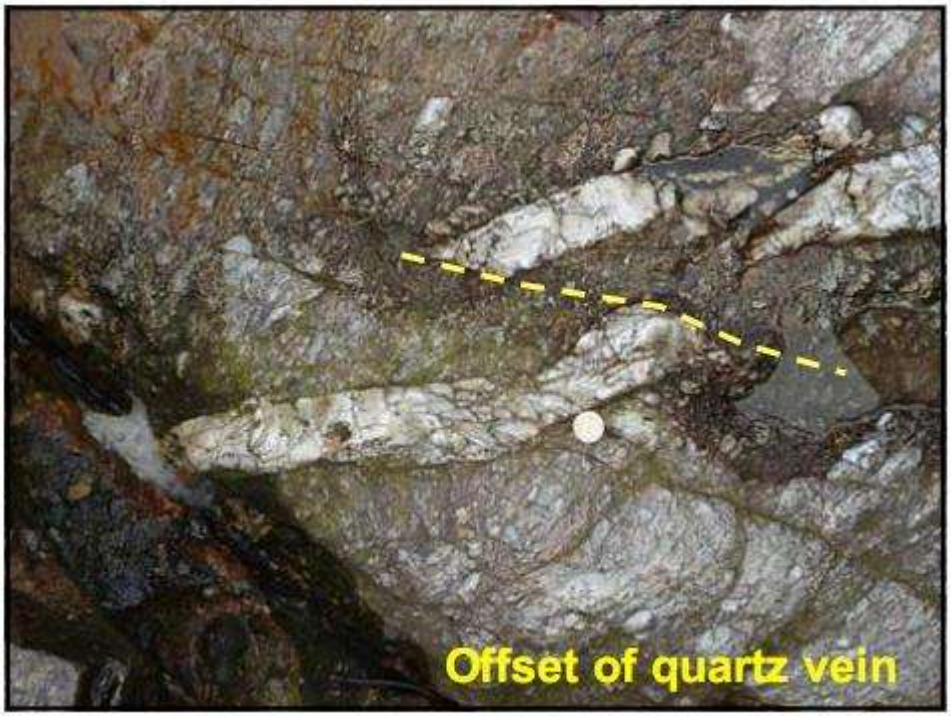
التعرف على الفوالق في الحقل

قد تظهر الفوالق في صورة قطاع طبيعي أو قطاع صنعه الانسان أثناء تنفيذ عمل من الأعمال الهندسية كشق الطرق مثلا، فحينئذ يظهر الفالق في المكشف ويكون

التعرف عليه سهلا من خلال الملاحظة المباشرة للازاحة. أما اذا لم يظهر الفالق في مكشف طبيعي أو صناعي، وهذا هو الغالب في معظم الأحيان فانة في هذه الحالة يستدل علي وجوده من خلال دراسة بعض الشواهد الجيولوجية الدالة علية ومن أهم هذه الشواهد ما يلي:

1 - ازاحة الصخور أو التراكيب

من أوضح الأدلة علي وجود صدع ما، رؤية ما يسببه هذا الصدع من ازاحه جزء من عرق أو جدة أو تركيب سابق بالنسبة لجزء اخر من نفس الصخر أو التركيب. وهذه الازاحة تكون علي مستوي الصدع سواء في اتجاه ميلة أو مضربة أو كليهما. ومن الأمثلة علي ذلك وجود صدع مضربي مارا بطريق ادفو مرسي علم بمنطقة سيدي سالم بوسط الصحراء الشرقية بمصر تسبب في ازاحة كتلة جرانيتية بمقدار 1500 متر حيث توجد كتلة كبيرة من الجرانيت فاتح اللون علي يمين الطريق وتوجد توأمة هذه الكتلة علي يسار الطريق وفي ذلك دلالة علي وجود صدع مضربي تسبب في ازاحة الكتل الجرانيتية يمر بطول الطريق.



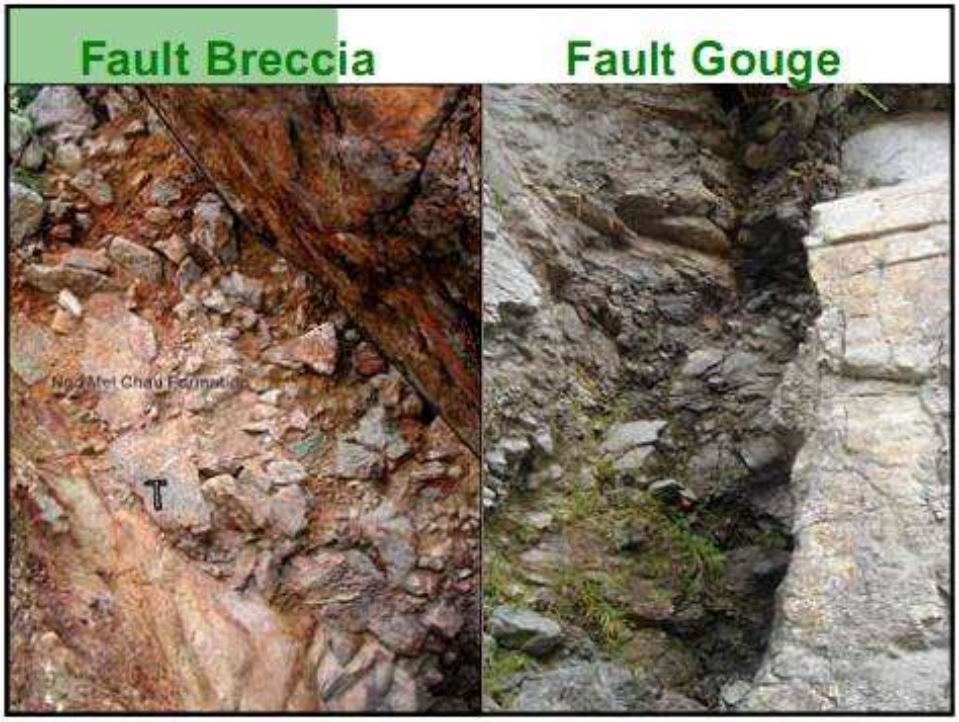
صورة توضح ازاحة لعرق من الكوارتز بسبب تأثير فالق

