



كلية التربية



قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية



جامعة جنوب الوادي

محاضرات في الجيومورفولوجيا

إعداد

أ.د. إبراهيم دسوقي محمود د. أحمد عبدالفتاح أبو حديد

مدرس الجغرافيا الطبيعية
ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد
كلية الآداب - جامعة جنوب الوادي

أستاذ الجغرافيا التاريخية
وعميد كلية الآداب سابقاً
جامعة جنوب الوادي

جامعة جنوب الوادي

بيانات الكتاب	
جامعة جنوب الوادي	الجامعة
التربية	الكلية
جيومورفولوجيا	اسم المقرر
٣٠٨ أ.دج	كود المقرر
الثالثة	الفرقة
الجغرافيا	الشعبة
٢٠٢٣ م	تاريخ النشر
٢٠٠ صفحة	عدد صفحات الكتاب

جامعة جنوب الوادي

موضوعات المقرر

تتوزع موضوعات المقرر علي النحو التالي :

رقم الصفحة	موضوعات المقرر
١ - ٤	فهرس المحتويات وطريقة تقييم الطلاب في المقرر
١٨ - ٥	الفصل الأول: علم الجيومورفولوجيا وتطوره
٣٥ - ١٩	الفصل الثاني: صخور القشرة الأرضية
٤٩ - ٣٦	الفصل الثالث: الزلازل والبراكين ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض
٦٦ - ٥٠	الفصل الرابع: الصدوع والطيات ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض
٧٧ - ٦٧	الفصل الخامس: التجوية ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض
١٠٦ - ٨٧	الفصل السادس: الرياح ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض
١٤٣ - ١٠٧	الفصل السابع: التعرية الفيضية وأثرها في تشكيل ملامح سطح الأرض
١٥٢ - ١٤٤	الفصل الثامن: جيومورفولوجية الكارست
١٧٥ - ١٥٣	الفصل التاسع: جيومورفولوجية السواحل
١٨٤ - ١٧٦	الفصل العاشر: جيومورفولوجية الجليد
١٩٩ - ١٨٥	الفصل الحادي عشر: الجيومورفولوجيا التطبيقية
٢٠٠	المراجع جنوب الوادي

أهداف المقرر

يستطيع الطالب بنهاية هذا المقرر أن:

- يفهم المعارف الأساسية لعلم الجيومورفولوجيا وتطوره.
- يستوعب المعلومات الجغرافية المعرفية عن الأشكال التضاريسية المختلفة.
- يتعرف على أنواع الصخور، ويفهم دورة الصخور في الطبيعة.
- يناقش العمليات والأشكال التكتونية وأثرها في تشكيل ملامح سطح الأرض.
- يتعرف على عمليات التجوية ودورها في تشكيل مظاهر سطح الأرض.
- يتعرف على التعرية الفيضية وأثرها في تشكيل ملامح سطح الأرض.
- يبين نماذج حركة الرياح وعلاقتها بنشأة وخصائص الكثبان الرملية بأنواعها المختلفة.
- يتعرف على الأشكال الجيومورفولوجية الكارستية.
- يتعرف على الأشكال الجيومورفولوجية الساحلية.
- يناقش دور الجليد في تشكيل ملامح سطح الأرض.
- يتعرف على ظاهرات سطح الأرض المختلفة في الحقل، وتتبع مراحل تكوينها من بداية نشأتها إلى صورتها الحالية.
- يحدد الأخطار الجيومورفولوجية وطرق تفاديها.
- يجري مجوئاً تطبيقية عن الأخطار والأشكال الجيومورفولوجية المختلفة.

جامعة جنوب الوادي



الفصل الأول
علم الجيومورفولوجيا
وتطوره

جامعة جنوب الوادي

الفصل الأول

علم الجيومورفولوجيا وتطوره

أولاً: تعريف علم الجيومورفولوجيا:

تتكون كلمة الجيومورفولوجيا *Geomorphology* من ثلاثة مقاطع

يونانية، وهي:

Geo

الأرض

Morpho

شكل

Logy

علم

وبذلك نجد أن الكلمة حرفياً تعني علم دراسة شكل الأرض، وعلم

الجيومورفولوجيا هو فرع من فروع الجغرافيا الطبيعية الذي يهتم بدراسة شكل

الأرض ويهدف إلى دراسة قصة التغيرات التي طرأت على سطح الأرض خلال

الآزمنة والعصور الجيولوجية ، وذلك عن طريق تحليل الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية.

يقصد بعلم الجيومورفولوجيا كما جاء في قاموس وبستر *Webster* هو

ذلك الفرع من فروع الجغرافيا الطبيعية الذي يهتم بدراسة شكل الأرض

وتضاريس سطحها، وتوزيع الياوس والماء .. الخ ، ودراسة قصة التغيرات على

سطح الأرض خلال الأزمنة والعصور عن طريق تحليل الصور والخرائط

واستخلاص النتائج من هذا التحليل.

وقد عرف بنك *Penck* علم الجيومورفولوجيا بأنه العلم الذي يدرس

أشكال الأرض من حيث النشأة والشكل . وبذلك فالجيومورفولوجيا ليست مجرد

فرع من فروع الجغرافيا ، بل هي الفرع الأساسي لعلم الجغرافيا، حيث أن جميع

الأحداث والظواهر الأخرى على سطح الأرض تتصل اتصال مباشر بسطح

الأرض والذي يوضح هذه الظواهر هو البحث في الجيومورفولوجيا، فمثلا رغم وجود الغلاف الجوي والذي يحكمه قوانين خاصة إلا أن عناصره وظواهره المناخية مثل الحرارة والرياح والأمطار تتصل اتصال وثيق بالظواهر الجيومورفولوجية.

ومن هنا نجد أن الجيومورفولوجيا كما قال العالم بنك *Penck* هي جوهر الجغرافيا وروحها، لأن الجيومورفولوجيا تدرس المجالات الطبيعية للكرة الأرضية، وبذلك تدرس الجيومورفولوجيا جميع معالم سطح الأرض من محيطات وقارات إلى جبال وتلال وأحواض ووديان وسواحل وغيرها. والهدف من ذلك هو التعرف على شكلها وظروف نشأتها والعوامل التي اشتركت في تشكيلها وتتبع مراحل تطورها.

ثانياً: تطور علم الجيومورفولوجيا:

لقد تنبه الإنسان منذ القدم بأشكال سطح الأرض، ونظر إلي تباينها من حيث الشكل والحجم والتوزيع الجغرافي، فقد رأى أن هناك يابس وماء وجبال وسهول، وقارن بين أحجام الأشكال الجيومورفولوجية فمع سيره علي اليابسة رأى السلاسل الجبلية الممتدة والأنهار التي تجري لمسافات طويلة، وفي المقابل رأى التلال المنعزلة والكثبان الرملية صغيرة الحجم. أما من حيث التوزيع الجغرافي رأى أن الأشكال الجيومورفولوجية التي تتوزع في الصحاري الحارة لا تتوزع في المناطق الرطبة.

لقد بدأت الإرهاصات الأولى للعلم في القرن الثامن عشر علي يد المهندسين والجيولوجيين الذين تنبهوا إلي ديناميكية أشكال سطح الأرض عندما واجهتهم بعض المشكلات عند شق الطرق والقنوات، فقد توصل المهندس بول

دي بويز *Paul Du Boys* إلى العلاقة بين حجم الحبيبات التي يحملها النهر وسرعة التيار المائي.

يتضح مما سبق أن ميلاد علم الجيومورفولوجيا كان علي أيدي المهندسين والجيولوجيين، ولم يكن للجغرافي دور واضح، بل اقتصر دوره - مثله في ذلك مثل دور المؤرخ - علي معرفة الأنهار والبحيرات والمرتفعات والمنخفضات وتوقيعها علي الخرائط.

(1) في العصور القديمة:

يحسن بنا قبل البدء في دراسة موضوعات علم الجيومورفولوجيا أن نبين أن هذا النوع من الدراسة قد بدئ في الاهتمام به منذ عهد بعيد، إذ أن بعض الظواهر الطبيعية وحركة المد والجزر ، والثورات البركانية حفزت فلاسفة الإغريق والرومان ومفكريهم إلى التأمل في طبيعتها وكنها فنجد كتابات أرسطو تعكس بوضوح هذه النزعة التأملية ، فقد كان يعتقد مثلاً أن لمياه الآبار ثلاثة مصادر :

- أ - مياه الأمطار التي تتسبب سفلياً في باطن الأرض .
- ب-المياه التي تكونت داخل الأرض نتيجة تكاثف بخار الماء الساخن الذي يوجد في باطنها والذي يبرد عند اقترابه من سطحها .
- ج -المياه التي تخزن في الصخور ولا تعرف مصادرها .

كما كان يعتقد بأن سقوط الأمطار يؤدي إلى تكوين مسيلات مائية مؤقتة ، وفي رأيه أن المياه الجوفية هي المسئولة إلى حد كبير عن جريان مياه الأنهار جريانا مستديما ، وكل هذه التخمينات التي وصل إليها أرسطو عن طريق التأمل لا تختلف كثيراً عما وصل إلى العلماء في العصر الحديث. كما

نجد أن بوليبيوس *Pollybius* يهتم بدراسة كيفية تكون دالات الأنهار وكيف أن الأنهار تنحت أوديتها نحتاً بطيئاً . كما يعتبر بوسيدونيوس *Posodoni* من أحسن الجغرافيين الطبيعيين في بلاد الإغريق، فقد درس ظاهرة المد والجزر عند قادس في البحر المتوسط ، كما قام بقياس أعماق هذا البحر بالقرب من ساحل جزيرة سردينيا.

لم تخل كتابات هيرودت من معلومات جيومورفولوجية، فقد وضح مثلاً أهمية الفيضان السنوي لنهر النيل في تجديد خصوبة أراضي مصر الزراعية، كما لاحظ وجود بعض أنواع من الصدف والمحار في أعلى المرتفعات في جهات متفرقة من أرض مصر ، وعزا وجودها إلى أن البحر في وقت من الأوقات كان يغطي معظم أنحاء مصر السفلى. وسترابون الذي جاب أنحاء مصر وإيطاليا واليونان وآسيا الصغرى ، ووصل في مصر جنوباً حتى مدينة أسوان، قد ذكر أمثلة عديدة لتعرض اليابس في أنحاء كثيرة لحركات مختلفة من الارتفاع والهبوط ، ومن الفلاسفة الذي نحوا منهجاً جغرافياً طبيعياً الفيلسوف سنكا الذي قام بدراسة الزلازل واعتقد أنها ناجمة عن تفاعل الرياح وتصارعها في باطن الأرض .

(٢) في العصور الوسطى وبداية عصر النهضة :

ما أن انتشرت الاضطرابات والفوضى بعد ذلك في أنحاء الإمبراطورية الرومانية الغربية ، حتى اختفت المعرفة الجغرافية وتلاشت من عقلية الأوروبيين لفترة طويلة حمل فيها العرب شعلة العلوم والفنون في وقت كانت فيه أوروبا غارقة في ظلمات الجهالة . فقد درس ابن سينا كيفية تكون الجبال وقسمها من حيث النشأة إلى قسمين: جبال تكونت نتيجة حركات رافعة كتلك التي تصاحب

الزلازل، وجبال عملت المياه الجارية والرياح على تشكيلها وتغيير معالمها. فكانه بهذا كان أول من أشار إلى وجود جبال التعرية .

وكان ابن سينا من المؤمنين بأن عملية النحت تتم ببطء شديد للغاية ، وتستغرق وقتاً طويلاً لكي تتم ، وهنا يجدر بنا بأن نذكر أن الفكرة التي كانت تسطير على العقول فيما يتصل بنشأة التضاريس الأرضية إبان القرنين السادس عشر والسابع عشر ، كانت ترجع التضاريس الأرضية إما أنها خلقت كما هي عليه ، أو إلى عوامل فجائية أحدثت تغيرات جوهرية سريعة في سطح الأرض. ويمثل هذا الاحتمال الأخير أساس مبدأ ذاع وانتشر إبان هذه الفترة ألا وهو مبدأ الطفرة، ومفاده أن التغيرات الجيولوجية التي تتعرض لها الأرض تغيرات سريعة وفجائية، وأن عمر الأرض لا يعدو بضعة آلاف من السنين.

(٣) في العصور الحديثة :

استمرت هذه الاعتقادات تسيطر على عقول الناس حقبة من الزمن ليست قصيرة حتى قيض الله لعلم الجيولوجيا عالماً وضع أسسه وأرسى قواعده وهو الجيولوجي الاسكتلندي جيمس هاتون *J. Hutton* ، الذي تعد أرائه بمثابة نقطة تحول خطيرة في الدراسة الجيولوجية ، ولهذا يحسن أن تقسم تطور العلم في الفترة الحديثة إلى ثلاث مراحل على اعتبار أن الفترة التي ظهر فيها هاتون هي الفترة القياسية التي وضعت فيها كل أسس العلم :

Pre-Huttonian period

مرحلة ما قبل هاتون

Classical era Huttonian

مرحلة هاتون

Post-Huttonian Period

مرحلة ما بعد هاتون

أما المرحلة الأولى فقد كانت مرحلة طويلة استمرت زهاء ثلاثة قرون ، ولا يتسع المجال لذكر كل أسلاف هاتون الذين أضاءوا له السبيل ومهدوه ، بل يكفي أن نذكر منهم: العالم الايطالي الفنان ليوناردو دافنشي الذي برع في العلوم الطبيعية إلى جانب نبوغه في الفن ، فهو الذي وضع كيف أن المجاري المائية هي التي تشق أوديتها وهي التي تنقل المفتتات الصخرية من مكان إلى آخر ، وتعتبر لهذا هي العامل الأساسي في تشكيل تضاريس قشرة الأرض ، كما أنه كان أول من بين بجلاء ووضوح الأصل العضوي للحفريات وبقايا الحيوان والنبات مما يوجد في الصخور ، ففضى بذلك على الأفكار اللاهوتية التي كانت تقول بأن الحفريات تمثل محاولات للخلق من عمل الشيطان.

أما المرحلة الهاتونية فتعد مرحلة حاسمة في تطور علم الجيولوجيا ، إذ يعد جيمس هاتون واضع الأسس الأولى لهذا العلم ، فقد تقدم بفكرة جديدة كانت الأولى من نوعها هي: "أن الحاضر هو مفتاح لدراسة الماضي " وهي التي بنى عليها مبدأ التغير التدريجي البطيء ، ومفاده أن التغيرات الجيولوجية التي تعرض لها سطح الأرض قد تمت بطريقة تدريجية استغرقت فترات طويلة تقدر بملايين السنين ، وليس بالطرفة الفجائية .

وقد ظهرت آراء هاتون مفصلة في كتابه عن "نظرية الأرض" ، وقد توخى في هذا المؤلف القيم توضيح العمليات المختلفة التي أسهمت في الماضي ومازالت تسهم في الحاضر في تشكيل سطح الأرض وهذه العمليات لا تخرج عن كونها إما عمليات ميكانيكية أو كيميائية ، وتؤدي كلها في النهاية إلى نحت التضاريس وخفضها .

وقد ظهر أيضا في نفس الحقبة التي عاش فيها هاتون الجيولوجي بلايفير *Playfair* ، الذي درس النظم النهرية دراسة كانت الأولى من نوعها ، فهو يرى أن لكل نهر مجرى رئيسيا تغذيه روافد متنوعة تجري في مجاري يتناسب كل منها في اتساعه مع طول النهر الرئيسي وحجمه ، وتكون هذه المجاري كلها في النهاية نظاما نهريًا متكاملًا. ومثل هذه الأنظمة هي المسئولة عن وجود تلك الخطوط العميقة المحفورة على سطح الكرة الأرضية والتي تعرف بالأودية. ويمكننا القول بصفة عامة بأن معظم الأفكار الحديثة التي وضحت الكيفية التي يتم بها تشكيل سطح الأرض قد تضمنها كتاب نظرية الأرض لهاتون وهو الكتاب الذي اهتم فيه مؤلفه أيما اهتمام بدراسة عمليات النحت الجري والنهري .

أما المرحلة التالية لهاتون فقد ظهر فيها عدد غير قليل من الجيولوجيين نذكر منهم على سبيل المثال السير تشارلز لييل *Sir Charles Lyell* الذي كان من أشد المتحمسين لمبدأ التغيير التدريجي البطيء ، ولكنه عارض الرأي الذي نادي به هاتون ، وهو أن المجاري المائية هي التي تتحت أوديتها ، وذكر أنه من المحتمل أن يكون قد تم حفر الأودية النهرية الكبيرة بفعل الأمطار والمياه الجارية ، ولكن مما لا شك فيه أن بعض الحركات الباطنية تسهم هي الأخرى في زيادة سرعة عملية الحفر خلال بعض مراحل تكون هذه الأودية .

أما في الولايات المتحدة فقد ظهر عدد كبير من الجيومورفولوجيين منهم "باول *Powell* وجلبرت *Gilbert* وقد اهتم باول *Powell* بتصنيف التضاريس الأرضية على أساس عامل التركيب الجيولوجي، كما قام بدراسة منطقة الانكسارات في هضبات كولورادو ، ومنطقة في جنوب غرب الولايات

المتحدة ، وقسم أودية الأنهار إلى مجموعتين كبيرتين: أودية ترتبط ارتباطاً وثيقاً في شكلها واتجاهاتها بالطبقات التي تخترقها، وأودية أخرى تتشابه فيما بينها من حيث النشأة: فهناك أودية سالفة وأودية رئيسية وأودية منطبعة، وكل هذه المصطلحات شاع استخدامها بعد ذلك وأصبحت تستخدم حتى وقتنا الحالي. وقد كان باول أول من أطلق الاصطلاح المعروف بمستوى القاعدة *Base level* على المستوى الأدنى الذي تصل إليه عملية النحت التي لا بد أن تنتهي إليه إذا ما استمرت تعمل دون توقف ودون تدخل عوامل أخرى باطنية مما يؤدي إلي تحول المنطقة المتضرسة إلى سهل منخفض يعلو قليلاً فوق مستوى سطح البحر وهو السهل المنخفض *Peneplain*.

أما جلبرت *Gilbert* فيعد بحق أول جيومورفولوجي ظهر في الولايات المتحدة ، وقد اهتم بدراسة العمليات الجيومورفولوجية المعقدة سواء تلك التي تسببها العوامل الجوية أو المائية أو الجليدية أو الباطنية ، كما قام بدراسات طويلة في منطقة هضبة الحوض العظيم في الولايات المتحدة ، خرج منها بأن بحيرة جريت سولت ليك كانت خلال عصر البلايستوسين أكثر مساحة واتساعاً مما هي عليه الآن ، وقد أطلق على البحيرة البلايستوسينية القديمة اسم بحيرة بنفيل *Bonneville* وتعتبر دراسة جلبرت للشواطئ القديمة لهذه البحيرة أول دراسة جيومورفولوجية دقيقة.

ويمكننا أن نلاحظ من عرضنا السابق لتطور الدراسة الجيومورفولوجية أن الجيولوجيين وحدهم هم الذين احتكروا هذه الدراسة ، ولكن هذا لا يعني أن الجغرافيين لم يكن لهم نصيب في تطويرها. فمنذ بداية الاهتمام بعلم الجغرافيا كان الاتجاه الأول هو دراسة شتى المظاهر الأرضية، ويظهر هذا بجلاء واضح

في كتابات كانت *E. Kant* وهامبولت *Hambolt* وريتير *K. Ritter* الذين ضربوا بسهم وافر في تطوير الدراسة الجغرافية بالمعنى الذي نفهمه الآن ، بل كانت تدور حول الإنسان فنجد كانت مثلاً يعتبر الإنسان بمثابة أحد العوامل الخمسة التي تشكل في سطح الأرض ، إذ اعتبره متشابهاً في تأثيره على قدم وساق مع الهواء والمياه الجارية والجليد والنبات والحيوان ، وهذا دليل على أن الجغرافيا الطبيعية التي كانت تعرف خلال القرن الثامن عشر والنصف الأول من القرن التاسع عشر لم تكن طبيعية بالمعنى الذي نفهمه الآن ، أي تهتم بدراسة المظاهر الطبيعية الأرضية في حد ذاتها .

أما وليام موريس ديفز *Davis* فقد درس عملية النحت النهري وقسم مراحل التطور النهري إلى المراحل الثلاث المعروفة: مرحلة الشباب والنضج والشيوخة، وقد أطلق ديفز على هذه المراحل اسم دورة التعرية، وهي التي جعلت منه صاحب مدرسة جيومورفولوجية في الولايات المتحدة.

ثالثاً: ميدان علم الجيومورفولوجيا:

يدرس علم الجيومورفولوجيا أشكال سطح الأرض، ومن هنا يتضح لنا أن مجاله الأساسي هو دراسة قشرة الأرض والغلاف الصخري وقيعان المحيطات ، أي دراسة الغلاف الصخري، وينفرد هذا العلم بهذا المجال بحيث يقدم التصوير والتفسير الكامل لأشكال سطح الأرض ، ومن أهم الجوانب

التطبيقية للجيومورفولوجيا ما يلي :

- الكشف عن الثروات الطبيعية وتطوير المساحات الزراعية.
- دراسة أحواض الأنهار وبناء الخزانات والسدود المائية.
- دراسة انجراف وتعرية التربة بالمياه والرياح ومعالجة هذه المشاكل.

- تتبع تغير مجاري الأنهار والقنوات.
- دراسة الانهيارات والانزلاقات الأرضية ككوارث طبيعية ومواجهتها.
- استخدامه في النواحي العسكرية والحروب.
- دراسة التربة وأعماقها وصلاحيتها للإنتاج الزراعي.
- دراسة السواحل البحرية والموانئ وأثرها في الملاحة.
- عمل الخرائط الجيومورفولوجية لتطبيقها في شتى المجالات.
- استخدامه في دراسات البناء والطرق والسكك الحديدية.
- استغلال الصحاري والأراضي الجافة وشبه الجافة وتتبع العواصف الرملية فيها أثرها على نشاط الإنسان.

رابعاً: فروع علم الجيومورفولوجيا:

انقسم علم الجيومورفولوجيا في الوقت الحاضر إلى عدة فروع يختص كل منها بدراسة الظواهر الجيومورفولوجية من وجهة نظر معينة ،وأهم هذه الفروع ما يلي:

(أ) الجيومورفولوجية البنوية: *Structural Geomorphology* تهتم بدراسة أثر البنية والبناء في نشأة تضاريس سطح الأرض وتطورها ، كما يهتم هذا الفرع بإظهار أثر طبيعة الصخور وطباقيتها.

(ب) الجيومورفولوجيا المناخية: *Climatic Geomorphology* وقد ظهر

هذا الفرع بفضل المدرسة الجيومورفولوجية الفرنسية الحديثة التي اهتمت بدراسة العلاقة بين المناخ السائد وما ينتج منه من عوامل نحت وتعرية. وبناءً على ذلك فقد استنتج العلماء بأنه مشاهدة ظواهر جيومورفولوجية مميزة لكل إقليم مناخي ، وهكذا أمكن دراسة جيومورفولوجية المناطق

القطبية الجليدية، وجيومورفولوجية المناطق شبه الجليدية، وجيومورفولوجية المناطق الصحراوية الحارة وغيرها.

(ج) الجيومورفولوجيا الرياضية: *Statistical Geomorphology* هو الفرع الذي يستفيد من الطرق العلمية الحديثة وخاصة المنهج الكمي *Quantitative Method* الذي يعتمد على استخدام الطرق الرياضية الحديثة في مختلف الدراسات الجيومورفولوجية.

(د) الجيومورفولوجيا البيئية: *Environmental Geomorphology* هو الفرع الذي يهتم بدراسة العلاقة بين التربة واستخدام الأرض ، ودراسة المشكلات والمخاطر البيئية المرتبطة بالعوامل الجيومورفولوجية.

(هـ) الجيومورفولوجيا التطبيقية: *Applied Geomorphology* وهو الفرع الذي يستخدمه العلماء اليوم بهدف الاستفادة من المعلومات الجيومورفولوجية ، ونتاج الدراسات الجيومورفولوجية الحديثة في المجالات كافة، مثل علم التربة وعلم المياه وعلوم التعدين والهندسة المدنية والتخطيط الإقليمي.

ولو أردنا تقسيم فروع علم الجيومورفولوجيا حسب العامل فتكون كما يلي:

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Fluvial Geomorphology | (١) الجيومورفولوجيا الفيضية |
| Desert Geomorphology | (٢) جيومورفولوجية الصحاري |
| Coastal Geomorphology | (٣) جيومورفولوجية السواحل |
| Glacial Geomorphology | (٤) جيومورفولوجية الجليد |
| Karst Geomorphology | (٥) جيومورفولوجية الكارست |

ثامناً: علاقة الجيومورفولوجيا بالعلوم الأخرى:

ترتبط علوم الأرض وتتداخل بعضها مع بعض، كما تستفيد الجيومورفولوجيا شأنها بذلك شأن بقية علوم الأرض من العلوم الأخرى. وتعتمد الجيومورفولوجيا في تفسيرها لنشأة وتطور أشكال تضاريس سطح الأرض وتطورها على علم الجيولوجيا. حيث أن الجيومورفولوجيا هي فرع أساسي من الجيولوجيا وخاصة علم دراسة المعادن والصخور وجيولوجية البنية والجيولوجيا الديناميكية التي تسهم في فهم علم الجيومورفولوجيا ، لأنها تفسر تطور معالم سطح الأرض ، ولهذه الموضوعات الارتباط الوثيق مع الجغرافيا التي تدرس العلاقة بين الإنسان وبيئته الطبيعية من خلال الجغرافيا الطبيعية في دراسة المناخ والمياه والنبات.

كما تعتمد الدراسة الجيومورفولوجية اعتماداً كبيراً على علم الجيولوجيا بثتى فروعها، فعند الحديث عن التركيب الصخري لقشرة الأرض نجد أنه لا مفر أمامنا من الاعتماد على علم الطبقات ، بالإضافة إلى علم الصخور ذاته. كما أنه لا بد لنا عند دراسة التركيب الصخري لقشرة الأرض أن نلم إلماماً عاماً بالمعادن المختلفة التي تتكون منها الصخور. وهذا يستدعي بالضرورة اللجوء إلى علم المعادن .

ومن هنا نرى تلك الصلة الوثيقة بين علمي الجيومورفولوجيا

والجيولوجيا، وهي صلة جعلت كل من الجغرافيين والجيولوجيين على حد سواء يخوضون في موضوعات الجيومورفولوجيا ، ولكن هناك اختلافاً واضحاً في معالجة كل منهم لهذه الموضوعات ، فالجيولوجي ينظر إلى الجيومورفولوجيا على أنها نهاية قصة تطور طويلة ، أما الجغرافي فيعتبرها بداية لدراسته ، وهو

أيضا بحكم تشعب دراسته وتعدد نواحيها يمكنه أن يلم بكل العوامل التي تؤثر في الأشكال التضاريسية وتتأثر بها.

علاوة على ذلك يحتاج من يدرس الجيومورفولوجيا إلي الرياضيات والعلوم الطبيعية ، أي باختصار يشمل هذه العلم مواضيع تخص الجيولوجيا وعلم المياه والهندسة والرياضيات والفيزياء والجغرافيا وعلم التربة، وهكذا فإن الجيومورفولوجيا لا تركز على القاعدة الجغرافية وحدها بل يوجد خمسة علوم أرضية أساسية ومجاورة ذات صلة وثيقة بالجيومورفولوجيا. وتعنى هذه العلوم الخمسة بدراسة الشكل العام للأرض وبحالتها ونشأتها وبنائها وموادها، وأول هذه العلوم هو الجيوديسيا وهي علم قياس الأرض لتحديد المواقع والارتفاعات لنقط معلومة على سطح الأرض مع الأخذ بالاعتبار عند القياس الشكل الحقيقي للكرة الأرضية وهو الشكل الكروي، أما العلم الثاني فهو الجيوفيزياء الذي يوضح للجيومورفولوجيا خبايا القوى التي تسكن باطن الأرض والتي ينتج عنها الزلازل والبراكين، والثالث هو الجيولوجيا ، حيث انه يجب على الجيومورفولوجي أن يدرس منطقة البحث جيولوجيا إذا لم تكن مدروسة جيولوجيا بشكل مسبق من قبل آخرين . وبالتالي فان الجيومورفولوجيا هي همزة الوصل بين الجغرافيا والجيولوجيا، أو نطاق الحدود بينهما.

جامعة جنوب الوادي



جامعة جنوب الوادي

الفصل الثاني صخور القشرة الأرضية

مقدمة

تعتبر الصخور المادة الأساسية بالنسبة للمتخصص في الجيومورفولوجي وذلك لأنها تشكل المواد التي تحفر بها أشكال سطح الأرض. ويتكون سطح الأرض من أنواع مختلفة من الصخور ، لكل منها خصائصه التي تميزه عن غيره من الصخور ، ويمكن تعريف **الصخر** بأنه كل مادة تتكون من معدن واحد كالجبس والرخام أو مجموعة من المعادن كالجرانيت، وتتكون معظم الصخور من أكثر من معدن. ويقصد **بالمعدن** الوحدة البنائية للصخر. وبالرغم وجود ثلاثة آلاف معدن تقريباً في القشرة الأرضية إلا أن ثلاثين معدناً فقط هي الأكثر شيوعاً وتشكل ثمانية إلى عشرة من هذه المعادن معظم صخور القشرة الأرضية.

أولاً: الخصائص الطبيعية للصخور:

يتميز كل معدن الذي تتكون منه صخور القشرة الأرضية بعدة خصائص تميزه عن غيره من المعادن ، ومن هذه الخصائص ما يلي:

Color

(١) اللون

هي من أكثر الخصائص التي تميز المعادن عن بعضها البعض، حيث تختلف المعادن المكونة للصخور من حيث اللون ، فهناك العديد من المعادن يمكن التعرف عليها عن طريق لونها. وتبرز أهمية لون المعادن في تحديد مدى تأثيرها بأشعة الشمس، ومن ثم معدل تمددها وتقلصها. فالصخور داكنة اللون، كالبازلت والجابرو تسخن بسرعة مما يعمل على تمدد معادنها

وانضغاطها, في حين تعتبر الصخور فاتحة اللون مثل الطباشير والحجر الجيري قليلة التأثير بالإشعاع الشمسي. وتعتبر الصخور النارية الحمضية فاتحة اللون, كالجرانيت أكثر مقاومة لعمليات التجوية من الصخور النارية القاعدية داكنة اللون.

Hardness

(٢) الصلابة:

يمكن تحديد صلابة الصخر حسب مقياس فريدريك موهز *Mohs scale* *of mineral hardness* للصلابة ، ويعتبر الماس في هذا المقياس أقصى أنواع المعادن ، في حين تمثل معادن الجبس أدنى درجات الصلابة. كما تعتبر معادن الاوليفين أقل المعادن مقاومة لهذه العمليات. وبناء عليه فإن صلابة أي صخر أو ضعفه تعتمد بالدرجة الأولى على نوعية المعادن والعناصر المكونة له. إذ يمكن أن يصبح الصخر ضعيفاً؛ بسبب احتوائه على نسب مرتفعه من المعادن الضعيفة أصلاً والعكس صحيح ، فصخر الجرانيت الغني بمعدني الكوارتز والمسكوفاييت على سبيل المثال يعتبر أكثر صلابة ومقاومة للتجوية من جرانيت آخر أو صخر آخر, كالجابرو الذي تقل فيه نسبة وجود هذين المعدنين.

Specific Gravity

(٣) الكثافة النوعية:

يقصد بها وزن قطعة من معدن ما إلي نفس حجمها من المياه، وتتراوح الكثافة النوعية للصخور النارية بين ٢,٣ - ٣,٣ ، ولكن أغلب هذه الصخور تتراوح كثافتها بين ٢,٦-٢,٧, في حين أن القليل منها تزيد كثافته عن ٣ . وقد تبين بالملاحظة أن الصخور ذات الكثافة النوعية العالية تتميز دائماً بألوانها الداكنة ، في حين أن تلك التي تتميز بانخفاض كثافتها النوعية يغلب عليها الألوان الفاتحة.

درجة صلابة الصخر حسب مقياس موهز Mohs

درجة الصلابة	المعدن		درجة الصلابة	المعدن	
٢	Gypsum	الجبس	١	Talc	التلك
٤	Fluorite	الفوريت	٣	Calcite	الكلسيت
٦	feldspar	الفلسبار	٥	Apatite	الابتييت
٨	Topaz	التوباز	٧	Quartz	الكوارتز
١٠	Corundum	الماس	٨	Corundum	الكورندم

The Rock Cycle

ثانياً: دورة الصخور في الطبيعة:

قبل أن نتطرق إلي شرح دورة الصخور ، يجب أن نوضح المفاهيم التالية :

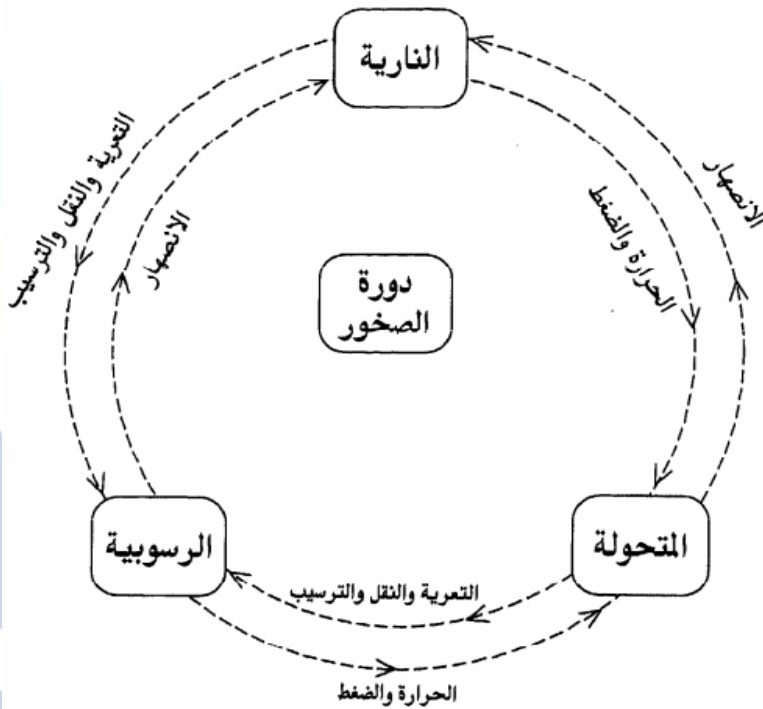
- التبلور: Crystallization هو العملية المسئولة عن تحول وتبريد الماجما إلي صخور نارية.
- التصخر: Lithification هو العملية المسئولة عن تحول الفتات والرواسب الهشة إلي صخور صلبة متماسكة.
- التحول الصخري: يقصد بها تحول الصخور النارية والرسوبية إلي الصخور المتحولة.

يعتبر جيمس هاتون أول من ربط أنواع الصخور في دورة واحدة

وأسمها دورة الصخور ، وهي مجموعة من العمليات تعمل على تغيير الصخور من نوع لآخر. وتبدأ دورة الصخور بخروج الماجما أو الصهير الناري من باطن

الأرض من خلال مناطق الضعف الجيولوجي ، ومع خروجه إلي السطح يتصلب الصهير نتيجة لعملية التبريد ، وتتكون بذلك الصخور النارية ، والتي تتعرض

لعمليات أخرى تؤدي إلى تفتيتها ونقلها وترسيبها مكونة الرواسب التي سرعان ما تدفن تحت رواسب جديدة ، مما يؤدي إلى تصخرها مكونة الصخور الرسوبية. إذا ما تعرضت الصخور الرسوبية لحرارة أو ضغط فأنها تصبح صخوراً متحولة ، والصخور المتحولة إذا تعرضت لعملية الإذابة فإنها تكون الصهير الذي يتصلب مكوناً صخور نارية ، أما إذا تعرضت إلى التعرية فإنها تكون صخور رسوبية.



دورة الصخور في الطبيعة

ثالثاً: أنواع الصخور:

يتكون الجزء اليابس من سطح الأرض من أنواع مختلفة من الصخور ، ويمكن تقسيم الصخور حسب طريقة نشأتها إلى ثلاثة أنواع هي:

Igneous Rocks

(١) الصخور النارية أو الأولية^(١):

يقصد بها الصخور التي تكونت من تصلب مواد جوف الأرض "الماجما" سواء حدث هذا التصلب فوق سطح الأرض بعد خروج هذه المواد إلى السطح أو حدث بين طبقات القشرة أو تحتها. أي تتكون هذه الصخور من برودة وتبلور الصهير الذي يتواجد في أعماق بعيدة من سطح الأرض. وقد تضطر هذه المواد المنصهرة في ظروف معينة إلى الصعود في أعماق قشرة الأرض ، حيث تتداخل مع الصخور المكونة لهذه القشرة وقد تصل إلى سطح الأرض أحياناً ، مما يعرضها إلى فقدان الحرارة فتبرد أو تتبلور ، وذلك أما في باطن الأرض أو على سطح الأرض.

- أنواع الصخور النارية:

يمكن تقسيم الصخور النارية حسب طريقة تكوينها إلى ما يلي:

الصخور النارية الجوفية أو البلوتونية: Plutonic Rocks تتكون هذه الصخور في أعماق بعيدة من جوف الأرض ، حيث يتبلور الصهير تبلوراً تاماً نتيجة البرودة البطيئة والضغط المستمر ، وتوصف المعادن المكونة لهذه الصخور بأنها كاملة التبلور ، فالصخور الجوفية تتميز بنسيج كامل التبلور أي بلورات واضحة المعالم ، لكونها بردت بشكل بطيء لعدم ملامستها سطح الأرض ، وكذلك بسبب الضغط المستمر عليها. وقد عملت عوامل التعرية والحركات الأرضية على كشف أجزاء كبيرة من الصخور النارية الباطنية وتوجد الصخور النارية الباطنية بالأشكال التالية:

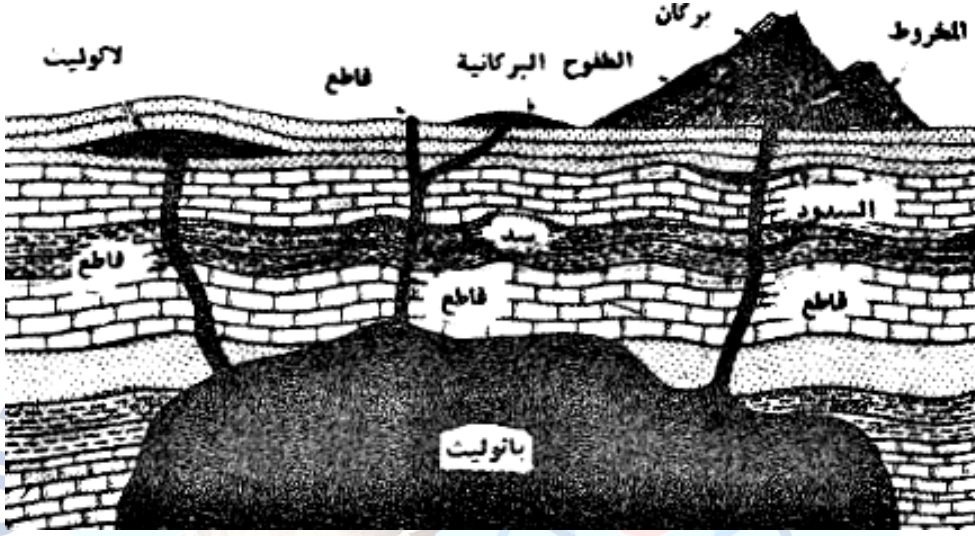
^(١) سميت بالصخور النارية Igneous Rocks من الكلمة اللاتينية Ignis والتي تعني نار، وتسمى أيضاً بالصخور الأولية لأنها أول صخور ظهرت على سطح الأرض.

✓ **الباثوليث** ^(١) *Batholith* : هو عبارة عن كتل من الصخور النارية الكبيرة الحجم ، يرتبط وجوده بمحاور الالتواءات الكبرى في القشرة الأرضية ، وبذلك يحتل مساحات كبيرة قد تصل لعدة الآلاف من الكيلومترات المربعة ، ويتصف السطح العلوي للباتوليث بعدم انتظامه ، حيث تظهر النتوءات الصخرية المندفعة بعيداً عن كتلة الباثوليث ، أما الجزء السفلي منه فهي ما تزال غير واضحة وبذلك يترك مفتوحاً في المقاطع الجيولوجية ، وبالنظر لعظم مساحته فإنه يكون عادة محاطاً بصخور نارية قديمة ومتحولة ورسوبية ، وعندما تزيل عوامل التعرية جميع الكتل الصخرية التي تغطي الباثوليث تنشأ تضاريس يصل ارتفاعها إلى عدة مئات من الأمتار .

✓ **اللاكوليث** *Laccolith* هي أجسام نارية واسعة تتخذ شكلاً عدسياً أي تأخذ شكل القبة ، وهي أصغر بكثير من الباثوليث كما أنها أقرب إلي السطح. وتتكون اللاكوليث إذا اعترضت المواد المنصهرة عند اندفاعها إلي السطح طبقة شديدة المقاومة ، بحيث لا تستطيع اختراقها فتنتشي إلي أعلي ، وقد تنكشف اللاكوليث بفعل عوامل التعرية ، فتظهر علي شكل قبة من الصخور النارية ، ويحدث عكس هذه الظاهرة إذا كانت الصخور العليا شديدة المقاومة فلا تنتشي إلي أعلي بل تنتشي إلي أسفل مكونة ظاهرة يطلق عليها **اللابوليث** *Labolith*.

جامعة جنوب الوادي

^(١) *Batholith* هي كلمة يونانية تتكون من مقطعين الأول *Bathos* بمعنى عميق، و *lithos* ويعني صخر، أي المعنى الحرفي للكلمة صخر عميق.



الأشكال التي توجد عليها الصخور النارية في الطبيعة.

☑ أما القواطع *Dykes* فهي كتل مستطيلة أو سدود من الصخور النارية ممتدة بشكل أعمدة متقاطعة مع طبقات القشرة الأرضية؛ ولكنها لم تكن عند بدء تكونها واصله إلى السطح، وهي تتكون عندما تجد الماجما شقوقاً أو فواصل في طبقات الصخور فتندفع فيها إلى أعلى حتى تتصلب ، وهي تقطع الطبقات التي تخترقها في اتجاهات عمودية أو مائلة ، كما تتباين فيما بينها تبايناً كبيراً في الارتفاع والسمك.

☑ العروق أو السدود النارية: *Sills* هي عبارة عن سدود أفقية تمتد بين الطبقات الأفقية، وتتكون عندما تجد الماجما أثناء اندفاعها إلى أعلى مناطق ضعيفة بين الطبقات ، فتندفع فيها مكونة طبقات يختلف سمكها وامتدادها على حسب كمية الماجما المندفعة واتساع مناطق الضعف، ويتراوح سمك العتبات التي تتكون بهذا الشكل من بضعة سنتيمترات إلى بضعة أمتار. ويعتبر وجود هذه العتبات عقبة في طريق حفر الآبار للوصول إلى طبقات المياه الجوفية أو

الطبقات البترولية التي ربما تكون موجودة تحتها؛ ولكنها إلى جانب ذلك تساعد "بسبب عدم مساميتها" على تكوين طبقات مائية فوقها.

الصخور تحت السطحية: قد يصعد الصهير إلى القشرة الأرضية ويتسرب عبر مناطق الضعف الجيولوجي وخاصة الصخور الرسوبية ، وينتج عن ذلك تقوس الطبقات الموجودة فوق الصهير ويتخذ شكل قبو وتسمى مثل هذه الصخور باللاكوليث وهي كتل صخرية نارية كبيرة الحجم كانت في الأصل صهيراً اندفع خلال طبقات صخرية رسوبية وكانت قوة الاندفاع ليس بقوة بحيث تكفي لخروج الصهير فوق سطح الأرض بشكل ثورة بركانية ، بل اقتصر الأمر إلى تغلغلها بين الطبقات الصخرية الرسوبية ، مما أدى إلى تحديدها نتيجة لقوة اندفاع الصهير بينه ، ولذلك لا يوجد اللاكوليث إلا ضمن تكوينات رسوبية طباقية ، وقد تتداخل في بعض الأحيان المادة المصهورة بين الطبقات الرسوبية بشكل أفقي ، حيث تتصلب في هيئة سدود أفقية وتسمى هذه الكتل من الصخور بالسدود الأفقية ، وفي أحيان أخرى تتداخل المادة المصهورة مع طبقات الصخور الرسوبية بحيث تتخذ شكلاً عمودياً أو مائلاً بعد برودتها وتسمى هذه الكتل من الصخور النارية بالسدود الرأسية.

الصخور السطحية أو البركانية : *Volcanic Igneous Rocks* تتكون هذه الصخور نتيجة لتدفق الحمم من أفواه البراكين أو الشقوق أو الفواصل التي تتواجد في طريق الحمم الصاعدة ، حيث تتجمد الحمم بسرعة فائقة ، بحيث لا يفسح المجال أمام مكوناتها إلى أن تتخذ الأشكال الخاصة بها وتكون أثر ذلك مادة زجاجية عديمة التبلور وفي بعض الأحيان قد تبرد هذه الكتل الكبيرة الحجم بسرعة فتشكل طبقة زجاجية خارجية في حين يبرد داخلها ببطء بحيث يكون الجزء

الداخلي منها ذو نسيج دقيق التبلور ، وتظهر الصخور البركانية في الطبيعة على أشكال مختلفة اعتمادا على تركيبها الكيميائي ودرجة حرارتها ولزوجتها.

الخصائص العامة للصخور النارية:

- تظهر علي شكل كتل ولا تظهر علي شكل طبقات.
- شديدة الصلابة ، لذلك فهي أكثر الصخور مقاومة لعوامل التعرية.
- عديمة المسامية.
- لا تحتوي علي حفريات *Fossils* بسبب استحالة عيش الكائنات الحية فيها لارتفاع درجة حرارتها.
- تحتوي علي نظم الكسور والصدوع وليس الطيات.

أمثلة للصخور النارية:

الجرانيت: *Granite* هو صخر جوفي حمضي حيث يعتبر الكوارتز من أهم مكوناته، كما يعتبر الفلسبار كذلك من مكوناته الرئيسية، ويضاف إليهما واحد أو أكثر من معادن الميكا والهورنبلند والأرثوكلاز. وتوجد من الجرانيت عدة أنواع يختلف بعضها عن بعض على حسب اللون وحجم البلورات، ويتوقف لون الصخر عادة على لون الفلسبار الذي يدخل في تركيبه، فإذا كان وردياً فإن لون الصخر يكون مائلاً إلى الاحمرار، أما إذا كان لونه أبيض وكان الميكا أسود، فإن لون الصخر يكون رمادياً. أما على أساس حجم البلورات فإن الجرانيت ينقسم إلى

نوعين أحدهما دقيق الحبيبات *Fine grained* والثاني خشن *Course grained*. ونظراً لأن الجرانيت شديد الصلابة جداً ويتميز بمقدرته على مقاومة عوامل التعرية؛ ولذلك فإنه من أصلح الصخور لبناء السدود على الأنهار.

البازلت: *Basalt* هو أشهر الصخور الطفحية التي تتكون نتيجة لتصلب اللافا بعد خروجها من فوهات البراكين ، وهو أوسع الصخور النارية انتشاراً على سطح الأرض؛ فمنه تتكون كل الهضاب والجبال البركانية في العالم.

حجر الخفاف: هو صخر ناري كثير الفراغات، ويتميز بخفته لدرجة أنه يطفو فوق الماء، وهو يتكون نتيجة لتصلب الفقائيع التي تتكون على سطح اللافا أثناء برودتها وخروج الغازات منها على سطح الأرض. ويكون لون الخفاف مائلاً إلى السوداء إذا تكون من اللافا البازليّة القاعدية، ومائلاً إلى البياض أو الاحمرار إذا تكون من اللافا الحمضية.

