مادة الجيومرفلوجيا

المحاضرة الأولى

طبيعة علم الجيومورفولوجيا وتطوره :

طبيعة علم الجيومورفولوجيا:

كلمة الجيومورفولوجيا أصلها إغريقي تتكون من ثلاثة مقاطع هي :

Geo ---------- تعني الأرض

Morphos --- تعني التكوين أو النشأة

Logos ------- تعني الدراسة أو علم.

يتم الإشارة لهذا العلم بكلمة جيومورفولوجيا أو دلالته بالمفاهيم التالية :

١- علم أشكال الأرض ٢- علم الأرض. ٣- أشكال الأرض . ٤- أشكال السطح.
٥- النشأة والتكوين والتطور.

يرى البعض من المهتمين إفتقار الجيومورفولوجي إلى أهم الأسس العلمية التي تميز العلوم عن غيرها من المواضيع الأدبية ألا وهي القوانين كما يجمع آخرين على علمية الجيومورفولوجيا ويمكن تفسير أسس هذا الاختلاف من خلال المواضيع التي يعالجها هذا العلم وكذلك في وسائلة البحثية (المنهجية) والأهداف التي يسعى إلى تحقيقها وصلته بالعلوم الأخرى.

المواضيع الجيومورفولوجية:

تعالج الجيومورفولوجيا أشكال السطح اليابس من الكرة الأرضية التي تعتبر نتاج لعمليات طبيعية وبشرية وبسبب استمرار تأثير العمليات ولقدم أشكال الأرض تركز الجيومورفولوجيا على تاريخ أشكال الأرض (دراسة ماضي الأشكال الأرضية) لذا تسعى الجيومورفولوجيا إلى تفسير أشكال الأرض من وجهة نظر تاريخية، إن التركيز تاريخ أشكال الأرض بل تطورها عبر التاريخ الجيولوجي هو الذي يؤكد انتماء الجيومورفولوجيا إلى الجيولوجيا التاريخية.

من ناحية أخرى اعتبر علم الجيومورفولوجيا من فروع الجغرافيا الطبيعية لكونها تفسر أشكال الأرض ضمن إطار العمليات الجيولوجية المستمرة التي ترتبط بعناصر البيئة المختلفة (نبات ،مناخ) فنظرة الجغرافي للجيوموفولوجيا تستند على دراسة أشكال سطح الأرض، لذا تكتسب الجيومورفولوجيا انتماءها الجغرافي كونها تركز على سطح الأرض وليس الطبقات الأرضية الأعمق وتدرسة في إطار زمني تطوري لذلك تخدم الجيومورفولوجيا الكثير من الدراسات الجغرافية التطبيقية بحيث تصبح وسيلة تطبيقية وليس هدفاً بحد ذاته ،ولعل الأساليب ومناهج البحث المتبعة في الدراسات الجيومورفولوجية تساهم في تحديد علمية الموضوع جيولوجية أو جغرافية.

أساليب البحث الجيومورفولوجي:

لم تطور الجغرافيا على عكس الجيولوجيا منهجية وأساليب دراسية خاصة بل اعتمدت على مساهمات العلوم الأخرى بالتالي ركزت على تفعيل وترابط ما توصل إلية الآخرون وصولاً إلى فكرة تفسير التباين المكاني بين الأقاليم وتستند في تفسير التباين أو التشابه المكاني على المعطيات النظرية التي توصل إليها الآخرون وبذلك فان الأصالة الجغرافية تكمن في الربط والمقارنة والتفسير لا في الأسس النظرية.

عبر الزمن بغض النظر عن المكان يمكن القول أنه حصل تطور في الدراسة الجيومورفولوجية معتمدين بذلك في تفسير أشكال سطح الأرض على المعطيات التقليدية تارة والدينية تارة أخرى التي سادت حتى أواخر العصور الوسطى.

اتصفت الجوانب المتعلقة بالانجازات الجيومورفولوجية نهاية القرن التاسع عشر حتى الوقت الحالي بالتالي

١- اعتمدت كثيراً من الدراسات على الملاحظة الأولية والمشاهدة العامة.

٢- اعتماد الأساس الزمني التطوري وغيرة من الأسس في الدراسات الأولى على وصف أشكال الأرض (دورة ديفز للمراحل الزمنية في تصنيف أشكال الأرض وهي شباب،نضج،شيخوخة) .

٣- تم وصف تطور المنحدرات بناء على نظريتي الحت الرأسي والتراجعي.

٤- تم وصف أشكال الأرض بالرجوع إلى بنائها الجيولوجي وأنواع صخورها.

٥- ربط الظروف المناخية بعملية وصف أشكال الأرض حيث ميزت أشكال الأرض حسب الأقاليم المورفومناخية.

٦- تطور الوصف التقليدي إلى وصف قياسي من خلال الخصائص المورفومترية لأشكال الأرض.

٧- تطورت الدراسات الجيومورفولوجية بشكل تدريجي حيث القياس ثم معالجة البيانات ثم تطبيق الأساليب الإحصائية وأصبحت الأساليب الكمية هي المسيطرة وقد طبقت معظم الدراسات الجيومورفولوجية في الجغرافيا والجيولوجيا المنهج الكمي مما عمق التوجه الكمي.

٨- الاعتماد على الجانب ألمخبري في قياس بعض عناصر أشكال الأرض وعمليات نشأتها وتطورها وقد ساهم هذا الجانب على بناء العلاقات الرياضية بين عناصر الظاهرة أو العملية الجيومورفولوجية مثل متابعة التغيرات التي تتعرض لها شبكات الأقنية المائية.

٩- تنوع مصادر المعلومات الجيومورفولوجية وذلك حسب المواضيع الدراسية والإمكانات المتوفرة أو المتاحة كعملية الاعتماد على الأجهزة المساحية وتحليل عينات الصخور والتربة والخرائط التفصيلية والصور الجوية وصور الأقمار.

١٠- استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية بشكل متزايد مما أتاح المجال لتنويع التطبيقيات الجيومورفولوجية.

١١- استمرارية الاهتمام بالجانب التطبيقي لعلم الجيومورفولوجيا ولقد تم تطبيق الأساليب الدراسية العلمية وأن استخدام هذه الأساليب متوقف على مدى خبرة الباحث نفسه إضافة إلى نوع الدراسة.

أهداف الجيومورفولوجيا :

لقد تم تحديد ثلاثة أهداف رئيسة يسعى لتحقيقها الجيومورفولوجيون في دراساتهم وهي:

١- الوصف. ٢- التصنيف. ٣- التفسير.

وفيما يلي تفصيلا لهذه الأهداف الثلاثة :

١- الوصف:

من خلال عملية الوصف يتم تحديد الخصائص الوصفية والقياسية لأشكال الأرض المختلفة بحيث يتم الوصول إلى هذه الخصائص من خلال المشاهدة الميدانية أو ألمخبريه والمكتبية مع العلم بأن أشكال الأرض تتباين في خصائصها ليس من مكان لآخر بل في الإقليم الواحد وهذه الخصائص التي تمتاز بها أشكال الأرض لم تنشأ وتتطور بصورة عشوائية ولكنها خضعت لقوانين طبيعية.

من هنا يمكن القول أن عملية وصف أشكال الأرض ما هي إلا مرحلة أولى في الدراسة الجيومورفولوجية كما أن عملية الوصف نفسها أيضاً تستند إلى أسس علمية واضحة ومتعمقة وليست عشوائية ويظهر هذا واضحاً في مواضيع ذات الصلة بعلم الخرائط والمساحة والجيولوجيا والتربة والمناخ وغيرها مع التأكيد بأن عملية الوصف يمكن أن تكون قياسية (مورفومترية) أو غير قياسية،إلا أن الوصف أخذ يكتسب الصبغة القياسية مع تزايد الدراسات مما مهد لتطور الأساليب الكمية في الجيومورفولوجيا.

يمكن للباحث بأن يصف أشكال الأرض من خلال الخصائص المتباينة (مساحة ،شكل ،وأنواع الصخور ،خصائص المنحدرات والأحواض والشبكات المائية).

٢- تصنيف أشكال الأرض:

وهي تلك المرحلة تتبع مرحلة الوصف والتي خلالها تختصر البيانات إلى مجموعات محددة بحيث أن عناصر المجموعة الواحدة تشترك فيما بينها بصفات تميزها عن المجموعة الأخرى(نوع الشكل الأرضي، الخصائص المدروسة، هدف الدراسة) بصفات يسهل التعامل معها في الربط والمقارنة وصولاً إلى عملية التفسير كما يمكن للباحث أن يبتكر أسس تصنيف خاصة بموضوع الدراسة(الأصغر إلى الأكبر، نوع الصخر، عوامل نشأة الأشكال وتطورها،أحجامها).

إن من أكثر خصائص أشكال الأرض خضوعاً لعملية التصنيف المنحدرات (**Slopes**) وذلك ضمن معايير مختلفة منها.

أ – الشكل (محدب،مقعر،مستقيم).

ب – التجزؤ.

ج – درجة الانحدار التي تتراوح بين الجرف والمستوي.

٣– تفسير أشكال الأرض.

عملية تفسير الأشكال الأرضية قد تأخذ شكل إجابات لتساؤلات والتي منها :

- **كيفية نشأة أشكال الأرض؟**
- **كيف تطورت أشكال الأرض؟**
- **ما هي العوامل والعمليات المسئولة عن تشكيل أشكال السطح؟**
- **ما هي طبيعة العلاقات السببية بين خصائص وعناصر الشكل الأرضي الواحد من جهة وبين الظروف البيئية؟**

إن عملية الإجابة على مثل هذه التساؤلات يمكن أن تحدد درجة الانتماء العلمي للجيومورفولوجيا ولكن عملية التفسير بشكل عام قد تواجه أحياناً بعض الغموض في حالات منها :

أ– عندما تمتاز عمليتي النشأة والتطور للأشكال الأرضية بالتعقيد.
حيث أن كل شكل أرضي يمثل محصلة تفاعل عدة متغيرات وعوامل متباينة مكاناً وزماناً.

ب– التباين في خصائص ومكونات الشكل الأرضي الواحد في نفس المكان وفي الأماكن المختلفة فمثلاً قد يتكون الشكل الأرضي من نوع واحد من الصخر

ولنفترض الصخر الجيري والمهم هنا هو أن خصائص هذا الصخر قد تختلف من موقع لآخر على امتداد الشكل من حيث السمك، المفاصل ، التشققات ، أسطح التطبق ، ميل الطبقات ،النفاذية ، نسبة الشوائب ، كل هذه وغيرها من شأنها أن تودي إلى تفاوت استجابات أجزاء الصخر للعمليات والعوامل الجيومورفولوجية والبيئية.

يمكن القول أن اهتمامات الجيومورفولوجيين متباينة فهناك من يركز على عامل الزمن أو المناخ وآخر البناء الجيولوجي وأيضاً الأنهار كما يجب التأكيد على اختلاف أسلوب ومنهجية عملية التفسير بين الجيومورفولوجيين حيث :

١- يعتمد البعض على التفسير الوصفي والتعميمات الافتراضية في تحليلاتهم.
٢- يعتمد البعض الآخر على العينات والتحليل ألمخبري وتطبيق الأساليب الإحصائية المختلفة.
هذه الأساليب من شأنها أن تؤدي إلى اختلاف النتائج وتباين وجهات النظر المطبقة في التفسير الجيومورفولوجي.

المجالات التطبيقية للدراسات الجيومورفولوجية :

١- مسح الموارد الطبيعية.
٢- مسح الموارد الاقتصادية.
٣- دراسة الأخطار الطبيعية.
٤- دراسة المشاكل البيئية.

هذه المجالات الدراسية تعمق عملية الإعداد العلمي للدارس الجيومورفولوجي بحيث أنه يغطي العديد من العلوم المختلفة(تربة ،مناخ،هيدرولوجيا) وخاصة إذا علماً ان أهم ما يميز أية دراسة الجغرافيا هو الارتباط القائم بين سطح الأرض والتجمعات البشرية ونقول هنا أنه لا يمكن تصور أية دراسة جغرافية تتم بمعزل عن المعطيات الجيومورفولوجية لمواقع الظاهرات.

تطور علم الجيومورفولوجيا :

تكمن أهمية مراجعة التطور في معرفة مدى ديناميكية ذلك العلم ويمكن تتبع التطور العلمي لعلم الجيومورفولوجيا من خلال :

١- تزايد حجم الأعمال الجيومورفولوجية وعدد الدارسين.

٢- تجدد المواضيع المدروسة.

٣- إضافة أماكن وأقاليم أخرى للبحث الجيومورفولوجي.

٤- تطور أساليب ومناهج الدراسة ونتائج متجددة.

من خلال ما تقدم يمكن أن نميز المراحل التاريخية التالية في تطور علم الجيومورفولوجيا.

المرحلة القديمة :

التي ظهر فيها أعمال الإغريق إلى العصور الوسطى

كما ظهرت مساهمات العرب المسلمين (ابن سيناء،ابن خلدون ،الخوارزمي،المسعودي وغيرهم) إذ قاموا بطرح أفكار جيومورفولوجية والتي كانت من خلال تفسير تكون الجبال وشكل التضاريس ومصادر المياه الجوفية وانواع الصخور وتغير مستوى البحر وأشكال القارات والبحار وعملية الحت النهري وكثيراً من هذه الأفكار اعتمدت على التفسير المنطقي وأحياناً الديني.

مرحلة العصور الوسطى :

وهي الفترة الممتدة بين القرن الخامس عشر والثامن عشر الميلادي التي بدأت فيها مرحلة التحول الفكري الجيومورفولوجي الذي استفاد من الكشوف الجغرافية والنهضة الصناعية في أوروبا والعالم الجديد وتمثلت بمساهمات عديدة مثلاً حول نشاط الأنهار ودورها في الحت وتراجع الحافات الجبلية ودورة التعرية هذه وغيرها شكلت نقلة نوعية في تاريخ الجيومورفولوجيا حيث تم وضع أسس ما يسمى بالمدرسة الاضطرادية التي تعتمد على التطور البطيء لأشكال الأرض كما تم التركيز على التغيرات التي تتعرض لها أشكال الأرض أو خصائصها عملياتها الجيومورفولوجية كما ظهرت بعض الكتب المرجعية.

القرن التاسع عشر: يمكن تمييز مرحلتين خلال هذا القرن وهما :

أ- المرحلة الأولى: وتشمل مساهمات باول الذي اهتم بدراسة الظواهر البنائية لسطح الأرض للولايات الأمريكية وخانق الكولورادو كما ميز بين الأنهار المختلفة حيث ينسب له مصطلح الأساس.

جلبرت أول جيومورفولوجي أمريكي الذي وضع أسس الدراسة الجيومورفولوجية وتأسيس المدرسة الجيومورفولوجية التي عنيت بدراسة عوامل التعرية الهوائية والنهرية وتشكل

المصاطب النهرية كما درس العلاقات بين حمولة النهر وكمية التصريف المائي وسرعة الجريان والانحدار بالطرق الكمية وغيرها.

أما داتون درس أسباب تباين أشكال الأرض من منطقة لأخرى وتعرض سطح الأرض للتآكل من خلال عمليات الهدم العظمى.

ب- مرحلة ديفز:يعتبر وليام مورس ديفز مؤسس الجيومورفولوجيا الحديثة حيث وضع أشكال الأرض في إطار زمني بثلاث مراحل تطورية تمثل كلها دورة التعرية (الشباب ،النضج ،الشيخوخة) مع وجود تفاوت خصائص الأشكال ضمن المراحل بأبعاد ثلاث هي البناء الجيولوجي والعملية والزمن وقد عزى غريغوري انتشار أفكار ديفز بسبب البساطة وسلاسة الكتابة ورسم الأشكال وملائمة هذه الأفكار مع آراء المدرسة الاضطرادية السائدة وتبنيها الكثير من الأفكار مثل مفهوم سطح البحر لباول والنهر المتزن لجلبرت وساهم ديفز في تقدم الجيومورفولوجيا كما انه كانت هناك مساهمات أخرى ساعدت على ترسيخ أسس الجيومورفولوجيا والتي منها زحزحة القارات لفيغنر.