2 - بريشيا الصدوع

يتميز عدد كبير من نطق الصدوع بوجود مواد صخرية محطمة نتيجة الاحتكاك الناتج عن حركة الصخور علي جانبي الصدع. هذه المواد المحطمة تكون مزواه وتتلاحم بمادة دقيقة من نفس نوع الصخر لتكون ما يعرف ببريشيا الصدوع.
ويختلف الحطام المكون للبرشيا والناتج عن الاحتكاك عن الحطام الذي يتكون بفعل عوامل اخري في انة يتكون من مواد متجانسة تشبة المواد المكونة للصخور الملاصقة له ويحتوي علي نسبة كبيرة من المواد اللاحمة وكسرات قليلة نسبيا.
ومع استمرار الحركة والاحتكاك تتكون في بعض الصدوع نطق ضيقة من الصخور المطحونة دقيقة الحبيبات والتي تلتحم مع بعضها البعض لتكون ما يعرف بطين الصدوع Fault Gouge.

3 - الخدوش

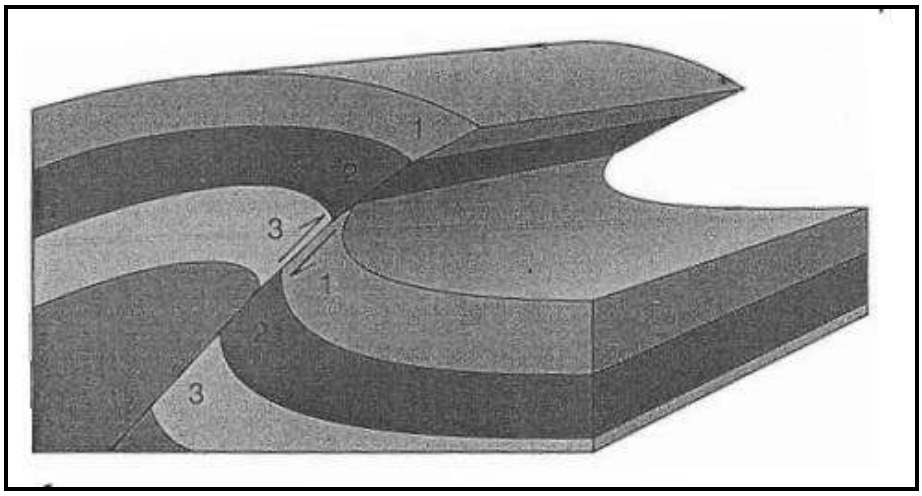
وهي عبارة عن خدوش تتكون نتيجة احتكاك الكتل الصخرية الموجودة علي جانبي مستوي الصدع. وتبين الخدوش التي كثيرا ما تكون مستقيمة الاتجاه العام الذي حدثت عليه الحركة وذلك من خلال ملمسها، فالملمس الناعم يكون في اتجاه الحركة بينما الملمس الخشن يكون في عكس اتجاه الحركة.



صورة توضح طين الفوالق وبريشيا الفوالق

4 - وجود طيات السحب Presence of Drage Folds

كثيرا ما تنثني الطبقات محليا بالقرب من الصدع نتيجة السحب الناشئ عن التحرك النسبي للكتلتين علي جانبي الصدع وتسمي هذه الظاهرة بالسحب ويتكون نتيجة عن هذه العملية ما يعرف بطيات السحب. وهذه الطيات يكثر وجودها في الصدوع العادية والمعكوسة ذات الميل الخفيف وتتكون نتيجة سحب الطبقات بفعل عملية التصدع.
وتنحني الطبقات الي أعلي في الكتلة التي كانت حركتها النسبية إلي اسفل، كما انها تنثني إلي أسفل في الكتلة التي تحركت الي أعلي.



صورة توضح تكون طيات السحب بفعل تأثير الصدع

5 - تكرارية أو غياب بعض الطبقات

عندما تتصدع الوحدات الصخرية بالصدوع العادية فان عملية الشد الناجمة عن التصدع تؤدي الي حذف أو غياب بعض الطبقات. اما في حالة الصدوع المعكوسة فان الطبقات يحدث لها تكرار وهاتين الظاهرتين يسهل التعرف عليهما بدراسة تتابع الطبقات في الابار في حالة أن يكون التكرار أو الحذف موجود ة في اتجاه رأسي.

أما التكرار أو الحذف الموجود في اتجاه أفقي يمكن ملاحظته في حالة تأثير الفوالق علي طبقات مائلة. حيث يحدث التكرار عندما يكون مستوي الفالق موازي لمضرب الطبقات واتجاه ميلة عكس اتجاه ميل الطبقات ويحدث الحذف اذا كان مستوي الفالق موازي أيضا لمضرب الطبقات ولكن يميل في نفس اتجاه ميل الطبقات.

أما اذا كان مستوي الفالق يوازي اتجاه ميل الطبقات فان تأثيرة يؤدي الي حدوث عملية ازاحة ظاهرية للكتلة التي تأثرت بعملية التجوية.