Sedimentary Rocks

٢) الصخور الرسوبية:

يتكون سطح الأرض في معظمه من صخور رسوبية ، وبشكل أوسع بكثير من الجهات التي تتواجد فيها الصخور النارية والمتحولة بصورة مجتمعة ، حيث تغطي هذه الصخور حوالي ٧٥٪ من المساحة الكلية لليابس، ولكنها مع ذلك لا تمثل إلا ٥٪ فقط من حجم القشرة الأرضية؛ بينما يكون العكس بالنسبة للصخور النارية والمتحولة التي لا تظهر على السطح إلا في حوالي ٢٥٪ فقط من مساحة اليابس؛ بينما تمثل ٩٥٪ من تركيب القشرة. ويشير هذا إلى أن مناطق واسعة جداً من الجهات القارية كانت في وقت من الأوقات مغمورة تحت سطح البحر ومع ذلك هناك تكوينات رسوبية واسعة لم تتكون بفعل الإرساب تحت الماء. وتتكون الصخور الرسوبية من تجمد وتماسك الرواسب الصخرية وذلك بالتحام مكوناتها مع بعضها تحت تأثير الضغط الناشئ من ثقل الرواسب الأخرى التي تعلوها ، أو قد يتم التماسك والتجمد

بواسطة مادة لاصقة أو لاحمة مثل كربونات الكالسيوم أو السيليكا أو أكاسيد الحديد التي قد تتواجد بين هذه الرواسب.

- أنواع الصخور الرسوبية:

تقسم الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها وظروف نشأتها إلى ثلاثة

أقسام ، هي:

(أ) صخور رسوبية ميكانيكية النشأة:

تشمل كل الصخور الرسوبية التي تتكون من قطع ومفتتات الصخور السابقة والتي تم نقلها بواسطة المياه والرياح أو بفعل الجاذبية الأرضية، دون أن يطرأ عليها أي تغير كيميائي ، ومن ثم ترسب بطريقة آلية وتتماسك وتلتحم مثل الحجر الرملي.

(ب) صخور رسوبية كيميائية النشأة:

تتكون نتيجة ترسبها من محاليل تحتوي على مواد مذابة ، وذلك عندما ترتفع درجة تركيزها وفقاً للظروف الطبيعية المحيطة بها. أو قد تتكون من الرواسب نتيجة تفاعل كيميائي يجري بين مكونات هذه المحاليل.

(ج) صخور رسوبية عضوية النشأة:

تنشأ هذه الصخور نتيجة تراكم بقايا الكائنات الحية الحيوانية والنباتية ، أي أوراق النباتات وجذوع الأشجار بعد موتها والمخاربات والأصداف الحيوانية على شكل طبقات سمكية ، ومن ثم تحلل هذه البقايا بفعل وتأثير الفطريات والبكتيريا خلال مدة زمنية طويلة ، ثم تعود هذه المواد فتتماسك مع بعضها في هيئة صخور رسوبية ، نتيجة عملية الضغط.

- الخصائص العامة للصخور الرسوبية:

- تظهر علي شكل طبقات متتابعة الأحدث فالأقدم وتختلف هذه الطبقات في اللون والسمك والتركيب.
- هشه ، لذلك فهي أقل الصخور مقاومة لعوامل التعرية.
- تحتوي علي أنواع عديدة من الحفريات *Fossils* لأن الظروف التي تكونت فيها هذه الصخور تسمح بحفظ الكائنات الحية بعد موتها .
- عالية المسامية *Porosity*.
- تحتوي علي الطيات *Folds* وليس نظم الصدوع أو الكسور *Faults*.



الحفريات في الصخور الرسوبية

- أمثلة للأنواع الرئيسية من الصخور الرسوبية:

تنقسم الصخور الرسوبية إلى ثلاث مجموعات رئيسة هي:

Limestone

أولاً: الصخور الجيرية:

تعتبر هذه الصخور من أهم المكونات الصخرية لقشرة الأرض، وتوجد منها نطاقات عظيمة السمك والانتساع في كل القارات، وقد يصل سمكها في بعض المناطق إلى بضعة كيلومترات.

وترجع الصخور الجيرية في جملتها إلى أصل عضوي، فقد تكون معظمها نتيجة لتراكم القواقع وعظام الحيوانات البحرية المختلفة بكميات كبيرة في قيعان البحار خلال العصور الجيولوجية المختلفة؛ فمن المعروف أن معظم الحيوانات البحرية لها قدرة كبيرة على استخلاص الجير من ماء البحر لاستخدامه في بناء عظامها أو محاراتها. ومن أمثلة الصخور الجيرية:

☑ الطباشير: *Chalk* هو حجر ناصع البياض قليل الصلابة، وتوجد منه طبقات عظيمة السمك والامتداد في جهات مختلفة من العالم، ويرجع تكوينه عمومًا إلى العصر الكريتاسي "الطباشيري".

☑ الدولوميت *Dolomite* هو حجر جيرى مكون من اختلاط الجير "كربونات الكالسيوم" بكربونات الماغنسيوم. وهو يتكون غالبًا في مناطق البحيرات والمستنقعات التي تحتوي مياهها على كربونات الماغنسيوم.

Sandstones

ثانيًا: الصخور الرملية:

لا تقل هذه الصخور أهمية من تركيب القشرة الأرضية عن الصخور الجيرية؛ ولكنها تختلف عنها في نوع الرواسب التي كونتها؛ فبينما تتكون الصخور الجيرية عمومًا من رواسب بحرية فإن الصخور الرملية تتكون من رمال قارية كوارتزيتية متخلفة من تقنت الصخور النارية بفعل التجوية. ومن أهم مميزات الصخور الرملية عمومًا أنها كبيرة المسام؛ ولذلك فإنها هي أكثر أنواع الصخور

نفاذية للماء "*Permeability*" وأقدرها على تخزين كميات كبيرة منه. والواقع أن أعظم خزانات المياه الجوفية في العالم توجد في طبقات هذه الصخور. يعتبر

الحجر الرملي النوبي *Nubian Sandstone* من أشهر أنواع الأحجار الرملية وأوسعها انتشارًا.

Mudstones

ثالثاً: الصخور الطينية:

هي صخور واسعة الانتشار في مناطق السهول الفيضية والوديان النهرية ، وأهم ما يميزها عن الصخور الرملية أنها دقيقة الحبيبات، ولا يزيد قطر حبيباتها عن ٠.٠٥ من المليمتر ، كما أن أشد أنواع الطين أو الغرين نعومة هو الصلصال الذي لا يزيد قطر حبيباته عن ٠,٠٢ من المليمتر.

Metamorphic rocks

٣) الصخور المتحولة^(١):

تعتبر الصخور المتحولة إما صخور نارية أو رسوبية في أصلها تحولت بواسطة الضغط والحرارة ، بحيث زالت الخصائص الأصلية للصخور وأحلت محلها خصائص أخرى. وتظهر في معظم الصخور المتحولة بنية بلورية كما يكون بعضها شديد المقاومة لعمليات التجوية والتعرية. وهناك أنواع عديدة من التحول هي:

Thermal or Contact Metamorphism

– التحول الحراري أو التماسي

يحدث هذا التحول في المنطقة الملاصقة أو المجاورة للصهير وهذه منطقة محدودة محلياً تعرف حلقة التحول ، لذلك قد يعرف هذا التحول باسم التحول المحلي Local metamorphism .

– التحول الموضعي: حيث يؤدي الضغط المرتفع إلى تحول طفيف نسبياً في

الصخور الموضعية الواقعة على جانبي الصدوع الناتجة عن هذا الضغط.

التحول الإقليمي أو التحول الديناميكي: Regional or Dynamic Metamorphism

(١) مصطلح التحول Metamorphism : هي كلمة لاتينية مكونة من مقطعين هما = Meta تغير change و morph شكل. إذن فالصخور المتحولة ناتجة عن تغير الشكل الذي يحدث للصخور القديمة بفعل تعرضها للضغط والحرارة.

يؤدي الضغط المرتفع المصحوب بدرجات حرارة عالية الذي ينتج عن حركات القشرة الأرضية إلى تحول واسع النطاق يمتد في أقاليم كبيرة ومساحات واسعة. فقد يؤدي التحول الحراري إلى تكوين صخور متحولة من أصل رسوبي كما هو الحال في صخور الكوارتزيت التي تتكون من تحول الحجر الرملي، وقد يؤدي هذا التحول إلى تشكيل صخور متحولة من أصل جيري كما هي الحال في تكون الرخام، إذ تتحول الصخور الجيرية النقية إلى رخام أبيض اللون.

- أهم أنواع الصخور المتحولة ما يلي:

☑ صخر الكوارتزيت *Quartzite* يتكون هذه الصخر من تحول معدن الكوارتز في الصخور الرملية تحولا حرارياً بالانصهار الجزئي لحبيبات الكوارتز وصخر الكوارتزيت شديد الصلادة، ولونه أبيض مصفر إذا كان نقياً ونسيجه حبيبي، وحبيباته متوسط الحجم ومتراصة بإحكام بواسطة مادة لاحمة بينها.

☑ الارذواز *Slate* هو صخر متحول عن صخور الطفل، نتيجة ضغط مرتفع وحرارة منخفضة نسبياً، ويعرف التورق في هذه الحالة باسم التشقق، ويتميز بأنه يمكن فصله إلى ألواح رقيقة تتكون من حبيبات دقيقة من مواد طينية، أي أنه يتشقق بسهولة، وينتج عن هذا التشقق صفائح وألواح رقيقة. ويختلف لون الارذواز من الأسود إلى الرمادي والأحمر والأخضر نتيجة لاحتوائه على

شوائب كربونية أو حديدية .

☑ الشست *Schist* هو أكثر الصخور المتحولة شيوعاً ، ويتميز بتورقه الواضح، وغالباً ما يكون مخططاً . كما أن حجم بلورات معادنه عادة ما يكون كبيراً. و تكونت هذه الصخور من الحجر الجيري الطيني، واحتوت على نسب مرتفعة

من الطين والسيليكا، وقد تعرضت هذه الصخور لدرجات عالية من الضغط والحرارة نتيجة لانطمارها في أعماق سحيقة ، مما أدى إلى تحول طبيعة الصخور من صخور رسوبية إلى صخور متحولة.

☑ الناييس *Gneiss* تتميز صخور الناييس بوجود ظاهرة التورق ، والتي تكون فيها بنية الصخور على شكل طبقات متوازية. وغالباً ما يكون هناك تناوب في المناطق الداكنة والفاتحة اللون في بنية الناييس بشكل مميز لهذا الصخر.

☑ الرخام *Marble* هو صخر متحول من الصخور الجيرية ، وهو صخر متبلر، ونسيجه حبيبي يتكون من حبيبات الكالسيت. وقد تكون الحبيبات صغيرة جداً لدرجة لا يمكن تمييزها بالعين المجردة، وقد تكون كبيرة خشنة. وصلادة الرخام منخفضة، ولونه أبيض إذا كان نقياً، ولكنه قد يبدو في ألوان مختلفة (الرصاصي - الأخضر - الأحمر - الأسود) لاحتوائه على شوائب مختلفة.

جامعة جنوب الوادي



الفصل الثالث
الزلازل والبراكين ودورها في
تشكيل ملامح سطح الأرض

جامعة جنوب الوادي

الفصل الثالث

الزلازل والبراكين ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

مقدمة

من المعروف أن سطح الأرض ما هو إلا نتاج التفاعل والصراع بين مجموعتين من العوامل هما العوامل الداخلية وتشمل الالتواءات والصدوع والبراكين والزلازل والعوامل الخارجية ويقصد بها عوامل التعرية السطحية كالتجوية وتحرك المواد والمياه الجارية والأنهار والمياه الجوفية والرياح والجليد والأمواج وغيرها وما يرتبط بكل منها ناتجة عن النحت أو النقل أو الإرساب.

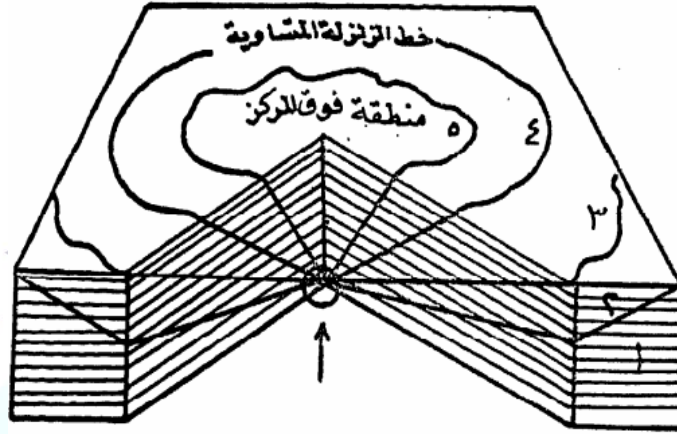
أولاً: الزلازل ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض:

Earthquakes

(١) تعريف الزلزال

هو عبارة عن هزة أرضية مفاجئة تنتاب القشرة الأرضية، وتعد الزلازل أقوى وأكثر الأخطار الجيومورفولوجية تدميراً وتكراراً على مستوى الكرة الأرضية. وتعانى القشرة الأرضية من الحركات الزلزالية اليومية، وذلك نظراً لعدم استقرار باطنها. ودراسة الزلازل ولا شك مهمة بالنسبة للجغرافي لأنه تتصل اتصالاً مباشراً بحياة الإنسان ونشاطه على وجه الأرض، وقد سجل الكثير من الزلازل المدمرة أثناء العصر التاريخي وذكر منها الآلاف، كما أثبتت الدراسات الجيولوجية أن قشرة الأرض كانت تعاني دائماً خلال عمرها الطويل من الهزات الزلزالية ، كما تشير الدراسات إلى استمرار حدوثها في المستقبل. وتتعدد أسباب حدوث الزلازل فقد ذكر العلماء عدة عوامل أهمها الانفجار البركاني الذي يرافقه زلزال والصدع وانزلاق الصخور عليه والذي يعرف بالزلازل التكتونية.

جامعة جنوب الوادي



تصل خطوط الزلزلة المتساوية بين جميع النقاط ذات الشدة الزلزالية الواحدة

(٢) أنواع الزلازل :

تتعدد أنواع الزلازل ، وهي كما يلي :

Tectonic Earthquakes

(أ) الزلازل التكتونية:

تعد من أهم أسباب وأنواع الهزات الأرضية ، وهي تحدث في المناطق التي تصيبها الانكسارات وتعرض للتصدع إما بداية لتكوين فالق ، أو لتكرار الحركة على الفالق القديم. وتتسبب حركة الصخور الانفصالية على جانب الفالق. وتتركز هذه الزلازل في المنطقة المسمى "دائرة النار" ومن الأمثلة على هذا النوع زلزال ألاسكا المدمر الذي يسمى "جود فرايدي" والذي وقع عام ١٩٦٤م.

Volcanic Earthquakes

(ب) الزلازل البركانية:

يرتبط حدوثها بالنشاط البركاني، حيث تتسبب حركة المواد المنصهرة إلى سطح الأرض ، بما يصاحبها من غازات محبوسة داخل القشرة الأرضية في حدوث موجات زلزالية أقل قوة وأثراً من الزلازل التكتونية. وتجدر الإشارة إلى أنه ليس من الضروري أن يصاحب حدوث كل بركان زلزال، فلا يوجد ارتباط حتمي بين النشاط البركاني والزلازل الضعيفة. وحينما ثار بركان كراكاتا في (إندونيسيا) أحدث الكثير من التدمير والتخريب، فقد أدى انفجاره إلى إحداث هزات عنيفة أثارت مياه البحر في شكل أمواج ضخمة عارمة أغارت على السهول الواقعة في

الجزر القريبة منها فأغرقتها، ودمرت المنازل وشردت العديد من السكان ، وأحدثت خسائر فادحة لسكان جزيرتي لسكان سومطرة وجاوه والجزر الأخرى المجاورة. ومع هذا فإن معظم الهزات الزلزالية التي تحدث بسبب النشاط البركاني هي في الواقع هزات محلية لا تؤثر في مساحات كبيرة ، كما أن كثيراً من الثورانات البركانية تصاحبها هزات ضعيفة.

ج) الزلازل الاصطناعية: Man-made Earthquakes

تنشأ بفعل التفجيرات النووية التي يقوم بها الإنسان ، سواء كانت تلك الانفجارات تتم في باطن الأرض أو تحت سطح البحر ، وهي زلازل ضعيفة ومتوسطة وتستغرق وقتاً قصيراً ، كما أن هناك علاقة قوية بين إنشاء المشاريع المائية الكبرى والزلازل ، وخاصة البحيرات الصناعية حيث تمثل البحيرات أحمالاً زائدة على الصخور. وقد لوحظ ازدياد النشاط الزلزالي في كثير من البلاد التي أقيم بها سدود تخزين مائية ، ولعل زيادة النشاط الزلزالي في منطقة أسوان وما حولها، وقد دفع ذلك ببعض الباحثين إلى إرجاع زلزال أكتوبر ١٩٩٢ إلى نشأة بحيرة وادي الريان الصناعية جنوب منخفض الفيوم.

د) الزلازل البلوتونية: Plutonic Earthquakes

نسبة إلى بلوتو إله الأرض عند الإغريق، ويوجد مركزها على عمق سحيق من الأرض. فقد سجلت زلازل على عمق ٨٠٠ كم في شرق آسيا.

– كما تصنف الزلازل حسب عمق البؤرة الزلزالية إلى ما يلي:

- الزلازل الضحلة: تحدث هذه الزلازل عندما لا يتجاوز عمق البؤرة (١٠٠ كم).
- الزلازل المتوسطة: تحدث على أعماق تتراوح بين (١٠٠ كم) إلى (٣٠٠ كم).
- الزلازل العميقة: تحدث على أعماق تتراوح ما بين (٣٠٠ - ٧٢٠ كم).

٣) قياس الزلازل:

تقاس قوة الهزة الأرضية أو الطاقة المتحررة منها بواسطة تسجيلات السيزموجراف *Seismograph* فإذا بلغت قوة الزلزال أقل من خمس درجات على مقياس ريختر^(١) يمكن أن يشعر بها البشر، ولكنه قد لا يشكل خطراً محسوساً، أما الزلازل المدمرة جداً فهي التي تبلغ قوتها أكثر من ٨ درجات على مقياس ريختر.

الوصف	تأثير الزلزال	الدرجة
دقيق	زلزال دقيقة لا يمكن أن يحس بها.	أقل من ٢.٠
صغير	لا يشعر به البشر ولكن الأجهزة ترصده.	2.0-2.9
جداً	يشعر به البشر، لكن قلما يسبب ضرراً.	3.0-3.9
خفيف	يشعر البشر بهزة مع تحرك الأشياء وظهور صوت للزلزال. لكنه لا يسبب ضرراً.	4.0-4.9
معتدل	المباني الضعيفة قد تتضرر بشكل كبير ولكن المباني القوية لا تتضرر كثيراً.	5.0-5.9
قوي	يمكن أن يسبب ضرراً كبيراً حتى ١٦٠ كم عن نقطة حدوثه.	6.0-6.9
كبير	يمكن أن يسبب أضراراً كبيرة على مساحة كبيرة.	7.0-7.9
عظيم	يمكن أن يسبب أضراراً كبيرة حتى مئات الأميال عن نقطة حدوثه.	8.0-8.9
	يمكن أن يسبب أضراراً كبيرة حتى آلاف الأميال عن نقطة حدوثه.	9.0-9.9
خارق	لم يحدث إلى الآن.	10.0+

جامعة جنوب الوادي

^(١) تشارلز فرانسيس ريختر Charles Richter (١٩٠٠-١٩٨٥) هو عالم زلازل وفيزيائي أمريكي، وهو مخترع مقياس ريختر الذي لا زال يستخدم لقياس قوة الزلازل. فهو أحد أفضل مقاييس الزلازل في العالم وأكثرها كفاءة وانتشاراً في الوقت الحاضر.

٤) التوزيع الجغرافي العالمي للزلازل:

- ☑ حلقة النار *Ring of fire* هي تمر بسواحل المحيط الهادي الشرقية والغربية ، وهذه المنطقة من أشد جهات العالم عرضة للهزات الأرضية وكوارثها ، ومن أهم مناطق الضعف الجيولوجي بالقشرة الأرضية.
- ☑ النطاق العرضي الذي يطوق الكرة الأرضية من الشرق إلى الغرب ، ويبدأ من أمريكا الوسطى ثم يخترق المحيط الأطلسي، ثم سواحل البحر المتوسط وجبال الهيمالايا ومنها إلى الجنوب الشرقي إلى جزر اندونيسيا.
- ☑ النطاق الطولي الممتد من جزيرة أيسلندا في الشمال إلى الطرف الجنوبي من المحيط الأطلسي .
- ☑ منطقة الأخاديد في شرق أفريقيا وجنوب غرب آسيا.



التوزيع الجغرافي للزلازل في العالم

٥) أضرار الزلازل:

قبل أن نتكلم عن أضرار الزلازل يجب أن ننوه عن فوائد الزلازل ، حيث أن للزلازل بعض الفوائد ، فهي تشكل سطح الأرض فترفع الجبال وتخرج المعادن الثمينة من باطن الأرض، ويعتقد هلمز *Holmes* أن هذه الدورات الزلزالية وما صاحبها من التواءات في قشرة الأرض هي التي كونت الجبال العالية

كالهيمالايا والقوقاز في آسيا والألب في أوروبا والروكي في أمريكا الشمالية ؛
والأنديز في أمريكا الجنوبية. أما عن أضرار الزلازل فهي:

- انهيارات أرضية أو ارتفاع الأراضي في مناطق معينة ينتج منها تكوين أو غرق بعض الجزر أو المناطق الساحلية.
- هبوط على طول امتداد الصدع قد يتسبب في تدمير الممتلكات.
- اهتزاز الموجات الزلزالية يمكن أن يدمر أو يلحق الضرر بالمنشآت التي لا تقوى على تحمل إزاحة جانبية أو عمودية.
- هبوط أرضي أو تساقط صخور من قمم الجبال ، وكذلك الهبوط في المناطق التي بها كهوف أو تجاويف تحت أرضية، مما يتسبب في تدمير المنشآت والبنى التحتية مثل المباني والطرق.
- تغمر أمواج البحر الزلزالية أو موجات المد (تسونامي) الناجمة من الزلازل مناطق ساحلية واسعة.
- تسبب الزلازل اندلاع الحرائق بسبب تدمير مرافق الكهرباء والغاز.
- تغيير مناسب سطح الأرض وتشققها.

ثانياً: البراكين ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض^(١) Volcanic

(١) تعريف البركان:

(١) Volcanic مشتق هذا الاسم من اسم الآلة الإغريقية فالكان Volcan وهو اله النار.

هو عبارة عن فتحة أو شق في القشرة الأرضية تخرج أو تنبعث منه مواد الصهير مع الأبخرة والغازات المصاحبة لها. ويعد النشاط البركاني في العالم من العمليات النادرة والتي تؤثر عادة على المناطق السكانية ، وعلى أية حال فإن الانفجارات البركانية يمكن أن تكون مدمرة بشكل هائل وإذا ما حدث مثل هذا النشاط قرب منطقة سكنية.

(٢) أسباب ثوران البراكين:

ينتج ثوران البراكين عن قوى وتغيرات معينة تحدث في الأرض؛ ولكن ليس من السهل تحديد الدور الذي تقوم به القوى والتغيرات المختلفة وعلاقة كل منها بتركيب الباطن وحركات القشرة. خصوصاً وأن الثورات البركانية لا تأخذ كما رأينا شكلاً واحداً؛ بل إنها تختلف من بركان إلى آخر، ومع ذلك فمن المؤكد أن العوامل التكتونية وما يترتب عليها من تكسر وانثناء لها علاقة قوية بثوران البراكين لأنها قد تؤدي إلى زيادة الضغط الواقع على الماجما في بعض المواضع الأخيرة إن لم تكن منصهرة بالفعل، ثم اندفاعها إلى أعلى بتأثير الضغط الذي تتعرض له. وهذا يتفق مع ما هو معروف من وجود كل البراكين النشطة في الوقت الحاضر في مناطق الضعف من قشرة الأرض، وهي المناطق التي ما زالت غير مستقرة تماماً والتي ما زالت معرضة لحدوث الزلازل، ولذلك فإن هناك تطابقاً كبيراً بين توزيع البراكين وتوزيع الزلازل في العالم.

(٣) الأجزاء الرئيسية للبركان:

Volcanic Cone

(أ) المخروط البركاني :

هو عبارة عن جوانب منحدرية مكونة من الحمم البركانية . وهو سيل الصهارة المواد المعدنية التي يقذفها البركان من فوهته وكانت كلها أو بعضها في حالة منصهرة، واللافا هي الصهير المنسال على السطح ثم تصلبت.

Volcanic Crater

(ب) الفوهة :

تكون فوهة البركان على شكل قُمع وتتكون معظم فوهات البراكين على سطح الأرض بواسطة النشاط البركاني ، أو هي الفتحة التي تنبثق منها المصهورات والمواد البركانية الأخرى، وتمثل الفوهة قمة البركان ويتفاوت اتساع فوهة البركان من عدة أمتار إلى عدة آلاف من الأمتار، ولبعض البراكين أكثر من فوهة يتخذ بعضها مكانه على جوانب المخروط البركاني. وإذا كانت فوهة البركان على هيئة حوض كبير ذي جوانب شديدة الانحدار على هيئة حوائط أو جدران فإنها تعرف باسم الكالديرا.



المخروط البركاني

Volcanic Neck

(ج) المدخنة أو قصبة البركان:

هي الأنبوب الذي يصل بين خزان الصهير تحت الأرض والفوهة والذي تصعد منه الصهير، وتندفع خلالها المواد البركانية إلى الفوهة. وتعرف أحيانا بعنق البركان. وبجانب المدخنة الرئيسية، وقد يكون للبركان عدة مداخن تتصل بالفوهات الثانوية.

(د) خزان الصهير

٤) أنواع البراكين : البراكين جنوب الوادي

(أ) تصنيف البراكين حسب النشاط إلى ما يلي:

■ البراكين النشطة: *Active Volcanoes* وهي عبارة عن براكين تتمتع بالثوران أو مظاهره من خروج الغازات في أية لحظة. وعدد البراكين النشيطة في العالم ٨٥٠ بركاناً ومن أشهرها بركان سترمبولي *Stramboli* قرب جزيرة صقلية. ونتيجة لكثرة ثوران هذا البركان فقد أصبح يعرف بمنار البحر المتوسط وقد ثار هذا البركان ١٩٩٩م. ومن البراكين النشيطة التي ثارت في الفلبين بركان ميون *Mayon* الذي ثار سنة ١٩٩٩م و٢٠٠١م ووصل ارتفاع حممه ودخانته إلى أكثر من كيلو متر، وبركان بناتوبو *Pinatubo* وفي كوستاريكا ثارت خمسة براكين ١٩٩٢م، منها بركان إيرازو *Irazu* الذي يصل ارتفاع مخروطه إلى أكثر من ١١ ألف قدم، وقد زاد عدد البراكين التي ثارت ١٩٩٩م على ٢٤ بركاناً.

■ البراكين النشيطة: وتتميز هذه البراكين بأنها تتوقف عن الثوران لفترة وكأنها فترة رقاد أو هجوع ثم تبدو عليها بعد ذلك مظاهر النشاط البركاني. ومن نماذج هذه البراكين بركان إتنا *Etna* بجزيرة صقلية. ولقد كان بركان سانت هيلانه في ولاية واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية في عداد البراكين الهالجة حتى اليوم الثامن عشر من شهر مايو سنة ١٩٨٠م. وما إن جاء ذلك اليوم إلا وهذا البركان يدوي في آفاق تلك الولاية معلناً أنه قد بدأ في مزاوله ثورانه من جديد. ولم تأت نهاية ذلك العام إلا وبركان سانت هيلانه

قد ثار أكثر من ست مرات، وثار هذا البركان مرة أخرى ١٩٩١م.

■ البراكين الخاملة: *Extinct Volcanoes* وهي عبارة عن بقايا مخروطات بركانية انتهى نشاطها منذ أزمنة طويلة ولم يبق منها سوى أجزاء من مخروطاتها أو قصباتها البركانية الصلبة والتي تمكنت من مقاومة عوامل

التعرية، والواقع العملي أن بعض البراكين التي نطلق عليها هاجعة أو خامدة قد تثور وتجدد نشاطها إذا ما حدث نشاط باطني في مناطق وجودها. وفي الغالب يكون ثوران هذه البراكين فجأة وبدون سابق إنذار

(ب) كما يقسم العلماء البراكين إلى أنواع مختلفة ثلاثة أنواع هي:

- **بركان هاواي:** تكون الصهارة رقيقة القوام سائلة حيث يمكن للغازات المختلطة بها أن تتسرب بسهولة ؛ لذلك لا تحدث انفجارات عنيفة.
- **بركان استرومبولي:** وتكون الصهارة ذات قوام أقل رقة من الصهارة الموجودة في بركان هاواي. وتخرج الحمم في شكل نافورة نار صفراء ضخمة. وتتساقط تلك الكتل حول الفجوة وتأخذ شكلاً مخروطياً.
- **بركان بليه:** تكون الصهارة غليظة القوام، فيكون من الصعب هروب الغازات فتتراكم تحت الأرض. ويؤدي الضغط إلى دفع الصخر إلى أعلى، وفي نهاية الأمر تنفجر الغازات بعنف خارجه، وتؤدي قوة الانفجار إلى تكوين عمود من الغاز يزيد ارتفاعه ٢ كيلومتراً.
- **بركان فيزوف.**

(٥) التوزيع الجغرافي للبراكين:

تنتشر البراكين في مناطق متعددة في العالم، وهي تتبع في معظم الحالات

خطوطاً معينة تفصل بين الصفائح التكتونية وهذه النطاقات هي:

- ☑ **حلقة النار :** هو النطاق الذي يحيط بسواحل المحيط الهادي، فهو يمتد على السواحل الشرقية من ذلك المحيط فوق مرتفعات الأنديز إلى أمريكا الوسطى والمكسيك، وفوق مرتفعات غربي أمريكا الشمالية إلى جزر الوشيان ومنها إلى سواحل شرق قارة آسيا إلى جزر اليابان والفلبين ثم إلى جزر إندونيسيا

ونيوزيلندا. ففي هذا النطاق يوجد حوالي ٨٨٪ من براكين العالم، بعضها نشط وبعضها خامد أو هادئ.

☑ جنوب أوروبا المطل على البحر المتوسط والجزر المتاخمة له. وأشهر البراكين النشطة فيها بركان فيزوف بالقرب من نابولي بإيطاليا، وبركان أتنا بجزيرة صقلية، واسترومبولي في جزر ليباري.

☑ نطاق ثانوي يشمل الجزء الجنوبي من شبه الجزيرة العربية وجزيرة مدغشقر وبراكين الأخدود الأفريقي العظيم أشهرها جبل كلمنجارو الذي يبلغ ارتفاعه ٥٨٦٠ متراً.

☑ إضافة إلى هذه المناطق الرئيسية والثانوية توجد بعض البراكين في مناطق متناثرة كما هو الحال في بعض جزر المحيط الهادي مثل جزر هاواي، وكذلك بعض الأقواس الجزرية في المحيط الهندي مثل جزر تيمور وجاوه وسومطرة.



(٦) المواد التي تنبثق من البراكين:

تنبثق من البراكين مواد مختلفة، بعضها أجسام صلبة وأخرى سائلة وغازية، يمكن أن نلخصها كما يلي:

أ) القنابل البركانية *Volcanic Bombs* تتألف من المصهورات البركانية عند تجمدها بالقرب من سطح الأرض، وعندما تنبثق من فوهة البركان تتطاير في الجو، وتتخذ الشكل البيضاوي.

ب) الرماد البركاني *Volcanic Ashes* وهو عبارة عن مواد معدنية دقيقة تتطاير في الهواء بعد خروجها من فوهة البركان، ويظل عالقاً في الجو لمدة طويلة، وبالتالي يُنقل مع الرياح إلى مسافات بعيدة. فعلى سبيل المثال شوهد هبوط الرماد البركاني المنبعث من بركان فيزوف بإيطاليا بعد إحدى ثوراته فوق مدينة اسطنبول بتركيا.

ج) اللافا *Lava* هي عبارة عن المصهورات البركانية التي تنبثق من فوهات البراكين، وتنساب فوق السطح مكونة المخروطات والهضاب البركانية. وتنبثق اللافا من فوهة البركان ، كما تطفح من خلال الشقوق والكسور في جوانب المخروط البركاني، وهي نوعان:

- لافا خفيفة فاتحة اللون: تتميز بعظم لزوجتها، ومن ثم فإنها بطيئة التدفق ومثلها اللافا التي انبثقت من بركان بيلي، فقد كانت كثيفة لزجة لدرجة أنها لم تقو على التحرك ، وأخذت تتراكم وترتفع مكونة برج فوق الفوهة بلغ ارتفاعه نحو ٠٠٣ متر.

- لافا ثقيلة داكنة اللون: وهي لافا بازلتية تتميز بأنها سائلة ومتحركة لدرجة كبيرة، وتنساب في شكل مجاري على منحدرات البركان، وحين تنبثق هذه اللافا فإنها تنتشر فوق مساحات هائلة مكونة لهضاب متسعة مثل هضبة الحبشة وهضبة الدكن بالهند وهضبة كولومبيا بأمريكا الشمالية.

د) الغازات البركانية، ينبثق مع المصهورات البركانية الصلبة والسائلة كميات كبيرة من بخار الماء والغازات، تُقدر بنحو ٥% من جملة المصهورات البركانية.



جامعة جنوب الوادي



الفصل الرابع
الصدوع والطيات ودورها في
تشكيل ملامح سطح الأرض

جامعة جنوب الوادي

الفصل الرابع

الصدوع والطيّات ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

تتمثل العمليات الباطنية البطيئة في كل من الصدوع والطيّات، وهي عمليات تحدث ببطيء شديد وغير محسوس ، ويصعب أن نراها ولكن يمكن أن نرى أثارها على السطح ممثلة في الأشكال الجيومورفولوجية المختلفة.

أولاً: الصدوع ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض:

(١) تعريف الصدع:

هي عبارة عن كسر في مجموعة من الصخور يصاحبه انزلاق أو حركة للصخور على جانب واحد منه على الأقل، بحيث تراح الصخور في ذلك الجانب بالنسبة لنظائرها في جانب الآخر من الصدع ، أي أن الصدوع هي كسور مصحوبة بحركة رأسية أو إزاحة للكتل الصخرية. ويتراوح مقدار الإزاحة في تكون الصدوع من بضعة سنتيمترات إلى مئات الأمتار. ويطلق على هذه الصدوع كذلك تعبير "الانكسارات" أو "العيوب".

(٢) أجزاء الصدع:

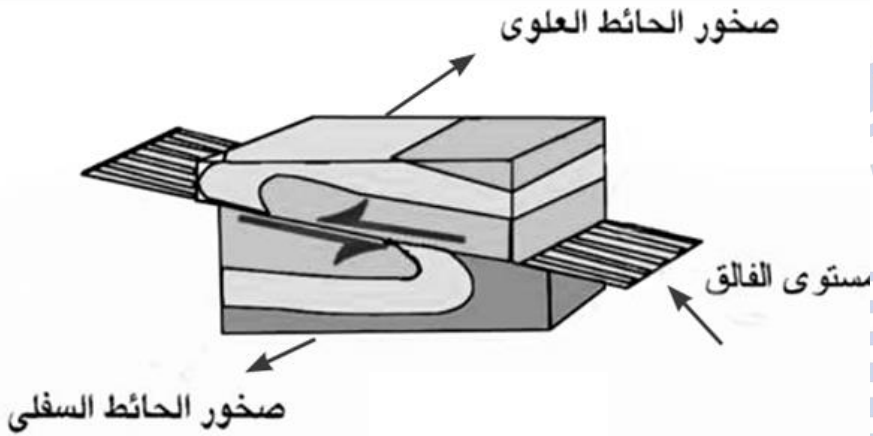
أ) سطح الصدع *Plane of Fault* : السطح الذي يحدث عليه انزلاق الطبقات أو هو السطح الذي يحدث فيه الانفصال والذي تنزلق على طوله طبقات الصخور. وعندما يكون هذا السطح مائلاً يكون له حائطان أحدهما هو الحائط المعلق *Hanging Wall* ويقصد به كتلة الصخور الملاصقة لسطحه العلوي، والثاني هو الحائط السفلي *Foot Wall* ويقصد به الكتلة الملاصقة لسطحه السفلي.

ب) الحائط المعلق *Hanging Wall*: هي كتلة الصخور الملاصقة للسطح العلوي

للصدع.

ج) الحائط السفلي *Foot Wall* هي كتلة الصخور الملاصقة للسطح السفلي للصدع.

د) ميل الصدع *Dip of Fault*: مقدار الزاوية التي يصنعها سطح الصدع مع مستوي الأفقي. ويمكن أن يحسب ميل الصدع كذلك على أساس الزاوية المحصورة بين سطحه وبين المستوى الرأسي.



أجزاء الصدع

هـ) رمية الصدع *Throw of Fault*: مقدار الإزاحة الرأسية لأي طبقة مكسورة على جانبي الكسر. وهي المسافة الرأسية التي تغير بها منسوب الطبقات على جانبي الصدع، وهي تختلف من بضعة سنتيمترات إلى مئات من الأمتار، ويطلق تعبير الرمية إلى أسفل *Down throw* على المسافة التي تحركها أحد الجانبين إلى أسفل، وتعبير الرمية إلى أعلى *Up throw* على المسافة التي تحركها أحد الجانبين إلى أعلى.

و) الزحف الجانبي *Heave of Fault* أي مقدار الإزاحة الأفقية في وضع

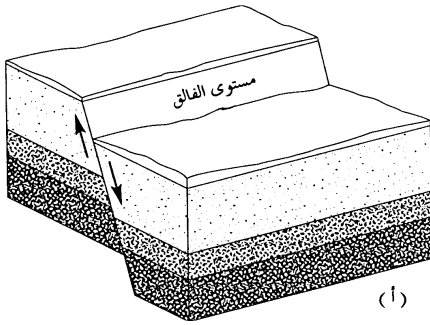
الطبقات.

٣) أنواع الصدوع:

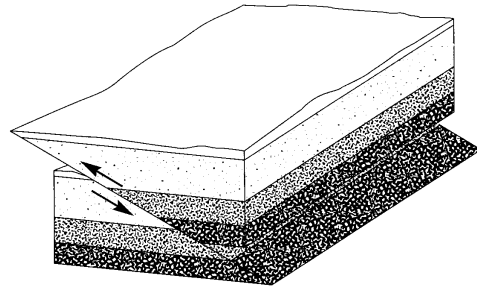
توجد الصدوع على أنواع كثيرة تتوقف على نوع الحركة المحدثة لها إذا

ما كانت شداً أو ضغطاً ، ومن أهم الأنواع ما يأتي:

١- الصدع العادي Normal Fault هو أكثر أنواع الصدوع انتشاراً، وينتج عن عمليات شد Tension الطبقات أكثر منه بفعل الضغط Compression، وينتج عنها ازدياد طول المسافة الأفقية التي كانت تغطيها الطبقات أصلاً. وتتسأ هذه الزيادة من أن الحائط العلوى ينزلق إلى أسفل بالنسبة للحائط السفلى، حيث أن المعتاد هو أن تكون رمية جانبه المعلق إلى أسفل؛ بينما تكون رمية جانبه السفلى إلى أعلى.



الصدع العكسي



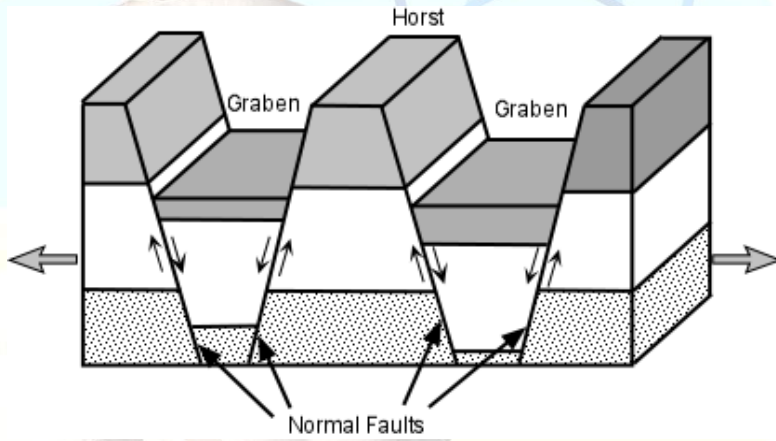
الصدع العادي

٢- الصدع المعكوس Reverse or Thrust fault يحدث نتيجة لعمليات الضغط أكثر من عمليات الشد، ويتميز هذا النوع بأن زاوية سطح الصدع حادة، وفي هذا النوع من الصدوع يتحرك الحائط العلوى إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلى. والمعتاد هو أن تكون رمية جانبه المعلق إلى أسفل؛ بينما تكون رمية جانبه السفلى إلى أعلى.

٣- الصدوع السلمية Step Faults هي عبارة عن سلسلة من الصدوع المتوازية، بحيث تكون رمياتها في اتجاه واحد، فتظهر على هيئة مدرجات أو مصاطب Terraces متتابعة.

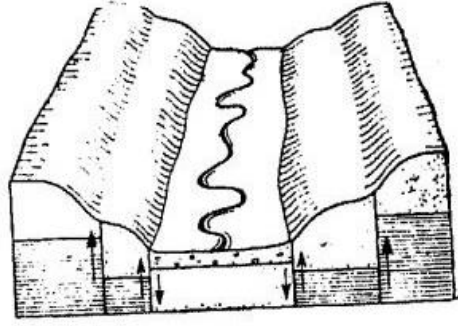
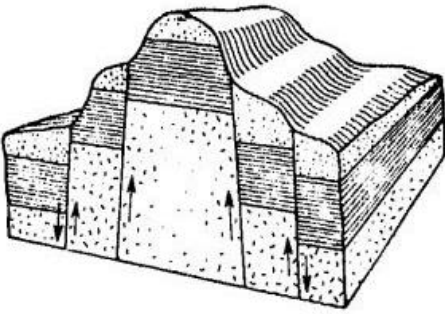
٤- الصدوع الخسفية Graben or Trough Faults: تنشأ نتيجة حدوث صدعين متوازيين وهبوط ما بينهما مكوناً منطقة صدعية. وهي تتكون نتيجة لحدوث صدعين متوازيين "أو أكثر" وهبوط الأرض بينهما، وقد يحدث في نفس الوقت ارتفاع في الأرض الموجودة على جوانبها الخارجية، وأشهر الوديان الصدعية

في العالم هو الوادي الصدعي الأفريقي العظيم *African Great Valley* ، ويبلغ طوله أكثر من ستة آلاف كيلو متر، وهو يبدأ من بحيرة مالوى "نياسا" في شرق القارة ويتجه شمالاً حيث يتفرع في هضبة البحيرات إلى فرعين أحدهما غربي، وتقع فيه بحيرة تتجانيا المتصلة بنهر الكونغو، وبحيرتا إدوارد وألبرت المتصلتان بنهر النيل، والآخر شرقي وتقع فيه بحيرة رودولف وسلسلة من البحيرات الأخرى الصغيرة. ويواصل هذا الفرع امتداده شمالاً ليضم خليج عدن والبحر الأحمر وخليج العقبة والبحر الميت وغور الأردن.



٥- الصدوع البارزة Horst Faults: هذه مجموعات من الصدوع ترمى مجموعة منها في الاتجاه وترمي المجموعة الأخرى في نفس الاتجاه فيتسبب عن ذلك خفض الكتل الوسطى من الطبقات إلى أسفل بالنسبة للكتل الجانبية . هي تنشأ نتيجة لارتفاع الأرض بين صدعين متقابلين. وقد يحدث في نفس الوقت هبوط في الأرض الواقعة على جانبيهما الخارجيين، ومعنى ذلك أن الحركات التي تسببها تكون معاكسة للحركات التي تسببت الوديان الصدعية. وقد توجد سلسلة من الهضاب والوديان الصدعية متجاورة في منطقة واحدة على حسب عدد الانكسارات التي تحدث فيها. وتعتبر منطقة الفوج والغابة السوداء وهضبة بوهيميا في وسط أوروبا من أوضح الأمثلة على ذلك.

ومن الممكن أن تنكسر دون أن يحدث أي زحزحة في أجزاء الطبقات الصخرية. وفي هذه الحالة يُطلق عليها اسم الفواصل *Joints*. وتختلف اتجاهات الفواصل والشقوق في الصخر، فقد تكون رأسية أو تكون أفقية أو مائلة. وقد يتأثر الصخر بإحدى مجموعات هذه الفواصل أو الشقوق أو جميعها معاً. وبالتالي قد يتأثر الصخر باتجاهين من الفواصل أو الشقوق يتقابلان في زاوية قائمة، وينتج عن ذلك تقسيم كتل الصخر إلى مكعبات صغيرة.



الأغوار (الى اليمين) والصدعية (الى اليسار)

٤) الأدلة على وجود الصدوع:

يمكن التعرف على أدلة وآثار حدوث صدع في منطقة ما كما يلي:
 أ) الخدوش: تظهر الخدوش أحياناً نتيجة احتكاك الكتلة الصخرية المنزلقة بالصخور المقابلة على السطح الصدعي، وتشبه إلى حد كبير تلك الخدوش وحزوز التعرية الجليدية على جوانب الوادي الجليدي، ومن خلال الخدوش يمكن تحديد اتجاه الكتلة الصخرية المنزلقة، ويتم ذلك عن طريق تحريك اليد في الاتجاه من السطح الخشن إلى السطح الناعم، وتوجد الخدوش في الغالب في حالة السطوح الصدعية ذات الزحزحة الأفقية المحدودة.

ب) البريشيا التكتونية: يختلف هذا النوع من البريشيا عن تلك التي تنتج عن التجوية الميكانيكية، والتي تتراكم في أقدام السفوح في شكل مخاريط هشيم، بينما تظهر البريشيا التكتونية في شكل كومة من المفنتات غير المنتظمة، مما

يدل على حدوث زحزحة للطبقات فوق سطح الصدع، وتتباين أحجام حبيباتها ما بين دقيقة مثل الصلصال إلى كبيرة الحجم كالجلاميد.

(ج) منطقة القص: *Shearing Zone* هي منطقة من الشقوق المتقاربة توجد على الصدوع، وتمتد موازية لبعضها البعض وتسمى بمنطقة القص الجيولوجي، وتتعرض المنطقة للنحت بمعدل أسرع من غيرها من المناطق الأخرى نتيجة شدة تمزقها، وغالباً ما تترسب فيها بعض الرواسب المعدنية مثل النحاس والرصاص نتيجة مرور المحاليل المعدنية خلال الشقوق والكسور، ويكثر وجودها في صحراء مصر الغربية حيث توجد حافات تمثل امتداد لعروق الجبس والكالسيت وغيرها من المتبخرات الصخرية.

(د) سحب الطبقات: يحدث تغير في اتجاه ميل الطبقات على طول سطح الصدع، ويدل وجود ميل مفاجئ للطبقات المتوازية على احتمال وجود صدع في الطبقة، كما قد يؤدي الصدع إلى حدوث زحزحة للطبقات الرسوبية، مما يؤدي إلى تكرار صورة بعضها أو اختفاء بعضها الآخر.

٥) الأهمية الجغرافية للصدوع:

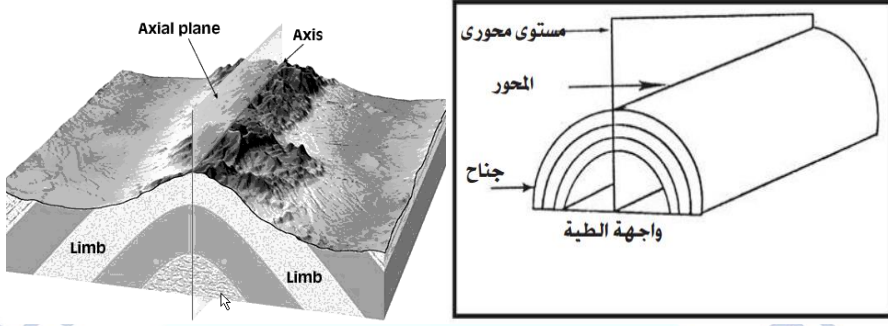
تظهر الأهمية الجغرافية للصدوع في كثير من جوانب الدراسات الجغرافية؛ فبالإضافة إلى أنها مظهر مهم من مظاهر سطح الأرض؛ فإنها هي المسئولة عن تكوين بعض الأشكال الجيومورفولوجية المهمة كما أنها تتدخل كذلك في نظام تصريف المياه السطحية وفي حركة المياه الجوفية وتكوين خزاناتها، وفي تكوين المصائد البترولية، وفي إظهار بعض الثروات المعدنية الموجودة، كما أنها تؤدي كذلك إلى خلق بيئات متنوعة في مناطق حدوثها. وأنها تتدخل في توجيه طرق المواصلات وفي توزيع مراكز العمران وغير ذلك من مظاهر النشاط البشري.

