جامعة جنوب الوادي | قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية | كلية الآداب

محاضرات
في الجيومورفولوجيا

إعداد

أ.د. إبراهيم دسوقي محمود

أستاذ الجغرافيا التاريخية
وعميد كلية الآداب سابقًا
جامعة جنوب الوادي

د. أحمد عبدالفتاح أبوحديد

أستاذ الجغرافيا الطبيعية والجيوماتكس
المساعد
كلية الآداب - جامعة جنوب الوادي

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

العام الجامعي
٢٠٢٤ - ٢٠٢٥

بيانات الكتاب	
الجامعة	جامعة جنوب الوادي
الكلية	الآداب
اسم المقرر	الجيومورفولوجيا
كود المقرر	Geo214
الفرقة	الثانية
القسم	برنامج المساحة ونظم المعلومات الجغرافية
العام الجامعي	٢٠٢٤ - ٢٠٢٥
عدد صفحات الكتاب	٢٠٠ صفحة

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

موضوعات المقرر

تتوزع موضوعات المقرر علي النحو التالي:

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

جامعة 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 علي 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 علي الأشكال الجيومورفولوجية الكارستية .
- يتعرف علي 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 بحوثاً تطبيقية عن الأخطار والأشكال الجيومورفولوجية المختلفة .

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الأول

علم الجيومورفولوجيا

وتطوره

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الأول

علم الجيومورفولوجيا وتطوره

أولاً: تعريف علم الجيومورفولوجيا:

تتكون كلمة الجيومورفولوجيا *Geomorphology* من ثلاثة مقاطع يونانية، وهي:

Logy	*Morpho*	*Geo*
علم	شكل	الأرض

وبذلك نجد أن الكلمة حرفيًا 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 الأزمنة 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 اليابس 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 والظاهرات الأخرى على سطح الأرض تتصل اتصال مباشر بسطح

الأرض والذي يوضح هذه الظاهرات 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 رأي أن هناك يابس وماء وجبال وسهول، وقارن بين أحجام الأشكال الجيومورفولوجية فمع سيره علي اليابسة رأي السلاسل الجبلية الممتدة والأنهار التي تجري لمسافات طويلة، وفي المقابل رأي التلال المنعزلة والكثبان الرملية صغيرة الحجم. أما من حيث التوزيع الجغرافي رأي أن الأشكال الجيومورفولوجية التي تتوزع في الصحاري الحارة لا تتوزع في المناطق الرطبة.

لقد بدأت الإرهاصات الأولي 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* إلي العلاقة بين حجم الحبيبات التي يحملها النهر وسرعة التيار المائي.

يتضـــح مما ســـبق أن ميلاد علم الجيومورفولوجيا كان علي أيدي المهندسـين والجيولوجيين، ولم يكن للجغرافي دور واضـح، بل اقتصـر دوره – مثلـه في ذلك مثل دور المؤرخ – علي معرفة الأنهار والبحيرات والمرتفعات والمنخفضات وتوقيعها علي الخرائط.

(١)<u>في العصور القديمة</u>:

يحسـن بنا قبل البدء في دراسـة موضـوعات علم الجيومورفولوجيا أن نبين أن هذا النوع من الدراســـة قد بدئ في الاهتمام به منذ عهد بعيد، إذ أن بعض الظواهر الطبيعيـة وحركـة المـد والجزر ، والثورانـات البركـانيـة حفزت فلاسـفة الإغريق والرومان ومفكريهم إلى التأمل في طبيعتها وكنها فنجد كتابات أرسطو تعكس بوضوح هذه النزعة التأملية ، فقد كان يعتقد مثلا أن لمياه الآبار ثلاثة مصادر :

أ – مياه الأمطار التي تترسب سفليًا في باطن الأرض .

ب–المياه التي تكونت داخل الأرض نتيجة تكاثف بخار الماء الســـاخن الذي يوجد في باطنها والذي يبرد عند اقترابه من سطحها .

ج –المياه التي تخزن في الصخور ولا تعرف مصادرها .

كما كان يعتقد بأن ســقوط الأمطار يؤدي إلى تكوين مســيلات مائية مؤقتة ، وفي رأيه أن المياه الجوفية هي المسئولة إلى حد كبير عن جريان مياه الأنهار جريانا مســتديما ، وكل هذه التخمينات التي وصــل إليها أرســطو عن طريق التأمل لا تختلف كثيراً عما وصـل إلى العلماء في العصـر الحديث. كما

نجد أن بوليبيوس *Pollybius* يهتم بدراسة كيفية تكون دالات الأنهار وكيف أن الأنهار تنحت أوديتها نحتاً بطيئاً . كما يعتبر بوسيدونيوس *Posodonius* 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 مثلا 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 وايطاليا 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 منهجًا جغرافيًا طبيعيًا الفيلسوف سنكا الذي قام بدراسة الزلازل واعتقد أنها ناجمة عن تفاعل الرياح وتصارعها في باطن الأرض .

(٢)<u>في العصور الوسطى وبداية عصر النهضة :</u>

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 تشـــكيلها وتغيير معالمها. فكأنه بهذا كان أول من أشار إلى وجود جبال التعرية .

وكان ابن سينا من المؤمنين بأن عملية النحت تتم ببطء شديد للغاية ، وتســـتغرق وقتا 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 سـريعة وفجائية، وأن عمر الأرض لا يعدو بضعة ألاف من السنين.

(٣) في العصور الحديثة :

اســـتمرت هذه الاعتقادات تســـيطر على عقول الناس حقبة من الزمن ليست قصيرة حتى قيض الله لعلم الجيولوجيا عالماً وضـع أسسه وأرسى قواعده وهو الجيولوجي الاسـكتلندي جيمس هاتون *J. Hutton* ، الذي تعد أرائه بمثابة نقطة تحول خطيرة في الدراسـة 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 :

- مرحلة ما قبل هاتون *Pre-Huttonian period*
- مرحلة هاتون *Classical era Huttonian*
- مرحلة ما بعد هاتون *Post-Huttonian Period*

جامعة جنوب الوادي

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 وضح 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، فقضى 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 البطئ ، ومفاده أن التغيرات الجيولوجية التي تعرض لها سطح الأرض قد تمت بطريقة تدريجية استغرقت فترات طويلة تقدر بملايين السنين ، وليس بالطفرة الفجائية .

وقد ظهرت أراء هاتون مفصلة في كتابه عن "نظرية الأرض" ، وقد توخي 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 أيضـــا في نفس الحقبة التي عاش فيها هاتون الجيولوجي بلايفير *Playfair* ، الذي درس النظم النهرية دراســة كانت الأولى من نوعها ، فهو يرى أن لكل نهر مجرى رئيســيا تغذيه روافد متنوعة تجري في مجاري يتناســب كل منها في اتســاعه مع طول النهر الرئيســي وحجمه ،وتكون هذه المجاري كلها في النهاية نظاما نهريًا متكاملاً. ومثل هذه الأنظمة هي المسئولة عن وجود تلك الخطوط العميقة المحفورة على سطح الكرة الأرضية والتي تعرف بالأودية. ويمكننا القول بصــفة عامة بأن معظم الأفكار الحديثة التي وضــحت الكيفية التي يتم بها تشــكيل ســطح الأرض قد تضــمنها كتاب نظرية الأرض لهاتون وهو الكتاب الذي اهتم فيه مؤلفه أيما اهتمام بدراســـة عمليات النحت البحري والنهري .

أما المرحلة التالية لهاتون فقد ظهر فيها عدد غير قليل من الجيولوجيين نذكر منهم على سـبيل المثال السـير تشـارلز لييل *Sir Charles Lyell* الذي كان من أشــد المتحمســين لمبدأ التغير التدريجي البطئ ، ولكنه عارض الرأي الذي نادي به هاتون ، وهو أن المجاري المائية هي التي تنحت أوديتها ، وذكر أنـه من المحتمـل أن يكون قـد تم حفر الأوديـة النهريـة الكبيرة بفعـل الأمطـار والمياه الجارية ، ولكن مما لا شــك فيه أن بعض الحركات الباطنية تســهم 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* بتصـــنيف التضــاريس الأرضــية على أســاس عامل التركيب الجيولوجي، كما قام بدارســة منطقة الانكســارات في هضــبات 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 النشـــأة: فهنالك أودية ســـالفة وأودية رئيســـية وأودية منطبعة، وكل هذه المصـطلحات شـاع اسـتخدامها بعد ذلك وأصـبحت تسـتخدم حتى وقتنا الحالي.

وقد كان باول أول من أطلق الاصـــطلاح المعروف بمســـتوى القاعدة *Base level* على المستوى الأدنى الذي تصل إليه عملية النحت التي لابد أن تنتهي إليه إذا ما اســـتمرت 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 بدراســـة العمليات الجيومورفولوجية المعقدة ســـواء تلك التي تســـببها العوامل الجوية أو المائية أو الجليدية أو الباطينة ، كما قام بدراســـات طويلة في منطقة هضـــبة الحوض العظيم في الولايات المتحدة ،خرج منها بأن بحيرة جريت سولت ليك كانت خلال عصر البلايستوسين أكثر مساحة واتساعًا مما هي عليه الآن ، وقد أطلق على البحيرة البلايسـتوسـينة القديمة اسـم بحيرة بنفيل *Bonneville* وتعتبر دراســـة جلبرت للشـــواطئ القديمة لهذه البحيرة أول دراسة جيومورفولوجية دقيقة.

ويمكننا أن نلاحظ من عرضـنا السـابق لتطور الدراسـة الجيومورفولوجية أن الجيولوجيين وحدهم هم الذين احتكروا هذه الدراســـة ، ولكن هذا لا يعني أن الجغرافيين لم يكن لهم نصـــيب 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* وريتر *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 متشابها 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 والشيخوخة، وقد أطلق ديفز على هذه المراحل اسم دورة التعرية، وهي التي جعلت منه صاحب مدرسة جيومورفولوجية في الولايات المتحدة.

ثالثًا: 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 الجيوموفورلوجية 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 الظاهرات الجيومورفولوجية من وجهة نظر معينة ،وأهم هذه الفروع ما يلي:

(أ) الجيومورفولوجية البنيوية: *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 **<u>حسب العامل</u>** فتكون كما يلي:

١) الجيومورفولوجيا الفيضية *Fluvial Geomorphology*

٢) جيومورفولوجية الصحاري *Desert Geomorphology*

٣) جيومورفولوجية السواحل *Coastal Geomorphology*

٤) جيومورفولوجية الجليد *Glacial Geomorphology*

٥) جيومورفولوجية الكارست *Karst Geomorphology*

ثامنًا: 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 بشتى فروعه، فعند الحديث عن التركيب الصخري لقشرة الأرض نجد أنه لا مفر أمامنا من الاعتماد على علم الطبقات ، بالإضافة إلى علم الصخور ذاته. كما أنه لابد 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

أيضـا بحكم تشـعب دراسـته وتعدد نواحيها يمكنه أن يلم بكل العوامل التي تؤثر في الأشكال التضاريسية وتتأثر بها.

علاوة على ذلك يحتاج من يدرس الجيومورفولوجيا إلي الرياضـــيات والعلوم الطبيعية ، أي باختصـــار يشـمل هذه العلم مواضـيع تخص الجيولوجيا وعلم المياه والهندســـة والرياضـــيات والفيزياء والجغرافيا وعلم التربة, وهكذا فإن الجيومورفولوجيا لا ترتكز على القاعدة الجغرافية وحدها بل يوجد خمســـة علوم أرضـية أسـاسـية ومجاورة ذات صـلة وثيقة بالجيومورفولوجيا. وتعنى هذه العلوم الخمسة بدراسة الشكل العام للأرض وبحالتها ونشأتها وبنائها وموادها, وأول هذه العلوم هو الجيوديســيا وهي علم قياس الأرض لتحديد المواقع والارتفاعات لنقط معلومة على ســـطح الأرض مع الأخذ بالاعتبار عند القياس الشـــكل الحقيقي للكرة الأرضـــية وهو الشـــكل الكروي, أما العلم الثاني فهو الجيوفيزياء الذي يوضـح للجيومورفولوجيا خبايا القوى التي تسـكن باطن الأرض والتي ينتج عنها الزلازل والبراكين, والثالث هو الجيولوجيا , حيث انه يجب على الجيومورفولوجي أن يدرس منطقة البحث جيولوجيا إذا لم تكن مدروسـة جيولوجيا بشـكل مسـبق من قبل آخرين . وبالتالي فان الجيومورفولوجيا هي همزة الوصـــل بين الجغرافيا والجيولوجيا, أو نطاق الحدود بينهما.

جامعة جنوب الوادي

الفصل الثاني
صخور القشرة الأرضية

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الثاني

صخور القشرة الأرضية

مقدمة

تعتبر الصـــخور المادة الأســـاســـية بالنســـبة للمتخصـــص في الجيومورفولوجى وذلك لأنها تشكل المواد التي تحفر بها أشكال سطح الأرض. ويتكون سـطح الأرض من أنواع مختلفة من الصـخور ، لكل منها خصـائصـه 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 الصـخور من أكثر من معدن. ويقصـد **بالمعدن** الوحدة البنائية للصـخر. وبالرغم وجود ثلاثة آلاف معدن تقريباً فى القشرة الأرضـية إلا أن ثلاثين معدنًا فقط هي الأكثر شيوعًا وتشكل ثمانية إلى عشرة من هذه المعادن معظم صخور القشرة الأرضية.

أولاً: الخصائص الطبيعية للصخور:

يتميز كل معدن الذي تتكون منه صـــخور القشـــرة الأرضـــية بعدة خصائص تميزه عن غيره من المعادن ، ومن هذه الخصائص ما يلي:

١) اللون Color

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

وانضـــغاطها, في حين تعتبر الصـــخور فاتحة اللون مثل الطباشـــير والحجر الجيري قليلة التأثر بالإشعاع الشمسي. وتعتبر الصخور النارية الحمضية فاتحة اللون, كالجرانيت أكثر مقاومة لعمليات التجوية من الصـــخور النارية القاعدية داكنة اللون.

٢) الصلابة: Hardness

يمكن تحديد صلابة الصخر حسب مقياس فردريك موهز *Mohs scale of mineral hardness* للصلابة ، ويعتبر الماس في هذا المقياس أقصي 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 ضعيفًا؛ بسبب احتوائه على نسب مرتفعه من المعادن الضعيفة أصلاً والعكس صحيح ، فصخر الجرانيت الغني بمعدني الكوارتز والمسكوفايت على سبيل المثال يعتبر أكثر صلابة ومقاومة للتجوية من جرانيت أخر أو صخر أخر, كالجابرو الذي تقل فيه نسبة وجود هذين المعدنين.

٣) الكثافة النوعية: Specific Gravity

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

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

ثانياً: دورة الصخور في الطبيعة: *The Rock Cycle*

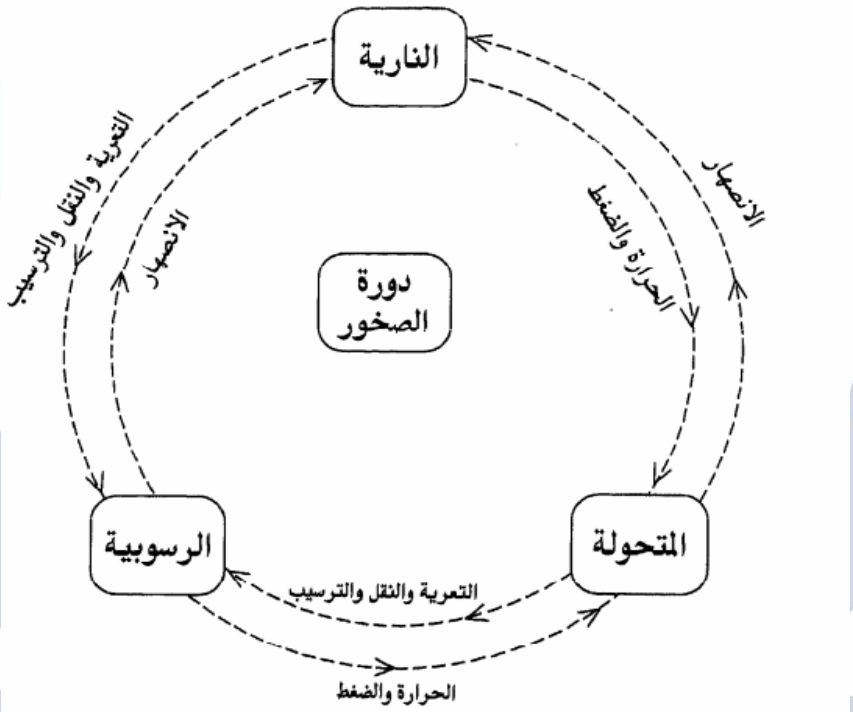
قبل أن نتطرق إلي شرح دورة الصخور ، يجب أن نوضح المفاهيم التالية :

- التبلور: Crystallization هو العملية المسـئولة 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 وأسماها 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 أخري تؤدي إلى تفتيتها ونقلها وترسيبها مكونة **الرواسب** التي سرعان ما تدفن تحت رواسب جديدة ، مما يؤدي إلي 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

ثالثًا: أنواع الصخور:

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

١) الصخور النارية أو الأولية [١]: Igneous Rocks

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:

 # <u>الصخور النارية الجوفية أو البلوتونية</u>: *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 **<u>وتوجد الصخور النارية الباطنية بالأشكال التالية</u>:**

---

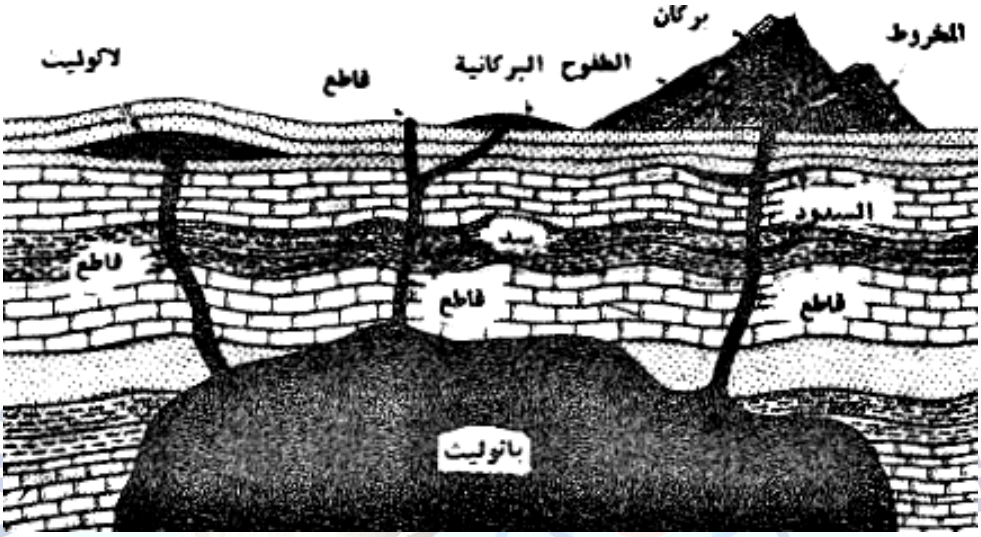
[١] **سميت بالصخور النارية** Igneous Rocks **من الكلمة اللاتينية** Ignis **والتي تعني نار، وتسمي أيضا بالصخور الأولية لأنها أول صخور ظهرت علي سطح الأرض.**

☑ **الباثوليث** [1] *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 للباثوليث بعدم انتظامه ، حيث تظهر النتواءات الصخرية المندفعة بعيداً عن كتلة الباثوليث ، أما الجزء السفلي منه فهي ما تزال غير واضحة وبذلك يترك مفتوحًا في المقاطع الجيولوجية ، وبالنظر لعظم مساحته فأنه 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 عدسيًا 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 فتنثني 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 تنثني إلي أعلي بل تنثني إلي أسفل مكونة ظاهرة يطلق عليها **اللابوليث** *Labolith*.

جامعة جنوب الوادي

[1] Batholith **هي كلمة يونانية تتكون من مقطعين الأول** Bathos **بمعني عميق، و** lithos **ويعني صخر، أي المعني 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 واصلة إلى السطح، وهي تتكون عندما تجد الماجما شقوقاً أو فواصل في طبقات الصخور فتندفع فيها إلى أعلى حتي تتصلب ، وهي تقطع الطبقات التي تخترقها في اتجاهات عمودية أو مائلة ، كما تتباين فيما بينها تباينا 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

جامعة جنوب الوادي

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 تحدبها 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 الكيمياوي 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 ورديًّا فإن لون الصخر يكون مائلًا إلى الاحمرار، أما إذا كان لونه أبيض وكان الميكا أسود، فإن لون الصخر يكون رماديًّا. أما على أساس حجم البلورات فإن الجرانيت ينقسم إلى نوعين أحدهما دقيق الحبيبات *Fine grained* والثاني خشن *Course grained*. ونظراً لان الجرانيت شديد الصلابة جدًّا 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 انتشارًا 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 الفقاقيع التي تتكون على سطح اللافا أثناء برودتها وخروج الغازات منها على سطح الأرض. ويكون لون الخفاف مائلاً إلى السوداء إذا تكون من اللافا البازليتة القاعدية، ومائلًا إلى البياض أو الاحمرار إذا تكون من اللافا الحمضية.

٢) الصخور الرسوبية: *Sedimentary Rocks*

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 كيمائية 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 والمحارات والأصداف الحيوانية على شكل طبقات سميكة ، ومن ثم تحلل هذه البقايا بفعل وتأثير الفطريات والبكتيريا خلال مدة زمنية طويلة , ثم تعود هذه المواد فتتماسك مع بعضها في هيئة صخور 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:

أولاً: الصخور الجيرية: Limestone

تعتبر هذه الصخور من أهم المكونات الصخرية لقشرة الأرض، وتوجد منها نطاقات عظيمة السمك والاتساع 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 جيري مكون من اختلاط الجير "كربونات الكالسيوم" بكربونات الماغنسيوم. وهو يتكون غالبًا في مناطق البحيرات والمستنقعات التي تحتوي مياهها على كربونات الماغنسيوم.

ثانيًا: الصخور الرملية: Sandstones

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 كوارتزية متخلفة من تفتت 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.

ثالثًا: الصخور الطينية: Mudstones

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.

٣) الصخور المتحولة [١]: Metamorphic rocks

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:

- **التحول الحراري أو التماسي** **Thermal or Contact Metamorphism**

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 الضـغط المرتفع المصـحوب بدرجات حرارة عالية الذي ينتج عن حركات القشرة الأرضية إلى تحول واسع النطاق يمتد في أقاليم كبيرة ومساحات واســـعة. فقد يؤدي التحول الحراري إلى تكوين صـــخور متحولة من أصـــل رســـوبي كما هو الحال في صـــخور الكوارتزايت 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 الصـخور الجيرية النقية إلى رخام أبيض اللون.

- **<u>أهم أنواع الصخور المتحولة ما يلي:</u>**

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

☑ الاردواز *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 الاردواز 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.

- ☑ النايس *Gneiss* تتميز صخور النايس بوجود ظاهرة التورق ، والتي تكون فيها بنية الصخور على شكل طبقات متوازية. وغالباً ما يكون هناك تناوب في المناطق الداكنة والفاتحة اللون في بنية النايس 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 نقيا، ولكنه قد يبدو في ألوان مختلفة (الرصاصي – الأخضر – الأحمر – الأسود) لاحتوائه على شوائب مختلفة.

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الثالث

الزلازل والبراكين ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الثالث

الزلازل والبراكين ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

مقدمة

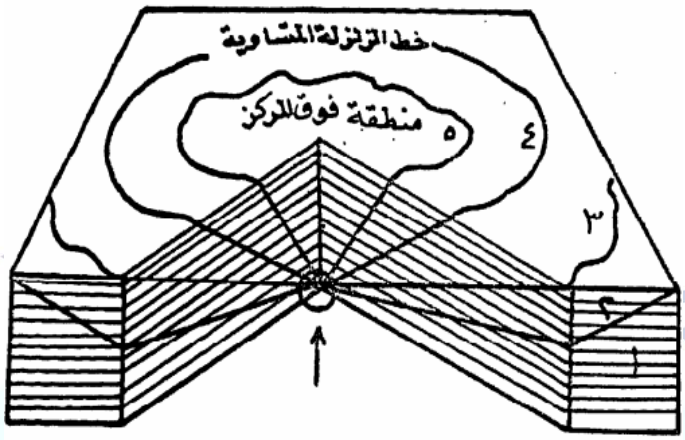
من المعروف أن سطح الأرض ما هو إلا نتاج التفاعل والصراع بين مجموعتين من العوامل هما **العوامل الداخلية** وتشمل الالتواءات والصدوع والبراكين والزلازل **والعوامل الخارجية** ويقصد بها عوامل التعرية السطحية كالتجوية وتحرك المواد والمياه الجارية والأنهار والمياه الجوفية والرياح والجليد والأمواج وغيرها وما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

أولاً: الزلازل ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض:

١) تعريف الزلزال Earthquakes

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 دائما خلال عمرها الطويل من الهزات الزلزالية ، كما تشير الدراسات إلى استمرار حدوثها في المستقبل. وتتعدد أسباب حدوث الزلزال فقد ذكر العلماء عدة عوامل أهمها الانفجار البركاني الذي يرافقه زلزال والصدع وانزلاق الصخور عليه والذي يعرف بالزلازل التكتونية.

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي



تصل خطوط الزلزلة المتساوية بين جميع النقط ذات الشدة الزلزالية الواحدة

٢) أنواع الزلازل :

تتعدد أنواع الزلازل ، وهي كما يلي:

أ) الزلازل التكتونية: Tectonic Earthquakes

تعد من أهم أسباب وأنواع الهزات الأرضية ، وهى تحدث في المناطق التي تصيبها الانكسارات وتتعرض 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 فرايداي" والذي وقع عام ١٩٦٤م.

ب) الزلازل البركانية: Volcanic Earthquakes

يرتبط حدوثها بالنشاط البركاني، حيث تتسبب حركة المواد المنصهرة إلى سطح الأرض ، بما يصاحبها من غازات محبوسة داخل القشرة الأرضية فى 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 التى يقوم بها الإنسان ، سواء كانت تلك الانفجارات تتم فى باطن الأرض أو تحت سطح البحر ، وهى 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 فى كثير من البلاد التى أقيم بها سدود تخزين مائية ، ولعل زيادة النشاط الزلزالي فى منطقة أسوان وما حولها، وقد دفع ذلك ببعض الباحثين إلى إرجاع زلزال أكتوبر ١٩٩٢ إلى نشأة بحيرة وادى الريان الصناعية جنوب منخفض الفيوم.

د) **الزلازل البلوتونية:** Plutonic Earthquakes

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

- كما تصنف الزلازل حسب <u>عمق البؤرة الزلزالية</u> إلي ما يلي:

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

٣) <u>قياس الزلزال</u>:

تقاس قوة الهزة الأرضية أو الطاقة المتحررة منها بواسطة تسجيلات السيزموجراف *Seismograph* فإذا بلغت قوة الزلزال أقل من خمس درجات على مقياس ريختر[1] 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.

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

جامعة جنوب الوادي

[1] 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) <u>التوزيع الجغرافي العالمي للزلازل:</u>

☑ 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 إلي الغرب ، ويبدأ من أمريكا الوسطي ثم يخترق المحيط الأطلنطي، ثم سواحل البحر المتوسط وجبال الهيمالايا ومنها إلي الجنوب الشرقي إلي جزر اندونيسيا.

☑ النطاق الطولي الممتد من جزيرة أيسلندا في الشمال إلي الطرف الجنوبي من المحيط الأطلنطي .

☑ منطقة الأخاديد في شرق أفريقيا وجنوب غرب آسيا.

التوزيع الجغرافي للزلازل في العالم

٥) <u>أضرار الزلازل:</u>

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 صحبها من التواءات في قشرة الأرض هي التي كونت الجبال العالية

كالهيمالايا والقوقاز في آسيا والألب في أوربا 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 والبني 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.
- تغير مناسيب سطح الأرض وتشققها.

ثانيًا: البراكين ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض [1] Volcanic

١) تعريف البركان:

[1] Volcanic **مشتق هذا الاسم من اسم الآلة الإغريقي 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 فأن 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. خصوصًا وأن الثورانات البركانية لا تأخذ كما رأينا شكلًا واحدًا؛ 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 تمامًا والتي ما زالت معرضة لحدوث الزلازل، ولذلك فإن هناك تطابقًا كبيرًا بين توزيع البراكين وتوزيع الزلازل في العالم.

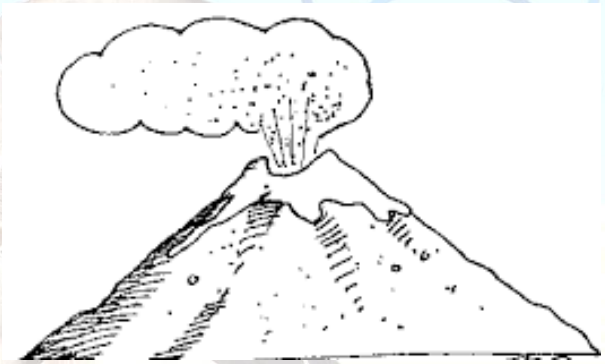
٣) الأجزاء الرئيسية للبركان:

أ) <u>المخروط البركاني</u> : *Volcanic Cone*

هو عبارة عن جوانب منحدرة 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.