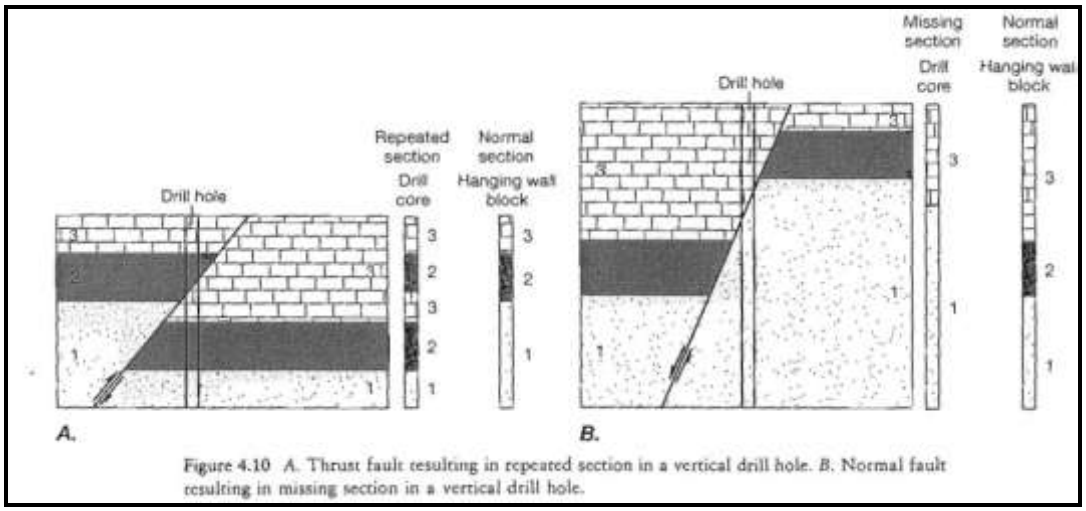
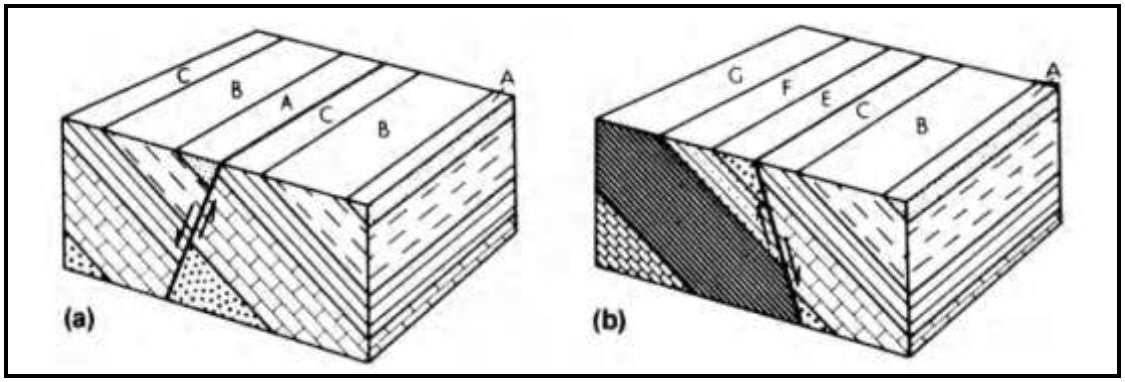
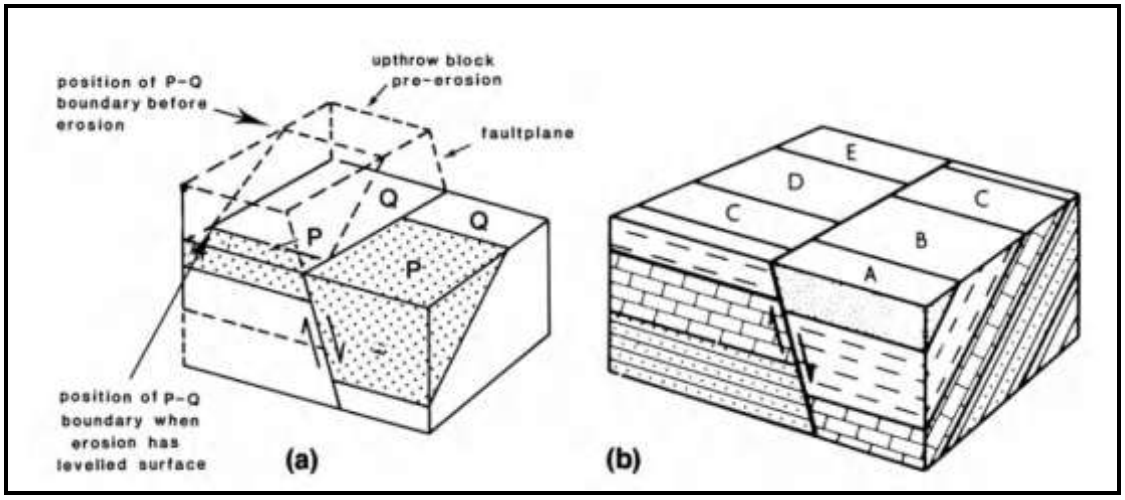


Figure 4.10 A. Thrust fault resulting in repeated section in a vertical drill hole. B. Normal fault resulting in missing section in a vertical drill hole.

صورة توضح ظاهرة التكرار والحذف في القطاع الرأسي



صورة توضح ظاهرة التكرار والحذف في القطاع الافقي



صورة توضح الازاحة الظاهرية نتيجة تأثير الفالق وعمليات التعرية

6 - الإنتهاء المفاجئ لأي ظاهرة جيولوجية

الانتهاء المفاجئ للظواهر والتراكيب الجيولوجية يعد من الشواهد الدالة علي وجود صدع ومثال علي ذلك الانتهاء المفاجئ لعرق من الكوارتز مثلا أو انتهاء لجدة أو شق عند خط واحد ومن الأمثلة ايضا وجود بتر فجائي في التركيب الداخلي لسلسلة من الجبال كما في حالة بتر الطيات المكونة لجبل أو لسلسلة من الجبال.

7 - وجود المزارع وابار المياه والينابيع علي خط واحد

وجود عدد كبير من الينابيع في خط مستقيم أو قريب من المستقيم عند سفح جبل وخاصة اذا كانت المياه حارة فذلك دلالة علي وجود نطاق ضعف غالبا مايكون مرتبطا بالتصدع ترتفع عنده المياه. وكذلك وجود الاشجار علي خط واحد يدل علي وجود الصدع كما في منطقة وادي سربال الموجودة بالقرب من واحة فيران بجنوب سيناء.