مرحلة القرن العشرون:إضافة لما ظهر من أفكار برزت بدائل مثل أفكار وولتر بنك حول تطور المنحدرات التلية حيث قال أن هذه المنحدرات تتراجع إلى الوراء بشكل متوازي وليس للأسفل كما اعتقد ديفز.

على الرغم من الصلة بين الجيومورفولوجيا والعلوم الأخرى إلا أنها أصبحت أكثر ميلاً للجيولوجيا من خلال تزيدها بأساليب بحثية أنة أصبح الكثير من الجيومورفولوجيين ذوي خلفية وتدريب جيولوجي مما ساعد في التركيز على دراسة العمليات الجيومورفولوجية مثل العمليات النهرية من خلال الاهتمام بعملية الرمال المنقولة ، كما استفادت الجيوموروفولوجيا من التقدم الذي احزره علة الخرائط وتزايد محطات القياس والتطور في تكنولوجيا وسائل جمع المعلومات وتحليلها.

لقد شكلت مساهمات كلاً من هورتون وستريلر نقلة موضوعية ومنهجية في علم الجيومورفولوجيا حول الخصائص المورفومترية للأحواض المائية والمعالجة الكمية لأشكال الأرض استمرت آثارها طيلة النصف الثاني من القرن العشرين وتمثل ذلك في التحولات والتطورات العلمية التالية :

أ- التحليل الكمي: ظهرت الوسائل الإحصائية والرياضية وتكنولوجيا العمل الميداني والمخبري كما تم بحث مواضيع متجددة تتطلب المعالجة الإحصائية والرياضية مثل دراسة الأحواض المائية والرواسب (دراسة كرمباين وغريبل).

كما تم التأكيد على الجانب الكمي أيضا من ظهور العديد من الكتب الجيومورفولوجية ذات جانب كمي وحول تقنيات الخرائط لريغوري والتحليل الكمي للبيانات الجيومورفولوجية لهاجيت وعلى الرغم من ذلك فقد واجه الأسلوب الكمي في الجيومورفولوجيا بعض الانتقادات ولكن ورغم ذلك فقد أوصل الدارسين إلى تطوير الجانب النظري والتطبيقي في دراساتهم حيث ظهر عدداً من الكتب في هذا المجال مثل النماذج الجيومورفولوجية الإحصائية لكرامباين.

ب- كرونولوجيا الهدم : وهي أحد الجوانب التطورية ذات البعد التاريخي ونماذج تطور وكرونولوجيا الهدم والتي تم تفسير معدلات عمليات الهدم من الأزمان الجيولوجية.

ج-الجيومورفولوجيا الإقليمية والمناخية : وهي القترة التي تم فيها تطور الجانب التحليلي المكاني والإقليمي إضافة إلى ظهور الجيومورفولوجيا المناخية التي أعطت المناخ دوراً أساسياً في تحديد خصائص وتوزع أشكال الأرض.

د- دراسة العلاقة بين الشكل والعملية : لقد ظهر هذا الاتجاه بجوانب تتعلق بحجم وتكرار العمليات كما تم التركيز على وسائل البحث والأفكار الجيومورفولوجية إضافة إلى الجانب التحليل الرقمي في الجيومورفولوجية والعتبات الجيومورفولوجية والأحواض المائية.

هـ – تعدد التخصصات الجيومورفولوجية واهتماماتها التطبيقية : تنوع الخلفيات لدى الجيومورفولوجيين هو ما ساعد في إغناء الجيومورفولوجيا بالكثير من التخصصات مثل الجيومورفولوجيا الجليدية وجيومورفولوجية الأراضي الجافة الجيومورفولوجيا التطبيقية ودور الانسان كعامل جيومورفولوجي وتصنيف أشكال الأرض.

صلة الجيومورفولوجيا بالعلوم الأخرى :

تلقي الكثير من الجيومورفولوجيين التدريبات العلمية في تخصصات مختلفة كالجيولوجيا والهندسة هي التي أغنت الجيومورفولوجيا بالكثير من المساهمات العلمية كما اهتم الجيولوجيين بالدراسات الجيومورفولوجية في إطار الجيولوجيا التاريخية حيث توفر لهم الإطار التطوري القديم لأشكال الأرض ولكن الجغرافي يهتم بالتباين المكاني للأنشطة البشرية فالأشكال الأرضية هي محصلة التفاعل بين البيئة الطبيعية والأنشطة البشرية فالتباين في الأشكال يعكس مؤثرات البيئة وفعل الإنسان فيستند الجغرافي على الجيومورفولوجيين كما ويعتبر الارتكاز على العلوم الأخرى هو من طبيعة علم الجغرافيا.

كما ان هناك علاقة أخرى بين الجيومورفولوجيا والمناخ ويبرز ذلك من خلال تأثير المناخ في العمليات الجيومورفولوجية وأشكال الأرض والتي تميزها إلى أقاليم مورفومناخية كما

تدرس أثر تباين خصائص أشكال الأرض على المناخ كالارتفاع والانحدار والامتداد ونوعية الصخر.

تساهم الجيومورفولوجيا في حل مشاكل متعلقة بعلم التربة كعملية تكون التربة نفسها المعتمدة على عملية التجوية كما وتساهم أيضاً في تقييم ملائمة سطح الأرض لبعض المشاريع الإنشائية أو الهندسية ضمن إطار الجيومورفولوجيا الهندسية مثل إقامة السدود ودراسة الأخطار الجيومورفولوجية والبيئية مثل تملح التربة والانهيارات والفيضانات واستعمالات الأرض.

الأنظمة الجيومورفولوجية :

النظام : هو مجموعة وحدات او عناصر ترتبط بعلاقات مباشرة ومتبادلة فيما بينها،ولقد طبق المنهج النظامي في الدراسات الجيومورفولوجية لأشكال الأرض والعمليات الجيومورفولوجية من خلال دراسة التباين المكاني والزماني وربط ذلك بالبيئة.

وضع الأشكال والعمليات في الإطار النظامي من شأنه أن يفرز متغيرات النشأة والتطور والخصائص وأية علاقات أخرى.

المحاضرة الثانية

مواد وصخور أشكال الأرض :

الصخور هي تلك المواد التي تتكون منها أشكال الأرض على اختلاف أنواعها وأشكالها وتمارس العوامل والعمليات الجيومورفولوجية تأثيراتها المختلفة على هذه الأشكال فتحدث تغييراً بخصائصها المورفومترية (بأبعادها وأحجامها وانحدارها).

يلعب نوع الصخر دوراً في الأهمية الجيومورفولوجية ففي كل نوع صخر ينشأ ويتطور شكل أرضي تبعاً لنوع الصخر إضافة إلى العوامل الأخرى.

قد تتشابه أشكال الأرض في الأماكن المختلفة في حال سيادة نوع واحد من الصخور مع الأخذ بعين الاعتبار العوامل البيئية وما تحدثة من آثار قد تؤدي إلى إختلاف الأشكال الأرضية.

تنشأ الأشكال الأرضية على سطح القشرة من الكرة الأرضية والتي يتراوح سمكها(٨-٤٠) كم يليها الغشاء بسمك ٢٩٠٠كم يليها أهم الطبقات وهي طبقة السيال وكما هو معروف فان القارات تمتد على الطبقة المتضرسة من الكرة الأرضية وخاصة إذا علمنا بعض القمم الجبلية يصل ارتفاعها إلى ٨٨٤٠ متر فوق سطح البحر(قمة إفرست) وبعضها الأخر يصل إلى حوالي ٤٠٠متر تحت مستوى سطح البحر (البحر الميت).

تتعرض هاتان الطبقتان(القشرة والغشاء) إلى تأثير العمليات التكتونية التي تحدثها منطقة النواة سواء الداخلية أو الخارجية من خلال تأثير درجة الحرارة المرتفعة وضغط الصخر المتراكم بثقلها المكونة من المعادن المختلفة(حديد،نيكل).

وينتج عن هذه العمليات ما يسمى بالحركات الأرضية (زلازل براكين صدوع التواءات) وهذا بدورة يؤدي إلى إضافة أو إزالة أشكال أرضية.

السطح الخارجي من الكرة الأرضية (القشرة) يخضع إلى تأثير العوامل والعمليات الخارجية(رياح، انهار ، جليد ،حت ،ترسيب وغيرها) إضافة للعميات الباطنية هذا كله يؤدي إلى نشأة أشكال أرضية وتطورها عبر الزمن والتي تتنوع في خصائصهاعاكسةً بذلك مدى استجابة الصخور المختلفة الأنواع لهذه العوامل والعمليات.

أنواع الصخور :

هناك عدة أسس يمكن اعتبارها لتمييز أنواع الصخور المنتشرة ومن هذه الأسس هي :

أ- التركيب المعدني. ب- بيئة التكوين.
ت- عمليات التكوين. ث- الزمن.

أ- التركيب المعدني:

من خلال التركيب المعدني للصخور يمكن أن نميز أنواع الصخور مثل الصخر الرملي الذي يتكون من السيلكا أو الصخر الجيري.

ب- بيئة التكوين:

وهي تلك البيئات التي تتكون فيها الصخور ومن هذه البيئات البيئة القارية أو المائية أو البحرية أو البحيرية سواء المالحة أو العذبة فالصخور التي ترتبط بالبيئات القارية الجافة في العادة تكون ألوانها أرجوانية أو محمرة أو داكنة بسبب عمليات الأكسدة حيث الصخر الرملي.

أما في الصخور في البيئات البحرية فتجمعت رواسبها مما جعلها تحافظ على عدم تلونها مع احتفاظها ببقايا حيوانات بحرية متحجرة كما هو الحال في الصخور الجيرية.

أما الصخور في البيئات البحيرية ذات المياه المحصورة والمالحة في الأقاليم الجافة مثلاً كتكوينات الكتار في غور الأردن أو التكوينات الطينية في الأقاليم الرطبة. نلاحظ هنا الاختلاف في ألوان الصخور

ت- عمليات التكوين :

تختلف الصخور فيما بينها من خلال طبيعة العوامل أو العلميات الجيومورفولوجية المسئولة عن انتشارها أو تكوينها ومن خلال هذا الأساس أمكن تصنيف الصخور بشكل تقليدي إلى :

١- نارية.

٢- رسوبية.

٣- متحولة. وفيما يلي تفصيلاً لهذه الأنواع.

١- الصخور النارية:

وهي تلك الصخور التي تتكون من المواد الصخرية الخارجة من منطقة النواة بفعل الضغوط باتجاه القشرة إذ يتجمع جزء من هذه المواد تحت السطح داخل الشقوق بأشكال

مختلفة مكونة ما يسمى الصخور النارية الداخلية والتي تبرد بشكل تدريجي مما أدى إلى تبلورها وتكون القوام الخشن مثل صخر الجرانيت الغني بالسيليكا والألمنيوم بلون فاتح هذا إذا لمن تكن قوة الضغط كافية للوصول إلى السطح.

أما إذا كانت قوة الضغط كافية فذلك يؤدي أن تصل المواد المنصهرة إلى السطح عبر الفتحات والشقوق أو الفتحات البركانية بشكل تدفقي أو انفجاري حسب قوة الضغط وطبيعة اللافا لمسافات تتحكم بها العديد من العوامل لعملية الانتشار تلك مثل الزوجة ودرجة الانحدار ودرجة الحرارة وغيرها من العوامل وتعتبر هذه الصخور قاعدية ذات لون داكن تتكون من السيليكا والمغنيسيوم كالبازلت والاندسايت اللذان يشكلان ٩٨% من صخور الماغما التي تتصلب بسرعة مما لا يسمح لها أن تتبلور كالتي تكونت تحت السطح فيكون قوامها ناعم وزجاجي ذات لون أسود بسبب عملية الأكسدة وتكون فراغات بداخلها التي كانت الغازات وبخار الماء تشغلها وتتباين الماغما في زمن تبريدها حسب سمكها.

٢- الصخور الرسوبية: **Sedimentary Rocks** :

هي الصخور المرتبطة بعمليات الترسيب التي تتم من خلال العوامل المختلفة كالرياح والأنهار والأمواج سواء في بيئة قارية أو مائية حيث تغطي الصخور الرسوبية حوالي ٧٥% من يابس الكرة الأرضية والتي تمتاز بالتطبق والفرز الرسوبي بسبب عمليات الترسيب.

يمكن تقسيم الصخور الرسوبية حسب نشأتها إلى صخور ناتجة عن :

١. تراكم المعادن.
٢. الصخور الناتجة عن الحت.
٣. الصخور الناتجة عن التجوية.

٤. الصخور الناتجة عن تراكم الرواسب المذابة بالماء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة(صخور رسوبية كيميائية).

٥. كما يمكن اعتبار الأملاح المتبقية بعد عملية التبخر من ضمن عمليات الترسيب غير العضوي.

يمكن تقسيم الصخور الرسوبية حسب التركيب المعدني :

هناك عوامل تؤثر بطبيعة الصخور الرسوبية ذات علاقة بالتركيب المعدني :

أ- نوع الصخر الأم له علاقة بطبيعة الصخر الرسوبي الذي اشتق منه فمثلاً الصخور الرسوبية المشتقة من أصل غرانيتي تختلف عن تلك المشتقة من أصل كلسي.

ب- نوع التجوية السائدة تؤثر على الصخور الرسوبية فالتجوية الكيميائية لصخر الجرانيت ينتج عنها معادن طينية أما إذا تعرض لتجوية ميكانيكية فينتج حطام هشيم وحبيبات غرانيتية.

يمكن تقسيم الصخور الرسوبية حسب قوام الصخور الرسوبية : من حيث القوام يمكن القول أن هناك نوعين للصخور الرسوبية هما(حتاتية وغير حتاتية) إذ يتكون الحتاتي من رواسب المعادن وحطام الصخور متأثراً بنوع الصخر الأم بالنسبة للحجم.

٣- الصخور المتحولة: Metamorphic Rocks :

الصخور النارية إما أن تكون صخور رسوبية أو صخور نارية كما يمكن أن تتكون بفعل الحرارة المصاحب لاندساس الصخور النارية غير أن أكثر أنواع الصخور المتحولة انتشاراً هي الناتجة عن تعرض كتل صخرية مدفونة أسفل غطاء رسوبي لحرارة مرتفعة

وهذه الكتل قد تكون رسوبية أو نارية مما يؤدي بها أن تتبلور بصورة كاملة فيتكون قوام خشن تعرف بالنايس أما إذا كان قوامها ناعماً فتعرف بالشيست.

ث- الزمن / العمر الجيولوجي:

يقدر عمر الأرض بحوالي ٣،٦ ـ ٤ بليون سنة،وقد اعتمد الزمن كعامل تصنيف لأنواع صخور سطح الأرض حسب الأزمنة الجيولوجية وما سادت في تلك الأزمنة الجيولوجية من تغيرات بيئية ومناخية كانت سبباً في تقدم وانحسار البحار والمحيطات.

بدأ التاريخ الجيولوجي للصخور منذ عصر الكامبري(٥٠٠مليون سنة)ولغاية العصر الحديث (١٠،٠٠٠ سنة) أما الفترة التي سبقت الكامبري تمتد إلى نحو ثلاثة بلايين سنة والتي يشار إليها بما قبل الكامبري الجدول.

قد يكون هناك تتشابه أو اختلاف في المكونات الصخرية في العصر الجيولوجي الواحد بسبب اختلاف ظروف التكوين.

عمليات التصخر Lithification:

تتم عملية تصخر المعادن الصخرية غير المتصلبة مكونتاً بذلك أنواع الصخور المختلفة وهي العملية التي تميز ما بين التربة والصخور المتشابه في التركيب المعدني .