ب) <u>الفوهة</u> : *Volcanic Crater*

تكون فُوهة البركان على شكل قُمع وتتكون معظم فوّهات 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 ذى جوانب شديدة الانحدار على هيئة حوائط أو جدران فإنها تعرف باسم الكالديرا.



المخروط البركاني

ج) **المدخنة أو قصبة البركان:** *Volcanic Neck*

هي الأنبوب الذي يصل بين خزان الصهير تحت الأرض والفوهة والذي تصـعد منه الصـهير، 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 :

(أ) تصنف البراكين حسب النشاط إلي 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 بركانًا 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 ودخانه 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 النشطة: 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 الهاجعة حتى اليوم الثامن عشر من شهر مايو سنة ١٩٨٠م. وما إن جاء ذلك اليوم إلا وهذا البركان يدوي في آفاق تلك الولاية معلنًا أنه قد بدأ في مزاولة 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 الخامدة *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 ٢كيلومتراً.
- بركان فيزوف.

٥) التوزيع الجغرافي للبراكين:

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

التوزيع الجغرافى للبراكين

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 ٣٠٠ 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.

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الرابع

الصدوع والطيات ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الرابع

الصدوع والطيات ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

تتمثل العمليات الباطنية البطيئة في كل من الصدوع والطيات، 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) <u>تعريف الصدع:</u>

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

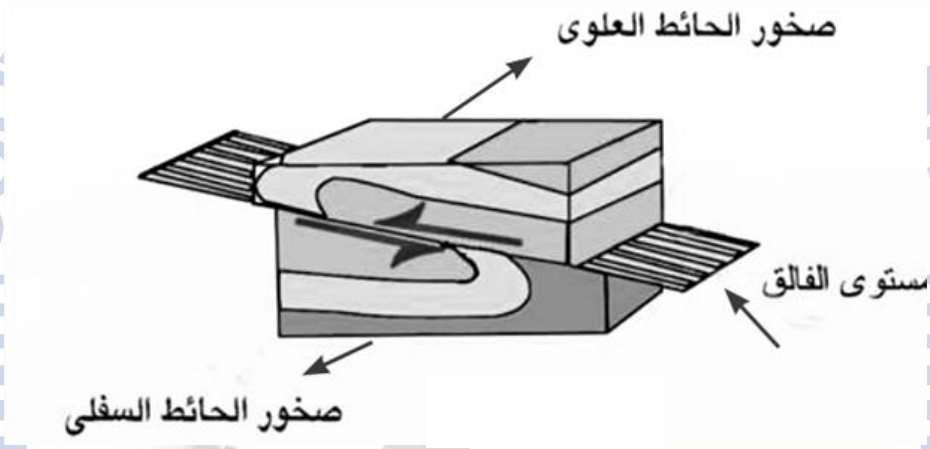
٢) <u>أجزاء الصدع:</u>

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 علي جانبي الكسر. وهي المسافة الرأسية التي تغير بها منسوب الطبقات على جانبي الصدع، وهي تختلف من بضع 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.

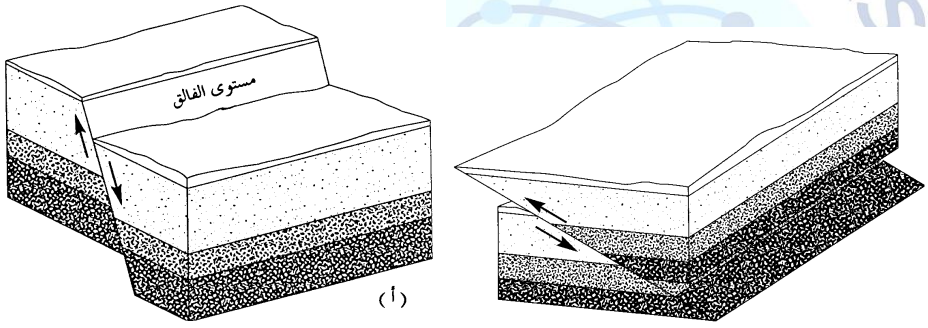
و) الزحف الجانبي*Heave of Fault* أي مقدار الإزاحة الأفقية في وضع الطبقات.

٣) <u>أنواع الصدوع:</u>

توجد الصدوع على أنواع كثيرة تتوقف على نوع الحركة المحدثة لها إذا ما كانت شداً أو ضغطاً ، ومن أهم الأنواع ما يأتي:

جامعة جنوب الوادي

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 أصلا . وتنشأ 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.



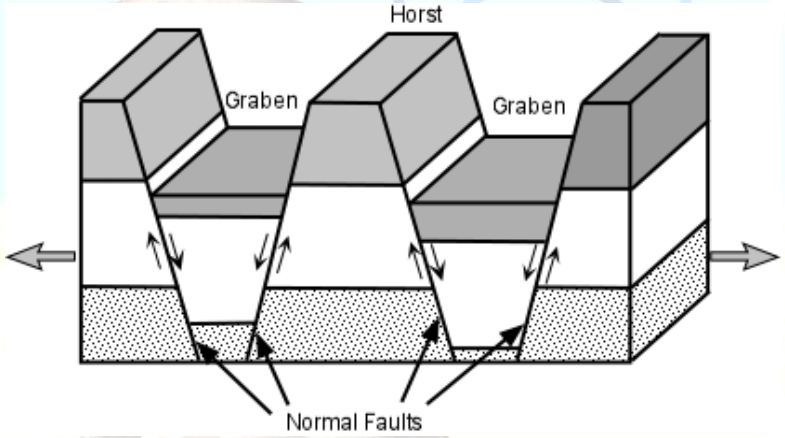
الصدع العادي **الصدع العكسي**

٢- الصدع المعكوس *Reverse or Thrust fault* يحدث نتيجة لعمليات الضغط أكثر من عمليات الشد، ويتميز هذا النوع بأن زاوية سطح الصدع حادة ، وفى 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 السُلمية *Step Faults* هي عبارة عن سلسلة من الصدوع المتوازية، بحيث تكون رمياتها في اتجاه واحد، فتظهر على هيئة مدرجات أو مصاطب *Terraces* متتابعة.

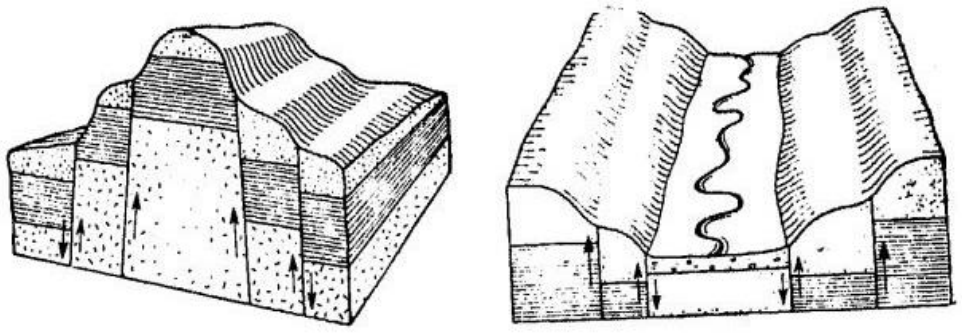
٤- الصدوع الخسفية *Graben or Trough Faults*: تنشأ نتيجة حدوث صدعين متوازيين وهبوط ما بينهما مكوناً منطقة صدعية. وهي تتكون نتيجة لحدوث صدعين متوازين "أو أكثر" وهبوط الأرض بينهما، وقد يحدث في نفس الوقت ارتفاع في الأرض الموجودة على جوانبهما الخارجية، وأشهر الوديان الصدعية

في العالم هو الوادي الصدعي الأفريقي العظيم *African Great Valley*، ويبلغ طوله أكثر من ستة آلاف كيلو متر، وهو يبدأ من بحيرة مالاوى "نياسا" في شرق القارة ويتجه شمالاً حيث يتفرع في هضبة البحيرات إلى فرعين أحدهما غربي، وتقع فيه بحيرة تنجانيقا المتصلة بنهر الكنغو، 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 فى الاتجاه وترمى المجموعة الأخرى فى 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 تتكسر 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) والصهور الصدعية (الى اليسار)

٤) <u>الأدلة على وجود الصدوع</u>:

يمكن التعرف على أدلة وآثار حدوث صدع فى منطقة ما كما يلي:

أ) الخدوش: تظهر الخدوش أحياناً نتيجة احتكاك الكتلة الصخرية المنزلقة بالصخور المقابلة على السطح الصدعى، وتشبه إلى حد كبير تلك الخدوش وحزوز التعرية الجليدية على جوانب الوادى الجليدى، ومن خلال الخدوش يمكن تحديد اتجاه الكتلة الصخرية المنزلقة، ويتم ذلك عن طريق تحريك اليد فى الاتجاه من السطح الخشن إلى السطح الناعم، وتوجد الخدوش فى الغالب فى حالة السطوح الصدعية ذات الزحزحة الأفقية المحدودة.

ب) البريشيا التكتونية : يختلف هذا النوع من البريشيا عن تلك التى تنتج عن التجوبة الميكانيكية، والتى تتراكم فى أقدام السفوح فى شكل مخاريط هشيم ، بينما تظهر البريشيا التكتونية فى شكل كومة من المفتتات غير المنتظمة، مما

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

ج) منطقة القص: *Shearing Zone* هي منطقة من الشقوق المتقاربة توجد على الصدوع، وتمتد موازية لبعضها البعض وتسمى بمنطقة القص الجيولوجى، 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 فى صحراء مصر الغربية حيث توجد حافات تمثل امتداد لعروق الجبس والكالسيت وغيرها من المتبخرات الصخرية.

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

٥) <u>الأهمية الجغرافية للصدوع</u>:

تظهر الأهمية الجغرافية للصـــدوع في كثير من جوانب الدراســـات الجغرافية؛ فبالإضـــافة إلى أنها مظهر مهم من مظاهر ســـطح الأرض؛ فإنها هي المســـئولة عن تكوين بعض الأشـــكال الجيومورفولوجية المهمة كما أنها تتدخل كذلك في نظام تصـــريف المياه الســـطحية وفي حركة المياه الجوفية وتكوين خزاناتها، وفي تكوين المصـــائد البترولية، وفي إظهار بعض الثروات المعدنية الموجودة ، كما أنها تؤدي كذلك إلى خلق بيئات متنوعة في مناطق حدوثها. وأنها تتدخل في توجيه طرق المواصـــلات وفي توزيع مراكز العمران وغير ذلك من مظاهر النشاط البشري.

ثانيًا: الطيات أو الانثناءات أو الالتواءات: *Folds*

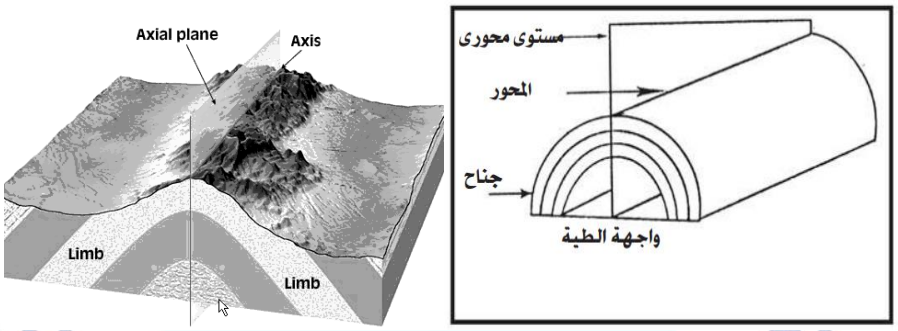
١) تعريف الطية:

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، وخصوصًا إذا كانت حديثة التكوين، أما الصخور النارية والمتحولة فإن شدة صلابتها لا تسمح لها بالانثناء إلا بدرجات محدودة؛ ولذلك فإنها غالبًا 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 بالتزحزح أمام الضغط الجانبي. وعندما تنثني 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 الطيه *Fold Axis* هو الخط الوهمي الذي تميل عنده صخور أحد جانبي الطيه في اتجاه مضاه لاتجاه ميل صخور جناحها الاخر.
- جناحا الطيه *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.

جامعة جنوب الوادي



أجزاء الطية

٣) <u>أنواع الطيات:</u>

تأخذ الثنيات أشكالًا 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 نوعًا ما من زاوية ميل الجانب الآخر.
- الثنية وحيدة الجانب: *Monocline* هي ثنية يشتد ميل الطبقات في جانب واحد من جانبيها بينما تظل الطبقات أفقية تقريبًا، أو مائلة ميلاً غير واضح في جانبها الآخر.
- الثنية المقلوبة: *Overturned 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 تمامًا بحيث يختفي تحت الجانب الآخر. وفي هذه الحالة يختل ترتيب الطبقات في الجانب الأسفل بحيث تقع الطبقات الحديثة تحت الطبقات الأقدم منها.

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

٤) الحركات الإلتوائية الكبرى خلال العصور الجيولوجية:

إن الالتواءات الكبرى التي تعرضت لها قشرة الأرض خلال العصور الجيولوجية المختلفة هي أهم نتائج العوامل التكتونية التي ساهمت في تكوين الأشكال التضاريسية الكبرى، وأهمها الجبال الالتوائية 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 الانثنائية الحديثة"، أو "الانثناءات 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 وخصوصًا 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.

ثانيًا: الحركات الهرسينية *Hercynain Movements*

لقد حدثت خلال القسم الأعلى من الزمن الجيولوجي الأول، وخصوصًا 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 غالبًا أكثر منها ارتفاعًا بسبب حداثتها النسبية من جهة وبسبب تعرضها في عصور لاحقة لحركات رفع جديدة من جهة أخرى، وأهم الجبال التي تنتمي إليها هي جبال جنوب أيرلندة وجنوب ويلز وجنوب إنجلترا، وجبال غرب أوروبا ووسطها مثل هضبة فرنسا الوسطى وهضبة بوهيميا وجبال السوديت 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.

ثالثًا: 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 نطاقًا يمتد لبضعة آلاف من الكيلو مترات في غرب الأمريكتين ويشمل سلاسل جبال روكي وسلاسل جبال الأنديز.

 # الأشكال الناتجة عن العمليات التكتونية:

- الجبال البركانية *Volcanic Mountains*

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.

- الجبال الصدعية *Faulted Mountains*

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.

- الهضاب البركانية *Volcanic Plateaus*

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.

- **الهضاب الصدعية:** *Horsts or Faulted Plateaus*

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 أوربا.

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.

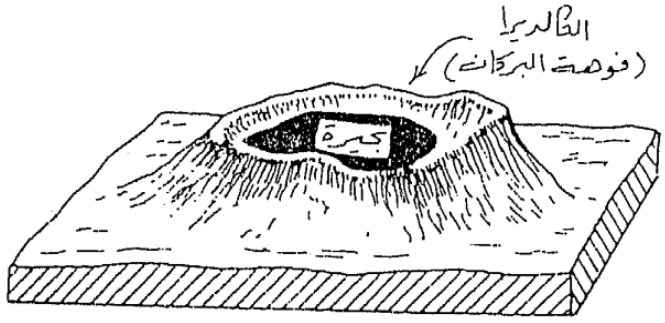
- **السهول البركانية** *Volcanic Plains*

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 عالقًا 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.

- **الكالديرا:** *Caldera*

هي حوض كبير متسع، جوانبه شديدة الانحدار، ويتكون في أعلى بعض المخروطات البركانية، ويرجع تكونه بصفة خاصة إلى اتساع القمع بفعل عوامل التعرية وعوامل التجوية وانهيار جوانبه؛ ولذلك فإن الكالديرا توجد غالبًا 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 مترًا.



- **الأودية الصدعية:** *Grabrn of Rift Valleys*

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*.

- **الحافات الصدعية:** *Fault Scarps*

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 الظاهرات 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.

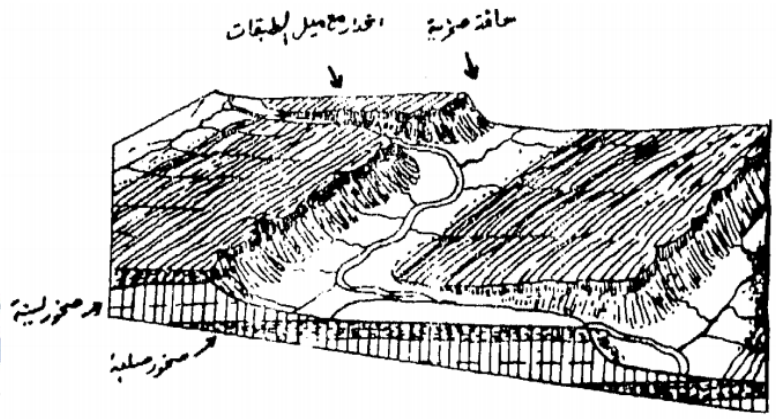
- حافات أسطح الصدوع *Fault Scarps Line*

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.

- الكويستا *Questa*

هي ظاهرة جيومورفولوجية تتكون من منحدر هين يتوافق مع اتجاه الميل وحافة شديدة الانحدار تنحدر 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.

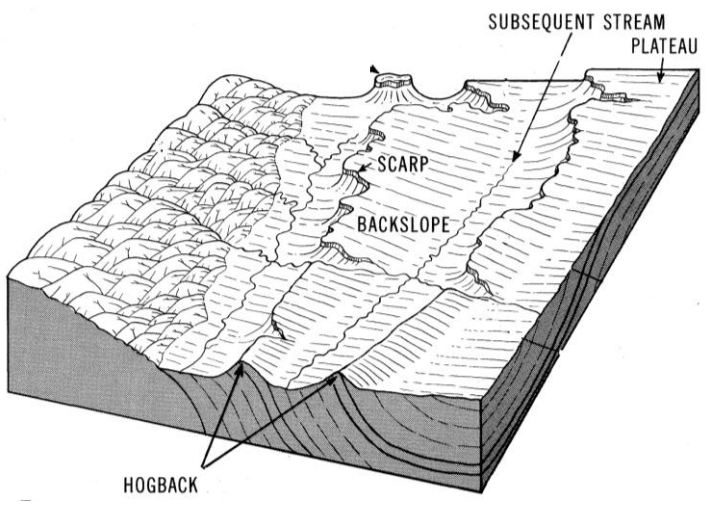
جامعة جنوب الوادي



الشكل العام للكويستا

– ظهور الخنازير *Hog Back*

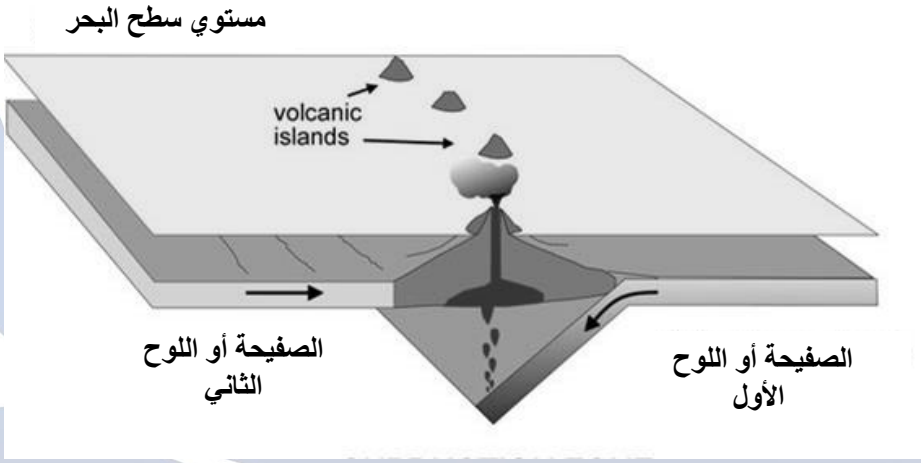
هي عبارة حافات صخرية شديدة الانحدار، والفرق بين الكويستا وحافات أظهر الخنازير، وأوضح أن أهم ما يميز الكويستا هو انحدار منحدر الميل التدريجي البسيط وامتداده الطولي الكبير مقارنة بانحدار واجهة الميل الشديدة الانحدار وامتدادها القصير، حيث يبلغ امتداد منحدر الميل عدة أميال ، فإن ارتفاع الحافة لا يزيد عن 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 التباعدية 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

التجوية ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الخامس

التجوية ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

أولاً: تعريف التجوية: *Weathering*

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

ثانيًا: العوامل التي تتحكم في التجوية:

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

- **تركيب الصـخر:** حيث يختلف مقدار تأثر الصـخور بعوامل التجوية على نوع الصـــخر أو بمعنى آخر على التركيب المعدني للصـــخر ونســيجه أي حجم الحبيبات التي يتكون منها ونظام تكتلها وكذلك كثرة التراكيب الجيولوجية والمفاصـــل والأســطح الطبقية وغيرها.ويؤثر التركيب المعدني للصـــخر في التجوية من خلال التنوع المعدني وتباين الخصـــائص الكيماوية والطبيعية للمعادن التي تدخل في تركيبه مما يحدد قابليتها للتجوية. وعلى هذا الأســاس فإن هناك تبايناً كبيراً بين المعادن في مقدرتها على مقاومة التجوية، فالصخور النارية تكون شـديدة الصـلابة وبالتالي أكثر مقاومة لعمليات التجوية المختلفة علي عكس الصخور الرسوبية.
- **العوامل المناخية:** يلعب العامل المناخي دوراً مهما في التأثير على عمليات التجوية المختلفة ولا يقل أهمية عن أي عامل أخر ، ويتمثل العامل المناخي في عدة عناصـر أهمها درجة الحرارة والرطوبة والأمطار ، حيث تزيد عمليات التجوية الفيزيائية في ظل وجود درجة حرارة منخفضـــة 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 للصـــخور،وحيث أن هذه المعادن تتفاوت في معاملات تمددها ، فأنها تعمل

على تشقق الصخر وتفتيته إلى حبيبات معدنية أو صخرية متباينة الأحجام. وعندما تتشرب 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 وتنكشف 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 أثار تجوية الصخور من خلال نتاج التجوية أو انخفاض منسوب المكاشف الصخرية وتظهر أثار التجوية في فترات زمنية تتراوح ما بين مائة وبضع من السنين وذلك حسب نوعية الصخر والمناخ السائد.

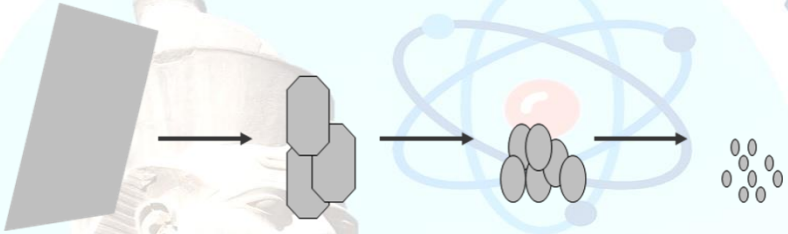
ثالثًا: أنواع التجوية:

تنقسم عمليات التجوية في الطبيعة إلى قسمين، هما: التجوية الميكانيكية أو الطبيعة والتجوية الكيميائية ، وتمارس هاتان العمليتان تأثيرهما في الصخور بصورة مشتركة، إذ يندر أن تنشط 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 تغير فى تركيبه المعدنية وفى موضعه، و فيما يلي عرض لعمليات التجوية الميكانيكية:



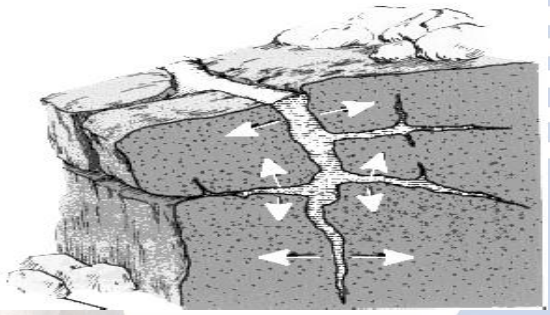
التجوية الميكانيكية أو الطبيعية

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 يسمي بالتجوية بفعل الإشعاع الشمسي *Insolation Weathering* حيث يؤدى 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 توالى حدوث تلك العملية يتكسر الصخر.وذلك كما هو الحال في كثير من أراضى الصحاري المصرية فقد يزيد الفرق في درجة لحرارة الجو بين النهار والليل على ٢٥درجة مئوية ، وهذا التغير يسبب فرقاً كبيراً 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 يؤدى إلى تسخين شديد للصخر أثناء النهار، وفى أثناء الليل تفقد الصخور حرارتها بسرعة ويحدث لها عملية انكماش.



أثر اختلاف درجات الحرارة علي الصخور

تجمد المياه داخل الشقوق

ب) إزالة الضغط والحمل من أعلي 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.

ج) **تجمد الماء**: *Frost Wedging*

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 فيتسع.

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

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

٢) **التجوية الكيميائية** *Chemical Weathering*

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 فى موضع الصخر. وتمارس التجوية الكيميائية فعلها بواسطة أربعة عمليات هي:

أ) **عملية الإذابة** *Solution*

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

الصـــخور في معدل الإذابة فقط من نوع لآخر ، فالصـــخور النارية والمتحولة معدل إذابتها صـــغيراً ويبلغ ٠.٥-٧ ملليمتر/١٠٠٠ ســـنة .أما الحجر الرملي يتراوح بين ملليمتر/١٠٠٠ســـنة ، حيث أنه يســـهل تفككه وبالتالي في إذابته يكون كبيراً ، ويقترب منه معدل إذابة الحجر الرملي بمعدل ١٦-٣٤ ملليمتراً ١٠٠٠ سنة. أما الصخور الطباشيرية فتذوب بمعدل ٢٢ ملليمتراً/١٠٠٠سنة ، بينما تزيد صـــخور الحجر الجيري عن ذلك ليتراوح معدل إذابتها ٢٢-١٠٠ ملليمتر.

ب) **عملية التميؤ** *Hydration*

هو عبارة عن ارتباط جزئيات الماء أو مجموعات الهيدروكســـيل بالمعادن،وتتمثل عملية التميؤ فى امتصـــاص المعادن الموجودة فى الصـــخر للماء، حيث يؤدى ذلك إلى إضعاف الصخر، ومن أهم الأمثلة على هذا التغير هو تأدرت الانهيدريت الى الجبس مع زيادة كبيرة في الحجم تعادل ٣٣٪ من الحجم الأصلى

$$CaSO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4.2H_2O$$

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

ج) **عملية الأكسدة** *Oxidation*

هي عبارة عن تفاعل المعادن مع الأوكســـجين لتكوين الأكاســـيد والهيدروكسيد، وعندما تدخل المياه فى التفاعل سواء بكميات كبيرة أو ضـئيلة يشـــيع حدوث عمليات الأكســـدة، وتتم معظم عمليات الأكســـدة فى النطاق المعرض لـــــتأثير الجو. ويعد معدن الحديد من أكثر المعادن تأثراً بعمليات الأكسدة، حيث يظهر فى حالات أكسدة مختلفة ويتغير لونه بفعل الأكسدة من الأزرق أو الرمادي إلى الأحمر أو الأصـــفر أو البني. وأهم هذه التفاعلات هو تحول الحديدوز الى حديدك بفقد الكترونات.

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^{-}$$

د) **عملية الكربنة** *Carbonation*

يقصـــد بها تفاعل أيونات الكربونات والبيكربونات مع المعادن المكونة للصخر، ومن غير الشائع وجود الكربونات فى نواتج التفاعل فى لمواقع المتأثرة بالتجوية، حيث ينتج عن إذابة ثاني أكسيد الكربون إلي تكون حامض الكربونيك المخفف والذى يتميز بدوره الحيوي كحامض فى إذابة الكربونات، وكلما زادت حامضـيته زاد فعل الإذابة، إذ يؤدى تفاعله مع كربونات الكالسـيوم إلى تكوين بيكربونات الكالسـيوم التى تتصـف بقابليتها للذوبان فى الماء وتكوين رواسـب جيرية ناعمة.

ه) **التحلل المائي** *Hydrolysis*

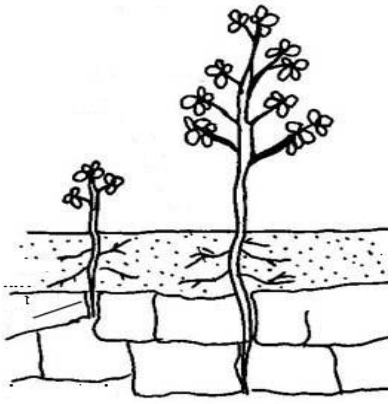
هو عبارة عن عملية غزو أيونات الهيدروجين الصـــغير الحجم العالي لشحنة (الهيدرونيم $H3O+$) للبناء البلورى للمعادن والصخور ، وينتج عن ذلك إحلال أيونات الهيدروجين محل بعض الأيونات الأساسية في التركيب البلورى مؤدياً لتفكك وانهيار بناء الصـــخر. والماء الطبيعى يحتوى عادة على غازات ذائبة من الهواء الجوى مثل ثانى أكسيد الكربون معطياً حمض الكربونيك الذى يتأين وتنفرد منه أيونات الهيدروجين. ومن أهم المصـــادر الأخرى لأيونات الهيدروجين هو حمض الكربونيك والأحماض العضوية الناتجة من تحلل المواد العضـــوية والنشـــاط البيولوجى بالتربة. وتحدث عملية التحلل المائى تحت جميع الظروف خصوصًا بالمناطق الاستوائية الرطبة الحارة.

٣) **التجوية العضوية** *Organic Weathering*

تمارس التجوية العضـوية فعل ميكانيكي وكيميائي لذلك يمكن تقسـيمها إلى نمطين رئيسين 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.