8 - باستخدام الصور الجوية

يمكن في كثير من الأحيان التعرف علي الصدوع باستخدام الصور الجوية. ويمكن ملاحظة الملامح الطبوغرافية المختلفة التي تعبر عن الصدوع وعن معظم التراكيب الجيولوجية الاخري باستخدام الصور الجوية حيث تظهر بصورة أكثر وضوحا مقارنة بالملاحظة علي الطبيعة بالطرق التقليدية وخصوصا التراكيب الكبيرة الامتداد والتي تمتد لكيلومترات.

9 - انعكاس التصدع علي طوبغرافية المنطقة

تترك بعض الصدوع التي تصل الي السطح أثرها علي طوبغرافية المنطقة التي تظهر فيها. ويعتمد دوام المعالم الطبوغرافية الناتجة عن الصدوع علي عدة عوامل أهمها الزمن ومقاومة الصخور للتعرية. فالصدوع المعمرة التي لم تتجدد حركتها خلال عصور جيولوجية طويلة يقل أثرها علي طوبغرافية المنطقة بالتدريج الي أن يمحي تماما نتيجة فعل عوامل التعرية خلال الأحقاب الجيولوجية. أما الصدوع الحديثة نسبيا فان أثرها عادة ما يكون واضحا علي المعالم الطبوغرافية في

المنطقة التي توجد بها مثل هذه الصدوع. ولا يحد من فعل الزمن الطويل الا مقاومة الصخور لعوامل التعرية. ولهذا فان الصخور الصلبة يظل الاثر الطوبغرافي لها واضحا حتي بعد انقضاء أجال طويلة علي حدوثها.

الفواصل Joints

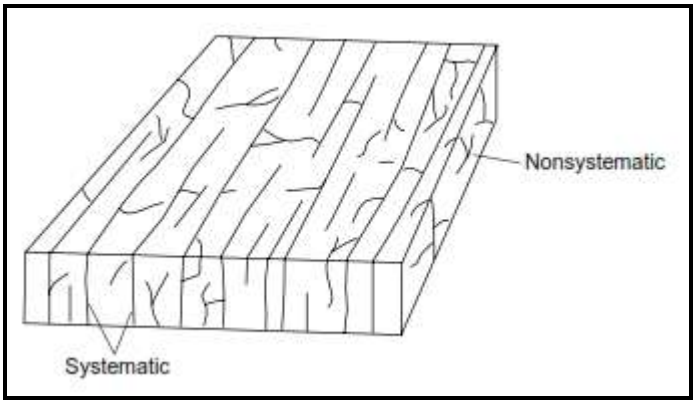
هي نوع من الكسور التي لم يتحرك حائطي كل منهما بالنسبة لبعضهما البعض. معظم الفواصل لها أسطح مستوية تقريبا ولكن بعض الفواصل تكون أسطحها مقوسة. وهناك نوع اخر من الكسور التي تشبة الفواصل ولكنها تختلف عنها في أن حوائطها تباعدت عن بعضها البعض تسمي الشقوق وهي كثيرا ما تمتلئ بمعادن مثل الكالسيت والكوارتز والبيريت نتيجة عمليات المعدنة وتسمي في هذه الحالة العروق.

صورة لتوضيح الفواصل

صورة توضح العروق

الفواصل عادة لها فراغات منتظمة وهذا الانتظام يعتمد علي كل من الصفات الميكانيكية للصخور نفسها أو علي سمك الطبقة ضمن الكتل الصخرية. يقاس اتجاه وميل الفاصل بنفس الطريقة التي تقاس بها الطبقة. دراسة اتجاه الفواصل وتركيزها له أهمية بالغة عند اقامة المشاريع الهندسية خصوصا بناء السدود والمناجم.

والفواصل إما أن تكون متماثلة أو غير متماثلة. والفواصل المتماثلة يكون لها أسطح هندسية مستوية وتكون هذه الأسطح متوازية والمسافات البينية لها متساوية أما الفواصل الغير متماثلة تكون ذات اتجاهات غير منتظمة والمسافات البينية لها غير متساوية.



صورة توضح الفواصل المتماثلة Systematic والغير متماثلة Nonsystematic

تكوين الفواصل

تتكون الفواصل في الصخور الصلدة عندما يجتاز الاجهاد مقاومة الصخور الهشة حيث تتكسر الصخور اذا ما تعرضت لاجهاد عالي. تنشأ من الاجهادات المتباينة نوعين من الفواصل: الأول الفواصل الشدية Extension Joints وفيه تكون الحركة النسبية عمودية علي جدران الشقوق. أما النوع الثاني فهو الفواصل القصية Shear Joints وفيه تكون الفواصل موازية لمستويات القص.

أنواع الفواصل

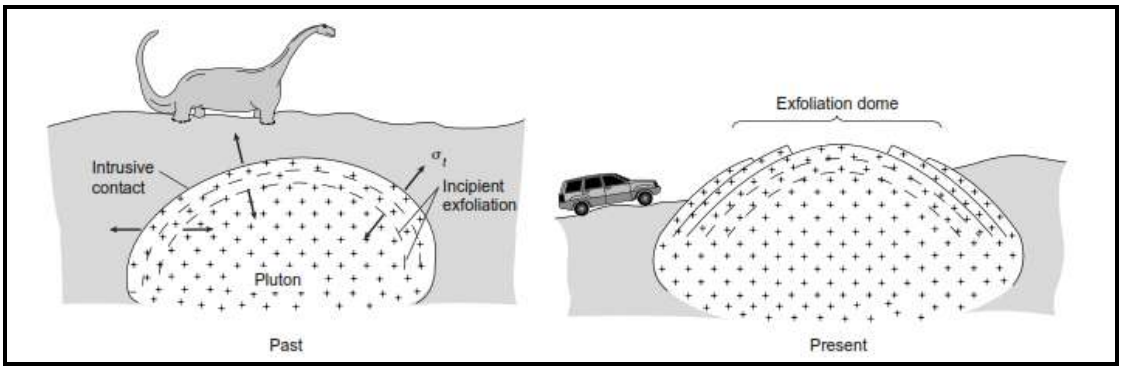
تصنف الفواصل بالاعتماد علي العمليات التي أدت الي تكوينها

1-الفواصل التكتونية Tectonic Joints: تتكون هذه الفواصل نتيجة الاجهادات العالية المؤثرة علي الصخور حتي تصل لنقطة الكسر والانهيار وهي غالبا ما تكون مقترنة بتكون الفوالق .