(١) تعريف الطية:

يقصد بهذه الحركات هي الحركات التي تؤدي إلى تقوس بعض طبقات القشرة إلى أعلى أو إلى أسفل نتيجة لتعرضها لضغوط جانبية. ويحدث الانثناء عادة في طبقات الصخور الرسوبية بسبب مرونتها النسبية، وخصوصاً إذا كانت حديثة التكوين، أما الصخور النارية والمتحولة فإن شدة صلابتها لا تسمح لها بالانثناء إلا بدرجات محدودة؛ ولذلك فإنها غالباً ما تتصدع إذا تعرضت لضغوط شديدة. وقد يحدث الانثناء في الطبقات الصخرية إما نتيجة لتعرضها لضغط جانبي من اتجاهين متضادين، أو من اتجاه واحد؛ بينما تقف في طريقها من الجانب المقابل كتلة صلبة قديمة لا تسمح لها بالترشح أمام الضغط الجانبي. وعندما تنتهي الطبقات الصخرية فإن قطاعات منها تتقوس إلى أسفل وتتكون منها ثنيات مقعرة *Synclines* ، بينما تتقوس قطاعات أخرى إلى أعلى وتتكون منها ثنيات محدبة *Anticlines*

(٢) أجزاء الطية:

- محور الطية *Fold Axis* هو الخط الوهمي الذي تميل عنده صخور أحد جانبي الطية في اتجاه مضاه لاتجاه ميل صخور جناحها الآخر.
- جناح الطية *Fold Limb* هما الطبقتان اللتان تشكلان جانبي الطية وتلتقيان عند محور الطية.
- المستوى المحوري *Axial Plane* هو المستوى الذي ينصف أو يقسم الزاوية بين جناحي الطية.



أجزاء الطية

(٣) أنواع الطيات:

تأخذ الثنيات أشكالاً مختلفة على حسب قوة الضغط واتجاهه وسمك الطبقات ونظامها وقوة مقاومتها وتباين المقاومة من طبقة إلى أخرى أو من موضع إلى آخر، ولذلك فقد قسمت الطيات إلى عدة أنواع أهمها هي:

- الثنية البسيطة المتماثلة: *Simple Symmetrical fold* وفيها تكون زاويتا ميل الطبقات على جانبيها متساويتين.

- الثنية البسيطة غير المتماثلة: *Asymmetrical fold* هي ثنية بسيطة إلا أن زاوية ميل أحد جانبيها تكون أكبر نوعاً ما من زاوية ميل الجانب الآخر.

- الثنية وحيدة الجانب: *Monocline* هي ثنية يشتد ميل الطبقات في جانب واحد من جانبيها بينما تظل الطبقات أفقية تقريباً، أو مائلة ميلاً غير واضح في جانبها الآخر.

- الثنية المقلوبة: *Overtured fold* فيها يشتد ميل طبقات أحد الجانبين بحيث تزيد زاوية هذا الميل عن ٩٠ درجة.

- الثنية المستلقية "أو المضطجعة": *Recumbent fold* فيها يستلقي أحد الجانبين على سطح الأرض تماماً بحيث يختفي تحت الجانب الآخر. وفي هذه الحالة يختل ترتيب الطبقات في الجانب الأسفل بحيث تقع الطبقات الحديثة تحت الطبقات الأقدم منها.

- التنية الزاحفة " *Nappe* أو الغطاء الصخري الزاحف" هي عبارة عن الجانب العلوي من تنية مستلقية اضطره الضغط الجانبي الشديد إلى الانفصال عن بقية التنية والتزحزح بعيداً عنها؛ حيث يؤدي زيادة الضغط الجانبي إلى تصدع التنية عند محورها وفصل جانبها الأعلى عن جانبها الأسفل. وكلمة " *Nappe* " كلمة فرنسية معناها غطاء.

٤) الحركات الإلتوائية الكبرى خلال العصور الجيولوجية:

إن الإلتواءات الكبرى التي تعرضت لها قشرة الأرض خلال العصور الجيولوجية المختلفة هي أهم نتائج العوامل التكتونية التي ساهمت في تكوين الأشكال التضاريسية الكبرى، وأهمها الجبال الإلتوائية التي تشغل نطاقات ضخمة في مختلف القارات. وقد بنيت هذه الجبال على ثلاث مراحل رئيسية تعرضت قشرة الأرض خلالها إلى حركات تكتونية عنيفة.

وقد حدثت هذه الحركات في ثلاثة أزمنة جيولوجية هي الزمن الأول والزمن الثاني والزمن الثالث، وكانت تفصل بعضها عن بعض ملايين من السنين. ومعنى ذلك أن الجبال التي كونتها حركات الزمن الأول قد مضى عليها منذ نشأتها حتى الآن أكثر من مائتا مليون سنة. وخلال هذا العمر الطويل لم تتوقف عوامل التجوية أو عوامل التعرية عن إزالتها وتغيير معالمها؛ ولذلك فقد فقدت معظم ارتفاعاتها وتحولت إلى تلال قليلة الارتفاع أو سهول تحاتية، وأصبحت تمثل في الوقت الحاضر أعظم النطاقات الجبلية في العالم ويطلق عليها عمومًا اسم "الجبال الإلتوائية الحديثة"، أو "الإلتواءات الألبية" أو الحركات الألبية نسبة إلى جبال الألب التي تنتمي إليها. والحركات التكتونية الرئيسية التي حدثت في الأزمنة الجيولوجية المذكورة هي:

أولاً: الحركات الكاليدونية:

Calidonian Movements

وقد سميت بهذا الاسم نسبة إلى مرتفعات كاليدونيا في شمال اسكتلنده ، وقد حدثت معظم هذه الحركات في أواسط الزمن الجيولوجي الأول وخصوصاً في العصر السيلوري والعصر الديثوني. وتوجد الجبال التي تكونت بسببها في معظم القارات وأشهرها هي مرتفعات شمال اسكتلنده. وفي أمريكا الشمالية بدأ بناء مرتفعات الأبلاش بواسطة هذه الحركات ثم اكتمل بواسطة الحركات التالية وهي الحركات الهرسينية.

ثانياً: الحركات الهرسينية

Hercynain Movements

لقد حدثت خلال القسم الأعلى من الزمن الجيولوجي الأول، وخصوصاً في العصر الفحمي والعصر البرمي؛ فهي أحدث من الحركات الكاليدونية ببضع عشرات الملايين من السنين، وتوجد الجبال التي تكونت بسببها في معظم القارات إلى الجنوب من المرتفعات الكاليدونية، وهي غالباً أكثر منها ارتفاعاً بسبب حادثتها النسبية من جهة وبسبب تعرضها في عصور لاحقة لحركات رفع جديدة من جهة أخرى، وأهم الجبال التي تنتمي إليها هي جبال جنوب أيرلنده وجنوب ويلز وجنوب إنجلترا، وجبال غرب أوروبا ووسطها مثل هضبة فرنسا الوسطى وهضبة بوهيميا وجبال السودان والفوج والغابة السوداء وبعض مرتفعات أسبانيا وجبال أورال. وفي استراليا تنتمي إليها معظم الجبال الشرقية، وفي أمريكا الشمالية يتكون منها نطاق ممتد في شرق القارة إلى الجنوب من نهر سنت لورنس، كما أنها ساهمت في بناء مرتفعات الأبلاش.

ثالثاً: الحركات الألبية:

Alpine Movements

هي أحدث الحركات الرئيسية التي تعرضت لها قشرة الأرض، وقد بدأت مقدماتها في أواخر الزمن الجيولوجي الثاني، وبلغت أوجها في الزمن الثالث، ثم استمرت بعض ذيولها في أوائل الزمن الرابع. وتوجد الجبال الألبية في الوقت الحاضر في نطاقات ضخمة تتفق مع ما يعرف باسم نطاقات الضعف في قشرة

الأرض، وهي النطاقات التي ظلت حتى وقت قريبة عرضة للحركات التكتونية، كما يدل عليها توزيع مناطق البراكين والزلازل؛ ففي العالم القديم تمتد الانثناءات الألبية بين الشرق والغرب في نطاق ضخم يبدأ من سواحل المحيط الأطلسي في غرب أوروبا وشمال أفريقيا ويشمل جبال أطلس في إفريقيا، وجبال الألب والسلاسل الجبلية المتصلة بها في أوروبا، ويواصل امتداده في آسيا ليشمل السلاسل الجبلية المرتفعة في آسيا الصغرى والقوقاز وإيران وأفغانستان. وفي العالم الجديد تشغل الانثناءات الألبية نطاقاً يمتد لبعضة آلاف من الكيلو مترات في غرب الأمريكتين ويشمل سلاسل جبال روكي وسلاسل جبال الأنديز.

الأشكال الناتجة عن العمليات التكتونية:

Volcanic Mountains

- الجبال البركانية

تتألف الجبال البركانية من المخروطات البركانية *Volcanic Cones* وعلى الرغم من انتشار المصهورات البركانية في أجزاء واسعة من سطح الأرض، إلا أن الجبال البركانية تعد محدودة الانتشار؛ ويرجع ذلك إما إلى ظهور معظم المصهورات البركانية فوق سطح الأرض على شكل غطاءات وهضاب لافية، أو إلى أنه تم إزالتها بفعل عوامل التعرية خاصة بعد توقف النشاط البركاني.

Faulted Mountains

- الجبال الصدعية

تتكون هذه الجبال بفعل حركات التصدع التي تتعرض لها صخور القشرة الأرضية، ويعد الحوض العظيم في جبال الروكي غرب الولايات المتحدة الأمريكية أبرز مثال لهذا النوع من الجبال.

Volcanic Plateaus

- الهضاب البركانية

يقصد بمصطلح "هضاب" تلك المناطق الواسعة التي ترتفع فوق مستوى ما يجاورها من أراضي، وتتميز بأن أسطحها العليا شبه مستوية، وجوانبها شديدة الانحدار. أما الهضاب البركانية هي الهضاب التي تتألف من مصهورات ومواد لافية انبثقت من باطن الأرض. وتكون على شكل غطاءات لافية هضبية عظمى،

ويتوقف اتساع هذا النوع من الهضاب على مدى حجم المصهورات اللافية من جهة، ومدى توالي حدوث الثورانات البركانية من جهة أخرى. وتنتشر الهضاب البركانية فوق أجزاء واسعة من جزيرة آيسلند، وشمال هضبة الدكن في شبه القارة الهندية.

Horsts or Faulted Plateaus

- الهضاب الصدعية:

تنتج عن ارتفاع الأرض بين صدعين متوازيين، أو يحدث هبوط الأرض علي الجانبين الخارجيين، أي أن الحركات التي تسببها تكون عكس الحركات التي تكون الأودية الصدعية ، وربما توجد سلسلة من الهضاب والأودية الصدعية متجاورة في منطقة واحدة علي حسب عدد الانكسارات التي تحدث فيها، ومن أمثلة هذه الهضاب الصدعية منطقة الفوج والغابة السوداء وهضبة بوهيميا في وسط أوروبا.

وينشأ هذا النوع من الهضاب أساساً بفعل الصدوع، ومن أبرز هضاب هذه المجموعة هضبة سيبيريا، وهضبة شرق البرازيل، وهضاب جنوب شبه الجزيرة العربية، وهضبة غرب استراليا. ونتيجة لنشأة هذه الهضاب من كتل قارية قديمة جيولوجياً، تعرضت لفعل عوامل التعرية المختلفة خلال فترات التاريخ الجيولوجي الطويل، تميزت باستواء سطحها وقلة درجة تضرسها.

Volcanic Plains

- السهول البركانية

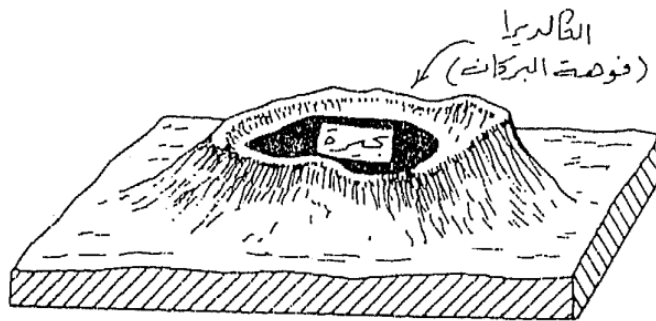
تنتشر اللافا عند قاعدة البركان في هيئة مسطحة ولمسافات طويلة ، أو قد يتساقط الرماد البركاني بكميات كبيرة مشكلاً ما يعرف باسم السهول البركانية. ومن أشهر الأمثلة على ذلك الغبار الذي انطلق من بركان كراكاتوا عند ثورانه سنة ١٨٨٣ فقد ذكر الباحثون أن بعض هذا الغبار ظل عائلاً بالجو لمدة عام كامل، وإذا حدث وسقطت الأمطار في منطقة البركان "وهو ما يحدث في غالب الأحيان"؛ فإنها تسقط عادة بغزارة ، وتختلط عند سقوطها بالغبار فتتحول إلى أمطار طينية

وتتكون منها سيول جارفة على جوانب البركان فتغمر المناطق المجاورة، مما تؤدي إلى تكوين طبقات جديدة من التربة البركانية الخصبة.

Caldera

- الكالديرا:

هي حوض كبير متسع، جوانبه شديدة الانحدار، ويكون في أعلى بعض المخروطات البركانية، ويرجع تكونه بصفة خاصة إلى اتساع القمع بفعل عوامل التعرية وعوامل التجوية وانهيار جوانبه؛ ولذلك فإن الكالديرا توجد غالباً فوق المخروطات البركانية القديمة التي مضى على هدوئها وقت طويل. وإذا سقطت الأمطار في منطقة البركان فإن الكالديرا تتحول إلى بحيرة بركانية جوانبها شديدة الانحدار، ويتحول المخروط الذي بوسطها إلى جزيرة صخرية. وأكبر كالديرا من هذا النوع في العالم هو كالديرا آسو ASO في اليابان ويبلغ قطرها ٢٢ كيلو متراً.



Grabn of Rift Valleys

- الأودية الصدعية:

تحدث نتيجة وجود صدعان متوازيان أو أكثر وهبوط الأرض بينهما، ويصاحب هذا الهبوط ارتفاع الأراضي علي الجانبين الخارجيين، وأشهر هذه الأودية الصدعية الأخدود الإفريقي العظيم African Great Rift Valley.

Fault Scarps

- الحافات الصدعية:

تتكون نتيجة لرمية الصدع سواء إلي أسفل أو إلي أعلى؛ حيث يظهر القسم الأعلى من سطح الصدع بشكل حافة يختلف ارتفاعها علي حسب مقدار رمية الصدع، ويقصد بها الجبال والحافات الصخرية التي نتجت أساساً بفعل الانكسارات، ونشأت على طول أسطحها، وتعتبر الحواف الصدعية أحد الأشكال

الجيومورفولوجية المرتبطة بحدوث عملية التصدع. ويمكن الاستدلال ميدانياً على هذه الظواهر بوجود رواسب معينة عند قاعدتها أهمها الدقيق الصخري والذي يتكون من رواسب ناعمة نتيجة تفتيت بعض الصخور على طول سطح الصدع عند حدوث عملية الانزلاق الصخري ، وبريشيا أسطح الصدع التي تتكون من قطع صخرية ذات زوايا محددة ناتجة عن تحطيم وتفتيت الصخور المجاورة لسطح الصدع.

Fault Scarps Line

- حافات أسطح الصدوع

تعني الجبال والحافات الصخرية التي نتجت أساساً بفعل عوامل التعرية والتجوية على طول أسطح الانكسارات أو بجوارها. ومما سبق يتضح أن الحافات الصدعية تتكون خلال حدوث عمليات التصدع نفسها، في حين تتشكل حافات أسطح الصدوع بعد حدوث عمليات التصدع بمدة من الزمن.

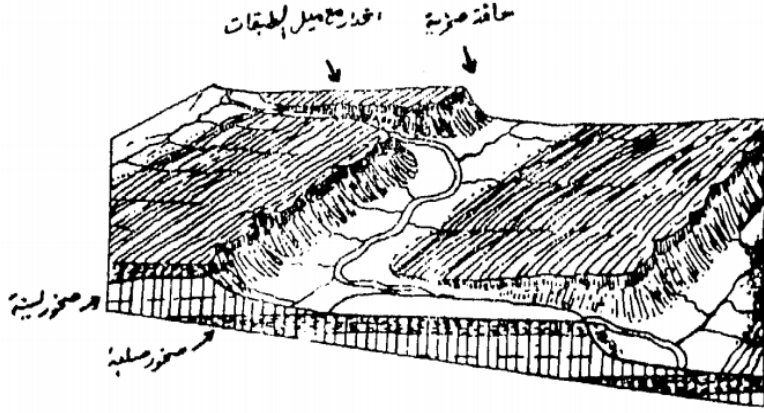
Questa

- الكويستا

هي ظاهرة جيومورفولوجية تتكون من منحدر هين يتوافق مع اتجاه الميل وحافة شديدة الانحدار تتحدر عكس اتجاه ميل الطبقات، وهي مصطلح أسباني يطلق علي الحافات التي نشأت بفعل عوامل التعرية في الطبقات التي تميل ميلاً هيناً، ويتميز ظهر الكويستا باستطالته وامتدادها مع اتجاه ميل الطبقات وانحداره الهين الذي يتراوح بين نصف درجة و ٧ درجات ، وفي الحالات التي يزيد فيها ميل الطبقات عن هذا الحد ولا يزيد عن ٤٠ درجة يمكن أن نطلق عليها مصطلح الحافات المتساوية الميل، وإذا زاد الميل عن ٤٠ درجة فيطلق عليها مصطلح الهوجباك ، أما واجهة الكويستا يتميز بقصره وانحداره الشديد الذي يصل إلي ٣٠

درجة.

جامعة جنوب الوادي

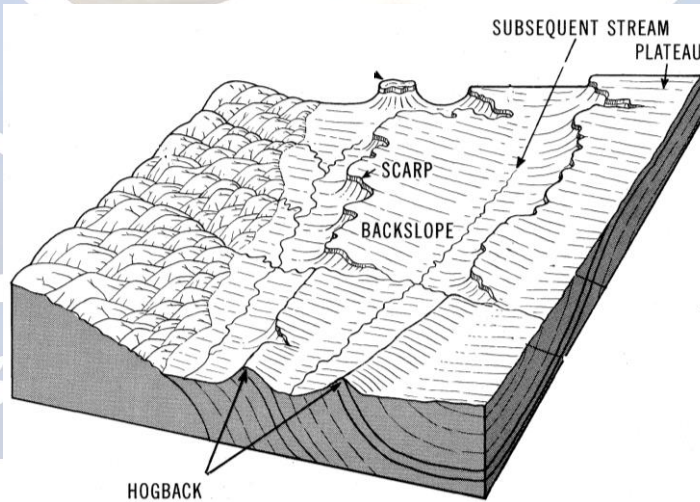


الشكل العام للكويستا

Hog Back

- ظهور الخنازير

هي عبارة حافات صخرية شديدة الانحدار، والفرق بين الكويستا وحافات أظهر الخنازير، وأوضح أن أهم ما يميز الكويستا هو انحدار منحدر الميل التدريجي البسيط وامتداده الطولي الكبير مقارنة بانحدار واجهة الميل الشديدة الانحدار وامتدادها القصير، حيث يبلغ امتداد منحدر الميل عدة أميال ، فإن ارتفاع الحافة لا يزيد عن بضعة مئات من الأقدام ، أما أظهر الخنازير فأهم ما يميزها هو أن انحدار منحدر الميل شديد جداً وقصير وقد يماثل تماماً انحدار الحافة.

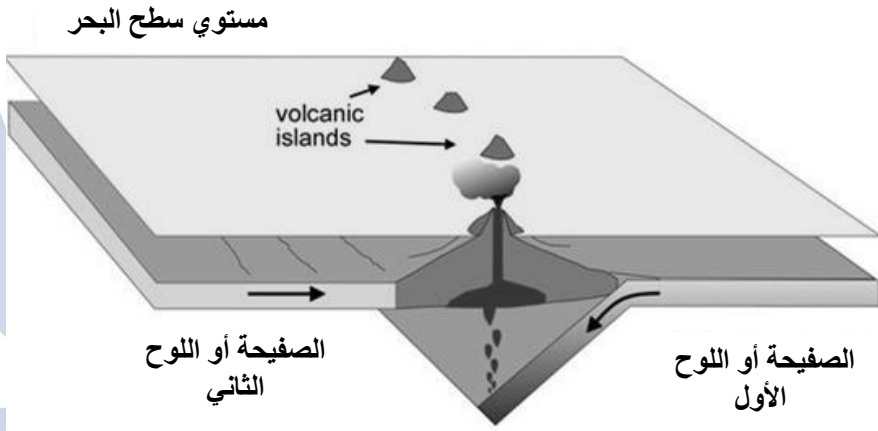


ظهور الخنازير أو الهوجباك

- الجزر البركانية:

Volcanic Islands

الجزيرة هي منطقة من اليابسة محاطة بالمياه من جميع الجهات ، والجزر البركانية هي الجزر التي أنشأتها وكونتها البراكين، وهذه الجزر على عدة أنواع أولها ما ينشأ عند البراكين الواقعة عند مناطق الانزلاق التكتوني ومن أمثلتها الجزر البركانية في المحيط الهادي ، والنوع الآخر من الجزر البركانية ينشأ عند الحدود التباعية للألواح مثل جزيرة أيسلندا أكبر جزيرة بركانية في العالم وجزيرة جان ماين وكلاهما في المحيط الأطلسي. وقد تؤدي الطفوح اللافية إلي تكون جزر في قاع البحر ، ومع توالي وتراكم اللافا يظهر المخروط البركاني في شكل جزيرة بركانية كما هو الحال بجزر هاواي. كما تعمل الحركات التكتونية علي رفع أجزاء من قاع البحر أو المحيط في شكل جزيرة كما حدث بجزيرة كراكاتوا في اندونيسيا.



نشأة الجزر البركانية

جامعة جنوب الوادي



الفصل الخامس
النجومية ودورها في تشكيل
ملامح سطح الأرض

جامعة جنوب الوادي

الفصل الخامس

التجوية ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

Weathering

أولاً: تعريف التجوية:

يقصد بالتجوية تفكك الصخر أو تحللها وهي في موضعها أي دون أن يتغير موضع المواد المفككة او المفتتة أو المتحللة.

ثانياً: العوامل التي تتحكم في التجوية:

تتحكم في التجوية عوامل كثيرة ومتشابهة، ومع ذلك فمن الممكن أن نقسم العوامل الأقسام التالية:

• **تركيب الصخر:** حيث يختلف مقدار تأثر الصخور بعوامل التجوية على نوع الصخر أو بمعنى آخر على التركيب المعدني للصخر ونسيجه أي حجم الحبيبات التي يتكون منها ونظام تكتلها وكذلك كثرة التراكيب الجيولوجية والمفاصل والأسطح الطبقيه وغيرها. ويؤثر التركيب المعدني للصخر في التجوية من خلال التنوع المعدني وتباين الخصائص الكيماوية والطبيعية للمعادن التي تدخل في تركيبه مما يحدد قابليتها للتجوية. وعلى هذا الأساس فإن هناك تبايناً كبيراً بين المعادن في مقدرتها على مقاومة التجوية، فالصخور النارية تكون شديدة الصلابة وبالتالي أكثر مقاومة لعمليات التجوية المختلفة علي عكس الصخور الرسوبية.

• **العوامل المناخية:** يلعب العامل المناخي دوراً مهماً في التأثير على عمليات التجوية المختلفة ولا يقل أهمية عن أي عامل آخر ، ويتمثل العامل المناخي في عدة عناصر أهمها درجة الحرارة والرطوبة والأمطار ، حيث تزيد عمليات التجوية الفيزيائية في ظل وجود درجة حرارة منخفضة أثناء الليل ومرتفعة أثناء النهار وهو ما يعرف بالمدى الحراري اليومي حيث يؤدي التباين الحراري اليومي ما بين ساعات النهار والليل إلى تعاقب تمدد وتقلص المعادن المكونة للصخور، وحيث أن هذه المعادن تتفاوت في معاملات تمددها ، فإنها تعمل

على تشقق الصخر وتفتيته إلى حبيبات معدنية أو صخرية متباينة الأحجام. وعندما تنتشر التربة ماء المطر عبر مسامها تظهر بعض التغيرات على التركيب الكيميائي نتيجة حدوث تفاعلات عديدة تغير من نسبة كربونات الكالسيوم والماغنسيوم نتيجة زيادة أيون الهيدروجين.

• **طبوغرافية سطح الأرض:** نجد أنه في مناطق السطوح الشديدة الانحدار تزال نواتج التجوية أولاً بأول بواسطة عوامل النقل المختلفة وتتكشف باستمرار أسطح جديدة من الصخر لعمليات التجوية ، أما في الانحدارات اللطيفة (الأسطح المنبسطة) ، فتبقى نواتج التجوية في مكانها لمدة طويلة وتتراكم حتى تصل لارتفاع ٥٠ متر أو أكثر مما يجعلها تحمي الصخر الذي تحتها من التعرض للعوامل الجوية.

• **الزمن ودوره على عمليات التجوية:** تختلف المعادن والصخور في الزمن التي تحتاجه ليتم تحللها بالكامل وتختلف قابلية المعادن للتحلل مكانياً حسب العوامل البيئية السائدة وأهمها الظروف المناخية حيث يزداد معدل ونتاج التجوية عبر الزمن وكلما طالت مدة التعرض التجوية كلما اتضحت آثار تجوية الصخور من خلال نتاج التجوية أو انخفاض منسوب المكاشف الصخرية وتظهر آثار التجوية في فترات زمنية تتراوح ما بين مائة وبضع من السنين وذلك حسب نوعية الصخر والمناخ السائد.

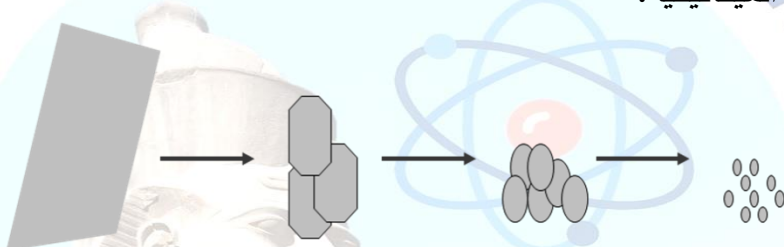
ثالثاً: أنواع التجوية:

تنقسم عمليات التجوية في الطبيعة إلى قسمين، هما: التجوية الميكانيكية أو الطبيعية والتجوية الكيميائية ، وتتمارس هاتان العمليتان تأثيرهما في الصخور بصورة مشتركة، إذ يندر أن تنشأ إحدى العمليتين بصورة مفردة. أما الفرق بين العمليتين فهو إن نتاج عمليات التجوية الميكانيكية لا يطرأ عليه أي تغير في التركيب المعدني للصخر، بينما يطرأ تغير وبصورة شاملة أحياناً

على المحتوى المعدني لنتاج عمليات التجوية الكيميائية. وفيما يلي دراسة للطرق لكل نوع بالتفصيل:

(١) التجوية الميكانيكية أو الطبيعية *Mechanical or Physical Weathering*

يقصد بالتجوية الميكانيكية تفكك الصخر إلى مفتتات صغيرة الحجم دون أي تغيير في تركيبه المعدنية وفي موضعه، و فيما يلي عرض لعمليات التجوية الميكانيكية:



التجوية الميكانيكية أو الطبيعية

(أ) اختلاف درجات الحرارة:

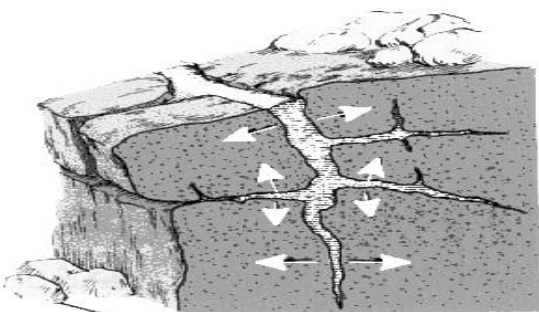
تعتبر الصخور بصفة عامة مواد رديئة للتوصيل الحراري ، لذا فان أسطحها الخارجية ترتفع درجة حرارتها بارتفاع حرارة الجو ،في حين تظل درجة حرارة الجزء الداخلي منخفضة والعكس بانخفاض درجة حرارة الجو. وينتج من اختلاف درجات الحرارة في المناطق الصحراوية ما يسمى بالتجوية بفعل الإشعاع الشمسي *Insolation Weathering* حيث يؤدي ارتفاع المدى الحراري اليومي إلى حدوث عملية تمدد وانكماش للصخر، إذ ينتج عن ارتفاع درجة الحرارة عملية تمدد للصخر، بينما ينتج عن انخفاضها عملية انكماش ومع توالي حدوث تلك العملية يتكسر الصخر. وذلك كما هو الحال في كثير من أراضي الصحاري المصرية فقد يزيد الفرق في درجة لحرارة الجو بين النهار والليل على ٢٥ درجة مئوية ، وهذا التغير يسبب فرقا كبيرا في تدرج حرارة الصخر من الخارج للداخل. ومن المألوف سماع صوت يشبه طلقات المسدس

بالصحارى الجافة وقد أتضح أن هذا الصوت هو ناتج من تشققات الصخر بتأثير تغير درجات الحرارة.

وقد استنتج (Smith, 1977) أن تأثير الإشعاع الشمسي فى حدوث التجوية فى المناطق الجافة أن نشاط التجوية الميكانيكية يزيد أكثر فى أماكن الظل التى تبقى رطبة مع تعرضها للتبريد السريع والتسخين، ويزيد تأثير عملية التمدد والانكماش فى الصخور بالمناطق الجافة، وذلك لتأثرها بالإشعاع الشمسي المباشر حيث يتصف الجو بصفائه وخلوه من السحب مما يؤدي إلى تسخين شديد للصخر أثناء النهار، وفى أثناء الليل تفقد الصخور حرارتها بسرعة ويحدث لها عملية انكماش.



تجمد المياه داخل الشقوق



أثر اختلاف درجات الحرارة علي الصخور

Unloading

يكون ذلك بتعرية الطبقات السطحية من الصخر ، فيزول الضغط على الطبقات التي كانت تحتها وتتعرض لعوامل التجوية. ويلاحظ ذلك بقمم المرتفعات الجرانيتية والحجر الرملى.

Frost Wedging

ج) تجمد الماء:

يعد تجمد الماء بين الشقوق والفواصل الصخرية أهم عوامل التجوية الميكانيكية ولاسيما في المناطق التي تنخفض فيها درجات الحرارة عن الصفر المئوي، إذ إن تجمد الماء يؤدي إلى زيادة حجمه بمقدار ٩٪، مما يؤدي إلى زيادة الضغط على الصخور، حيث ينتج عن تجمد الماء في المناطق الباردة

شقوق عميقة في صخور تتكون في الصخور التي بها فواصل وشقوق مثل صخر البازلت والحجر الجيري حيث يتخلل ماء المطر شقوق الصخر وعندما تنخفض درجة الحرارة يتجمد الماء فيزداد حجمه ويضغط على جانبي الشق فينتسع.

(د) النمو البلوري للأملاح داخل الشقوق والفجوات *Crystallization*

تنمو بلورات الأملاح في الحجم *Crystal growth* محدثة ضغطاً داخلياً يكفي لتحطم الصخر، وفي حالة الصخور المسامية فإن تبلور الأملاح يحدث داخل الصخور السطحية مسبباً تكسر الصخر أو تفكيك وتباعده صفائحه وقد تم تسجيل حدوث ضرر كبير بآثار معبد الكرنك وأبو الهول بسبب ذلك. ويساعد ارتفاع درجة الحرارة على التجوية بتبلور الأملاح.

Chemical Weathering

(٢) التجوية الكيميائية

يقصد بها تفاعل مكونات الصخر المعدنية بالماء أو أحد العناصر الجوية، ينتج عنه تحول أحد مكونات الصخر أو بعضها إلى تركيب جديد تختلف عن المادة الأصلية، وذلك في موضع الصخر. وتتم التجوية الكيميائية فعلها بواسطة أربعة عمليات هي:

Solution

(أ) عملية الإذابة

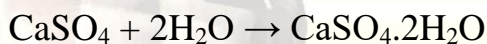
تستطيع كمية الرطوبة التي تكونت بفعل التكاثف في المناطق الجافة أن تذيب التكوينات الجيرية، وخاصة على بمواضع الفواصل والشقوق ولما كانت الصخور الجيرية مكونة من كربونات الكالسيوم، فإن نتاج تفاعلها مع الرطوبة ينتج محلول بيكربونات الكالسيوم لينتج ما يعرف بحفر الإذابة. كما أن عملية التحلل التي تحدث للصخر ينتج عنها كميات من السيلكا، ومن المعروف أن الأحجار الرملية تحتوي على نسبة عالية من حبيبات الرمل التي تلتحم بمواد لاحمة من السيلكا والحديد والشوائب الأخرى، لذا فإن عملية الإذابة تتم للمادة اللاحمة ويتخلف عنها حبيبات الرمل التي تغطي سطح الصحراء، وتختلف

الصخور في معدل الإذابة فقط من نوع لآخر ، فالصخور النارية والمتحولة معدل إذابتها صغيراً ويبلغ ٠.٥-٧ ملليمتر/١٠٠٠ سنة .أما الحجر الرملي يتراوح بين ملليمتر/١٠٠٠ سنة ، حيث أنه سهل تفككه وبالتالي في إذابته يكون كبيراً ، ويقترّب منه معدل إذابة الحجر الرملي بمعدل ١٦-٣٤ ملليمترًا ١٠٠٠ سنة. أما الصخور الطباشيرية فتذوب بمعدل ٢٢ ملليمترًا/١٠٠٠ سنة ، بينما تزيد صخور الحجر الجيري عن ذلك ليتراوح معدل إذابتها ٢٢-١٠٠ ملليمتر .

Hydration

(ب) عملية التميؤ

هو عبارة عن ارتباط جزيئات الماء أو مجموعات الهيدروكسيل بالمعادن، وتتمثل عملية التميؤ في امتصاص المعادن الموجودة في الصخر للماء، حيث يؤدي ذلك إلى إضعاف الصخر، ومن أهم الأمثلة على هذا التغير هو تأدرت الانهيدريت الى الجبس مع زيادة كبيرة في الحجم تعادل ٣٣٪ من الحجم الأصلي

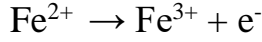


ويعد التميؤ من العمليات المهمة في تكوين معادن الصلصال حيث يتحول الفلسبار في الصخور الجرانيتية إلى طين الكاولين.

Oxidation

(ج) عملية الأكسدة

هي عبارة عن تفاعل المعادن مع الأوكسجين لتكوين الأكاسيد والهيدروكسيد، وعندما تدخل المياه في التفاعل سواء بكميات كبيرة أو ضئيلة يشيع حدوث عمليات الأكسدة، وتتم معظم عمليات الأكسدة في النطاق المعرض لتأثير الجو. ويعد معدن الحديد من أكثر المعادن تأثراً بعمليات الأكسدة، حيث يظهر في حالات أكسدة مختلفة ويتغير لونه بفعل الأكسدة من الأزرق أو الرمادي إلى الأحمر أو الأصفر أو البني. وأهم هذه التفاعلات هو تحول الحديدوز الى حديدك بفقد الكترولونات.



Carbonation

د) عملية الكربنة

يقصد بها تفاعل أيونات الكربونات والبيكربونات مع المعادن المكونة للصخر، ومن غير الشائع وجود الكربونات في نواتج التفاعل في لمواقع المتأثرة بالتجوية، حيث ينتج عن إذابة ثاني أكسيد الكربون إلي تكون حامض الكربونيك المخفف والذي يتميز بدوره الحيوي كحامض في إذابة الكربونات، وكلما زادت حامضيته زاد فعل الإذابة، إذ يؤدي تفاعله مع كربونات الكالسيوم إلى تكوين بيكربونات الكالسيوم التي تتصف بقابليتها للذوبان في الماء وتكوين رواسب جيرية ناعمة.

Hydrolysis

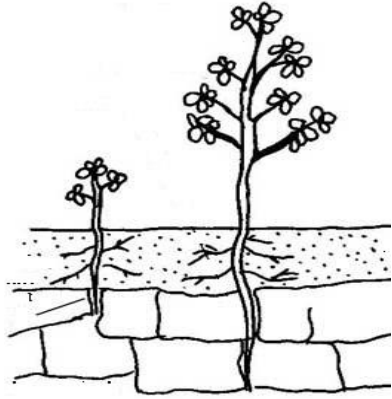
ه) التحلل المائي

هو عبارة عن عملية غزو أيونات الهيدروجين الصغير الحجم العالي لشحنة (الهيدرونيوم H_3O^+) للبناء البلوري للمعادن والصخور، وينتج عن ذلك إحلال أيونات الهيدروجين محل بعض الأيونات الأساسية في التركيب البلوري مؤدياً لتفكك وانهيار بناء الصخر. والماء الطبيعي يحتوى عادة على غازات ذائبة من الهواء الجوى مثل ثاني أكسيد الكربون معطياً حمض الكربونيك الذى يتأين وتتفرد منه أيونات الهيدروجين. ومن أهم المصادر الأخرى لأيونات الهيدروجين هو حمض الكربونيك والأحماض العضوية الناتجة من تحلل المواد العضوية والنشاط البيولوجى بالتربة. وتحدث عملية التحلل المائي تحت جميع الظروف خصوصاً بالمناطق الاستوائية الرطبة الحارة.

Organic Weathering

ز) التجوية العضوية

تمارس التجوية العضوية فعل ميكانيكي وكيميائي لذلك يمكن تقسيمها إلى نمطين رئيسيين هما: التجوية الميكانيكية العضوية والتجوية الكيميائية العضوية. إلا أنه يرى البعض إدماج هذا النوع من التجوية تحت كل من التجوية الطبيعية والكيميائية لا أن البعض الآخر يرى أن تناقش كعامل مستقل نظراً لأهميتها.



دور النباتات والأشجار
في توسيع الشقوق بالتربة

(أ) التجوية الميكانيكية العضوية:

تقوم الكائنات الحية سواء كانت نباتات أو حيوانات بدور كبير في تفكيك الصخر، فعندما تضرب النباتات والأشجار بجذورها في الشقوق، وهي بذلك تقوم بتوسيع الشقوق والفواصل وتعميقها داخل الصخر، حيث يعمل الضغط الميكانيكي الذي تحدثه تلك الجذور الممتدة بين شقوق الصخور إلى إزاحتها من مكانها وتكسرها. كما تقوم الحيوانات القارضة

والحشرات خصوصا الديدان الأرضية والتي توجد بأعداد هائلة بالتربة بحفر مأوى وجحور وممرات لها في باطن الأرض، أي أن الكائنات الحية تحدث تكسر للجزيئات الصخرية بواسطة الحفر عن طريق الحيوانات. وتعد حرائق الغابات بالمناطق شبه الجافة والتي يسببها البرق تتسبب في تكسر وتفتت الصخور المعرضة للحرارة العالية وقد تتصدع الجبال ويحدث بها انهيارات شديدة.

(ب) التجوية الكيميائية العضوية:

تفرز النباتات والحيوانات ثاني أكسيد الكربون الذي يساعد على إذابة الحجر الجيري، ويعظم تأثير النباتات في السواحل، حيث يساعد ثاني أكسيد الكربون الذي تفرزه النباتات البحرية على سطح الرصيف البحري التحاتى في زيادة قدرة مياه البحر على إذابة الحجر الجيري.

جامعة جنوب الوادي

رابعاً : أشكال التجوية:

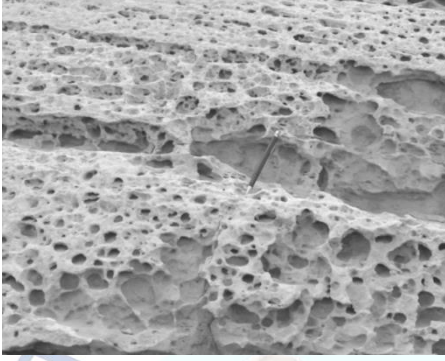
☑ طلاء الصحراء *Desert Varnish* يعرف ورنيش الصحراء بأنه غشاء رقيق صلب لامع يميل لونه إلى الاحمرار أو البني الغامق أو الأسود ويرجع لونه في الغالب إلى الاختلافات المناخية وإلى العمر النسبي لتعرض سطح الأرض في مناطق تكوينه لهذه التغيرات المناخية

☑ التافوني *Tafoni* هو عبارة عن حفر أو مخفضات يقل اتساعها وعمقها عن بضع أمتار، وتتشأ في الجوانب السفلية للكتل الصخرية أو في واجهات الجروف شديدة الانحدار .

☑ التربة *Soil* تعتبر التربة الناتج المباشر لعمليات التجوية المختلفة، وتطلق هذه التسمية على الطبقة العليا المفككة من القشرة الأرضية والتي تكونت بتأثير عمليات التجوية. وترتبط مع عمليات التجوية الميكانيكية وبشكل وثيق عمليات تكوين التربة في الجزء العلوي من القشرة الأرضية.

☑ حفر التجوية *Weathering pits* تعتبر الحفر الغائرة أو بالوعات الإذابة من أكثر الظواهر الكارستية انتشاراً في العالم ، وهي تنشأ نتيجة تسرب المياه من خلال الفواصل وإذابتها لمكونات الصخر ، ويتوقف شكل الحفرة الغائرة على المميزات التركيبية للصخر ومدى وفرة المياه. تنتشر فوق الأسطح الصخرية المكشوفة قليلة الانحدار خاصة على طول المفاصل الصخرية، أو نقاط الضعف المعدني، أو نتيجة للتفاوت في تآكل الصخر. وتنشأ هذه الحفر بفعل التجوية خاصة في الصخور الصماء وما يتبع ذلك من إزالة للهشيم ، وعامة يزيد حجم هذه الحفر باستمرار بسبب تجمع الرطوبة في داخلها وما تقوم به عملية التميؤ *Hydration*.

☑ أقراص عسل النحل *Honeycomb weathering* سميت بهذا الاسم لأنها تشبه في هيئتها خلية النحل ، تبدو أقراص عسل النحل في شكل ثقب متجاوزة في واجهات الصخور، وتتكون هذه الظاهرة بفعل قطرات الندى أو



قطرات المطر الفجائي ، والتي تؤدي إلى إذابة الصخور الجيرية مكونة ثقوب صغيرة ، سرعان ما تتسع وتتعمق وتتصل بعضها ببعض مكونة فجوات أكبر حجماً.

☑ ركام السفوح *Scree* هو الحطام والفتات

الصخرى الناتج من تأثير عوامل التجوية الطبيعية سواء أكان هذا التأثير من اختلاف درجات الحرارة أو من تأثير تجمد المياه في الفواصل والشقوق الصخرية وسرعان ما ينزلق هذا الحطام بفعل الجاذبية إلى أسفل التلال والجبال مكوناً ما يسمى بركام السفوح ويتميز بكونه عبارة عن قطع صخرية غير منتظمة الشكل ، متفاوتة في أحجامها ذات حواف مدببة .

☑ حقول الجلاميد *Boulder Fields* هي عبارة عن درنات كروية أو شبه كروية ذات أحجام مختلفة ، وتعتبر التجوية الكيميائية سبباً مباشراً في ظهور حقول الجلاميد.

☑ الأسطح الجيرية المتضرسة (التشرشر الجيري) *Karren or Lapies Bogaz*

تظهر الأسطح الجيرية مقطعة ومرصعة بالثقوب والخطوط والحزوز الغائرة ، نتيجة عدم انتظام فعل الإذابة على سطح الأرض ، وتعرف هذه الظاهرة بأسماء محلية مختلفة منها البوجاز *Bogaz* في سيبيريا ويوغسلافيا ، والليبيه *Lapies* في فرنسا ، والكارن *Karren* في ألمانيا.

جامعة جنوب الوادي



**الفصل السادس
الرياح ودورها في تشكيل
ملامح سطح الأرض**

جامعة جنوب الوادي

الفصل السادس

الرياح ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

تلعب الرياح دوراً أساسياً وبارزاً في تشكيل الظاهرات في الأقاليم الصحراوية، وتعد من أهم عوامل النحت والنقل والارساب في المناطق الجافة.

أولاً: العوامل والمتغيرات المؤثرة في فاعلية عمل الرياح:

☑ **التكوين الجيولوجي:** يؤثر التكوين الجيولوجي في نشأة وتشكيل العديد من الأشكال الجيومورفولوجية، وذلك حسب درجة صلابة أو ليونة الصخر. فإذا كانت الصخور صلبة كالجرانيت لا يتم نحتها بسهولة بل تقوم الرياح بخدش سطحها فقط وأنها تتحت بمعدل أقل من الصخور اللينة حيث تزداد فاعليتها في الصخور الضعيفة مثل الحجر الرملي.

أما عن **بنية الصخر** فإنها قد تساعد الرياح في عملية النحت، فالصخور التي تتميز بوجود فواصل وشقوق يسهل على الرياح نحتها، كما هو الحال بالنسبة لشكل اليردنج حيث تقوم الرياح بنحت أماكن الفواصل والشقوق وأماكن الضعف الجيولوجي، في حين تتوقف قدرتها على النحت أمام الصخور الصلبة مثل الجرانيت، وتكون نتيجة ذلك تلميع السطح فقط.

☑ **المناخ:** يعد المناخ من العوامل المهمة التي تؤثر على عمل الرياح بالمنطقة، فارتفاع درجة الحرارة يؤثر على الصخور ويعرضها لعمليات التشقق والتقشر

بفعل التجوية، بالإضافة إلى جفاف التربة وتهيئتها لعمليات التعرية بفعل الرياح. كما أن انخفاض الرطوبة النسبية وارتفاع طاقة التبخر يزيد من معدل الجفاف، مما يعمل تجفيف التربة وتدهورها وتعرضها لعمليات التعرية الريحية والتي يزيد نشاطها عندما يحل الجفاف. كما أن للمطر دور واضح، حيث

يعمل انعدام أو ندرة سقوط الأمطار إلي جفاف التربة ، ومن ثم يساعد ذلك بدوره على نشأة الأشكال المختلفة الناتجة عن الارساب الهوائي.

أما بالنسبة للرياح فإنها تؤثر من حيث اتجاهها وسرعتها:

- اتجاه الرياح: تتفاوت في نسب هبوبها من اتجاه لآخر بل إنها تغير من اتجاهها أحياناً من ساعة لأخرى في اليوم الواحد. كما تتميز الرياح عن غيرها بأنها متعددة الاتجاهات، فليست هناك محطة أرصاد تشير إلى هبوب الرياح من اتجاه واحد أو اتجاهين فقط طوال العام ، الأمر الذي يؤدي إلي نشأة العديد من الأشكال الجيومورفولوجية. هذا بالإضافة إلي أن تركيز هبوب الرياح من اتجاهين معظم فصول العام إلى تركيز عمليات النحت في التلال المواجهة للرياح بدرجة أكبر من الجوانب المحمية الموجودة في ظل الرياح ، حيث نجد أن الكهوف والحروز وعمليات التقويض السفلي في الجوانب المواجهة للرياح المحملة بذرات الرمال والتي تستخدمها كعوامل مساعدة في عملية النحت.

العلاقة بين سرعة الرياح وحجم الرواسب التي يمكن أن تنقلها

نوع الرواسب	أقصى حجم للرواسب المتحركة (مم)	سرعة الرياح (متر/ثانية)
رمل متوسط الحجم	٠.٢٥	٦.٧-٤.٥
رمل خشن	٠.٥٠	٨.٤-٦.٧
رمل خشن	٠.٧٥	٩.٨-٨.٤
رمل خشن جداً	١	١١.٤-٩.٨
حصى ناعم جداً	١.٥٠	١٣-١١.٤

المصدر: التركماني ، ٢٠٠٣ .