(أ) التجوية الميكانيكية العضوية:

تقوم الكائنات الحية سواء كانت نباتات أو حيوانات بدور كبير فى تفكيك الصـــخر، فعندما تضرب النباتات والأشجار بجذورها فى الشــقوق ، وهى بذلك تقوم بتوســيع الشــقوق والفواصل وتعميقها داخل الصخر، حيث يعمل الضـــغط الميكانيكى الذي تحدثه تلك الجذور الممتدة بين شـقوق الصـــخور إلي إزاحتها من مكانها وتكسرها. كما تقوم الحيوانات القارضـة والحشـرات خصـوصـا الديدان الأرضـية والتى توجد بأعداد هائلة بالتربة بحفر مـأوى وجحور وممرات لها فى باطن الأرض، أى أن الكائنات الحية تحدث تكسر للجزيئات الصخرية بواسطة الحفر عن طريق الحيوانات.



دور النباتات والأشجار
في توسيع الشقوق بالتربة

وتعد حرائق الغابات بالمناطق شـبه الجافة والتى يسـببها البرق تتسـبب في تكسر وتفتت الصخور المعرضة للحرارة العالية وقد تتصدع الجبال ويحدث بها انهيارات شديدة.

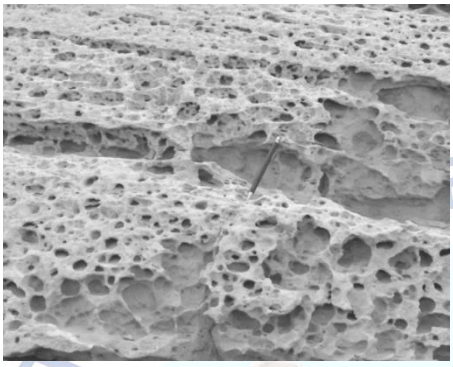
(ب) التجوية الكيميائية العضوية:

تفرز النباتات والحيوانات ثاني أكسـيد الكربون الذي يسـاعد على إذابة الحجر الجيري ، ويعظم تأثير النباتات فى السواحل، حيث يساعد ثاني أكسيد الكربون الذي تفرزه النباتات البحرية على سـطح الرصـيف البحري التحاتى فى زيادة قدرة مياه البحر على إذابة الحجر الجيري.

جامعة جنوب الوادي

رابعًا : 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
- ☑ التافونى *Tafoni* هو عبارة عن حفر أو مخفضات يقل اتساعها وعمقها عن بضع أمتار، وتنشأ فى الجوانب السفلية للكتل الصخرية أو فى واجهات الجروف شديدة الانحدار.
- ☑ التربة *Soil* تعتبر التربة النتاج 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 الظاهرات الكارستية انتشاراً فى العالم ، وهى تنشأ نتيجة تسرب المياه من خلال الفواصل وإذابتها لمكونات الصخر ، ويتوقف شكل الحفرة الغائرة على المميزات التركيبية للصخر ومدى وفرة المياه. 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 ثقوب متجاورة في واجهات الصخور، وتتكون هذه الظاهرة بفعل قطرات الندى أو



قطرات المطر الفجائي ، والتي تؤدي إلى إذابة الصـــخور الجيرية مكونة ثقوب صـــغيرة ، ســـرعان ما تتســـع 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 فى الفواصل والشقوق الصخرية وسرعان ما ينزلق هذا الحطام بفعل الجاذبية إلى أسفل التلال والجبال مكونا ما يسمى بركام السفوح ويتميز بكونه عبارة عن قطع صخرية غير منتظمة الشكل ، متفاوتة فى أحجامها ذات حواف مدببة .

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

☑ الأسطح الجيرية المتضرسة (التشرشر الجيرى)*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* فى سيبيريا ويوغسلافيا ، والليبيه *Lapies* فى فرنسا ، والكارن *Karren* فى ألمانيا.

جامعة جنوب الوادي

الفصل السادس
الرياح ودورها في تشكيل ملامح سطح الأرض

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
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 صلدة كالجرانيت لا يتم نحتها بسهولة بل تقوم الرياح بخدش سطحها فقط وأنها تنحت 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 الياردنج حيث تقوم الرياح بنحت أماكن الفواصل والشقوق وأماكن الضعف الجيولوجي، في حين تتوقف قدرتها علي النحت أمام الصخور الصلبة مثل الجرانيت ، وتكون نتيجة ذلك تلميع السطح فقط.

☑ **المناخ:** يعد المناخ من العوامل المهمة التي تؤثر علي عمل الرياح بالمنطقة، فارتفاع درجة الحرارة يؤثر علي الصخور ويعرضها لعمليات التشقق والتقشر بفعل التجوية، بالإضافة إلي 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 والتى 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 تركز هبوب الرياح من اتجاهين معظم فصول العام إلى تركز عمليات النحت في التلال المواجهة للرياح بدرجة أكبر من الجوانب المحمية الموجودة في ظل الرياح ، حيث نجد أن الكهوف والحزوز وعمليات التقويض السفلي في الجوانب المواجهة للرياح المحملة بذرات الرمال والتي تستخدمها كمعاول مساعدة في عملية النحت.

العلاقة بين سرعة الرياح وحجم الرواسب التي يمكن أن تنقلها

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

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 تكرارها 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 كالتموجات الرملية. وهناك علاقة قوية بين وسرعة الرياح من جهة وحمولتها من جهة أخري ، فعندما تقل سرعة الرياح تقل قدرتها علي حمل الرواسب فتميل للإرساب ،كما ترتبط أحجام الرواسب المشكلة للملامح 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 فتؤدى إلى تخفيض سرعتها أو تحويل اتجاهها ،الأمر الذي يؤدي إلي ترسيب حمولتها من الرواسب مكونة بعض الأشكال الارسابية مثل الكثبان الصاعدة والهابطة.

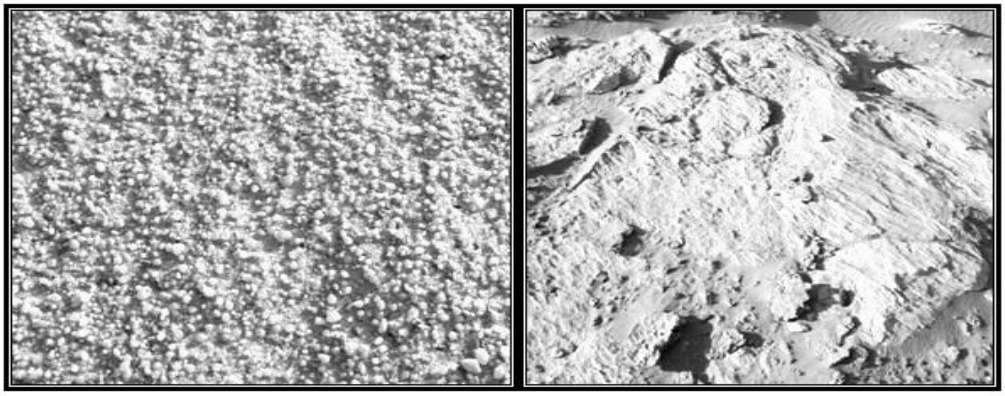
☑ **خصائص التربة:** تعتبر الرواسب السطحية المفككة من العوامل المهمة التي تحدد مدي قدرة الرياح علي النحت ، وقد تتسبب الرواسب السطحية في إضعاف قدرة الرياح على النحت إذا لم تكن محملة بالرمال ، فإنها تصبح عديمة التأثير في الأسطح الصخرية التي تتعرض لها ، فهي لا تنحت إلا إذا كانت محملة بالرمال ، إلا أن الحمولة 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 تؤدى إلى حمل ورفع وإزالة حبيبات التربة الهشة من مكانها ونقلها إلي مكان آخر. أما عملية النحت أو الصقل *Abrasion* فتتم بواسطة انقضاض الرياح المحملة بالمفتتات الصخرية التي تتحول إلى عواصف رملية تقوى على نحت الصخور وبريها.



(أ)عملية النحت أو البرى. (ب)عملية التذرية.

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 التدحرج 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 ٠.٥ملليمتر 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:

(١)اليـاردنـج *Yardang*

يعد من الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن النحت الهوائي بدرجة أساسية ،حيث تقوم الرياح بدور رئيسـي في تشـكيلها ،وتشـبه ضـلوع الحيوان ،تشـكلت نتيجـة اصـــطدام الريـاح المحملـة بـذرات الرمـال ، وبـالتـالي نحـت وتخفيض المواضـع الضـعيفة. وتتميز بأنها تأخذ الشـكل المسـتطيل موازية لاتجاه الرياح جوانبها شديدة الانحدار والجانب المواجه تكون مسطحة ، أما الجهة المعاكسة فتستدق تدريجياً إلي أن تتلاشي.

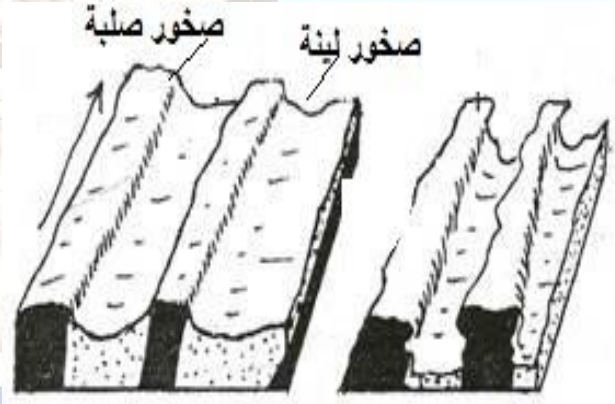
 # نشأة اليـاردنج :

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 الياردنج ، 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 الياردنج ، حتي يصبح سطحها أملساً وخالياً من الرواسب ، الأمر الذي يقلل من أهمية هذه العملية في تكوين الياردنج. كما تقوم الرياح من خلال عملية البري بالتقويض السفلي *undercutting* لمقدمة الياردنج ، أما عملية التذرية فتقوم الرياح من خلالها بحمل نتاج عملية البري ، ونقلة بعيداً عن جسم الياردنج.



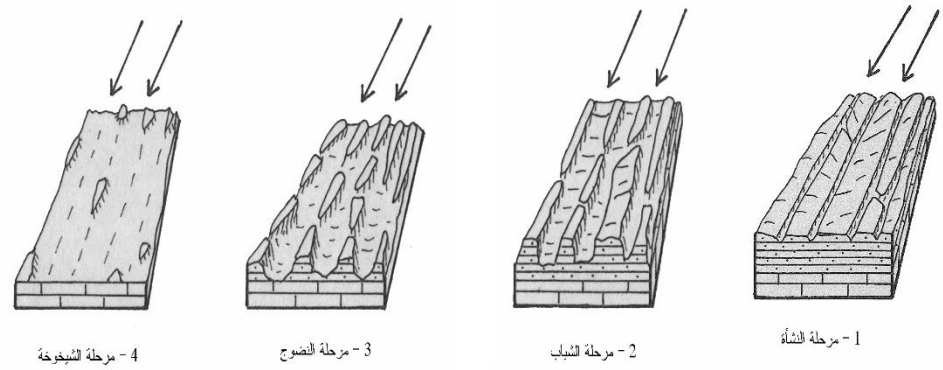
الياردنج

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

 # مراحل نشأة وتطور الياردنج: تمر الياردنج بأربعة مراحل وهي كما يلي:

- المرحلة الأولي: نتيجة لتعرض صخور المنطقة للإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة ، تنشط التجوية ثم مما أدي 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 الياردنج وجوانبها فينتج عنها نحت سفلى ، وتساعد التشققات العميقة التي تظهر على جسم الياردنج نتيجة نشاط عمليات التجوية الميكانيكية على انفصال كتل من وجه وجوانب الياردنج ، ومن ثم يبدأ حجمها في الصغر وتتسع الممرات التي تفصل بينها فتتيح الفرصة لنشاط حركة الرياح.
- مرحلة الشيخوخة: وهي المرحلة النهائية لتطور الياردنج حيث يعتدل الشكل الانسيابي للياردنج نتيجة نشاط التعرية الرياحية فينتج عنها تقويض لبعض أجزاء الياردنج وخاصة الوجه والرأس فتسقط وتتهدل ويقل حجم الياردنج لتقترب من سطح الأرض ويزداد تأثير استخدام الرياح للرمال المفككة كأدوات نحت فيتضاعف معدل نحتها للرياح، ويبدأ حجم الياردنج في التضاؤل وربما تتلاشى ليظهر أخيراً السطح الصخري الأصلي بعد إزالة وتذرية ما تبقى من الرواسب على السطح.

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي



مراحل نشأة وتطور الياردنج

(٢)**عش الغراب:** *Mushroom Rocks - Pedestal Rocks*

هي عبارة عن هضـبيات أو أجزاء صـخرية متناهية جداً في الصـغر وهذه الظاهرة من الأشكال الصحراوية ذات الصخور الصلبة ، والتي شكلتها الرياح ، وتشـــبه في هيئتها عش الغراب المعروف (وهو نوع من النباتات الفطرية) ، ويمثل صـــخرة تشـبه 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 تنشـــأ هذا الشـــكل عندما تتعاقب طبقات من الصخور الصلبة مع أخري لينة. فقد تنشأ هذه الظاهرة في الصخور الرملية التي يتخللها الحجر السلتي أو طبقات من الطين ، حيث يتم نحت الطبقات اللينة أو الأقل صلابة والتي يتم نحتها بشكل أسرع.

ب) العامل المناخي: ويقوم بدوره في نشـأة الظاهرة بعناصـره المختلفة ، حيث يؤثر علي نشـــاط عمليات التجوية الميكانيكية ، وبالتالي تفكك الصـــخور ويجعلها أكثر عرضة للتآكل. أما بالنسبة للرياح نجد أن لها دوراً واضحاً في

نشـــأة وتشـــكيل الظاهرة ، حيث تعمل الرياح علي نحت الطبقات الســـفلية الأكثر ليونة والأخرى المجواه ، وصقل الصخور الصلبة التي تعلوها.

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

ملمح عش الغراب

 # مراحل تطور عش الغراب:

تمر ظاهرة عش الغراب بثلاث مراحل تطورية ، وهي كما يلي:

- مرحلة الشـــباب: ففي هذه المرحلة نجد ســـطحاً مســـتوياً ذو طبقات أفقية ، يتعرض لعوامل التجوية التي تقوم بتفتيت أجزاء من هذا السطح الصخري.
- مرحلة النضـــج : وفيها تنشـــط عمليات التجوية التي يتخلف عنها مفتتات أسـفل الصـخر ، بالإضـافة إلي ظهور فواصـل وممرات بالصـخر ، فتقوم الرياح المحملة بالرياح بإزالة تلك المفتتات المجواه ونحت الأجزاء الســـفلي

اللينة 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 ويقترب 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 تحززات 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.

جامعة جنوب الوادي

(٤)الأرصفة الصحراوية *Desert Pavement*

هي أكثر الملامح 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 الحصي الذي تعجز الرياح علي اكتساحه .وغالبا ما يكتسب السطح العلوي للرصيف اللون الداكن لتأثره بعملية الأكسدة .كما تتميز الأرصفة الصحراوية بخلوها من النباتات الطبيعية.

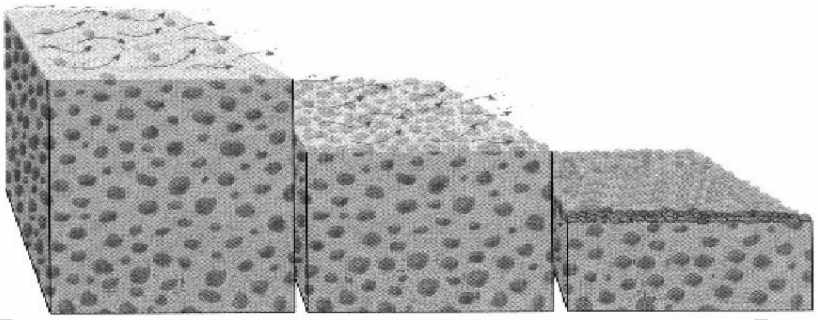
 # مراحل نشأة وتطور الأرصفة الصحراوية:

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 ،حتي يصبح سطح الرصيف الصحراوي حصوياً.



نموذج نظري لمراحل تكون وتطور الأرصفة الصحراوية

(٥)الحصى الهندسي *Ventifacts*

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 الحصي 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 الجيومورفولوجين أنه نتاج التعرية الريحية ، وعلي العموم لكي يتكون الحصى المصقول فلابد 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 وبري 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، بمعني أنه كلما زادت صلابة الحصي كلما قل معه تشكيل وبري 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 وتفقدها قوتها.

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

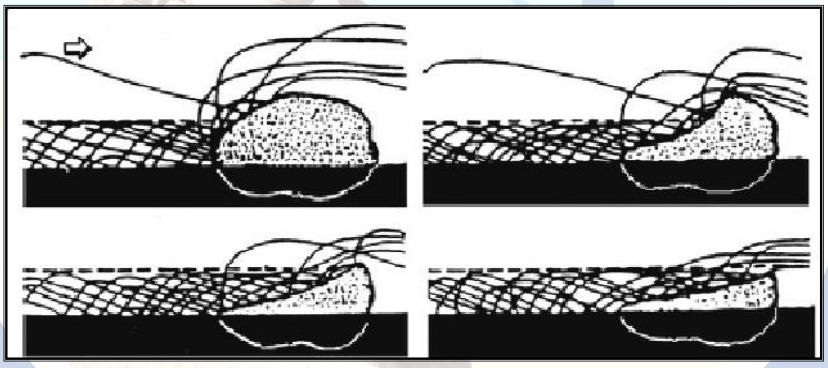
– **الزمن:** تحتاج الوجه ريحيات إلي وقت طويل جداً لكي تتشكل وتتكون.وقد اختلفت الآراء في الزمن الذي تأخذه الوجه ريحيات، فنجد أن *Caileux* يري أن خمسة أيام تهب فيه رياح قوية كافية لتشكيل الحصي بشرط أن تكون الرياح محملة برمال خشنة.أما *Nieter & Kinsley* فقد أشارا إلي أن رياح بسرعة ١٦كم/ساعة يمكن أن تظهر آثار بري الرياح علي سطح الحصي وتسوي الأرض خلال عدة ساعات،في حين يري *Flint* أن الوجه ريحيات تحتاج إلي ١٠٠عام ليتم تكوينها.وهناك بعض الباحثين يرون أنها تحتاج إلي لآلاف السنين.

 # مراحل نشأة وتطور الحصى المصقول:

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

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

(٢)المرحلة الثانية: وفيها يبدأ نشـاط بري الرياح مع التجوية الميكانيكية ، حيث تقوم الرياح في هذه المرحلة بإزالة مخلفات التجوية الميكانيكية وكشـف السـطح مرة أخرى أمام عمل التجوية ،بالإضـــافة إلي اكتســـاح الرياح وإزالتها للمفتتات الناتجة عن عملية التجوية واستخدامها في برى الحصوات.



مراحل تشكيل وتطور الحصى الهندسي بواسطة بري الرياح

(٣) المرحلة الثالثة: تبدأ مرحلة جديدة من عمل الرياح حيث تقوم الرياح باسـتخدام مخلفات عملية التجوية الميكانيكية في صـقل الحصـوات الصـخرية بواسطة الرمال المندفعة مع تيارات الهواء فتقوم ببري الصخر.

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

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

(٦)فجوات الرياح:

هي عبارة عن تجاويف تنحت في الأجزاء اللينة من الصـــخور،حيث تعمل الرياح علي جر وحمل المفتتات والمواد الصـــخرية المجواه ، وتترك ورائها بعض الفجوات المتواضـــعة الاتســـاع المحدودة المســـاحة ، ويطلق على هذه التجويفات اسم كهوف الرياح. وتأخذ الكهوف أشكالا بعضـها هندسيا وبعضـها الآخر غير هندسـي. وتنتشـر ظاهرة فجوات الرياح بجوانب التلال والمصـاطب المواجه للرياح والتي تنحدر بدرجة تتراوح بين ٥° –٩٠° ، ويتعامد اتجاهها مع اتجاه الرياح السائدة.

رابعاً: الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن الإرساب بفعل الرياح:

 # العوامل المؤثرة فى الإرساب الهوائي:

يتحكم فى تكوين الأشـــكال الرملية مجموعة من العوامل المتداخلة التى تلعب دوراً مهماً فى عملية تشـكيلها وتغيير خصـائصـها المورفولوجية ، وتتمثل فيما يلي :

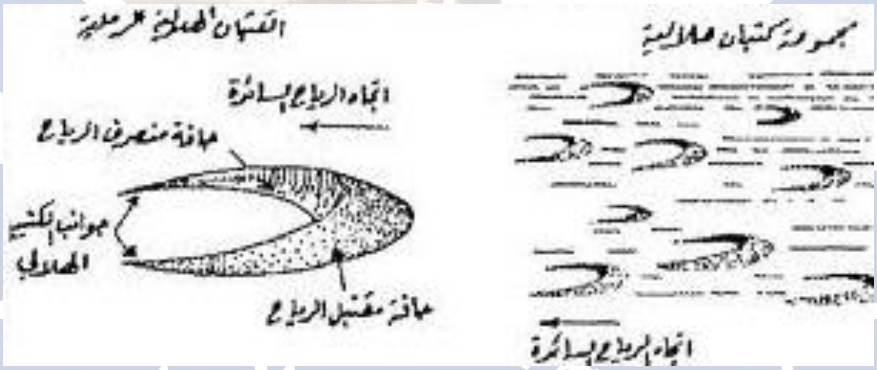
- وجود نظام رياح سائد لفترة زمنية طويلة خلال العام.
- جفاف المناخ طوال العام.
- توفر موارد دائمة تأخذ منها الرياح حمولتها.
- وجود سطح مستو أقل تضرساً.

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الأشكال الأرضية الناتجة عن إرساب الرياح:

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

يتخذ هذا النوع الشكل الهلالي لذا سمى بهذا الاسم، كما أن له أسماء عديدة أشـــهرها كثبان البرخان ، وهذا النوع من الكثبان عندما يكتمل تكوينه يتكون له جانبان ينحدران فى اتجاهين متضـــادين هما جانب مواجه للرياح السـائدة واسـمه " الكسـاح " ، أما الجانب الثاني فهو ينحدر عكس تجاه الرياح السـائدة، يقع فى ظلها، ولذلك يعرف باسـم جانب ظل الرياح "الصـباب" ، وفى العادة يلتقى الجانبان على طول حافة حادة، أو قد يلتقيان عند قمة الكثيب فى بعض الكثبان. ويقع الصـــباب بين ذراعين طوليين يعرفان باســـم قرنى الكثيب *Horns* اللذين يشيران إلى اتجاه منصرف الرياح، وقد نشأ نتيجة لتباين سرعة الرياح عند أطرف الكثيب، ولذلك يتوقف طوله على ســـرعة الرياح ومدى انتظامها، وطبيعة التضـــاريس وحمولة الرياح من الرمال، وغالباً ما يزيد طول إحداها عن الآخر.



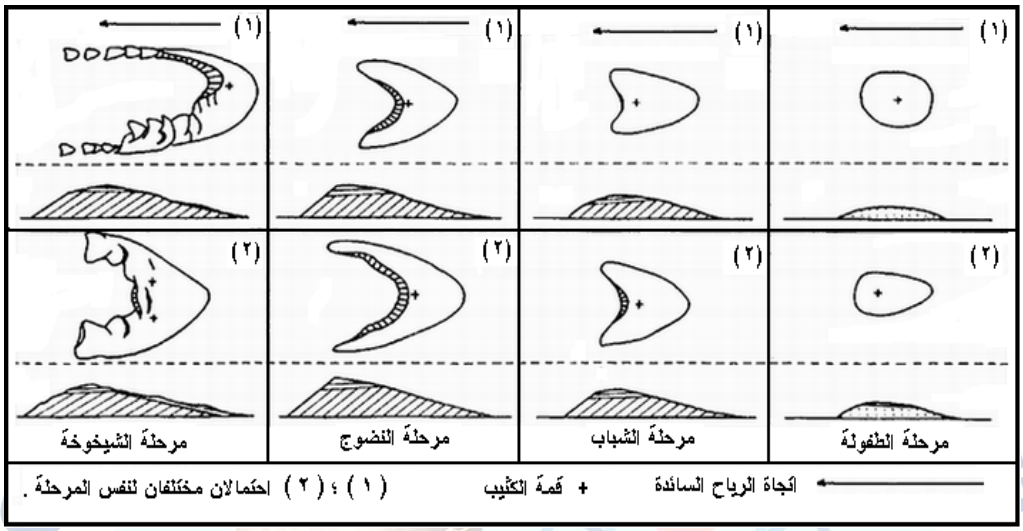
الكثبان الهلالية

- 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 يبزغ 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 مسطح 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 جانبيان – 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.

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي



الدورة الجيومورفولوجية للكثبان الرملية الهلالية.

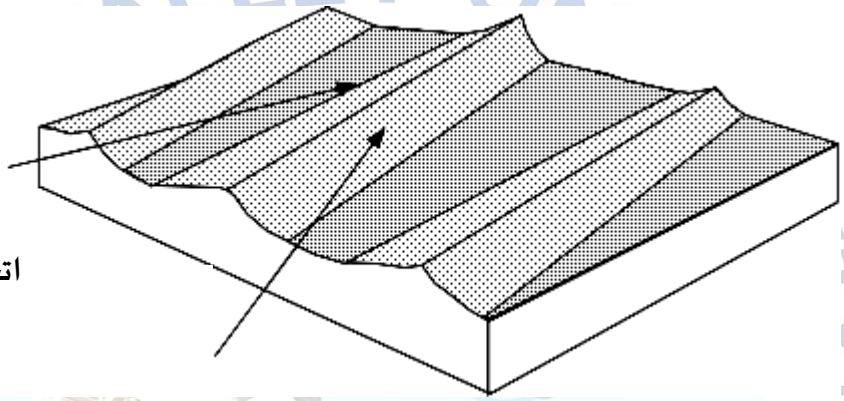
- مرحلة الشيخوخة: نتيجة لتطور أحجام الكثبان وازدياد حجمها تلتحم بعضها ثم يتكون عليها أكثر من صباب ويكون له أكثر من قمة، وتنزع منه الرياح القوية كميات من الرمال ترسبها أمام قرنية على هيئة كثبان قبابية أو بيضاوية صغيرة تكون متقاربة في البداية ثم تتباعد بعد ذلك مع الزمن لتبدأ دورة جديدة.

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

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

جامعة ضوء الوادي

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



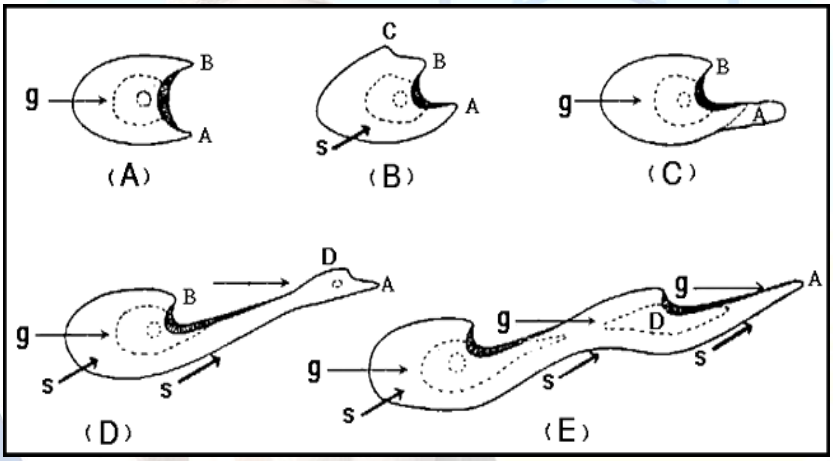
اتجاه الرياح

وتتفاوت أبعاد الكثبان الطولية في أحجامها فبعضــها يزيد طوله عن ٢كيلومتر، بينما البعض الأخر لا يزيد عن ٢٠٠ متراً ، أما العرض فيتراوح بين بضـــعة أمتار إلي عشرات الأمتار، في حين يتراوح الارتفاع بين ٥ – ٨ متراً.

 # نماذج نشأة الكثبان الطولية وعلاقتها بالرياح:

تناولت دراســـات عديدة عملية تحول الكثبان الهلالية إلي طولية ، ويعتبر نموذج *Bagnold,* من أهم النماذج التي شـــرحت كيفية نشـــأة الكثبان الطولية، وفيما يلي عرض مبسط لأسس هذا النموذج حيث يفترض باجنولد في هذا النموذج وجود نظام رياح ثنائي الاتجاه، وله تأثيرات موســـمية متناوبة؛ فالاتجاه الأول ذو رياح هينة ســـائدة يتمشـــى مع اتجاه المحور الطولي للكثيب يعطيه الشكل الهلالي، أما الاتجاه الثاني فهو فصلي مؤقت يتسم بالقوة ومتشبعة بالرمال، ويهب بجانب أحد القرنين وهو هنا القرن الأيســـر حيث يؤدي إلي استطالته وتحويل الكثيب للشكل الطولي.حيث يتضح أن الكثيب الطولي بدأ في مرحلة أولية كثيب هلالي نتيجة ســيادة رياح هينة هي المســئولة عن المحافظة

علي الشـــكل الهلالي للكثيب، في حين يري *Tsoar* أن الرياح القوية المحملة بالرمال هي المسئولة عن نشأة وتكوين الكثيب الهلالي. إلا أن الكثيب يصبح عرضـــة في لاحقه إلي رياح أخري موسـمية جانبية قوية ومحملة بالرمال تعمل علي استطالة إحدى قرني الكثيب علي حساب القرن الآخر، ويأخذ القرن الأخر في الانكماش ، وتكون المحصـــلة النهائية تمدد القرن المتعرض للرياح القوية ليتحول الكثيب إلي الشكل الطولي.