أهم عمليات التصخر هي :

أ- الالتحام والتلاصق:**Cementation** : تتلاحم المواد المعدنية بواسطة مواد لاحمة مختلفة مثل الكلس الكوارتز البايرات وغيرها المذابة بالماء المخترق الفراغات بين المعادن المفتتة مما يؤدي إلى تماسك الحبيبات المعدنية فتصبح أكثر صلابة حال جفافها.

ب- الاندماج Compaction والتجفيف Dessication :

هي تلك العملية التي تتم من خلالها تحجر المواد الناعمة التي لم تسمح للماء بالتسرب عبر مساماتها غالباً من خلال الضغط الناتج عن وزن الرواسب التي تعلوها أو بواسطة الهزات الأرضية أو بواسطة التجفيف فيقل حجم الفراغات فتتماسك.

ج- التبلور Crystallization :

هي العملية التي يتم بواسطتها تصلب وتحجر المواد البركانية بسبب التبريد التي تتعرض له تلك المواد سواءً باطنية أو خارجية والمتفاوتة في سرعة التبريد إذ أن التبلور يكون أكثر وضوحاً في الصخور البطيئة التبريد مما يزيد من خشونة قوامها كما الحال في صخر الجرانيت.

خصائص الصخور :

الصخور هي العامل الرئيس الذي يحدد أنواع الأشكال الأرضية وخصائصها مع بقاء العوامل الجيومورفولوجية والبيئية ثابتة وتمارس أنواع الصخور دورها من خلال خصائصها المختلفة .

فيما يلي أهم هذه الخصائص:

أ- التركيب المعدني.

ب- التتابع الصخري.

أ- التركيب المعدني

تتباين الصخور فيما بينها في التركيب المعدني والمعادن نفسها تختلف في تركيبها الكيميائي في الرغم من العدد الكبير جداً من المعادن (٢٠٠٠ معدن) والتي تتكون العناصر المعروفة في الطبيعة(١٠٧عنصر) إلا أن الأوكسجين والسيلكون وحدهما يشكلان ٧٤،٣%من وزن الغلاف الصخري،ويشكل ١١ معدناً فقط ٩٩،٢٣ من وزن الغلاف الصخري.

الملاحظات التي يمكن الوصول اليها من خلال دراسة التركيب المعدني للصخور(الخصائص المعدنية) هي:

١- تختلف الصخور في تراكيبها المعدنية وتميز الصخور حسب التركيب المعدني.
٢- يختلف عدد المعادن ونسب وجودها في الصخور المختلفة فمثلا (الكوارتز يشكل ٣١،٣% من صخر الجرانيت و ٣،٧% من الصخر الجيري و ٦٩،٨ من الصخر الرملي).
٣- تختلف نسب المعادن في الصخور نفسها في الأماكن المختلفة.
٤- تختلف المعادن المكونة للصخور من حيث طبيعة وشكل بلوراتها وأحجام حبيباتها مما يؤثر في قوام الصخر.
٥- تتفاوت المعادن في خصائصها الكيميائية (قابلية التفاعل) والطبيعية (معامل التمدد).
٦- تفاوت درجة الصلابة بين المعادن (مقياس موهس للصلابة Mohs) إذ يعتبر الماس الاصلب أما الغرافيت الأضعف وتتحدد مدى صلابة المعدن من خلال عملية خدش المعدن بمعدن آخر.

أنواع الاستجابات الجيومورفولوجية حسب الخصائص المعدنية:

١- تعتمد صلابة الصخور على صلابة المعدن فكلما زادت الصلابة زادت درجة المقاومة للعمليات الجيومورفولوجية كالتجوية والحت وتكون الحواجز أم إذا كانت الصخور ضعيفة فيتكون الحفر والقيعان.

٢- تصبح الصخور أكثر ضعفاً كلما تنوعت المعادن.

٣- كلما كانت الطبقة السطحية ضعيفة كلما تعددت الأشكال بسبب شدة تأثير العمليات الجيومورفولوجية.

٤- تباين معدلات العمليات الجيومورفولوجية في حال اختلاف الخصائص المعدنية في الصخور أفقياً أو رأسياً.

٥- اختلاف أحجام البلورات والحبيبات من شأنه أن يؤثر في تباين قوام الصخر من الناعم إلى الخشن وهذا بدوره يؤثر على المسامية (حجم الفراغات في الصخر الحجم الكلي100X) والنفاذية (معدل حركة المياه عبر الفراغات الصخرية سم/الدقيقة) فالصخر الخشن كالصخر الرملي تعتبر منخفضة المسامية عالية النفاذية عكس الطينية مساميتها عالية ونفاذيتها منخفضة.

فالنفاذية تحدد مدى وصول المياه المتسربة إلى الفراغات الصخرية وعلاقة ذلك بالتجوية بأنواعها الكيميائية والميكانيكية.

٦- الصخور ذات القوام الخشن قليلة المقاومة للعمليات الجيومورفولوجية عكس الصخور الناعمة القوام ذات المقاومة الأكبر.

٧- لا يتغير التركيب المعدني للصخر ما لم يتعرض للتفاعلات الكيميائية وان تعرض للتجوية الميكانيكية.

٨- تتباين نواتج التفاعلات الكيميائية حسب أنواع المعادن المكونة للصخر وطبيعة التفاعلات والظروف البيئية.

المحاضرة الثالثة

(يتبع المحاضرة الثانية)

خصائص الصخور(التتابع الصخري).

أ- التركيب المعدني. (شرح في المحاضرة الثانية)
ب- التتابع الصخري.

ب- التتابع الصخري :

وهي تتابع الطبقات الصخرية في الموقع الواحد وخاصة في الصخور الرسوبية ويمكن دراسة عملية التتابع من خلال الأعمدة أو المقاطع الجيولوجية .

تنبع أهمية التتابع الصخري جيومورفولوجيا مما يلي :

١- تنوع وتتابع الطبقات الصخرية المتتالية:

تتابع الطبقات الصخرية الرسوبية فوق بعضها البعض مع عمليات توالي أو تتابع الترسيب مع تمثيل كل طبقة صخرية ترسبت الظروف المناخية التي سادت جافة أو رطبة كما يمكن أن يرتبط بهذه الطبقات طبقات انتقالية تمثل مخلفات عمليات التجوية والحت والترسيب.

٢- اختلاف سمك الطبقات الصخرية :

قد تتباين الطبقات الرسوبية في سمكها من طبقة لأخرى وذلك لأسباب مختلفة منها (١)الزمن الذي استمرت به عملية الترسيب خلال العصور الجيولوجية المختلفة في طول فتراتها والسبب الأخرى هو (٢)طبيعة بيئة الترسيب حوضية أو منخفضة أو مستوية أو قارية ففي البيئات الحوضية أو المنخفضة (بحيرات،قيعان)يمكن أن يزيد من سمك الطبقات الصخرية الرسوبية عكس البيئات الممتدة الواسعة التي تساعد على تناقص السمك.

٣- وجود أسطح تطبق.Bedding planes :

وهي تلك الطبقة التي تفصل الطبقات الرسوبية والمرتبطة معها أصلاً وهي أيضاً بيئة التقاء المياه المتسربة عبر الصخور مجمعة عندها نتاج الطبقات الصخرية التي تعلوها والتي أسفلها فيؤدي ذلك إلى اتساع أسطح التطبق على حساب سمك الطبقات الصخرية المتعاقبة.

٤- ميل الطبقات الصخرية :

قد تختلف الطبقات فيما بينها في ميلها من حيث (١) الدرجة (٢) والاتجاه فقد تمتد بشكل أفقي أو أحادي الميل أو ثنائية منتظمة الميل أو بشكل موازي أو غير منتظم مشكلة أما أرض مستوية أو مقعرة أو محدبة.

٥- تقطع الطبقات الصخرية المتتابعة :

التقطع الرأسي أو الإزاحة الرأسية للطبقات الرسوبية الصخرية كلاهما ناتج عن نشاط حركات صدعيه رأسية **مما يؤدي إلى :**

(١) اضطراب تتابع التكوينات الصخرية .

(٢) تباين معدلات العمليات الجيومورفولوجية بسبب اختلاف صلابتها، الارتفاع النسبي للتكوينات الصخرية الضعيفة يزيد من قابليتها للتجوية والحت والهدم والازلة بشكل متسارع كاشفة صخور تحتية أكثر مقاومة.

٦- تباين طبيعة وحجم التشققات والمفاصل الصخرية :

تختلف طبيعة وحجم التشققات والمفاصل الصخرية في الطبقات الصخرية فقد تكون بشكل عشوائي أو هندسي كأن تكون أفقية أو عمودية أو متعامدة .

ويعزى سبب تكون هذه التشققات إلى في الطبقات الصخرية إلى :

(**١**)اختلاف استجابة الصخور للاضطرابات التكتونية.

(**٢**) أو بفعل الضغوط التي تتعرض لها الصخور.

(**٣**) التباين الحراري اليومي.

الآثار الجيومورفولوجية التي تنتج عن التتابع الصخري:

١- تنوع عمليات الحت المائي :

تتأثر الطبقات الصخرية المتتابعة بفعل المياه من خلال الحت المائي الجانبي والرأسي حيث تبدأ المياه بالحت الرأسي مكونة الأقنية والأودية بعدها يبدأ المياه بالحت الجانبي المؤدي لتوسيع الأقنية من هنا يمكن التعرف إلى أن الأقنية العريضة أقدم من العميقة مع ثبات المتغيرات الأخرى.

هناك علاقة طردية بين الزمن وسمك الطبقات المتأثرة بعمليتي الحت الرأسي أو الجانبي مع ثبات الظروف الأخرى أي أنه كلما كانت الطبقة سميكة كلما كانت الفترة الزمنية اللازمة للحت أطول والعكس صحيح.

إن تعاقب طبقات صخرية متفاوتة السمك يؤدي إلى عدم انتظام المنحدرات أو عدم انتظام ضفاف وجوانب الأودية التي تتحول إلى سلسلة من المصاطب الصخرية المتتابعة المختلفة الانحدار من الجرف إلى المعتدل إلى الوجه الحر.

٢- نشاط عملية التقويض من الأسفل :

وجود طبقات صخرية سميكة ضعيفة أسفل طبقات صخرية صلبة وبالتالي تعرض الطبقات الضعيفة لمعدلات حت رأسي وجانبي مما يؤدي إلى تقويض الطبقات الصلبة العليا وانهيارها وبالتالي تراجع المنحدرات التلية بشكل متسارع وزيادة عرض الأقنية والأودية.

أما إذا كانت الطبقات الصخرية الضعيفة تعلو الطبقة الصلبة فيتم تراجع السفوح الضعيفة رأسياً وجانبياً مما ينتج عنه منحدرات معتدلة يعقبها سفوح حادة قصيرة.

٣- نشأة الانهيارات الأرضية :

يمكن أن يؤدي إلى ضعف التكوينات عند محور الطية عملية ميل الطبقات الصخرية وخاصة إذا كانت محدبة من خلال تشققها وتناقص سمكها بفعل قوى الضغط الأرضي الجانبي وبالتالي حدوث الانهيارات.

وقد تحدث الانهيارات حال تعاقب تكوينات كتيمة كالطين يعلوها طبقة صخرية منفذة مع تزامن قلة الغطاء النباتي وانحدار السطح.

يمكن أن تتكون الانهيارات بشكل انزلاقات أرضية وصخرية عند تكون الطية المنزلقة أو ما يسمى بالطية النائمة

٤- نشأة الصخور الارتكازية الفطرية. Pedestal Rocks :

تتكون هذه الصخور بفعل تعرض الطبقات الصخرية إلى تجوية وحت متغاير رأسياً بسبب تفاوت صلابة الطبقات الصخرية المتعاقبة بحيث تشكل الطبقات الصلبة المقاومة للتجوية

أجزاء بارزة أما الطبقات اللينة تتحول إلى أجزاء غائرة بسبب ضعف مقاومتها لهذه العمليات.

أشكال الأرض الصخرية :

تعمل صخور القشرة الأرضية على نشأة وتطوير أشكال الأرض كما تؤثر في طبيعة العمليات الجيومورفولوجية مما يمكن الربط بين أي نوع من الصخور وأشكال الأرض على الرغم من تدخل عوامل أخرى (مناخ ، بناء جيولوجي) في حدوث اضطراب في هذه العلاقة وتتضح من خلال الأمثلة التالية:

أ- جيومورفولوجية الأراضي الغرانيتية.

ب- جيومورفولوجية الصخور البازلتية.

ج- جيومورفولوجية الصخور الرملية.

د- جيومورفولوجية الصخور الجيرية.

وفيما يلي شرحاً لهذه الأمثلة :

أ- جيومورفولوجية الأراضي الغرانيتية :

الغرانيت هو أحد أنواع الصخور النارية الباطنية والتي تقع تحت كثير من القارات على شكل كتل باثوليتية إذ يتكون الغرانيت أساساً من الكوارتز والفلسبار(**اورثوكليز**) والمايكا ومعادن أخرى.

يعتبر الغرانيت من الصخور قليلة المسامية والنفاذية بسبب اندماج بلوراته مما يمنع تسرب الماء عبر فراغاته على الرغم من خشونة قوامه الناتج من اكتمال تبلوره.

يرتبط الغرانيت بمجموعة من الأشكال الأرضية المتباينة الخصائص مع تأثير التنوع المناخي والزمن الذي مضى على عملية انكشافها بفعل :

(١) عوامل التعرية للتكوينات الصخرية التي تعلوها
(٢) حركات الرفع .

المفاصل (المكعبة،المتعامدة،المقوسة،القبابية) والبناء الصفائحي هي من العوامل المحددة لأشكال الأرض الغرانيتية المتطورة والتي تتخذ عدة أشكال هندسية كالمربع والمستطيل وشبه المعين وغيرها وقد تتخلف بعض الكتل الصخرية على شكل الواح مقوسة أو مستلقية أو أبراج صغيرة أو أشكال كاتدرائية وفقاً للمفاصل السائدة والتي غالباً ما تكون متباعدة وقليلة الاتساع.

تنشأ الجلاميد Boulders في المكاشف الصخرية التي تتعامد فيها المفاصل وتجزئ الصخر إلى كتل مكعبة أو شبه مكعبة تتطور هذه الجلاميد إلى أشكال بيضاوية أو شبه بيضاوية بسبب تعرض أسطحها الزاوية أو أطرافها إلى تجوية شديدة لتشكل في النهاية ما يسمى بالصخور القلبية Core Stones.

القباب وتلال الأنسلبرغ والجلاميد ارتبطت نشأتها بعملية التجوية للأجزاء السفلية الغير منتظمة على مرحلتين هما : مرحلة تسرب المياه عبر الشقوق والمفاصل التي تقوم بعملية تجوية كيميائية مؤدية إلى تحلل الصخر **أما المرحلة الثانية :** فيتم خلالها إزالة نتاج التجوية بفعل المياه.

ب- جيومورفولوجية الصخور البازلتية :

يرتبط صخر البازلت باللافا البركانية المكون من العديد من المعادن إذا ما علمنا أن خروج اللافا للسطح بصورة إنفجارات أو تدفقات بركانية التي تشكل بعض الأشكال الأرضية ومن هذه الأشكال :

(١) المخاريط
(٢) والفوهات والعروق والقصبات
(٣) المقذوفات البركانية المتنوعة

وفيما يلي شرحاً لهذه الأشكال :

المخاريط البركانية :

تختلف المخاريط فيما بينها من حيث الشكل والحجم وهذا عائد لسيولة ولزوجة فقد تتدفق اللافا من التشققات الجانبية وقد تكون التدفقات البازلتية بسيولة الماء عند هبوطها من مكان مرتفع مما يعمل على انتشارها في مساحات واسعة وبسمك يصل إلى مئات الأمتار متخذتاً أشكال مختلفة قباب ومحدبات، أما اللافا الأكثر لزوجة يكون انتشارها قليل ولمسافات قريبة أما إذا كانت اللافا لزجة جداً فإنها تؤدي إلى إحداث انسدادات في الفوهة البركانية مانعة الغازات والأبخرة والمواد الأخرى من الخروج ومع استمرار محاولة هذه المواد الخروج يزداد الضغط على الانسدادات وانطلاقها فتحدث انفجارات عنيفة وفجائية وتناثر المواد كالرماد في الجو وتكون سحب من الرماد .