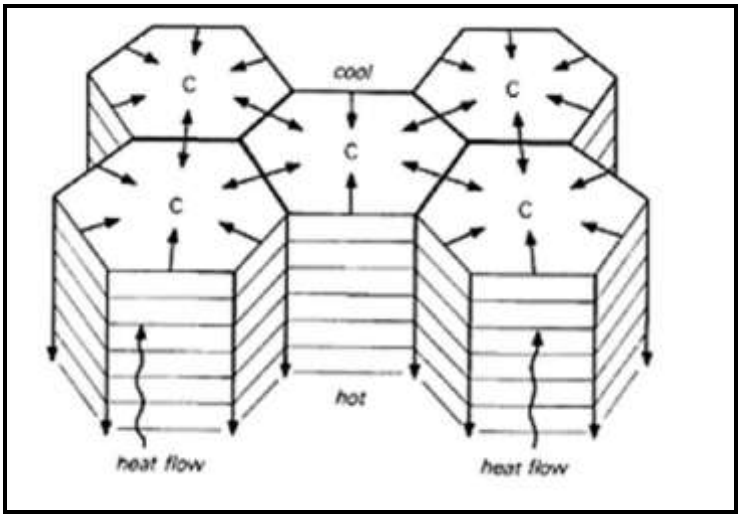
2- فواصل ازالة الأحمال Unloading Joints: تتكون هذه الفواصل عندما ترتفع الصخور لاعلي نتيجة عمليات الرفع أو التعرية وبزوال الصخور العليا يقل الثقل الضاغط علي الصخور مما يسمح لها بالتمدد فتتكون الفواصل.

3-فواصل التصفح Exfoliation Joints: وهي حالة خاصة من فواصل ازالة الحمل تكون موازية لسطح الارض وترتبط هذه الفواصل بالصخور النارية الجوفية أكبر.

4-فواصل التبريد Cooling Joints: وتتكون هذه الفواصل بسبب تبريد الكتل الصخرية الساخنة وخصوصا المتداخلات النارية القاعدية السطحية وهذا النوع من الفواصل يقسم الصخر الي أعمدة خماسية او سداسية ويطلق عليه اسم الفواصل العمدانية.



صورة توضح تكون فواصل التصفح



شكل يوضح هندسة وتكوين الفواصل العمدانية

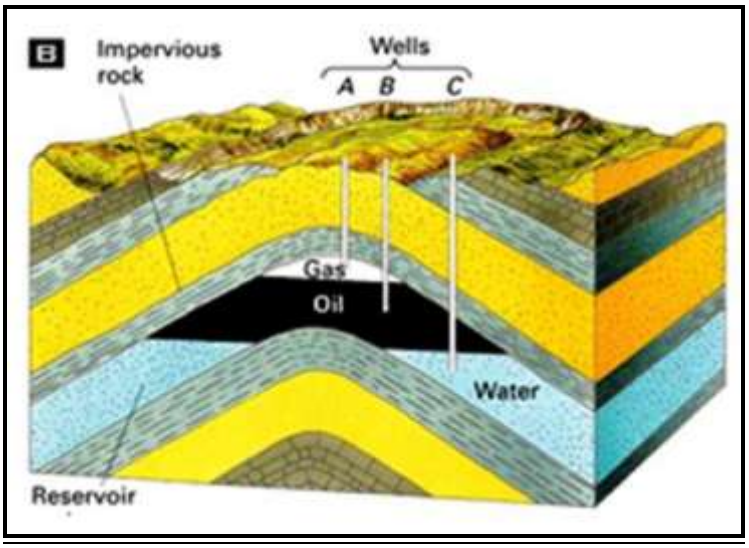
صورة توضح الفواصل العمدانية

الأهمية الاقتصادية للتراكيب الجيولوجية

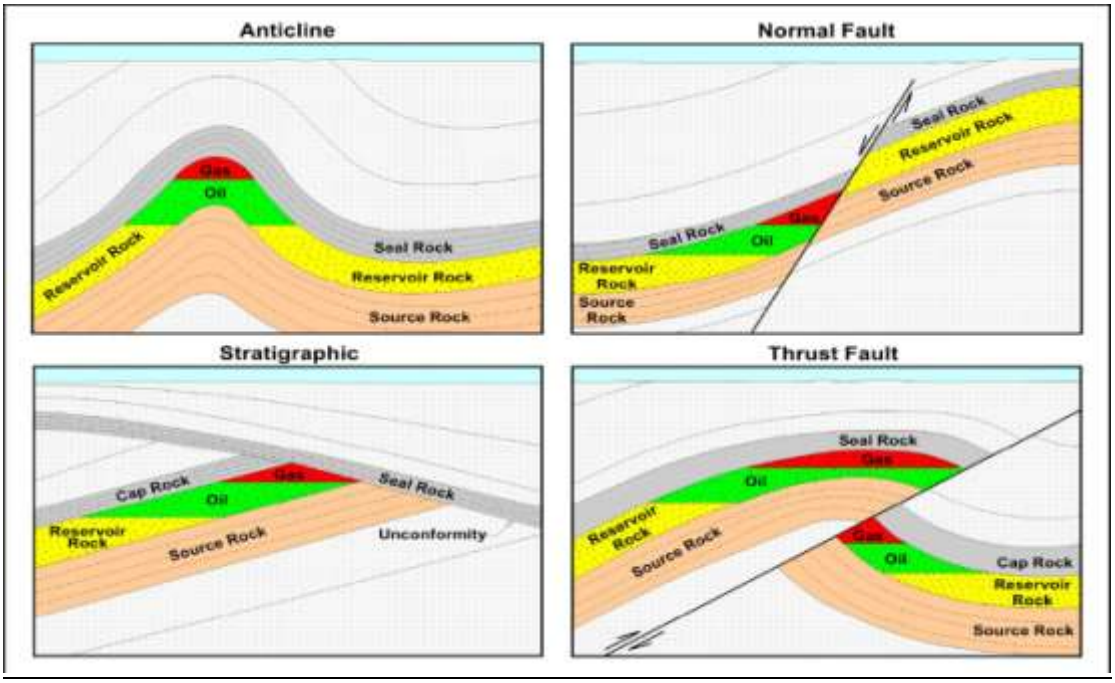
1 - البترول

بعض التركيب الجيولوجية تعتبر مصائد يتجمع فيها البترول والغاز الطبيعي عند توافر بعض الظروف كوجود صخر منفذ يصلح كمستودع أو خزان وصخر غطاء غير منفذ يحبس البترول ولايسمح بهجرتة ومن التراكيب التي تعتبر مصائد مهمة للبترول ما يلي:

الطيات المحدبة والقباب الملحية والطيات الاختراقية والفوالق والتركيب المقفلة التي تكونت بواسطة الطي والتصدع معا وعدم التوافق



صورة توضح الطية المحدبة كمصيدة بترولية



صورة توضح تراكيب جيولوجية مختلفة كمصائد بترولية

2 - **المياة الأرضية**

هناك نوعان من المياه الأرضية: المياه الحرة Free Water والمياه المحبوسة Confined Water وتوجد المياه الحرة في الصخور المنفذه التي لا يحدها صخور منفذه علي الأقل من الناحية العليا ويتحكم في شكل السطح العلوي للمياه الحرة (مستوي الماء الأرضي) وحركتها المعالم الطبوغرافية. أما المياه المحبوسة فهي توجد في طبقات منفذه تسمي خزانات المياه Aquifer يحدها عادة من أسفل ومن أعلي طبقات غير منفذه لا تسمح بتسرب المياه من الخزان. والبئر الذي يحفر حتي يصل الي طبقة حاملة للمياه ثم ترتفع المياه فيه حتي تصل الي السطح أو الي مستوي أعلي من مستوي الحفر الذي قابل المياه يسمي بئرا ارتوازيا. ومن التراكيب المناسبة لوجود المياه الارتوازية ما يسمي بالحوض الارتوازي وهو عبارة عن طية مقعرة أو حوض تظهر حولة طبقة المستودع في مكان أو أكثر يمكن أن تستمد منه المياه. وللصدوع أيضا أهمية في تكوين بعض خزانات المياه الحرة والمحبوسة. فقد توقف الصدوع سريان المياه الارضية اذا تسببت في رفع صخور غير منفذه لتعترض سبيل المياه وتؤدي الي

تراكمها خلف الصدع في الخزان. وقد تم ذكر أن وجود عدد من اليانبيع في خط منتظم قد يوحي بأن هذه الينابيع تتبع خط صدع.

3 - <u>رواسب الخامات</u>

تلعب الصدوع دورا رئيسيا في تكوين الكثير من الخامات المعدنية وفي طريقة استغلالها واماكن استغلالها. فبالاضافة الي ان عددا من الرواسب المعدنية توجد في الصدوع ذاتها أو بالقرب منها فان الصدوع تعمل كمجاري تسري من خلالها المحاليل الممعدنة لتصل الي الاماكن التي تترسب فيها. وكما أن للصدوع أهميه كبري في تكوين الرواسب المعدنية وتحديد اماكن وجودها ، فانها تؤثر علي قيمتها الاقتصادية من ناحية أخري. وتعتبر الكسور أيضا من التركيب المهمة لترسيب الخامات الاقتصادية كالنحاس والنيكل والقصدير والذهب. حيث تكون أنواع الكسور المختلفة أماكن صالحة لتخلل المحاليل الممعدنة. وقد تترسب المعادن في الكسور ذاتها.

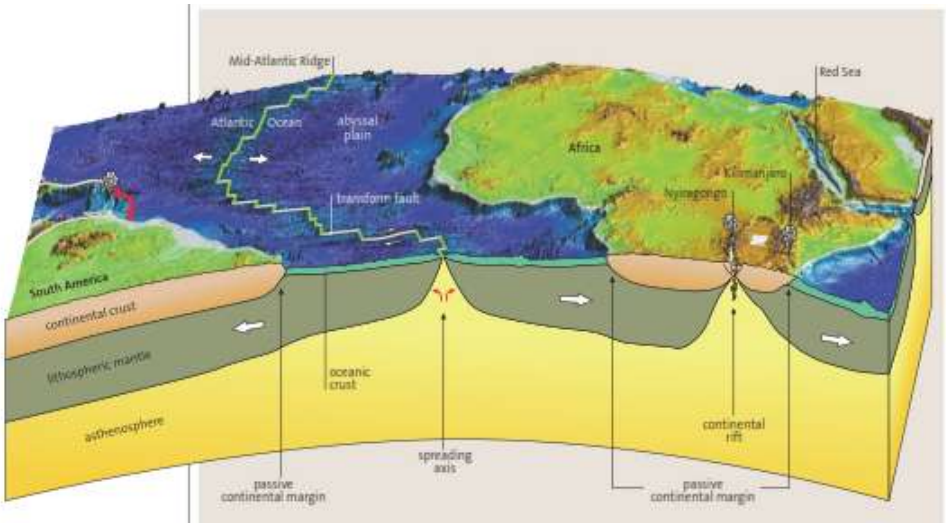
وتعتبر القباب الملحية من التراكيب الجيولوجية الهامة لاستخراج الملح نظرا لاحتوائها علي كميات هائلة من ملح الطعام بالاضافة الي ارتباطها بخام الكبريت.وتوجد أكبر رواسب للكبريت في ولاية تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية مرتبطة بالقباب الملحية.