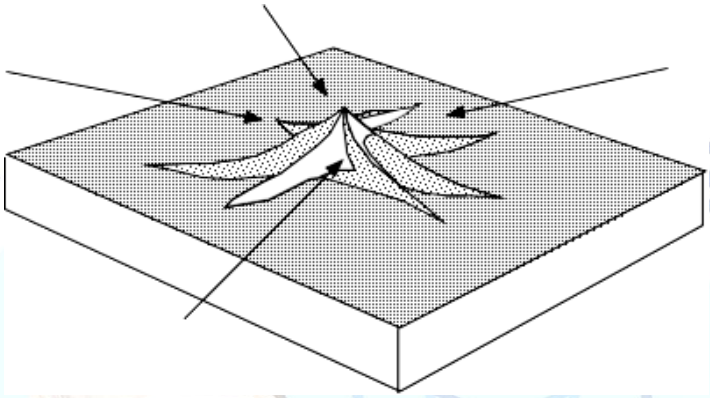


تحول الكثبان الهلالية إلي أخري طولية

٣. الكثبان النجمية: *Star dunes*

ينشـــأ هذا النوع من الكثبان بفعل الرياح متعددة الاتجاهات التي تتميز بعدم وجود رياح ذات اتجاه محدد,بمعنى تســـاوي شـــدة واتجاه الرياح نوعاً ما.وهي عبارة عن كثبان أو تلال رملية كثيراً ما تكون على شـــكل هرم كوكبي الشـــكل ذي ثلاثة أزرع أو أكثر أو حروف بارزة من الرمل يكون لها مركز وســـطي مرتفع,وتتفرع عنها ثلاثة أو أربعة أحرف في اتجاهات مختلفة مكونة شـكلاً يشـبه شـكل 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:

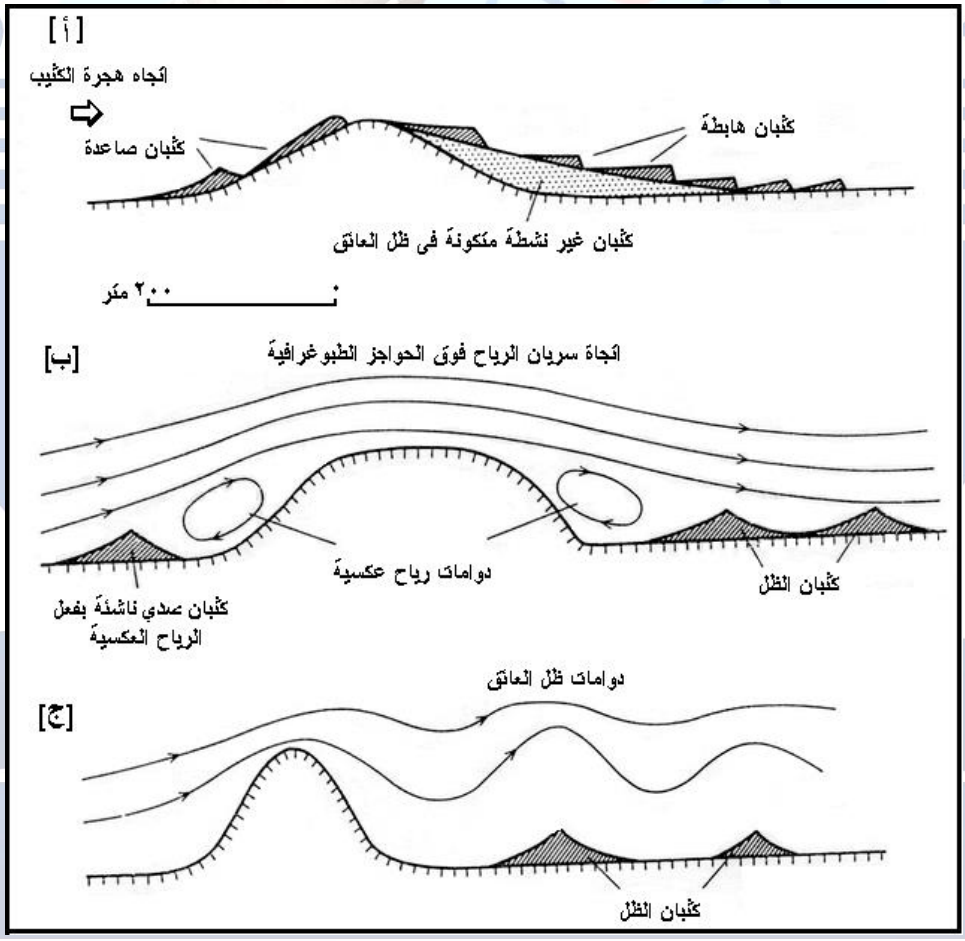
تتكون الكثبان الصـــاعدة عندما تهب الرياح المحملة بالرمال من فوق ســطح مرتفع مســتوٍ من اتجاه ثابت، وعند بلوغها حافة هذا الســطح المرتفع فإنها تلقي بحمولتها على هذه الحافة وعند أقدامها، وذلك في شـــكل مخاريط رملية أو أكوام رملية ، حيث تصـعد بعض الكثبان من المناطق المنخفضـة إلي المناطق المرتفعة ، وتتمثل هذه الكثبان على أســـطح الحافات المواجهة للرياح السائدة ، ويشترط لتكوين هذه الكثبان ألا تزيد درجة انحدار الحافة عن ٦٠.

وينتج هذا الشـــكل 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 يحدده العائق، وتنتشر الكثبان الصاعدة علي التلال المنعزلة ، حيث تتكون علي منحدرات التلال المواجهة للرياح، فهذه

المنحدرات تجعل الرياح تتحرك إلي أعلي مما يقلل ســـرعة الرياح فترســـب ما تحمله من رمال.

يمكن إيجاز العوامل التى تساعد على تكوين هذه الكثبان الصاعدة فيما يلى :

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



الكثبان الصاعدة والهابطة – كثبان 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.

٦. الفرشات الرملية: *Sandsheet*

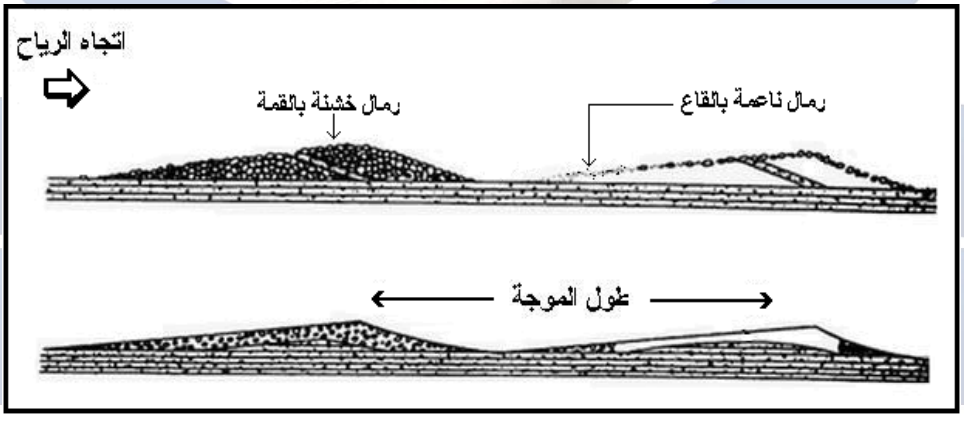
هى عبارة عن مسطحات رملية مستوية، تتألف من طبقة رقيقة من الرواسب الرملية الهوائية النشأة، تغطيها في كثير من الأحيان طبقة سطحية من الرمال خشنة الحبيبات لا تستطيع الرياح حملها لمسافات بعيدة فترسبها على سطح الأرض بينما تقل نسبة الرمال الناعمة بسبب تذرية الرياح لها. ويرى *Bagnold* أن الفرشات الرملية أحد الأشكال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

٧. التموجات الرملية: *Ripples*

هى عبارة عن أسطح رملية متموجة، تصنف ضمن الأشكال الرملية صغيرة الحجم، نشأت عن عملية ترسيب سريعة للرواسب فوق أسطح مستوية نسبياً ، قد يزيد حجمها فى 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 ٠.٠٢٥سم وجد أن طول الموجة تتراوح بين ٢.٤ و ١٢سم.وتتميز التموجات الرملية بأن جوانبها المواجهة للرياح بأنها منحدرة انحدار ضعيف فى حين يزداد الانحدار تدريجيا فى 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 محلى بسيط.



قطاع لتموجات رملية يظهر توزيع الحبيبات الرملية علي سطحها.

٨. النباك: *Nebkha*

هي إحدى أنماط الكثبان الرملية التى كونتها الرياح ، أو عبارة عن أكوام رملية وليدة ، تتشـــكل عندما تعترض حركة الرياح المحملة بالرمال عقبة نباتية من النباتات الســـائدة ، وتعرف بأنها التلال من أصـــل نباتى حيث تمثل النباتات الطبيعية المتناثرة فى الصـــحارى وعلى الســـواحل عقبة أمام الرياح للرواســـب الرملية ، مما يؤدى إلى إرســـاب الرياح للرمال وتكوين النباك. وهي كثبان يندر أن يتجاوز ارتفاعها ثلاثة أمتار، وقد يقل عن نصف متر أحياناً.

تتكون ظاهرة النباك عندما تعترض النباتات حركة الرياح المحملة بالرمال. وتظهر النباك بأشـــكالها المثلثة الطولية أو القبابية والمدببة في اتجاه منصـــرف الرياح. أما جوانبها المرتفعة والتي تقع في اتجاه الرياح فتتكون من النباتات والشجيرات التي تثبت الرمال.

وتتشـــكل عندما تعترض حركة الرياح المحملة بالرمال عقبة ما، تتمثل فى أغلب الأحيان بأحد النباتات الســـائد فى المنطقة، وتأخذ أشـــكالها المثلثة المتطاولة أو القبابية أو المدببة مع اتجاه منصرف الرياح ، أما جوانبها المرتفعة والتى تقع فى مهب الرياح فتتكون من النباتات والشـــجيرات التى تثبت الرمال ، وقد يطرأ على هذه النباك تغيرات وتدهور نتيجة توقف هبوب الرياح وســـفي الرمال والعوائق النباتية، هذا بالإضـــافة إلى دور الإنســـان الســـلبي فى 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 فى عملية تشـــكيل النباك , حيث تعمل العوائق النباتية على تصـيد كميات أكثر من الرمال ومن ثم فهى تمثل العامل الرئيســي فى التشكيل. وتتميز بقدرتها على اعتراض الرياح المحملة بالرمال عند اجتيازها تلك النباتات، مما يؤدى إلى انخفاض ســـرعتها وتناقص قدرتها على الحمل والدفع وهذا يؤدى بدوره إلى تراكم الرمال التى عجزت الرياح عن حملها خلف العائق النباتي مباشرة.

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

* **الرياح:**

تلعب الرياح دوراً كبيراً في عملية تشكيل النباك وتحديد الاتجاه العام لها وكذلك خصـائصـها الشكلية . وقد سبق الذكر أن الرياح السـائدة بالمنطقة هي الشـــماليات بأنواعها المختلفة. ويتمثل دورها فى عاملين هما؛ اتجاه الرياح وسرعتها. أما من حيث سرعة الرياح والتى تزيد طاقتها الحركية بزيادة سرعتها، فالرياح القوية والسـريعة يمكنها إثارة الرمال والأتربة وحملها لمسـافات تتناسـب طردياً مع تلك السـرعة. ويرى العديد من الباحثين أن أقل سـرعة مطلوبة لجعل الرياح قادرة على حمل الرمال والغبار وتذريتها هي ٢٠كم /سـاعة، أما سـرعة الرياح القادرة على حمل وتحريك الرمال المتوسـطة الحجم فيجب أن تصـل إلى ٣٥كم/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 فى 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: وهى مرحلة تدهور النباك، وتبدأ هذه المرحلة بموت النبات وبموته يجف الغلاف الخضري للنبكة فتصبح عارية تماماً ، ومن ثم تتعرض للتذرية بواسطة الرياح ، وبالتالى تتلاشى هذه النبكة تاركة خلفها مجموعة من الجذور النباتية اليابسة الذابلة فوق سطح الأرض سرعان ما تزال.

الفصل السابع

التعرية الفيضية وأثرها في تشكيل ملامح سطح الأرض

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل السابع

التعرية الفيضية وأثرها في تشكيل ملامح سطح الأرض

أولاً: نشأة الأنهار:

يتضـــمن النظام النهري مجاري مائية كثيرة فعندما تســـقط الأمطار أو يذوب الجليد فى منطقة ما من المناطق المرتفعة فإن المياه تنحدر مكونة ما يعرف بالمسيلات وهى مجارى مائية صغيرة غير محدودة الجوانب يأخذ الاتجاه العام لها اتجاه انحدار ســـطح المنطقة ، وتتلاقى المســـيلات بعضـــها البعض متجمعة فى مجارى مائية محدودة الجوانب ثم تتلاقى هذه المجارى فى مجارى مائية أكبر تعرف بالروافد *Tributaries* التى تصـــــب فى نهاية المطاف فى المجرى الرئيس وهو النهر.

وبنظرة عكسية أي إذا تتبعنا مجرى النهر من المصب إلى المنبع سوف نجد أن وادى النهر تتصـــــل به أودية أخرى أقل منه حجماً وقوة ، تمده بالمياه والرواســـب بعد ســـقوط الأمطار وتســـمى هذه الأودية روافد . والوادي فى هذه الحالة أقرب ما يكون إلى جذع شجرة وفروعها حيث يمثل الجذع الوادي الرئيس وتمثل الفروع الروافد التى تتصـــل به من جوانبه المختلفة . وكل رافد من الروافد تتصـــل به أيضـــا مجموعة من الروافد الأقل طولا وحجما وقوة . مهمتها تغذيته بالمياه والرواسب . ويستمر هذا الوضع حتى نصل إلى أصغر الروافد والذي قد لا يتعدى طوله عدة أمتار وقد يكون عمقه بســـيطا لا يزيد عن عشـــرات الســـنتيمترات، ويطلق على الوادي وروافده المختلفة فى الأطوال والإحجام أســـم شبكة التصريف *Drainage Network* حيث أن كل الروافد تصرف مياهها فى

اتجاه الوادي الرئيســـي وهو المجرى الأكبر الذي تتجمع فيه المياه التى تنقلها الروافد حيث ينقلها فى اتجاه المصب الذي غالبا ما يكون فى نهاية المطاف فى البحار.

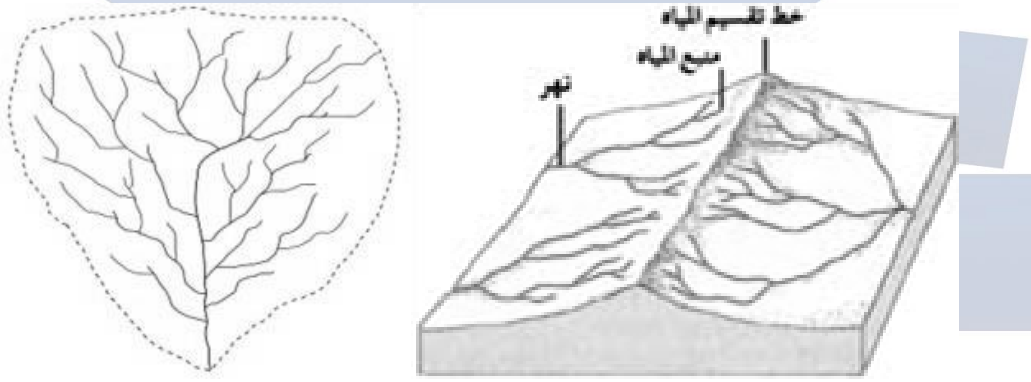
 # عناصر أو أجزاء النظام النهري:

يضم النظام النهري مجموعة العناصر الآتية ، وهي كما يلي:

- **حوض النهر أو حوض التصريف:**

هي المساحة الأرضية التى 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 تنحدر إلى المجرى داخل الحوض.

- **وادي النهر:** هو المنخفض الطولي الذي تجرى فيه الحمولة النهرية، ويشغل مجرى النهر جزءاً صغيراً من واديه.
- **مجرى النهر:** هو القناة المائية التى تمثل الجزء الأسفل من الوادي النهري وتجرى فيه المياه نحو المصب ، ويطلق على مجموعة القنوات المائية للنهر تعبير شبكة النهر *River network* .



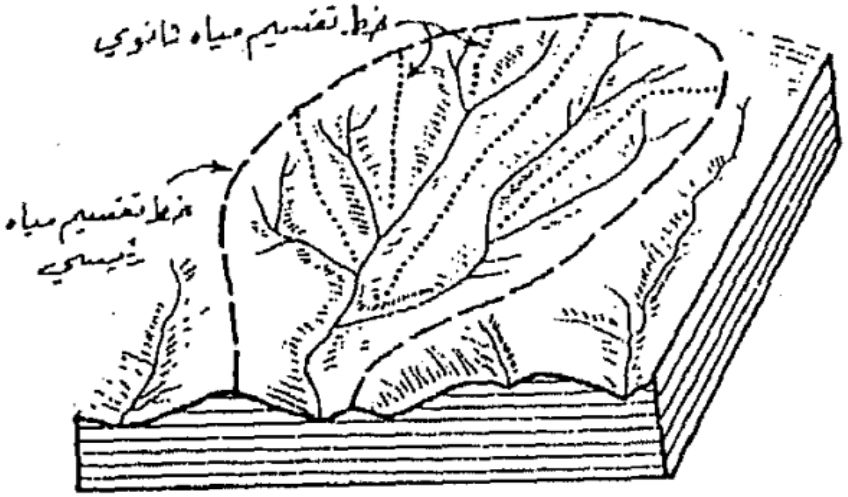
حدود حوض التصريف وخط تقسيم المياه

ثانيًا: أنواع الأنهار:

هناك تقسيمان للأنهار أحداهما جيولوجي والآخر جيومورفولوجى ويهتم التقســـيم الجيولوجي بالطبقات ودرجة ميلها ، وما يرتبط بها من أنهار ومن ثم نقســم الأنهار إلى نوعين يتمثل الأول فى الأنهار التى تســير مع اتجاه ميل الطبقات ، أما الآخر فيتمثل فى الأنهار التى تســير عكس ميل الطبقات. أما التقسيم الجيومورفولوجى للأنهار فيهتم بنشأة واتجاه مجارى الأنهار حيث قسم الأنهار تبعا لعوامل نشأتها واتجاهها إلي أربعة أنواع هى:

☑ **الأنهار التابعة** *consequent River*

سميت بذلك لأنها تبعت فى اتجاهها الانحدار العام لسطح الأرض وقد تســمى بالأنهار الأولية *primary streams* لأنها أول ما نشــأ على ســطح الأرض من أنهار حيث نشــأت فى بداية الدورة التحاتية بعد ســقوط الأمطار على ســطح الأرض. وقد تســمى بأنهار الانحدار لأنها تســير وتجرى تبعاً للانحدار العام لسطح الأرض وقد تسير تبعاً لاتجاه ميل الطبقات.



خط تقسيم المياه الرئيسي والثانوي

☑ **الأنهار التالية** *subsequent River*

سـميت بالأنهار التالية لأنها تلت فى نشـأتها الأنهار التابعة (الأولية) وهى تسير متتبعة خطوط الضعف الجيولوجي (الانكسارات والشقوق والفواصل) كما أنها عمودية على النهر الرئيسي أي عمودية على ميل الطبقات وهى ناتجة عن أنها كانت تمثل روافد للنهر الرئيس ثم أخذت تنمو بعد أن كانت صغيرة و مع هذا النمو تكون شـبه 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 الصـــخرية ، وينتج ذلك من تحكم خطوط الصدوع في محاور اتجاه النهر فيتغير اتجاه المجرى ولا يتبع الميل العام.

☑ **الأنهار العشوائية** *Resequent River*

لقد سـميت بذلك لأنها لم يعرف أسـباب وعوامل نشـأتها ولم يعرف هل هى مرتبطة بعامل الانحدار أو غيره.

ثالثًا: مراحل تطور النهر: *River stages*

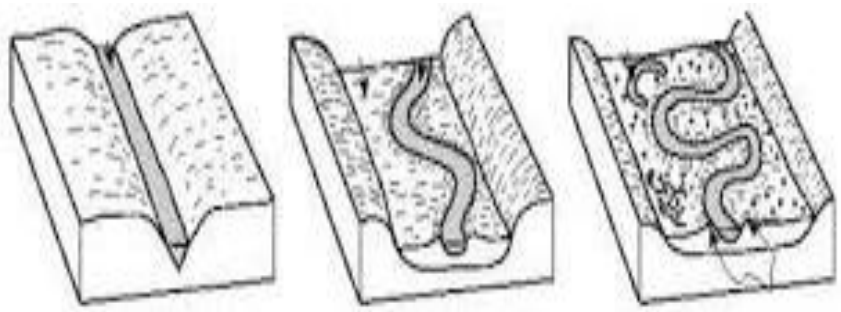
كان وليم موريس ديفز أول من قسم مراحل تكوين أشكال سطح الأرض إلى ثلاث مراحل: مرحلة الشـــباب *Young stage* ، ومرحلة النضـــج *Mature stage* ومرحلة الشـــيخوخة *Old stage* وأن النهر يســـتمر فى نحته لســـطح الأرض حتى يصل بها إلى مرحلة شبه السهل *peneplain* . وفيما يلى عرض لمراحل تطور النهر:

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 في نظام نهري واحد كما تتميز باتساع الوادى الناتج من زيادة النحت الجانبي.
- تناقص سرعة التيار لقلة 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 الظاهرات 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 الجانبى . فحيثما ينحرف مجرى النهر استقامته لأى سبب من الأسباب ، سرعان ما يرتطم تيار النهر بالجانب المقعر من المنحنى ويقتحمه بقوة ، بحيث يتآكل ساحل النهر حول جانبه المحدب من المنحنى حيث يترسب الفتات الصخرى والرواسب العالقة من جراء عملية النحت وهكذا باستمرار هذه العملية مع الزمن ، يترحزح بالتدريج مجرى النهر عن موضعه الأصلى ، ويزداد مقدار انحناء النهر.



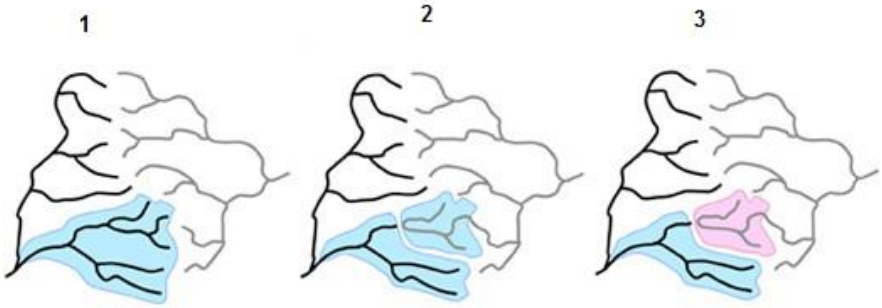
مراحل تطور النهر

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.

رابعًا: الأسر النهري أو القرصنة النهرية *River Capture*

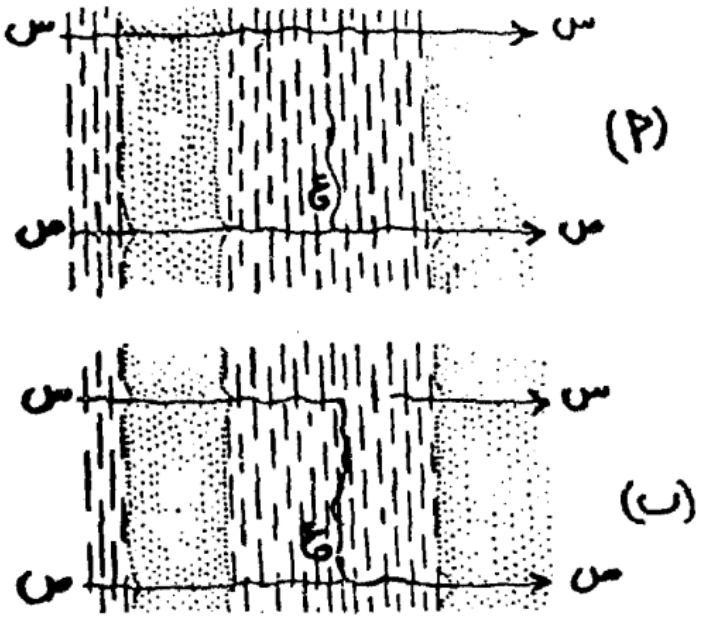
يؤدى نمو النظم النهرية المتجاورة التى تستقى مياهها من مناطق تقسيم مياه مشتركة ، إلى أن يصبح نهر منها أعظم وأقوى من جيرانه ، وبمرور الزمن يصبح هذا النهر هو النهر السيد أو السائد *Stream Master* فى المنطقة ، وهو يصل إلى عنفوانه هذا عن طريق تراجع منابعه (تراجع خطوط تقسيم المياه) من جهة ، وبواسطة تحويل أجزاء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

جامعة جنوب الوادي



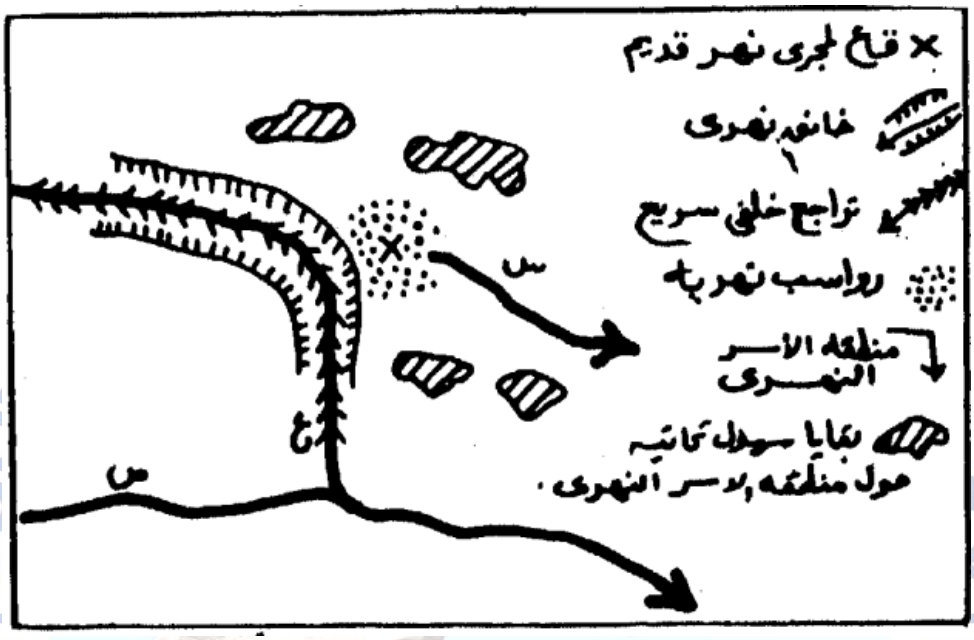
عملية الآسر النهري

ويحدث الآســـر النهري حينما يتمكن النهر الســـيد الأقوى من دفع خطوط تقســـيم المياه ونحرها صـــاعداً ، وذلك عن طريق النحت التراجعي أو النحت الصـاعد. وما يزال النهر السـائد يعمق مجراه ، وينحت تراجعيا صـاعدا مخترقا منطقه تقســـيم المياه ، حتى يصـــل إلى منابع النهر الضـــعيف المرتفع القاع فيأسرها . وتتحول مياهها إليه وتبعا لذلك تزداد قدره النهر الآسر السيد . وعند مكان الآسـر (أي مكان تحويل المياه إلى النهر الآسـر) توجد فى العادة حينة واضـــحة المعالم تعرف بعلامة الأســـر أو كوع الآســـر *Elbow of Capture*، وينكمش النهر المبتور الرأس *Beheaded* الذي فقد منابعه ، ويصـــبح أصـــغر حجما بالنسـبة لواديه الضـامر ، ويصـبح منبعه بعيدا عن كوع الآسـر ، تاركا جزءا جافا من واديه القديم (قبل الآســـر) يعرف بالثغرة الجافة *Dry Gap* (أو ثغره الريح *Wind Gap*) ويحدث الأســـر النهري على الخصـــوص فى أقاليم الحافات المتعاقبة ، حيث تستطيع الأنهار التالية المتعامدة على مجارى الأنهار التابعة أن تنحت تراجعيا على امتداد نطاقات الصـــخور اللينة القليلة المقاومة للتعرية كالصخور الصلصالية ، ومن ثم تأسر منابع الأنهار المجاورة ، وتنشئ شكلا من أشكال التصريف النهري يسمى " التصريف المتشابك أو المشبك.



تطور عملية الآسر النهري

يوضح الشكل السابق تطور عملية الآسر 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 لنهرع 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 الهر المتخلف من نهر س اسم النهر المبتور أو المقطوع الرأس.



الخصائص الجيومورفولوجية لمنطقة الآسر النهري

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 .