كما تؤثر سرعة الرياح وقوتها على فعالية التذرية والنحت، حيث تؤثر سرعة الرياح في معدل نحت الصخور ، فالرياح القوية تؤدي إلي نحت سطح الأرض بمعدل أسرع من الرياح الضعيفة خاصة إذا ما كانت قادمة من اتجاه واحد وثابت أو تكررهما عالي في اتجاه محدد ، كما أنها تساعد في زيادة معدل حركة الحبيبات الرملية مما يزيد من خطورة حركة الكثبان الرملية وسرعة تكوين الأشكال الجيومورفولوجية وتدميرها كالت موجات الرملية. وهناك علاقة قوية بين وسرعة الرياح من جهة وحمولتها من جهة أخرى ، فعندما تقل سرعة الرياح تقل قدرتها علي حمل الرواسب فتميل للإرساب ، كما ترتبط أحجام الرواسب المشكلة للملاح الجيومورفولوجية بمقدار سرعة الرياح.

☑ **ضوابط السطح:** تلعب التضاريس دوراً مهماً في عمل الرياح في الأقاليم الجافة، حيث تتأثر قدرة الرياح علي النحت والنقل بضوابط السطح التي تمر فوقه ، فقد تحد العوائق التضاريسية من فاعلية الرياح ،حيث تقوم التلال والجبال بإعاقة حركة الرياح فتؤدي إلى تخفيض سرعتها أو تحويل اتجاهها ، الأمر الذي يؤدي إلي ترسيب حمولتها من الرواسب مكونة بعض الأشكال الارسابية مثل الكثبان الصاعدة والهابطة.

☑ **خصائص التربة:** تعتبر الرواسب السطحية المفككة من العوامل المهمة التي تحدد مدي قدرة الرياح علي النحت ، وقد تتسبب الرواسب السطحية في إضعاف قدرة الرياح على النحت إذا لم تكن محملة بالرمال ، فإنها تصبح عديمة التأثير في الأسطح الصخرية التي تتعرض لها ، فهي لا تتحت إلا إذا كانت محملة بالرمال ، إلا أن الحمولة ينبغي ألا تكون أكثر من قدرة الرياح على الحمل وإلا تصبح بإزاء إرساب أو إرساب ونحت ضعيف.

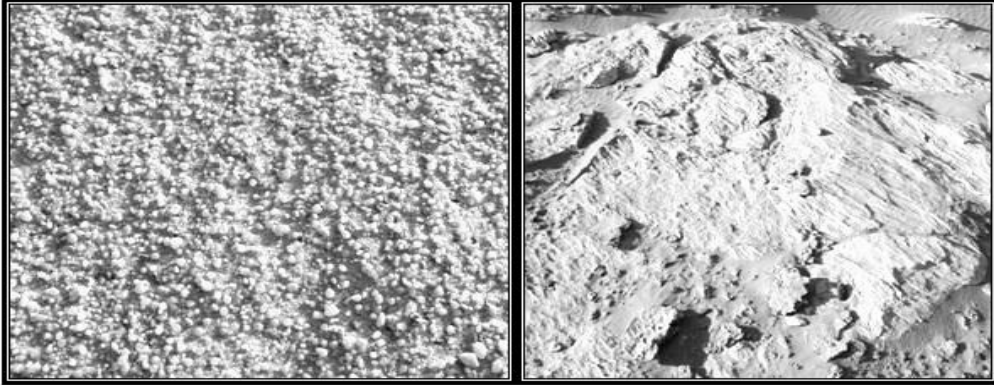
ثانياً: العمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بالرياح:

تقوم الرياح بتشكيل ملامح سطح الأرض وذلك من خلال عمليتين أساسيين

هما: عملية البري *Corrasion* والتذرية *Deflation*.

١- عمليات النحت بفعل الرياح:

تقوم الرياح بعملية التعرية بواسطة عمليتين يصعب تحديد أيهما أقوى تأثيراً ، فعملية التذرية أو السفي *Deflation* بواسطة الرياح تؤدي إلى حمل ورفع وإزالة حبيبات التربة الهشة من مكانها ونقلها إلى مكان آخر. أما عملية النحت أو الصقل *Abrasion* فتتم بواسطة انقراض الرياح المحملة بالمفتتات الصخرية التي تتحول إلى عواصف رملية تقوى على نحت الصخور وبريها.



(ب) عملية التذرية.

(ا) عملية النحت أو البري.

دور الرياح كعامل نحت

- عمليات النقل بفعل الرياح:

تؤثر أحجام الرواسب المنقولة علي الطريقة التي يتم بها نقل الحبيبات ، فالحبيبات الأكبر حجماً لا تستطيع الرياح حملها، ولذلك فهي تنقل بطريقة الزحف السطحي أو التدرج علي السطح أو القفز، في حين نجد أن الحبيبات الدقيقة والناعمة فإنها تنقل كحمولة عالقة في الهواء . كما أظهرت الدراسات التي قام

بها كل من *Cook & Doornkamp* أن الذرات الأقل حجماً من ٠.١ ملليمتر يمكنها أن تتحرك بالتعلق وأن الذرات التي تتراوح أحجامها ما بين ١ و ٠.٥ ملليمتر تتحرك بالقفز ، أما الحبيبات الأكبر حجماً من ٠.٥ ملليمتر فإنها تتحرك بالزحف على السطح ، لذلك نجد أن الرياح تنقل الرواسب الرملية بعدة طرق هي الزحف والتعلق والقفز .

ثالثاً: الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن النحت بفعل الرياح:

Yardang

(١)الياردنج

يعد من الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن النحت الهوائي بدرجة أساسية ، حيث تقوم الرياح بدور رئيسي في تشكيلها ، وتشبه ضلوع الحيوان ، تشكلت نتيجة اصطدام الرياح المحملة بذرات الرمال ، وبالتالي نحت وتخفيض المواضع الضعيفة. وتتميز بأنها تأخذ الشكل المستطيل موازية لاتجاه الرياح جوانبها شديدة الانحدار والجانب المواجه تكون مسطحة ، أما الجهة المعاكسة فتستدق تدريجياً إلي أن تتلاشي.

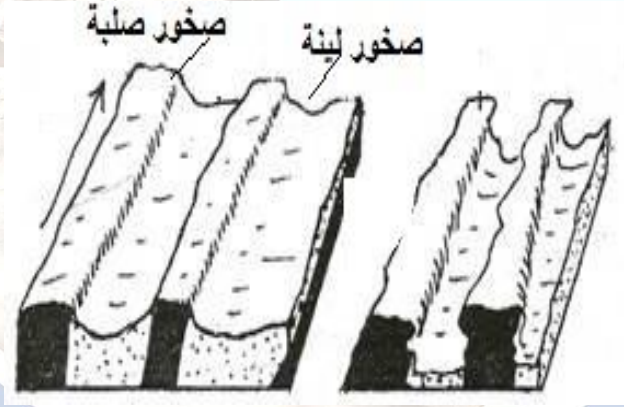
نشأة الياردنج :

يتحكم في نشأة الياردنج مجموعة من العوامل المختلفة ، وهي كما يلي:

*** العامل المناخي:** يؤثر المناخ بعناصره المختلفة في نشأة الياردنج ، وهنا نجد أن الجفاف وانعدام الغطاء النباتي عامل أساسي لتكوين الياردنج ، وذلك لأن الأخير يحد من قوة وسرعة الرياح ، كما يؤدي كبر المدى الحراري بالمنطقة إلي نشاط عمليات التجوية والقيام بعملها في تفكك الصخر بصفة عامة ومناطق الضعف الجيولوجي بصفة خاصة ، بالإضافة إلي ظهور بعض الفواصل

الصغيرة بجسم الiardنج ، مما يمهد للرياح للقيام بدورها النحتي في تشكيل هذا الشكل.وهنا تقوم الرياح بعمليتين أساسيتين وهما البري والتذرية.

ولكن هناك اختلاف حول مدي فعل كل من هاتين العمليتين ، فعملية البري أو الاحتكاك بالتآكل تؤدي إلي إزالة الرواسب الرملية فقط من علي أسطح الiardنج ، حتي يصبح سطحها أملساً وخالياً من الرواسب ، الأمر الذي يقلل من أهمية هذه العملية في تكوين الiardنج. كما تقوم الرياح من خلال عملية البري بالتقويض السفلي *undercutting* لمقدمة الiardنج ، أما عملية التذرية فنقوم الرياح من خلالها بحمل نتاج عملية البري ، ونقله بعيداً عن جسم الiardنج.



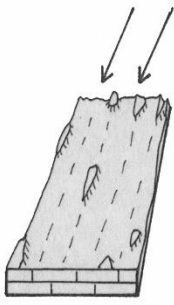
الiardنج

* **التكوين والبنية الجيولوجية:** يلاحظ أن لكل من التكوين والبنية الجيولوجية لهما دوراً واضحاً في نشأة وتشكيل الiardنج ، ويتضح ذلك من ارتباط حقول الiardنج بالتكوينات قليلة الصلابة ، أما بالنسبة لعامل البنية فنجد أن الiardنج ترتبط ببعض الكسور والفواصل.

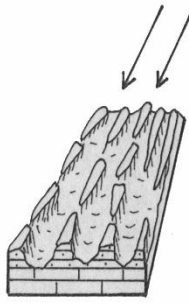
مراحل نشأة وتطور الiardنج: تمر الiardنج بأربعة مراحل وهي كما يلي:

- المرحلة الأولى: نتيجة لتعرض صخور المنطقة للإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة ، تنشط التجوية ثم مما أدى إلي تعرضها للتشقق.
- مرحلة الشباب: نظراً لسيادة ظروف الجفاف بالمنطقة تنشط فاعلية الرياح المحملة بذرات الرمال فتصبح معاول هدم حيث تقوم بتوسيع التشققات الناتجة عن التجوية وأماكن الضعف الجيولوجي وتحويلها إلى حافات طولية منفصلة تتخذ شكلاً انسيابياً يتفق محور اتجاهها مع اتجاه الرياح.
- مرحلة النضج: تنشط التعرية الريحية في هذه المرحلة خاصةً على وجه اليردنج وجوانبها فينتج عنها نحت سفلى ، وتساعد التشققات العميقة التي تظهر على جسم اليردنج نتيجة نشاط عمليات التجوية الميكانيكية على انفصال كتل من وجه وجوانب اليردنج ، ومن ثم يبدأ حجمها في الصغر وتتسع الممرات التي تفصل بينها فتتيح الفرصة لنشاط حركة الرياح.
- مرحلة الشيخوخة: وهي المرحلة النهائية لتطور اليردنج حيث يعتدل الشكل الانسيابي لليردنج نتيجة نشاط التعرية الرياحية فينتج عنها تقويض لبعض أجزاء اليردنج وخاصة الوجه والرأس فتسقط وتتهدل ويقل حجم اليردنج لتقترب من سطح الأرض ويزداد تأثير استخدام الرياح للرمال المفككة كأدوات نحت فيتضاعف معدل نحتها للرياح، ويبدأ حجم اليردنج في التضاؤل وربما تتلاشى ليظهر أخيراً السطح الصخري الأصلي بعد إزالة وتذرية ما تبقى من الرواسب على السطح.

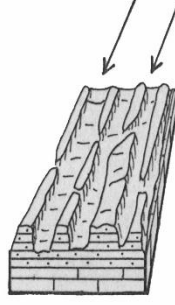
جامعة جنوب الوادي



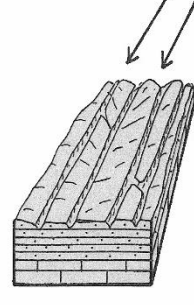
4 - مرحلة الشيخوخة



3 - مرحلة التضوح



2 - مرحلة الشباب



1 - مرحلة الشئ

مراحل نشأة وتطور اليردنج

(٢) عش الغراب: Mushroom Rocks - Pedestal Rocks

هي عبارة عن هضبيات أو أجزاء صخرية متناهية جداً في الصغر وهذه الظاهرة من الأشكال الصحراوية ذات الصخور الصلبة ، والتي شكلتها الرياح ، وتشبه في هيئتها عش الغراب المعروف (وهو نوع من النباتات الفطرية) ، ويمثل صخرة تشبه المائدة القائمة علي عمود واحد محدود القطر بالنسبة للسطح العلوي المستوي عظيم الاتساع.

عوامل النشأة:

تحكم نشأة هذه الظاهرة إلي مجموعة من العوامل المختلفة ، وهي كما يلي:

(أ) العامل الجيولوجي: حيث تنشأ هذا الشكل عندما تتعاقب طبقات من الصخور الصلبة مع أخرى لينة. فقد تنشأ هذه الظاهرة في الصخور الرملية التي يتخللها الحجر السلتني أو طبقات من الطين ، حيث يتم نحت الطبقات اللينة أو الأقل صلابة والتي يتم نحتها بشكل أسرع.

(ب) العامل المناخي: ويقوم بدوره في نشأة الظاهرة بعناصره المختلفة ، حيث يؤثر علي نشاط عمليات التجوية الميكانيكية ، وبالتالي تفكك الصخور ويجعلها أكثر عرضة للتآكل. أما بالنسبة للرياح نجد أن لها دوراً واضحاً في

نشأة وتشكيل الظاهرة ، حيث تعمل الرياح علي نحت الطبقات السفلية الأكثر ليونة والأخرى المجواه ، وصقل الصخور الصلبة التي تعلوها.

(ج) العامل الطبوغرافي: وله دوراً كبيراً في تشكيل هذه الظاهرة ، حيث نجد أن هذه الظاهرة غالباً ما توجد في مناطق مسطحة مستوية كالسهول الصحراوية ، الأمر الذي ييسر وصول الرياح المحملة بالرمال من مختلف اتجاهات هبوبها لتمارس عملها في نحت الطبقات اللينة وصقل الطبقات العليا الصلبة.



ملمح عش الغراب

مراحل تطور عش الغراب:

- تمر ظاهرة عش الغراب بثلاث مراحل تطورية ، وهي كما يلي:
- مرحلة الشباب: ففي هذه المرحلة نجد سطحاً مستوياً ذو طبقات أفقية ، يتعرض لعوامل التجوية التي تقوم بتفتيت أجزاء من هذا السطح الصخري.
- مرحلة النضج : وفيها تنشط عمليات التجوية التي يتخلف عنها مفتتات أسفل الصخر ، بالإضافة إلي ظهور فواصل وممرات بالصخر ، فنقوم الرياح المحملة بالرياح بإزالة تلك المفتتات المجواه ونحت الأجزاء السفلي

الليونة بالصخر الأم ، حيث يكون نحت الرياح للأجزاء السفلي الأقل صلابة أسرع من معدل نحتها في الطبقات العليا الأكثر صلابة ، تاركة الأجزاء العليا الأكثر صلابة إلي أن يظهر الشاهد بشكله النموذجي ، حيث يبدو في شكل قمة عريضة مسطحة الشكل شديدة الصلابة ترتكز علي عمود صخري أقل صلابة يتعرض باستمرار لبري الرياح. وفي هذه المرحلة يتجسم مظهر عش الغراب.

■ مرحلة الشيخوخة: هي مرحلة التقويض النهائي ، ونظراً لشدة النحت السفلي للرياح واستمرارية عمليات التجوية لظاهرة عش الغراب ، فان حجمها يتضاءل ويقترّب من سطح الأرض. كما أن الجزء السفلي المنحوت يكون أقل صلابة وتحملاً للصخر الصلب العلوي ، وبالتالي يسقط علي الأرض.

(٣) حزوز الرياح:

تعد حزوز الرياح أحد الأشكال الأرضية الناتجة عن نشاط النحت والبري بفعل الرياح ، وهي عبارة عن تحزرات صغيرة الحجم تقع على جوانب التلال والمنحدرات. ويأخذ مقطعها شكل حرف (<) متوازية بعضها فوق بعض، وتأخذ نفس اتجاه الرياح التي نحتتها ، وتتكون عن طريق احتكاك الرياح المحملة بالرمال التي تعمل علي تتبع مناطق الضعف الجيولوجي في التكوينات الصخرية فتعمل علي تعميق حفر طولية في الأجزاء اللينة من أسطح الصخور، وتنتشر هذه الظاهرة في كثير من المناطق خاصةً على طول المصاطب المرتفعة وجوانب التلال والمنحدرات.

هي أكثر الملاح الجيومورفولوجية الناتجة عن فعل التعرية الريحية ، فهي عبارة عن أسطح مكونة من حصى وشظايا صخرية خشنة أو مستديرة تتكون في الغالب من طبقة أو طبقتين من الحجارة المتواضعة فوق غطاء من المواد الناعمة كالغرين والطين والرمل، وتكون في الغالب رأسية أو مغمورة في هذه المواد. إذ تعمل الرياح علي تذرية ما تقدر علي حمله من الحبيبات الناعمة ،بينما تترك الحصى الذي تعجز الرياح علي اكتساحه .وغالبا ما يكتسب السطح العلوي للرصيف اللون الداكن لتأثره بعملية الأكسدة .كما تتميز الأرصفة الصحراوية بخلوها من النباتات الطبيعية.

مراحل نشأة وتطور الأرصفة الصحراوية:

تمر الأرصفة الصحراوية في نشأتها وتطورها بثلاث مراحل، وهي:

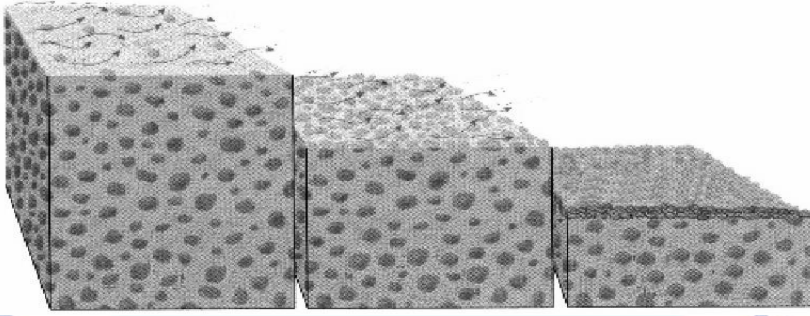
(١) المرحلة الأولي: وفيها تتميز الأرصفة الصحراوية بوجود طبقتين أو أكثر من الطبقات الرسوبية المفككة التي تتراكم فوق بعضها، حيث يظهر السطح مملوء بالحصى المختلف الأحجام الناتج عن نشاط عمليات التجوية.

(٢) المرحلة الثانية: في هذه المرحلة تبدأ الرياح في عمليات التذرية ، فتقوم بإزالة الرواسب الرملية الناعمة من السطح، حيث تعمل الرياح على إزالة الرواسب الرملية الناعمة ،مما يؤدي إلي تركيز الرواسب الخشنة على أسطح

الأرصفة الصحراوية.

(٣)المرحلة الثالثة: تستمر عمليات الهبوب وتذريتها للرواسب الناعمة، مما يؤدي إلي تركيز الرواسب الخشنة على أسطح الأرصفة بكثافة واضحة ،حتى

يصبح سطح الرصيف الصحراوي حصوياً.



نموذج نظري لمراحل تكون وتطور الأرصفة الصحراوية

Ventifacts

(٥) الحصى الهندسي

هو عبارة عن الحصى الذي تخلف فوق أسطح الأرصفة الصحراوية

بعد تذرية الرياح للرمال الناعمة المشطوف بفعل الرياح. وتختلف المسميات الأجنبية للدلالة علي هذه الظاهرة، فتستخدم كلمة *Einkanter* وترمز إلي الحصى ذات الوجه الواحد المصقول، أما كلمة *Zweikanter* فتدل علي الحصى ذو الوجهين. أما الاسم الأكثر شهرة *Ventifacts* ويستخدم للدلالة علي الحصى المشطوف الأوجه .

عوامل النشأة:

أن الدراسات الخاصة عن كيفية تكون الوجه ريحيات مازالت قليلة، إلا هناك اتفاق عام بين الجيومورفولوجيين أنه نتاج التعرية الريحية ، وعلي العموم لكي يتكون الحصى المصقول فلا بد من توافر مجموعة من العوامل وهي:

- المناخ: يؤثر المناخ في تشكيل الوجه ريحيات بعنصري الحرارة والرياح. حيث نجد أن ارتفاع الحرارة بمنطقة الدراسة يؤدي إلي نشاط عمليات التجوية والتي تقوم بدورها بتكسير وتفتيت الصخور إلي قطع اقل حجماً لتكون جاهزة لبري الرياح. كما تؤثر الرياح من خلال السرعة والاتجاه حيث أن بري الرياح هو

المسئول الأول عن عملية تشكيل الحصى بشرط أن تكون الرياح محملة بذرات الرمال حتي تتم هذه العملية. فمن حيث السرعة كلما زادت سرعة الرياح زاد معدل تكوين وברי الحصى والعكس صحيح، حيث يتناسب معدل التكوين طردياً مع قوة الرياح.

كما أن درجة بري الرياح ترتبط بسرعتها وبحجم الحبيبات المنقولة فعملية القفز التي تنقل بها حبيبات الرمال علي سطح الأرض مع وجود قوة دفع الرياح لها يؤدي إلي اصطدامها بالأحجار والحصى. أما عن اتجاه الرياح نجد أنه يعتمد تكون الحصى علي اتجاهات هبوب الرياح، فأن كانت الرياح تهب من اتجاه واحد وثابت ينتج حصى ذو وجه واحد. وقد يتكون وجهان مصقولان في حالة ما كانت الرياح تهب من اتجاهين.

- **التكوين الجيولوجي:** يمكن للرياح تشكيل الحصي الهندسي في مختلف أنواع الصخور ، إلا أن معدل صقلها وبريها للحصي المستمد من الصخور الصلبة أقل من الصخور اللينة . حيث توجد علاقة عكسية بين تكون الحصي الهندسي ونوع الصخور التي يتألف منها ، فكلما قلت صلابة مكون الحصي زادت قوة الرياح في بري وتشكيل الحصي والعكس صحيح، بمعنى أنه كلما زادت صلابة الحصي كلما قل معه تشكيل وברי الحصى. ويختلف بري الرياح في الحصي المتكون من الصخور الصلدة كالنايس عن صخور الحجر الرملي النوبي، لذا

فالحصى الذي يغطي الأرصفة الصحراوية بمنطقة الدراسة يرجع إلي التكوين الأخير.

جامعة جنوب الوادي

- التضاريس: تؤثر التضاريس علي قدرة الرياح علي النحت، حيث أن استواء السطح يسمح للرياح القيام بدورها علي أكمل وجه ، علي عكس التلال والعوائق الطبوغرافية التي تصد الرياح وتفقد قوتها.

طبيعة الحصى: من حيث ارتفاعها وموقعها فوق تكوينات معينة، وانحدارها، واتجاه حافاتهما بالنسبة لهبوب الرياح كما أن انحدار الحصى فقد أشار (Scheme) أن أقصى درجات بري الوجه الأول للحصى تحدث عندما تكون زاوية الانحدار المواجه لاتجاه هبوب الريح فيما بين ٣٠-٦٠ درجة ، ويقل معدل البري خارج حدود هذه الدرجات ،وأشار إلي أن الحصى الموازي لاتجاه الرياح لا تحدث به عمليات بري تذكر إذا ما قورن بالحصى العمودي علي اتجاه الرياح.

- الزمن: تحتاج الوجه ريحيات إلي وقت طويل جداً لكي تتشكل وتتكون.وقد اختلفت الآراء في الزمن الذي تأخذه الوجه ريحيات، فنجد أن *Caileux* يري أن خمسة أيام تهب فيه رياح قوية كافية لتشكيل الحصى بشرط أن تكون الرياح محملة برممال خشنة.أما *Nieter & Kinsley* فقد أشارا إلي أن رياح بسرعة ٦ كم/ساعة يمكن أن تظهر آثار بري الرياح علي سطح الحصى وتسوي الأرض خلال عدة ساعات،في حين يري *Flint* أن الوجه ريحيات تحتاج إلي ١٠٠ عام ليتم تكوينها.وهناك بعض الباحثين يرون أنها تحتاج إلي لآلاف

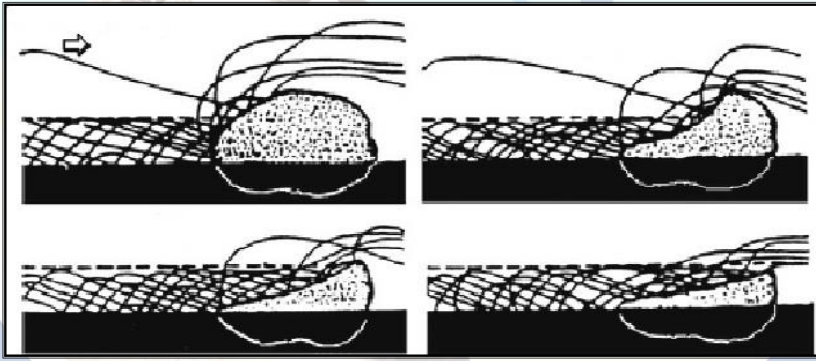
السنين.

مراحل نشأة وتطور الحصى المصقول:

يمر الحصى في تكونه بأربع مراحل ، يمكن إيجازها في الآتي:

(١) المرحلة الأولى: وفي هذه المرحلة تنشط عمليات التجوية الميكانيكية حيث تقوم بتفكيك الصخور وتفتيتها محلياً دون نقلها، فلا تتعرض حبيبات الصخر المفتت إلا لنقل بسيط للغاية من مكانها الأصلي، وهذا النقل قد لا يكون إلا بمقدار إزاحة مكونات الصخر عن بعضها حينما يتفكك.

(٢) المرحلة الثانية: وفيها يبدأ نشاط بري الرياح مع التجوية الميكانيكية، حيث تقوم الرياح في هذه المرحلة بإزالة مخلفات التجوية الميكانيكية وكشف السطح مرة أخرى أمام عمل التجوية، بالإضافة إلي اكتساح الرياح وإزالتها للمفتتات الناتجة عن عملية التجوية واستخدامها في بري الحصى.



مراحل تشكيل وتطور الحصى الهندسي بواسطة بري الرياح

(٣) المرحلة الثالثة: تبدأ مرحلة جديدة من عمل الرياح حيث تقوم الرياح باستخدام مخلفات عملية التجوية الميكانيكية في صقل الحصى الصخرية بواسطة الرمال المندفعة مع تيارات الهواء فنقوم ببري الصخر.

(٤) المرحلة الرابعة: وتعد هذه هي المرحلة النهائية لتطور الحصى الهندسي، مع استمرار عمليتي التجوية الميكانيكية والتعرية الريحية على الصخر حيث تقوم التجوية الميكانيكية بتفكيك وتكسير الصخر ثم تقوم الرياح بإزالة هذه المفتتات

واستخدامها في شطف وبرى وصقل الحصوات الصخرية حتى تعمل على تأكلها وتحويلها إلي حصى متعدد الأوجه.

(٦) فجوات الرياح:

هي عبارة عن تجاويف تتحت في الأجزاء اللينة من الصخور، حيث تعمل الرياح علي جر وحمل المفتتات والمواد الصخرية المجواه ، وتترك ورائها بعض الفجوات المتواضعة الاتساع المحدودة المساحة ، ويطلق على هذه التجويفات اسم كهوف الرياح. وتأخذ الكهوف أشكالاً بعضها هندسيا وبعضها الآخر غير هندسي. وتنتشر ظاهرة فجوات الرياح بجوانب التلال والمصاطب المواجهه للرياح والتي تتحدر بدرجة تتراوح بين 5° - 90° ، ويتعامد اتجاهها مع اتجاه الرياح السائدة.

رابعاً: الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن الإرساب بفعل الرياح:

العوامل المؤثرة فى الإرساب الهوائي:

يتحكم فى تكوين الأشكال الرملية مجموعة من العوامل المتداخلة التى تلعب دوراً مهماً فى عملية تشكيلها وتغيير خصائصها المورفولوجية ، وتتمثل فيما يلي :

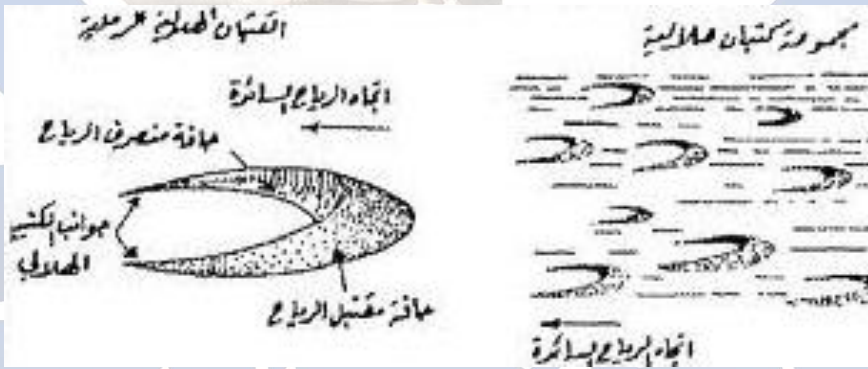
- وجود نظام رياح سائد لفترة زمنية طويلة خلال العام.
- جفاف المناخ طوال العام.

- توفر موارد دائمة تأخذ منها الرياح حمولتها.
- وجود سطح مستو أقل تضرساً.

الأشكال الأرضية الناتجة عن إرساب الرياح:

١. الكثبان الهلالية: *Helaly dunes (Barchan)*

يتخذ هذا النوع الشكل الهلالي لذا سمي بهذا الاسم، كما أن له أسماء عديدة أشهرها كثبان البرخان ، وهذا النوع من الكثبان عندما يكتمل تكوينه يتكون له جانبان ينحدران في اتجاهين متضادين هما جانب مواجه للرياح السائدة واسمه " الكساح " ، أما الجانب الثاني فهو ينحدر عكس اتجاه الرياح السائدة، يقع في ظلها، ولذلك يعرف باسم جانب ظل الرياح "الصباب" ، وفي العادة يلتقي الجانبان على طول حافة حادة، أو قد يلتقيان عند قمة الكتيب في بعض الكثبان. ويقع الصباب بين ذراعين طويلين يعرفان باسم قرني الكتيب *Horns* اللذين يشيران إلى اتجاه منصرف الرياح، وقد نشأ نتيجة لتباين سرعة الرياح عند أطراف الكتيب، ولذلك يتوقف طولها على سرعة الرياح ومدى انتظامها، وطبيعة التضاريس وحمولة الرياح من الرمال، وغالباً ما يزيد طول إحداها عن الآخر.



جامعة الوادي

- مراحل تطور الكثبان الهلالية:

يري إمبابي وآخرون أن الكثبان الهلالية تمر في دورة حياتها الجيومورفولوجية بأربع مراحل ، يمكن إيجازها في الآتي:

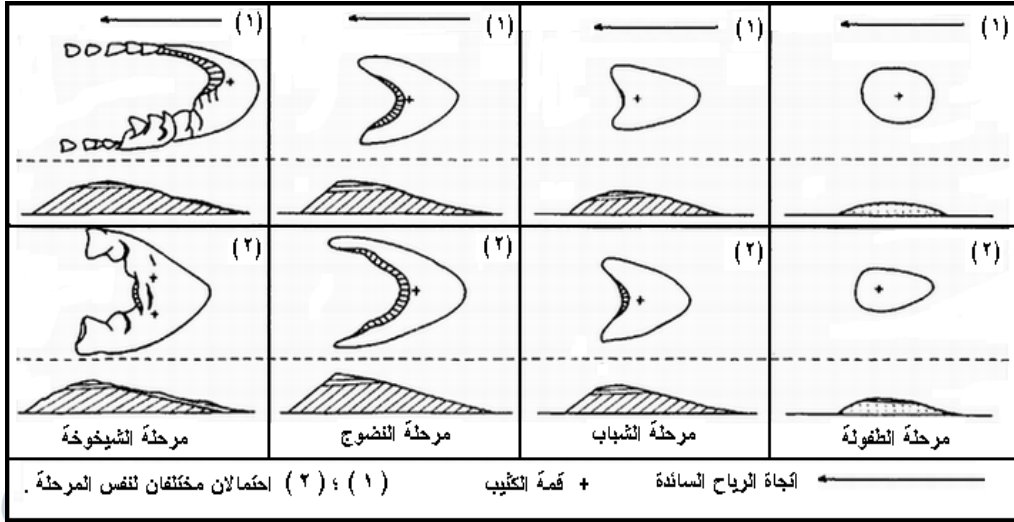
▪ مرحلة الطفولة: يبدأ الكثيب ككومة عفوية من الرمال يأخذ فيها الشكل القبابي ، وتتجانس فيه انحدارات الكثيب التي تبدو محدبة من جميع الاتجاهات تقريباً فيما عدا جانب ظل الرياح في الشكل البيضاوي الذي يكون أشد انحداراً نسبياً عن بقية الجوانب وتكون أعلى نقطة في الوسط.

▪ مرحلة الشباب: وخلال هذه المرحلة يتطور شكل الكثيب من القبابي إلى الشكل الهلالي صغير الحجم، وذلك عندما يبرز ذراعاً الكثيب من جانب ظل الرياح ويظهر صباب صغير بين هذين الذراعين، وتتقدم أطراف واجهة المنصرف على كلا الجانبين أكثر من وسطه نتيجة سرعة الرياح على الطرفين، كما أن حركة الحبات الرملية بالقفز على سطح صخري عند الطرفين أسرع من حركتها على المسطح الرملي المتمثل في جسم الكثيب (الصباب).

▪ مرحلة النضج: مع استمرار نظام هبوب الرياح يتم إزالة الحبيبات الرملية بواسطة القفز والزحف من الكساح وحملها في ثلاثة فروع، فرعان جانبيين - قرنا الكثيب، وفرع في الوسط فينمو الكثيب ويكتمل شكله الهلالي النموذجي. ويتسم الكثيب في هذه المرحلة بكساح مقعر - محدب وصباب

مستقيم في معظم الأحيان أو محدب - مستقيم في بعض الأحيان.

جامعة جنوب الوادي



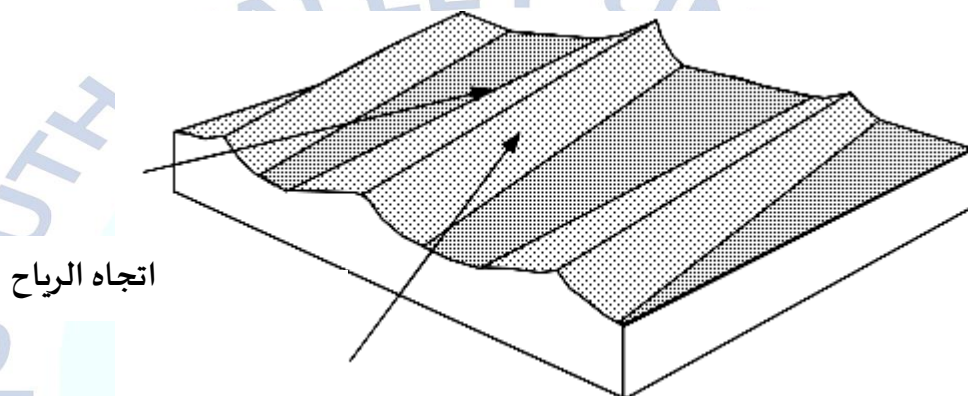
الدورة الجيومورفولوجية للكتبان الرملية الهلالية.

- مرحلة الشيخوخة: نتيجة لتطور أحجام الكتبان وازدياد حجمها تلتحم بعضها ثم يتكون عليها أكثر من صباب ويكون له أكثر من قمة، وتنزع منه الرياح القوية كميات من الرمال ترسبها أمام قرنية على هيئة كتبان قبابية أو بيضاوية صغيرة تكون متقاربة في البداية ثم تتباعد بعد ذلك مع الزمن لتبدأ دورة جديدة.

٢. الكتبان الطولية: *Longitudinal (Seif) dunes*

يتميز هذا النوع من الكتبان الرملية بأن طوله يفوق عرضه بكثير بحيث يتخذ الكتيب الشكل الطولي، ويتسم بأن له جانبيين ينحدران في اتجاهين متضادين ويلتقيان في قمة حادة، عادة ما تكون منبعجة بامتداد المحور الطولي للكتيب، وتعرف هذه الكتبان أيضاً باسم كتبان السيف، وذلك لأن القمة التي يلتقي عندها الجانبان تكون حادة. وتبدأ الكتبان الطولية دورة حياتها الجيومورفولوجية بكتبان هلالية في الأصل حيث يتعرض الكتيب الهلالي في بعض الأحيان لرياح جانبية، تتقاطع مع الاتجاه العام للرياح السائدة، لذا فإن

أحد جوانبه يستطيل أكثر من الجانب الآخر، فإذا ما تكرر هبوب الرياح الجانبية استمر هذا الجانب في النمو والاستطالة، ويكون اتجاهها العام يوازي اتجاه الرياح السائدة. ويطلق عليها أحياناً الحافات الرملية أو كثبان السيف.

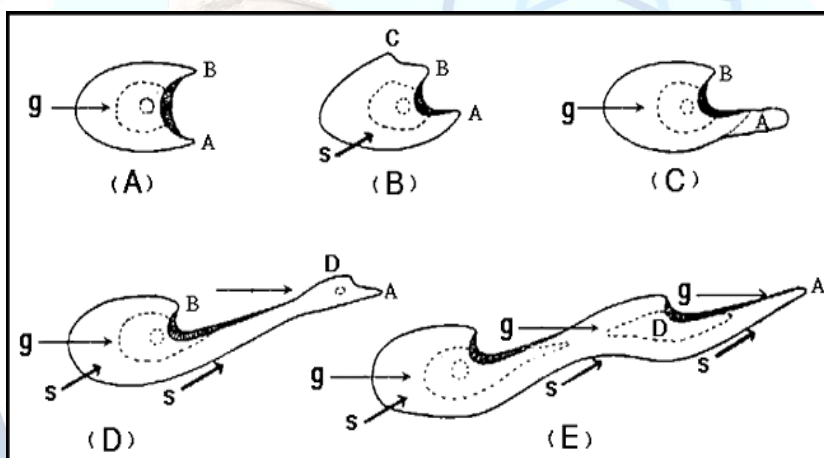


وتتفاوت أبعاد الكثبان الطولية في أحجامها فبعضها يزيد طوله عن ٢ كيلومتر، بينما البعض الآخر لا يزيد عن ٢٠٠ متراً، أما العرض فيتراوح بين بضعة أمتار إلى عشرات الأمتار، في حين يتراوح الارتفاع بين ٥ - ٨ متراً.

نماذج نشأة الكثبان الطولية وعلاقتها بالرياح:

تناولت دراسات عديدة عملية تحول الكثبان الهلالية إلى طولية، ويعتبر نموذج *Bagnold* من أهم النماذج التي شرحت كيفية نشأة الكثبان الطولية، وفيما يلي عرض مبسط لأسس هذا النموذج حيث يفترض باجنولد في هذا النموذج وجود نظام رياح ثنائي الاتجاه، وله تأثيرات موسمية متناوبة؛ فالاتجاه الأول ذو رياح هينة سائدة يتمشى مع اتجاه المحور الطولي للكثيب يعطيه الشكل الهلالي، أما الاتجاه الثاني فهو فصلي مؤقت يتسم بالقوة ومتشعبة بالرمال، ويهب بجانب أحد القرنين وهو هنا القرن الأيسر حيث يؤدي إلى استطالته وتحويل الكثيب للشكل الطولي. حيث يتضح أن الكثيب الطولي بدأ في مرحلة أولية كثيب هلامي نتيجة سيادة رياح هينة هي المسؤولة عن المحافظة

علي الشكل الهلالي للكثيب، في حين يري *Tsoar* أن الرياح القوية المحملة بالرمال هي المسؤولة عن نشأة وتكوين الكثيب الهلالي. إلا أن الكثيب يصبح عرضة في لاحقه إلي رياح أخرى موسمية جانبية قوية ومحملة بالرمال تعمل علي استطالة إحدى قرني الكثيب علي حساب القرن الآخر، ويأخذ القرن الآخر في الانكماش ، وتكون المحصلة النهائية تمدد القرن المتعرض للرياح القوية ليتحول الكثيب إلي الشكل الطولي.



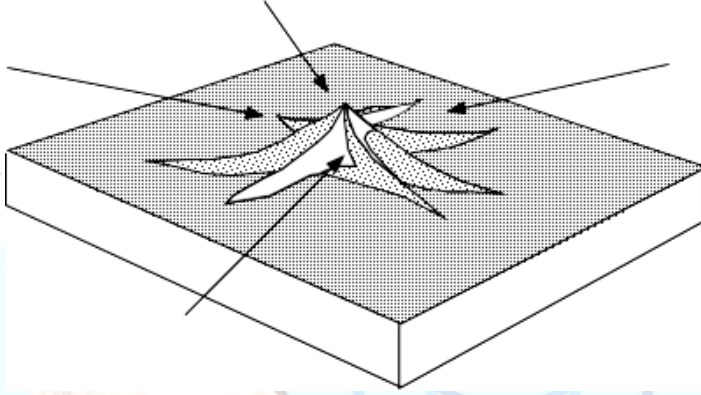
تحول الكثبان الهلالية إلي أخرى طولية

Star dunes

٣. الكثبان النجمية:

ينشأ هذا النوع من الكثبان بفعل الرياح متعددة الاتجاهات التي تتميز بعدم وجود رياح ذات اتجاه محدد، بمعنى تساوي شدة واتجاه الرياح نوعاً ما. وهي عبارة عن كثبان أو تلال رملية كثيراً ما تكون على شكل هرم كوكبي الشكل ذي ثلاثة أزرع أو أكثر أو حروف بارزة من الرمل يكون لها مركز وسطي مرتفع، وتتفرع عنها ثلاثة أو أربعة أحرف في اتجاهات مختلفة مكونة شكلاً يشبه شكل النجمة. ويعتقد أن هذا النوع من الكثبان الرملية يتكون نتيجة

لهبوب الرياح في اتجاهات عديدة. إذاً هي كثبان رملية تتكون في حالة تيارات حمل هوائية غير محددة الاتجاه أو متعددة الاتجاهات.



الكثبان النجمية

٤. الكثبان الصاعدة:

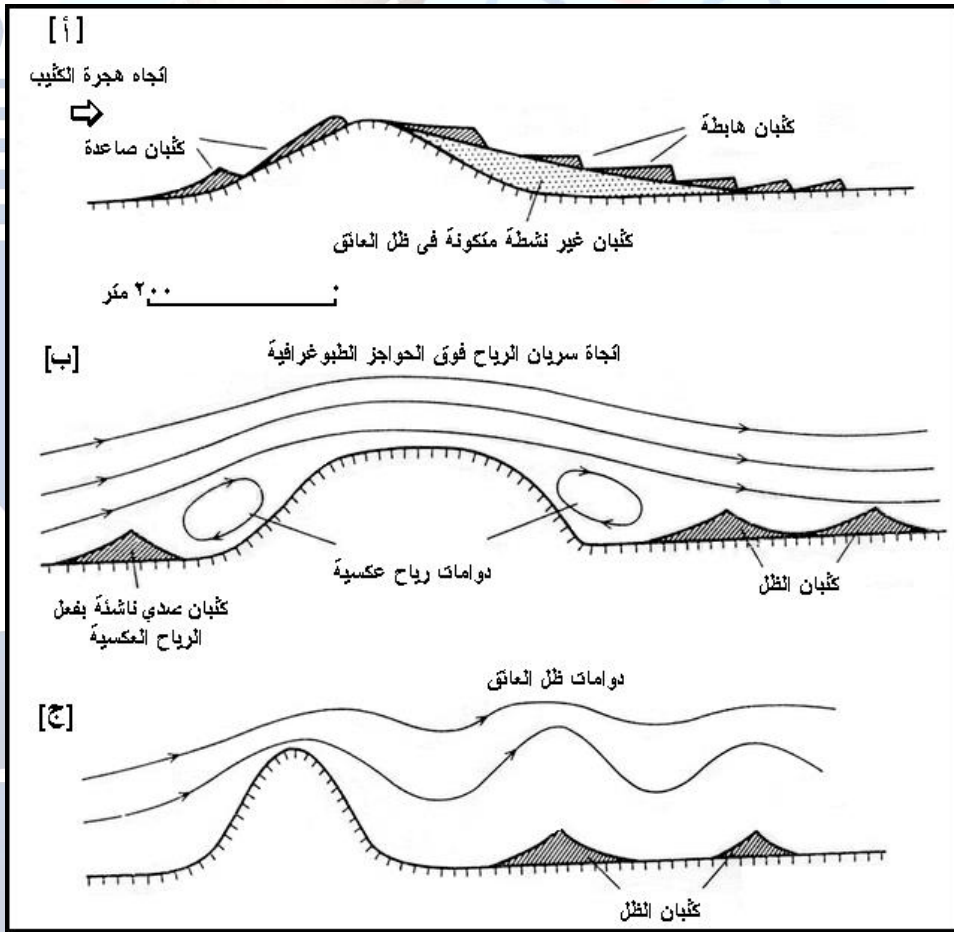
تتكون الكثبان الصاعدة عندما تهب الرياح المحملة بالرمال من فوق سطح مرتفع مستوي من اتجاه ثابت، وعند بلوغها حافة هذا السطح المرتفع فإنها تلقي بحمولتها على هذه الحافة وعند أقدامها، وذلك في شكل مخاريط رملية أو أكوام رملية ، حيث تصعد بعض الكثبان من المناطق المنخفضة إلي المناطق المرتفعة ، وتتمثل هذه الكثبان على أسطح الحافات المواجهة للرياح السائدة ، ويشترط لتكوين هذه الكثبان ألا تزيد درجة انحدار الحافة عن ٦٠ .

وينتج هذا الشكل من الكثبان نتيجة وجود عائق ثابت يعترض طريق الرياح المحملة بالرمال، هذا العائق قد يكون تلاً أو حافة، فلا تنتقل هذه التجمعات الرملية من مكانها الذي يحده العائق، وتنتشر الكثبان الصاعدة علي التلال المنعزلة ، حيث تتكون علي منحدرات التلال المواجهة للرياح، فهذه

المنحدرات تجعل الرياح تتحرك إلى أعلى مما يقلل سرعة الرياح فترسب ما تحمله من رمال.

يمكن إيجاز العوامل التي تساعد على تكوين هذه الكتلان الصاعدة فيما يلي :

- هبوب رياح قوية في اتجاه معين معظم أيام السنة.
- وجود العوائق التي تصطدم بها الرياح ثم تُلقى بحمولتها في الجانب الآخر المتمثل في الجانب المظاهر للرياح.
- وفرة الرواسب الدقيقة المفككة من الرمال.



الكتلان الصاعدة والهابطة - كتلان الظل

٥. الكثبان الهابطة:

تعد الكثبان الهابطة أحد أشكال الكثبان التي تتكون كصدي للتضاريس المحلية - العوائق التضاريسية - حيث تتراكم الرمال السافية عند حضيض العقبة المواجهة للرياح، تأخذ هذه الكثبان نفس شكل واتجاه العقبة، فحينما تهب الرياح المحملة بالرمال علي المرتفعات في اتجاه ثابت ، فإنها تصل للحافة فتلقي بحمولتها في خلف الحافة القائمة علي شكل ظل، ويكبر حجم الكثيب بمرور الزمن ويتعرض للتشويه؛ ولكن عندما يجتاز الكثيب أو جزء منه الحافة فسرعان ما يسترد شكله الأصلي خاصة الكثبان الطولية.

Sandsheet

٦. الفرشات الرملية:

هي عبارة عن مسطحات رملية مستوية، تتألف من طبقة رقيقة من الرواسب الرملية الهوائية النشأة، تغطيها في كثير من الأحيان طبقة سطحية من الرمال خشنة الحبيبات لا تستطيع الرياح حملها لمسافات بعيدة فترسبها على سطح الأرض بينما تقل نسبة الرمال الناعمة بسبب تذرية الرياح لها. ويرى *Bagnold* أن الفرشات الرملية أحد الأشكال المتراكمة المرتبطة برياح عالية السرعة ومصدر وفير من الرمال، ورمال متجانسة الأحجام.