الفوهات والعروق والقصبات البركانية :

التي تبقى بارزةً بعد تعرض الجسم البركاني لعمليات الهدم لكونها أكثر صلابة كما تتكون البحيرات البركانية.

المقذوفات البركانية المتنوعة :

التي سرعان ما تتصلب عند تعرضها للهواء وقد تسقط المقذوفات عند الفوهة البركانية أو بعيدة عنها فوق أراض مجاورة والتي تمتد على شكل هضاب وسهول وبعضها يتطور إلى حرات Herra التي تنتج عن تجوية أسطح غطاءات اللافا وتحولها إلى كتل صخرية بازلتية سوداء.

ج- جيومورفولوجية الصخور الرملية :

تعتبر الصخور الرملية أحد أنواع الصخور الرسوبية المكونة من حبيبات الكوارتز المتلاحمة بمادة الكلس مثلاً وترتبط عموماً بحواجز جبلية وهضاب مقاومة لعمليات التجوية بسبب صلابة معدن الكوارتز إضافة إلى مسامية ونفاذيته التي تعمل على زيادة معدلات تسرب الماء عبر الفراغات والمفاصل على حساب عملية التجوية.

عوامل مختلفة تساعد على إضعاف الصخر وتفتيته إلى حبيبات وشظايا وكتل وغيرها منها :

١- وجود المفاصل. ٢- وجود التشققات. ٣- وجود أسطح التطبق.

هذه العوامل وغيرها تساعد على تطوير الأشكال الأرضية المختلفة.

عندما يكون الصخر الرملي في الهضاب متطبق بوضع أفقي وممتد لمساحات واسعة فان المفاصل والتشققات تعمل على إضعاف الصخر من خلال تأثير عمليات التجوية المختلفة والحت

الريحي عندها تتوسع وتتعمق تلك التشققات والمفاصل فتتقطع أوصال الطبقات الصخرية بشكل تدريجي **عندها يتحول سطح الهضبة إلى أشكال منها :**

(**١**) التلال المنعزلة المتباعدة تسمى بالشواهد Buttes

(**٢**) والجروف

(**٣**) ومنحدرات الهشيم

(**٤**) والمصاطب الصخرية.

أما في حالة التباين في التركيب المعدني على طول السفوح التلية مع تباين في معدلات التجوية والحت هذا من شأنه أن يؤدي إلى تشكيل مايلي :

(**١**) الصخور الارتكازية

(**٢**) حفر التجوية الملحية

أما إذا كانت الطبقات احادية الميل فيتشكل :

(١) الحواجز التي تفصل فيما بينها أسطح التطبق

أما عندما تمتد الطبقات الصخرية بشكل قائم وتتعامد معها المفاصل والتشققات فان استمرار توسع أسطح التطبق على حساب السمك بفعل عمليات التجوية يبرز بقايا كتل صخرية قائمة على شكل المسلات أو الأبراج المتفاوتة الحجم حيث يعتبر خانق الكولورادو في الولايات المتحدة ووادي رم في الأردن.

د- جيومورفولوجية الصخور الجيرية :

الصخر الجيري هو أحد أنواع الصخور الرسوبية ويتميز بمسامية مرتفعة وارتفاع نفاذيته بفعل نظام المفاصل وأسطح التطبق المتطورة والسبب هو قلة المياه السطحية ووفرة المياه الجوفية مما يساعد على تطور الأشكال الكارستية Karst التي تزيد فيها عن أي نوع آخر من الصخور تتمتع بالصلابة.

الأشكال التي تتطور على السطح وفي الطبقات السفلى من الصخور الجيرية منها.

١- أشكال الكارست السطحية : حيث تأخذ عدة أشكال منها :

أ- الخرافيش أو القشعات: Lapies : وهي عبارة عن شقوق تنتشر على أسطح الصخور الجيرية باتجاه المفاصل السطحية.

ب- الحفر البالوعية Sinkholes ألدولينا Dolines : يزداد تأثير الكربنة بمناطق التقاء المفاصل على السطح مما يؤدي إلى اتساعها وتحول مناطق التقاء إلى إلى معابر للمياه المتسربة والتي في الغالب تتطور إلى شكل دائري أو بيضاوي أو قمعي وتستمر هذه الحفر في التطور وتصبح على شكل حفر إذابة Solution Dolines أو حفر انهياريه Collape Dolines.

٢- الأعمدة المسننة Stylolitites :وهي الأشكال الناتجة عن عملية التجوية المتغايرة في مناطق الضعف في الصخر مع بقاء الأجزاء السطحية الصلبة المقاومة للتجوية على شكل أعمدة.

٣- أشكال الكارست السفلية: تتمثل هذه الأشكال بالكهوف وأشكال تجمعتا ترسبات الترافيرتين ألكهفي **مثل** :

أ- الصواعد. ب- النوازل ت- الأعمدة ث- الحلزونيات.

الكهوف تتطور في أماكن تقاطع المفاصل وأسطح التطبق التي تسمح بنشاط عملية التكربن وتتكون الكهوف على أعماق مختلفة.

المحاضرة الرابعة

عمليات التجوية

تعريف التجوية:

١- هي العمليات الكيميائية والطبيعية التي تؤدي إلى تحلل وتفتت الصخور أو المواد الصخرية والمعدنية.

٢- هي عمليات استجابة المواد الصخرية لعناصر الأغلفة المختلفة الغلاف الجوي والمائي والحيوي) تحقيقاً لحالة توازن بين الغلاف الصخري والغلفة الثلاث.

٣- عمليات معقدة متداخلة ليست مستقلة بل ترتبط بكثير من العمليات والعوامل الجيومورفولوجية التي تعتبر الخطوة الأولى التي تمهد لعمليات مختلفة كالحت والترسيب والانهيارات الأرضية.

أنواع التجوية:

١- التجوية الميكانيكية Mechanical Weathering :

وهي تلك العمليات أو الطرق التي يتم فيها تفتيت وتشظي الصخور من أحجام كبيرة وأشكال معينة إلى أحجام أصغر وأشكال متباينة

ويشار التجوية الميكانيكية بأحد العمليات الآتية:

- التفتت Fretting
- التفتت الحبيبي Granular Disintegration
- التقشر Exfoliation
- التقشر الدائري Spheroidal Weathering

٢- التجوية الكيميائية Chemical Weathering:

هي تلك التفاعلات الكيميائية بين معادن الصخور بواسطة الماء ينتج عنها مواد جديدة أو تراكيب كيميائية جديدة تختلف خصائصها الكيميائية والطبيعية عن المواد الأصلية.

٣- التجوية الحيوية Biotic Weathering :

وتتم بفعل النشاط الميكانيكي والكيميائي لكل من النبات والحيوان.

أهمية التجوية :

تنبع أهمية التجوية من خلال جانبين هما :

أ- الجانب التطبيقي.(الأهمية التطبيقية للتجوية)

ب-الجانب الجيومورفولوجية.(الأهمية الجيومورفولوجية لعمليات التجوية)

أ- الأهمية التطبيقية للتجوية :

تنبع الأهمية التطبيقية للتجوية من خلال المجالات التالية:

١. الأنشطة الزراعية.

٢. التطبيقات الهندسية.

٣. مشاكل التلوث.

٤. الملاحة النهرية والصيد النهري.

٥. الكشف عن بعض العروق المعدنية.

وفيما يلي شرحاً مفصلاً لهذه المجالات.

١- الأنشطة الزراعية :

يرتبط وجود التربة بعمليات التجوية المختلفة حيث تتحول الأجزاء الصخرية مع اكتمال عمليات التحلل الكيميائي إلى نطاقات التربة المعروفة A,B,C,D هذا بدورة ينعكس على نعومة قوامها وإمكانية خصوبتها .

حيث أن نعومة قوام التربة يؤدي إلى :

- انخفاض النفاذية.
- ارتفاع المسامية.
- زيادة تأثرها بالخاصية الشعرية.
- زيادة قابليتها للانتفاخ والتمدد بالترطيب والانكماش بالتجفيف. لذلك التربة الطينية تصبح رخوة في الفصل المطير وتتصلب

وتزداد تملحا في فصل الجفاف مما يؤدي إلى كثير من المشاكل الزراعية مثل :

- تملح التربة.
- صعوبة الحراثة.
- هبوط الأرض.
- ارتفاع قابليتها للانجراف.
- قابليتها للتذرية الريحية.

لكن التجوية الميكانيكية تنتج لنا مواد خشنة عادة وغير متحللة تساهم في تكوين تربة حصوية غي خصبة ، و بشكل عام فان التجوية تزيد من الحمولة العالقة للأنهار والتي تزيد من كمية المواد خلف السدود مما يقلل من السعة التخزينية للسدود وإغلاق الأقنية.

٢- التطبيقات الهندسية :

عند إقامة بعض المشاريع الهندسية يؤخذ بعين الاعتبار نوعية التجوية ونتاجها فكما هو معروف فأن التجوية تقوم بتوفير مواد البناء من طين وحجر ورمل كما أن التجوية تقوم بتسهيل أعمال التحجير من خلال تجزئة الكتل الصخرية الكبيرة إلى كتل أقل حجماً وتكوين الرمل والمواد الخشنة.

بالمقابل قد تتسبب التجوية في الكثير من المشاكل في المشاريع الهندسية مثل.

- الانهيارات(هبوط أرضي في المناطق الكارستية).
- الانزلاقات الأرضية(بسبب تجمع المواد الطينية بين الطبقات الصخرية).
- إحداث أضرار في أنابيب المياه والنفط.

٣- مشاكل التلوث البيئي :

قد تتعرض المياه الجوفية والسطحية لعمليات التلوث المجاورة لمكب النفايات بسبب أكسدة وتحلل المعادن وقد تنتقل هذه الاكاسيد للإنسان بشكل مباشر عن طريق شرب أو بصورة غير مباشرة من خلال تناول الأسماك مسببة التسمم الغذائي ويمكن تنجب عمليات التلوث هذه من خلال إبعاد مكبات النفايات عن مصادر المياه المختلفة أو عزل الموارد عن مصادر التلوث من خلال دفن النفايات بحفر إسمنتية أو طينية كتيمة في باطن الأرض.

وقد يحدث التلوث من خلال المطر الحمضي مما يؤدي إلى تلوث التربة والمياه السطحية مما يهدد البيئة،أما ارتفاع ثاني أكسيد الكربون في الجو بسبب المخلفات المنطلقة من المدن الصناعية.

٤- الملاحة النهرية والصيد :

ارتفاع نسبة الطين في الحمولة النهرية الناتج عن ارتفاع معدلات التجوية يؤدي إلى إعاقة الملاحة النهرية حيث تنمو الأعشاب والطحالب على هذا الطين فتقل نسبة الأكسجين في الماء مما يهدد الحياة السمكية.

٥- تؤدي عمليات التجوية الكشف عن المعادن الثمينة كعروق الذهب.

ب- <u>الأهمية الجيومورفولوجية لعمليات التجوية:</u>

تنبع أهمية التجوية من خلال تحضير المواد الصخرية اللازمة لعمليات الحت والنقل والترسيب وبناء الصخور الرسوبية والترب وغيرها من الأشكال الأرضية .

حيث تنبع أهمية التجوية من :

١- تحضير المواد الصخرية للحت
٢- تكوين الترب
٣- .أشكال أخرى

وفيما يلي شرح هذه الأقسام :

١- تحضير المواد الصخرية للحت والنقل :

تقوم الرياح والمياه بنقل المواد الصخرية المتباينة الأحجام الناتجة عن عمليات التجوية بالاعتماد على خصائص تلك العوامل من سرعة أو القوة وغيرها إذ يتم نقل الأحجام المتناسبة مع القوة أو بقاء نواتج التجوية مستقراً مكانة لعدم القدرة على النقل من خلال العوامل ولكن هذه الأحجام التي لم تنقل تستمر بالتعرض للتجوية مما يؤدي إلى تفتيتها لأجزاء أصغر مما يؤدي لنقلها بأقل قوى متوفرة وبالتالي فأن أحجام الرواسب بفعل التجوية هو ما يحدد نوعية الحمولة الرسوبية للأنهار مثلاً سواً كانت عالقة أو ذائبة أو مجرورة.

٢- تكوين الترب والقشور الصلبة :

تعتبر التربة هي نتاج لعمليتي التجوية إلا أن أن التربة تختلف من نوع لآخر حسب نوعية التجوية **فإما** أن تكون خشنة تتميز بنفس خصائص الصخر الأم وهي تلك الترب الناتجة عن التجوية الميكانيكية وتكون غير مكتملة أو متوسطة التمنطق وخصوبتها منخفضة كتلك المنتشرة في الأراضي الجافة .

أو أن تكون ناعمة تختلف في خصائصها الكيميائية عن خصائص الصخر الأم والناتجة عن التجوية الكيميائية والتي تكون مكتملة أو متمنطقة ذات خصوبة مرتفعة والمنتشرة في الأقاليم الرطبة.

الجوانب التي تؤثر التجوية بها في التربة هي :

- سمك
- تمنطق
- قوام
- لون
- خصوبة
- انجراف

وفيما يلي شرحاً لهذه الجوانب :

أ- سمك التربة :

هناك علاقة طردية بين سمك التربة ومعدلات التجوية بشرط ثبات العوامل الأخرى أي أنه يزداد سمك التربة كلما كانت معدلات التجوية كبيرة وخاصة مع مرور الزمن وعدم تعرضها للانجراف.

ب- تمنطق التربة :

يمكن التعرف إلى عملية تمنطق التربة من خلال حصر نطاقات مقاطعها العمودية Soil Profiles وتعتبر التربة متمنطقة إذا احتوت على جميع النطاقات وهي (A,B,C,D,E) والذي ينتشر عادة في الأقاليم الاستوائية التي تنشط بها التجوية الكيميائية ويتناقص تمنطق التربة بالاتجاه نحو الأقاليم الجافة.

ج – قوام التربة :

وهي الخاصية المرتبطة بحجم الحبيبات والمتراوح بين القوام الناعم (غرين،طين) والقوام الخشن (رمل،حصى) وتكمن أهمية القوام في تحديد درجة المسامية والنفاذية السؤولة عن تسرب الماء فيها فمثلاً الترب الطينية ناعمة القوام تكون مرتفعة المسامية منخفضة النفاذية عكس الترب الرملية.

د – لون التربة. يرتبط لون التربة بـ

- نوعية المعادن. * المواد العضوية الموجودة فيها.
- عملية الأكسدة. * تحلل البقايا النباتية.

هـ – خصوبة التربة. ترتبط خصوبة التربة بـ

- بنوعية المعادن التي تحتويها.
- درجة تحلل المعادن.
- المواد العضوية.
- كمية المياه المتسربة. وفعالية الخاصية الشعرية.

تزداد خصوبة التربة عند تعرضها للتجوية الكيميائية التي تعمل على اكتمال تمنطقها عكس التربة الناتجة عن التجوية الميكانيكية الغير مكتملة والخشنة.

تعمل كمية المياه المتسربة على زيادة أو نقص خصوبة النطاقات للتربة فمثلا اللاتريت الاستوائية تعمل عملية الغسل للنطاق A على زيادة خصوبة النطاق B على حساب فقر النطاق A.

وهذا ما يفسر ملائمة هذه الترب لنمو الغابات المتعمقة الجذور والغنية بمعدني الحديد والألمنيوم،أما الترب في الأراضي الجافة فيبقى الكلس متراكم على السطح.