التراكيب العالمية Global Structures

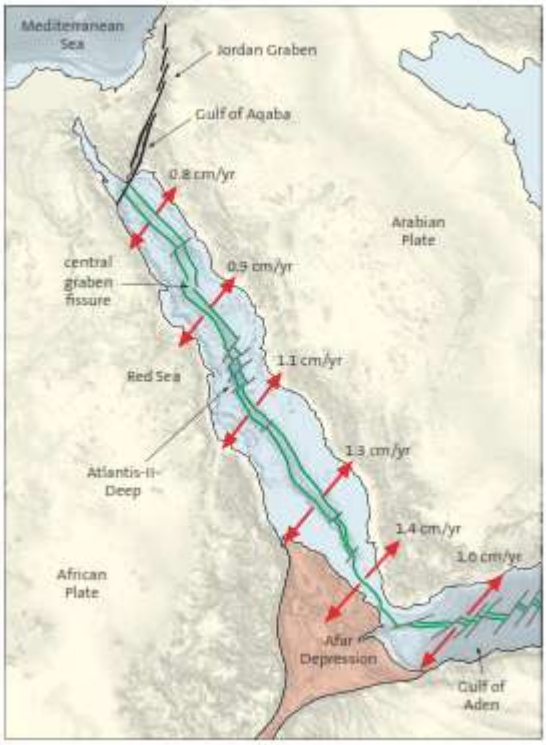
<u>تراكيب الحدود الفاصلة البناءة</u>

في هذه الحدود تتحرك الألواح بعيدا عن بعضها البعض، وذلك من الممكن أن يحدث في وسط المحيط أو وسط القارات. ومن المظاهر الجيولوجية أو التكتونية لهذه الحركة السلاسل الجبلية وسط المحيط. ومن ناحية أخري فإن الحركة التباعدية التي تحدث في وسط القارات تتميز الألواح المتباعدة في هذه الحالة بشقوق وتصدعات (Rift) وعمليات صعود ماجما بازلتية وكذلك عمليات رفع للقشرة الأرضية (Uplift) وخلال عمليات التصدع تحدث استطالة وتناقص في السمك للقشرة الأرضية نتيجة لاندفاع الماجما من طبقة الوشاح العلوي وضغطها

المستمر علي القشرة حتي تنقسم في نهاية الأمر إلي صفيحتين وبعدها وباستمرار خروج الماجما البازلتية تتكون قشرة محيطية ويتكون بحر ضيق يتوسع بعدها ليتحول إلي محيط واسع ومن أشهر الأمثلة علي ذلك تكون البحر الأحمر ومن الأمثلة علي ذلك أيضا صدع وادي أفريقيا (African Rift Vallyes) والذي ينبأ عن تفتق قارة أفريقيا في المستقبل. ومن أشهر التراكيب المميزة للحدود الفاصلة البناءة نطاق عفار في أثيوبيا. وهذا النطاق يمثل نقطة التقاء ثلاثة أخاديد وهي البحر الأحمر وخليج عدن وصدع وادي أفريقيا. والتراكيب التي تصاحب الحدود البناءة هي صدوع شدية وانبثاقات بركانية في صورة جدد.

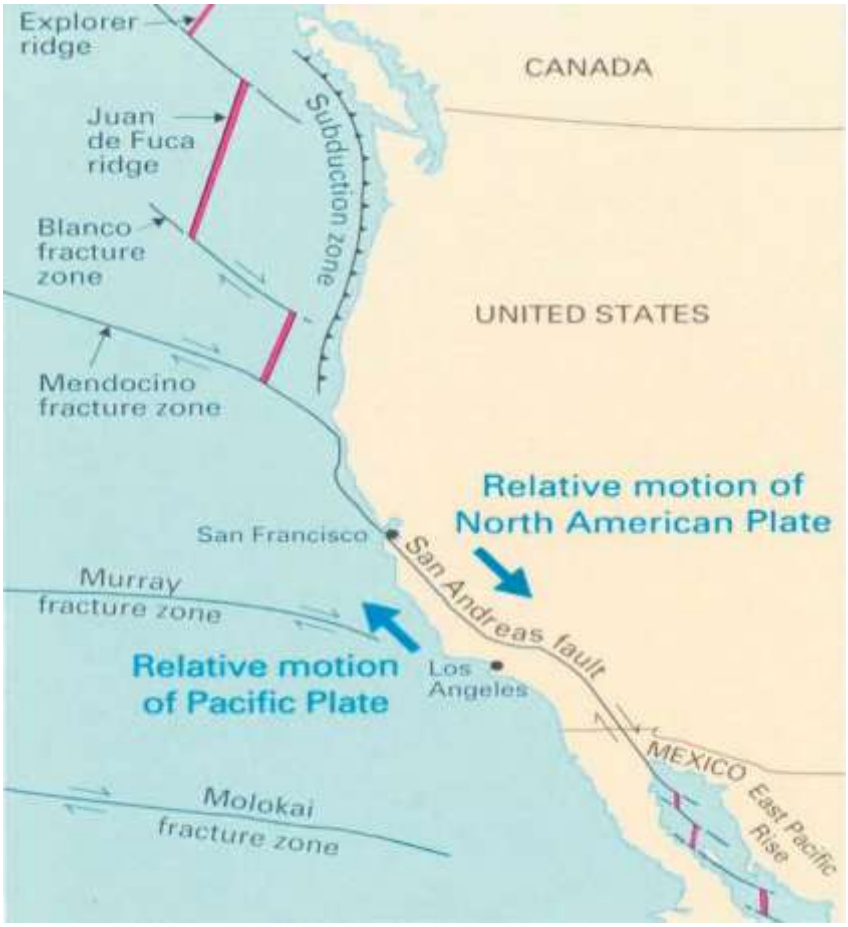


نشأة البحر الأحمر والصدع الأفريقي نتجة الحركة التباعدية وسط القارات.



تراكيب الحدود الفاصلة المحافظة

في هذا النمط من حدود الألواح لا يحدث تباعد أو تصادم للألواح ولكنها تتحرك بمحاذاة بعضها البعض في اتجاهين متضادين علي طول صدوع تسمي الصدوع الانتقالية Transform Faults وفي هذه الحالة لا يتكون غلاف صخري جديد كما هو الحال في وسط المحيطات وأيضا لايتم استهلاك الغلاف الصخري كما هو الحال في مناطق الانضواء. ومن أمثلة هذة المناطق وأشهرها صدع سان أندرياس بولاية كاليفورنيا الأمريكية.