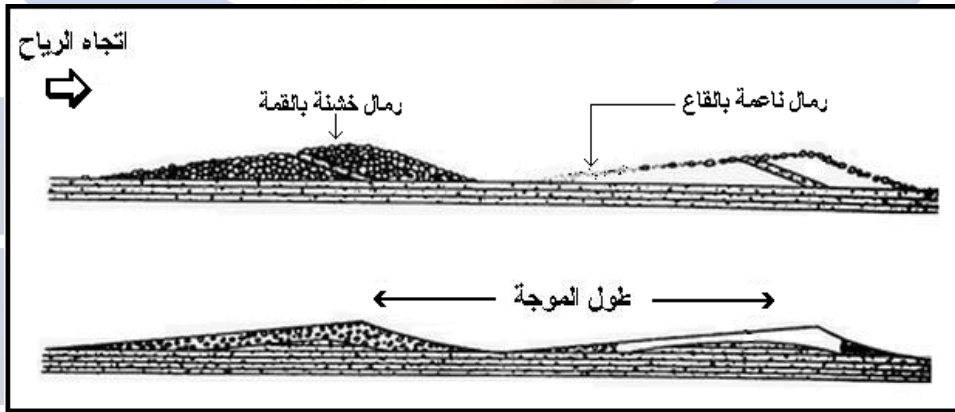
Ripples

٧. التموجات الرملية:

هي عبارة عن أسطح رملية متموجة، تصنف ضمن الأشكال الرملية صغيرة الحجم، نشأت عن عملية ترسيب سريعة للرواسب فوق أسطح مستوية نسبياً ، قد يزيد حجمها في بعض الأحيان لتصل إلى ما أسماه *Bagnold* العروق (الحافات الرملية) *Sand Ridges* حيث يصل طول موجتها إلى ٢٠ متراً وقد يزيد ارتفاعها على ٦٠سم. وتتشكل التموجات الرملية نتيجة عملية

إرساب سريعة للرواسب المحمولة بفعل الرياح فوق سطح مستوى نسبياً ، وهي رمال مفككة متجانسة الحجم نسبياً ، تأخذ هيئة موجة على أسطح الصحراء وتأخذ اتجاهات متأثرة باتجاه الرياح وترتبط طول الموجة بسرعة الرياح حيث تزيد طول التموجات بزيادة سرعة الرياح ومن خلال تجربة قام بها باجنولد على عينة من الرمال بأحجام ٠.٠٢٥ سم وجد أن طول الموجة تتراوح بين ٢.٤ و ١٢ سم. وتتميز التموجات الرملية بأن جوانبها المواجهة للرياح بأنها منحدره انحدار ضعيف في حين يزداد الانحدار تدريجياً في اتجاه منصرف الرياح .

ويؤكد *Bagnold* أن التموجات الرملية ترتبط في تشكيلها بعدة عوامل رئيسية أهمها الرياح والتي تعد القوة الديناميكية الأساسية المحركة لحبات الرمال، والقفز وهو عملية حركة الحبيبات الرملية على السطح، وحجم الحبيبات الرملية والتي تنقل تبعاً لحجمها وبواسطة الحركة النسبية يتم تصنيفها حيث تتجمع وتتكون التموجات الرملية، وتضرس السطح ويقصد به التغيرات المحلية ودرجة انحداره، ومرحلة حركة الرمال ويقصد بها تتابع الإرساب والنقل السريع في سطح منبسط، ويتم الإرساب البطيء في أسطح ذات تضرس محلي بسيط.



قطاع لتموجات رملية يظهر توزيع الحبيبات الرملية علي سطحها.

٨. النباك:

Nebkha

هي إحدى أنماط الكثبان الرملية التي كونتها الرياح ، أو عبارة عن أكوام رملية وليدة ، تتشكل عندما تعترض حركة الرياح المحملة بالرمال عقبة نباتية من النباتات السائدة ، وتعرف بأنها التلال من أصل نباتي حيث تمثل النباتات الطبيعية المتناثرة في الصحارى وعلى السواحل عقبة أمام الرياح للرواسب الرملية ، مما يؤدي إلى إرساب الرياح للرمال وتكوين النباك. وهي كثبان ينذر أن يتجاوز ارتفاعها ثلاثة أمتار، وقد يقل عن نصف متر أحياناً. تتكون ظاهرة النباك عندما تعترض النباتات حركة الرياح المحملة بالرمال. وتظهر النباك بأشكالها المثلثة الطولية أو القبابية والمدببة في اتجاه منصرف الرياح. أما جوانبها المرتفعة والتي تقع في اتجاه الرياح فتتكون من النباتات والشجيرات التي تثبت الرمال.

وتتشكل عندما تعترض حركة الرياح المحملة بالرمال عقبة ما، تتمثل في أغلب الأحيان بأحد النباتات السائد في المنطقة، وتأخذ أشكالها المثلثة المتطاولة أو القبابية أو المدببة مع اتجاه منصرف الرياح ، أما جوانبها المرتفعة والتي تقع في مهب الرياح فتتكون من النباتات والشجيرات التي تثبت الرمال ، وقد يطرأ على هذه النباك تغيرات وتدهور نتيجة توقف هبوب الرياح وسفي الرمال والعوائق النباتية، هذا بالإضافة إلى دور الإنسان السلبي في تدهورها وتغير أشكالها، ومن ثم فهي كما أشارت العديد من الدراسات من أكثر الأشكال الرملية سريعة الزوال كما تتميز بعدم ثباتها.

نشأة النباك:

يتضح وجود عدد من شروط لتكوين النباك ، نوجزها فيما يلي:

* النبات:

يلعب النبات دوراً هاماً في عملية تشكيل النباك , حيث تعمل العوائق النباتية على تصيد كميات أكثر من الرمال ومن ثم فهي تمثل العامل الرئيسي في التشكيل. وتتميز بقدرتها على اعتراض الرياح المحملة بالرمال عند اجتيازها تلك النباتات، مما يؤدي إلى انخفاض سرعتها وتناقص قدرتها على الحمل والدفع وهذا يؤدي بدوره إلى تراكم الرمال التي عجزت الرياح عن حملها خلف العائق النباتي مباشرة.

كما أظهرت العديد من الدراسات التي تمت على النباك أن هناك علاقة قوية بين ارتفاع النباك من جانب وارتفاع النباتات من جانب آخر , وأنه كلما زاد ارتفاع النباتات وزادت حيويتها واخضرارها زادت قدرتها على تصيد حبيبات الرمال ومن ثم زيادة حجم النباك.

* الرياح:

تلعب الرياح دوراً كبيراً في عملية تشكيل النباك وتحديد الاتجاه العام لها وكذلك خصائصها الشكلية . وقد سبق الذكر أن الرياح السائدة بالمنطقة هي الشماليات بأنواعها المختلفة. ويتمثل دورها في عاملين هما؛ اتجاه الرياح وسرعتها. أما من حيث سرعة الرياح والتي تزيد طاقتها الحركية بزيادة سرعتها، فالرياح القوية والسريعة يمكنها إثارة الرمال والأتربة وحملها لمسافات تتناسب طردياً مع تلك السرعة. ويرى العديد من الباحثين أن أقل سرعة مطلوبة لجعل الرياح قادرة على حمل الرمال والغبار وتذيرتها هي ٢٠ كم/ساعة، أما سرعة الرياح القادرة على حمل وتحريك الرمال المتوسطة الحجم فيجب أن تصل إلى ٣٥ كم/ساعة.

* **وجود مصدر غني للرواسب:** ويتوفر هذا المصدر سواء من المصاطب المرتفعة أو من السهول الصحراوية في الغرب أو أرضية الأودية.

* كذلك تلعب **خصائص السطح** دوراً مهماً في نشأة النباك ؛ حيث تتطلب النباك سطحا مستوياً ومنخفضاً عن باقي المناطق المجاورة له، وهي متطلبات توجد أيضا بمناطق توزيع النباك سابقة الذكر. حيث أن الأسطح المرتفعة عادة تتعرض للنحت والإزالة ، بينما الأسطح المنخفضة تمثل مواضع إرساب بشكل عام.

مراحل تطور النباك:

■ المرحلة الأولى : وهي مرحلة النشأة أو الشباب، تتميز هذه المرحلة بتراكم الرمال خلف إحدى الشجيرات حديثة النمو ذات الحجم الصغير ، ومع نمو هذه الشجيرات يزداد معها معدل تراكم الرمال. وفي هذه المرحلة تأخذ الرمال - والتي تكون سائبة - شكل كومة منشورية الشكل خلف هذا النبات.

■ المرحلة الثانية : وهي مرحلة النضج؛ يأخذ النباك في النمو حتى يصل لأقصى نمو له ومن ثم تصل النبكة إلى أكبر ارتفاع لها، وتأخذ الشكل التقليدي لها من حيث خصائص الجانب شديد الانحدار المواجه للرياح (مقدمة النباك) والجانب الأطول أقل انحداراً تجاه منصرف الرياح.

■ المرحلة الثالثة: وهي مرحلة تدهور النباك، وتبدأ هذه المرحلة بموت النبات وبموته يجف الغلاف الخضري للنبكة فتصبح عارية تماماً ، ومن ثم تتعرض للتذرية بواسطة الرياح ، وبالتالي تتلاشى هذه النبكة تاركة خلفها مجموعة من الجذور النباتية اليايسة الذابلة فوق سطح الأرض سرعان ما تزال.



الفصل السابع
النوعية الفيزيائية وأثرها في تشكيل
ملامح سطح الأرض

جامعة جنوب الوادي

الفصل السابع

التعرية الفيزيية وأثرها في تشكيل ملامح سطح الأرض

أولاً: نشأة الأنهار:

يتضمن النظام النهري مجاري مائية كثيرة فعندما تسقط الأمطار أو يذوب الجليد في منطقة ما من المناطق المرتفعة فإن المياه تتحد من مكونة ما يعرف بالمسيلات وهي مجارى مائية صغيرة غير محدودة الجوانب يأخذ الاتجاه العام لها اتجاه انحدار سطح المنطقة ، وتتلاقى المسيلات بعضها البعض متجمعة في مجارى مائية محدودة الجوانب ثم تتلاقى هذه المجارى في مجارى مائية أكبر تعرف بالروافد *Tributaries* التي تصب في نهاية المطاف في المجرى الرئيس وهو النهر.

وبنظرة عكسية أي إذا تتبعنا مجرى النهر من المصب إلى المنبع سوف نجد أن وادى النهر تتصل به أودية أخرى أقل منه حجماً وقوة ، تمده بالمياه والرواسب بعد سقوط الأمطار وتسمى هذه الأودية روافد . والوادي في هذه الحالة أقرب ما يكون إلى جذع شجرة وفروعها حيث يمثل الجذع الوادي الرئيس وتمثل الفروع الروافد التي تتصل به من جوانبه المختلفة . وكل رافد من الروافد تتصل به أيضا مجموعة من الروافد الأقل طولاً وحجماً وقوة . مهمتها تغذيته بالمياه والرواسب . ويستمر هذا الوضع حتى نصل إلى أصغر الروافد والذي قد لا يتعدى طوله عدة أمتار وقد يكون عمقه بسيطاً لا يزيد عن عشرات السنتيمترات، ويطلق على الوادي وروافده المختلفة في الأطوال والإحجام أسم شبكة التصريف *Drainage Network* حيث أن كل الروافد تصرف مياهها في

اتجاه الوادي الرئيسي وهو المجرى الأكبر الذي تتجمع فيه المياه التي تنقلها الروافد حيث ينقلها في اتجاه المصب الذي غالبا ما يكون في نهاية المطاف في البحار.

عناصر أو أجزاء النظام النهري:

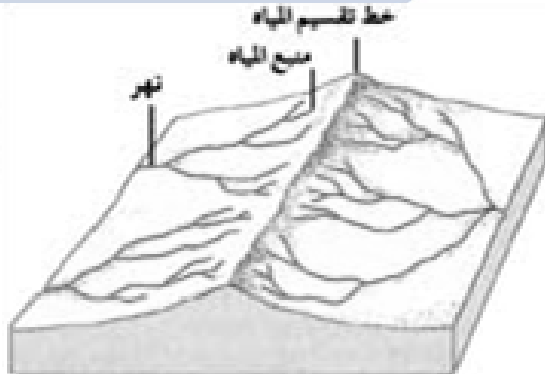
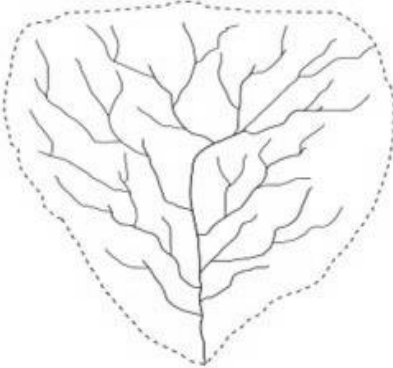
يضم النظام النهري مجموعة العناصر الآتية ، وهي كما يلي:

• حوض النهر أو حوض التصريف:

هي المساحة الأرضية التي تضم جميع أجزاء النهر من روافده العليا وحتى المصب، وتحد الحوض مجموعة خطوط يطلق عليها اسم خطوط تقسيم المياه، أي أعلى المناسيب التي تضم حوض النهر، فلو سقطت نقطة مياه في أي جزء من الحوض فإنها تتحدر إلى المجرى داخل الحوض.

• **وادي النهر:** هو المنخفض الطولي الذي تجرى فيه الحمولة النهريّة، ويشغل مجرى النهر جزءاً صغيراً من واديه.

• **مجرى النهر:** هو القناة المائية التي تمثل الجزء الأسفل من الوادي النهري وتجري فيه المياه نحو المصب ، ويطلق على مجموعة القنوات المائية للنهر تعبير شبكة النهر *River network* .



حدود حوض التصريف وخط تقسيم المياه

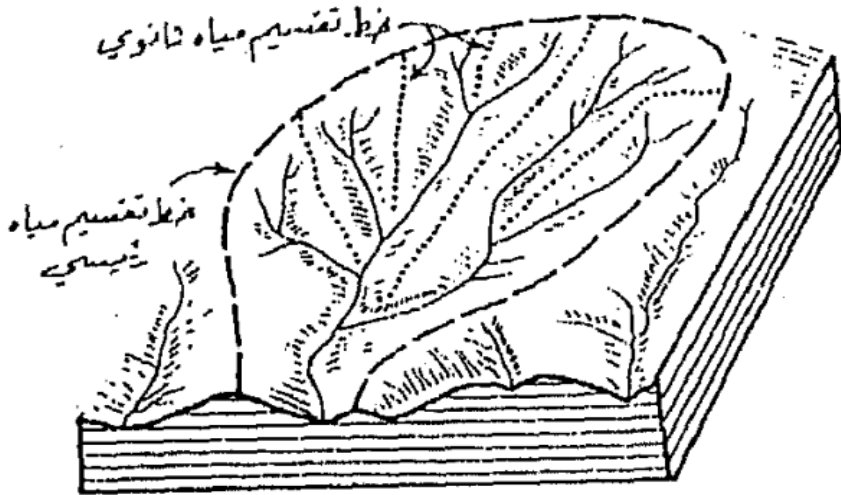
ثانياً: أنواع الأنهار:

هناك تقسيمان للأنهار أحدهما جيولوجي والآخر جيومورفولوجي ويهتم التقسيم الجيولوجي بالطبقات ودرجة ميلها ، وما يرتبط بها من أنهار ومن ثم نقسم الأنهار إلى نوعين يتمثل الأول في الأنهار التي تسير مع اتجاه ميل الطبقات ، أما الآخر فيتمثل في الأنهار التي تسير عكس ميل الطبقات. أما التقسيم الجيومورفولوجي للأنهار فيهتم بنشأة واتجاه مجارى الأنهار حيث قسم الأنهار تبعاً لعوامل نشأتها واتجاهها إلى أربعة أنواع هي:

consequent River

☑ الأنهار التابعة

سميت بذلك لأنها تبعت في اتجاهها الانحدار العام لسطح الأرض وقد تسمى بالأنهار الأولية *primary streams* لأنها أول ما نشأ على سطح الأرض من أنهار حيث نشأت في بداية الدورة التحاتية بعد سقوط الأمطار على سطح الأرض. وقد تسمى بأنهار الانحدار لأنها تسير وتجري تبعاً للانحدار العام لسطح الأرض وقد تسير تبعاً لاتجاه ميل الطبقات.



خط تقسيم المياه الرئيسي والثانوي

☑ الأنهار التالية

subsequent River

سميت بالأنهار التالية لأنها تلت في نشأتها الأنهار التابعة (الأولية) وهي تسير متتبعه خطوط الضعف الجيولوجي (الانكسارات والشقوق والفواصل) كما أنها عمودية على النهر الرئيسي أي عمودية على ميل الطبقات وهي ناتجة عن أنها كانت تمثل روافد للنهر الرئيس ثم أخذت تنمو بعد أن كانت صغيرة و مع هذا النمو تكون شبه عمودية عليه حيث يبدأ الرافد من نقطة التقاءه بالنهر الرئيس ثم ينمو متجهاً نحو الخارج بالنحت التراجعي أو التصاعدي.

☑ الأنهار العكسية

Obsequent River

تمثل أحد الاتجاهات التي تأخذها أثناء تكونها ، حيث يكون اتجاه المجرى عكس الميل العام للطبقات الصخرية ، وينتج ذلك من تحكم خطوط الصدوع في محاور اتجاه النهر فيتغير اتجاه المجرى ولا يتبع الميل العام.

☑ الأنهار العشوائية

Resequent River

لقد سميت بذلك لأنها لم يعرف أسباب وعوامل نشأتها ولم يعرف هل هي مرتبطة بعامل الانحدار أو غيره.

River stages

ثالثاً: مراحل تطور النهر:

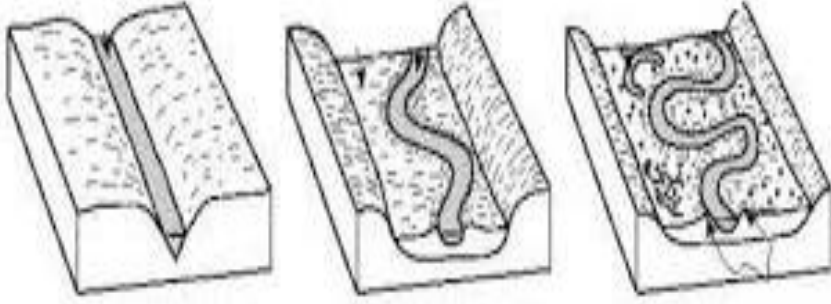
كان وليم موريس ديفز أول من قسم مراحل تكوين أشكال سطح الأرض إلى ثلاث مراحل: مرحلة الشباب *Young stage* ، ومرحلة النضج *Mature stage* ومرحلة الشيخوخة *Old stage* وأن النهر يستمر في نحته لسطح الأرض حتى يصل بها إلى مرحلة شبه السهل *peneplain* . وفيما يلي عرض لمراحل تطور النهر:

➤ مرحلة الشباب: في هذه المرحلة يقوم النهر بالحفر الرأسي لتعميق مجراه عن

طريق النحت فى قاع المجرى ليصل إلى مستوى سطح البحر أو مستوى القاعدة المحلى إذا كان يصب فى بحيرة داخلية أو فى نهر آخر. ويأخذ القطاع العرضي للوادي شكل رقم ٧ ويتوقف عمقه على مقدار ارتفاع المنطقة فوق منسوب سطح البحر.

مرحلة النضج:

- تتميز هذه المرحلة بتكامل المجاري المائية واتصالها فى نظام نهري واحد كما تتميز باتساع الوادى الناتج من زيادة النحت الجانبي.
- تناقص سرعة التيار لقلّة الانحدار. وإذا كان مجرى النهر فى مرحلة الشباب يمثل رقم ٧ فإن المجرى يزداد انفراجا كما أن النحت الجانبي قد كون واديا عريضا تغطية الرواسب تمهيدا لتكوين ما يعرف بالسهل الفيضي الذى يتكون فى المراحل الأخيرة من حياة النهر.
- من أهم الظواهرات المصاحبة لمرحلة النضج ما يعرف بالمنعطفات *Maenders* فعندما يصل النهر أقصى مداه نحت قاع مجرى النهر بحيث لا يقوى بعد ذلك على النحت فيتحول نشاطه إلى النحت الجانبي . 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 ، يترحل بالتدريج مجرى النهر عن موضعه الأصلي ، ويزداد مقدار انحناء النهر.



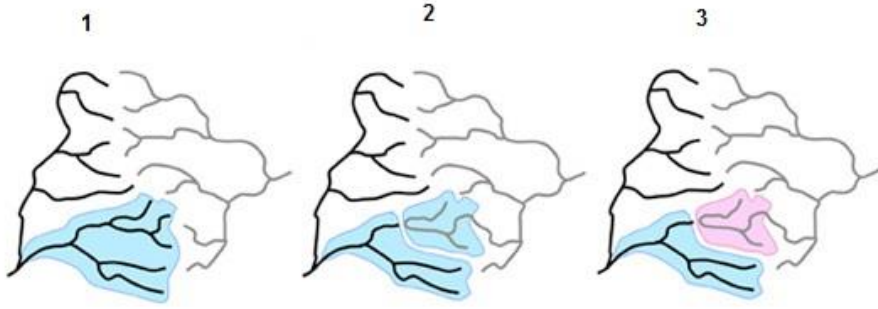
مراحل تطور النهر

➤ **مرحلة الشيخوخة:** فى أثناء انحدار الماء فى مجرى النهر يحل وينقل كثيراً من المواد منها الذائب ومنها العالق ، ويختلف حجم هذه المواد العالقة من الذرات الدقيقة جداً كما فى الصلصال والطفل والطين إلى الحبيبات الكبيرة من الرمال والحصى. وأخيراً يضعف النهر بسبب بطء انحدار مجراه ، وبالتالي تقل مقدرته على حمل الرواسب ، فيبدأ فى التخلص منها فى قاعة أو على جوانبه أو عند مصبه فى البحر.

River Capture

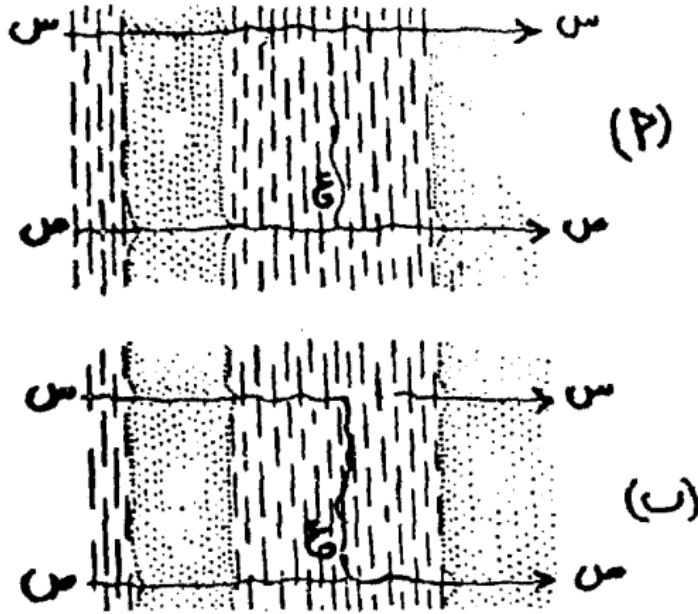
رابعاً: الأسر النهري أو القرصنة النهرية

يؤدى نمو النظم النهرية المتجاورة التى تستقى مياهها من مناطق تقسيم مياه مشتركة ، إلى أن يصبح نهر منها أعظم وأقوى من جيرانه ، وبمرور الزمن يصبح هذا النهر هو النهر السيد أو السائد *Stream Master* فى المنطقة ، وهو يصل إلى عنفوانه هذا عن طريق تراجع منابعه (تراجع خطوط تقسيم المياه) من جهة ، وبواسطة تحويل أجزاء من النظام النهري المجاور إلى حوضه من جهة أخرى . وتعرف الظاهرة الأخيرة بالأسر النهري *River Capture* أو القرصنة النهرية.



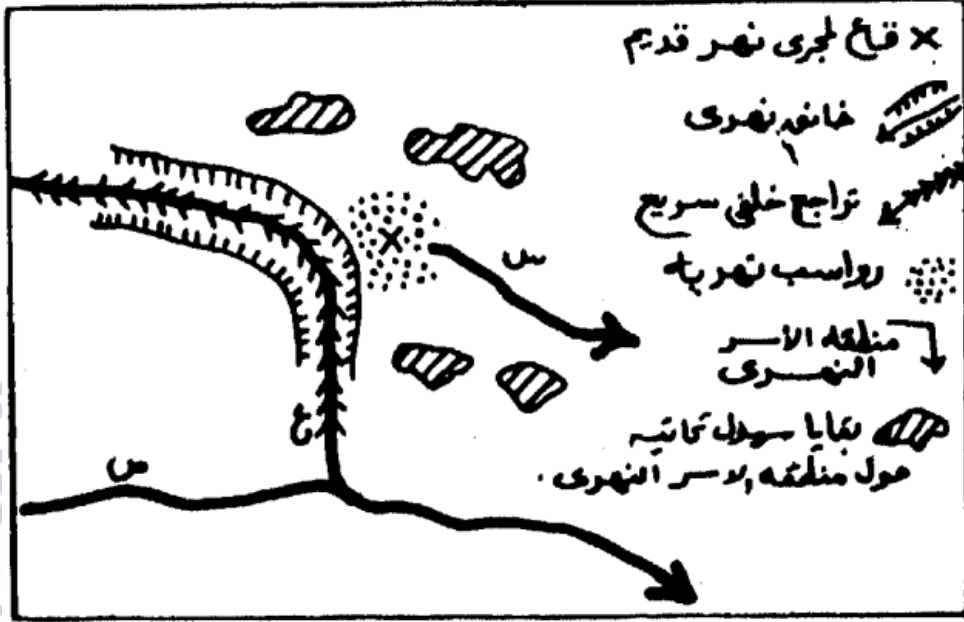
عملية الأسر النهري

ويحدث الأسر النهري حينما يتمكن النهر السيد الأقوى من دفع خطوط تقسيم المياه ونحرها صاعداً ، وذلك عن طريق النحت التراجعي أو النحت الصاعد. وما يزال النهر السائد يعمق مجراه ، وينحت تراجعياً صاعداً مخترقاً منطقه تقسيم المياه ، حتى يصل إلى منابع النهر الضعيف المرتفع القاع فيأسرها . وتتحول مياهها إليه وتبعاً لذلك تزداد قدره النهر الأسر السيد . وعند مكان الأسر (أي مكان تحويل المياه إلى النهر الأسر) توجد في العادة حنية واضحة المعالم تعرف بعلامة الأسر أو كوع الأسر *Elbow of Capture* ، وينكمش النهر المبتور الرأس *Beheaded* الذي فقد منابعه ، ويصبح أصغر حجماً بالنسبة لواديه الضامر ، ويصبح منبعه بعيداً عن كوع الأسر ، تاركاً جزءاً جافاً من واديه القديم (قبل الأسر) يعرف بالثغرة الجافة *Dry Gap* (أو ثغرة الريح *Wind Gap*) ويحدث الأسر النهري على الخصوص في أقاليم الحافات المتعاقبة ، حيث تستطيع الأنهار التالية المتعامدة على مجارى الأنهار التابعة أن تتحت تراجعياً على امتداد نطاقات الصخور اللينة القليلة المقاومة للتعرية كالصخور الصلصالية ، ومن ثم تأسر منابع الأنهار المجاورة ، وتنشئ شكلاً من أشكال التصريف النهري يسمى " التصريف المتشابك أو المشبك .



تطور عملية الأسر النهري

يوضح الشكل السابق تطور عملية الأسر النهري ، حيث يظهر نهران متوازيان هما س ، ص ، اللذان يشقان مجريهما في صخور لينة وصخور صلبة ، وتصادف أن نهر ص يغذيه رافد عرضي هو الرافد ع الذي يمتد مع اتجاه مضرب الطبقات ، ويحفر مجراه علي طول نطاق الصخور اللينة ، وكلها عوامل تساعد علي سرعة تراجعه الخلفي ، فإذا كان نهر ص يعمل تبعاً لمستوي قاعدة أكثر انخفاضاً منه في حالة النهر س ، وحيث إن نهر ع يقطع مجراه علي طول نطاق من الصخور اللينة سريعة التآكل فإن عملية التراجع الخلفي لنهر ص ستكون سريعة ، ويتميز النهر بشدة انحداره وعمقه وانحدار جوانبه ، فإن النهر ع يأسر جزءاً من نهر س ويتحول مجري هذا الجزء ضمن نهر ع ، ومن ثم يطلق علي النهر المتخلف من نهر س اسم النهر المبتور أو المقطوع الرأس .



الخصائص الجيومورفولوجية لمنطقة الأسر النهرى

خامسًا: أشكال النظم النهرية:

يقصد بنمط التصريف التنظيم الداخلي للمجارى المائية وطرق التقائها ببعضها البعض فى أي حوض نهرى أو فى جزء منه ، وتعد هذه الأنماط انعكاسات مباشرة لظروف التكوين الصخرى أو التركيب البنائى ، أو الظروف المناخية للمناطق التى توجد فيها ، أو الصورة العامة التى يبدو بها النهر بروافده الرئيسية والثانوية .

parallel Pattern

١. النمط المتوازى:

هو أبسط أنماط التصريف النهرى على الإطلاق ، ويتألف من عدد من المجارى النهرية التابعة ، التى تجرى متوازية على وجه التقريب ويعتبر التصريف النهرى شبه المتوازى ميزة تختص بها المناطق التى تتألف من طبقات صخرية تميل بانتظام ، مثلما نجده فوق ظهور الكويستات.

٢. النمط الشجري:

Dentritic Pattern

يعد التصريف النهري الشجري نمط شائع ، ويسود فى المناطق التى تتميز بتجانس صخورها ، وأهم ما يميز هذا النمط أن روافد الأودية تلتقي مع بعضها البعض بزوايا حادة. وتتباين كثافة حوض التصريف النهري الشجري تبعاً لعدة عوامل أهمها مقدار نفاذيه الصخور ، وكمية الأمطار الساقطة وطبيعتها ونظامها ، فهذه جميعاً تؤثر فى كثافة الجريان السطحي للمياه . ولعامل الزمن أهميته الكبيرة أيضاً حيث يزداد تعقيداً وكثافة كلما أضيفت إليه روافد جديدة عن طريق عمليه النحت الصاعد أو التراجعى .

ويبدأ نشأة أحواض التصريف النهري الشجري بعدد من المجارى الرئيسية التى تتدفق مباشرة فوق المنحدر صوب البحر ، أى أنها تتبع فى جريانها اتجاه المنحدر ، ولهذا فإنها تسمى الأنهار التابعة وفى أثناء نموها تجرى الروافد نحوها ، فيبدو بشكل شجرة متفرعة ، متعددة الفروع والأغصان، ولذا فإنه يعرف بالتصريف النهري الشجري *Dentritic* وهو تعبير مشتق من كلمة *Dendron* اليونانية ومعناها شجرة.

Trellis Pattern

٣. النمط المتشابك أو المشبك:

إذا كان حوض النهر يتكون من صخور غير متجانسة ، فإن الروافد التى تنشأ تكون ذات ارتباط وثيق بالتركيب الصخرى . وحينما تجرى تلك الروافد على طول مضرب الطبقات أو خط ظهورها فإنها تعرف بالأنهار التالية، ويزداد طول هذه الروافد بامتدادها تراجعيًا نحو منابعها ، عن طريق النحت الصاعد أو التراجعى . وحينما يتألف حوض النهر التابع من نطاقات من الصخور الصلبة التى تتعاقب مع نطاقات من الصخور اللينة ، فإن المجارى

التالية تجرى على امتداد مضرب الطبقات الصخرية اللينة وتتصل بالنهر التابع بزوايا قائمة، وتبقى نطاقات الطبقات الصلبة بارزة في شكل حافات توازي المجرى التالية ، ويشقها النهر التابع (الرئيسي) ويجرى عبرها نحو أسفل المنحدر خلال فتحات ذات جوانب شديدة الانحدار ، ويظهر نمط التصريف المشبك في المناطق التي تأثرت بعمليات الالتواء .

Pinnate Pattern

٤. النمط الريشي

يرتبط هذا النظام بالحافات الانكسارية ، التي يمتد المجرى الرئيسي للنهر موازيا لها ، مع التقاء مجموعة من الروافد المقطعة للحافة الانكسارية بصورة عمودية على المجرى الرئيسي ، وبذلك يشبه شكل الشبكة إلى حد ما شكل الريشة.

النمط الشجري

النمط المتوازي

النمط المتشابك



Centripetal Pattern

٥. النمط المركزي

يعتبر هذا النمط من التصريف صورة عكسية للنمط الإشعاعي ، حيث تتجه المجارى المائية المنحدرة من المرتفعات صوب مناطق حوضية منخفضة أو مناطق داخلية تنخفض عما حولها ، وتتجه أعمق أجزاءها هابطة من

الأراضي المرتفعة المحيطة وهو نمط تختص به كثير من الصحارى ذات التصريف المائي الداخلي مثل منخفضات صحراء مصر الغربية .

٦. النمط المستطيل *Rectangular Pattern*

هو يشبه في بعض خصائص نمط التصريف النهري المتشابك، ففي التصريف النهري المتشابك تلتقي الروافد بالنهر الرئيسي بزوايا قائمه وفي النمط المستطيل تتعرج المجارى المائية ذاتها بزوايا قائمه كما تلتقي بالنهر الرئيسي بزوايا قائمه أيضا. لكن نوع العوامل الجيولوجية ساعدت في تكوين كل من النمطين. ففي النمط المشبك يتمثل السبب في مكاشف طبقات الصخور الضعيفة، أما في النمط المستطيل فإذا العامل الجيولوجي المؤثر يتمثل في خطوط ضعف حسنه التحديد كالعيوب والانكسارات والفواصل التي على امتدادها أطالت الأنهار مجاريها بواسطة النحت الصاعد نحو المنبع وينتشر هذا النمط في المناطق التي تعرضت للتصدع أو التي تكثر بها الفواصل.

٧. النمط الإشعاعي *Radial Pattern*

تظهر المجارى في هذا النمط وكأنها تنبع من قمة واحدة ، ثم تتحدر على طول جوانب القمم الجبلية إلى أسفل صوب أقدام المنحدرات في صورة أشعة ، وعلى ذلك ، فإن ظهور هذا النمط يرتبط بوجود القباب أو التلال أو المخاريط البركانية.

دور المياه في تشكيل ملامح سطح الأرض:

جامعة جنوب الوادي

أولاً : عملية النحت *Erosion*

عندما تسقط الأمطار على المنحدرات الجبلية فإنها تجرف أمامها الفتات الصخري الناتج من عمليات التجوية المختلفة مكونة الروافد التي تصب

فى المجرى الرئيس وهو النهر. وتقوم المياه الحاملة لهذا الفتات بعملية نحت لكل من جانبي وقاع النهر وذلك حسب طبيعة الفتات الصخري وضغط المياه على قاع وجوانب المجرى المائي بثلاث طرق ، وهي كما يلي:

(أ) النحت الميكانيكي:

يقصد به تآكل الصخر ميكانيكياً بتأثير الاحتكاك بصخر آخر ، وفى هذه العملية يتم نحت وتآكل الصخور بفعل ما تحمله المياه من حصى وفتات صخري ، حيث تعمل هذه المواد أثناء انتقالها كعوامل هدم ، عندما تقوم بالاحتكاك بقاع وجوانب المجرى ، وبالتالي تتفتت أجزاء منها يتم نقلها عن طريق مياه النهر. ويتوقف النحت الميكانيكي على ثلاثة عوامل هي:

- كمية الحمولة النهرية.
- حجم الحمولة النهرية.
- شكل الحمولة النهرية.

Hydraulic action

(ب) الفعل الهيدروليكي

يقصد به حركة مكونات التربة والصخر وتآكلها عن طريق قوة اندفاع المياه فى المجرى ، ويزيد تأثير الفعل الهيدروليكي مع زيادة سرعة التيار ، كما قد تحدث الدوامات مع السرعات العالية.

Solution

(ج) النحت الكيميائي أو الإذابة

يقصد به النحت النهري كيميائياً بما تحمله المياه من مركبات كيميائية ، وكثيراً ما يحدث هذا على قاع وجوانب المجارى التى تتكون من صخور لديها القابلية للتفاعل مع المياه ، ومن أمثلة ذلك صخور الحجر الجيري والصخور الكلسية بوجه عام. وتؤدى المياه إلى إذابة هذه المكونات الصخرية من القاع

والجوانب وتنقلها معها. ومن هنا نجد أن العمليات الثلاث السابقة وهي النحت الميكانيكي والفعل الهيدروليكي والإذابة هي المسؤولة عن تعميق وتوسيع وإطالة المجرى المائي.

الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية الفيضية:

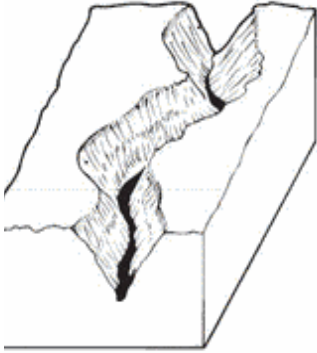
١. الخوانق النهرية: *River Gorges*

يطلق هذا الاصطلاح للدلالة على الأودية النهرية الضيقة العميقة ذات الانحدارات الشديدة شبه العمودية ، وتتسأ الخوانق كأجزاء من مجارى الأودية الخانقية ذات تكوينات جيولوجية أكثر صلابة، ولذا يواجه الوادي صعوبة في شق مجرى له خلالها ، فتضيق قيعانها وتبدو جوانبها شبه جرفيه مرتفعة، وتشتد عندها سرعة جريان المياه والتعميق الرأسي لقنواتها.

تعد الخوانق النهرية من أهم الملامح الجيومورفولوجية المثالية لوادي النهر في مرحلة الشباب في المجرى الأعلى للنهر والتي تميز القطاعات العرضية للأودية، فهي مناطق أو أجزاء يضيق فيها القطاع العرضي للوادي، يطلق اسم خانق *Gorge* على جزء من مجرى نهر يتميز بأنه شديد انحدار الجوانب وعميق بالنسبة لاتساعه ، ويوجد الخانق النهري حيث يتغلب النحت الرأسي على النحت الجانبي ، ومعظم المجارى العليا هي بمثابة خانق ،

وخصوصاً عندما تجرى على امتداد نطاق ضعف أصابه التكرس. ومن أشهر الخوانق، الخانق العظيم *Grand Canyons* بولاية كلورادو بالولايات المتحدة ويبلغ طوله نحو ٥٠٠ كم وعمقه ما يقرب من ٢ كم.

وتتميز هذه الظاهرة بانتشارها فى أعالي الأودية، حيث تبدو على هيئة



الخوانق النهوية

حوائط رأسية شديدة الانحدار ، وتأخذ أغلب القطاعات شكل حرف V نتيجة سيادة عملية النحت والتعميق الرأسى للأودية ، وتضائل النحت الجانبي لأسباب تتعلق بالمرحلة الجيومورفولوجية التي تمر بها الأودية فى منطقة المنابع.

نشأة وتكوين الخوانق:

هناك عدة تفسيرات لنشأة الخوانق ، ويمكن إيجازها فى النقاط التالية:

- تعرض مستوى القاعدة الذى تنتهى إليه الأودية لعدة ذبذبات أو تغيرات خاصة أثناء عصرى البلايوسين والبليستوسين ، وهو ما أدى إلى نشاط عمليات النحت الرأسى فى محاولة من تلك الأودية للوصول إلى مستوى قاعدتها ، وقد ساهمت الظروف المطيرة السائدة على المنطقة آنذاك فى تعميق وزيادة معدلات النحت ، ولعل هذا ما يفسر شدة انحدار جوانب الخوانق واستقامتها وضيقها النسبى.

- كما ترجع نشأة الخوانق إلى الظروف التكتونية والحركات الأرضية التى حدثت فى العصور المختلفة وخاصة فى عصر الميوسين، حيث ساعد على ذلك رفع الطبقات، وبانتهاء الحركات الأرضية نشطت عوامل التعرية التى عملت على تعميق المجارى ، ومن ثم زادت كميات الرواسب، التى أدت إلى انهيار تلك السدود التى كونتها الحركات الأرضية مع نحت المجارى مرة أخرى فى صورة رأسية وخنقيه أدى إلى تكوين ما يطلق عليه الخوانق.

Knick Points

٢. نقاط تغير الانحدار :

هي مناطق يتغير عندها انحدار القطاع الطولي بصورة حادة ومفاجئة نتيجة عبور الوادي تكوينات صخرية متباينة الصلابة أو تعرض تلك المناطق لعمليات تصدع أو حركات بنيوية تؤدي إلي تغير مستوي القاعدة ، حيث تنشط عمليات النحت المائي الرأسي في تآكل مناطق الضعف الصخري ، وتبدو الطبقات الصلبة علي هيئة مساقط مائبة ذات جهات شديدة الانحدار. يطلق عليها أيضا اسم نقاط التقطع *Knick Points*. وتتميز المساقط المائبة بظهور بعض الأجزاء الشديدة الانحدار والتي تعد مظهراً رئيسياً من مظاهر عدم انتظام القطاع الطولي للنهر. كما تتفق بعض نقاط التغير في الانحدار مع خطوط الصدوع التي تتعامد على مجارى الأودية. ويوجد ثلاثة أنواع لنقاط التجديد وهي:

Lithological Knick Points

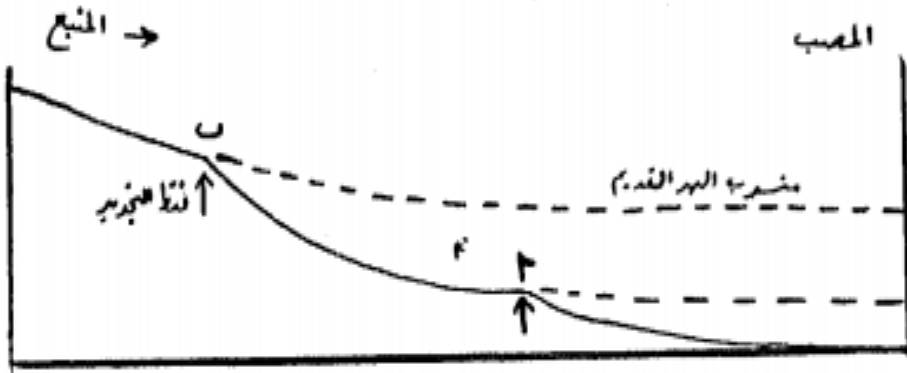
☞ نقاط التجديد الصخرية

Structural Knick Points

☞ نقاط التجديد البنيوية

Climatical Knick Points

☞ نقاط التجديد المناخية



نقاط التجديد علي طول المجري النهري

٣. الشلالات:

Waterfalls

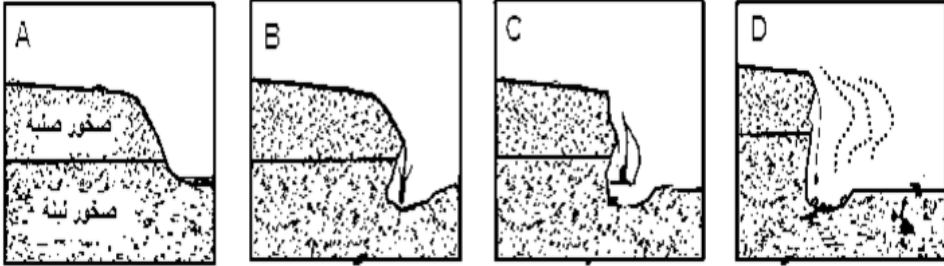
تتكون ظاهرة الشلالات أو المساقط المائية نتيجة إلى وجود هبوط مفاجئ في مجرى النهر. وتوجد الشلالات في كل القارات وخاصة داخل الأقاليم الجبلية والهضبية منها. وتعتبر الشلالات والجنادل احد المقاييس التي تعتمد عند تحديد مرحله الشباب في النهر. وتتألف من نوعين أولهما تلك التي تكونت من خلال التاريخ الطبيعي لتطور النهر وبدل وجودها على أن النهر لم يكمل انحداره المتوازن. وثانيهما نتيجة لظروف خارجية معينه تجبر النهر على تكوين الشلالات، ويعزي النوع الأول إلي تكونه كلياً إلى الاختلافات في درجة صلابة الصخور التي يقوم النهر بتعميق واديه خلالها. ومن أشهر الأمثلة على ذلك شلالات الحدود بين الولايات المتحدة وكندا. وهذا ويكون وضع التكوينات الصخرية الصلبة في هذا النوع من المساقط المائية إما أفقياً أو عمودياً. تتراجع الشلالات في الحالة الأولى عادة بسبب النحت التي تتعرض له التكوينات الصخرية اللينة الواقعة أسفل الصخور الصلبة من جراء تساقط الماء وحوث الدوامات ويؤدي ذلك إلى تكسير الطبقات الصخرية الصلبة وترجع الشلالات نحو الخلف.

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

١- حدوث عملية نحت عمودي سريعة لبعض الأنهار التي تتعرض إلى حالة إعادة شباب قوية الأمر الذي يبقى بعض روافدها وكأنها روافد معلقة فتتساقط المياه منها نحو النهر الرئيسي بشكل شلالات.

٢- تسبب بعض حالات الأسر النهري اختلافاً كبيراً وسريعاً في مستويات

قيعان المجاري النهرية المأسورة ،مما يؤدي إلى سقوط مياه الأنهار المأسورة على هيئة شلالات أو مساقط مائية في وديان الأنهار الآسرة التي تمثل الموقع المنخفض عادة.



٣- يمكن للتعرية الجليدية التي حدثت في الإقليم الجبلي أن تكون الشلالات وذلك عندما تتراجع الثلجات وتحتل وديانها الأنهار. فتساقط مياه الأنهار التي تحتل الوديان الجليدية المعلقة بشكل مساقط مائية نحو الأنهار التي تحتل الوديان الجليدية الرئيسية.

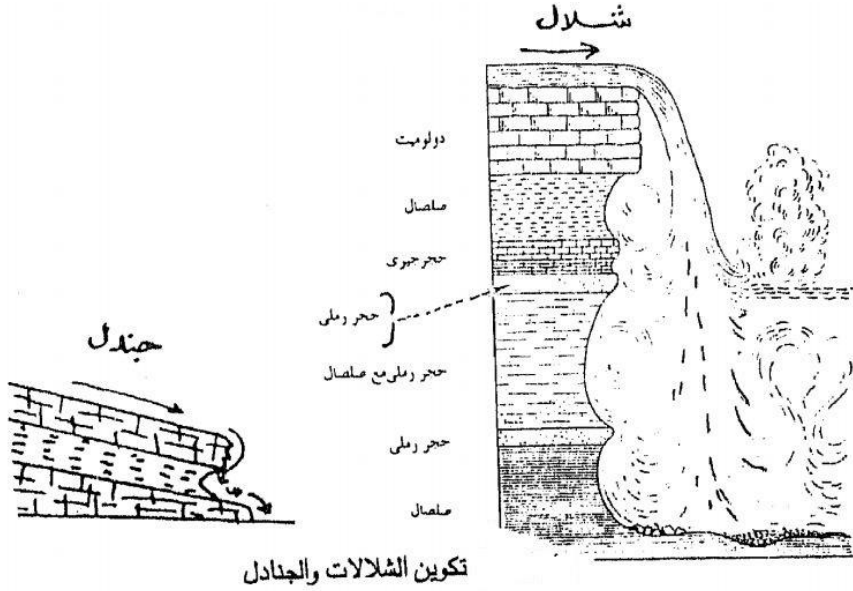
٤- يمكن لبعض حالات الانكسار والالتواء أن تخفض من الأقسام السفلي لبعض الأنهار مما يؤدي إلى تكوين المساقط المائية.

Rapids

٤ . الجنادل أو المسارع

تعني كلمة الجنادل في المعجم الوسيط مكان في مجرى النهر فيه حجارة يشدد عندها جريان النهر. وتتميز مناطق الجنادل في الأنهار بوجود العوائق الصخرية في قاع النهر، كما يتسم القطاع الطولي للنهر بعدم انتظامه ويبدو القطاع ما بين ارتفاع وانخفاض بالاتجاه صوب المصب، وترتبط الجنادل بوجود صخور صلبة علي طول مجرى النهر مثلها في ذلك مثل المساقط المائية ، لكن الفارق هو ميل الطبقات ، فإذا كانت الطبقات أفقية أو تميل ميلاً بسيطاً نحو المنابع نشأ مسقط مائي ، أما إذا كانت الصخور تميل نحو

المصب نشأ جندل مائي مثل مجموعة جنادل نهر النهر في الجزء المحصور بين الخرطوم وأسوان.