١ . النمط المتوازى: *parallel Pattern*

هو أبسط أنماط التصريف النهري 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 صخريه 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 تبعا لعده عوامل أهمها مقدار نفاذيه الصخور ، وكمية الأمطار الساقطة وطبيعتها ونظامها ، فهذه جميعا تؤثر فى كثافة الجريان السطحي للمياه . ولعامل الزمن أهميته الكبيرة أيضا حيث يزداد تعقيدا وكثافة كلما أضيفت إليه روافد جديدة عن طريق عمليه النحت الصاعد أو التراجعى.

ويبدأ نشأة أحواض التصريف النهرى الشجرى بعدد من المجارى الرئيسية التي 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 شجره متفرعة ، متعددة الفروع والأغصان، ولذا فانه يعرف بالتصريف النهري الشجرى *Dentritic* وهو تعبير مشتق من كلمة *Dendron* اليونانية ومعناها شجرة.

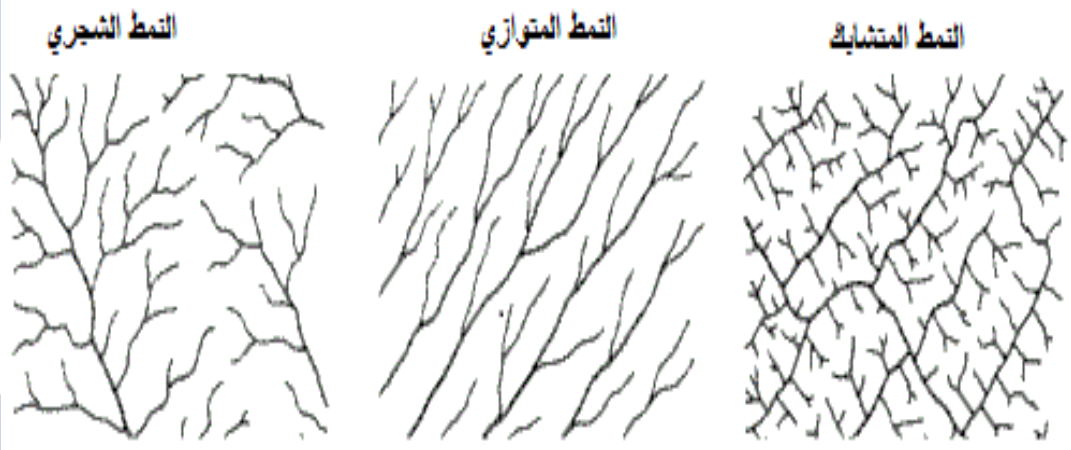
٣. النمط المتشابك أو المشبك: *Trellis Pattern*

إذا كان حوض النهر يتكون من صخور غير متجانسة ، فان الروافد التى تنشأ تكون ذات ارتباط وثيق بالتركيب الصخرى . وحينما تجرى تلك الروافد على طول مضارب الطبقات أو خط ظهورها فإنها تعرف بالأنهار التالية،ويزداد طول هذه الروافد بامتدادها تراجعيا 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 ، فان المجارى

التالية تجرى على امتداد مضرب الطبقات الصخرية اللينة وتتصل بالنهر التابع بزوايا قائمة، وتبقى نطاقات الطبقات الصـــلبة بارزة فى شـــكل حافات توازى المجرى التالية ، ويشـــقها النهر التابع (الرئيســـى) ويجرى عبرها نحو أســـفل المنحدر خلال فتحات ذات جوانب شـــديدة الانحدار ، ويظهر نمط التصـــريف المشبك فى المناطق التى تأثرت بعمليات الالتواء .

٤ . النمط الريشي *Pinnate Pattern*

يرتبط هذا النظام بالحافات الانكســـارية ، التي يمتد المجرى الرئيســـي للنهر موازيا لها ، مع التقاء مجموعة من الروافد المقطعة للحافة الانكســـارية بصـورة عمودية على المجرى الرئيسـي ، وبذلك يشـبه شـكل الشـبكة إلى حد ما شكل الريشة.



٥ . النمط المركزي *Centripetal Pattern*

يعتبر هذا النمط من التصريف صورة عكسية للنمط الإشعاعي ، حيث تتجه المجارى المائية المنحدرة من المرتفعات صوب مناطق حوضية منخفضة أو منـاطق داخليـة تنخفض عمـا حولهـا ، وتتجـه أعمق أجزائهـا هـابطـة من

الأراضـــي المرتفعـة المحيطـة وهو نمط تختص بـه كثير من الصـــحـارى ذات التصريف المائي الداخلي مثل منخفضات صحراء مصر الغربية .

٦ . النمط المستطيل *Rectangular Pattern*

هو يشـبه فى بعض خصـائص نمط التصـريف النهري المتشـابك، ففي التصـريف النهري المتشابك تلتقي الروافد بالنهر الرئيسي بزوايا قائمه وفى النمط المســتطيل تتعرج المجارى المائية ذاتها بزوايا قائمه كما تلتقي بالنهر الرئيسي بزوايا قائمه أيضا. لكن نوع العوامل الجيولوجية ساعدت فى تكوين كل من النمطين. ففي النمط المشبك يتمثل السبب فى مكاشف طبقات الصخور الضـعيفة، أما فى النمط المسـتطيل فإذا العامل الجيولوجي المؤثر يتمثل فى خطوط ضـعف حسـنه التحديد كالعيوب والانكسـارات والفواصـل التى على امتدادها أطالت الأنهار مجاريها بواسطة النحت الصـاعد نحو المنبع وينتشـر هذا النمط فى المناطق التى تعرضت للتصدع أو التى تكثر بها الفواصل.

٧ . النمط الإشعاعي *Radial Pattern*

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

 # دور المياه في تشكيل ملامح سطح الأرض:

أولاً : عملية النحت *Erosion*

عندما تســقط الأمطار على المنحدرات الجبلية فإنها تجرف أمامها الفتات الصـخري الناتج من عمليات التجوية المختلفة مكونة الروافد التى تصـب

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 ميكانيكيا 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 كمعاول 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.

(ب) الفعل الهيدروليكي *Hydraulic action*

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.

(ج) النحت الكيميائي أو الإذابة *Solution*

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 الجيرى والصخور الكلسية بوجه عام. وتؤدى المياه إلى إذابة هذه المكونات الصخرية من القاع

والجوانب وتنقلها معها. ومن هنا نجد أن العمليات الثلاث السابقة وهى النحت الميكانيكي والفعل الهيدروليكى والإذابة هى المسئولة عن تعميق وتوسيع وإطالة المجرى المائي.

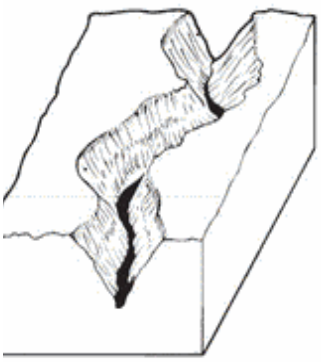
 # الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية الفيضية:

١. الخوانق النهرية: *River Gorges*

يطلق هذا الاصطلاح للدلالة على الأودية النهرية الضيقة العميقة ذات الانحدارات الشديدة شبه العمودية ، وتنشأ الخوانق كأجزاء من مجارى الأودية الخانقية ذات تكوينات جيولوجية أكثر صلابة، ولذا يواجه الوادي صعوبة في شق مجري 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 فى مرحلة الشباب فى 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 هى بمثابة خوانق ، وخصوصاً عندما تجرى على امتداد نطاق ضعف أصابه التكسر. 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 بانتشـارها فى أعالي الأودية، حيث تبدو على هيئة حوائط رأســـية شـــديدة الانحدار ، وتأخذ أغلب القطاعات شكل حرف V نتيجة سيادة عملية النحت والتعميق الرأسى للأودية ، وتضـاؤل النحت الجانبى لأســباب تتعلق بالمرحلة الجيومورفولوجية التى تمر بها الأودية فى منطقة المنابع.



الخوانق النهرية

 # نشأة وتكوين الخوانق:

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

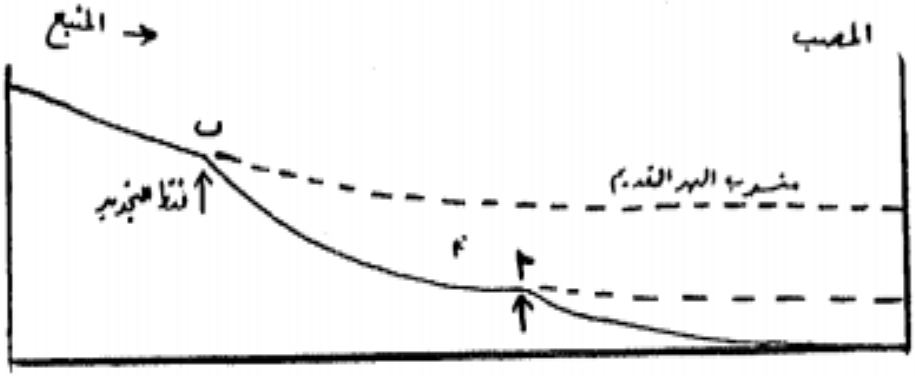
– تعرض مســـتوى القاعدة الذى تنتهى إليه الأودية لعدة ذبذبات أو تغيرات خاصـةً أثناء عصرى البلايوسين البليستوسين ، وهو ما أدى إلى نشاط عمليات النحت الرأسـى فى محاولة من تلك الأودية للوصـول إلى مسـتوى قاعدتها ، وقد ساهمت الظروف المطيرة السائدة على المنطقة آنذاك فى تعميق وزيادة معدلات النحت ، ولعل هذا ما يفسـر شـدة انحدار جوانب الخوانق واسـتقامتها وضـيقها النسبى.

– كما ترجع نشـــأة الخوانق إلى الظروف التكتونية والحركات الأرضـــية التى حدثت فى العصـور المختلفة وخاصـة فى عصـر الميوسـين، حيث سـاعد على ذلك رفع الطبقات، وبانتهاء الحركات الأرضـــية نشـــطت عوامل التعرية التى عملت على تعميق المجارى , ومن ثم زادت كميات الرواســـب، التى أدت إلى انهيار تلك السـدود التى كونتها الحركات الأرضـية مع نحت المجارى مرة أخرى فى صورة رأسية وخانقيه أدى إلى تكوين ما يطلق عليه الخوانق.

٢ . نقاط تغير الانحدار : ***Knick Points***

هي مناطق يتغير عندها انحدار القطاع الطولي بصـورة حادة ومفاجئة نتيجة عبور الوادي تكوينات صـخرية متباينة الصـلابة أو تعرض تلك المناطق لعمليات تصدع أو حركات بنيوية تؤدي إلي تغير مستوي القاعدة ، حيث تنشط عمليات النحت المائي الرأسـي في تأكل مناطق الضـعف الصـخري ، وتبدو الطبقات الصـلبة علي هيئة مسـاقط مائية ذات جبهات شـديدة الانحدار. يطلق عليها أيضـا اسم نقاط التقطع *Knick Points*. وتتميز المساقط المائية بظهور بعض الأجزاء الشـديدة الانحدار والتى تعد مظهراً رئيسـياً من مظاهر عدم انتظـام القطـاع الطولي للنهر. كمـا تتفق بعض نقاط التغير فى الانحـدار مع خطوط الصـدوع التى تتعامد على مجارى الأودية. ويوجد ثلاثة أنواع لنقاط التجديد وهي:

- نقاط التجديد الصخرية *Lithological Knick Points*
- نقاط التجديد البنيوية *Structural Knick Points*
- نقاط التجديد المناخية *Climatical Knick Points*



نقاط التجديد علي طول المجري النهري

٣. الشلالات: *Waterfalls*

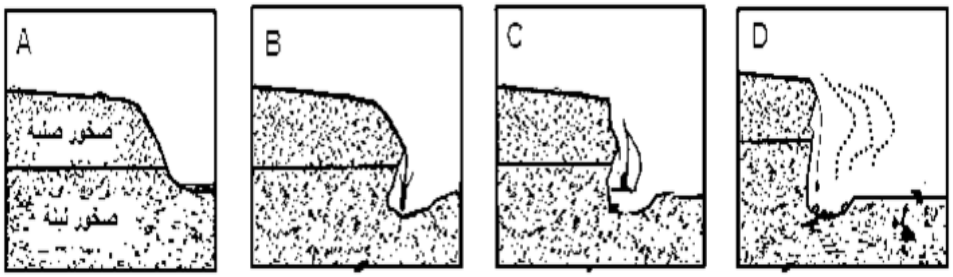
تتكون ظاهرة الشلالات أو المساقط المائية نتيجة إلى وجود هبوط مفاجئ في مجرى النهر. وتوجد الشلالات في كل القارات وخاصة داخل الأقاليم الجبلية والهضبية منها. وتعتبر الشلالات والجنادل احد المقاييس التي تعتمد عند تحديد مرحله الشباب في النهر. وتتألف من نوعين أولهما تلك التي تكونت من خلال التاريخ الطبيعي لتطور النهر ويدل 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 ذالك شلالات الحدود بين الولايات المتحدة وكندا. وهذا ويكون وضع التكوينات الصخرية الصلبة في هذا النوع من المساقط المائية إما أفقيا أو عمودياً. تتراجع الشلالات في الحالة الأولى عادة بسبب النحت التي تتعرض له التكوينات الصخرية اللينة الواقعة أسفل الصخور الصلبة من جراء تساقط الماء وحدوث الدوامات ويؤدي ذالك 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 هيئه شلالات أو مساقط مائية في وديان الأنهار الآسرة التي تمثل الموقع المنخفض عادة.



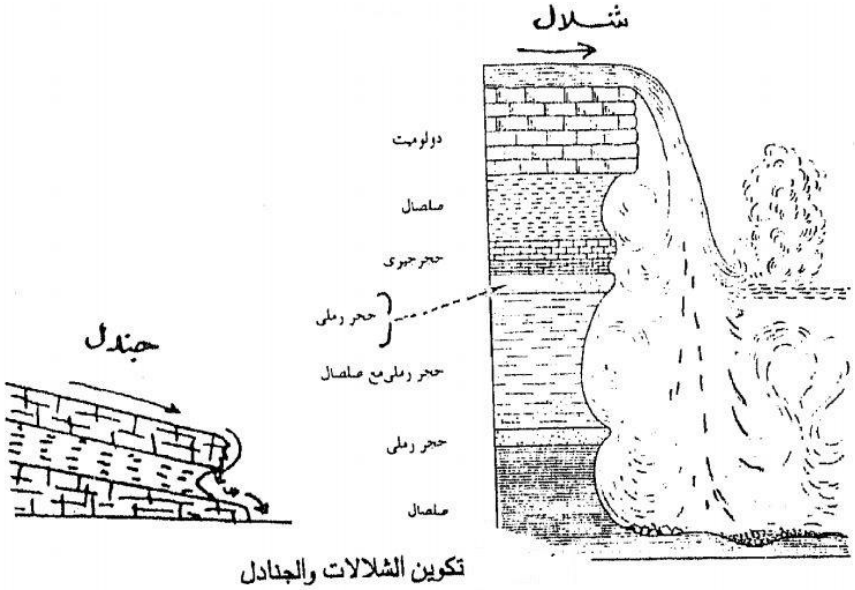
٣- يمكن للتعرية الجلدية التي حدثت في الإقليم الجبلي أن تكون الشلالات وذالك عندما تتراجع الثلاجات وتحتل وديانها الأنهار. فتساقط مياه الأنهار التي تحتل الوديان الجلدية المعلقة بشكل مساقط مائية نحو الأنهار التي تحتل الوديان الجلدية الرئيسية.

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

٤. الجنادل أو المسارع *Rapids*

تعني كلمة الجنادِل في المعجم الوسيط مكان في مجرى النهر فيه حجارة يشتد 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 مجري النهر مثلها في ذلك مثل المساقط المائية ، لكن الفارق هو ميل الطبقات ، فإذا كانت الطبقات أفقية أو تميل ميلاً بسيطًا نحو المنابع نشأ مسقط مائي ، أما إذا كانت الصخور تميل نحو

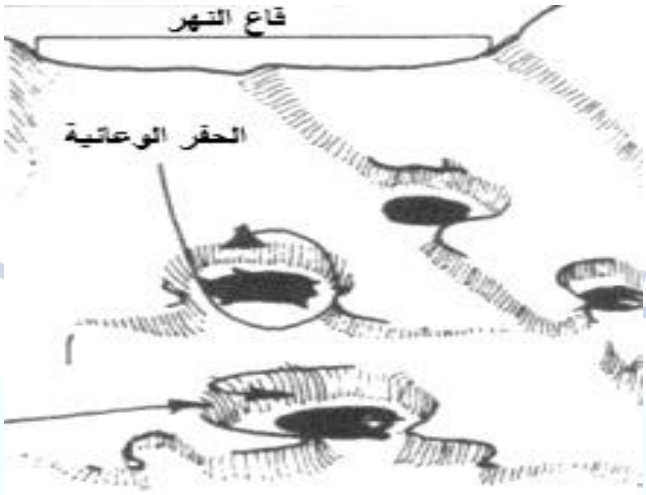
المصـب نشـأ جندل مائي مثل مجموعة جنادل نهر النهر في الجزء المحصـور بين الخرطوم وأسوان.



تكوين الشلالات والجنادل

٥. الحفر الوعائية *Potholes*

توجد عند أقدام المســـاقط المائية حيث يؤدي ســـقوط الماء القوي إلى تكوين حركة دورانية تقوم بواســـطة ما تحمله من رمال وحصـــى بنحت القاع النهري الصـلب وتكوين حفر باسـم الحفر الوعائية. ولا تكون هذه الحفر إشـكالا تضـــاريســـية مهمة غير أنها يمكن أن تعتبر دليلاً على مقدار النحت العمودي الذي تقوم به الأنهار التي تكون في مرحلة الشـــباب. وتتكون الحفر الوعائية بشـكل سـريع فوق التكوينات الصـخرية اللينة مثل صـخور الطفل ولكنها تضـل محافظة على شكلها بصورة جيدة عند تكونها في صخور نارية صلبة كالجرانيت والبازلت والكوارتز. وتتحول بعض الحفر الوعائية من جراء تراجع الشلالات إلى الوراء 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:

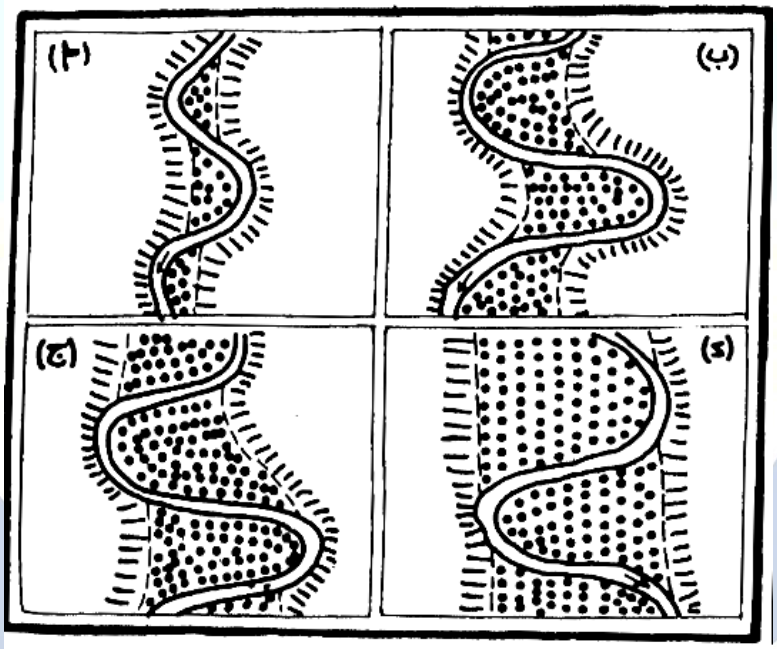
يحدث أن تقل سرعة التيار إما لقلة انحدار المجرى أو انخفاض كمية المياه أو كنتيجة لزيادة حمولة الوادي أو النهر ، فإن مياه النهر تبدأ فى التخلص من جزء من حمولتها ، حيث تقوم بإرساب جزء من المواد التى تحملها ، وقد يلقى النهر هذا الجزء أو بكل حمولته على طول المجرى أو عند نهايته. ويبدأ النهر عادة بالتخلص من المواد الخشنة أولا، وغالبا 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 ببحيرة 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 .



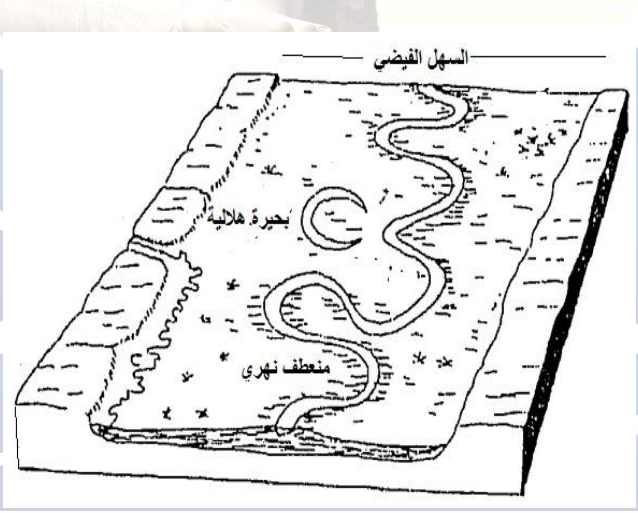
مراحل اتساع أرضية الوادى النهرى

١. السهول الفيضية *Flood Plains*

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

تشكل نتيجة جريان نهري دجلة والفرات.

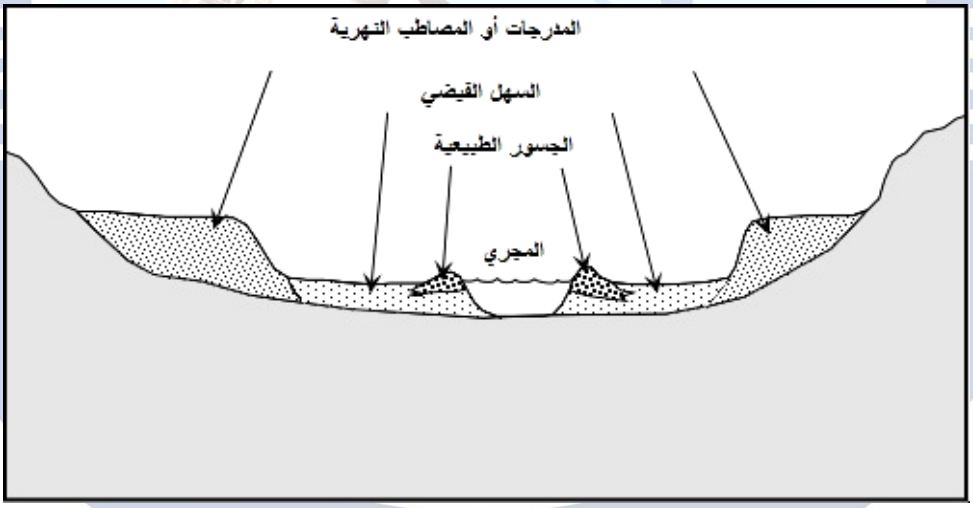
عندما يتم توسيع الوادى فى المجرى الأوسط فى مرحلة النضج من تأثير النحت الجانبي للمجرى وعندما تقل سرعة التيار فى مرحلة الشيخوخة فإن النهر يتخلص من حمولته من الفتات الصخري والمواد العالقة بترسيبها على الجوانب المحدبة للثنيات والمنحنيات النهرية الأمر الذي يكون معه ضفاف ترسبيه وباستمرار تحرك المنحنيات تتغطى 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 الانحناءة 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 طمية عندما يجري فوق سهله الفيضي في مرحلتي النضج والشيخوخة. وتوازي تلك السدود مجاري الأنهار وتكون على أكثر حالاتها ارتفاعاً عند جهاتها القريبة من النهر وتنحدر تدريجيا كلما ابتعدت عنه. ويتراوح اتساعها بين كيلو متر والنصف أو أكثر. يرجع السبب في ارتفاعها الكبير بالقرب من مجاري الأنهار إلى حاله الترسيب الفجائي للمواد التي تنقلها الأنهار عندما تطغي فوق ضفافها. يرتبط وجود السدود الطبيعية مع الأنهار التي تتكون فيها ظاهرة الالتواء.



وبالنظر إلى الموقع المرتفع نسبياً لهذه السدود قياسا إلى بقية أجزاء السهل 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 ايطاليا وهوانك هو ويانجتسي في الصين أعلى من ارتفاع المنازل الموجودة في السهل الفيضي المجاور ومن هنا يتضح مقدار الخطر الذي قد يصيب تلك المناطق المنخفضة جراء الفيضان.

فقد غمر نهر المسيسبي في فيضانه المشهور سنه ١٩٥١ مساحة واسعة بحيث فقد أكثر من ٢٠٠ر٠٠٠ نسمة مساكنهم الواقعة في المناطق المنخفضة البعيدة عن تلك الضفاف العالية. هذا وتقدم مناطق السدود الطبيعية للأنهار مواقع جيده للاستيطان في السهول الفيضية بسبب قله تعرضها للفيضان ، كما أن خشونة نسيج تربتها يساعد على القيام بالأعمال الزراعية فيها إضافة إلى قله الملوحة فيها نتيجة للتصريف السطحي وقابلية النفادية العالية نسبياً في هذه التربة قياسا بالتربة ذات النسيج الناعم والتصريف الرديء التي توجد فوق قيعان الأحواض النهرية البعيدة عن الأنهار.

٣. المدرجات النهرية *River terraces*

تعد المصاطب إحدى الأشكال الجيومورفولوجية المميزة للقطاعات العرضية لبعض الأودية ، وهى عبارة عن مدرجات أو شرفات تتألف من الحصى والرمال والطمي توجد على مناسيب مختلفة فى شكل سلمى، والتى 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 التى شهدتها المنطقة ، تعاقبت نتيجة لذلك عمليات النحت والإرساب، ونتج عن ذلك ظهور عدة مستويات من المصاطب على جوانب بعض الأودية.

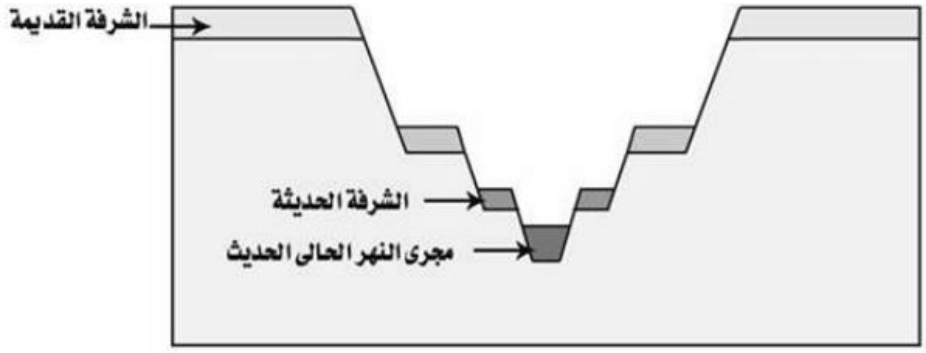
 # نشأة المدرجات النهرية:

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 التى حدثت فى عصري

البليستوسين والهولوسين. وقد انعكس أثر تلك التغيرات المناخية على عمليتي النحت والإرساب فى الأودية. هذا وفى 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 تدريجيا، 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 مكونًا سطح المدرج. ومع حدوث انتقال من الفترة الجافة إلى الفترة المطيرة تتزايد 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 فى 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 و٨ متر.



المدرجات النهرية

ويمكن تفسير التباين البسيط فى 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 التى حدثت فى 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 المائى، بينما يظهر الجانب المقعر خالياً من الرواسب بسبب اصطدام التيار المائى بأقدام جوانب الوادى 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، وهى من نوع المصاطب غير المتناظرة ، أى التى لا تظهر على شكل أزواج على جانبى المجارى النهرية .
- ينقسم المدرج إلى قسمين هما:

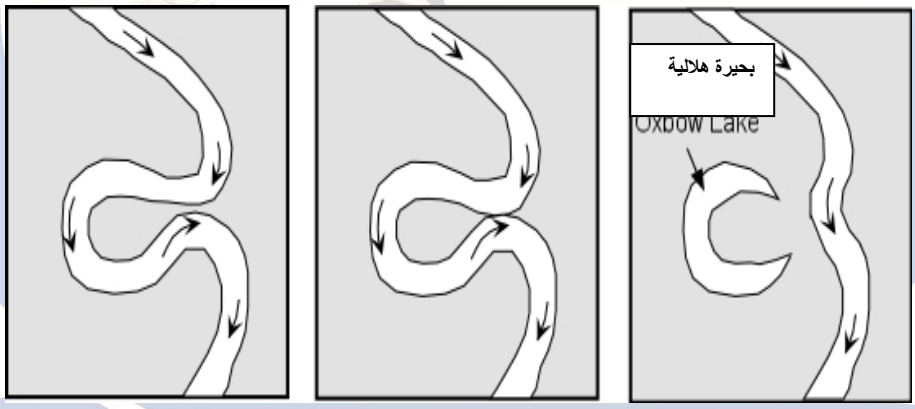
أ – السطح العلوي وهو عبارة عن بقايا السهل القديم ، وهو سطح شبه مستوى وغالباً ما تغطيه الرواسب الخشنة المتأثرة بفعل عوامل التعرية ، وقد تراوحت درجات انحداره فى المدرجات بين صفر° –٨°، كما تتراكم عليه بعض المفتتات والكتل الساقطة من المنحدرات المجاورة .