و- انجراف التربة :

تؤثر التجوية في عملية الانجراف من خلال عوامل مختلفة عن طريق توفير التجوية الترب القابلة للانجراف مع تظافر العوامل الأخرى المسئولة عن الانجراف كالغطاء النباتي والانحدار وغيرها لكن هناك عوامل لها علاقة بخصائص التربة في تحديد الانجراف وهي القوام ،الرطوبة ، المواد العضوية.

هناك علاقة طردية بين قابلية الانجراف بواسطة الماء ونعومة التربة والعكس صحيح أي كلما زاد حجم المواد كلما تطلب قوة اكبر.

بالمقابل كلما كانت التربة قادرة على الاحتفاظ بالرطوبة كانت عملية انجرافها تتطلب قوة وسرعة جريان للماء بسبب ارتفاع مساميتها واحتفاظها بنسبة عالية من الرطوبة عكس الترب غير المتماسكة تكون قابليتها أكثر للانجراف.

٣- أشكال الأرض الناتجة عن التجوية :

تساهم التجوية في تكوين العديد من الأشكال الأرضية حسب نوع التجوية ومن أبرز هذه الأشكال هي :

١- قباب التقشر. **٢- الصخور أو الجلاميد.**

٣- التلال المنعزلة. **٤- الكارست.**

٥- حفر التجوية. **٦- تطور المنحدرات.**

٧- الانهيارات الأرضية.

وفيما يلي بعض التوضيح :

١- قباب التقشر :

وهي الأشكال الناتجة عن عملية التقشر الميكانيكية للصخور في المناطق الجافة بسبب تعرض الصخور للتسخين والتبريد بشكل متتابع وتعتبر الصخور رديئة التوصيل للحرارة فيحدث تفاوت في التمدد والتقلص لذلك تتعرض الطبقات الصخرية السطحية للانسلاخ على شكل طبقات متتالية.

٢- الصخور أو الجلاميد القلبية. Core stones :

وهي الصخور الناتجة عن تعرض الصخور الغرانيتية المحتوية على المفاصل المتعامدة بعد تعرضها لمرحلتين من التجوية بالتالي تمارس المياه فعاليتها الكيميائية ثم تنكشف الصخور بعد تعرضها للتجوية.

٣- التلال المنعزلة.

وهي تلك الأشكال التي تتطور فوق الأراضي الغرانيتية الناتج عن التجوية.

٤- طبوغرافية الكارست.

وهي الأشكال المرتبطة بعملية التجوية الكيميائية وخاصة تلك العملية من الكربنة والإذابة التي تتعرض لها الصخور الجيرية وينتج عنها أشكال مثل الخرافيش،الحفر الوعائية ،الأعمدة المسننة ،الكهوف الكارستية وغيرها.

٥- حفر التجوية.Weathering Pits

هي تلك الأشكال الناتجة عن التجوية المتغايرة للمكاشف الصخرية عند النقاط الأضعف من الصخور لأن هناك تباين في التركيب المعدني للكتل الصخرية كما أن الرطوبة تعمل على زيادة معدلات التجوية الكيميائية والمؤدية لتكون حفر التجوية والتي من أمثلتها حفر التافوني Tafoni أو جناما Gnammas حفر التنخربية Honeycomb

٦- تطور المنحدرات.

تتراجع المنحدرات إلى الوراء أو الأسفل بفعل عمليات التجوية حيث تساهم التجوية في تحلل وتشقق وانسلاخ الكتل الصخرية لتتجمع عند أقدام المنحدرات مما يطور منحدرات الهشيم Debris Slopes

٧- الانهيارات الأرضية. Mass Wasting

هي عمليات نقل المواد الصخرية بأحجامها المختلفة إلى أسفل المنحدرات بفعل الجاذبية كعامل رئيس وبمساعدة المياه التي تقلل من الاحتكاك والطين الذي يعمل كمادة مساعدة على الزلق.

المحاضرة الخامسة

تابع عوامل التجوية (يتبع لشرح المحاضرة الرابعة):

العوامل الرئيسة المؤثرة في التجوية.

أ- التركيب المعدني للمواد الصخرية.

ب-المناخ.

ت-الطبوغرافيا.

ث-الغطاء الحيوي.

ج- الزمن.

عمليات التجوية.

أنواع التجوية الرئيسة هي :

١- الميكانيكية

٢- والكيميائية

اتجاهات التجوية.

أ- التجوية الاختيارية.

ب-جبهة التجوية.

ت-مراحل التجوية.

ث-سطحية التجوية.

العوامل البيئية المختلفة لها علاقة بحدوث عمليات التجوية بأنواعها فالصخور تختلف في استجابتها لهذه العوامل لتحول الصخور إلى أنواع جديدة بخصائصها لتخضع بعدها لعمليات الحت والنقل والترسيب مكونة أشكال أرضية جديدة.

تشكل المواد الصخرية هدفاً لعمليات التجوية بأنواعها إضافة إلى العوامل الأخرى التي تشكل عناصر في النظام المفتوح والمرتبطة مع بعضها بعلاقات متشابكة ومعقدة .

عوامل تجوية تفسر آلية عمليات التجوية من هذه العوامل هي :

أ- التركيب المعدني للمواد الصخرية.

ب-المناخ.

ت-الطبوغرافيا

ث-الغطاء الحيوي.

ج- الزمن.

وفيما يلي شرحاً لهذه العوامل.

أ- التركيب المعدني للمواد الصخرية :

المعادن المكونة للصخور أو التربة هي ما تمارس التجوية نشاطها علية وما ينتج من نواتج هي محصل التفاعل بين المعادن والعمليات

يؤثر التركيب المعدني للصخور في التجوية من خلال :

١- التنوع المعدني.

٢- تباين الخصائص الكيميائية والطبيعية للمعادن.

المعادن المكونة للصخور عندما تتحلل ينتج معادن ثانوية كالمعادن الطينية مع تفاوت نسب المعادن في الصخر فمثلاً الفلسبار نسبتها تختلف من صخر لآخر كما في الجدول.

الصخر	النسبة المئوية %

يت	٥
ت	٤
ل	١
ب	٠
ي	٠

مع العلم أن أهم المعادن المكونة للصخور هي :

١- الكوارتز Quarts :

ينتج الكوارتز من تفاعل السيليكون مع الأكسجين حيث يشكل **٥٩،٢٦%** من مجموع المعادن التي تدخل في تركيب صخور القشرة الأرضية ويوجد بشكل خاص في الصخر الرملي والنارية والمتحولة ويعتبر آخر المعادن التي تتبلور بدرجات حرارة منخفضة كما أنه شديد المقاومة للتجوية الكيميائية وترتيبه السابع في مقياس موهس لصلابة المعادن.(**رتب الصلابة حسب مقياس موهس ١- ١٠ وتزداد الصلابة مع زيادة الرتبة)**

٢- الأوليفين Olivine :

ينتشر في الصخور القاعدية وخاصة البازلت،يمتاز بكثرة التشققات.

٣- المايكا Mica :

٤- البايت :

٥- **المعادن الثانوية** : فتوجد بنسب محدودة في الصخور وتتفاوت في مقاومتها لعمليات التجوية والتي تتباين في التحلل والناتج الكيميائي.

الخصائص الطبيعية للمعادن هي التي تحدد مدى استجاباتها للتجوية الميكانيكية وما ينتج عنها من مواد وفتات صخري متباينة الشكل والحجم،أما بالنسبة لدرجة التأثر بالتباين الحراري اليومي فتختلف من معدن لآخر وفقاً لمعاملات تمددها الطولي ولونها وعمقها عن سطح الأرض.(**معامل التمدد الطولي للمادة يساوي مقدار الزيادة في طول متر واحد عند رفع درجة حرارته درجة واحدة)**

إن ارتفاع درجة حرارة المواد يعمل على تمددها بجميع الاتجاهات (الطولي،السطحي،الحجمي) وهذا التمدد يمارس دورة في التجوية من خلال اختلاف المعادن والمتباينة التمدد وخاص في الأقاليم الجافة ويجب التأكيد على دور التطرف في درجات الحرارة وخاصة المنخفضة المؤدية إلى تجمد المياه داخل الشقوق والمفاصل الصخرية والمعتمدة على قوام الصخر نفسة.

ب- المناخ :

التغيرات المناخية في الزمان والمكان تؤثر في عملية التجوية من خلال عناصر المناخ المختلفة وخاصة درجة الحرارة وكمية الأمطار والرياح والتي تتباين من إقليم لآخر وأن هناك علاقة بين الأقاليم المناخية وعمليات التجوية والتي تشترك مع الخصائص الجيومورفولوجية وفقاً للأقاليم المناخية بما يسمى الأقاليم المورفوتطورية.

في الأقاليم الجافة ترتفع الحرارة ويزداد التباين الحراري اليومي وتقل الرطوبة .

تسود التجوية الميكانيكية في الأقاليم الجافة من خلال :

١- التمدد والتقلص. ٢- بفعل التجمد. ٣- بفعل الأملاح.

أما في الأقاليم الجافة الباردة كما الحال في التندرا تسود تجوية ميكانيكية بسبب طبقة دائمة التجمد وعدم وجود تسرب مما يؤدي في النهاية إلى تفتت صخري حبيبي أو زاوي.

أما في الأقاليم الرطبة الحارة تنشط التجوية الكيميائية والتي تبلغ أقصاها في المناطق الاستوائية حيث وفرة المياه وارتفاع الحرارة مما يؤدي في النهاية إلى تكون ترب متمنطقة ناعمة القوام مثل الطين.

عموماً لا يمكن عزل أي إقليم عن أي نوع من عمليات التجوية حيث أن عمليات التجوية قد تتواجد في جميع الأقاليم مع تباين معدلاتها فمثلا تنشط التجوية الكيميائية في الأقاليم الاستوائية ولكن هذه التجوية لا تختفي في الأقاليم الجافة ولكن تشتد عندها التجوية الميكانيكية، أي يعني سيادة نوع من التجوية في إقليم ما مع وجود الأنواع الأخرى من التجوية ولكن بشكل ضعيف.

فيما يلي توضيحاً لبعض عناصر المناخ ومدى تأثير هذه العناصر بمعدلات التجوية بأنواعها :

١- درجة الحرارة
٢- الأمطار

وفيما يلي شرح هذه النقاط :

١- درجة الحرارة :

١-١- التباين الحراري اليومي. ١-٢- التجمد.

١-٣- التبخر. ١-٤- تكوين الندى والضباب.

١-٥. زيادة الفاعلية الكيميائية للماء. ١-٦- الظروف الحرارية.

١-١- التباين الحراري اليومي :

التطرف اليومي في درجات الحرارة اليومية إلى توالي تمدد وتقلص المعادن المكونة للصخور وبما أن المعادن متباينة في درجات التمدد والتقلص سيؤدي بها إلى حدوث التشقق أو تفتيته، ويمكن القول أن ثمة علاقة عكسية بين سمك الصخر وعمقه مع الاستجابة في درجات التمدد والتقلص.

١-٢- التجمد:

انخفاض الحرارة دون الصفر المئوي يؤدي بالماء أن يتجمد ويزداد حجمه داخل الفراغات الصخرية مما يؤدي إلى تجوية.

١-٣- التبخر:

عملية تبخر الماء المالح من شأنه أن يؤدي لتجمع البلورات الملحية على السطح أو في الفراغات وزيادة حجم البلورات يؤدي إلى التجوية الملحية Salt Weathering.

١-٤- تكوين نقطة الندى Dew point.

انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون الندى يعمل على تكوين الندى وهذا يوفر الرطوبة المناسبة للتجوية الكيميائية.

٥-١. - زيادة الفاعلية الكيميائية للماء.

زيادة حرارة الماء إلى حد حرج يزيد من فعاليته الكيميائية،هناك علاقة طردية بين النشاط الكيميائي وارتفاع حرارة الماء(**يتضاعف نشاط الماء مرتين أو ثلاث مرات إذا ارتفعت حرارته ١٠ درجات**).

٦-١- الظروف الحرارية : يمكن أن تحدد كميات الأمطار ونوعية وكثافة الغطاء النباتي ودور جذور النباتات في التجوية واضحاً.(**Root Wedging**)

٢- الأمطار :

أ- كمية الأمطار. ب- درجة حرارة الماء. ج- حركة الماء.

د- نسبة الحموضة.

تعتبر مياه الأمطار عامل رئيس في التجوية الكيميائية فلا يمكن أن تحدث تجوية كيميائية بدون الماء مما يفسر نشاط التجوية الكيميائية في المناطق الرطبة عكس الجافة، ويعتمد أي نشاط كيميائي أو ميكانيكي للماء على **مايلي** :

(١) خصائص الماء الطبيعية (٢) والكيميائية إضافة (٣) لخصائص معادن الصخور نفسها ومن خصائص الماء التي تحدد نشاطها في التجوية هي (١) كمية الماء (٢) ودرجة حرارته ،(٣) وحركة،(٤) ونسبة الحموضة

وفيا يلي شرحاً لهذه الخصائص:

١- **كمية الماء** : كمية المياه الموجودة في الفراغات ومدى وصول المياه للأعماق تعتمد على كمية المياه المتوفرة التي تحدد عمق التجوية مع التأكيد بأن النفاذية أصلا تنخفض مع زيادة العمق.

زيادة كمية المياه المتاحة من شأنه أن يزيد من الكمية المتسربة باتجاه التكوينات الصخرية السفلى هذا طبعاً مع افتراض جفاف تلك الطبقات ،أما إذا كانت المياه السطحية قليلة والطبقة العليا من التربة والصخر جافة فتحدث العملية بالعكس بأن يصعد الماء من أسفل إلى أعلى من خلال الخاصية الشعرية.

٢- **درجة حرارة الماء**: ارتفاع حرارة الماء يزيد من الفعالية الكيميائية والعكس صحيح بشكل عام.

٣- **حركة الماء** : تنبع أهمية حركة الماء من خلال عملية تجدد ماء التجوية وعدم وصولة إلى حالة التشبع الكيميائي وإزالة نتاج التجوية،طبعاً هناك علاقة طردية بين حركة الماء ودرجة الانحدار عندها يصبح الماء أقل تشبعاً بنتاج التجوية ولكن المنحدرات السحيقة أو السحيقة من شأنها أن تقلل المتسرب من الماء عبر الفراغات الصخرية ذات العلاقة بالتجوية بنوعيها (ميكانيكي وكيميائي) أما التناقص الكبير في الانحدار من شأنه أن يقلل من سرعة الجريان

ويزيد من التسرب عندها تتشبع التربة ويتحول الماء إلى ماء راكد وبالتالي يفقد الماء نشاطة الكيميائي بالكامل.

في حال إزالة نتاج التجوية بفعل الماء الجاري تتعرض المكاشف الصخرية لتأثير التجوية الميكانيكية من خلال التباين الحراري ولكن إذا لم يتم إزالة نتاج التجوية وتتراكم المكونات من شأنه أن يزيد من عمق التجوية لحد معين بعدها يصبح الصخر بمعزل عن التفاعلات الكيميائية لعدم وصول الماء للأعماق البعيدة أو وصوله لحالة من التشبع العالي.

٤- **نسبة الحموضة** : يكتسب الماء حموضته من خلال :

- تفاعل ماء المطر مع ثاني أكسيد الكربون في الجو.
- تفاعل الماء مع معادن الصخور.

وهناك عوامل تحدد حموضة أو قلوية الماء من خلال :

- نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو.
- نوعية المعادن الصخرية.
- الأحوال المناخية السائدة.

يعتبر ماء المطر أكثر حموضة في المدن الصناعية في حين يكون أكثر قلوية في المناطق الجافة،وتعتبر نسبة الحموضة مهمة عمليات التجوية الكيميائية في حين أن الماء المقطر ليس له أي نشاط كيميائي.

(مهم جداً) :

يعتبر الماء حمضي إذا كان عدد أيونات الهيدروجين المذابة في الماء يزيد عن ٧
وقاعدي إذا قل عن ٧
ومعتدل أو نقي إذا كان ٧ فقط .