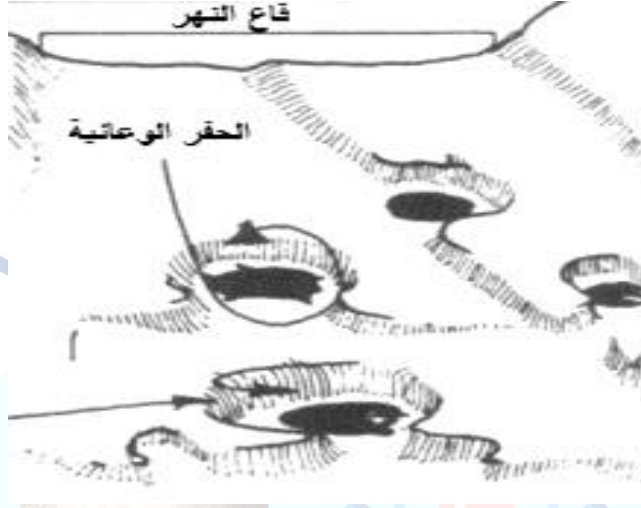


تكوين الشلالات والجنادل

Potholes

٥. الحفر الوعائية

توجد عند أقدام المساقط المائية حيث يؤدي سقوط الماء القوي إلى تكوين حركة دورانية تقوم بواسطة ما تحمله من رمال وحصى بنحت القاع النهري الصلب وتكوين حفر باسم الحفر الوعائية. ولا تكون هذه الحفر إشكالا تضاريسية مهمة غير أنها يمكن أن تعتبر دليلاً على مقدار النحت العمودي الذي تقوم به الأنهار التي تكون في مرحلة الشباب. وتتكون الحفر الوعائية بشكل سريع فوق التكوينات الصخرية اللينة مثل صخور الطفل ولكنها تظل محافظة على شكلها بصورة جيدة عند تكونها في صخور نارية صلبة كالجرانيت والبازلت والكوارتز. وتتحول بعض الحفر الوعائية من جراء تراجع الشلالات إلى الورا إلى ما يعرف باسم البرك الغاطسة.



الحفر الوعائية بقاع مجري النهر

٦. الأودية الجافة :

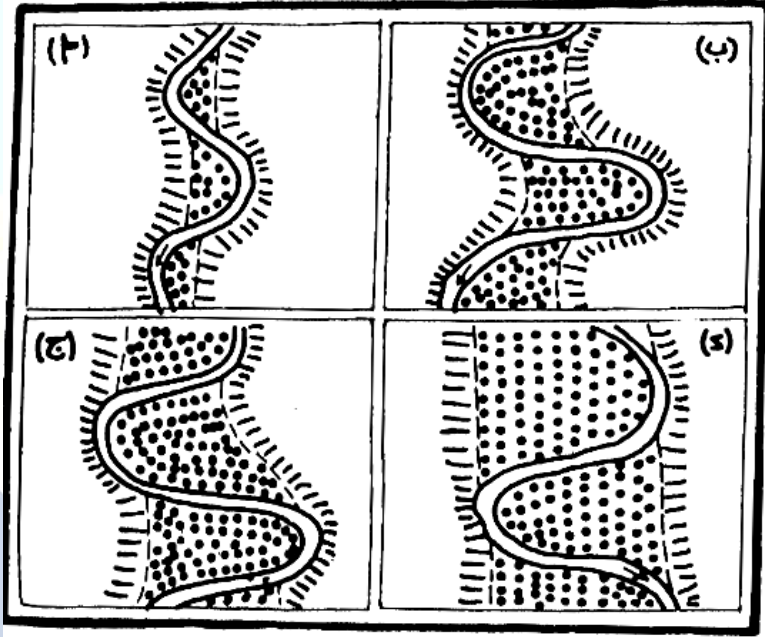
تعتبر الأودية الجافة من الأشكال الجيومورفولوجية في المناطق الجافة ، وتكمن أهمية دراسة أحواض تصريف تلك الأودية فيما يرتبط بها من أشكال إلي جانب أثرها علي تضاريس المنطقة ومظهرها العام . والوادي الجاف هو عبارة عن منطقة منخفضة من سطح الأرض تقوم المياه بحفرها، وتجرى من منابعها العليا متتبعة الانحدار العام لسطح الأرض حتى تصل إلى مصباتها سواء كانت بحاراً أو محيطات.

الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن الإرساب الفيضي:

يحدث أن تقل سرعة التيار إما لقلة انحدار المجرى أو انخفاض كمية المياه أو كنتيجة لزيادة حمولة الوادي أو النهر ، فإن مياه النهر تبدأ في التخلص من جزء من حمولتها ، حيث تقوم بإرساب جزء من المواد التي تحملها ، وقد يلقي النهر هذا الجزء أو بكل حمولته على طول المجرى أو عند نهايته. ويبدأ النهر عادة بالتخلص من المواد الخشنة أولاً، وغالباً ما يكون ذلك على

قيعان المجارى . ومع تناقص سرعته يتخلص من المواد المتوسطة الخشونة ثم بعد فترة طويلة من الهدوء والسكون يبدأ فى التخلص من الحمولة المذابة وترسيبها. وتتناقص سرعه النهر فى الحالات الآتية:

- ١ . عندما يمر ببخيرة متسعة ، فتتوزع مياهه فيها وتضمحل سرعه تياره .
- ٢ . حينما يدخل فى حوض أو سهل فسيح مستوى أو هين الانحدار .
- ٣ . عندما ينتهي إلى مصبه فى بحر أو محيط .



مراحل اتساع أرضية الوادى النهري

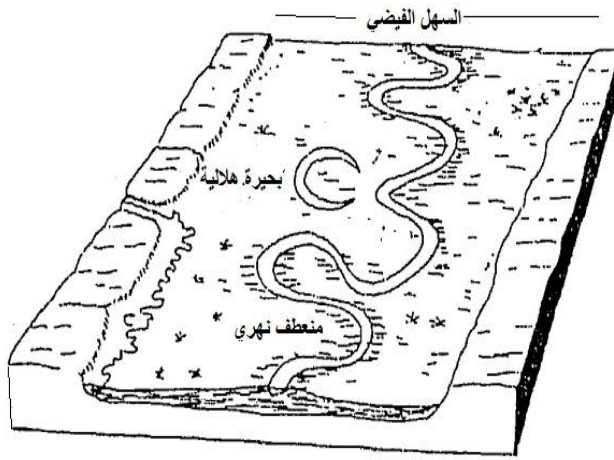
Flood Plains

١. السهول الفيضية

هو ذلك الجزء من الوادى الذي يغمر بالمياه خلال فيضان النهر ويعتبر هذا المظهر نتاج العمل البنائي والهدمي للأنهار فى نفس الوقت، ويتغلب العمل البنائي على الهدمي فى هذه المناطق نتيجة ترسيب الرواسب فيها. ومن السهول الفيضية الكبيرة فى الوطن العربي سهل وادي الرافدين الذي

تشكل نتيجة جريان نهري دجلة والفرات.

عندما يتم توسيع الوادي في المجرى الأوسط في مرحلة النضج من تأثير النحت الجانبي للمجرى وعندما تقل سرعة التيار في مرحلة الشيخوخة فإن النهر يتخلص من حمولته من الفتات الصخري والمواد العالقة بترسيبها على الجوانب المحدبة للثنيات والمنحنيات النهرية الأمر الذي يكون معه ضفاف ترسيبيه وباستمرار تحرك المنحنيات تغطي جميعها بغطاء من الرواسب الطينية مكونة السهل الفيضية. وهو عبارة عن الأراضي المستوية التي قام النهر ببنائها برواسبه. وينشأ السهل الفيضي في أول الأمر نتيجة لانحناء المجرى النهري وتوسع الانحناء النهرية، فينحت النهر في الجانب الخارجي ويرسب في الجانب الداخلي من الثنية ، وعندما تفيض المياه خارج القناة النهرية في وقت الفيضان وتغمر الأراضي المجاورة تلقي ما تحمله من رواسب ويتكون سهل مستطيل رسوبي. *Alluvial Plain*.

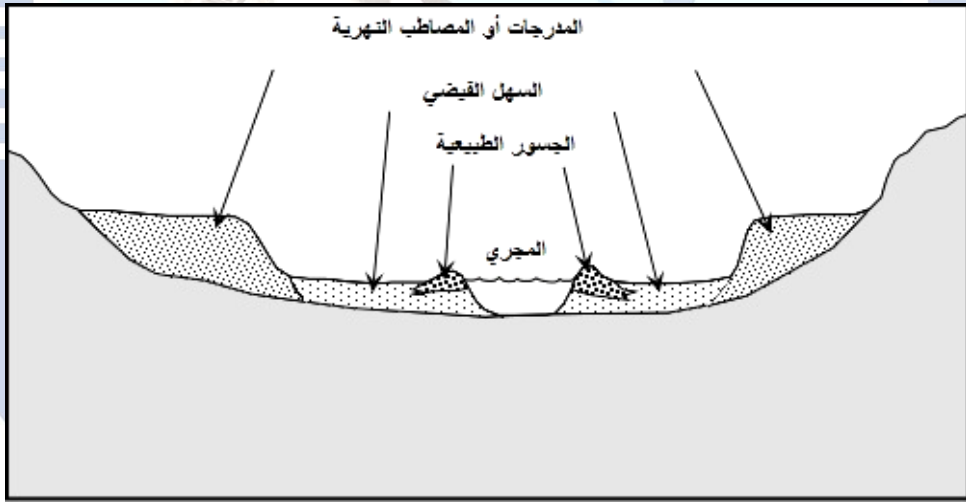


السهل الفيضي

٢. الجسور الطبيعية:

Natural Levees

يقوم النهر بإنشاء سدود طميية عندما يجري فوق سهله الفيضي في مرحلتي النضج والشيخوخة. وتوازي تلك السدود مجاري الأنهار وتكون على أكثر حالاتها ارتفاعاً عند جهاتها القريبة من النهر وتتحدر تدريجياً كلما ابتعدت عنه. ويتراوح اتساعها بين كيلو متر والنصف أو أكثر. يرجع السبب في ارتفاعها الكبير بالقرب بالقرب من مجاري الأنهار إلى حالة الترسيب الفجائي للمواد التي تنقلها الأنهار عندما تغطي فوق ضفافها. يرتبط وجود السدود الطبيعية مع الأنهار التي تتكون فيها ظاهرة الالتواء.



وبالنظر إلى الموقع المرتفع نسبياً لهذه السدود قياساً إلى بقية أجزاء السهل الفيضي فإنها تكون محمية عادة من الفيضانات الاعتيادية. في حين تكون بقية أجزاء السهل الفيضي منخفضة فتتأثر بالفيضان. فعلى سبيل المثال يكون ارتفاع السدود الطبيعية لنهر بو Bo في إيطاليا وهوانك هو ويانجتي في الصين أعلى من ارتفاع المنازل الموجودة في السهل الفيضي المجاور ومن هنا يتضح مقدار الخطر الذي قد يصيب تلك المناطق المنخفضة جراء الفيضان.

فقد غمر نهر المسيسيبي في فيضانه المشهور سنة ١٩٥١ مساحة واسعة بحيث فقد أكثر من ٢٠٠٠٠٠٠٠ نسمة مساكنهم الواقعة في المناطق المنخفضة البعيدة عن تلك الضفاف العالية. هذا وتقدم مناطق السدود الطبيعية للأنهار مواقع جيدة للاستيطان في السهول الفيضية بسبب قلة تعرضها للفيضان ، كما أن خشونة نسيج تربتها يساعد على القيام بالأعمال الزراعية فيها إضافة إلى قلة الملوحة فيها نتيجة للتصريف السطحي وقابلية النفاذية العالية نسبياً في هذه التربة قياساً بالتربة ذات النسيج الناعم والتصريف الرديء التي توجد فوق قيعان الأحواض النهرية البعيدة عن الأنهار.

River terraces

٣. المدرجات النهرية

تعد المصاطب إحدى الأشكال الجيومورفولوجية المميزة للقطاعات العرضية لبعض الأودية ، وهى عبارة عن مدرجات أو شرفات تتألف من الحصى والرمال والطيني توجد على مناسيب مختلفة فى شكل سلمى، والتي كونها الوادي قبل أن يعمق مجراه فى سلسلة متعاقبة ليصل إلى مستواه الحالي، وذلك نتيجة لتذبذب مستوى القاعدة العام بسبب التغيرات المناخية وتعاقبت فيها فترات الرطوبة مع فترات الجفاف والحركات الأرضية التي شهدتها المنطقة ، تعاقبت نتيجة لذلك عمليات النحت والإرساب، ونتج عن ذلك ظهور عدة مستويات من المصاطب على جوانب بعض الأودية.

نشأة المدرجات النهرية:

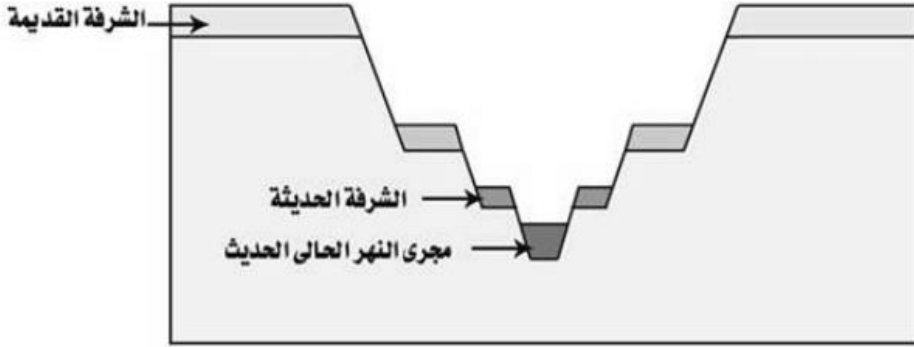
يوجد نوعين من المصاطب على جوانب الأودية ، ولاسيما فى الأجزاء الدنيا والوسطى منها ، وترجع فى نشأتها إلى مجموعة من العوامل قد تتداخل فيما بينها، ويرجعها البعض إلى فعل التغيرات المناخية التي حدثت فى عصري

البيستوسين والهولوسين. وقد انعكس أثر تلك التغيرات المناخية على عمليتي النحت والإرساب في الأودية. هذا وفي أثناء تعاقب فترات المطر والجفاف على الأراضي المصرية بوجه عام، وهذه العوامل كما يلي:

■ **التغيرات المناخية:** تلعب التغيرات المناخية دوراً مهماً في نشأة المدرجات الفيضية، حيث يعمل تعاقب الفترات المطيرة والجافة إلى تتابع عمليات النحت والإرساب، فعند الانتقال من قمة مطيرة إلى قمة جافة تقل الأمطار تدريجياً، ويتدهور الغطاء النباتي، ويتعرض جزء من التربة والصخور للإزالة فتحمله مياه الأمطار في الأودية. هذا في الوقت الذي لا يستطيع الوادي نقل كل هذه الكميات فيقوم بالإرساب في أرضيته مكوناً سطح المدرج. ومع حدوث انتقال من الفترة الجافة إلى الفترة المطيرة تتراد الأمطار الساقطة ويزدهر الغطاء النباتي وتتماسك التربة وتكون كمية المياه قادرة على النحت والرواسب الموجودة بها أقل من قدرتها فتعمل على النحت في الإرسابات التي ترسبت أثناء الانتقال من فترة مطيرة إلى فترة جافة مكونة بذلك واجهة المصطبة.

■ **تذبذب مستوى سطح البحر:** ترتبط المصاطب بالتذبذب في مستوى القاعدة العام لسطح البحر، وما نتج عنه من تغيرات مناخية وحركات تكتونية، ومن ثم ظهور مناسيب مختلفة وقد لعب تغير مستوى سطح البحر دوراً مهماً في تشكيل المصاطب الفيضية، ويظهر هذا الدور عند مقارنة مناسيب المدرجات الفيضية بمناسيب المصاطب البحرية؛ ومع حدوث انخفاض في مستوى سطح البحر في بداية فترة ريس - فورم الدفيئة بدأت الأودية في تعميق مجاريها خاصة أن تلك الفترة تعرض خلالها جنوب مصر لفترة

مطيرة زاد خلالها تصريف الأودية من الرواسب والمياه ، فعملت على نحت وظهور مدرجات جديدة مختلفة المناسيب. ومع حدوث انخفاض في مستوى سطح البحر ووصوله لمستوى +٦ متر فوق مستواه الحالي أثناء قمة الطغيان الفلاندري منذ ٣٥٠٠ قبل الميلاد ظهر مدرجي ١٠ و ٨ متر.



المدرجات النهرية

ويمكن تفسير التباين البسيط في مناسيب مصاطب بعض الأودية إلى وجود بعض التغيرات المحلية داخل أحواض تصريفها وإلى اختلاف أنواع الصخور وخصائصها الصخرية ، وربما إلى اختلاف أثر العمليات الجيومورفولوجية داخل هذه الأحواض. علي الرغم من أن معظم الدراسات ترجع نشأة المدرجات إلي التغيرات المناخية وتذبذب مستوى القاعدة العام إلا أن البعض يرجعها إلى فعل الحركات التكتونية التي حدثت في الزمن الرابع.

الخصائص الجيومورفولوجية العامة للمدرجات:

- يتركز وجود بعض المدرجات على الجوانب المحدبة للثنيات فيما يعرف باسم مدرجات الثنية النهرية، حيث يظهر المدرج على الجانب المحدب لأحد الثنيات النهرية يسار المجرى المائي، بينما يظهر الجانب المقعر خالياً من الرواسب بسبب اصطدام التيار المائي بأقدام جوانب الوادي ونحتها وإزالة ما بها من

رواسب أو مفتتات ناجمة عن عمليات تفكك الصخور .

■ من المعروف جيومورفولوجيا أنه ليس من الضروري ظهور المدرجات الفيضية على كلا جانبي الأودية، وإنما قد تظهر بوضوح في جانب وتختفي من الآخر، وهي من نوع المصاطب غير المتناظرة ، أي التي لا تظهر على شكل أزواج على جانبي المجارى النهرية .

■ ينقسم المدرج إلى قسمين هما:

أ - السطح العلوي وهو عبارة عن بقايا السهل القديم ، وهو سطح شبه مستوى وغالباً ما تغطيه الرواسب الخشنة المتأثرة بفعل عوامل التعرية ، وقد تراوحت درجات انحداره فى المدرجات بين صفر° - ٨°، كما تتراكم عليه بعض المفتتات والكتل الساقطة من المنحدرات المجاورة .

ب- الواجهة الأمامية وهي جزء أشد انحداراً من السطح ، ويمثل ارتفاعها مقدار التعميق الذى مارسه النهر فى رواسب السهل القديم عقب تغير مستوى القاعدة أو فى الصخر الذى ترقد فوقه هذه الرواسب، وقد تراوحت درجات انحدار هذه الواجهة بين ٩° - ٨٥°، حيث تزداد درجات الانحدار فى الواجهات المشرفة على قيعان المجارى ، بينما تقل درجات انحدار الواجهات فى المناطق التى تعرضت لعمليات التعرية والتفكك والتآكل .

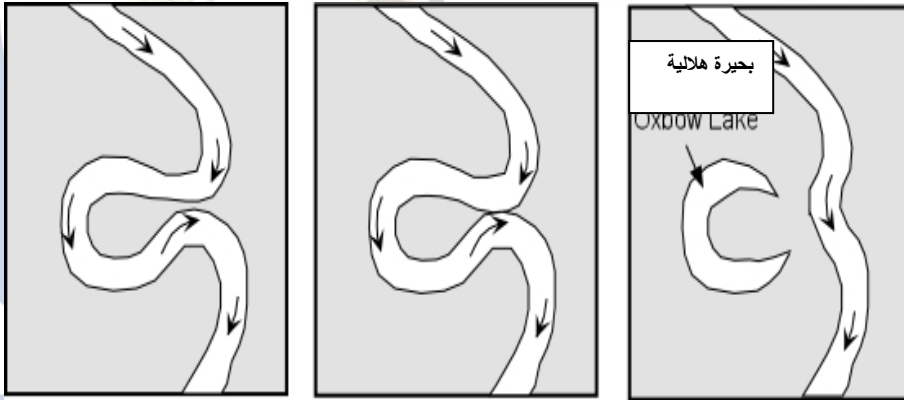
■ تتألف المصاطب من رواسب محلية المصدر ، حيث أنها مشتقة من الصخور

السائدة فى أحواض المنطقة ، وتتباين هذه الرواسب فى أحجامها وأشكالها تبعاً للمسافة التى قطعها من مصدرها حتى موضع إرسابها ، ومقدار ما تعرضت له من عمليات تفكك وتحلل عقب انكشافها على السطح وسيادة الظروف الجافة الحالية.

٤. البحيرات الهلالية

Ox-bow lakes

هي من مخلفات المنعطفات التي تركتها الأنهار عندما غيرت مجاريها فعندما يشتد انحناء النهر قد يحدث أحيانا أن يندفع التيار فيخترق البرزخ الضيق بين الطرفين المتقابلين من مجرد النهر الأصلي، فيمتد المجرى مستقيماً تاركا الجزء المنحني من مجراه. هذا الجزء المهجور من مجرى النهر يصبح بحيرة هلالية و تسمى هلالية لأنها تشبه الهلال أو حذاء الفرس فضلاً عن التسميات الأخرى مثل البحيرات الميتة أو المقطوعة أو الشطوط و تمثل مناطق منخفضة في السهول الفيضية و معظمها مملوء بالمياه لذا تعد بيئة جيدة لنمو بعض أنواع النبات الطبيعي حسب طبيعة المناخ السائد في منطقة وجودها.



مراحل تطور البحيرة الهلالية

وتشهد تلك البحيرات تطوراً مستمراً تحت تأثير الظروف الطبيعية أو النشاط البشري ويظهر ذلك من خلال المقارنة بين شكلها وأبعادها منذ أن وجدت وحتى الوقت الحاضر ومن خلال الصور الجوية والخرائط الكنتورية المتوفرة عنها حيث تقلصت المساحة التي كانت تشغلها فقلت سعتها وامتدادها

وانخفضت مناسيب المياه فيها ويعود ذلك أما إلى استغلال الإنسان لأجزاء منها من خلال دفنها أو بسبب قلة المياه الواردة إليها سطحية أو جوفية وعلى العموم تكون قمة المنعطف أكثر اتساعاً وعمقاً من بقية أجزاء البحيرة.

Deltas

٥. الدلتاوات

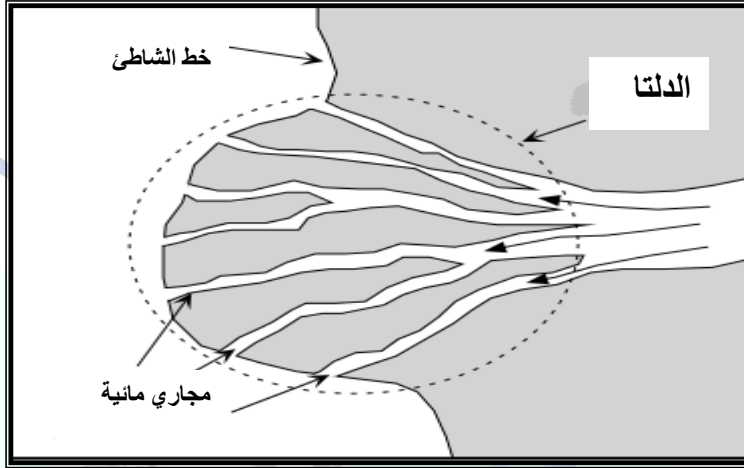
الدلتاوات مناطق رسوبية طميية تقع عند مصبات الأنهار وتكون في العادة محاطة بتفرعات النهر التي تتباعد عن بعضها كلما اتجهنا نحو المكان الذي ينتهي فيه ذلك النهر. وقد أعطي هذا الاسم أول الأمر إلى دلتا نهر النيل التي تشبه تماما حرف دلتا الإغريقي والمرسوم أعلاه. ولكي تتكون الدلتاوات لابد من أن تكون كمية ما يتجمع من الرواسب أمام مصب النهر أكبر من الكمية التي تزيلها التيارات المائية والأمواج.

يتوقف تيار النهر عادة عند وصوله نحو جسم مائي مستقر أو قليل الحركات كان يكون بحيرة أو بحراً أو غير ذلك الأمر الذي يؤدي إلى إلقاءه إلى القسم الأعظم من رواسبه وبسرعة. أي عندما وتتناقص سرعة جريان مياه النهر شيئاً فشيئاً فإنه يصب حمولته في نهاية المطاف في البحار والمحيطات إذ تتجمع رواسب النهر على هيئة سهل منخفض يأخذ شكل جرف دلتا (Δ) في اللغة الإغريقية ونتيجة لحدوث عمليات الترسيب عند مصب النهر فإنه ينفرع إلى قنوات عديدة وهذه تنفرع بدورها قنوات أصغر تعرف بالقنوات الثانوية

أو الفروع، بحيث تأخذ فروع الدلتا شكلاً إشعاعياً وأحياناً تأخذ شكل الأقواس. وتتكون الدالات في ثلاث مراحل:

▪ **المرحلة الأولى:** في هذه المرحلة يحدث الارساب، وينفرع المجرى الرئيسي إلى عدة فروع أو مخارج نهريه تحف بها شطوط جسور طبيعية، وتنشأ

السنة وحواجز رسوبية ، كما تتكون بحيرات ساحليه تفصل بينها جسور طينية .



الدلتا

- المرحلة الثانية: تبدأ البحيرات فى الامتلاء بالرواسب ، وتتحول بعض أجزائها إلى مستنقعات ضحلة ، وتوسع الدلتا ويكبر حجمها .
- المرحلة الثالثة: تصبح الأجزاء القديمة من الدلتا وقد غطتها النباتات الطبيعية ويعلو مستواها تبعاً لذلك ، وأيضاً باستمرار الإرساب أثناء الفيضان ، وتختفي المستنقعات بالتدريج. وتصبح هذه الأجزاء القديمة جافة صالحة للسكن وللإستغلال الاقتصادي.

وتوجد عدة أنواع للدلتاوات هي :

- الدلتا المقوسة:

تتكون عندما يكون النهر محملاً برواسب خشنة نسبياً ويصب في بحر متسع هادئ. وهنا يلقي النهر برواسبه فجأة والتي تكون بمثابة عقبة في المجرى وبالتالي يبحث عن مجرى آخر ويتكرر هذه العملية يتفرع النهر إلى عدة فروع تمتد صوب البحر في شكل إشعاعي، ويؤدى ذلك إلى تكوين دلتا

مثلثة الشكل ذات واجهة مقوسة صوب البحر من أمثلة هذا النوع دلتا نهر النيل والرون والهوانجهو .

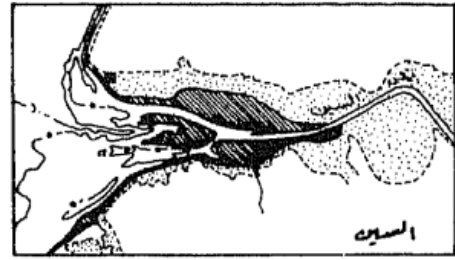
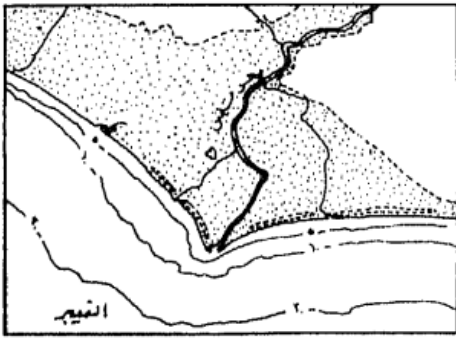
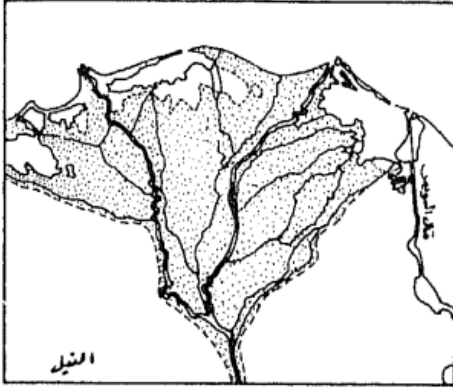
- الدلتا الإصبعية:

تتكون الدلتاوات الإصبعية عندما تكون رواسب المجرى ناعمة حيث يتم الترسيب على قاع وجوانب المجرى الذي تكون تحت سطح البحر ، وبمرور الوقت يتكون جسران طبيعيان لا يلبثان أن يظهرأ على سطح الماء . وقد يحدث في أحد الفيضانات العالية أن يخترق المجرى الجسر ويحول مجراه ويكون جسوراً جديدة تظهر أيضاً على سطح الماء ، ثم تمتلئ المناطق الواقعة بين الجسور بالرواسب أثناء الفيضانات ، وهكذا تتكون الدلتاوات التي تكون على شكل قدم الطائر *Bird Foot* . ومن أمثلة هذا النوع من الدلتاوات دلتا نهر المسيسيبي .

- الدلتا الخليجية :

تتكون الدلتا الخليجية عندما يصب النهر في خليج ضيق تكون نتيجة لهبوط الشاطئ وغمر مياه البحر لمصب النهر . والترسيب النهر يكون على شكل أسنة وجزر مغمورة ، وبمرور الوقت تظهر هذه الأسنة والجزر فوق سطح الماء . ومن الأمثلة الشهيرة للدلتاوات الخليجية دلتا نهر الأمازون في أمريكا الجنوبية ، ودلتاوات أنهار السين واللوار والجارون في فرنسا .

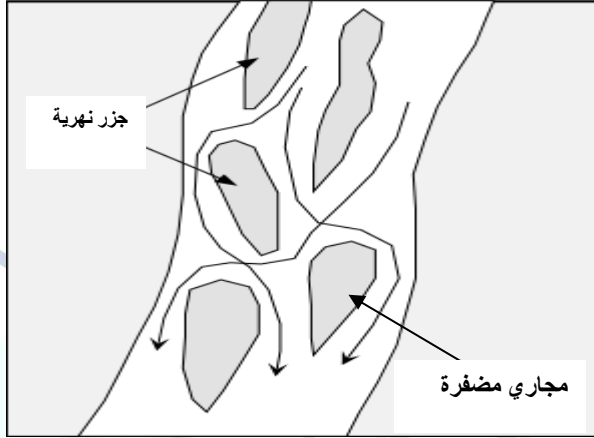
جامعة جنوب الوادي



أنواع الدالات

٦. الجزر النهرية :

تعد الجزر الرسوبية أحد المعالم النهرية الرئيسية ويؤدي وجود هذه الجزر إلى تشعب المجرى إذ ينقسم إلى عدة فروع وبالتالي لأن هذه الجزر شرط أساسي لتشعب المجرى ، وتظهر الجزر في مجاري الأنهار نتيجة لبطأ انحدار المجرى مما يؤدي إلى عدم استطاعة النهر ، حمل الرواسب إلى مستوى قاعدته ، فيتسبب جزء منها في قاع المجرى مشكلاً نواة للجزيرة ، التي لا تلبث أن تنمو مع تكرار عملية الإرساب .



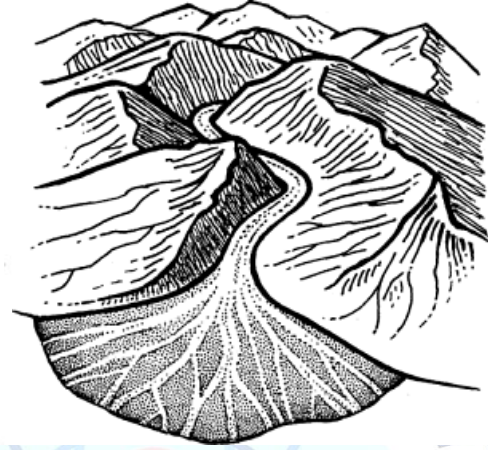
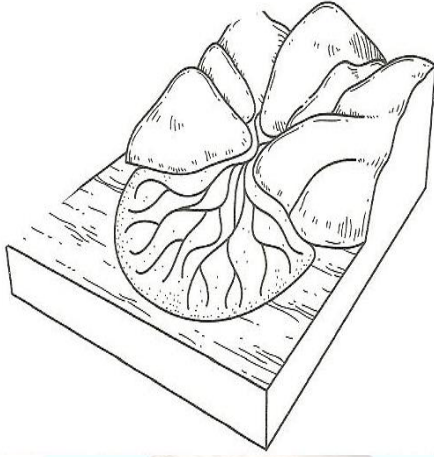
الجزر النهرية والمجري المضفرة

Alluvial Fans

٧. المراوح الفيضية

تعد المراوح الفيضية من أبرز الملامح الجيومورفولوجية الناتجة عن الإرساب المائي في المناطق الجافة، وهي عبارة عن رواسب مفتتة ترسبت بواسطة المجاري المائية. وتختلف عن ركامات الهشيم في أن الأخيرة تكونت نتيجة لحركة المواد بفعل الجاذبية الأرضية ، وتتجمع هذه الرواسب النهرية وترسب فجائياً نتيجة اختلاف انحدار المجرى النهري وسرعة جريانه ، ومن ثم تتركز مجموعات المراوح الفيضية في مناطق النقاء المجارى النهرية المنحدرة من المناطق الجبلية بتلك التي تنحدر فوق السهول ضعيفة الانحدار وتتخذ غالباً الشكل المخروطي مع ظهور القمم قرب الجبهة الجبلية حيث تمثل خطأ يحدد تناقص الطاقة النهرية وتحول النهر من النقل إلى الإرساب.

وتتباين أبعاد وأحجام وأشكال المراوح الفيضية تبعاً لاختلاف مساحة أحواض التصريف التي رسبتها ، والمناخ ونوع الصخر السائد في حوض التصريف ، والحركات الأرضية التي تعرض لها سطح أحواض التصريف والتي تؤثر بدورها على انحدار المجارى ومن ثم حجم الرواسب المنقولة.

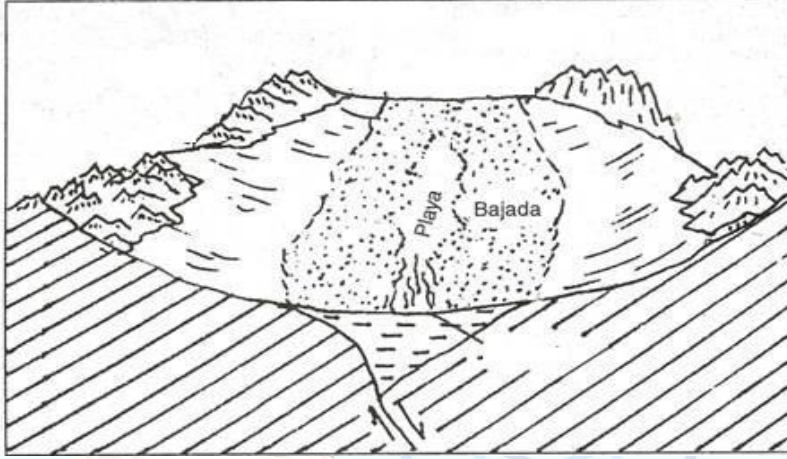


المراوح الفيضية

Bahada - Bajada

٨. الباجادا أو البهادا

هي تتكون في حضيض الجبال نتيجة لالتقاء المراوح الفيضية التي تكونها رواسب الوديان الجبلية في المناطق الجافة، التي تنتهي إليها المياه المنحدرة من الجبال في المناطق الجافة. وتعبير باجادا *Bajada* مصطلح اسباني، ويطلق عادة على عدد من المراوح الرسوبية الفيضية الملتحمة ببعضها ، التي أرسبتها مجاري مائية عند نقاط مخارجها من واجهة الجبل ، ودخولها إلى نطاق البيدمونت. وتترسب هذا الباجادا أو المراوح الرسوبية الفيضية بسبب نقصان الانحدار الفجائي عند قاعدة واجهة الجبل ، وبالتالي انخفاض قدره الحمل لدى الأودية والسيول ، وما ينشأ عن ذلك من إرساب الجلاميد ، والحصى والرمال ، مكونا ومشكلا للمراوح ولقد تكون زاوية انحدار هذه المراوح عالية حتى لتصل أحيانا إلى نحو ٢٠ درجة لكن الأغلب الأعم أن تتراوح بين ٧ - ١ درجة ، مثلها في ذلك مثل زاوية انحدار البيديمنت الصخرية.



البجادا والبلايا

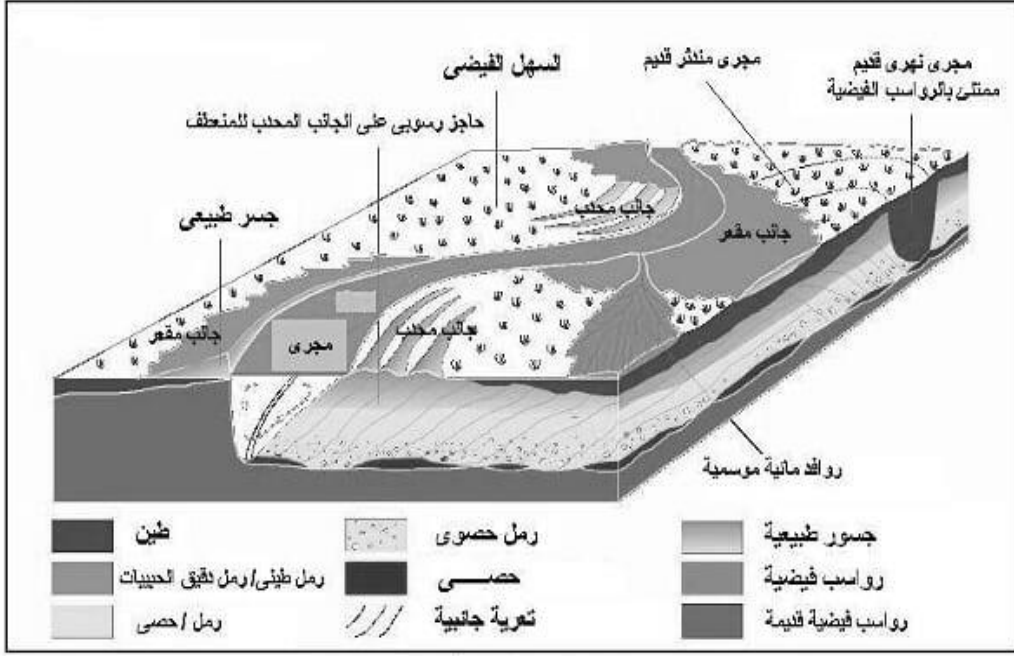
Playa

٩. البلايا (*)

هي عبارة عن رواسب قليلة التماسك إلى مفككة تتكون من مواد ناعمة من سلت وطين، وترتبط البلايا بالمراوح الفيضية المجاورة لها. وتتكون البلايا عند سقوط الأمطار التي تتحدر صوب المراوح الفيضية مكونة مسطحات مائية لبحيرات داخلية ، وعندما تتعرض هذه المسطحات للجفاف بعد تبخر مياهها نتيجة ارتفاع درجة الحرارة فإنها تترك خلفها رواسب ناعمة في شكل طبقة رقيقة غاية في الاستواء. وتتحكم عدة عوامل في نشأة البلايا ، حيث أوضحت العديد من الدراسات التي تناولت نشأة البلايا في أجزاء متفرقة أنها لا ترجع في نشأتها لعامل واحد ، وإنما ترجع لعوامل متداخلة يساهم كل منها بنصيبه فيها.

جامعة جنوب الوادي

(*) مصطلح بلايا يعد تعريف جغرافي وتتباين الدراسات في استخدامها لمعنى السبخة وتستخدم أحيانا Sabkha (الاسم العربي) و playa (الاسم الأسباني) ،ويطلق للدلالة علي بطائح الماء والتي تتميز باستوائها وبرواسبها الدقيقة.



مجسم للأشكال الجيومورفولوجية الفيضية

جامعة جنوب الوادي



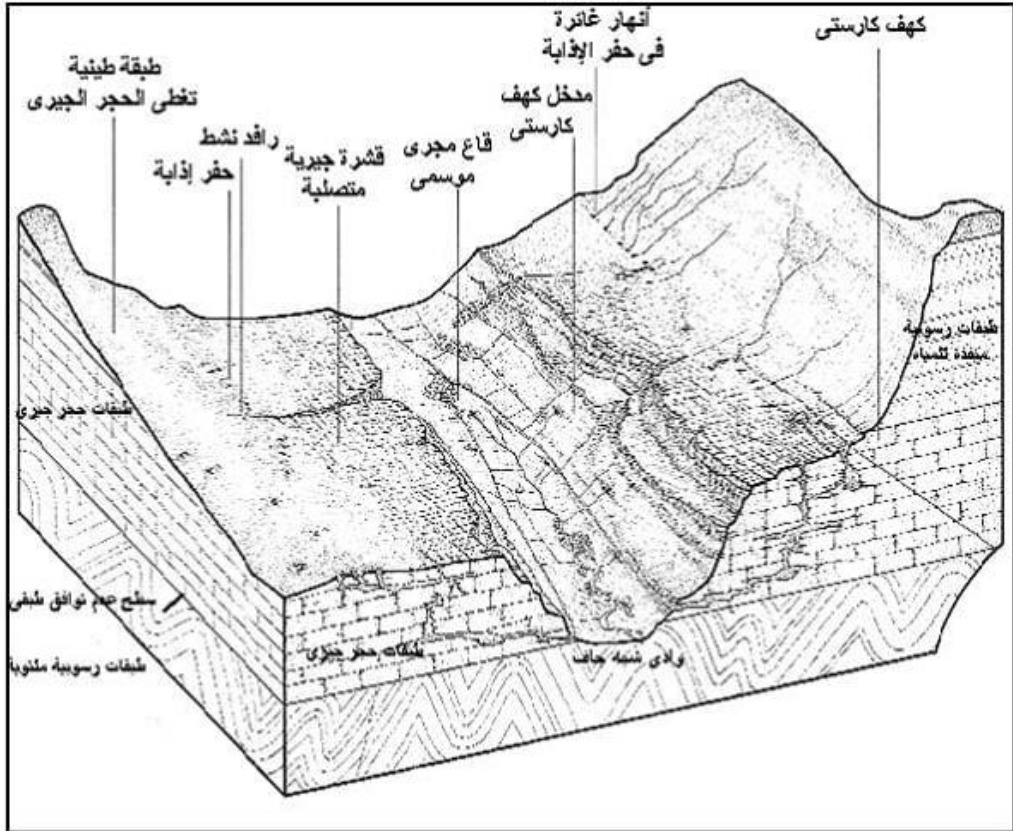
الفصل الثامن
جيومورفولوجية الكارست

جامعة جنوب الوادي

الفصل الثامن

جيومورفولوجية الكارست

تتأثر الصخور الكربونية بفعل الإذابة سواء بالمياه الجوفية أو مياه الأمطار، وأشهر المناطق الجيرية في العالم إقليم كارست Karst في يوغسلافيا السابقة، وقد شاع تعبير الكارست وأطلق على جميع المناطق المتأثرة بفعل الإذابة النشطة في العالم، ومن المعروف أن المناطق الكارستية تشمل نحو خمس مساحة اليابسة من الأرض.



الظواهر الكارستية

#عوامل تكوين أشكال الكارست:

يتوقف تكوين أشكال الكارست على مجموعة من العوامل التالية:

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

شروط تكون الكارست:

لكي تتكون الأشكال الكارستية لابد من توافر عدة شروط وهي ما يلي:

أولاً: وجود طبقات صخرية قابلة للتحلل والذوبان على سطح الأرض أو بالقرب منه. وتعتبر الصخور الجيرية أكثر قابلية للذوبان. ثانياً: أن تكون هذه الصخور القابلة للذوبان سميقة متماسكة كثيرة الشقوق والفواصل، وأن تكون الطبقات التي تألف منها رقيقة. ثالثاً: أن يكون منسوب المياه السطحية الجوفية أدنى من الجير بالقدر الذي يسمح للمياه المتسربة باختراق الطبقات الجيرية ويساعد هذا على وجود أودية نهريّة على مستوى أقل من مستوى الأرض المحيطة المعروفة لعمليات التحلل الكيميائي.

رابعاً: سقوط كميات من الأمطار، ولهذا نجد أن ظاهرات الكارست، يندر تكونها في الأقاليم الجافة، باستثناء مناطق من هذه الأقاليم، هي التي شهدت في البلاستوسين عصراً مطيراً، تكونت إبانها معظم ظاهرات الكارست.

الأشكال الجيومورفولوجية في مناطق الكارست:

• الحفر الغائرة والبالوعات أو القشعات: Sinkholes

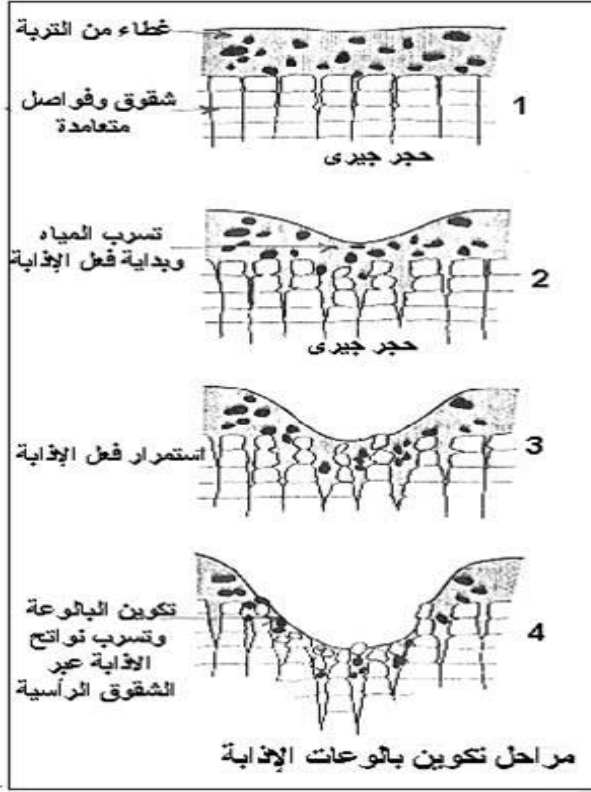
هي أكثر الظواهر الكارستية انتشاراً حيث تكاد لا تخلو منها أي منطقة جيرية في المناطق الرطبة في العالم ، وتختلف هذه الحفر فيما بينها من حيث المساحة والعمق والشكل ، وهي تنشأ نتيجة تسرب المياه من خلال الفواصل وإذابتها لمكونات الصخر ، ويتوقف شكل الحفرة الغائرة على المميزات التركيبية للصخر ومدى وفرة المياه. يمكن تمييز بالوعات الإذابة وفقاً لأسلوب تشكيلها ، من بين أنماطها :

Dolines

- بالوعات الإذابة

هي ظاهرة واسعة الانتشار ويتراوح عمقها ما بين عدة أمتار وعشرة أمتار وإن كان بعضها يصل إلى ٣٠ متر ويتفاوت اتساعها بين عدة أمتار ومئات الأمتار ، وتميل البالوعات بشكل عام لاتخاذ القمع مستديرة الشكل عن السطح وتضيق بالتدرج إلى أسفل.

جامعة جنوب الوادي



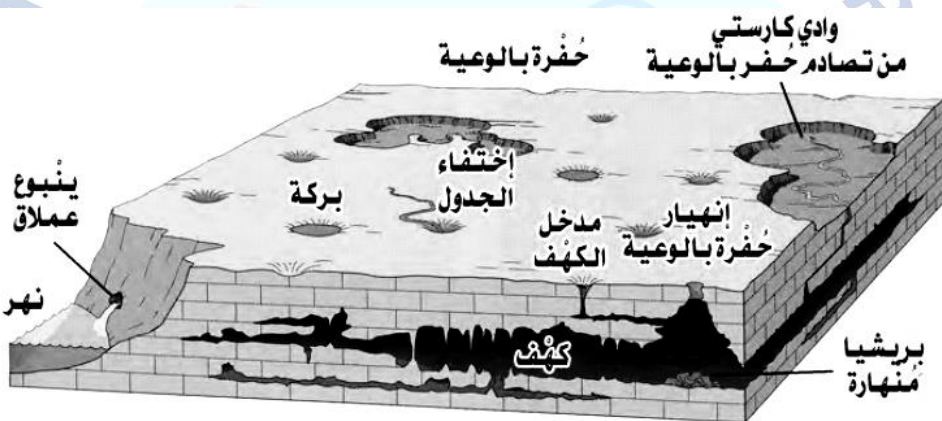
ويتكون هذا النوع من البالوعات ببطء تبعاً لفعل التكرين والتحلل والذوبان علي طول الشقوق والفواصل التي تتسع تدريجياً، التي ما تلبث أن تلتحم أكثر من بالوعة واحدة مكونة بالوعات مركبة *Compound Sink Holes*.