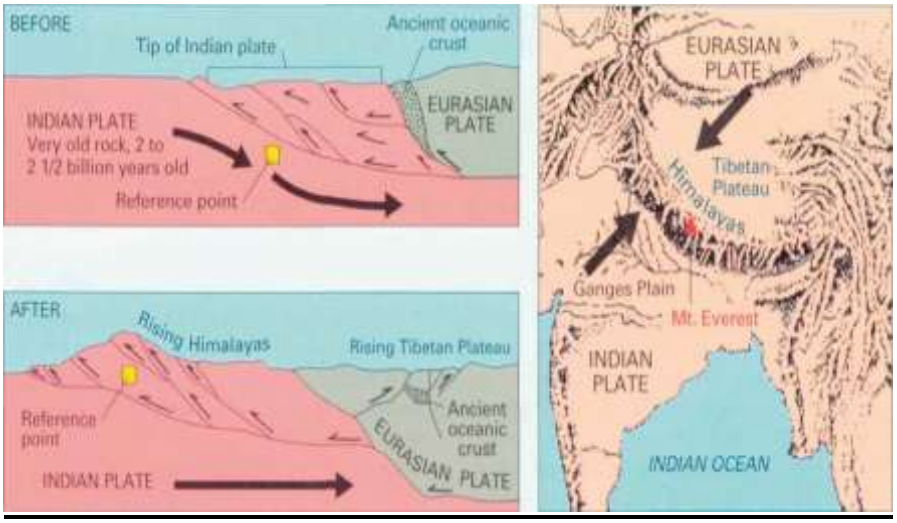


صورة توضح نشؤ صدع سان أندرياس من انزلاق صفيحة أمريكا الشمالية جنوبا بالنسبة لصفيحة المحيط الهادي شمالا

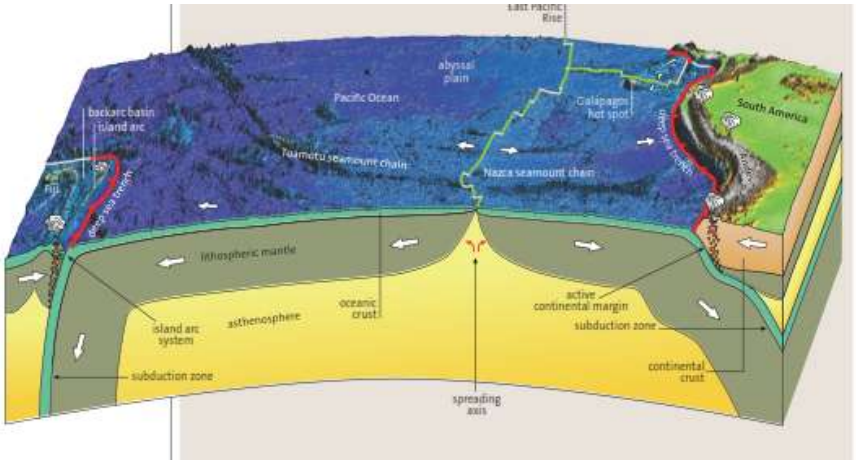
تراكيب الحدود الفاصلة الهدامة

تتكون الحدود في هذا النوع عندما يتحرك لوحان في اتجاه بعضهما البعض ويصطدمان، ويحدث التصادم اما بين صفيحتين قارتين أو صفيحتين محيطيتين او صفيحة قارية والأخري محيطية وتتميز مناطق هذه التصادمات بوجود الفوالق العكسية. عندما يتصادم لوحان قاريان ويؤدي اصطدامهما معا لتكوين أحزمة من السلاسل الجبلية المطوية والمتأثرة أيضا بصدوع الدسر Folded-thrust mountain belt علي طول نطاق التصادم. ومن أمثلة ذلك التصادم سلسلة جبال الهيمالايا وهضبة التبت وكلاهما تكون نتيجة اصطدام اللوح الهندي واللوح الأوراسي. وعند اصدام لوحين محيطيين ينضوي أحدهما تحت الأخر وينتج عن ذلك تكون

الأخاديد البحرية في قاع المحيط. وعند تصادم لوح قاري مع لوح محيطي ينزلق ويغوص اللوح المحيطي أسفل اللوح القاري وذلك بسبب كثافتة المرتفعة مقارنة باللوح القاري وتعرف منطقة الغوص هذه بنطاق الانضواء Subduction Zone وفيها ترتفع درجة حرارة اللوح المحيطي تدريجيا وتتم عملية تحول ثم يتبعها انصهار جزئي واستهلاك لطرف الصفيحة المحيطية مما يكون براكين وجزر بركانية. ومن أبرز السمات الجيولوجية علي الحواف القارية عند منطقة التصادم تكون سلاسل جبلية متاثرة بعمليات طي وفوالق دسر وتحول للصخور نتيجة للحراة والضغط في الأعماق ومن أشهر الأمثلة علي ذلك تكون سلاسل جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية.



صورة توضح تكون جبال الهيمالايا



صورة توضح تكون جبال الأنديز

قائمة المراجع

فارس، محمد ابراهيم، ويوسف، مراد ابراهيم (.....): الجيولوجيا التركيبية وتطبقاتها الاقتصادية.

هميمي، زكريا (2006): أصول الجيولوجيا البنائية.دار هبة النيل العربية، القاهرة ، مصر

عطاالله، ميشيل كامل(2009): أساسيات الجيولوجيا. دار المسيرة،عمان، الأردن.

العمري، عبدالله محمد، محمد، عادل كامل (2020): الجيولوجيا العامة، الجمعية السعودية لعلوم الأرض، الرياض، السعودية.

Ben A. van der Pluijm and Stephen Marshak (2004): Earth Structures, W. W. Norton& Company New York. London.

Bennison. G. M(1990): An Introduction toGeological Structures and Maps, New York. London.