ب– الواجهة الأمامية وهى جزء أشد انحداراً من السطح ، ويمثل ارتفاعها مقدار التعميق الذى مارسه النهر فى رواسب السهل القديم عقب تغير مستوى القاعدة أو في الصخر الذي 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 قطعتها 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*

هى من مخلفات المنعطفات التى تركتها الأنهار عندما غيرت مجاريها فعندما يشـــتد انحناء النهر قد يحدث أحيانا أن يندفع التيار فيخترق البرزخ الضـــيق بين الطرفين المتقابلين من مجرد النهر الأصـــلي، فيمتد المجرى مســتقيما تاركا الجزء المنحنى من مجراه. هذا الجزء المهجور من مجرى النهر يصبح بحيرة هلالية و تسمى هلالية لأنها تشبه الهلال أو حذاء الفرس فضلاً عن التسـميات الأخرى مثل البحيرات الميتة أو المقطوعة أو الشـطوط و تمثل مناطق منخفضــة فى الســهول الفيضــية و معظمها مملوء بالمياه لذا تعد بيئة جيدة لنمو بعض أنواع النبات الطبيعي حسـب طبيعة المناخ السـائد فى منطقة وجودها.



مراحل تطور البحيرة الهلالية

وتشـهد تلك البحيرات تطوراً مستمراً تحت تأثير الظروف الطبيعية أو النشـاط البشـــرى ويظهر ذلك من خلال المقارنة بين شـــكلها وأبعادها منذ أن وجدت وحتى الوقت الحاضـــر ومن خلال الصـــور الجوية والخرائط الكنتورية المتوفرة عنها حيث تقلصـــت المســـاحة التى كانت تشـــغلها فقلت ســـعتها وامتدادها

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

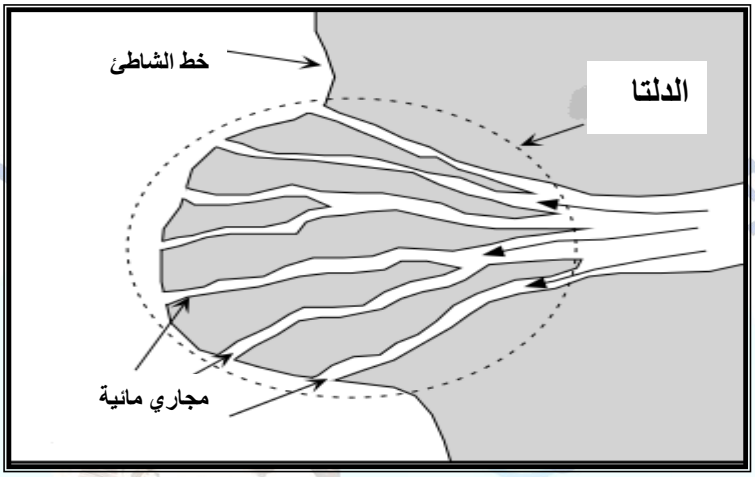
٥. الدلتاوات *Deltas*

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 ذالك النهر. وقد أعطي هذا الاسم أول الأمر إلى دلتا نهر النيل التي تشبه تماما حرف دلتا الإغريقي والمرسوم أعلاه. ولكي تتكون الدلتاوات لابد من أن تكون كمية ما يتجمع من الرواسب أمام مصب النهر أكبر من الكمية التي تزيلها التيارات المائية والأمواج.

يتوقف تيار النهر عاده عند وصوله نحو جسم مائي مستقر أو قليل الحركات كان يكون بحيرة أو بحراً أو غير ذالك الأمر الذي يؤدي إلى إلقائه إلى القسم الأعظم من رواسبه وبسرعة. أي عندما وتتناقص سرعة جريان مياه النهر شيئا فشيئا فإنه يصب حمولته فى نهاية المطاف فى البحار والمحيطات إذ تتجمع رواسب النهر على هيئة سهل منخفض يأخذ شكل جرف دلتا (Δ) فى اللغة الإغريقية ونتيجة لحدوث عمليات الترسيب عند مصب النهر فإنه يتفرع إلى قنوات عديدة وهذه تتفرع بدورها قنوات أصغر تعرف بالقنوات الثانوية أو الفروع، بحيث تأخذ فروع الدلتا شكلا إشعاعياً وأحيانا تأخذ شكل الأقواس. وتتكون الدالات فى ثلاث مراحل:

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

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



الدلتا

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

وتوجد عدة أنواع للدلتاوات هي :

- الدلتا المقوسة:

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

مثلثة الشـكل ذات واجهة مقوسـة صـوب البحر من أمثلة هذا النوع دلتا نهر النيل والرون والهوانجهو.

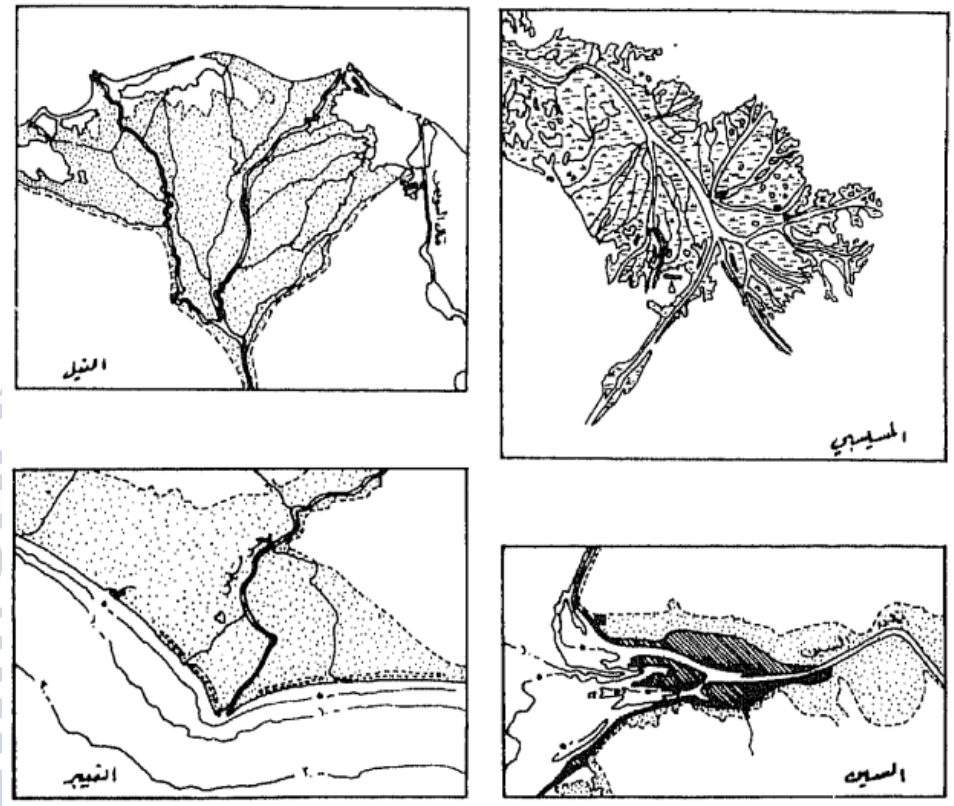
- الدلتا الإصبعية:

تتكون الدلتاوات الإصـبعية عندما تكون رواسـب المجرى ناعمة حيث يتم الترسـيب على قاع وجوانب المجرى الذي تكون تحت سـطح البحر ، وبمرور الوقت يتكون جسران طبيعيان لا يلبثان أن يظهرا على سطح الماء. وقد يحدث في أحد الفيضـانات العالية أن يخترق المجرى الجسـر ويحول مجراه ويكون جسـوراً جديدة تظهر أيضـاً على سـطح الماء، ثم تمتلئ المناطق الواقعة بين الجسور بالرواسب أثناء الفيضـانات ، وهكذا تتكون الدلتاوات التي تكون على شـكل قدم الطائر *Bird Foot*. ومن أمثلة هذا النوع من الدلتاوات دلتا نهر المسيسبي.

- الدلتا الخليجية :

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

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

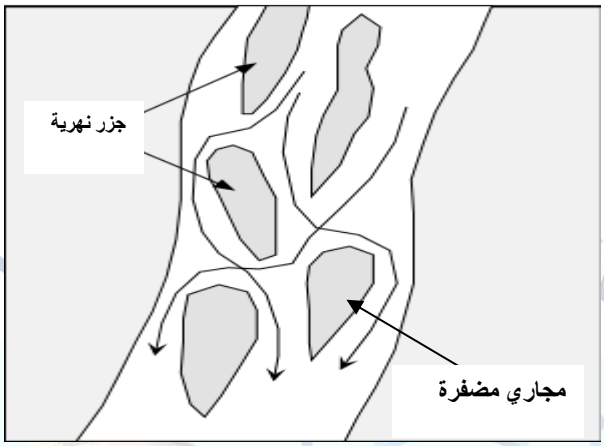


أنواع الدالات

٦. الجزر النهرية :

تعد الجز ر الرسوبية أحد المعالم النهرية الرئيسية ويؤدي وجود هذه الجزر إلى تشـــعب المجرى إذ ينقســـم إلى عدة فروع وبالتالي لأن هذه الجزر شـــرط أساسي لتشعب المجرى ، وتظهر الجزر في مجاري الأنهار نتيجة لبطأ انحدار المجرى مما يؤدي إلى عدم اســـتطاعة النهر ، حمل الرواســـب إلى مســـتوى قاعدته ، فيترسب جزء منها في قاع المجرى مشكلاً نواة للجزيرة ، التي لا تلبث أن تنمو مع تكرار عملية الإرساب .

جامعة جنوب الوادي

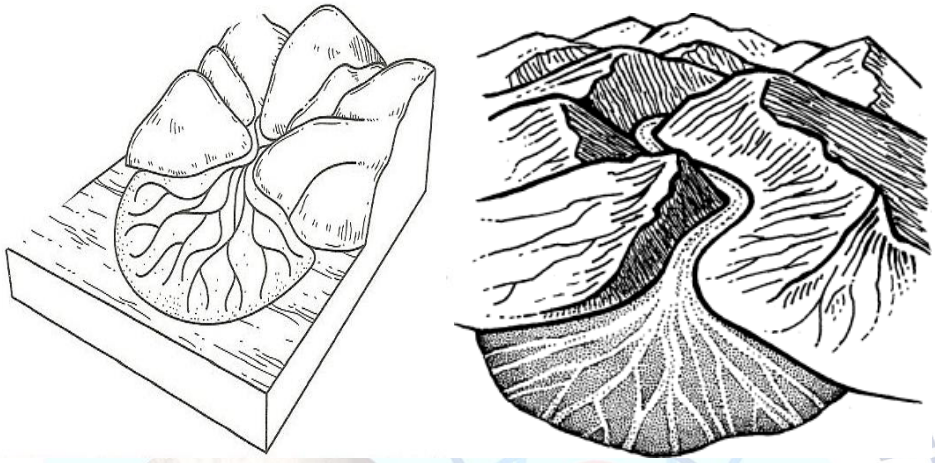


الجزر النهرية والمجاري المضفرة

٧. المراوح الفيضية *Alluvial Fans*

تعد المراوح الفيضـــية من أبرز الملامح الجيومورفولوجية الناتجة عن الإرســاب المائى في المناطق الجافة، وهي عبارة عن رواســب مفتتة ترســبت بواســطة المجاري المائية. وتختلف عن ركامات الهشــيم في أن الأخيرة تكونت نتيجة لحركة المواد بفعل الجاذبية الأرضـــية ، وتتجمع هذه الرواســـب النهرية وتترسب فجائياً نتيجة اختلاف انحدار المجرى النهري وسرعة جريانه ، ومن ثم تتركز مجموعات المراوح الفيضـــية فى مناطق التقاء المجارى النهرية المنحدرة من المناطق الجبلية بتلك التى تنحدر فوق الســـهول ضـــعيفة الانحدار وتتخذ غالباً الشــكل المخروطي مع ظهور القمم قرب الجبهة الجبلية حيث تمثل خطاً يحدد تناقص الطاقة النهرية وتحول النهر من النقل إلى الإرساب.

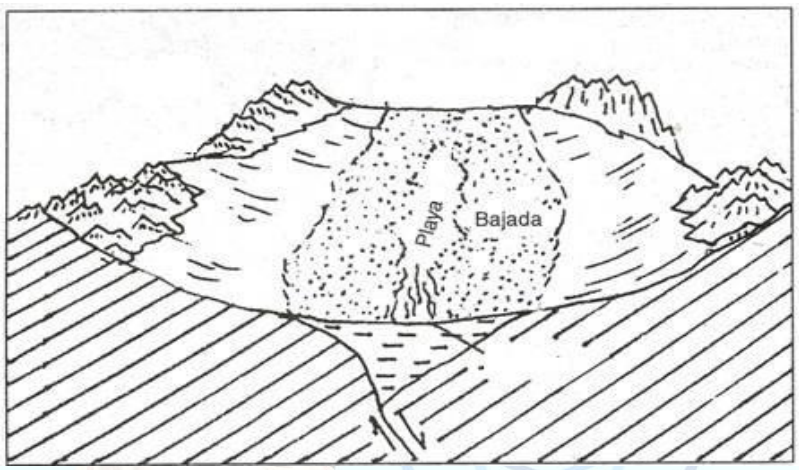
وتتباين أبعاد وأحجام وأشـكال المراوح الفيضـية تبعاً لاختلاف مسـاحة أحواض التصــريف التى رســبتها ، والمناخ ونوع الصــخر الســائد فى حوض التصــريف ، والحركات الأرضــية التى تعرض لها ســطح أحواض التصــريف والتى تؤثر بدورها على انحدار المجارى ومن ثم حجم الرواسب المنقولة.



المراوح الفيضية

٨. الباجادا أو البهادا *Bahada - Bajada*

هي تتكون في حضـــيض الجبال نتيجة لالتقاء المراوح الفيضـــية التي تكونها رواســـب الوديان الجبلية في المناطق الجافة، التي تنتهي إليها المياه المنحدرة من الجبال في المناطق الجافة. وتعبير باجادا *Bajada* مصـــطلح اسباني، ويطلق عادة على عدد من المراوح الرسوبية الفيضية الملتحمة ببعضها ، التي أرســـبتها مجاري مائية عند نقاط مخارجها من واجهة الجبل ، ودخولها إلى نطاق البيدمونت. وتترسب هذا الباجادا أو المراوح الرسوبية الفيضية بسبب نقصـــان الانحدار الفجائي عند قاعدة واجهة الجبل ، وبالتالي انخفاض قدره الحمل لدى الأودية والســـيول ، وما ينشـــأ عن ذلك من إرســـاب الجلاميد ، والحصـى والرمال ، مكونا ومشكلا للمراوح ولقد تكون زاوية انحدار هذه المراوح عالية حتى لتصـل أحيانا إلى نحو ٢٠ درجة لكن الأغلب الأعم أن تتراوح بين ٧ – ١ درجة ، مثلها في ذلك مثل زاوية انحدار البيديمنت الصخرية.



البجادا والبلايا

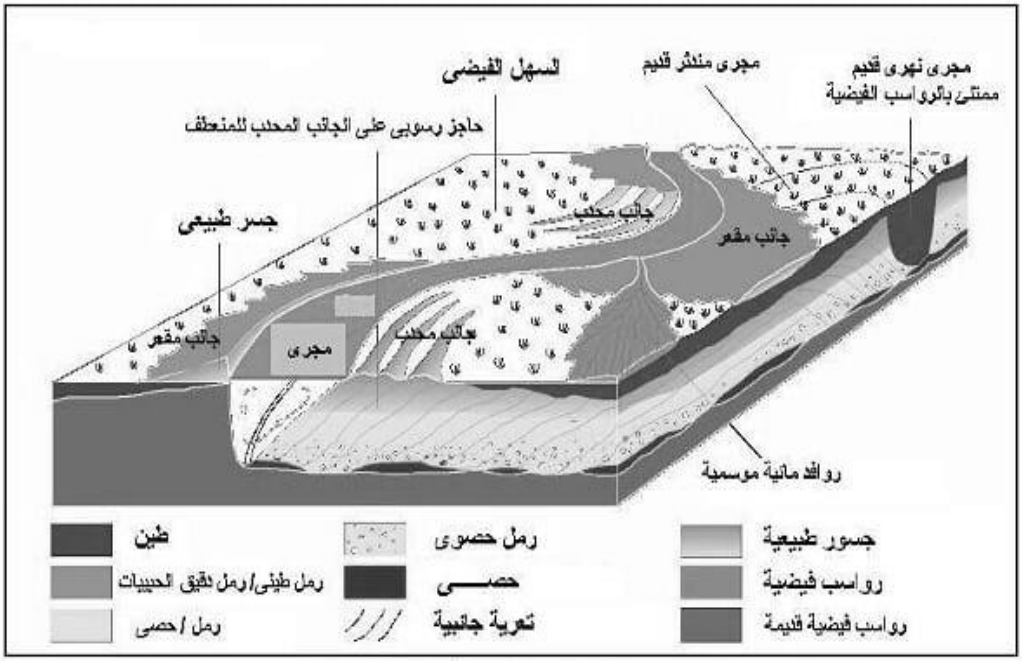
٩. البلايا [*] *Playa*

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 تنحدر 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 التى تناولت نشأة البلايا فى أجزاء متفرقة أنها لا ترجع فى نشأتها لعامل واحد ، وإنما ترجع لعوامل متداخلة يساهم كل منها بنصيبه فيها.

جامعة جنوب الوادي

---

[*] مصطلح بلايا يعد تعريف جغرافي وتتباين الدراسات فى استخدامها لمعنى السبخة وتستخدم أحياناً Sabkha (الاسم العربى) و playa (الاسم الأسباني) ،ويطلق للدلالة علي بطائح الماء والتي تتميز باستوائها وبرواسبها الدقيقة.



مجسم للأشكال الجيومورفولوجية الفيضية

جامعة جنوب الوادي

الفصل الثامن

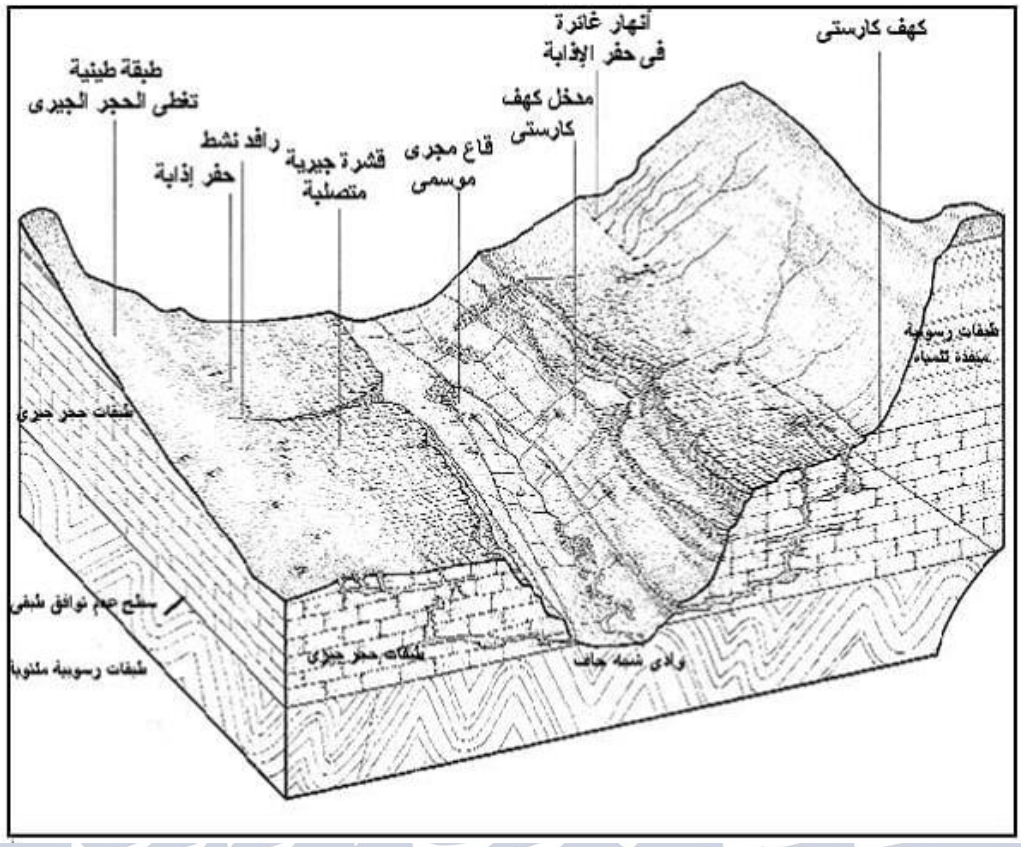
جيومورفولوجية الكارست

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الثامن

جيومورفولوجية الكارست

تتأثر الصـــخور الكربونية بفعل الإذابة ســـواء بالمياه الجوفية أو مياه الأمطار، وأشهر المناطق الجيرية فى العالم إقليم كارست *Karst* فى يوغسلافيا الســابقة ، وقد شــاع تعبير الكارســت وأطلق على جميع المناطق المتأثرة بفعل الإذابة النشــطة فى العالم، ومن المعروف أن المناطق الكارســتية تشــمل نحو خمس مساحة اليابسة من الأرض.



الظاهرات 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 سميكة 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 نهرية على مستوى أقل من مستوى الأرض المحيطة المعروفة لعمليات التحلل الكيميائى.

رابعًا: 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 إبانه معظم ظاهرات الكارست.

 # الأشكال الجيومورفولوجية في مناطق الكارست:

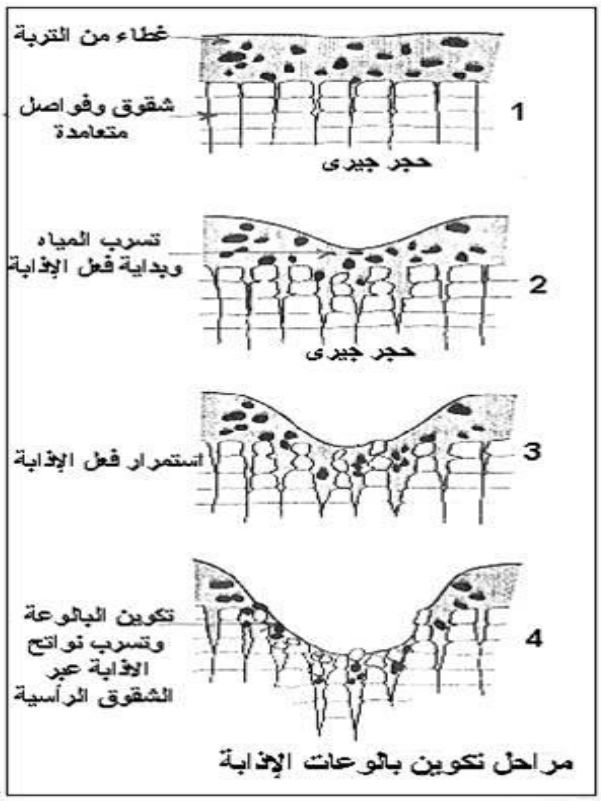
- **الحفر الغائرة والبالوعات أو القشعات:** *Sinkholes*

هي أكثر الظاهرات الكارســـتية انتشـــاراً حيث تكاد لا تخلو منها أي منطقة جيرية في المناطق الرطبة في العالم ، وتختلف هذه الحفر فيما بينها من حيث المســاحة والعمق والشــكل ، وهى تنشــأ نتيجة تســرب المياه من خلال الفواصل وإذابتها لمكونات الصخر ، ويتوقف شكل الحفرة الغائرة على المميزات التركيبية للصــخر ومدى وفرة المياه. يمكن تمييز بالوعات الإذابة وفقاً لأسـلوب تشكيلها ، من بين أنماطها :

– **بالوعات الإذابة** *Dolines*

هى ظاهرة واســعة الانتشــار ويتراوح عمقها ما بين عدة أمتار وعشــرة أمتار وإن كان بعضــها يصــل إلى ٣٠ متر ويتفاوت اتســاعها بين عدة أمتار ومئات الأمتار ، وتميل البالوعات بشكل عام لاتخاذ القمع مستديرة الشكل عن السطح وتضيق بالتدرج إلى أسفل.

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي



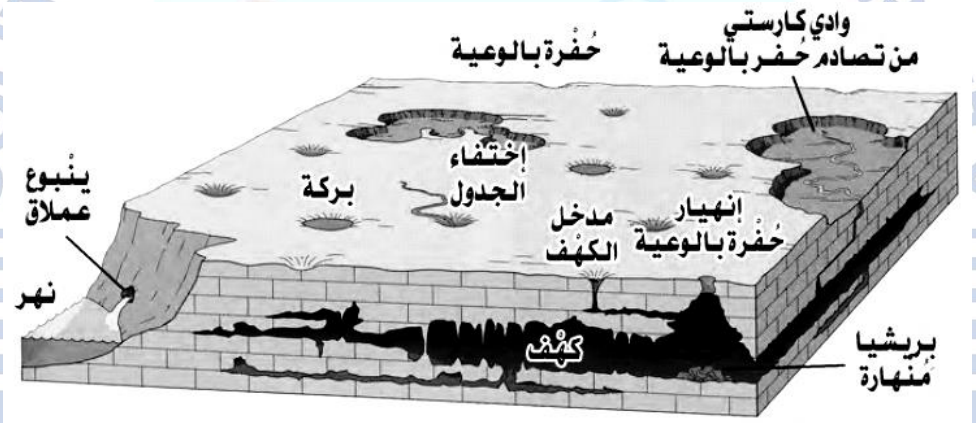
ويتكون هذا النوع من البالوعات ببطء تبعًا لفعل التكربن والتحلل والذوبان علي طول الشقوق والفواصل التي تتسع تدريجيًا، التي ما تلبث أن تلتحم أكثر من بالوعة واحدة مكونة بالوعات مركبة *Compound Sink Holes* .

- **البالوعات الانهدامية** *Collapse Sinks*

يتكون هذا النوع من البالوعات تبعًا 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 تدريجيًا 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 الجيرى):**

هي عبارة عن أخاديد طولية ضـــيقة متقاطعة تتبع نظم الفواصـــل في الصـــخور الجيرية وتكثر في الســـطوح الجيرية الخالية من النباتات والتى لا تغطيها تربة سـميكة وباتسـاع هذه الأخاديد يتحول السـطح الصـخرى 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 الســـطحية مكونة العديد من الأشـــكال الجيومورفولوجية أهمها ما يلي:

– المجارى أو الأنهار المفقودة : ينشـــأ هذا النمط من الأنهار حينما تغور مياه النهر داخل إحدى بالوعات الإذابة ، إلا أنه قد يظهر مرة أخرى على الســـطح حينما يتفق منسوب المجرى الجوفي مع مستوى سطح الأرض.

– الأودية العمياء : يقصـــد بها المجارى الســـطحية التى تجف مياهها نتيجة تســـربها في باطن الأرض وتحولها بذلك إلى مجار جوفية ، وقد تظهر هذه

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

- **كهوف الكارست أو الكهوف الجيرية:**

تعتبر الكهوف من الأشكال الأرضية الفريدة التى تميز مناطق الكارست وهى عبارة عن ممرات أو أنفاق طبيعية عظيمة الاتسـاع تمتد تحت سـطح الأرض في الصـخور الجيرية عظيمة السـمك وقد تمتد هذه الكهوف في جوف الصـخور الجيرية على شـكل فجوات أو فتحات عظمى ذات امتداد أفقي أو رأسي، تختلف الكهوف فيما بينها من حيث أعماقها بالنسبة لسطح الأرض فبعضـها يتكون على أعماق بعيدة جداً من سـطح الأرض قد تمتد تحت سـطح الأرض لمسافات كبيرة جداً ، تصل أطولها لأكثر من ٥٦٣ كيلومتر مثل كهف ماموث[١] *Mammoth* بولاية كنتاكى الأمريكية.

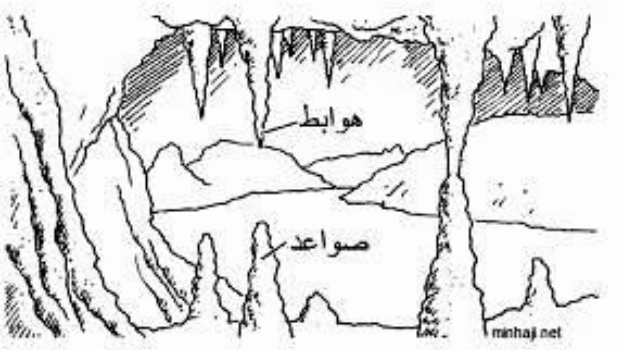
ومن الأشكال الجيومورفولوجية بالكهوف ما يلي:

- الأعمدة الجيرية الهابطة:*Stalactite* تتكون عندما يتسـرب بيكربونات الكالسـيوم إلى سـطح العالق للكهوف وهو يتكون من (ثاني أكسـيد الكربون ، مياه ، كربونات الكالسـيوم) فيتطاير الكربون لتغير ظروف المناخية فى الكهف وتسـقط المياه محملة ببعض الحمض ويتبقى

[١] يعتبر كهف الماموث أطول كهف في العالم، بطول ممرات يصل إلى ٦٥١,٨ كيلومتر، ونظراً ضخامة هذا الكهف فإنه يحتوي على بحيرات 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 صخوره؛ حيث أن لها أشكال وألوان مدهشة وتشبه الأشجار والأزهار والشلالات.

كربونات الكالسيوم مكونًا الأعمدة الهابطة وهى تتميز بصلابتها وممكن أن تكون ستائر صخرية.