- البالوعات الانهدامية *Collapse Sinks*

يتكون هذا النوع من البالوعات تبعاً لعمليات انهيار الصخور الجيرية السطحية نتيجة لآكل ما تحتها من صخور ، ولا تنهار سقوف هذه الأشكال مرة واحدة لكنها تكون ذات فتحات ضيقة في بادئ الأمر ، ثم تتسع تدريجياً لتظهر في هيئة منخفضة ، ويمكن التفريق بينها وبين النوع الأول ، حيث تتميز بشدة انحدار جوانبها ووجود صخور مماثلة للصخور السطحية في قيعانها.

- الأسطح الجيرية المضرسة (التشرشر الجيري):

هي عبارة عن أخاديد طويلة ضيقة متقاطعة تتبع نظم الفواصل في الصخور الجيرية وتكثر في السطوح الجيرية الخالية من النباتات والتي لا تغطيها تربة سميكة وبتوسع هذه الأخاديد يتحول السطح الصخري إلى كتل بارزة ذات قمم حادة. تظهر الأسطح الجيرية مقطعة ومرصعة بالثقوب والخطوط والحزوز الغائرة ، نتيجة عدم انتظام فعل الإذابة على سطح الأرض.



• أودية الكارست أو المجاري الجوفية:

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

- المجارى أو الأنهار المفقودة : 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 الجوفي مع مستوى سطح الأرض.

- الأودية العمياء : يقصد بها المجارى السطحية التي تجف مياهها نتيجة تسربها في باطن الأرض وتحولها بذلك إلى مجار جوفية ، وقد تظهر هذه

المجارى من جديد مع زيادة كميات المطر بدرجة تفوق معدلات تسرب المياه في باطن الأرض.

• كهوف الكارست أو الكهوف الجيرية:

تعتبر الكهوف من الأشكال الأرضية الفريدة التي تميز مناطق الكارست وهى عبارة عن ممرات أو أنفاق طبيعية عظيمة الاتساع تمتد تحت سطح الأرض في الصخور الجيرية عظيمة السمك وقد تمتد هذه الكهوف في جوف الصخور الجيرية على شكل فجوات أو فتحات عظمى ذات امتداد أفقي أو رأسي، تختلف الكهوف فيما بينها من حيث أعماقها بالنسبة لسطح الأرض فبعضها يتكون على أعماق بعيدة جداً من سطح الأرض قد تمتد تحت سطح الأرض لمسافات كبيرة جداً ، تصل أطولها لأكثر من ٥٦٣ كيلومتر مثل كهف ماموث^١ Mammoth بولاية كنتاكي الأمريكية.

ومن الأشكال الجيومورفولوجية بالكهوف ما يلي:

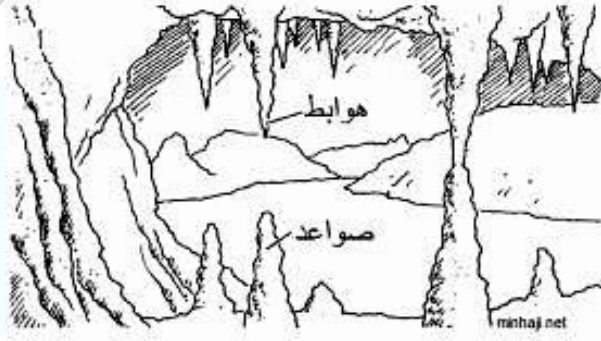
- الأعمدة الجيرية الهابطة: *Stalactite* تتكون عندما يتسرب بيكربونات الكالسيوم إلى سطح العالق للكهوف وهو يتكون من (ثاني أكسيد الكربون ، مياه ، كربونات الكالسيوم) فيتطاير الكربون لتغير ظروف المناخية في الكهف وتسقط المياه محملة ببعض الحمض ويتبقى

جامعة جنوب الوادي

^١ يعتبر كهف الماموث أطول كهف في العالم، بطول ممرات يصل إلى ٦٥١,٨ كيلومتر، ونظراً ضخامة هذا الكهف فإنه يحوي على بحوات وأنهار وشلالات، يبلغ أدنى مستوى لهذا الكهف نحو ١١٠م تحت سطح الأرض. يعتبر هذا الكهف من المعالم السياحية البارزة في الولايات المتحدة الأمريكية، ويمكن للزوار أن يتجولوا بداخله وأن يستمتعوا بالمناظر الطبيعية العجيبة التي تتشكل عليها صخره؛ حيث أن لها أشكال وألوان مدهشة وتشبه الأشجار والأهار والشلالات.

كربونات الكالسيوم مكونًا الأعمدة الهابطة وهي تتميز بصلابتها ويمكن أن تكون ستائر صخرية.

- الأعمدة الصاعدة: *Stalagmite* هي تنتج من تراكم الإرسابات التي تمت من الأعمدة الهابطة وتتكون مع تكرار عملية الإرساب.



الأعمدة الجيرية الصاعدة والهابطة

- التربة الحمراء: هي التي تتكون بسبب عملية التحلل السطحية للصخور الجيرية فتتكون على السطح وهي عبارة عن الأكاسيد التي تخلفت من التحلل ولم تستطيع المياه إذابتها .
- كهوف الكارست أو الكهوف الجيرية:

هي عبارة عن سهول فسيحة ، تأثرت أسطحها الجيرية بعمليات التجوية الكيميائية، والسهل الكارستي هو المرحلة الأخيرة في الدورة الكارستية التي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل وهي كما يلي:

- مرحلة الشباب: تبدأ بانتشار البالوعات على السطح.
- مرحلة النضج: يتصل عدد كبير من البالوعات ببعضها البعض ، حتي يصبح السطح متضرساً، كما تكثر تحت السطح الكهوف والأودية العمياء.

- مرحلة الشيخوخة: فيها ينخفض السطح إلي أدني ما منسوب يمكن أن يصل إليه، وتنتشر به التربة الحمراء.



جامعة جنوب الوادي



الفصل التاسع

جيومورفولوجية السواحل

جامعة جنوب الوادي

الفصل التاسع

جيومورفولوجية السواحل

مقدمة

يقصد بالتعرية الساحلية دراسة كل الأشكال الجيومورفولوجية التي تنشأ عن الصراع بين مياه البحر ويابس الأرض . وكل شواطئ البحر الحالية ما هي إلا نتاج التطور الذي حدث ومازال يحدث نتيجة لتقدم البحر أو تقهقره عن الأراضي المجاورة له . فيؤدى ارتفاع مستوى سطح البحر أو انخفاض الأرض إلى انغمار أجزاء كبيرة من ظاهرات سطح الأرض. وتتميز التعرية البحرية عن غيرها من أنماط التعرية بخصائص يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

١- يتركز فعل البحر في نطاقات معلومة محدودة . ذلك أن امتداد خط الساحل يقرر المساحة التي تطولها الأمواج وتؤثر فيها ، ومن ثم فكلما ازداد تسنن الساحل ، زاد طوله ، وبالتالي ازداد مجال فعل الأمواج . كما أن تأثير الأمواج رأسياً محدود أيضاً ، فهو لا يزيد كثيراً عن أقصى ارتفاع وصله مياه المد العالي كما أنه محدود العمق عن أدنى حد تبلغه مياه الجزر المنخفض.

لذلك نجد أن الأشكال التي تنشأها التعرية البحرية سريعة التغير نسبياً . فمعظم البلاجات والشواطئ لا تبقى على حالها إلا مدة قصيرة ، ذلك أن تذبذب حركة المد والجزر والرياح والأمواج التي تنشأها وتشكلها ، ما تلبث أن تهدمها أو تعدل من شكلها . كذلك الجروف ، يصيبها التساقط والانزلاق وبالتالي

التغير الشديد ، خصوصاً إذا كانت مكونة من صخور هشة مفككة . ويعتبر تراجع الجروف وتآكل السواحل من الأمور الخطيرة التي تهم

الأقطار الساحلية ، خصوصاً إذا ما كانت تلك النطاقات منتجة ومعمورة .

ورغم أن عملية تكوين الألسنة والحواجز والشطوط تتم ببطء نسبياً ، فلا ترى ولا تحس كانهيار الجروف وتآكل السواحل ، فإنها تتم في عدة عقود قد لا تزيد كثيراً على قرن واحد من الزمان .

٣- يتلقى نطاق الساحل نتاج التعرية البحرية من الرواسب كما ترد إليه رواسب عوامل التعرية الأخرى ، كالرواسب النهرية والجليدية والهوائية ، لذلك نجد في النطاقات الساحلية توازناً بين أشكال النحت والإرساب ، وهذا ما نفتقده في الداخل القاري الذي يتأثر بعوامل التعرية الأخرى .

٤- لا يتم تشكيل الجروف وتراجعها بواسطة التعرية البحرية وحدها . صحيح أن التعرية البحرية تتحت وتقوض أسافل الجروف التي تكون في متناول فعل الأمواج مما يعين على انهيار الجزء العلوي ، لكن درجة التقويض البحري عند قواعد الجروف قد تكون أقل حدة من تعرية الجروف ككل بواسطة عوامل التعرية الأخرى .

٥- عمليات التعرية البحرية منظورة ، وهي نشطة تقوم بعملها بسرعة تتناسب إمكانيات الدارس الذي يرغب في ملاحظتها وقياسها . فمن السهل دراسة فعل الأمواج المتكسرة الهدامة ، وتلك المتهادية البناءة ، وملاحظة حركة المواد من الحصى البحرية والرمال وهي تتحرك فوق سطح الشاطئ صاعداً نحو اليابس ونزولاً باتجاه البحر ، وعلى امتداد الشاطئ مع تيار الدفع الناتج من طبيعة حركة الأمواج.

وقبل أن ندخل في تفاصيل الدراسة الجيومورفولوجية للسواحل ، يحسن بنا أن نحدد معاني بعض المفاهيم الخاصة بها . فكلمة ساحل *Coast* تدل على نطاق اتصال اليابس بالبحر ، بينما يشمل الشاطئ *Shore* المساحة

الواقعة بين حضيض الجروف البحرية (وهى الحوائط الصخرية المشرفة على البحر) وأدنى مستوى تصله مياه الجزر . وإذا حدث وكان الساحل سهلياً يخلو من الجروف .

فإن تغيير الشاطئ يطلق حينئذ على المساحة المحصورة بين أعلى حد تصله أمواج العواصف وبين أدنى منسوب تصله مياه الجزر . أما البلاج *beach* فيتألف من رواسب الرمال والحصى فوق الشاطئ . ويمكن تعيين خط الساحل *coastline* إما بخط الجرف البحري أو الخط الذي تصل إليه أعلى أمواج العواصف.

عوامل التشكيل البحرية:

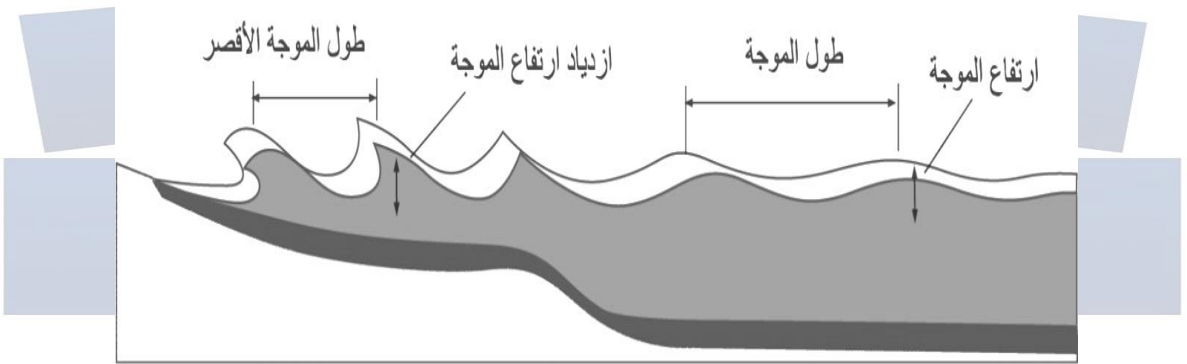
إذا كانت التجوية والتعرية هما من العمليات الطبيعية التي يلزم لها بعد زمني كبير حتى يتضح تأثيرهما وخاصة في المناطق القارية الصحراوية. غير أن البيئة الساحلية تمثل نمطا من الأنماط الفريدة التي يتضح فيها تأثير العمليات الطبيعية في بعد زمني قليل نسبياً يمكن رصده وتتبع تأثيره . والسواحل أو الشواطئ هي التقاء القارات أو اليابسة مع المياه وتعتبر هذه المناطق من أنشط مناطق النحت بواسطة المياه لذا فإنها عرضة للتغير باستمرار .

وتتمثل عوامل التشكيل البحرية في الأمواج وتيارات المد والجزر

والتيارات البحرية ، وفيما يلي عرض لأثر كل منها على تشكيل خط الساحل والأشكال المرتبطة به:

(١) الأمواج:

هي عبارة عن تموجات سطحية تحدث لسطح مياه البحار بسبب هبوب الرياح فوق المسطحات المائية ، ولذلك فإنها تنتشر على سطح البحر في اتجاه هبوب الرياح المسئولة عن تكونها ، وعادةً ما تكون سرعتها أكبر من سرعة تلك الرياح. الأمواج هي حركات رأسية تنتقل بها جزيئات الماء إلى أعلى وإلى أسفل بشكل متوافق. وهي تتباين في أحجامها وفي شدتها تباينًا كبيرًا، على حسب قوة العوامل التي تسببها، وحجم المياه التي تحدث فيها؛ فهي تتراوح بين التموجات البسيطة التي تسببها حركة الهواء فوق سطح المياه الهادئة أو التي يسببها سقوط جسم صلب في هذه المياه إلى الأمواج العاتية التي ترتفع إلى عدة أمتار وتؤدي أحيانًا إلى غرق السفن بل وإلى غرق بعض البلاد الساحلية. ولكل موجة من الموجات سرعة انتشار معينة وسرعة تردد معينة كذلك، كما أن لكل موجة طول معين وارتفاع معين كذلك. والمقصود بطول الموجة هو المسافة بين قمتي أو بين قاعي موجتين متجاورتين، أما المقصود بارتفاعها فهو المسافة بين قممتها وقاعها. وكثيرًا ما تختلط أو تتابع أنواع متباينة الأحجام من الأمواج في نفس المنطقة؛ فتعطي سطح البحر مظهرًا معقدًا، ويحدث هذا عادة إذا تقابلت الموجات القادمة من اتجاهات مختلفة.



وهناك نوعان من الأمواج أحدهما ينشأ في البحار والمحيطات بعيداً عن الشاطئ، وسببه هو هبوب الرياح من اتجاه واحد مما يؤدي إلى اهتزاز المياه في حركة رأسية، ويطلق على هذا النوع اسم "الموجات الاهتزازية *Waves Oscillation*"، أما النوع الثاني فيكون بالقرب من الشاطئ ويطلق عليه اسم موجات الارتطام وهي في الأصل موجات اهتزازية؛ ولكنها تنكسر عندما تدخل المياه الشاطئية المنطقة الضحلة وترتطم بالشاطئ، ويتوقف حجم الموجات الاهتزازية وسرعة ترددها على سرعة الرياح من جهة، واتساع المسطحات المائية التي تتكون فيها من جهة أخرى؛ فبينما قد يصل طول الموجة في المحيط إلى ١٦٠ متراً ويصل ارتفاعها إلى ٨ أمتار؛ فإن طولها في البحار المغلقة أو شبه المغلقة مثل البحر المتوسط لا يزيد عن خمسين متراً، ولا يزيد ارتفاعها عن ستة أمتار. وتتوقف قدرة الأمواج على النحت على عدة عوامل أهمها:

- قوة الأمواج نفسها.

- طبيعة صخور الشاطئ من حيث صلابتها وتناسق طبقاتها واتجاه مياهها وما يوجد بها من مناطق ضعف مثل الشقوق والمفاصل.

- طبيعة الساحل من حيث كونه مكوناً من جروف قائمة أو مسطحات رملية منخفضة أو بطيئة الانحدار، ومن حيث كونه محمياً في خلجان هادئة المياه

أو مكشوقاً للتصادم المباشر بالأمواج.

- كمية ما تلتقطه الأمواج عند تحركها من مواد صخرية مثل قطع الصخور

والحصى والرمل؛ فكلما زادت كمية هذه المواد وزادت أحجامها زادت قدرة

الأمواج على تحطيم صخور الشاطئ ونحتها.

وللأمواج عموماً أهمية جغرافية واضحة بسبب تدخلها القوي في تشكيل السواحل، ونحت صخورها وتوزيع المواد الرسوبية المختلفة على طولها، أو حملها إلى داخل البحر. وهي العامل الرئيسي في نشأة كثير من المظاهر الجيومورفولوجية الساحلية مثل الكهوف الشاطئية والمسلات البحرية والأقواس البحرية وغيرها.

(٢) التيارات البحرية:

هي عبارة عن كتل مائية متحركة عبر البحر والتي تنشأ تبعاً لتباين الخصائص الطبيعية والكيميائية للمياه البحرية، فعندما ترتفع كثافة مياه البحر تبعاً لارتفاع حرارتها أو لارتفاع نسبة الأملاح بها أو لكليهما تنتقل المياه من المسطحات المائية الأعلى كثافة إلى المسطحات الأقل كثافة. وتنشأ التيارات البحرية بنظامها المعروف نتيجة لعدة عوامل، منها الرياح العامة التي تعتبر في الواقع أهم العوامل على الإطلاق، وإلى جانبها توجد عوامل أخرى تساعد على تحريك المياه أو توجيهها بشكل خاص، ومنها اختلاف درجة حرارة المياه، وكثافتها من مكان إلى آخر، ثم اختلاف منسوب الماء في بعض البحار المتجاورة، نتيجة لكثرة التبخر من سطح الماء في بعضها وكثرة ما ينصب في بعضها الآخر من مياه الأنهار، والأمطار والثلوج المنصهرة، ويعتبر شكل السواحل كذلك من العوامل المهمة التي تحدد الاتجاهات التي تسير فيها بعض

التيارات البحرية.

(٣) المد والجزر:

هو عبارة عن حركة ارتفاع وانخفاض مؤقتة في مستوى سطح البحر تنشأ نتيجة قوة جذب الشمس والقمر لمياه المسطحات المائية، وتبلغ عمليات

المد والجزر أقصاها عندما يكون القمر والأرض والشمس على خط زوال واحد ، كما يحدث في حالتى البدر والمحاق ويعرف المد حينئذٍ بالمد العالى ، *Spring Tide* حيث أن قوة جذب القمر للأرض تزداد بنحو ٢٠% عندما يقترب من مركزها أى عندما يكون قريباً من الأرض *in perigee* وتقل أيضاً بنحو ٢٠% عندما يبتعد عن مركز الأرض ، أما إذا وقع القمر والشمس على طول ضلعى زاوية قائمة بالنسبة للأرض فإن منسوب المد يقل ويعرف في هذه الحالة باسم المد المعتدل *Neap Tide* ، كما تتأثر عمليات المد والجزر أيضاً بعدة عوامل تشكل طبيعتها وتغير ميعاد حدوثها على طول أجزاء السواحل المختلفة منها مدى اتساع المسطحات المائية وعمق مياه البحر وسرعة واتجاهات الرياح.

وتعتبر تيارات المد من العوامل الهامة التى تؤثر في تشكيل السواحل ، نظراً لأنها تتحكم في تحديد أنواع الأمواج التى تصل إلى الشاطئ كما أنها تحدد الارتفاع الذى يقع تحت تأثير الأمواج ، خاصةً في مناطق الجروف ، إلى جانب ذلك يؤثر منسوب المياه في نشاط عمليات التجوية والتفاعل العضوى على الصخور التى تتألف منها الشواطئ ، علاوةً على دوره في إعادة توزيع الرواسب على طول الساحل.

جامعة جنوب الوادي

كتب الجيومورفولوجيا، والذي تقدم به "جونسون" (١٩١٩). فهو يرى أن هنالك أربعة أنواع من السواحل وهي:

١. سواحل الغمر:

- سواحل الريا: هي مجموعة الأشكال الساحلية الناتجة عن ارتفاع منسوب البحار إثر ذوبان الجليد البلايستوسيني. ومن أهم نماذج هذه المجموعة سواحل الريا (Ria) وهي سواحل صخرية متعرجة كانت تشكل في الأصل أودية نهرية وكانت تصب في البحر قبل غمرها بمياه البحر المرتفعة ، ومن أمثلتها سواحل شمال غرب أيبيريا والسواحل الشمالية لشبه جزيرة بريتاني في غرب فرنسا.

- سواحل الفيوردات (Fiord باللغة النرويجية): وهي من الأصل أودية معلقة محفورة في الصخور بواسطة الألسنة الجليدية التي كانت تصل للساحل مباشرة أو بالقرب منه ، وتتخذ الفيوردات شكل خلجان متوغلة في الياص، ذات جوانب شديدة الانحدار أو قائمة بعكس سواحل الأودية النهرية التي شكلت الريا والتي تمتاز بمقطعها العرضي المثلي، وتنتشر الفيوردات على سواحل النرويج وأيسلندا وجرينلند وألاسكا والشيلي وغيرها.

- السواحل الطولية المنتشرة على جانبي البحر الأحمر وسواحل شبه جزيرة سيناء، وهي عبارة عن خلجان غارقة ذات جوانب صخرية عالية يُعتقد أنها كانت تمثل نهايات بعض الأودية الصحراوية الجافة ومصباتها

- السواحل ذات الأصل البنيوي والتي نشاهدها على سواحل البحر الأدرياتيكي اليوغسلافية ، حيث تعرضت الالتواءات للغمر البحري فامتألت بالمياه .

٢. سواحل الحسر:

تنشأ في حالة ارتفاع مستوى اليابس أو عندما يتعرض منسوب البحر للانخفاض. فعندما كانت الجليديات تحجز كميات كبيرة من الماء المتجمد فوق القارات كان من شأن هذا أن انخفض المستوى العالمي لمياه البحار والمحيطات مما أدى إلى ظهور السواحل الناهضة حول كافة الكتل القارية على سطح الأرض. ومن الممكن مشاهدة السواحل الناتجة عن تلك الظاهرة على منسوب ١٢٠ متراً تحت المستوى الحالي لمياه البحر كما هو الحال في شمال أوروبا وفي ولاية وسكونسن الأمريكية على سبيل المثال.

تتميز بعض السواحل الناهضة باستوائها واستقامتها وذلك لأنها كانت أثناء غمرها تتعرض لتوضع طبقات أفقية من الطين والغرين والرمال والحصى التي كانت تحملها الأنهار. ولهذا فقد بدت عند تراجع الماء عنها على شكل أراضٍ منخفضة يستقيم عندها خط الساحل الجديد. إلا أن بعض السواحل الناهضة تمتاز بالوعورة وبالانحدار الشديد، كما يظهر الساحل القديم عليها واضحاً تحت واجهة جرفية تمثل حدود اليابس قبل عملية النهوض أو تمثل، بمعنى آخر، خط الساحل القديم.

٣. السواحل المحايدة: هي السواحل التي ترتبط بأشكال ليس لها علاقة بالغمر أو الحسر ، ولكنها ترتبط بالإرساب أو العمليات التكتونية.

٤. السواحل المركبة: وترجع إلي تعرض الساحل لأكثر من عملية.

- أنواع السواحل حسب تقسيم شبرد:

هي من أحدث التقسيمات حيث يعد شبرد الذي جمع فيه أكثر من أساس واحد، وهو بهذا يختلف عن تقسيم "جونسون" الذي يعتبر إلى حد كبير

تقسيماً للسواحل على أساس نشأتها , وقد جاءت أنواع السواحل حسيب تقسيم "شبرد" على النحو التالي:

أولاً: السواحل الأولية أو الشبابية:

هي تلك السواحل التي تشكلت معالمها بواسطة عوامل أخرى غير العوامل البحرية وتنقسم إلى أربعة أنواع:

* سواحل شكلتها عوامل النحت التي يتعرض لها اليابس ثم طغت عليها مياه

البحر بعد ذلك بعد أن تعرض منسوبها للارتفاع إما نتيجة ذوبان الجليد أو

لحركات هبوط تعرض لها البحر . وتنتمي إلى هذه الأنواع من السواحل هي:

- مصبات الأودية النهرية الغارقة سواحل الريا: تتكون إذا تعرضت منطقة ما

لأن تغمر انغماراً جزئياً في البحر التي تغطي في هذه الحالة على مصبات

الأنهار والأجزاء الدنيا من مجاريها ، فتتكون خلجان متعمقة في اليابس، تزداد

ضيقتاً كلما تعمقت فيه، وتتميز بأن جوانبها ليست شديدة الانحدار .

وأصل المصطلح أسباني أطلق في أول الأمر علي ساحل إقليم

الريا في شمال غرب أسبانيا ، وتم تعميمه فيما بعد علي المصبات الخليجية

للأنهار حينما تغرق نتيجة ارتفاع منسوب سطح البحر ، وتظهر الريا علي

شكل خلجان أو مداخل بحرية قمعية الشكل، تتميز باتساع مخارجها بالنسبة

لأجزائها الداخلية الضيقة الضحلة ، ويصب في كل ريا منها أحد الأنهار أو

الأودية شبه الجافة ، حيث تلتقي المياه المالحة مع المياه النهرية العذبة.

- مصبات الأودية الجليدية الغارقة سواحل الفيوردات: وتتكون إذا طغت مياه

البحر على أودية جليدية عميقة ذات جوانب رأسية. وتتوغل فتحات الفيوردات

في اليابس لمسافات طويلة تتراوح بين عشرة كيلومترات، ١٥٠ كيلومتراً.

* سواحل تشكلت معالمها نتيجة عمليات الإرساب وتنضم إلى هذه الأنواع:

- سواحل الإرساب النهري (سواحل دلتاوية والسهول الفيضية)
- سواحل الإرساب الجليدي (كالسواحل التي تمتد على طولها ركامات جليدية أو تلال صلصالية جليدية مغمورة)
- سواحل الإرساب الهوائي.

(١) سواحل اتخذت شكلها نتيجة عمليات النشاط البركاني وتضم :

- سواحل الالفا البركانية أو سواحل الإرساب البركاني
- السواحل التي تعرضت لثورانات بركانية.

(٢) سواحل تشكلت معالمها نتيجة للحركات الأرضية، وتنتمي إلى هذه النوع:

- السواحل الإنكسارية أو سواحل الحافات الإنكسارية التي نتجت عن التصدع
- السواحل الإلتوائية التي نتجت عن عمليات الالتواء.

ثانيًا: السواحل الثانوية أو الناضجة:

- هي التي تشكلت معالمها بواسطة عمليات التعرية البحرية.
- سواحل تشكلت بفعل عمليات النحت البحري التي قد تؤدي إما إلى استقامتها أو تعرجها وعدم انتظامها.
- سواحل تشكلت بفعل عمليات الإرساب البحري.

- أنواع السواحل حسب تصنيف كوتن :

يتضح في هذا التصنيف أثر التكوينات في تشكيل السواحل ولذلك فهو يحدد بوضوح الفرق بين السواحل الثابتة والسواحل غير الثابتة حيث لم تتأثر

الأولى بالحركات التكتونية خلال الزمن الرابع على العكس من الثانية والتي مازالت تتأثر بالحركات الأرضية. وفيما يأتي اختصار لهذا التصنيف:

١- سواحل الأقاليم الثابتة وقد تأثرت كلها بعمليات الغمر البحري الحديث:

- سواحل تسودها ملامح مورفولوجية نتجت عن الغمر الحديث.

- سواحل تسودها ملامح مورفولوجية موروثه من فترات الحسر المبكرة.

- سواحل الفيوردات والسواحل البركانية وغيرها.

٢- سواحل الأقاليم غير الثابتة وقد تأثرت بحركات الرفع والهبوط التكتوني إلى

جانب تأثرها بطغيان البحر حديثاً:

- سواحل لم تتأثر بالغمر البحري.

- سواحل أدى رفعها تكتونيا إلى انحسار البحر عنها حديثاً.

- سواحل الالتواءات والصدوع.

- سواحل الفيوردات البركانية.

الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية البحرية:

(١) الجروف البحرية Marine Cliff

تعد الجروف البحرية من أكثر ظاهرات النحت البحري انتشاراً على

طول الساحل ، كما أنها تدل على المرحلة التي يمر بها خط الساحل في

المناطق التي تعرضت للانحسار أو للغمر البحري ولاسيما مرحلة الشباب،

وتعد الجروف البحرية من أوضح ظاهرات النحت البحري. كما أنها تدل على

المرحلة التي يمر بها خط الساحل في المناطق التي تعرضت للانحسار أو

للغمر البحري ولاسيما مرحلة الشباب ،ويرتبط وجودها في معظم الأحيان

بالرؤوس البحرية ، يتراوح انحدارها بين ٤٥°، ٩٠° ، ويمكن تصنيفها إلى

نمطين رئيسيين أولهما: الجروف النشطة التي تتأثر بفعل النحت بالأمواج عند حضيضها، وتظهر أوجها مكشوفة، وتتأثر بأشكال حركة المواد بتأثر الجاذبية الأرضية مثل: الزحف والتساقط الصخري، وثانيهما: الجروف البحرية الساكنة التي تبتعد عن خط الساحل، وتكون بمنأى عن تأثير النحت البحري بالأمواج.

- عوامل تكوين الجروف البحرية

- ❖ اختلاف التكوين الصخري في الطبقات الصخرية المتعاقبة في المنطقة الساحلية حيث تتبادل الطبقات الصلبة مع اللينة.
- ❖ انخفاض منسوب سطح البحر وتراجعه عن اليابس في هذه الحالة تمثل الجروف البحرية شواطئ تعرية بحرية .
- ❖ قد تكونها الحركات التكتونية التي تتعرض لها المنطقة الساحلية .

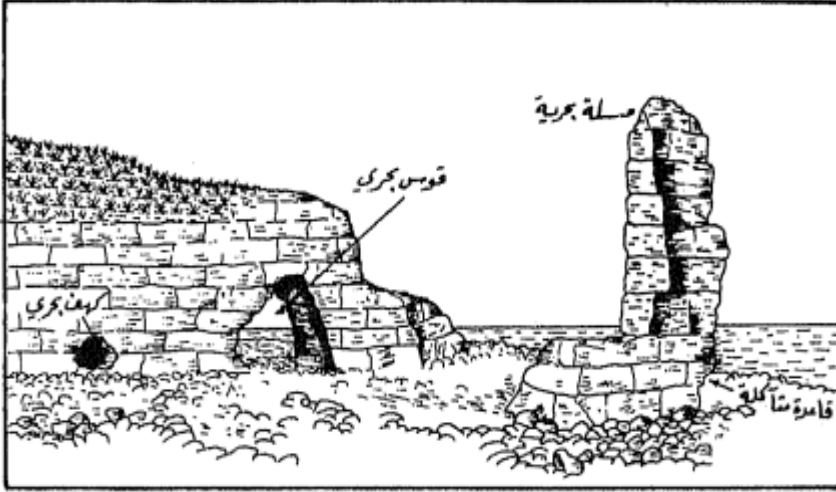
Caves

(٢) الكهوف البحرية

تتكون الكهوف البحرية بفعل الأمواج على طول نطاقات الضعف الصخري بقاعدة الجروف البحرية؛ وهي عبارة عن تجويفات أو أنفاق تمتد داخل الجرف البحري متتبعاً خطوط الضعف الصخرية ، وعادةً ما تتناقص أقطارها بالاتجاه نحو أجزائها الداخلية وتنشأ تلك الظاهرة نتيجةً لنحت الأمواج للصخور الممتدة عند أقدام الجروف ، ومع وفرة مظاهر الضعف الصخري المتمثلة في الفواصل والشقوق والفجوات و نشاط عمليات التحلل والتجوية و

الإذابة واستمرار عمليات النحت ، تتسع تلك الفواصل مكونةً لهذه الكهوف .

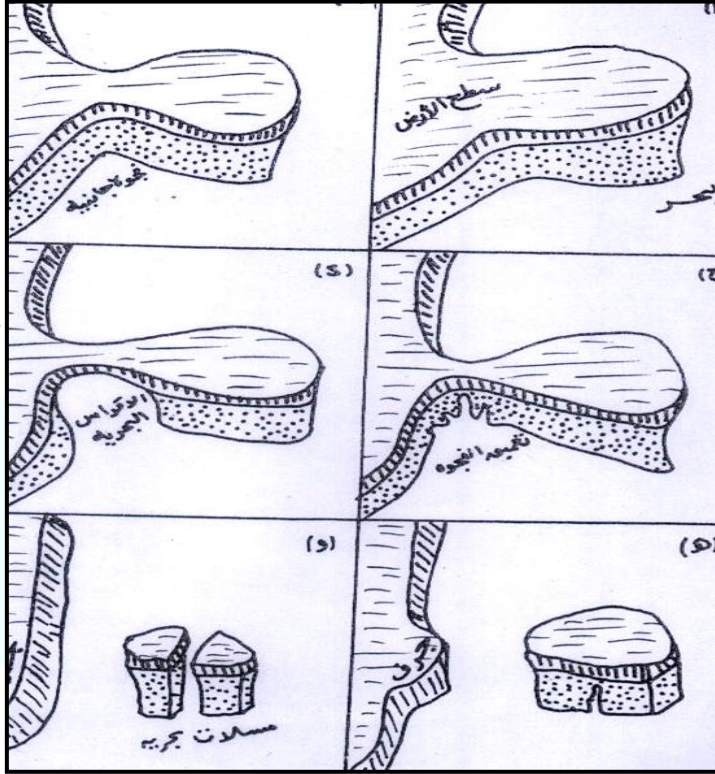
جامعة جنوب الوادي



(٣) الرؤوس البحرية:

تعد الرؤوس البحرية من الظواهر التي ترجع في نشأتها لعمليات النحت البحري ، فهي عبارة عن امتدادات أرضية داخل البحر ، ويختلف شكل الرؤوس البحرية من مكان لآخر على طول خط الساحل ، حيث يأخذ بعضها الشكل الطولي الذي يمتد بمحاذاة خط الساحل ، وبعضها الآخر الشكل الهرمي وتنشأ الرؤوس البحرية إما نتيجة لخصائص ليثولوجية مرتبطة بطبيعة التكوينات الصخرية ومدى مقاومتها للعوامل والعمليات البحرية.

جامعة جنوب الوادي



تطور الفجوات الجانبية والأقواس والمسلات البحرية.

(٤) المسلات البحرية

تعد المسلات البحرية من الظواهر التي تخلفت عن تراجع الجروف البحرية وتآكل التكوينات الهشة على طول مناطق الضعف الصخري في الألسنة الأرضية أو الرؤوس الصغيرة فهي عبارة عن كتل صخرية منعزلة، تتسم قاعدتها عادة بأنها أصغر من أطرافها، وتتكون إما عن انهيار الأجزاء العليا من الأقواس البحرية، ومن ثم ينفصل جزء من اللسان الصخري ويبدو في شكل كتلة صخرية منعزلة، في حين ظلت الأجزاء الصلبة تقاوم عمليات النحت. وعلى الرغم من صلابة صخور المسلات البحرية ومقاومتها لعوامل التعرية البحرية لفترات طويلة، إلا أنها عرضة لفعل الأمواج والتفكك الكيميائي والميكانيكي، مما يؤدي في النهاية إلى تآكلها ونقوتها ثم إزالتها.

تتكون الأقباس البحرية في المناطق الساحلية التي يمتد فيها اليابس على هيئة لسان صخري في عرض البحر، مما يؤدي إلى ارتطام مياه الأمواج به من كلا جانبيه. ومع استمرار النحت يتقابل الكهفان. ويتكون في هذه الحالة نفق محفور في اللسان الصخري.

الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن الإرساب البحري:

١. الشواطئ:

يقصد بالشواطئ تلك المناطق المحصورة بين أدنى مستوى لمياه الجزر وأبعد نقطة تتعرض لتأثير الأمواج على الساحل وينقسم الشاطئ إلى قسمين ، هما:

- ١- الشاطئ الأمامي *Fore Shore* وينحصر بين علامتي المد والجزر، ويلى الشاطئ الخلفي باتجاه البحر، ويتأثر سطحه بحركات المد والجزر اليومية .
- ٢- الشاطئ الخلفي *Back Shore* ويمتد بين أعلى منسوب تصله موجة المد وخط الساحل . ويتوقف تكون الشواطئ على عدة عوامل منها مدى اقتراب الجروف البحرية من الساحل ، ودرجة انحدار الرفرف القاري والمنطقة الساحلية ، والمنسوب الذى تصل إليه أمواج المد ، إلى جانب وفرة الرواسب الشاطئية . ويسود على ساحل المنطقة ثلاثة أنواع رئيسية من الشواطئ تبعاً لنوع

التكوينات أو الرواسب التي تتألف منها ، وهى الشواطئ الرملية والشواطئ الحصوية والشواطئ الصخرية ، وفيما يلي عرض لكل منها :

أ- الشواطئ الرملية:

ساهم في بناء تلك الشواطئ وفترة مصادر الرواسب في المنطقة ،
والمتمثلة في الرواسب الفيضية التي جلبتها الأودية في الماضي ، إلى جانب
الرواسب الهوائية التي نشرتها الرياح على سطح السهل الساحلي وبالقرب من
خط الساحل عقب سيادة الظروف الجافة ، بالإضافة إلى الرواسب والمفتتات
الناجمة عن نحت الأمواج لصخور الشاطئ في العديد من القطاعات الساحلية .

ب- الشواطئ الحصوية:

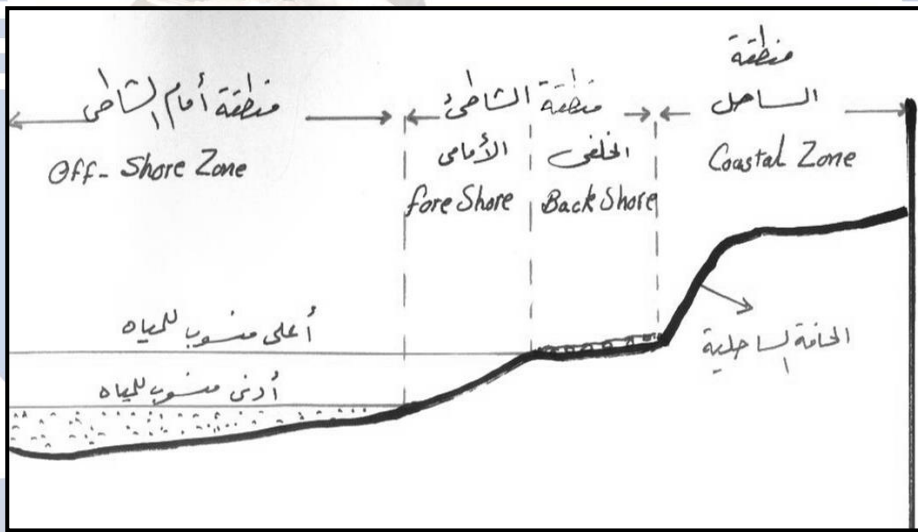
ويرتبط وجودها في أغلب الأحيان بالمناطق المواجهة لمصببات الأودية
الجافة ، مما يشير إلى أنها قد نقلت إلى الشواطئ أثناء الفترات المطيرة التي
شهدتها المنطقة خلال عصر البلايستوسين أو أثناء فترات الجريان السيلي
الطارئ الذي تشهده تلك الأودية.

وتتميز الشواطئ الحصوية بأنها أشد انحداراً من الشواطئ الرملية ،
حيث تراوحت درجات انحدارها بين ٥°-٧° ، ويرجع ذلك إلى النفاذية العالية
لرواسب الشواطئ الحصوية ، وضعف الأمواج عن القيام بتسوية تلك الشواطئ
وكبر أحجام المفتتات المشكلة للشواطئ الحصوية عنه في الشواطئ الرملية ،
وغالباً ما تؤدي خشونة الرواسب إلى زيادة معدلات انحدار الشواطئ .

ج- الشواطئ الصخرية:

تنشأ الشواطئ الصخرية نتيجة لنحت الأمواج للصخور المشكلة للساحل
، بمساعدة عمليات التجوية والإذابة على طول مناطق الضعف الصخرى
، ويظهر ذلك في معظم المناطق التي تشغلها الجروف البحرية ، وتختلف
الشواطئ الصخرية عن الأرصفة الصخرية في أنها أقل انحداراً حيث تراوحت

درجات انحدارها بين ١°-٣° ، كما أنها تتحدر نحو البحر انحداراً تدريجياً ، بعكس الأرصفة التي تتحدر نحو البحر بواجهات رأسية شديدة الانحدار ، والتي غالباً ما تتعرض للنحت والتقويض والتراجع بفعل مياه الأمواج ويتميز سطح الشواطئ الصخرية بوجود حفر الإذابة ، وهي حفر ضحلة ومسطحة القاع ، وذات شكل طولي ، وتأخذ محاورها اتجاه موازياً لاتجاه حركة الأمواج الأمامية والمرتدة على الشاطئ ، ومن المرجح أن هذه الحفر قد نشأت في بادئ الأمر بسبب نشاط عمليات الإذابة في صخور الشاطئ الجيرية ، ومع تراكم الحصى والرمال داخل هذه الحفر وحركتها بفعل طاقة أو حركة الأمواج أخذت أشكالها الحالية.



Coastal Sabkha

٢. السبخات الساحلية:

يطلق لفظ السبخات الساحلية على تلك الأراضي أو البقاع الرطبة التي تمتد بالقرب من خط الساحل وتتفصل عن البحر بواسطة بعض الحواجز الارسابية الرملية والحصوية التي لا يزيد ارتفاعها عن المتر الواحد ، والتي

تعبّر مياه البحر أثناء المد المرتفع أو العالى ، وقد أشارت بعض الدراسات إلى أن اتساع هذه المناطق يتراوح بين ١-٢ كم فى أغلب الأحيان .

وتتميز السبخات الساحلية فى المنطقة بوجودها على مناسيب قريبة جداً من مستوى سطح البحر ، كما يتميز سطحها بالاستواء والرطوبة الزائدة وارتفاع مستوى الماء الجوفى ، وانتشار الأملاح والقشور الملحية ، وأغلبها يأخذ الشكل الطولى الذى تمتد موازاً لخط الساحل ، وترتبط أغلب السبخات الساحلية بمناطق الخلجان أو التداخلات البحرية ، مما يشير إلا أنها كانت أجزاءً من تلك الخلجان ثم امتلأت تدريجياً برواسب هوائية وخرينية وصلصالية وكربونات الجبس والانهداريت والأملاح ، وارتبطت هذه العملية بارتفاع مستوى الماء الجوفى ومجال الخاصية الشعرية .

٣. الكثبان الرملية:

ينتشر وجود الكثبان الرملية فى المناطق الساحلية التي تتميز بانكشاف مساحات كبيرة من الرمال عند حدوث الجزر ، فسرعان ما تجف تلك الرمال بواسطة الإشعاع الشمسى والرياح ، وتذريها الرياح السائدة وتلقي بها على امتداد الساحل بعيداً عن متناول الأمواج . ويتأثر تكوين الكثبان وتوجيهها بالرياح السائدة التي تكون شمالية بالنسبة لسواحل مصر الشمالية ولسواحل شمال أفريقيا بصفة عامة ، وقد تكون غربية أو جنوبية غربية بالنسبة لسواحل بريطانيا وبعض سواحل شمال أوروبا .

٤. الألسنة البحرية: *Marine spits*

هى عبارة عن تجمعات إرسابية طولية الشكل تتكون من الرمال والحصى ، وتتصل باليابس من أحد طرفيها ويمتد الآخر فى البحر ، وخاصة

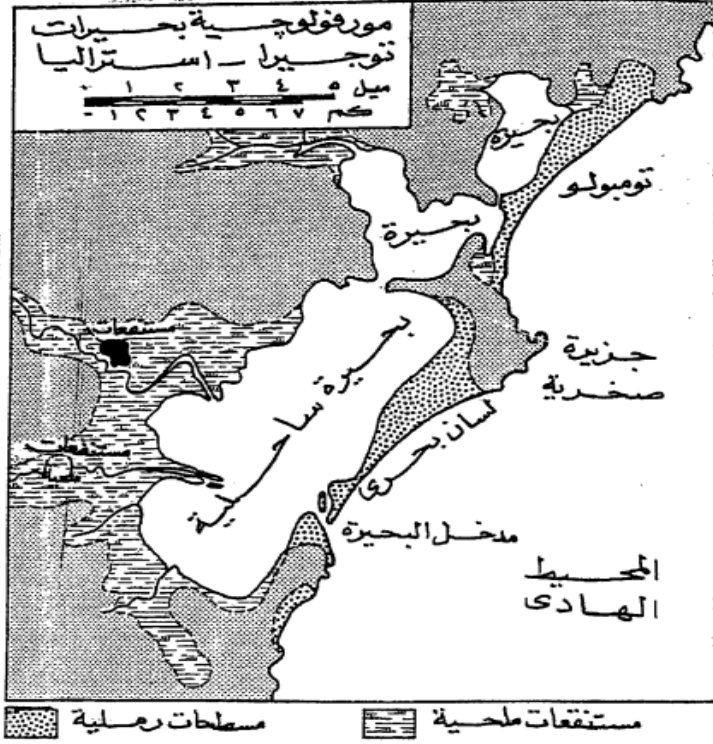
عند المخارج النهرية والمصببات الخليجية وفتحات البحيرات ، وكثيرا ما تتعرض أطراف الألسنة الخارجية للانثناء فى اتجاه اليايس بما يشبه الخطاف *Hook* ، بسبب انحراف الأمواج حول أطرافها ، أو بتأثير تعدد اتجاهات الأمواج بالمنطقة الشاطئية ونظرا لهدوء الأمواج على جانب اللسان المواجه لليابس ، يزداد الترسيب على هذه الأجزاء ، مما يعمل على إضافة سلسلة من الحافات والتراكمات الرملية مما يساعد على زيادة اتساعه.

Tomblo

٥. التومبولو

هي إحدى الظواهر الناتجة عن الإرساب وهي عبارة عن السنة تربط جزيرة بالأرض الرئيسية وكلمة التومبولو *Tomblo* كلمة إيطالية يقصد بها التفسير سابق الذكر حيث تتطور مثل هذه الأشكال على سواحل شبة الجزيرة الإيطالية " وقد وصف جونسون أشكالا مماثلة على ساحل نيوانجلند شمالى شرقى الولايات المتحدة وهو برزخ رملى باليابس الرئيسي على ساحل نيوساوث ويلز.