ت- الطبوغرافيا:

هناك جوانب مختلفة تؤثر فيها الطبوغرافيا في عمليات التجوية هي :

(١) التباين الحراري
(٢) ودرجة الانحدار

وفيا يلي شرحا لهذين العاملين:

(١) **التباين الحراري:**

الارتفاع أو الانخفاض أو اتجاه التضاريس من العوامل المؤثرة في تباين درجات الحرارة وكمية التساقط فالارتفاع عن سطح البحر يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة والعكس صحيح مما يحدث تباينا مكانياً في درجة الحرارة ويمهد لحدوث التجوية الميكانيكية المرتبطة بالتغيرات الحرارية.

أما تزايد الأمطار مع الارتفاع أو في السفوح المواجهة للرياح من شأنها أن توفر الرطوبة الكافية لحدوث التجوية عكس المناطق المنخفضة أو مناطق ظل المطر التي تضعف عندها التجوية.

(٢) **ودرجة الانحدار:**

النشاط الكيماوي للماء المؤدي لعمليات التجوية مرتبط بمدى تسرب الماء عبر الفراغات الصخرية مع العلم بأن التسرب يزداد مع زيادة الانحدار لحد حرج بعدها تزداد سرعة المياه فيقل التسرب كما أن النشاط الكيماوي للماء يتوقف في المناطق المستوية لركود الماء وتشبعه بالمواد المعدنية وعدم تجدده.

هناك علاقة عكسية بين التجوية الميكانيكية ودرجة انحدار السطح إذ تبلغ أقصاها في المناطق المستوية وخاصة عند تعامد الشمس مما يؤدي إلى التباين في درجات الحرارة اليومية يزيد من معدلات التجوية الميكانيكية ولكن السفوح تتلقى أشعة بشكل مائل مما يحد من نشاط التجوية الميكانيكية.

ث- الغطاء الحيوي.

المقصود بالغطاء الحيوي هو النبات والحيوان المؤثران في التجوية بنوعيها(كيميائي وميكانيكي) فالتجوية الميكانيكية تتم من خلال نمو الجذور في الفراغات والشقوق الصخرية التي تفتتها كما يؤثر النبات من ناحية البقايا في حرارة السطح عن طريق عزل الإشعاع المباشر ويقلل من الألبيدو وبالتالي تقليل التجوية الميكانيكية كما تؤثر الديدان والحيوانات الحافرة في التجوية الميكانيكية.

كما أن للجذور تأثير كيميائي مما تنتجه من أحماض تتفاعل مع المعادن الصخرية التي تصبح تربة من خلال التحول الجزئي للصخور ولكن البقايا العضوية فتؤثر في الخصائص الكيميائية للماء المتسرب ويحدد دوره في التجوية الكيميائية.

ج – الزمن.

يختلف الزمن الذي تحتاجه الصخور حتى تتحلل حسب نوع الصخر والعوامل البيئية(المناخ) وتزداد معدلات التجوية مع مرور الزمن بدليل نتاج التجوية نفسها.

عمليات التجوية :

أنواع التجوية الرئيسة هي :

١- التجوية الميكانيكية

٢- والتجوية الكيميائية

بات أو أشكال التجوية الميكانيكية	**بات أو أشكال التجوية الكيميائية**
د عن طريق إزالة الضغط	هة
لاف تمدد وتقلص الصخر	ل

مد والإذابة	نة
وية الملحية	ل الكاتيوني
وية بالترطيب والتجفيف	بة
وية بفعل النبات والحيوان	سدة

عمليات أو أشكال التجوية الميكانيكية :

١- التمدد عن طريق إزالة الضغط Offloading/Pressure Release :

إزالة الضغط عن طريق إزالة التكوينات التي كانت تعلوها وتعرض المكاشف للتجوية من شأنه أن تحدث تشققات صخرية أفقية أو قوسيه أو انسلاخ على شكل شظايا أو رقائق.

٢- اختلاف تمدد وتقلص الصخر بفعل تعاقب التسخين والتبريد :

تباين درجة الحرارة في حال تنوع المعادن المكونة للصخور تحدث تفتت حبيبي أو تقشر في الصخور على الرغم من التشكيك لدى البعض في تأثير التبريد والتسخين في التقشر بدليل تجارب أجريت بهذا الخصوص ولكن على الرغم من ذلك لا يمكن عزل فعل التسخين والتبريد عن فعل عوامل التجوية الأخرى.

٣- التجمد والإذابة : يؤدي تجمد في الفراغات إلى تفتت الصخور مع العلم أن حجم الماء يزداد حجمه ٩% بعد تجمده فعندما تنخفض درجة التجمد إلى(– ٢٢ م) فان الضغط المحصور سيبلغ (٣٠٠٠) طن/بوصة مربعة الذي يعادل ضغط كتلة صخرية وزنها ١٥ طن فوق بوصة مربعة وينتج عن هذه التجوية فتات صخري زاوي غالباً مختلفة الأحجام.

٤- **التجوية الملحية:** تحدث التجوية الملحية بسبب تبلور الأملاح المتبقية عن عملية تبخر المياه الملحة المتوفرة المتسربة أعماق الصخر والتربة وبعد تفعيل الخاصية الشعرية المؤدية لارتفاع الماء المالح للسطح وتبخره وبقاء الأملاح على السطح لذلك تنشط التجوية الملحية في الأقاليم الجافة الحارة المؤدية لتفتيت الصخور الناتج عن الضغط على الفراغات الصخرية بسبب زيادة الحجم.

٥- التجوية بالترطيب والتجفيف Wetting and drying weathering

الترطيب والتجفيف ينتج عنها التشققات بسبب زيادة الحجم وتقلصه حيث القيعان الصحراوية والمسطحات الطينية بيئة مناسبة لسيادة هذا النوع التجوية وهناك عوامل مؤثرة في معدلات الترطيب والتجفيف بين السطح والطبقة السفلى مثل نوع الطين ووجود الحجارة ووجود النباتات،تلعب زيادة الأملاح في الطين تؤدي إلى تحدب سطح الكتل الطينية المتشققة في حين تصبح مقعرة السطح مع زيادة التجفيف.

٦- **التجوية بفعل النبات والحيوان:** الجذور المتوغلة في الشقوق تعمل على زيادة الضغط على تلك الشقوق بسبب النمو المستمر للجذور وبالتالي تشققها، أما الحيوانات تقوم بتفتيت وتشقق الصخور خاصة عن مراكز الضعف الصخري.

عمليات أو أشكال التجوية الكيميائية :

يأخذ هذا النوع من التجوية أشكالاً مختلفة منها :

١- الإماهة Hydration :

ينتج عن هذه العملية انتفاخ المعدن أو الصخر مما يؤدي إلى التقشر أو التفتت الحبيبي وتحضر المعادن الأخرى للتفاعلات الأخرى مع ضرورة توفر الماء لحدث هذا النوع من لتجوية ويعتبر الصخر الجيري أفضل الأنواع لحدوث الإماهة.

٢- التحليل المائي.Hydrolysis .

تتم عملية التحلل أينما أحاط الماء بالمعدن مع تكرار رشحه عبر التكوينات المعدنية والصخرية مما يحدد نسبة الحموضة المتوفرة للتجوية ويعتبر التحلل المائي أهم عملية تجوية تؤثر على معادن السيليكا وينتج عنها معادن الطين وكربونات البوتاسيوم.

٣- الكربنة Carbonation. :

وهي عملية اتحاد أيونات الكربونات أو البايكربونات مع المعادن وفي حال توفر الرطوبة الرطوبة وخاصة الصخور الغنية بالكالسيوم والمغنيسيوم تكون قابلة للكربنة إذ يعتبر الصخر الجيري شديد القابلية للكربنة في المناطق المدارية الرطبة ينتج عنها مظاهر متموجة قليلة التموج.

٤- التباين الكاتيوني Cation exchange. :

يؤدي التباين الكاتيوني بين المعادن والماء إلى تمدد أو تقلص المعدن وتحرير بعض المركبات الكيميائية وتعتبر المعادن الطينية عالية القابلية لهذه العملية مع ضرورة توفر الرطوبة في التربة شرطاً أساسياً لحدوث التبادل الكاتيوني.

٥- الإذابة Solution. :

تتأثر جميع المعادن بهذه العملية بدرجات متفاوتة **وتعتمد الإذابة على :**

(١) كمية الماء المتوفرة

(٢) وقابلية المعدن نفسه للإذابة.

٦- الأكسدة Oxidationوالاختزال الكيميائيReduction :

الأكسدة هي : عملية تفاعل الأكسجين المذاب في الماء مع العناصر الكيميائية أو المعادن لتكون أكاسيد المواد والتي تنشط حال توفر الرطوبة وينتج عنها تلون الصخور والترب باللون الأحمر أو الأصفر.

أما الاختزال : فهي عكس الأكسدة وهي استخلاص الأكسجين من المواد والذي يحدث في المناطق سيئة الصرف وتؤدي إلى تحول المواد إلى اللون الشاحب أو الأخضر.

اتجاهات التجوية Weathering Trend :

تختلف معدلات التجوية من مكان لآخر حيث يمكن إبراز اتجاهات التجوية بالتالي :

أ- التجوية الاختيارية Differential Weathering.:

التنوع المعدني للصخور هو ما يؤدي إلى تفاوت استجاباتها للتجوية فعند مناطق الضعف ترتفع معدلات التجوية عكس المناطق المقاومة كما الحال في الصخور الارتكازية وحفر التجوية كما أن تباين المناخ من شأنه أن يحدث تباين في عملية التجوية.

ب- جبهة التجوية Weathering Front :

الجبهة هو سطح الفراش الصخري المعرض للتجوية والمتجمع فوقه نتاج التجوية وتكون الجبهة واضحة إذا كان الصخر متجانساً المعدن ومقاوم كما يمكن أن تكون الجبهة غير منتظمة عندما يكون سطح الفراش متفاوت المقاومة للتجوية.

ت- التجوية على مرحلتين Two Stage Weathering :

المرحلة الأولى : يتم فيها تسرب عبر المفاصل وتمارس التجوية الكيميائية دورها في توسيع هذه المفاصل وبشكل سريع .

المرحلة الثانية : فيتم خلالها انجراف نتاج التجوية بفعل الماء .

ث- سطحية التجوية .Surfacial Weathering :

تسود هذه التجوية في الأقاليم الجافة والمرتبطة بالتباين الحراري والجفاف والتي تستجيب لها المعادن الصخرية في ظل رداءة التوصيل الحراري لذلك تتأثر الطبقة السطحية فقط بالتجوية فتتكون التشققات والتقشر.

المحاضرة السادسة

المنحدرات والانهيارات الأرضية :

المنحدرات Slopes.

المفاهيم الانحدارية :

ألانحدار هو : ميل سطح الأرض عن خط الأفق أو الميلان الذي يربط نقطتين مختلفتين في المنسوب،ويعبر عن الانحدار بالنسبة المئوية أو بالدرجة **ويتم التعرف على الانحدار من خلال جهاز يسمى** Abeny Level في الميدان وتخلف المسافات التي تؤخذ عندها

القياسات حسب وعورة السطح وتضرسه. **كلما كان السطح متضرس كلما كانت القراءات أكثر.**

الجزء الانحداري : هي المسافة التي تتساوى فيها درجة الانحدار والممتد فيها السطح بشكل منتظم.

المنحدر غير المنتظم : هو ذلك المنحدر الذي يتكون من أجزاء انحدارية مختلفة الأطوال ودرجات الانحدار.

المنحدر المنتظم : هو ذلك الجزء الانحداري الذي يمتد لمسافة طويلة دون تغيير في درجة انحداره. يحدد تفاوت درجات انحدار الأجزاء الانحدارية شكل العنصر الانحداري من خلال نسبة التقوس فالقيم الموجبة لنسبة التقوس تشير إلى تحدب المنحدرات أما السالبة فتعني تقعرها.

الرقم	درجة الانحدار	نوع الانحدار (بالعربية)	الانحدار (بالانجليزية)
	أكثر من ٤٥	ـ	C
	٣٠ ـ ٤٠	جداً	Very Ste
			Ste

	١٨ - ٣٠		
	٥ - ١٠	معتدل	Moderately Ste
	٢ - ٥	ل	Moder
	أقل من ٢	وي	Le

وقد تم تصنيف المنحدرات حسب درجات انحدارها إلى الأنواع التالية:

أنواع المنحدرات حسب تسلسل عناصرها إلى :

١– منحدرات محدبة عليا.

٢– وجه حر.

٣– منحدر مقعر.

٤– منحدر الهشيم. يمكن قياس الخصائص الانحدارية من الخرائط الكنتورية أو الطبوغرافية

أهمية المنحدرات

المجالات التي تنبع من خلالها أهمية المنحدرات هي :

أ– الأهمية التطبيقية للمنحدرات. ب– الأهمية الجيومورفولوجية.

أ) تنبع الأهمية التطبيقية للمنحدرات من خلال استعمالات الأراضي المختلفة إذ تحدد نسبة الانحدار مدى ملائمة السطح للاستعمالات المتخلفة والتي منها.

- **إنشاء مدرجات المطارات (نسبة انحدار ١%).**
- **سكك حديدية (نسبة انحدار ٢%).**
- **إقامة المباني (نسبة انحدار ٨%). – مد أنابيب المياه والصرف الصحي**
- **المصاطب الزراعية أو الشريطية**
- **شق الطرق والأنفاق وبناء الجسور**

ب) الأهمية الجيومورفولوجية للمنحدرات:

يعتبر المنحدر أهم عنصر في أي نظام جيومورفولوجي على اعتبار التنوع والتعدد في أشكال الأرض مرتبط باختلاف المناسيب والتضرس والانحدار والشكل والمساحة.

تبرز الأهمية الجيومورفولوجية للانحدار من خلال دورها في العمليات الجيومورفولوجية والتي منها :

١– عملية التجوية : للطبوغرافيا دوراً في تنوع وتباين معدلات التجوية فمثلا الزيادة المحدودة في انحدار السطح تؤدي إلى زيادة التجوية الكيميائية في حين أن هذه التجوية (الكيميائية) تضعف إذا زاد الانحدار عن الحد الحرج بسبب زيادة سرعة الجريان وانخفاض التسرب كما تضعف ايضاً في المناطق المستوية المشبعة بالمواد الكيميائية والغير متجدد مياهها.

أما التجوية الميكانيكية : فتكون أشد ما يمكن في المناطق المستوية والتي تتعامد فيها أشعة الشمس أما في المناطق المنحدرة فتكون أقل التي تميل فيها أشعة الشمس.

٢- انجراف التربة : هناك علاقة طردية بين درجة الانحدار وانجراف التربة وبمساعدة العوامل الأخرى من قلة النبات وتفكك التربة ووفرة الأمطار حيث أن فعل قطرات الماء الساقط يزيد فعلها على المنحدرات عن تلك الساقطة على أراضي الغابات ذات الغطاء النباتي الذي يقلل من فعل هذه القطرات.

كما أن الانحدار يحدد كمية الناتج الرسوبي في الأنهار التي تنقلها إلى بيئات الترسيب سواء كانت بحرية أو بحيرية والممثلة مستوى الأساس للأنهار أو المياه الجارية.

تأثر دور الانحدار في عمليات انجراف التربة والرواسب من خلال :

- **زيادة الحت أو الجر المائي.**
- **سرعة الجريان وكمية التصريف المائي للأنهار.**
- **تناقص معدلات التسرب المائي.**

٣- الانهيارات الأرضية. Mass Wasting.الانحدار هو العامل الرئيس في عمليات الانهيارات وتحدد درجة الانحدار نوعية الحركة للمواد من انزلاقات إلى زحف .

٤- الفرز الرسوبي للحمولة النهرية.

نقل الرواسب هي من العمليات التي تقوم بها الأنهار لمسافات مختلفة ضمن **عوامل تتحكم بهذه العملية منها** : (**١**) كمية التصريف (**٢**) وسرعة الجريان (**٣**)وحجم الرواسب (**٤**)والانحدار.