- الأعمدة الصـــاعدة: *Stalagmite* هي تنتج من تراكم الإرســـابات التى تمت من الأعمدة الهابطة وتتكون مع تكرار عملية الإرساب.



الأعمدة الجيرية الصاعدة والهابطة

- التربة الحمراء: هي التى تتكون بسبب عملية التحلل السطحية للصخور الجيرية فتتكون على السطح وهى عبارة عن الاكاسيد التى 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 إلي ثلاث مراحل وهي كما يلي:

- مرحلة الشباب: تبدأ بانتشار البالوعات علي السطح.
- مرحلة النضـــج: يتصـــل عدد كبير من البالوعات ببعضـــها 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.

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل التاسع

جيومورفولوجية السواحل

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل التاسع

جيومورفولوجية السواحل

مقدمة

يقصد بالتعرية الساحلية دراسة كل الأشكال الجيومورفولوجية التي تنشأ عن الصـــراع بين مياه البحر ويابس الأرض . وكل شـــواطئ البحر الحالية ما هي إلا نتاج التطور الذي حدث ومازال يحدث نتيجة لتقدم البحر أو تقهقره عن الأراضـي 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 نطـاقـات معلومـة محـدودة . ذلـك أن امتـداد خط الســاحل يقرر المســاحة التي تطولها الأمواج وتؤثر فيها ، ومن ثم فكلما ازداد تسـنن الســاحل ، زاد طوله ، وبالتالي ازداد مجال فعل الأمواج . كما أن تأثير الأمواج رأسـيًا محدود أيضـا ، فهو لا يزيد كثيراً عن أقصـى ارتفاع تصـله مياه المد العالي كما أنه محدود العمق عن أدنى حد تبلغه مياه الجزر المنخفض.

لذلك نجد أن الأشـكال التي تنشـئها التعرية البحرية سـريعة التغير نسـبيًا . فمعظم البلاجات والشواطئ لا تبقى على حالها إلا مدة قصيرة ، ذلك أن تذبذب حركة المد والجزر والرياح والأمواج التي تنشئها وتشكلها ، ما تلبث أن تهدمها أو تعدل من شــكلها . كذلك الجروف ، يصــيبها التســاقط والانزلاق وبالتالي التغير الشديد ، خصوصا إذا كانت مكونة من صخور هشة مفككة .

ويعتبر تراجع الجروف وتآكل الســـواحل من الأمور الخطيرة التي تهم الأقطار الســاحلية ، خصــوصــا إذا ما كانت تلك النطاقات منتجة ومعمورة .

ورغم أن عملية تكوين الألسنة والحواجز والشطوط تتم ببطء نسبيًا ، فلا ترى ولا تحس كانهيار الجروف وتآكل السواحل ، فإنها تتم في عدة عقود قد لا تزيد كثيرا 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 تنحت وتفوض 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 تناسب 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 حضـيض الجروف البحرية (وهى الحوائط الصـخرية المشـرفة على البحر) وأدنى مستوى تصله مياه الجزر . وإذا حدث وكان الساحل سهلياً يخلو من الجروف .

فإن تغبير الشـاطئ يطلق حينئذ على المسـاحة المحصـورة بين أعلى حد تصـله أمواج العواصـف وبين أدنى منسـوب تصـله مياه الجزر . أما البلاج *beach* فيتألف من رواسب الرمال والحصى فوق الشاطئ . ويمكن تعيين خط السـاحل *coastline* إما بخط الجرف البحري أو الخط الذي تصـل إلية أعلى أمواج العواصف.

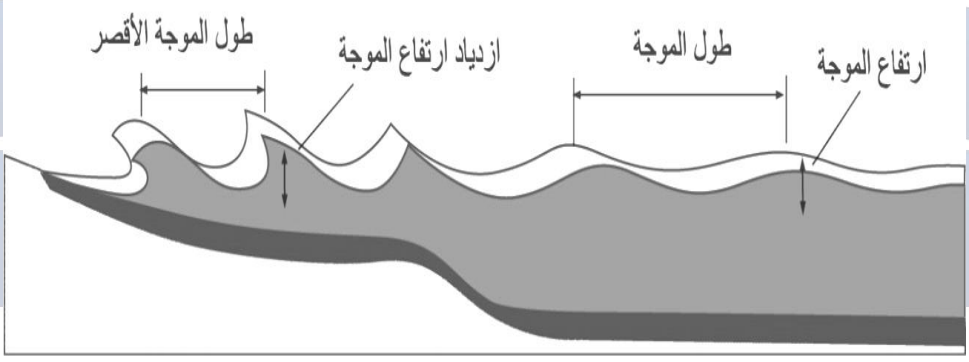
 # عوامل التشكيل البحرية:

إذا كانت التجوية والتعرية هما من العمليات الطبيعية التى يلزم لها بعد زمني كبير حتى يتضح تأثيرهما وخاصة فى المناطق القارية الصحراوية. غير أن البيئـة الساحليـة تمثل نمطـا من الأنماط الفريدة التى يتضح فيها تأثير العمليات الطبيعية فى بعد زمني قليل نسـبيًا يمكن رصـده وتتبع تأثيره . والسواحل أو الشواطئ هي التقاء القارات أو اليابسـة مع المياه وتعتبر هذه المناطق من أنشط مناطق النحت بواسطـة المياه لذا فإنهـا عرضـة للتغير باستمرار.

وتتمثل **عوامل التشـكيل البحرية** فى الأمواج وتيارات المد والجزر والتيارات البحرية ، وفيما يلي عرض لأثر كل منها على تشكيل خط السـاحل والأشكال المرتبطة به:

(١)الأمواج:

هي عبارة عـــن تموجات سطـــحية تحدث لسطح مياه البحار بسبب هبوب الرياح فوق المسطحات المائية ، ولذلك فإنها تنتشر على سطح البحر فى 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 الســـفن 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. والمقصـــود بطول الموجة هو المسافة بين قمتي أو بين قاعي موجتين متجاورتين، أما المقصود بارتفاعها فهو المسافة بين قمتها وقاعها. وكثيرًا ما تختلط أو تتابع أنواع متباينة الأحجام من الأمواج في نفس المنطقة؛ فتعطي ســـطح البحر مظهرًا معقدًا، ويحدث هذا عادة إذا تقابلت الموجات القادمة من اتجاهات مختلفة.



وهناك نوعان من الأمواج أحدهما ينشـــأ في البحار والمحيطات بعيدًا عن الشـــاطئ، وســـببه هو هبوب الرياح من اتجاه واحد مما يؤدي إلى اهتزاز المياه في حركة رأســـية، ويطلق على هذا النوع اســـم "الموجات الاهتزازية *Waves Oscillation*، أما النوع الثاني فيكون بالقرب من الشـــاطئ ويطلق عليه اسـم موجات الارتطام وهي في الأصـل موجات اهتزازية؛ ولكنها تتكسـر عندما تدخل المياه الشاطئية المنطقة الضحلة وترتطم بالشاطئ، ويتوقف حجم الموجات الاهتزازية وســـرعة ترددها على ســـرعة الرياح من جهة، واتســـاع المســـطحات المائية التي تتكون فيها من جهة أخرى؛ فبينما قد يصـــل طول الموجة في المحيط إلى ١٦٠ مترًا ويصـــل ارتفاعها إلى ٨ أمتار ؛ فإن طولها في البحار المغلقة أو شـبه المغلقة مثل البحر المتوسـط لا يزيد عن خمسـين مترًا، ولا يزيد ارتفاعها عن ســـتة أمتار.وتتوقف قدرة الأمواج على النحت على عدة عوامل أهمها:

-قوة الأمواج نفسها.

-طبيعة صـخور الشـاطئ من حيث صـلابتها وتناسـق طبقاتها واتجاه مياهها وما يوجد بها من مناطق ضعف مثل الشقوق والمفاصل.

-طبيعة السـاحل من حيث كونه مكونًا من جروف قائمة أو مسـطحات رملية منخفضـــة أو بطيئة الانحدار، ومن حيث كونه محميًّا في خلجان هادئة المياه أو مكشوفًا للتصادم المباشر بالأمواج.

-كمية ما تلتقطه الأمواج عند تحركها من مواد صـــخرية مثل قطع الصـــخور والحصـــى والرمال؛ فكلما زادت كمية هذه المواد وزادت أحجامها زادت قدرة الأمواج على تحطيم صخور الشاطئ ونحتها.

وللأمواج عمومًا أهمية جغرافية واضـــحة بســـبب تدخلها القوي في تشـــكيل الســواحل، ونحت صــخورها وتوزيع المواد الرســوبية المختلفة على طولها، أو حملها إلى داخل البحر. وهي العامل الرئيســـي في نشـــأة كثير من المظاهر الجيومورفولوجية الساحلية مثل الكهوف الشاطئية والمسلات البحرية والأقواس البحرية وغيرها.

(٢)التيارات البحرية:

هي عبارة عن كتل مائية متحركة عبر البحر والتى تنشـــأ تبعاً لتباين الخصـائص الطبيعية والكيميائية للمياه البحرية ، فعندما ترتفع كثافة مياه البحر تبعاً لارتفاع حرارتها أو لارتفاع نسبة الأملاح بها أو لكليهما تنتقل المياه مـــن المسطحات المائية الأعـلى كثافة إلى المسطحات الأقـل 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 تســـاعد على تحريك المياه أو توجيهها بشكل خاص، ومنها اختلاف درجة حرارة المياه، وكثافتها من مكان إلى آخر، ثم اختلاف منســـوب الماء في بعض البحار المتجاورة، نتيجة لكثرة التبخر من سطح الماء في بعضـها وكثرة ما ينصب في بعضـــها الآخر من مياه الأنهار، والأمطار والثلوج المنصـــهرة، ويعتبر شـــكل السواحل كذلك من العوامل المهمة التي تحدد الاتجاهات التي تسير فيها بعض التيارات البحرية.

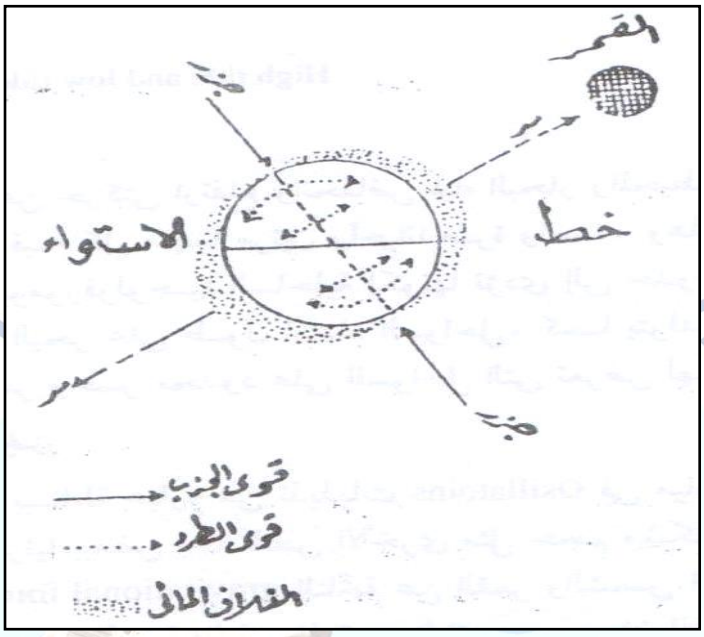
(٣)المد والجزر:

هو عبارة عن حركة ارتفاع وانخفاض مؤقتة فى مســتوى ســطح 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 فى 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 أيضا بنحو ٢٠ ٪ عندما يبتعد عن مركز الأرض ، أما إذا وقع القمر والشمس على طول ضلعى زاوية قائمة بالنسبة للأرض فإن منسوب المد يقل ويعرف فى 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 فى تشكيل السواحل ، نظراً لأنها تتحكم فى تحديد أنواع الأمواج التى تصل إلى الشاطئ كما أنها تحدد الارتفاع الذي يقع تحت تأثير الأمواج ، خاصةً فى مناطق الجروف ، إلى جانب ذلك يؤثر منسوب المياه فى نشاط عمليات التجوية والتفاعل العضوى على الصخور التى تتألف منها الشواطئ ، علاوةً على دوره فى إعادة توزيع الرواسب على طول الساحل.

جامعة جنوب الوادي



شكل يوضح حدوث المد والجزر

 # أنواع السواحل:

اختلفت آراء العلماء وتضاربت حول موضوع تصنيف السواحل, فمنهم من يقسمها على أساس تكوينها ونشأتها, ومنهم من يقسمها على أساس تضاريسي إلى سواحل مرتفعة وأخرى منخفضة, وقد يصنفها البعض كذلك على أساس نوع التكوينات الصخرية التي تتألف منها المنطقة الساحلية. ولن ندخل في تفاصيل هذه التقسيمات بل سنحاول عرض أصلح هذه التقسيمات وأكثرها شيوعاً.

- أنواع السواحل حسب تقسيم جونسون:

يعد تصنيف جونسون من أحسن التقسيمات التي تقسم السواحل على ضوئها إلى أنواع, ذلك التقسيم الشائع المنتشر الذي لا يكاد يخلو منه كتاب من

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

١. سواحل الغمر:

– سـواحل الريا: هي مجموعة الأشـكال السـاحلية الناتجة عن ارتفاع منسـوب 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.

– سـواحل الفيوردات (*Fiord* باللغة النرويجية): وهي من الأصـل أودية معلقة محفورة في الصخور بواسطة الألسنة الجليدية التي كانت تصل للساحل مباشرة أو بالقرب منه ، وتتخذ الفيوردات شكل خلجان متوغلة في اليابس، ذات جوانب شديدة الانحدار أو قائمة بعكس سواحل الأودية النهرية التي شكلت الريا والتي تمتاز بمقطعها العرضـــي المثلثي، وتنتشـــر الفيوردات على ســـواحل النرويج وأيسلندا وجرينلند وألاسكا والشيلي وغيرها.

– السـواحل الطولية المنتشـرة على جانبي البحر الأحمر وسـواحل شـبه جزيرة ســيناء، وهي عبارة عن خلجان غارقة ذات جوانب صـــخرية عالية يُعتقد أنها كانت تمثل نهايات بعض الأودية الصحراوية الجافة ومصباتها

– السواحل ذات الأصل البنيوي والتي نشاهدها على سواحل البحر الأدرياتيك اليوغسلافية ، حيث تعرضت الالتواءات للغمر البحري فامتلأت 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 الشابة:

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 تطغى في هذه الحالة على مصبات الأنهار والأجزاء الدنيا من مجاريها ، فتتكون خلجان متعمقة في اليابس, تزداد ضيقاً 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 اللافا 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 موروثة 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 حديثًا:

- سواحل لم تتأثر بالغمر البحري.
- سواحل أدى رفعها تكتونيا إلى انحسار البحر عنها حديثًا.
- سواحل الالتواءات والصدوع.
- سواحل الفيوردات البركانية.

 # الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية البحرية:

(١)الجروف البحرية *Marine Cliff*

تعد الجروف البحرية من أكثر ظاهرات النحت البحرى انتشـــاراً على طول الســـاحل ، كما أنها تدل على المرحلة التي يمر بها خط الســـاحل في المناطق التي تعرضـت للانحسـار أو للغمر البحري ولاسـيما مرحلة الشـباب، وتعد الجروف البحرية من أوضـــح ظاهرات النحت البحري. كما أنها تدل على المرحلة التي يمر بها خط الســاحل في المناطق التي تعرضــت للانحســار أو للغمر البحري ولاســـيما مرحلة الشـــباب ،ويرتبط وجودها فى معظم الأحيان بالرؤوس البحريـة ، يتراوح انحدارها بين ٤٥° ،٩٠° ، ويمكن تصـــنيفها إلى

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

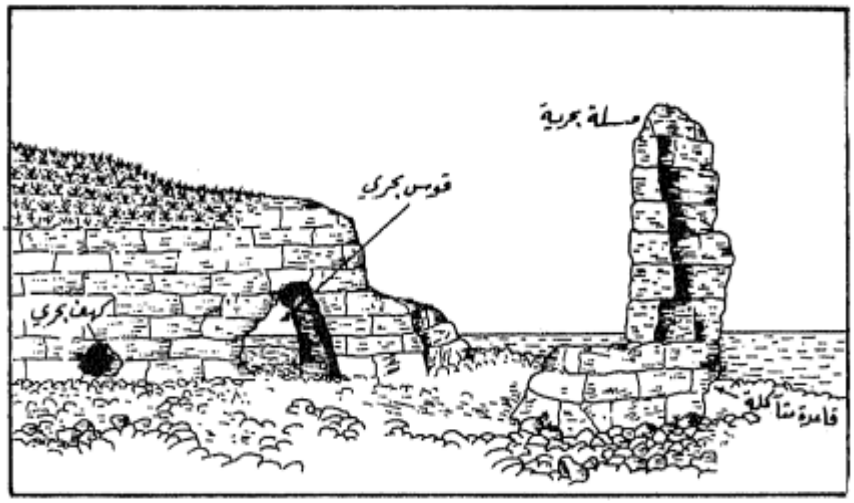
- **عوامل تكوين الجروف البحرية**

- ♣ 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 .

(٢)الكهوف البحرية *Caves*

تتكون الكهوف البحرية بفعل الأمواج على طول نطاقات الضعف الصخري بقاعدة الجروف البحرية؛ وهي عبارة عن تجويفات أو أنفاق تمتد داخل الجرف البحري متتبعةً 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 الصخرى المتمثلة فى الفواصل والشقوق والفجوات و نشاط عمليات التحلل والتجوية و الإذابة واستمرار عمليات النحت ، تتسع تلك الفواصل مكونةً لهذه الكهوف.

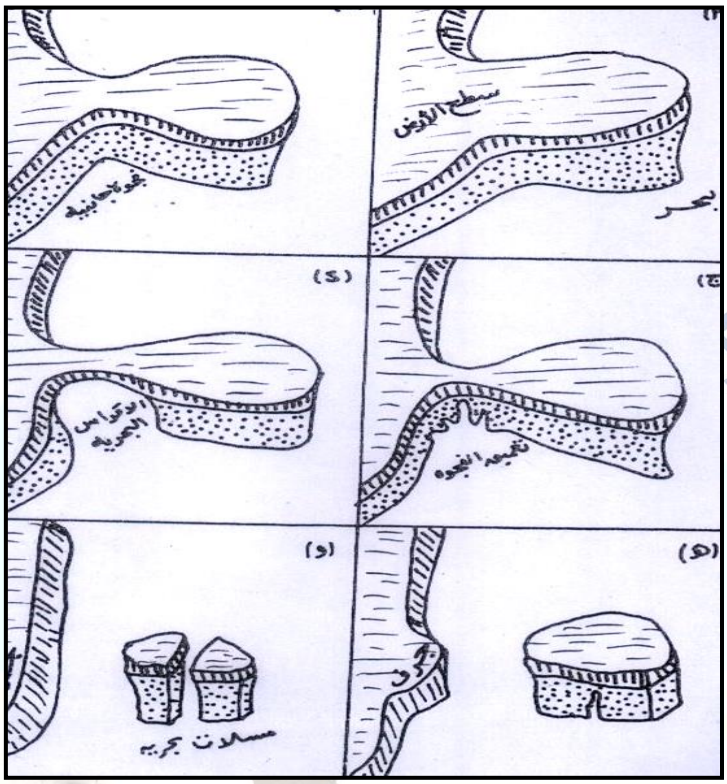
جامعة جنوب الوادي



(٣)الرؤوس البحرية:

تعد الرؤوس البحرية من الظاهرات التى ترجع فى نشـــأتها لعمليات النحت البحرى ، فهي عبارة عن امتدادات أرضـية داخل البحر ،ويختلف شكل الرؤوس البحرية من مكان لآخر على طول خط الساحل ، حيث يأخذ بعضـها الشكل الطولى الذى يمتد بمحاذاة خط الساحل ، وبعضها الآخر الشكل الهرمى وتنشـــأ الرؤوس البحرية إما نتيجة لخصـــائص ليثولوجية مرتبطة بطبيعة التكوينات الصخرية ومدى مقاومتها للعوامل والعمليات البحرية.

جامعة جنوب الوادي



تطور الفجوات الجانبية والأقواس والمسلات البحرية.

(٤)المسلات البحرية

تعد المســـلات البحرية من الظاهرات التى تخلفت عن تراجع الجروف البحرية وتآكل التكوينات الهشـــة على طول مناطق الضـــعف الصـــخرى فى الألسـنة الأرضـية أو الرؤوس الصـغيرة فهي عبارة عن كتل صـخرية منعزلة، تتســم قاعدتها عادة بأنها أصـــغر من أطرافها، وتتكون إما عن انهيار الأجزاء العليا من الأقواس البحرية، ومن ثم ينفصل جزء من اللسان الصخري ويبدو في شـكل كتلة صـــخرية منعزلة ، فى حين ظلت الأجزاء الصـــلبة تقاوم عمليات النحت .وعلى الرغم من صـلابة صـخور المسـلات البحرية ومقاومتها لعوامل التعرية البحرية لفترات طويلة ، إلا أنها عرضـة لفعل الأمواج والتفكك الكيميائى والميكانيكى ، مما يؤدى فى النهاية إلى تآكلها وتفتتها ثم إزالتها.

(٥)الأقواس البحرية *Sea Arches*

تتكون الأقواس البحرية في المناطق الســـاحلية 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:

يقصــد بالشــاطئ تلك المناطق المحصــورة بين أدنى مســتوى لمياه الجزر وأبعد نقطة تتعرض لتأثير الأمواج على الساحل وينقسم الشاطئ إلى قسمين ، هما:

١- الشاطئ الأمامي *Fore Shore* وينحصر بين علامتي المد والجزر، ويلي الشاطئ الخلفي باتجاه البحر، ويتأثر سطحه بحركات المد والجزر اليومية .

٢- الشاطئ الخلفي *Back Shore* ويمتد بين أعلى منسوب تصله موجة المد وخط الســـاحل . ويتوقف تكون الشـــواطئ 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 .

ويســود على ســاحل المنطقة ثلاثة أنواع رئيســية من الشــواطئ تبعاً لنوع التكوينات أو الرواســب التى تتألف منها ، وهى الشــواطئ الرملية والشــواطئ الحصوية والشواطئ الصخرية ، وفيما يلي عرض لكل منها :

أ- الشواطئ الرملية:

ســاهم فى بناء تلك الشــواطئ وفرة مصــادر الرواســب فى المنطقة ، والمتمثلة فى الرواسب الفيضية التى جلبتها الأودية فى الماضي ، إلى جانب الرواسب الهوائية التى نشرتها الرياح على سطح السهل الساحلي وبالقرب من خط الساحل عقب سيادة الظروف الجافة ، بالإضافة إلى الرواسب والمفتتات الناتجة عن نحت الأمواج لصخور الشاطئ فى العديد من القطاعات الساحلية .

ب- الشواطىء الحصوية:

ويرتبط وجودها فى أغلب الأحيان بالمناطق المواجهة لمصبات الأودية الجافة ، مما يشير إلى أنها قد نقلت إلى الشواطئ أثناء الفترات المطيرة التى شهدتها المنطقة خلال عصر البلايستوسين أو أثناء فترات الجريان السيلى الطارئ الذى تشهده تلك الأودية.

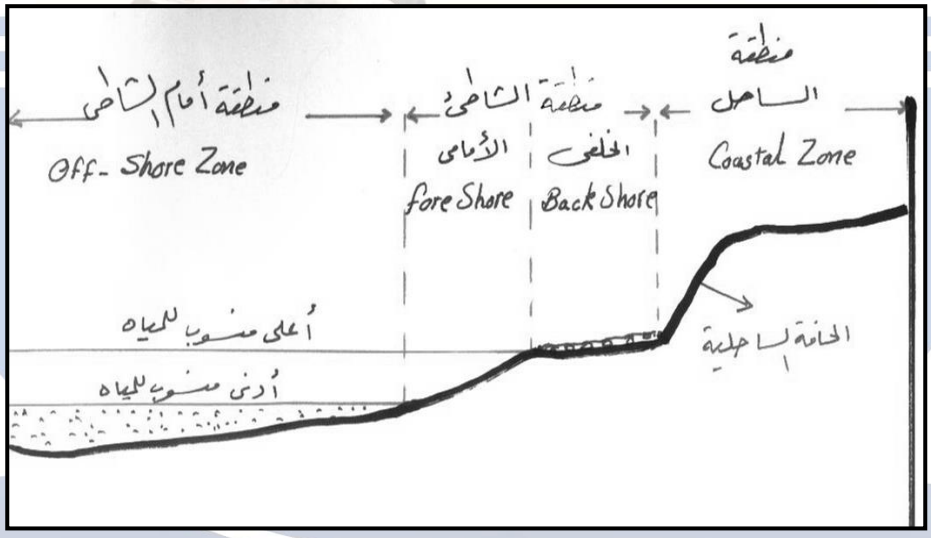
وتتميز الشواطئ الحصوية بأنها أشد انحداراً من الشواطئ الرملية ، حيث تراوحت درجات انحدارها بين ٥°-٧°، ويرجع ذلك إلى النفاذية العالية لرواسب الشواطئ الحصوية ، وضعف الأمواج عن القيام بتسوية تلك الشواطئ وكبر أحجام المفتتات المشكلة للشواطئ الحصوية عنه فى الشواطئ الرملية ، وغالباً ما تؤدى خشونة الرواسب إلى 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 فى معظم المناطق التى تشغلها الجروف البحرية ، وتختلف الشواطئ الصخرية عن الأرصفة الصخرية فى أنها أقل انحداراً حيث تراوحت

درجات انحدارها بين ْ١-ْ٣ ، كما أنها تنحدر نحو البحر انحداراً تدريجياً ، بعكس الأرصفة التى تنحدر نحو البحر بواجهات رأسية شديدة الانحدار ، والتى غالباً ما تتعرض للنحت والتقويض والتراجع بفعل مياه الأمواج

ويتميز سطح الشواطئ الصخرية بوجود حفر الإذابة ، وهى حفر ضحلة ومسطحة القاع ، وذات شكل طولى ، وتأخذ محاورها اتجاهً موازياً لاتجاه حركة الأمواج الأمامية والمرتدة على الشاطئ ، ومن المرجح أن هذه الحفر قد نشأت فى بادئ الأمر بسبب نشاط عمليات الإذابة فى صخور الشاطئ الجيرية ، ومع تراكم الحصى والرمال داخل هذه الحفر وحركتها بفعل طاقة أو حركة الأمواج أخذت أشكالها الحالية.



٢. السبخات الساحلية: *Coastal Sabkha*

يطلق لفظ السبخات الساحلية على تلك الأراضي أو البقاع الرطبة التى تمتد بالقرب من خط الساحل وتنفصل عن البحر بواسطة بعض الحواجز الارسابية الرملية والحصوية التى لا يزد ارتفاعها عن المتر الواحد ، والتى

تعبرها مياه البحر أثناء المد المرتفع أو العالى ، وقد أشـارت بعض الدراسـات 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 محاورة بموازة خط الساحل ، وترتبط أغلب السبخات الساحلية بمناطق الخلجان أو التداخلات البحرية ، مما يشـــير إلا أنها كانت أجزاءً من تلك الخلجان ثم امتلأت تدريجياً برواسب هوائية وغرينية وصلصالية وكربونات الجبس والانهداريت والأملاح ، وارتبطت هذه العملية بارتفاع مســـتوى الماء الجوفى ومجال الخاصية الشعرية.

٣. الكثبان الرملية:

ينتشر وجود الكثبان الرملية في المناطق الساحلية التي تتميز بانكشاف مسـاحات كبيرة من الرمال عند حدوث الجزر ، فسـرعان ما تجف تلك الرمال بواسـطة الإشـعاع الشـمسـى والرياح ، وتذريها الرياح السـائدة وتلقي بها على امتداد الســـاحل بعيدا 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 أوربا .

٤. الألسنة البحرية: *Marine spits*

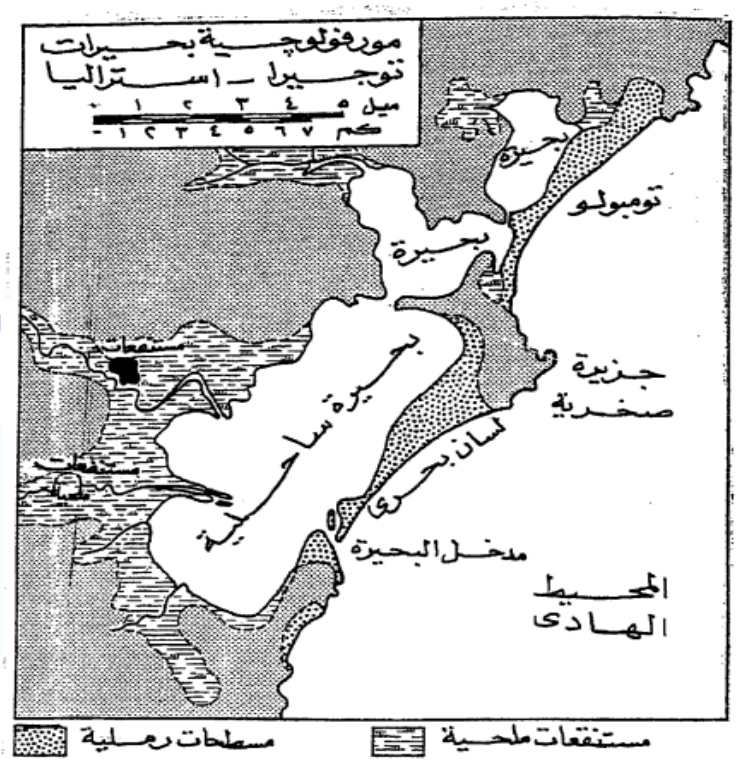
هى عبارة عن تجمعات إرســـابية طولية الشـــكل تتكون من الرمال والحصى ، وتتصل باليابس من أحد طرفيها ويمتد الأخر فى البحر ، وخاصة

عند المخارج النهرية والمصبات الخليجية وفتحات البحيرات ، وكثيرا ما تتعرض أطراف الألسنة الخارجية للانثناء فى اتجاه اليابس 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.