جامعة جنوب الواري



بعض الظواهر الساحلية

Marine bars

٦. الحواجز البحرية:

هى عبارة عن سلاسل تشبهه التلال ، مغمورة تحت سطح البحر تتكون من الرواسب والمفتتات البحرية الدقيقة الحجم ، وتظهر فى صورة حواجز ممتدة فوق مستوى سطح البحر أثناء فترات الجزر . وهى تشبه فى امتدادها علامات النيم *Ripple marks* ، إلا أنها أكبر حجما وأقل تناسقا وانتظاما منها . وهى تتشكل فى المياه الضحلة بالقرب من خط الساحل ، وتتكون من الرمال بصفة

أساسية.
جامعة جنوب الوادي

SOUTH VALLEY UNIVERSITY



الفصل العاشر

جيومورفولوجية الجليد

جامعة جنوب الوادي

الفصل العاشر

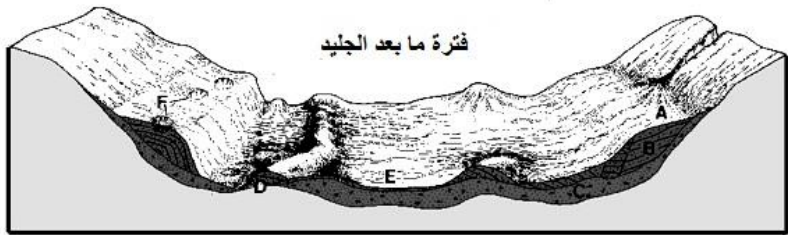
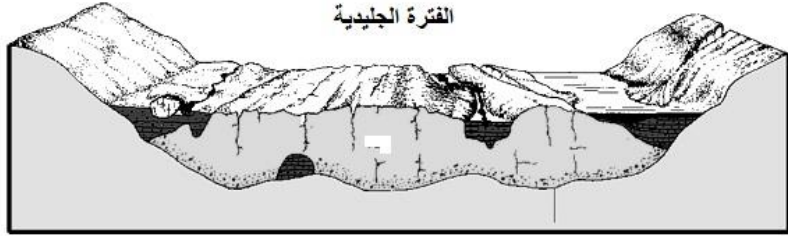
جيومورفولوجية الجليد

يعتبر الجليد من أهم العوامل التي لعبت في الماضي، ولا تزال تلعب في الحاضر دوراً أساسياً في تشكيل سطح الأرض، ولا تزال آثار التعرية الجليدية القديمة ظاهرة حتى الآن في كثير من المناطق التي تدخل في الوقت الحاضر ضمن الأقاليم المعتدلة أو الحارة مثل جنوب إفريقيا وأستراليا والهند والبرازيل، وهي المناطق التي كانت أجزاء من قارة جندوانا القديمة. ومن الثابت أن كثيراً من الظواهر الجيومورفولوجية في وسط أوروبا وشمالها، وفي وسط أمريكا الشمالية وشمالها قد تكونت بسبب التعرية الجليدية أثناء زحفه على هذه المناطق خلال العصور الجليدية في البليستوسين.

والجليد عبارة عن كتلة متراكمة متجمدة من الثلج *Snow* ، والثلج في الواقع عبارة عن قشور رقيقة هشة تشبه قطعاً من القطن ناصعة البياض ، ويسقط الثلج في حالة انخفاض درجة حرارة الجو عن الصفر المئوي ، وعندما ينزل الثلج فقد يتراكم في طبقات سميكة يطلق عليه اسم جليد *Ice* ، وقد يظل متماسكاً على السطح أو ينصهر ويتحول إلى مياه ، ويتوقف هذا على درجة حرارة الجو ، إلا أن هناك مناطق لا ينقطع عنها الثلج صيفاً أو شتاءً ، مثل المناطق القطبية وقمم الجبال الشاهقة.

ويعتبر الجليد من أقوى عوامل التعرية على السواحل المتجمدة للقارات الشمالية ، كذلك يعتبر عامل قوي في التعرية عند التوجه إلى جليد البحار الطافي *Ice Floes* ، الذي نتج عن تجمد سطح البحر أبان فصول الشتاء قارسة البرودة في العروض العليا ويغطي الجليد بنوعية اليابس والبحري ١٥,٦ مليون كيلومتر مربع من سطح الأرض، ويتحرك الجليد القاري أو اليابس بعنف في اتجاه مضاد لليابس و يقوم أثناء ذلك بالزحف على الصخور التي

توجد حول الساحل ، كما يعرضها لضغطه فتتأثر به جروفها الساحلية ، التي يهدف إلى إزالتها.



أولاً: الأشكال الناتجة عن التعرية الجليدية: *Glacial Erosion*
(أ) أشكال النحت الجليدي:

هناك العديد من الظواهر الجيومورفولوجية تدل على مقدرة الجليد على النحت ، ومن أهم أشكال النحت هي :

(١) الوادي الجليدي *Glacier Valley*

هو عبارة عن النهر الذي يخرج من حقل الجليد ويسير فيه الجليد ببطء منزلقاً على سفح الجبل بتأثير الجاذبية الأرضية، حتى يصل إلى خط الثلج الدائم ، فيذوب الجليد ويجرى على شكل نهر مائي .

* نشأة الوادي الجليدي:

عند تساقط الثلوج وتجمعها على القمم الجبلية المرتفعة ، يزداد سمكها تدريجياً مع استمرار تساقط الثلج وانخفاض درجة الحرارة ، ويتحول الثلج نتيجة تراكمه وتضاغطه إلى جليد يتسم بالمرونة يطلق عليه باللغة الألمانية "جليد فيرن *Firn*" ، تتساقط منه عند حوافه بعض الأسنان في الأودية النهرية التي كانت

تتبع من تلك المناطق المرتفعة قبل أن يغطيها الجليد ، وباستمرار الظروف المناخية الجليدية تنمو هذه الألسنة تدريجياً وبزيادة هذا النمو يزداد امتدادها داخل تلك الأودية النهرية فتعرف عندئذ باسم الأنهار الجليدية ويتحرك الجليد من القمم الجبلية نحو المنخفضات المتاخمة لها بتأثير عاملين هما:

- انحدار سطح الأرض والجاذبية الأرضية.

- استمرار تراكم الجليد مع تساقط المزيد من الثلج.

خصائص الوادى الجليدى:

تتميز الأودية الجليدية عن الأودية النهرية بعدة خصائص نوجزها فيما يلى:

١- شدة الفاصل الرأسى أي الفارق الرأسى بين المنابع العليا للثلاجة عند الحلبات الجليدية ومصباتها سواء فى الفيوردات الساحلية أو حيثما يذوب الجليد ويتحول إلى نهر مائى ، ولذلك تبدو المقاطع الطولية للثلجات أشد انحداراً من المقاطع الطولية للمجارى المائية.

٢- يظهر المقطع العرضى للوادى الجليدى على شكل حرف U سواء عند منابعه العليا أو أجزاءه الدنيا بعكس الوادى النهري الذى يظهر مقطعه العرضى على شكل حرف V عند منابعه العليا ويتحول لشكل حرف U فى أجزاءه الدنيا.

٣- تتكون على سطح الثلاجة مجموعات من الشقوق العميقة المتشابكة وهى تنقسم إلى ثلاثة أنواع هى:

▪ شقوق عرضية *Transverse Crevasses* تمتد بصورة متعامدة على اتجاه الوادى الجليدى ، وتتكون بسبب تحرك الجليد فوق أجزاء وعرة أو شديدة الانحدار من سطح الأرض.

▪ شقوق طولية *Longitudinal Crevasses* وهى تمتد موازية لاتجاه الوادى الجليدى ، وتتكون بسبب اختلاف سرعة تحرك الجليد ، فعادة

ما يكون أسرع في منتصف المجرى وبطيئاً على هوامشه بسبب الاحتكاك بمنحدراته الجانبية.

▪ شقوق حدية أو هامشية *Marginal Crevasses* وهي تتكون عند مقدمة الوادي الجليدي بسبب اصطدام كتلة الجليد المتحركة بالعوائق التضاريسية التي تعترض تقدمه نحو منحدراته الدنيا .

٤- تمتد الثلجات على شكل مجار مستقيمة تكاد تخلو من المنعطفات والثنيات لأن الجليد المتحرك ليست له المرونة الكافية للاستجابة للانثناء والانعطاف، ولذلك تبدو المجارى النهرية التي تتفق مساراتها مع ثلجات قديمة بصورة خالية من المنعطفات النهرية.

Cirques

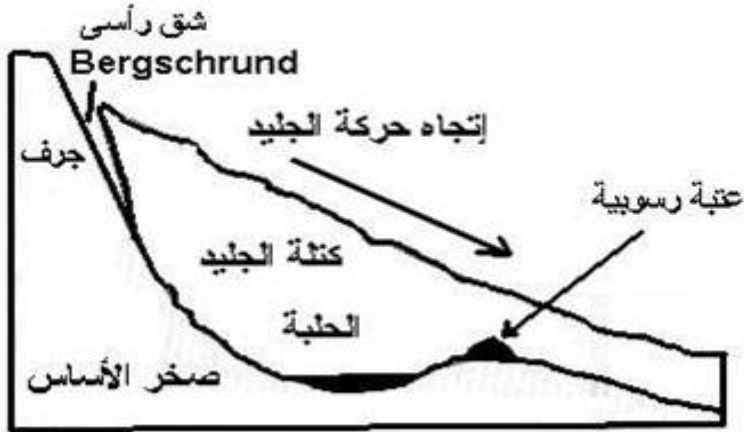
(٢) الحلبات الجليدية

هو مصطلح فرنسي يطلق على تجاويف مقوسة الشكل يقوم الجليد، وهي فجوات يتجمع فيها التساقط الثلجي ويتحول الى جليد ، ويتوالد عنه ثلجات ، ويتحول بالاعتماد على عامل الصقيع الذي يغلق جوانبها ، وبعدها يتحرك الثلج إلى الأمام وفيها يعمق أرضيتها بالتدرج ، وتمتاز بأحواضها المستديرة ، وهي كما اشرنا تصبح فيما بعد مصدرا للحقل الجليدي وللثلاجة معه ، وتشير الدراسات الجليدية هنا إلى أن حركة الجليد بالحلبة دائرية ، وتتركز حول نقطة وسط بقلب الحلبة، الأمر الذي يساهم مع الحطام الصخري السفلي بها في تعميق الحلبة وتميزها بالشكل الهلالي.

Hanging Valleys

(٣) الأودية المعلقة:

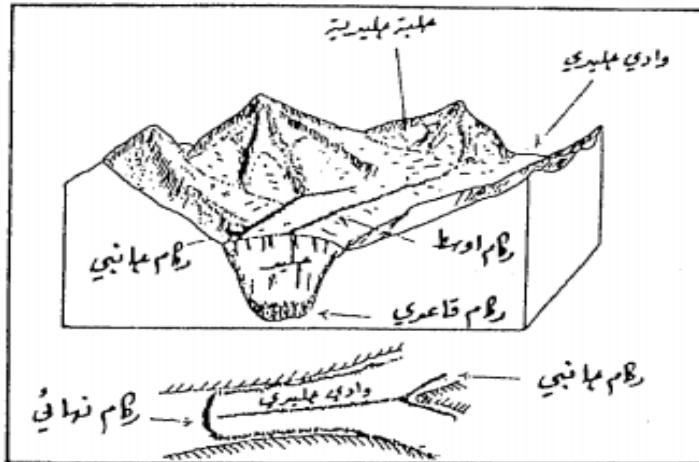
هي عبارة عن روافد نهر جليدي كبير ، و لكن الجليد الذي يملأها لا يستطيع تعميق مجاريها إلى مستوى قاع الوادي الرئيسي، لذا تبقى أودية الروافد على مستوى أعلى من مستوى الوادي الرئيسي و لهذا تكون على هيئة أودية معلقة .



Knife ridges

(٤) القمم الجبلية

هي تنشأ من تجاور حلبتان أو أكثر ، فيؤدي الضغط بالرواسب والحركة الدائرة إلى ظهور حواف فاصلة بينها وضيقة تعرف بالحواف القممية القاطعة . فإذا كانت الحلبة في مواضع مختبئة كان تكون بجانب أو بجوانب متعددة من المرتفعات فان الجانب الأكثر ارتفاعا بقليل يأخذ الشكل القريب من القرن او الهرم . ومثال ذلك يتمثل في منطقة ماترهورن *Matterhorn* على الحدود الجبلية الفاصلة بين سويسرا وايطاليا.



الحلبة والركامات الجليدية

(٥) الفيوردات

Fyords

هى عبارة عن وديان حفرتها الأنهار الجليدية فى جوانب الجبال ثم غمرتها مياه البحر ، فأصبحت تبدو على شكل خلجان ضيقة متعمقة فى اليابس . وتعد الفيوردات من أهم الظاهرات التى تميز السواحل الصخرية فى الأقاليم الباردة.

(٦) الصخور المحززة أو الغنمية:

تظهر فى شكل كتل صخرية محدبة وسط مجرى الوادي الجليدي لم يتمكن النهر الجليدي من إزالتها وتوقف أثره على تحزرها وخاصة فى جانبها المواجه لمصب الوادي الجليدي، بينما يبدو الجانب المواجه لمنابع النهر أملس قليل الانحدار.

(ب) الإرساب الجليدي: من أهم ظاهرات الإرساب الجليدي ما يلي :

Moraines

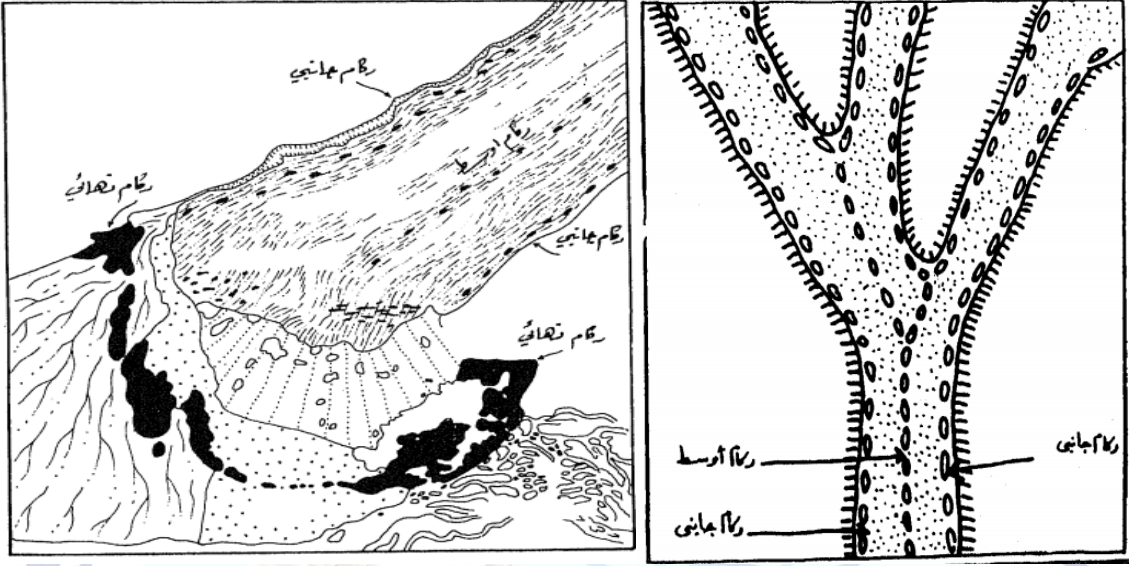
(١) الركامات الجليدية

هى الرواسب التى يلقى بها النهر الجليدي وتتألف من مفتتات صخرية مختلفة الحجم والشكل وتبدو على شكل أكوام غير متجانسة فى الشكل والتركيب الجيولوجي وتقسم الرواسب إلى ثلاث مجموعات رئيسية ، هي :

- ركام جانبي *Lateral Moraines* : ويتراكم على جانبي الوادي الجليدي ، ويتكون من الحطام الصخري الذي يتساقط من جوانب الوادي الجليدي بفعل نحت الجليد فى جوانب الوادي و تأثير عمليات التجوية.

- ركام أوسط *Medial Moraines* : ويرجع نشأته إلى اتحاد ركاميين جانبيين لنهريين جليديين التحاما فى مجرى واحد .

- ركام سفلي *Ground Moraines* : يتكون فى قاع الوادي الجليدي من المواد التى نحتها الجليد ، والمواد التى تتساقط من جوانب الوادي على سطح الجليد ، ثم تنزلق و تصل إلى القاع . ولا تظهر إلا بعد ذوبان الجليد.



الركامات الجليدية

Drumlins

(٢) الكثبان الجليدية

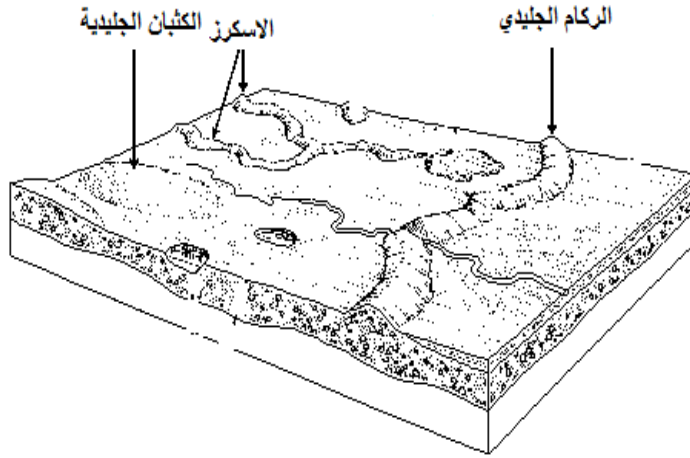
هي عبارة عن تلال غير متناظرة تتكون من الرواسب بعد عملية تراجع الجليد ، وتتميز بان لها محاور طولية تمتد عموما في اتجاه تحرك الجليد ، ويشير الجانب الشديد الانحدار إلى الجهة التي تقدم منها الجليد ، أما المنحدر اللطيف الانحدار فانه يشير إلى اتجاه حركة الجليد ولا توجد الكثبان الجليدية بمفردها بل توجد في عناقيد تدعى في بعض الأحيان حقول الدرملن.

Eskers

(٣) الايسكرز.

هي عبارة عن حافات ملتوية تتألف بشكل كبير من الرمل والحصى توجد في المناطق المتأثرة بالثلجات القارية . ويعتقد بأنها تكونت وترسبت بتدفق ينابيع تحت الجليد قرب نهاية الثلجة ، ويحتمل أن يكون ارتفاعها عدة أمتار وتمتد لعدة كيلومترات . وقد تتكون رواسب الايسكرز على شكل طبقات يختلف كل منها عن الطبقة التي تقع فوقها أو أسفلها من حيث التركيب الجيولوجي وشكل الرواسب وأحجامها ، وهذا إن دل على شيء إنما يدل على

إن هذه الرواسب لا تعود إلى فترة واحدة بل ترسبت خلال فترات متعاقبة. على أن التفرقة بينها وبين الركامات الجليدية التي تتميز بعدم تجانس المواد التي تتألف منها.



الركام والكئبان الجليدية وظاهرة الاسكرز

جامعة جنوب الوادي



الفصل الحادي عشر

الجيومورفولوجيا التطبيقية

يقصد بالجغرافيا التطبيقية تطبيق الأساليب الجغرافية من مسح وتحليل من أجل حل مشكلات العالم، أو باختصار توظيف الجغرافيا في مجالات التنمية وحل مشكلات الإنسان ، أو بمعنى آخر دراسة العلاقة بين الأشكال الأرضية ومظاهر الحياة البشرية، والواقع أن التفاعل بين الإنسان والمكان الطبيعي عملية بالغة التعقيد لدرجة يصعب تماماً بل يستحيل كثيراً متابعتها وقياس نتائجها وفي الدراسة التطبيقية يمكن الاستفادة من كل شكل من الأشكال الجيومورفولوجية من جهة ، وتأثير الأشكال علي حياة السكان والأنشطة المختلفة من جهة أخرى.

إن الجغرافي هو المتخصص الوحيد الذي يدرس جميع عناصر البيئة التي يعيش فيها الإنسان. ونعني بعناصر البيئة كل ما يتعلق بالظروف الطبيعية من مظاهر سطح ومناخ وتربة وغيرها، أو ما يتعلق بالعوامل البشرية من حيث عدد السكان وتوزيعهم وما إلى ذلك. نعم هناك أخصائيون مختلفون كل منهم يهتم بدراسة جانب واحد من هذه العناصر ويحلله لكنه لا يستطيع أن يعطي تفسيراً متكاملًا للحالة التي هي قيد البحث كالجغرافي.

وتتميز دراسة الجغرافي بأنها دراسة كارتوغرافية أي تعتمد إلى حد كبير على الخريطة التي تعتبر من أهم أدوات الجغرافي في دراسته وأبحاثه، وإن كان عدد من المتخصصين المختلفين يجرون دراساتهم مرتكزين على معلومات متعددة وجداول مختلفة وأرقام متنوعة، فإنها تظل بعيدة عن بقية العناصر

المختلفة التي تؤثر فيها وتتأثر بها، كما أن غالبيتهم لا يستعملون الخريطة إلا لماماً، أما الجغرافي فإنه يوزع هذه الحقائق على أرضية الواقع الذي تمثله الخريطة، وبالتالي يستطيع أن يدرس الظواهر دراسة كلية أي في إطار بقية العناصر المختلفة. وهذا يتيح له نتائج لا يتسنى لغيره إدراكها.

كما تسبب بعض أشكال الأرض كثير من المشكلات الطبيعية التي يصعب علي الإنسان وقفها تماماً، وإنما يعمل علي تجنب آثارها قدر الإمكان ، حتى يتم الاستقرار البشري علي أسس صحيحة، لذا يهدف هذا الفصل إلي الوقوف علي مدي التجاوب بين الإنسان كعنصر ديناميكي والبيئة التي يعيش فيها كعنصر شبه ثابت، ودور الإنسان في التأثير عليها أو الحد من آثارها السلبية.

أولاً: المشكلات الطبيعية:

Flash flood

(1) الجريان السيلي

تعد السيول وما يصاحبها من مشاكل إحدى أهم الأخطار الجيومورفولوجية المميزة للمناطق الجافة وشبه الجافة ، نظراً لما تسببه من خسائر بشرية ومادية. وتعود أهمية دراسة السيول ، إلى كونها واحدة من أكثر وأكبر الأخطار الجيومورفولوجية تكرارية وشدة في مصر بصفة عامة ، وفي وادي النيل ومنطقة الدراسة بصفة خاصة ، والذي نادراً ما توجد قرية منها لا تقع في مخرج وادي أو أكثر.

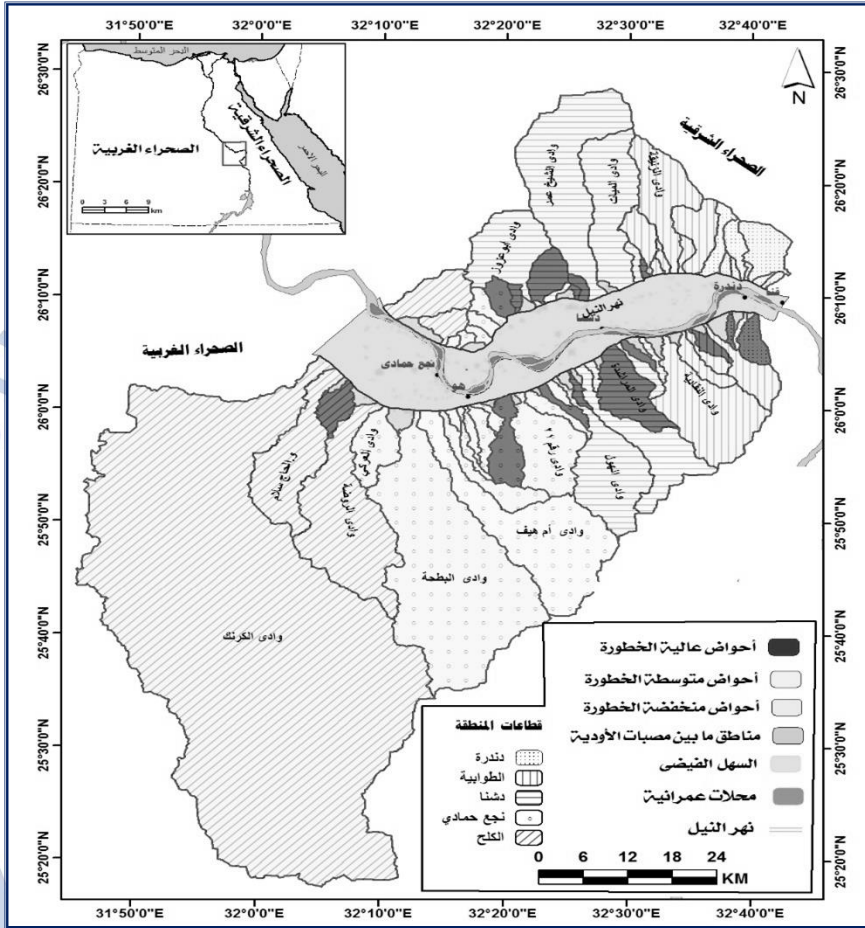
ويتوقف الجريان السيلي في الصحاري علي عدة عوامل أهمها كمية الأمطار الساقطة ونوعها وتركزها وزمن سقوطها ومعدل التبخر والتسرب، ومدي اتساع أحواض التصريف التي تتجمع فيها المياه ، ودرجة انحدار المجاري. فالجريان لا يحدث إلا إذا زادت كمية الأمطار الساقطة على كمية الفاقد سواء

بالتبخر أو بالتسرب. كما تتميز السيول في المناطق الحارة بالسرعة العالية وتكون لها قمة جريان حادة ، وتكون محملة بالرواسب والكتل الصخرية الكبيرة الحجم التي تكتسح العمران الموجود ببطن الأودية مما يزيد من الأضرار الناتجة عنها.

طرق الحماية والحد من أخطار السيول:

بعد معرفة التوزيع المكاني للأحواض الخطرة التي تمثل تهديداً للمحلات العمرانية والأراضي الزراعية المنتشرة بمراوحها الفيضية ، وجب وضع الحلول والوسائل للحد من أخطار السيول ، وذلك إما بالابتعاد عن مساراتها ، أو عمل سدود أو مخزات تحمي القرى والنجوع دون نقلها إلي مناطق أخرى ، مع استغلال مياهها في تغذية الخزان الجوفي بصورة تفيد في التنمية. ورسم خرائط توضح مناطق الجريان السيلي والمواضع الآمنة لإقامة المشروعات الاقتصادية أو الامتدادات السكنية ، وفيما يلي مقترحات الدراسة للحد من خطر الجريان السيلي ، وهي كما يلي:

جامعة جنوب الوادي



التوزيع المكاني لأحواض التصريف تبعاً لدرجة الخطورة بمنطقة قنا

• إنشاء مخزات السيول:

يجب أن تكون المخزات بمواصفات معينة تعتمد علي درجة خطورة الحوض ، مساحة حوض التصريف ، صافي وحجم الجريان المتوقع ، عدد القرى المنتشرة بمخرج الوادي ، استخدام الأرض بالمروحة الفيضية للوادي. وأما عن شكل المخر فلا بد وأن يكون متعرجاً ، وأن تكون جوانبه هيئة الانحدار ، وتكون بدايته ناحية منبع الحوض علي شكل حرف Y ، لكي يجمع معظم المياه المندفعة إلي مجراه.

• إنشاء السدود:

تعد السدود من أقدم الطرق للوقاية من السيول وأكثرها شيوعًا ، لأنها تمنع تشتت المياه وتعمل علي تجميعها في مكان واحد ، الأمر الذي يُمكن من استخدامها في عمليات التنمية ، وتغذية الخزان الجوفي. وتقوم فكرة إنشاء السدود في تشييد مجموعة من السدود على نهايات الأودية الرئيسة في مواضع ضيقة مع وجود مناطق متسعة أمام السد تسمح بتجميع المياه ، ومن ثم استثمارها في عمليات التوسع الزراعي ، وبذلك نكون قد حولنا خطر الجريان السيلي إلي منفعة تفيد في عمليات التنمية المختلفة.

ويعتمد إنشاء السدود علي عدة معايير ، هي:

- وجود مراكز عمرانية أو مساحات زراعية واسعة أو محطات كهرباء بمخارج الأودية.
- أن يتحمل السد ضعف صافي الجريان.
- أن يكون في موضع ضيق من الوادي ، ويفضل أن يكون بين حوائط رأسية مرتفعة
- أن يكون بعيدًا عن مناطق الصدوع والانكسارات.
- أن تكون هناك مساحة واسعة أمام السد لتخزين المياه في حالة الجريان السيلي الكبير ، مع الوضع في الاعتبار كمية الرواسب المنقولة.

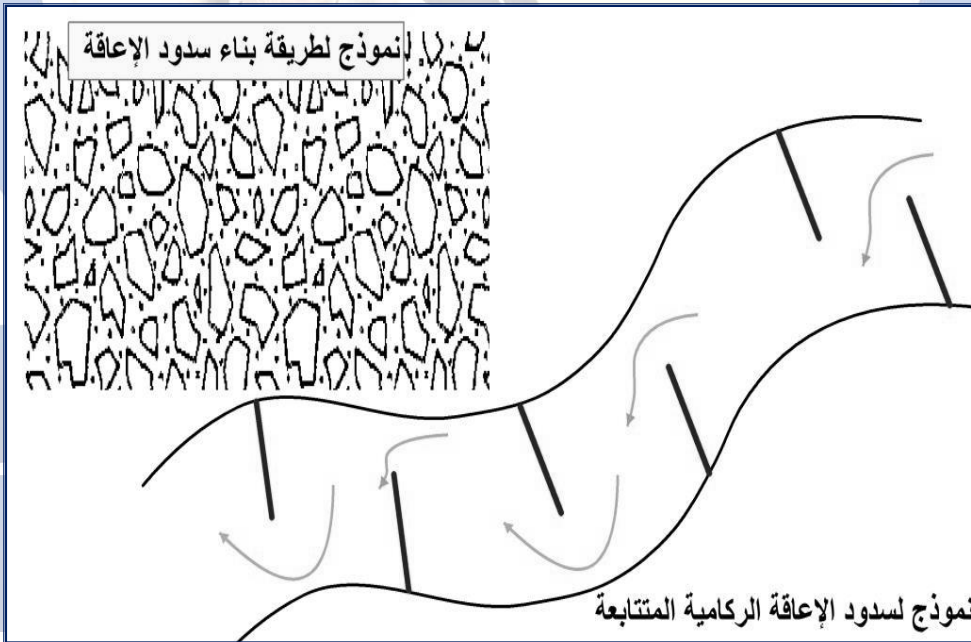
(أ) السدود الخرسانية:

يكون بناء السدود الخرسانية علي مجاري الأودية ذات التصريف الكبير ، وفي المناطق الضيقة علي المجري الرئيس ، بشرط أن يسبقها مجموعة من سدود الإعاقة حتي تعمل علي تقليل سرعة المياه المندفعة ،

وحماية جسم السد الخرساني من الانهيار. ويفضل إنشاء هذه السدود علي هذه الأودية شديدة الخطورة ؛ ولوجود تجمعات عمرانية بمخارج هذه الأودية ، وكبر المساحات التي يمكن تميمتها خلف السد المقترح ، والاستفادة منها بطريقة أخرى عن طريقة الآبار الجوفية بعد تغذية الخزان الجوفي.

(ب) السدود الحجرية المتعامدة علي المجري:

تتلخص فكرتها في إنشاء مجموعة من السدود الحجرية مع وجود فتحات علي مناسب معينة في الأجزاء الضيقة من الأودية ؛ للتحكم في الجريان السيلي والحد من سرعة المياه المندفعة من أعالي الأودية ، ولتصريف المياه الزائدة إلي المخرات التي تقع خلفها ، للحفاظ علي جسم السد من الانهيار، حتي يصل التيار المائي وقد قلت سرعته إلي مخر السيل نهاية الوادي . وتخزين المياه واستغلالها في أوجه النشاط البشرى.



نموذج لسدود الإعاقة الركامية المتتابعة.

(ج) سدود الإعاقة المتعاقبة:

هي عبارة عن مجموعة من السدود المتتابعة ، تبني في المناطق الضيقة ذات الانحدار البسيط بارتفاع من ٢-٤ أمتار ، حتي لا يطمره تراكم الرواسب مع السيول المتعاقبة ، وتعمل هذه السدود علي زيادة فرص تسرب المياه من السطح وتغذية الخزان الجوفي ، خاصة وأن تكوينات المنطقة تتميز بطاقتها التسريبية العالية ، وتعمل علي تقليل سرعة اندفاع مياه السيول. وتأتي أهمية هذه السدود في أنها تحد من خطر السيول عند حدوثها ، وخاصة في القرى والنجوع التي تم بنائها بمخارج الأودية ، حيث إن كثير من سكان المنطقة يتناسون مخاطر السيول. ويتم توزيعها على الروافد التي تجمع مياه من الرتبة الثالثة والرابعة ، وهي قليلة التكلفة. وتبني هذه السدود من الصخور المحلية باستخدام كتل الأحجار الصخرية التي توجد كنواتج التعرية بالأودية.

• إنشاء الكباري والبرابخ:

يتم بناء الكباري لتصريف المياه عند تقاطع مجاري السيول مع الطرق مع عدد قليل من الهرابات ، خاصة وأن البرابخ أثبتت فشلها في استيعاب كمية المياه الجارية ، بالإضافة إلى تكرار ملئها بالرواسب الصخرية التي تجلبها السيول ، وبالتالي ردمها ، بالإضافة إلي نمو الحشائش والنباتات بفتحاتها بعد سقوط الأمطار ، وعدم مراعاة مساحة الأحواض وكمية الجريان المتوقعة عند تصميمها.

كما يمكن تصميم بعض البرابخ المساعدة مع الكباري في حالة تقاطع المجاري المائية للطريق في أكثر من مكان ، لحماية الطرق من الدمار ، لارتفاع تكلفة إنشاء الكباري بالمقارنة بالبرابخ.

تقنيات الاستشعار من بعد وطرق الإنذار المبكر:

أصبحت هذه الأساليب ضرورية خاصة في أماكن التجمعات العمرانية

والطرق التي تتعرض لجريان السيول ، وتتلخص هذه الطريقة في الآتي:

- استخدام تقنيات الاستشعار من بعد في رصد وتوقع الأمطار ، ودرجة غزارتها ، وأماكن تواجدها ، ويمكن استخدام وتطبيق هذه التقنية بالأحواض الخطرة بالمنطقة ، والتي تتسم بصغر مساحتها ، وكثافة استخدام الأرض بمصباتها ، ومن ثم يمكن تحذير السكان في هذه المناطق لأخذ الاحتياطات اللازمة.

- استخدام شبكات الإنذار للجريان السيلي المفاجئ ، وهي تقوم على أساس ربط محطات رصد الأمطار في مناطق المنابع بأجهزة تحذيرية تصدر إشارات ضوئية أو أجراس مبكرة عن احتمالية حدوث السيول بفواصل زمني لا يقل عن ثلاث ساعات ، ويتم وضعها في الأحواض شديدة الخطورة وخاصة بالأودية التي تقطع الطرق السريعة ، والأودية شديدة الانحدار؛ لتحذير السكان أو مستخدمي الطرق من خطر المياه المندفعة.

- طرق الوقاية من خطر الجريان السيلي:

- عدم إقامة المناطق السكنية والقرى في بطون الأودية أو عند مصباتها.
- يراعى عند إقامة الطرق في بطون الأودية أن يكون منسوب الطريق على

نفس منسوب الوادى ، كما يجب الأخذ في الاعتبار أن هناك أجزاء من الطريق تتعرض لقطع نتيجة لاتصال الروافد بالمجرى الرئيسي ؛ مما يؤدي لعبور الجريان فوق الطرق في نقاط معينة ، ومع عملية العبور تقوم المياه بعملية النحت التراجعي عن طريق نحته وتآكله في هذه النقاط ، مما يتطلب

تكسية جانبي الطريق في تلك المواضع باستخدام كتل الجلاميد الصخرية للحد من عمليات النحت.

وفي النهاية يبقى الحل الوقائي هو الأمثل ويتلخص في عدم بناء أي منشآت عمرانية أو صناعية جديدة بمخارج الأودية ؛ لتفادي أخطار الجريان السيلي.

Rock Fall

(٢) السقوط الصخري

يحدث السقوط الصخري فوق المنحدرات الصخرية العالية والتي يزيد انحدارها عن ٤٠ درجة حيث تتحدر الكتل الصخرية باتجاه أقدام المنحدرات مرتطمة بالأرض دون احتكاكها بسطح المنحدر ، ويرتبط السقوط الصخري بحدوث تراجع واضح للحوائط الصخرية المنحدرة كما يرتبط بتزايد كميات هشيم المنحدرات وذلك نتيجة لإضافة المفصلات القادمة من الأوجه الحرة *Free Face* والتي عادة ما ترتبط بها عمليات التساقط الصخري. وتتأثر عملية السقوط الصخري لعدة عوامل أهمها شكل المنحدر وارتفاعه ودرجة انحداره وما به من شقوق ومن فواصل بالإضافة إلى عمليات التحجير المختلفة.

ويساهم الإنسان بدور رئيسي في حدوث عمليات التساقط الصخري وزيادة حدتها وخطورتها ، فعمليات التعدين والتحجير المختلفة التي يقوم بها الإنسان تساعد على عملية التساقط الصخري حيث أن عمليات تحجير الرمل والزلط تعمل على سقوط كتل صخرية.

وتتأثر تلك العملية بعدة عوامل منها شكل المنحدر وارتفاعه ودرجة انحداره ومقدار ما به من فواصل وشقوق وصدوع وعمليات التجوية والنشاط التكتوني والنشاط البشري . وتنتشر عمليات السقوط الصخري على جوانب وادي النيل وحواف المنخفضات الصحراوية وجوانب أودية الصحراء الشرقية وشبه

جزيرة سيناء ، وتمثل خطراً على الطرق التي تخترق تلك المناطق خاصةً في سيناء وجبال البحر الأحمر ، ومن أمثلة الأخطار الناجمة عن السقوط الصخري ما حدث في عام ٢٠٠٥م عندما تساقطت الصخور من الجروف الصخرية أو الواجهات الحرة المرتفعة (٨٥٠ متراً) لجبل واى *Y mountain* في ولاية يوتاه الأمريكية ، وكانت الكتل تزن ١٣ طناً.

وسائل مواجهة أخطار حركة المواد والسقوط الصخري :

يمكن التغلب على الأخطار الناجمة عن التساقط الصخري باستخدام أحد الوسائل الآتية(عبدالفتاح،٢٠٠٩):

- عدم إقامة المنشآت أو شق الطرق بالقرب من المنحدرات الشديدة.
- تغطية المنحدرات التي تمثل خطراً على الطرق باستخدام المواد الأسمنتية والدعامات الخرسانية لتثبيت الصخور.
- منع استخدام المواد الناسفة في المحاجر القريبة من الطرق والعمران.
- إزالة الكتل المتراكمة على جوانب المنحدرات، والتي يحتمل سقوطها.
- الحد من سرعة الشاحنات في المواضع المعرضة للخطر من الطريق.
- تشجير جوانب المنحدرات إن تيسر ذلك.
- إنشاء تفرعات جانبية للطرق في مناطق الخطورة، حيث يمكن استخدامها في حالة تعرض الطريق الرئيسي للخطر.
- تثبيت بعض المنحدرات التي تتميز باحتمال انفصال كتل صخرية كبيرة منها بواسطة قضبان حديدية تعمل على تثبيت الكتل المحتمل انفصالها من المنحدر ومنعها من التساقط (حجاب، ٢٠٠٤).

(٣) الأخطار الناجمة عن التجوية : تعمل عمليات التجوية علي ما يلي:

- تعرض أساسات وجدران المباني والمنشآت لعمليات التفكك المختلفة بفعل الأملاح خاصةً مع اقتراب تلك المنشآت من خط الساحل أو في المناطق التي يقترب فيها منسوب المياه الجوفية من السطح ، كما هو الحال في المدن الساحلية على سواحل مصر أو في المنشآت البترولية المقامة بالقرب من السبخات على ساحل خليج السويس.
- تعرض أعمدة الإنارة المعدنية ومواسير الصرف الصحي والدعامات المعدنية الموجودة بأبواب وشبابيك المباني للتآكل نتيجة للتفاعلات التي تحدث بين الأملاح والحديد المكون لها.
- تدمير وإتلاف دهانات حوائط المباني وتغير ألوانها في المناطق القريبة من خط الساحل ، بسبب تطاير رزاز مياه البحر المالحة مع ارتفاع معدلات التبخر وترسب الأملاح ونمو بلوراتها بين الشقوق والشروخ ، وهو ما يؤدي إلى تآكل طبقة الأسمنت اللاحمة وظهور الجدران مكشوفة بعد إزالة الدهانات الخارجية.
- تعرض الطرق للتشقق والهبوط والتلف في الأجزاء القريبة من خط الساحل أو التي تخترق مناطق السبخات ، ويرجع ذلك إلى ازدياد معدلات التبخر مع ارتفاع درجة الحرارة وصعود المياه الجوفية مع ما تحويه من أملاح ذائبة ومواد عالقة لتتراكم بين الشقوق والفواصل الموجودة في طبقة البيتومين سوداء اللون ، والذي يساعد لونها على امتصاص الحرارة ، وبالتالي زيادة نشاط التجوية الملحية وتلف الطرق.

(٤) زحف الرمال:

تعد حركة الرمال إحدى المشكلات التي تعمل علي إعاقة حركة التنمية في البيئات الصحراوية بوجه عام ، نظراً لنشاط دور الرياح، وجفاف السطح، وقلة الأمطار، وندرة الغطاء النباتي. حيث تتأثر الأنشطة البشرية بالمشكلات البيئية التي تترتب علي زحف الرمال وآثارها علي الأراضي الزراعية والعمران والطرق البرية ومصادر المياه، وتعتبر الأشكال الرملية هي المسؤولة عن حدوثها. وعلي الرغم من أن الرياح تعتبر أحد العوامل المهمة التي تساعد كثير من النباتات علي القيام بالعمليات البيولوجية الهامة لضمان بقائه واستمرار نموه، إلا أنها في بعض الأحيان قد تضر النبات بل قد تتسبب في موته وهلاكه. وتتسم الرياح بالصحاري بأنها جافة ومثيرة للرمال والأتربة من التجمعات الرملية الموجودة بها، مما ينتج عنها تغطية النباتات والمحاصيل بطبقة رقيقة من سفي الرمال تضر بالنباتات والخضروات. ومن الطبيعي أن ينعكس هذا الوضع السيئ على كم الإنتاج.

- سبل مواجهة خط زحف الرمال:

تعد مشكلة زحف الرمال من المشكلات التي تعيق سبل التنمية ، حيث تسبب خطراً علي الأراضي المستصلحة والآبار والطرق البرية، لذا كان الضروري محاولة التوصل إلي أنسب الطرق لتثبيت زحف التراكبات الرملية والحد من أخطارها، وفيما يلي عرض للطرق المستخدمة لإيقاف حركة الرمال أو التحكم فيها:

١- الطرق الكيميائية: تعد الطرق الكيميائية من الطرق المؤقتة التي تحد من عملية سفي الرمال وحركة الكثبان، وتتمثل هذه الطريقة في عملية رش الزيت

أو مثبتات التربة الكيميائية علي سطح الكثيب حيث تقوم بحمايتها من التعرية الناجمة عن الرياح، وتعد الزيوت الإسفلتية الخفيفة مثل الطبقة العلوية السوداء المستخدمة في رصف الطرق والزيوت الشمعية الثقيلة من أفضل المواد وأرخصها، وتعتبر هذه الوسيلة ملائمة لمدة تتراوح بين ٢ - ٣ سنوات حيث تعد فترة كافية لنمو الغطاء الخضري علي سطح الكثيب الذي تم حمايته، وذلك في حالة توفر المياه. ويجب أن يتم اختيار المادة الكيميائية بحيث لا تحد من نمو النباتات من جراء تأثيراتها السامة، ومنها رش سطوح الكثبان والفرشات الرملية بطبقة من الإسفلت أو القار علي الطرق.

٢- الطرق الميكانيكية: تعد الطرق الميكانيكية من الوسائل المؤقتة المستخدمة في عملية مقاومة الزحف الرملي وأسرعها، ويتم تطبيق الطرق الميكانيكية، حيث تأخذ عدة أشكال تتمثل في الآتي:

- إزالة رمال الكثبان بواسطة الكاسحات ونقلها بواسطة سيارات النقل، وتعد هذه الوسيلة من أفضل الوسائل المستخدمة علي الرغم من تكلفتها العالية.

- إحاطة المزارع بحواجز ومصدات للرمال مستخدمين الإمكانيات المحلية من سعف النخيل والأشجار الصحراوية ، وتعتبر هذه الوسيلة من الوسائل الجيدة في بعض المناطق ولكنها قد تكون غير مجدية في بعض المناطق الأخرى ، وتعتبر هذه الوسيلة من الوسائل غير المكلفة.

- تغطية سطح الكثبان والفرشات الرملية بمواد حصوية كبيرة الحجم، وتبدو فعالية هذه الطريقة في كونها تقلل من عمليات تراكم الرمال فوق الجسم الرملي ولكنها في نفس الوقت تمثل سطحاً صلباً يساعد علي تزايد قفز الحبيبات الرملية لمسافات أبعد، لذا فإنها لا تمنع الانسياب الرملي تماماً.

- وقف عمليات البناء والتوسع العمراني غير المخطط في المناطق القريبة من الكثبان .

٣- الطرق البيولوجية: تتمثل الطرق البيولوجية في التشجير وزراعة النباتات وتعد من أنجح الطرق التي تعمل علي منع سفي الرمال وإيقاف حركة الكثبان الرملية بمختلف أحجامها، وذلك لفاعليتها علي المدى البعيد حيث تعتبر من وسائل التثبيت الدائمة.

المراجع التي اعتمدها الكتاب

(أ) المراجع العربية:

١. أبو العز، محمد صفي الدين (١٩٧٧): مورفولوجية الأراضي المصرية، دار النهضة العربية، القاهرة.
٢. أبو العينين، حسن سيد (١٩٧٤) كوكب الأرض: ظواهر التضاريسية الكبرى، دار النهضة العربية، بيروت.
٣. أبوحديد ، أحمد عبدالفتاح (٢٠١١): أشكال النحت والارساب في المنطقة بين بحيرة ناصر ومنخفض توشكي: دراسة جيومورفولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة جنوب الوادي.
٤. بحيرى ، صلاح الدين (١٩٧٦) مبادئ الجغرافيا الطبيعية ،دار الفكر ، دمشق.
٥. تراب ، محمد مجدي (١٩٩٥): أشكال الصحارى المصورة : دراسة لأهم الظواهرات الجيومورفولوجية بالمناطق الجافة وشبه الجافة ، الإسكندرية.
٦. جودة، حسنين جودة(٢٠٠٨) معالم سطح الأرض ،دار المعرفة الجامعية، القاهرة.
٧. التركماني، جودة فتحي (٢٠١١): أصول البحث في الجغرافيا الطبيعية والبشرية مع تطبيقات سعودية ، دار الثقافة العربية ، الطبعة الأولى ، القاهرة
٨. الحسيني، السيد السيد (١٩٩٨): دراسات في الجيومورفولوجيا: أشكال سطح الأرض، الجزء الأول، دار الثقافة العربية، القاهرة.

٩. حجاب ، محمود محمد (١٩٩٨): جيومورفولوجية السهل الساحلي والإقليم الجبلي فيما بين رأس بكر ورأس الدب: غرب خليج السويس، رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، قسم الجغرافيا، جامعة جنوب الوادي.

١٠. خضر، محمود محمد (١٩٩٧) الأخطار الجيومورفولوجية الرئيسية في مصر مع التركيز على السيول في بعض مناطق وادي النيل، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة عين شمس.

١١. خطاب، محمد إبراهيم (٢٠٠٧): جيومورفولوجية السهل الساحلي للبحر الأحمر بين القصير ومرسى علم وأثرها على السياحة: دراسة تطبيقية، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب، قسم الجغرافيا ، جامعة القاهرة.

١٢. سلامة ، حسن رمضان (٢٠٠٤): أصول الجيومورفولوجيا ، الطبعة الأولى، دار الميسرة للنشر والتوزيع ، عمان.

١٣. شرف ، عبدالعزيز طريح (١٩٨٥) المقدمات في الجغرافيا الطبيعية ، مؤسسة شباب الجامعة ، الإسكندرية.

١٤. محسوب ، محمد صبري ، وضاحي ، أحمد فوزي (٢٠٠٦): الدراسة الميدانية والتجارب العملية في الجيومورفولوجيا ، القاهرة.

(ب) المراجع غير العربية:

1. Gregory , K. J. & Walling , D. E. , (1973): *Drainage Basin Form and Process and Geomorphological Approach* , Edward Arnold , London.
2. Horton , R.E., (1945): *Erosional Development of Stream and their Drainage Age Basins* , Hydro physical Approach to Quantitative Morphology, Geol. Soc. Amer. Bull. No. 56.
3. Horton,R., (1932): *Drainage Basin Characteristics* , Transactions of The American Geophysical Union.
4. Kenneth,W.,(1969) *The Arid Zones* , London.
5. King, C. A., (1975), *Techniques in Geomorphology*, London.
6. Leopold, L.B.,& Wolman, M.G., & Miller, J.P., (1964): *Fluvial Processes in Geomorphology*, Freeman & CO., London.
7. Morisawa, M., (1985): *Rivers: Form and Process*, Longman, London.