عملية الفرز تتم من خلال ترسيب الحمولة من الأحجام الكبيرة في المنحدرات الأعلى بينما يتناقص الحجم مع تناقص درجة الانحدار أي زيادة تركيز الأحجام الكبيرة باتجاه المنابع أما

الأصغر حجماً تكون باتجاه المصب التي تتزايد عندها نسبة النعومة كالغرين والطين (علاقة طردية بين الانحدار وحجم الرواسب).

٥- خصائص الأحواض المائية Drainage Basins: يؤثر الانحدار في العديد من خصائص الأحواض النهرية والتي منها :

(١) الكثافة التصريفية.Drainage Density

(٢) نمط النهر.Stream Pattern

(٣) استطالة الحوض.Elongation Ratio

(٤) استدارة الحوض.

(٥) المعامل الهبسومتري.Hypsometric Integral

العوامل المحددة الانحدار :

هناك عوامل مختلفة تؤدي إلى نشأة وتطور المنحدرات منها :

١- الحركات البنائية. **٤- الزمن.**

٢- نوع الصخر. **٥- فعل الانسان.**

٣- المناخ.

١- الحركات البنائية.

تشتمل الحركات البنائية على فعل الصدوع والإلتواءات التي تؤدي إلى :

(١) حدوث الاضطرابات في المناسيب من خلال الرفع والهبوط كما هو الحال في الصدوع العادية والسلمية والمفصلية وما ينتج من أغوار وظهور وجروف المتباينة في الخصائص.

(٢) تضرس السطح (٣) تجزؤ انحداري (٤) تنشيط العمليات الجيومورفولوجية (حت مائي ، انهيارات ،أسر نهري،تراجع المنحدرات).

كذلك تؤدي الالتواءات الأرضية في حدوث اضطرابات انحدارية حسب نوعية الالتواء سواء كان أحادي أو ثنائي الطية أو شكل محدب أو مقعر.

٢- نوع الصخر :

تفاوت درجات صلابة الصخور من شأنها أن تؤثر في درجة الانحدار فالصخور الصلبة تقاوم عمليات الهدم مما ينشأ عنها منحدرات سحيقة عكس الصخور الضعيفة مع الأخذ بعين الاعتبار دور المناخ التي يتجاوز تأثيرها تأثير صلابة الصخور إذ يتحول الصخر الجيري إلى صخر ضعيف في الأقاليم الرطبة إلى صخر ضعيف ويطور منحدرات سحيقة وعرة ومقعرة.

كما تؤثر الصخور في انتظام المنحدرات فالسفوح المتكونة من تعاقب صخور متباينة الصلابة تكون منحدرات مجزأة غير منتظمة أما إذا كانت تتكون من نوع واحد من الصخور يؤدي إلى انتظام المنحدرات.

٣- المناخ :

يؤثر المناخ بطريقة غير مباشرة في المنحدرات من خلال :

(١) تحديد نوعية التجوية ومعدلاتها كما يؤثر في(٢) رطوبة التربة (٣) وكثافة الغطاء النباتي (٤) ونشاط الرياح.

أما في الأقاليم الجافة فتنشط التجوية الميكانيكية من خلال التباين الحراري فالمنخفضات التي تحافظ على شدتها ووعورتها تنخفض بها معدلات التراجع كما أن المنحدرات الارسابية تكون نسبياً أشد وعورة واقصر طولاً من مثيلاتها في الأقاليم الرطبة.

٤- الزمن: لعامل الزمن دوراً في تطوير المنحدرات حيث تتناقص درجة الانحدار ويتحول الشكل المقعر إلى المحدب أو شبة المستوي مع تقدم الزمن.

٥- فعل الإنسان:من خلال أعمال التعدين والتحجير والحفر وإزالة.

تطور المنحدرات

تشكل المنحدرات حلقة الوصل بين بيئات التجوية والنحت مع بيئة الترسيب فوظيفة المنحدرات هي نقل نتاج التجوية والرواسب ولكن لا يعني عدم عزل العمليات الأخرى فأي جزء انحداري يعمل على نقل نتاج العمليات التي يتعرض لها إضافة إلى نتاج الأجزاء التي تعلوه وفي النهاية هذه **العمليات تمثل تطور المنحدرات** :

(تراجع ، هدم) .

قد يكون تراجع المنحدرات بشكل متوازي مع المحافظة على درجة انحدارها بسبب تجانس معدلات الهدم على طول المنحدر عندها يكون التراجع باتجاه مناطق تقسيم المياه أما إذا كان التراجع متفاوت تبعاً لعمليات الهدم المتباينة على طول المنحدر عندها يكون التراجع نحو الأسفل لهذه المنحدرات.

خرائط المنحدرات

هي الخرائط التي يتم توقيع درجات الانحدار أو النسب الانحدارية ومختلف مؤشرات الانحدار **مثل العناصر الانحدارية.**

١- المحدب. ٢- المقعر. ٣- المستقيم.
٤- فئات الانحدار. ٥- اتجاه الانحدار. ٦- نسبة التضرس.

تتضمن الخرائط المروفولوجية أو المورفوغرافية معظم العناصر والمؤشرات الانحدارية والتي تمثل برموز موضعية أو مساحية لذلك تمتاز هذه الخرائط بسهولة قراءتها واستعمالها.

(الرموز في الكتاب ص١٣١ مطلوب حفظها)

الانهيارات الأرضية Mass Wasting

الانهيارات الأرضية : هي جميع عمليات نقل المواد الصخرية المختلفة الأحجام بتأثير قوة الجاذبية وعوامل أخرى كالماء.

يختلف النقل بواسطة الانهيارات عن النقل بواسطة الأنهار أو الجليد أو الرياح حيث تؤدي الانهيارات إلى الكثير من الأخطار الجيومورفولوجية المسببة للخسائر البشرية من خلال تدمير الطرق أو الجسور والفيضانات من خلال تدمير الخزانات المائية لذلك يتطلب اتخاذ الإجراءات الوقائية تحد من تأثيرها.

تؤدي الانهيارات إلى نشأة أشكال أرضية تفصيلية محلية النشأة وتكرار حدوثها خاصة في الفصول المطيرة يكون دراستها ومتابعة تطورها أسهل من الأشكال الأخرى التي تكونت بشكل بطئ في أزمنة جيولوجية مختلفة قديمة.

عوامل الانهيارات الأرضية

العوامل التي تؤدي لحدوث الانهيارات الأرضية والمسببة اضطراب المنحدرات هي :

١- الانحدار
٢- الحركات التكتونية
٣- الظروف المناخية
٤- الغطاء النباتي
٥- النحت النهري
٦- فعل الإنسان

١- الانحدار: الانحدار هو العامل الأهم في نشأة الانهيارات والجاذبية الأرضية المسئولة عن نقل المواد من أعلى إلى أسفل **وتعتمد قوة الجاذبية على** : **(١) الارتفاع (٢) وكتلة الجسم**

مما يؤثر في سرعة المواد المنقولة أي وجود(**علاقة طردية بين كتل الجسم ودرجة الانحدار والارتفاع مع سرعة المواد) ويعتبر عنصر السرعة أحد الأسس التي يمكن تصنيف الانهيارات على أساسها.**

٢- الحركات التكتونية: تؤدي الحركات التكتونية إلى تصدع وطي وإعادة ترتيب التكوينات الصخرية مما يؤثر في حدوث الانهيارات وذلك من خلال :

- **الاهتزازات الأرضية.**
- **والصدوع والالتواءات.**

الاهتزازات الأرضية المرافقة للحركات التكتونية تعمل على عدم استقرار الكتل الصخرية القابلة للانزلاق أو السقوط كما أن الزلازل تؤدي إلى اضطراب مناسيب المنحدرات وتضعف تماسك الكتل والجلاميد على اختلاف أحجامها.

لصدوع والالتواءات في إحداث الانهيارات من اضطراب التكوينات الصخري المتتابعة المحتوية على التشققات والمفاصل مما يقلل من التماسك والاستقرار

٣- الظروف المناخية: هناك دوراً مهماً للمناخ في حدوث الانهيارات وذلك من خلال :

- **التجوية.**
- **ارتفاع الحرارة.**
- **انخفاض الحرارة.**
- **كمية الماء.**
- **تسرب الماء.**
- **الغطاء النباتي.**

(**التجوية**) : تعمل التجوية على تجهز المواد الصخرية للانهيارات.

(**ارتفاع الحرارة**) : تعمل على تنشيط الخاصية الشعرية،وفقدان رطوبة التربة إذا كانت طينية تتماسك.

(**انخفاض الحرارة**) : إلى ما دون التجمد وتكوين الصقيع فتنتفخ ويزداد حجم المواد.

(**كمية المياه**) : تعمل على زيادة رطوبة التربة وقابليتها للتدفق أو **التماسك**

(**تسرب المياه**) : في الفراغات يؤدي إلى إذابة وتحلل المعادن فيكون المواد المنزلقة وتجمعها عند أسطح التطبق.

(**الظروف المناخية**) : كالحت المائي ،الريحي المؤثرة في المنحدرات.

٣- **الغطاء النباتي**: تعمل الجذور النباتية والرطوبة على تماسك التربة فتقلل من الانهيارات أما إزالة الغطاء النباتي تعمل على زياد الانهيارات.

٤- **الحت النهري**: الأنهار تساهم في حدوث الانهيارات من خلال عمليات الحت المختلفة (رأسي ،جانبي ،تراجعي)مما يؤدي إلى تقطيع الطبقات واضطراب المنحدرات وحدوث الانهيارات.

٥- **فعل الإنسان**: من خلال الأنشطة المختلفة (تعدين ،تحجير،ضخ الماء)تؤدي إلى حدوث الانهيارات.

تصنف المنحدرات تبعاً للأسس التالية.

١- سرعة الحركة. **٢- نوعية المواد المنهارة.**

٣- طبيعة الحركة. **٤- كمية الماء في المواد المنهارة.**

وفيما يلي بعض التفصيل:

(**سرعة الحركة**) : بطئ مثل زحف التربة ومعتدل مثل زحف الهشيم وسريع مثل الانزلاق الصخري.

(**نوعية المواد المنهارة**) : طين وهشيم صخري والجلاميد وكتل كبيرة.

(**طبيعة الحركة**) : تدفق أو انتفاخ أو انكماش أو انزلاق.

(**كمية الماء**) : مواد مشبعة بالماء أو جافة.

سيتم استعرض آلية عدداً من أنواع الانهيارات وهي :

١- الزحف الأرضي. **٢- تدفق التربة.**
٣- التدفق الطيني. **٤- التدفق الأرضي.**
٥- الانهيار للأسفل. **٦- الانزلاقات الأرضية.**
٦- الهبوط الأرضي.

١- الزحف الأرضي .Creep : وهي أبطأ عمليات الانهيارات
والتي تأخذ أشكال عدة منها :

(١) زحف التربة (٢) زحف صخري (٣) زحف الهشيم (٤) زحف صخري جليدي.
في الغالب تتم عملية الزحف ضمن الطبقة السطحية وبشكل فصلي سوأ رطوبة أو حرارة المؤدية إلى تغيرات في حجم الرواسب مما يحدث عملية الزحف مع العلم أن معدل الزحف ينخفض مع عمق أو سمك الطبقات.

تتم عملية الزحف عندما تحتوي تربة المنحدرات على كمية من مناسبة من الرطوبة والتي تتعرض لتعاقب التجميد والذوبان مما يحدث حركة رأسية وأفقية،بطء حركة الزحف تحول دون المتابعة الميدانية لها ولكن تتم المتابعة من خلال آثارها الناتجة مثل ميلان الأعمدة وتموج التربة وغيرها.

٢- تدفق التربة: يحدث في المناطق شبة القطبية

شروط حدوثها وهي: (١- سمك التربة، ٢- قلة الغطاء النباتي، ٣- انحدار السطح ، ٤- كمية مياه عالية)

ولكن يحدث التدفق عند ذوبان طبقة معينة من التربة المتجمدة التي تعلو طبقة متجمدة مانعة لتسرب المياه هذا يؤدي لزيادة كمية المياه التي تسبب تدفق التربة لمسافات بشكل يومي.

٣- تدفق طيني: وهي العملية التي تتم لمكونات الطينية المختلفة الأحجام

شروط حدوثها : (١- كمية كبيرة من مياه الأمطار وان تكون ٢- المواد الترابية مفككة مع ٣- قلة الغطاء النباتي بحيث يشكل الماء نسبة ٢٥ ـ ٣٠ % من وزن التدفقات الطينية).

٤- التدفق الأرضي.

٥- الانهيار.

٦- انزلاق أرضي.

٧- الهبوط الأرضي

المحاضرة السابعة

جيومورفولوجية الأحواض المائية :

تعريف الحوض المائي:

هي مساحة اليابس التي تغذي أقنية أو أودية محددة بالماء اللازم لجريانها.وتشمل جميع الشبكة القنوية الفرعية أو الروافد التي تنقل مياهها السطحية إلى الجريانات المائية السطحية القنوية الرئيسية.

حدود الحوض النهري : تشمل على مجموع المساحات الحوضية الفرعية التي تنتمي إليها جميع أجزاء هذه الشبكة القنوية وروافدها. ويغطي ذلك المساحة التي تحدها وتحيط بها خطوط تقسيم المياه من جميع الجوانب التي تمثل مناطق المنابع وتجري على سطحها المياه السطحية لتلتقي في مجرى مائي رئيسي يصب في بيئة المصب التي تقع عند مستوى أساس محلي أو خارجي.

أهمية الأحواض المائية :

أ – الأهمية الهايدرلوجية : ترتبط الأحواض المائية بالموارد المائية المختلفة المتاحة لذلك لا يجوز أن تكون أي دراسة للموارد المائية لا تأخذ الدورة الهايدرلوجية بعين الاعتبار التي عندها لا تحقق أهدافها النظرية أو التطبيقية مثل تحديد الموازنة المائية وتحديد الطاقة التخزينية وتخطيط استعمالات الموارد المائية.

ب– الأنشطة البشرية : تعتبر الأحواض المائية للإنسان مصدر ثروة طبيعية واقتصادية متنوعة حيث قامت الحضارات القديمة عند الأحواض المائية كالحضارة الصينية والمصرية والعراقية **حيث ارتبطت الأنشطة البشرية بمواقع الأنهار أو عند مصباتها إذ كان لهذا الارتباط عدة أسباب ارتباط الإنسان بالمصبات المائية هي :**

١– **وفرة الماء اللازم للأغراض المختلفة** (منزلية ،ري) وما يرتبط من أنشطة (صيد ،ملاحة).

٢- **ما ترسبه الأنهار من ترب فيضية خصبة** تتجمع على طول المجرى الحوضي على شكل مصاطب رسوبية أو فيضية أو عند المصب على شكل دلتا أو مروحة فيضية.

٣- **توليد الطاقة الكهربائية** من خلال الشلالات المائية أو مصدر أخشاب من الغابات ومراعي إضافة إلى الجذب السياحي.

ج- الأخطار البيئية:

كثيراً من الأخطار البيئية تبدأ نشأتها داخل حدود الحوض المائي مثل التلوث وانجراف التربة والانهيارات الأرضية والفيضانات.

هناك عدة أسباب تؤدي إلى حدوث اضطراب في التوازن البيئي داخل الحوض المائي منها :

- **سوء استعمال أراضي الحوض.**
- **قطع الغابات.**
- **الرعي الجائر.**
- **أعمال التحجير والتعدين.**

أما أعمال المحافظة داخل الحوض المائي هي:

- **بناء مصاطب وجدران استنادية.**
- **تحريج أراضي الحوض.**
- **ضبط الرعي.**

د- الأهمية الجيومورفولوجية:

يتكون سطح الأرض من مجموعة من الأحواض المائية التي تشكل مما يجعل أن أي مساحة من السطح تنتمي لأحد الأحواض المائية والتي تضم مختلف أشكال الأرض.