٥. التومبولو *Tomblo*

هي إحدى الظاهرات الناتجة عن الإرساب وهى 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 الايطالية " وقد وصف جونسون أشكالاً مماثلة على ساحل نيوانجلند شمالى شرقى الولايات المتحدة وهو برزخ رملى باليابس الرئيسي على ساحل نيوساوث ويلز.

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي



بعض الظاهرات الساحلية

٦. الحواجز البحرية: *Marine bars*

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

الفصل العاشر

جيومورفولوجية الجليد

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل العاشر

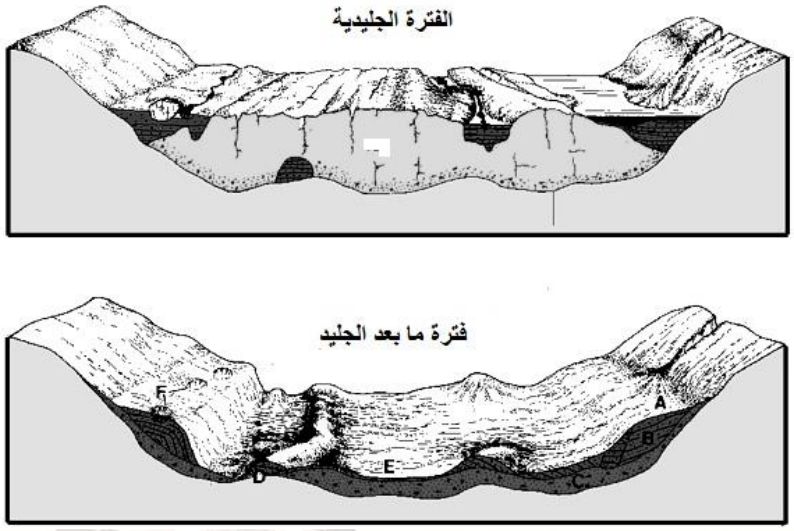
جيومورفولوجية الجليد

يعتبر الجليد من أهم العوامل التي لعبت في الماضـــي، ولا تزال تلعب في الحاضـر دورًا أسـاسـيًّا في تشـكيل سـطح الأرض، ولا تزال آثار التعرية الجليدية القديمة ظاهرة حتى الآن في كثير من المناطق التي تدخل في الوقت الحاضـر ضـمن الأقاليم المعتدلة أو الحارة مثل جنوب إفريقيا وأسـتراليا والهند والبرازيل، وهي المناطق التي كانت أجزاء من قارة جندوانا القديمة. ومن الثابت أن كثيرًا من الظاهرات الجيومورفولوجية في وسـط أوروبا وشـمالها، وفي وسـط أمريكا الشمالية وشمالها قد تكونت بسـب التعرية الجليدية أثناء زحفه على هذه المناطق خلال العصور الجليدية في البليستوسين.

والجليد عبارة عن كتلة متراكمة متجمدة من الثلج *Snow* ، والثلج فى الواقع عبارة عن قشـور رقيقة هشـة تشـبه قطعاً من القطن ناصـعة البياض ، ويسـقط الثلج فى حالة انخفاض درجة حرارة الجو عن الصـفر المئوي ، وعندما ينزل الثلج فقد يتراكم فى طبقات سـميكة يطلق عليه اسـم جليد *Ice*، وقد يظل متماسـكاً على السـطح أو ينصـهر ويتحول إلى مياه ، ويتوقف هذا على درجة حرارة الجو ، إلا أن هناك مناطق لا ينقطع عنها الثلج صـيفاً أو شـتاءً ، مثل المناطق القطبية وقمم الجبال الشاهقة.

ويعتبر الجليد من أقوى عوامل التعرية على السـواحل المتجمدة للقارات الشـــمالية ، كذلك يعتبر عامل قوي في التعرية عند التوجه إلى جليد البحار الطافي *Ice Floes* ، الذي نتج عن تجمد سـطح البحر أبان فصـول الشـتاء قارســـة البرودة في العروض العليا ن ويغطي الجليد بنوعية اليابس والبحري ١٥,٦ مليون كيلومتر مربع من سطح الأرض، ويتحرك الجليد القاري أو اليابس بعنف في اتجاه مضـاد لليابس و يقوم أثناء ذلك بالزحف على الصـخور 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 الظاهرات 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 مائى .

*** نشأة الوادي الجليدي:**

عند تساقط الثلوج وتجمعها على القمم الجبلية المرتفعة ، يزداد سمكها تدريجيا مع استمرار تساقط الثلج وانخفاض درجة الحرارة ، ويتحول الثلج نتيجة تراكمه وتضاغطه إلى جليد يتسم بالمرونة يطلق عليه باللغة الألمانية "جليد فيرن *" Firn*، تتساب منه عند حوافه بعض الألسنة فى الأدوية النهرية التى كانت

تتبع من تلك المناطق المرتفعة قبل أن يغطيها الجليد ، وباستمرار الظروف المناخية الجليدية تنمو هذه الألسنة تدريجيا 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- شـدة الفاصـل الرأسـي أي الفارق الرأسـي بين المنابع العليا للثلاجة عند الحلبات الجليدية ومصـباتها سـواء فى الفيوردات السـاحلية أو حيثما يذوب الجليد ويتحول إلى نهر مائى ، ولذلك تبدو المقاطع الطولية للثلاجات أشـد انحداراً من المقاطع الطولية للمجارى المائية.

٢- يظهر المقطع العرضـي للوادى الجليدى على شـكل حرف U سـواء عند منـابعـه العليـا أو أجزاءه الـدنيـا بعكس الوادى النهرى الـذى يظهر مقطعـه العرضـى على شكل حرف V عند منابعه العليا ويتحول لشكل حرف U فى أجزاءه الدنيا.

٣- تتكون على سـطح الثلاجة مجموعات من الشـقوق العميقة المتشـابكة وهى تنقسم إلى ثلاثة أنواع هى:

- شـقوق عرضـية *Transverse Crevasses* تمتد بصـورة متعامدة على اتجاه الوادى الجليدى ، وتتكون بسبب تحرك الجليد فوق أجزاء وعرة أو شديدة الانحدار من سطح الأرض.
- شـــقوق طولية *Longitudinal Crevasses* وهى تمتد موازية لاتجاه الوادى الجليدى ، وتتكون بسـبب اختلاف سـرعة تحرك الجليد ، فعادة

ما يكون أسـرع فى منتصـف المجرى وبطيئاً على هوامشـه بسـبب الاحتكاك بمنحدراته الجانبية.

- شـقوق حدية أو هامشـية *Marginal Crevasses* وهى تتكون عند مقدمة الوادى الجليدى بسـبب اصـطدام كتلة الجليد المتحركة بالعوائق التضاريسية التى تعترض تقدمه نحو منحدراته الدنيا .

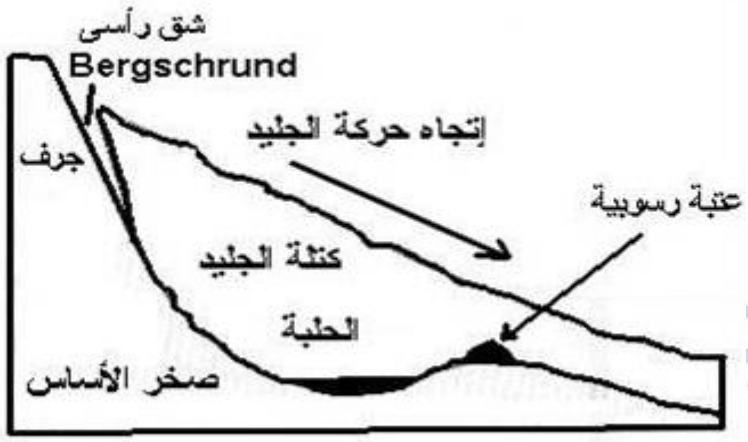
٤- تمتد الثلاجات على شكل مجار مستقيمة تكاد تخلو من المنعطفات والثنيات لأن الجليد المتحرك ليست له المرونة الكافية للاستجابة للانثناء والانعطاف، ولذلك تبدو المجارى النهرية التى تتفق مسـاراتها مع ثلاجات قديمة بصـورة خالية من المنعطفات النهرية.

(٢)الحلبات الجليدية *Cirques*

هو مصـطلح فرنسـي يطلق على تجاويف مقوسـة الشـكل يقوم الجليد، وهي فجوات يتجمع فيها التسـاقط الثلجي ويتحول الى جليد ، ويتوالد عنه ثلاجات ، ويتحول بالاعتماد على عامل الصـقيع الذي يغلق جوانبها ، وبعدها يتحرك الثلج إلى الأمام وفيها يعمق أرضـيتها بالتدريج ، وتمتاز بأحواضها المستديرة ، وهي كما اشرنا تصبح فيما بعد مصدرا للحقل الجليدي وللثلاجة معه ، وتشـير الدراسـات 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.

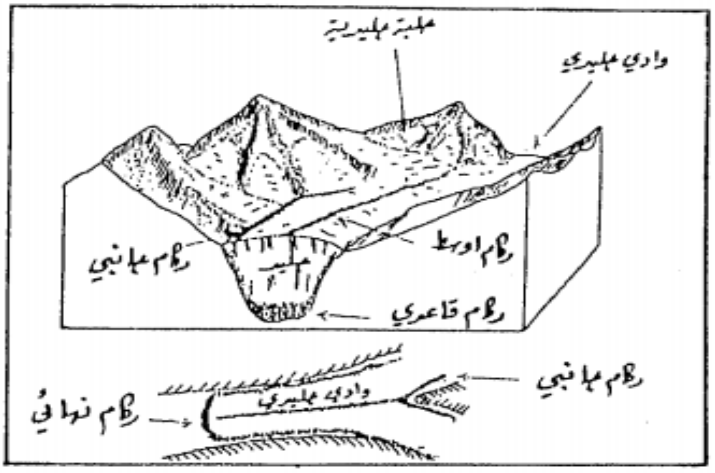
(٣)الأودية المعلقة: *Hanging Valleys*

هى عبارة عن روافد نهر جليدى كبير ، و لكن الجليد الذي يملأها لا يسـتطيع تعميق مجاريها إلى مسـتوى قاع الوادي الجليدي الرئيسـي، لذا تبقى أودية الروافد على مستوى أعلى من مستوى الوادي الرئيسي و لهذا تكون على هيئة أودية معلقة .



(٤)القمم الجبلية *Knife ridges*

هي تنشـــأ من تجاور حلبتان أو أكثر ، فيؤدي الضـــغط بالرواســـب والحركة الدائرة إلى ظهور حواف فاصـلة بينها وضـيقة تعرف بالحواف القممية القاطعة . فإذا كانت الحلبة في مواضـــع 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:

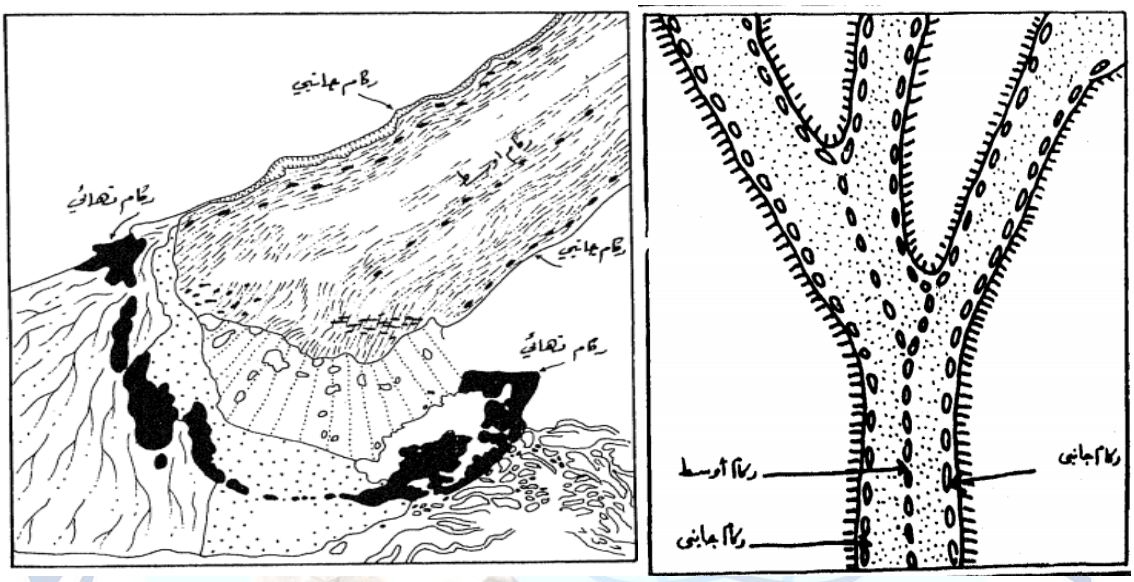
تظهر في شكل كتل صخرية محدبة وسط مجرى الوادي الجليدي لم يتمكن النهر الجليدي من إزالتها وتوقف أثره على تحززها وخاصة في جانبها المواجه لمصب الوادي الجليدي, بينما يبدو الجانب المواجه لمنابع النهر أملس قليل الانحدار.

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

(١)الركامات الجليدية *Moraines*

هى الرواسب التي 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 رئيسة ،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* : و يرجع نشأته إلي اتحاد ركاميين جانبيين لنهرين جليديين التحاما في مجرى واحد .
- ركام سفلي *Ground Moraines* : يتكون فى قاع الوادي الجليدي من المواد التي نحتها الجليد ، والمواد التي تتساقط من جوانب الوادي على سطح الجليد ، ثم تنزلق و تصل إلى القاع . ولا تظهر إلا بعد ذوبان الجليد.



الركامات الجليدية

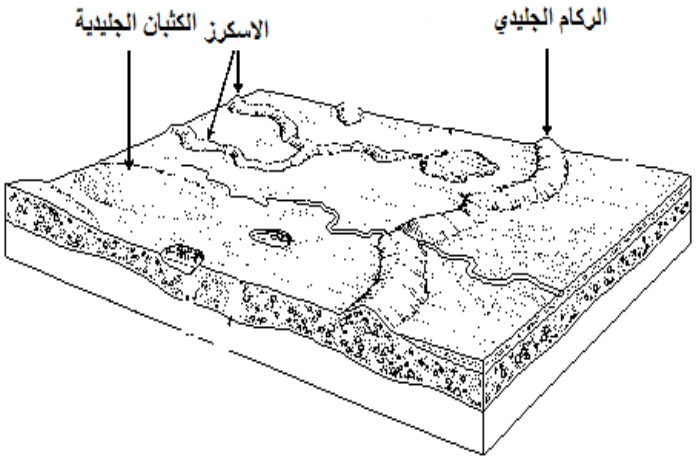
(٢)الكثبان الجليدية *Drumlins*

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.

(٣)الايسكرز. *Eskers*

هي عبارة عن حافات ملتوية تتألف بشكل كبير من الرمل والحصى توجد في المناطق المتأثرة بالثلاجات القارية . ويعتقد بأنها تكونت وترسبت بتدفق ينابيع تحت الجليد قرب نهاية الثلاجة ، 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 والكثبان الجليدية وظاهرة الايسكرز

جامعة جنوب الوادي

الفصل الحادي عشر

الجيومورفولوجيا التطبيقية

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي

الفصل الحادي عشر

الجيومورفولوجيا التطبيقية

يقصد بالجغرافيا التطبيقية تطبيق الأساليب الجغرافية من مسح وتحليل من أجل حل مشـــكلات العالم، أو باختصـــار توظيف الجغرافيا في مجالات التنمية وحل مشكلات الإنسان ، أو بمعني أخر دراسة العلاقة بين الأشكال الأرضـــية ومظاهر الحياة البشـــرية، والواقع أن التفاعل بين الإنســـان والمكان الطبيعي عملية بالغة التعقيد لدرجة يصـــعب تماماً بل يســـتحيل كثيراً متابعتها وقياس نتائجها وفي الدراســـة التطبيقية يمكن الاســـتفادة من كل شـــكل من الأشـــكال الجيومورفولوجية من جهة ،وتأثير الأشـــكال علي حياة الســـكان والأنشطة المختلفة من جهة أخري.

إن الجغرافي هو المتخصـص الوحيد الذي يدرس جميع عناصـر البيئة التي يعيش فيها الإنســـان. ونعني بعناصـــر 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 أخصـائيون مختلفون كل منهم يهتم بدراسة جانب واحد من هذه العناصر ويحلله لكنه لا يستطيع أن يعطي تفسيراً متكاملاً 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 المتخصـــصـــين المختلفين يجرون دراســـاتهم مرتكزين على معلومات متعددة وجداول مختلفة وأرقام متنوعة، فإنها تظل بعيدة عن بقية العناصـــر

المختلفة التي تؤثر فيها وتتأثر بها، كما أن غالبيتهم لا يستعملون الخريطة إلا لماما، 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:

(١) الجريان السيلي *Flash flood*

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 ، وفى وادى النيل ومنطقة الدراسة بصفة خاصة ، والذي نادراً ما توجد قرية منها لا تقع في مخرج وادى أو أكثر.

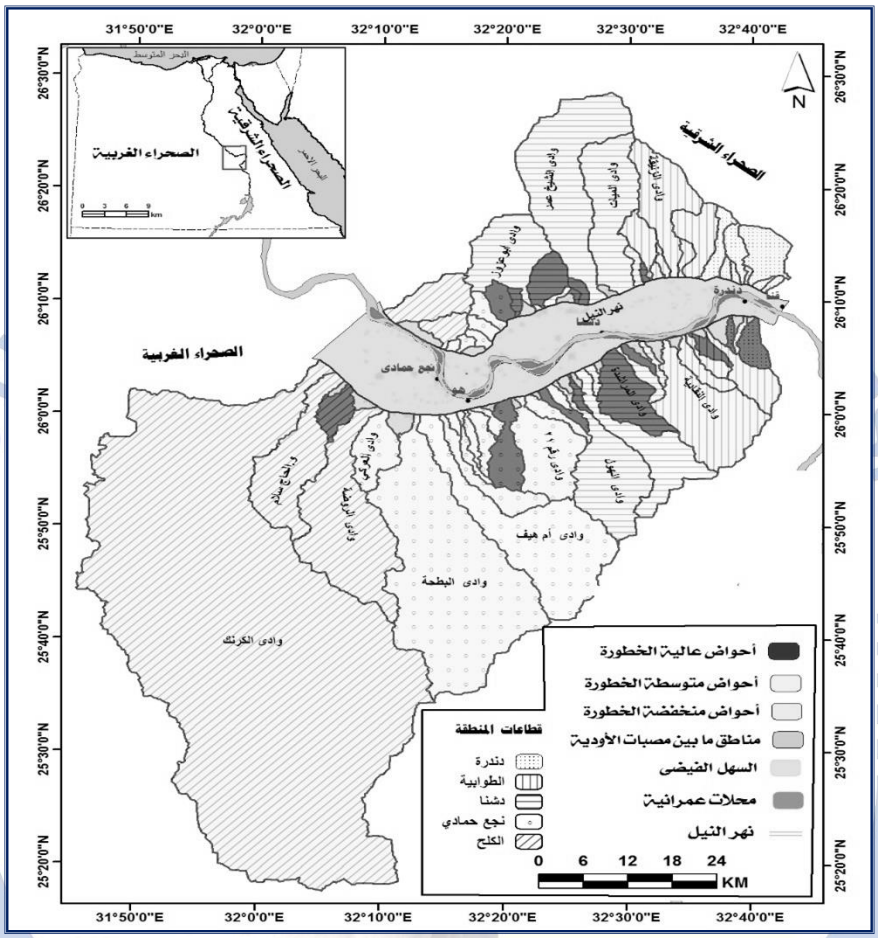
ويتوقف الجريان السيلي في الصحاري علي عده عوامل أهمها كمية الأمطار الساقطة ونوعها وتركزها وزمن سقوطها ومعدل التبخر والتسرب،ومدي اتساع أحواض التصريف التي تتجمع فيها المياه ، ودرجة انحدار المجاري. فالجريان لا يحدث إلا إذا زادت كمية الأمطار الساقطة على كمية الفاقد سواء

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 ببطون 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 مخرات تحمي القري والنجوع دون نقلها إلي مناطق أخري ، 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:

SOUTH VALLEY UNIVERSITY
جامعة جنوب الوادي



التوزيع المكاني لأحواض التصريف تبعًا لدرجة الخطورة بمنطقة قنا

- **إنشاء مخرات السيول:**

يجب أن تكون المخرات بمواصـــفات معينة تعتمد علي درجة خطورة الحوض ، مسـاحة حوض التصـريف ، صـافي وحجم الجريان المتوقع ، عدد القري المنتشـرة بمخرج الوادي ، اسـتخدام الأرض بالمروحة الفيضـية للوادي.

وأما عن شكل المخر فلابد وأن يكون متعرجاً ، وأن تكون جوانبه هينة الانحدار ، وتكون بدايته ناحية منبع الحوض علي شـكل حرف Y ، لكي يجمع معظم المياه المندفعة إلي مجراه.

- **إنشاء السدود:**

تعد السـدود من أقدم الطرق للوقاية من السـيول وأكثرها شـيوعًا ، لأنها تمنع تشـتت المياه وتعمل علي تجميعها في مكان واحد ، الأمر الذي يُمكن من اســـتخدامها في عمليات التنمية ، وتغذية الخزان الجوفي. وتقوم فكرة إنشـــاء السدود في تشييد مجموعة من السدود على نهايات الأودية الرئيسة في مواضع ضـــيقة مع وجود مناطق متســـعة أمام الســـد تســـمح بتجميع المياه ، ومن ثم اســـتثمارها في عمليات التوســـع 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 مســـاحة واســـعة أمام الســـد لتخزين المياه في حالة الجريان السيلي الكبير ، مع الوضع في الاعتبار كمية الرواسب المنقولة.

(أ) السدود الخرسانية:

يكون بناء الســـدود الخرســـانية علي مجاري الأودية ذات التصـــريف الكبير ، وفي المناطق الضـــيقة علي المجري الرئيس ، بشـــرط أن يســـبقها مجموعة من ســـدود الإعاقة حتي تعمل علي تقليل ســـرعة 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 تنميتها خلف السد المقترح ، والاستفادة منها بطريقة أخري 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 مناسيب 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 السـدود المتتابعة ، تبني في المناطق الضـيقة ذات الانحدار البسـيط بارتفاع من ٢-٤ أمتار ، حتي لا يطمره تراكم الرواسـب مع السـيول المتعاقبة ، وتعمل هذه السـدود علي زيادة فرص تسـرب المياه من السـطح وتغذية الخزان الجوفي ، خاصـة وأن تكوينات المنطقة تتميز بطاقتها التسريبية العالية ، وتعمل علي تقليل سرعة اندفاع مياه السيول. وتأتي أهمية هذه السـدود في أنها تحد من خطر السـيول عند حدوثها ، وخاصـة في القري والنجوع التي تم بنائها بمخارج الأودية ، حيث إن كثير من سـكان المنطقة يتناسـون مخاطر السـيول. ويتم توزيعها على الروافد التي تجمع مياه من الرتبة الثالثة والرابعة ، وهي قليلة التكلفة. وتبني هذه السـدود من الصـخور المحلية باستخدام كتل الأحجار الصخرية التي توجد كنواتج التعرية بالأودية.

- **إنشاء الكباري والبرابخ:**

يتم بناء الكباري لتصـريف المياه عند تقاطع مجاري السـيول مع الطرق مع عدد قليل من الهرابات ، خاصة وأن البرابخ أثبتت فشلها في استيعاب كمية المياه الجارية ، بالإضـافة إلى تكرار ملئها بالرواسـب الصـخرية التي تجلبها السيول ، وبالتالي ردمها ، بالإضافة إلي نمو الحشائش والنباتات بفتحاتها بعد سـقوط الأمطار ، وعدم مراعاة مسـاحة الأحواض وكمية الجريان المتوقعة عند تصميمها.

كما يمكن تصـميم بعض البرابخ المسـاعدة 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 بفاصل 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 فى بطون الأودية أو عند مصباتها.
- يراعى عند إقامة الطرق فى 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 يبقي الحل الوقائي هو الأمثل ويتلخص في عدم بناء أي منشآت عمرانية أو صناعية جديدة بمخارج الأودية ؛ لتفادي أخطار الجريان السيلي.

(٢) السقوط الصخرى *Rock Fall*

يحدث السقوط الصخري فوق المنحدرات الصخرية العالية والتي يزيد انحدارها عن ٤٠درجة حيث تنحدر 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 المفتتات 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 علي سقوط كتل صخرية.

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

جزيرة سـيناء ، وتمثل خطراً على الطرق التى تخترق تلك المناطق خاصـةً فى سيناء وجبال البحر الأحمر ، ومن أمثلة الأخطار الناجمة عن السقوط الصخرى ما حدث فى عام ٢٠٠٥م عندما تساقطت الصـخور من الجروف الصـخرية أو الواجهات الحرة المرتفعة (٨٥٠ متراً) لجبل واى*Y mountain* فى 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.
- تكسـية المنحدرات التى تمثل خطرا على الطرق باسـتخدام المواد الأسـمنتية والدعامات الخرسانية لتثبيت الصخور.
- منع استخدام المواد الناسفة فى المحاجر القريبة من الطرق والعمران.
- إزالة الكتل المتراكمة على جوانب المنحدرات، والتى يحتمل سقوطها.
- الحد من سرعة الشاحنات فى المواضع المعرضة للخطر من الطريق.
- تشجير جوانب المنحدرات إن تيسر ذلك.
- إنشـاء تفريعات جانبية للطرق فى مناطق الخطورة، حيث يمكن اسـتخدامها فى حالة تعرض الطريق الرئيسي للخطر.
- تثبيت بعض المنحدرات التى تتميز باحتمال انفصـال كتل صـخرية 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 فى المناطق التى يقترب فيها منسوب المياه الجوفية من السطح ، كما هو الحال فى المدن الساحلية على سواحل مصر أو فى المنشآت البترولية المقامة بالقرب من السبخات على ساحل خليج السويس.
- تعرض أعمدة الإنارة المعدنية ومواسير الصرف الصحى والدعامات المعدنية الموجودة بأبواب وشبابيك المباني للتآكل نتيجة للتفاعلات التى تحدث بين الأملاح والحديد المكون لها.
- تدمير وإتلاف دهانات حوائط المبانى وتغير ألوانها فى المناطق القريبة من خط الساحل ، بسبب تطاير رزاز مياه البحر المالحة مع ارتفاع معدلات التبخر وترسب الأملاح ونمو بلوراتها بين الشقوق والشروخ ، وهو ما يؤدى إلى تآكل طبقة الأسمنت اللاحمة وظهور الجدران مكشوفة بعد إزالة الدهانات الخارجية.
- تعرض الطرق للتشقق والهبوط والتلف فى الأجزاء القريبة من خط الساحل أو التى 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 فى طبقة البيتومين سوداء اللون ، والذى 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 المسئولة 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 تعُيق سبل التنمية ، حيث تسبب خطراً علي الأراضي المستصلحة والآبار والطرق البرية، لذا كان الضروري محاولة التوصل إلي أنسب الطرق لتثبيت زحف التراكمات 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 سـطح الكثيب حيث تقوم بحمايتها من التعرية الناجمة عن الرياح، وتعد الزيوت الإسفلتية الخفيفة مثل الطبقة العلوية السوداء المسـتخدمة في رصـف الطرق والزيوت الشـمعية الثقيلة من أفضـل 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 وأسـرعها، 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 سـطح الكثبان والفرشـات الرملية بمواد حصـوية 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 الانسياق الرملي تماماً.

– وقف عمليات البناء والتوسـع العمراني غير المخطط في المناطق القريبة من الكثبان .

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

المراجع التي اعتمد عليها الكتاب

(أ) المراجع العربية:

١. أبو العز، محمد صـــفي الدين (١٩٧٧): مورفولوجية الأراضـــي المصـــرية، دار النهضة العربية، القاهرة.

٢. أبوالعينين، حسن سيد (١٩٧٤) كوكب الأرض: ظواهره التضاريسية الكبري، دار النهضة العربية، بيروت.

٣. أبوحديد ، أحمد عبدالفتاح (٢٠١١): أشـكال النحت والارسـاب 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): أشـــكال الصـــحارى المصـــورة : دراســـة لأهم الظاهرات الجيومورفولوجية بالمناطق الجافة وشبه الجافة ، الإسكندرية.

٦. جودة، حسنين جودة(٢٠٠٨) معالم سطح الأرض ،دار المعرفة الجامعية، القاهرة.

٧. التركماني، جودة فتحي (٢٠١١): أصـول البحث في الجغرافيا الطبيعية والبشـرية مع تطبيقات سعودية ، دار الثقافة العربية ، الطبعة الأولي ، القاهرة

٨. الحسـيني، السـيد السـيد (١٩٩٨): دراسـات في الجيومورفولوجيا: أشـكال سـطح 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 المعملية 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.*