يشكل الحوض المائي نظاماً مفتوحاً مستقلاً يتكون من مُدخلات ومخرجات والعلاقات القائمة بينهما .

يستقبل الحوض المائي الطاقة من : (**١**) المناخ (**٢**)ا لقوى الباطنية .

أما فقدان الطاقة فيتم من خلال : (**١**) التبخر و(**٢**) النتح (**٣**) خروج الرواسب والماء عند المصب.

يتكون النظام الحوضي من أنظمة فرعية تتمثل بالمنحدرات التلية والوحدات الجيومورفولوجية ويشكل الحوض المائي خصوصية نظامية تميزه عن غيرة لذا كان من الضروري دراسة الأحواض المائية في المواقع المختلفة فلا يغني دراسة أي منها عن الآخر.

تعتبر الأحواض المائية مكاناً لتطبيق القياسات وأخذ العينات والعمل ألمخبري وغيرها وما يتبع من معالجات إحصائية مما ساهم في كثير من الدراسات الجيومورفولوجية.

دراسة الأحواض من الناحية الجيومورفولوجية يعطي صورة واضحة عن التغيرات البيئية التي تعرضت لها وخاصة التغيرات المناخية والبنائية من خلال تحديد مدخلات ومخرجات النظام الجيومورفولوجي مثل ارتفاع الكثافة التصريفية أو شدة الانحدار واستدارة وغيرها من الأشكال الأرضية والمنتشرة في الأقاليم الجافة والتي قد تكونت في ظروف مناخية رطبة ماضية.

دراسة أي شكل أرضي أو عملية جيومورفولوجية لا يمكن أن تحقق هدفها بمعزل عن البيئة الحوضية المنتمية لها حيث أن تطور الأحواض المائية يؤثر في نوعية وخصائص الأشكال الأرضية مثلاً تكون المروحة الفيضية عند المصب لا يمكن تفسير أبعادها بمعزل عن المتغيرات الحوضية الماضية مما يزيد من تعقيد العلاقة المكانية بين الشكل والعملية.

بناء النظام الحوضي الجيومورفولوجي :

أهم مكونات الحوض المائي :

١-مناطق تقسيم المياه
٢-وشبكة الأقنية
٣-والوادي الرئيس
٤-والسفوح

من ضمن عناصر ومتغيرات وقد تتباين نوعية وطرق تحديد عناصر النظام تختلف من دارس لآخر حسب الدراسة أو الهدف حيث يمكن وضع الخصائص في مجموعات محددة ومميزة مثل مجموعة الخصائص الشكلية والمساحية والتضاريسية والعوامل البيئية.

فيما يلي شرحاً لأهم العناصر والمتغيرات الحوضية.

١- مساحة الحوض: لكل مجرى مائي مساحة تغذية مائية أو مساحة حوضية ترفده بالتصريف المائي بغض النظر عن حجم المجرى ويمكن تحديد مساحة الحوض المائي من خلال خطوط تقسيم المياه .

إما على الخريطة الكنتورية أو الطبوغرافية أو الصور الجوية ويتم قياس مساحة الحوض من خلال :

(١) جهاز البلانيميتر العادي. **(٢) جهاز البلانيميتر الرقمي.** **(٣) المربعات.**
(٤) الحاسوب.

الخصائص الحوضية الرئيسة :

مساحة الحوض \ كم٢
نسبة استدارة الحوض %
نسبة استطالة الحوض %
طول الحوض /كم
عرض الحوض/
محيط الحوض /
معامل شكل الحوض
أقصى ارتفاع في الحوض / م
نسبة التضرس
تضرس الحوض
متوسط انحدار الحوض
متوسط انحدار المجرى
نسبة الوعورة
تجزؤ / انتظام المنحدر

شكل المنحدر
اتجاه المنحدر

معدل النسيج الحوضي
المعامل الهبسومتري
منسوب بيئة المصب / م
طول الشبكة المائية /
الكثافة التصريفية
رتبة النهر
رتبة الحوض
عدد المجاري القنوية
التكرار النهري
طول مجاري كل رتبة نهرية
عدد مجاري كل رتبة نهرية
معدل التشعب النهري
متوسط انحدار

مجاري الرتب
نسبة التعرج
نمط الشبكة المائية

نشأة وتطور المساحات الحوضية :

يرتبط تطور المساحة الحوضية بحدوث :

١- **زيادة في كل من** عمق وكمية وانحدار وسرعة جريان المياه مما يسمح القيام بعمليات حفر رأسي وتراجعي يؤدي إلى زيادة مساحة التغذية المائية على حساب مناطق تقسيم المياه.

٢- **الحركات التكتونية** التي قد تتعرض لها الأحواض من خلال إضافة مناطق مجاورة أو تعزل أو تتقطع أجزاء كأن يحدث رفع للمجرى الأوسط أو انخفاض تكتوني عند المنابع لحوض مجاور يؤدي لزيادة المساحة عن طريق الأسر النهري.

أهمية المساحة الحوضية :

تختلف المساحة الحوضية من إقليم لآخر كأحواض الأنهار والأودية وهذا يؤدي إلى اختلاف التصريف المائي والناتج الرسوبي لهذه المجاري.

التباين المساحي لأحواض الأنهار له دلالات بيئية طبيعية منها :

١- ترفد المساحة الحوضية أنهارها بالمياه والرواسب حيث علاقة طردية بين المساحة الحوضية وكمية التصريف المائي والناتج الرسوبي فزيادة المساحة يعني زيادة الأمطار المساحية فزيادة التصريف.

انتماء أجزاء الحوض النهري لاقاليم مناخية مختلفة بسبب كبر مساحة الحوض المائي وبالتالي اختلاف نوعية وفصلية وكمية التساقط وبالتالي اختلاف الناتج الرسوبي.

٢- تباين العمليات الجيومورفولوجية من مكان لآخر بسبب التنوع الجيولوجي والمناخي والنباتي الناتج عن زيادة المساحة من مكان لآخر فزيادة المساحة الحوضية قد تؤدي إلى تعقيد الخصائص الشكلية والطبوغرافية والشبكة المائية أي تنوع الأشكال وهذا التنوع بسبب استمرار العمليات وتأثرها بالتغيرات البيئية بالمقابل قد تتشابه الأشكال في الأحواض ذات المساحة الصغيرة.

٣- ترتبط المساحة الحوضية بالخصائص الحوضية والنهرية المختلفة مثل التضرس والشكل والكثافة التصريفية والمعامل الهبسومتري فالأحواض كبيرة المساحة تكون في الغالب أقل تضرساً من وأقل كثافة تصريفية وأكثر استدارة من الأحواض الصغيرة.

تعتبر المساحة الحوضية هي محصلة تفاعل مجموعة من العوامل التي تحدد مساحة الحوض .

العوامل المحددة للمساحة الحوضية :

أ- نوع الصخر.

يعتبر الفراش الصخري هو المكان الذي تمارس التجوية عملياتها عليه إضافة إلى الحت والهدم وتتفاوت معدلات التجوية حسب خصائص الصخر مما يؤثر في المساحات الحوضية فمثلا تقاوم صخور البازلت و الغرانيت عمليات الهدم بالمقابل تنخفض هذه المقاومة في الصخور الضعيفة كالصخر الرملي والجيري والطباشيري طبعاً مع ثبات العوامل الأخرى من هنا فالمساحة الحوضية التي تخلفها الصخور الصلبة تكون أصغر من التي تخلفها الصخور الضعيفة .

ب- المناخ والغطاء النباتي: يبدو تأثير المناخ واضحاً في مساحة الحوض المائي **من خلال :**

١- فاعلية التساقط ودرجة الحرارة وعلاقة من خلال عمليات التجوية وتكوين فراش صخري لعمليات الحت

٢- وتحديد كمية ونوعية التساقط اللتان تحددان كمية التصريف المائي

٣- تباين قوة القوة الحتية للأنهار من إقليم لآخر (أقاليم رطبة وجافة).

٤- يعمل الغطاء النباتي على زيادة معدلات التسرب المائي على حساب التصريف التي عندها تنخفض معدلات الحت فيؤثر على المساحة الحوضية.

٥- الظروف المناخية القديمة التي سادت في الماضي هي ما تفسر وجود أحواض مائية كبيرة حالية في مناطق جافة والعكس أيضاً

ج- الحركات التكتونية:

نوع الحركة التكتونية هي التي تحدد مدى تأثيرها في المساحة الحوضية من خلال الصدوع والطيات وأنواعها وأماكن تواجدها في الحوض فوجود الصدوع في بيئة المصب أو المنبع من شأنها أن تنشط عمليات الحت التراجعي والجانبي وحدوث عمليات التصابي التي تعمل على زيادة تضرس وانحدار السطح وبالتالي زيادة المساحة الحوضية.

د- الزمن:

تزداد عمليات الحت مع مرور الزمن مما يؤدي إلى زيادة المساحة الحوضية وبشكل عام تكون المساحات الحوضية ذات التكوينات القديمة أكبر من مساحات الأحواض ذات التكوينات الحديثة.

المحاضرة الثامنة

جيومورفولوجية الأحواض المائية :

الخصائص الحوضية الشكلية:

تتمثل الخصائص الحوضية الشكلية بما يلي :

أ- نسبة الاستطالة Elongation Ratio.

$$\text{نسبة الاستطالة} = \frac{\text{طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض/كم}}{\text{أقصى طول للحوض / كم}} \times ١٠٠$$

تصف نسبة الاستطالة امتداد مساحة الحوض المائي بمقارنتها بشكل مستطيل وترتفع نسبة الاستطالة في الأحواض الطويلة **وتشير نسبة الاستطالة إلى الدلالات التالية.**

١- **أن الحوض المائي** يمر في بداية دورة التعرية بمرحلة الشباب حيث أن الأنهار عادة تبدأ بحفر مجاريها وزيادة طولها بالحت التراجعي ولا تمارس الحت الجانبي إلا في مراحل حتية متأخرة

٢- يكون الصخر السائد غالباً صخراً صلباً مقاوم للحت.

٣- إذا كان الامتداد الطولي للحوض المائي عبر دوائر عرضية **متعددة** وباتجاه الشمال يصبح المناخ أكثر تنوعاً يجعل منطقة المنابع ضمن النطاق الرطب وبيئة المصب بالنطاق الجاف أما امتداد الحوض بشكل موازي لدوائر العرض يكون التنوع المناخي **محدود.**

٤- زيادة نسبة الاستطالة يصبح التضرس محدود والانحدار معتدل.

٥- قد تنتج الأحواض المستطيلة عن عوامل تكتونية دون عوامل حت

٦- الأحواض المستطيلة تعرضها للفقدان المائي بسبب التبخر والتسرب.

٧- تكون جريانات ثانوية قصيرة وغير ومتفرعة إضافة للمجرى الرئيس.

٨- يكون الناتج الرسوبي للأحواض المستطيلة يكون منخفض.

٩- مناطق تقسيم المياه تكون ضيقة وقليلة التعرج بسبب قلة الحت الجانبي في الأحواض المستطيلة.

١٠- قمة التصريف أو الفيضان تتأخر في الوصول للمصب بسبب طول المسافة وزيادة التبخر في حال سقوط أمطار غزيرة.

ب- نسبة استدارة الحوض Circularity.

$$\text{نسبة الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض / كم ٢}}{\text{مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض نفسه/كم٢}} \times ١٠٠$$

لتصف اقتراب خطوط تقسيم المياه للحوض من محيط دائرة منتظمة تصف استدارة الحوض مدى تعرج أو تداخل خطوط أو مناطق تقسيم مياه لحوض معين مع الأحواض المجاورة وأقصى مرحلة يمكن أن يصل إليها الحوض عندما تختفي التعرجات ويصبح محيط الحوض منطبقاً مع محيط الدائرة عندها تبلغ نسبة الاستدارة ١٠٠% وهنا يوصف الحوض أنه بلغ قمة التطور والحت الجانبي والتراجعي.

دلالات تفاوت نسبة الاستدارة :

١- ترتفع نسبة الاستدارة في الصخور الضعيفة لارتفاع معدلات الهدم.
٢- ترتفع نسبة الاستدارة في الأقاليم الرطبة لوفرة المياه لممارسة الحت.
٣- قصر أطوال المجاري الرئيسة وطول الروافد.
٤- يشير ارتفاع نسبة الاستدارة إلى كبر المساحة الحوضية.
٥- يصل الفيضان قمته في أقصر وقت أثر حدوث الأمطار الغزيرة.
٦- ارتفاع كمية الأمطار المساحية والتبخر والتسرب.
٧- ارتفاع كميات الناتج الرسوبي.
٨- قد تنتج الاستدارة عن عوامل تكتونية.

ج- معامل شكل الحوض Form Factor.

$$\text{شكل الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض / كم٢}}{\text{مربع طول الحوض/كم٢}}$$

ويصف معامل الشكل مدى انتظام عرض الحوض على طول امتداده من المنبع إلى المصب ولكن مع ثبات الطول

قد يتعرض عرض الحوض لأحد الاحتمالات التالية :

١- ثبات العرض من المصب إلى المنبع ويكون شكله هنا مستطيل إذا كان الطول أكبر من العرض أومربع إذا تساوى العرض مع الطول.

٢- تفاوت عرض الحوض من المنبع إلى المصب **وهنا احتمالات هي :**

- يكون الحوض أعرض ما يمكن عند المنبع ويتناقص بشكل تدريجي منتظم نحو المصب.
- يكون الحوض أعرض ما يمكن عند المنبع ويتناقص بشكل غير منتظم نقصان تارة وزيادة تارة أخرى نحو المصب.
- يكون الحوض أعرض ما يمكن عند المصب ويتناقص بشكل تدريجي منتظم نحو المنبع.
- يكون الحوض أعرض ما يمكن عند المصب ويتناقص بشكل تدريجي غير منتظم نحو المنبع.

دلالات شكل الحوض (تباين نسبة العرض إلى الطول) هي.

١- مدى تقدم الحت الجانبي: يرتبط تزايد عرض الحوض بالحت التراجعي للأقنية الجانبية المتفاوتة النشاط بسبب اختلاف الانحدار ونوع الصخر وان الجريانات المائية التي تمتاز بمنحدرات سحيقة وتكويناتها من صخور ضعيفة وذات تساقط عالي عندها توفر جرياناً مائياً له قدرة على الحت التراجعي نحو مناطق تقسيم المياه الجانبية مما يزيد من عرض الحوض.

٢- تفاوت صلابة الصخر: تمارس الأودية الجانبية الحت التراجعي عندما تكون تكويناتها الصخرية ضعيفة أي إحداث زيادة في الطول والعكس في الصخور الصلبة ذات الطول القصير.

٣- تفاوت الأحوال المناخية على طول المحيط الحوضي عندها تكون الأقنية طويلة في الأقاليم الرطبة وقصيرة في الأقاليم الجافة.

٣-قد تساهم الحركات التكتونية في تفاوت أطوال الجريانات المائية الجانبية مما ينعكس في تباين اتساع الحوض بشكل عام وزيادة العرض بشكل خاص.

الخصائص التضاريسية

تشمل الخصائص التضاريسية للأحواض المائية ما يلي.

أ- تضرس الحوض: وهي الفرق بين أعلى وأدنى منسوب للحوض.

ب- نسبة التضرس: وهي التضرس مقسوماً على طول الحوض م/كم

ج- درجة الانحدار.

د- متوسط الانحدار لجميع الأجزاء الانحدارية.

هـ - انحدار السفوح التلية الجانبية.

و- المعامل الهبسومتري.

$$\text{المعامل الهبسومتري} = \frac{\text{الارتفاع النسبي للحوض}}{\text{المساحة النسبية للحوض}}$$

- الارتفاع النسبي = النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور مختار إلى أقصى ارتفاع في الحوض.

- لمساحة النسبية = النسبة بين المساحة المحصورة بين أي خط كنتور ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية لنفس الحوض.

يتم احتساب المعامل الهبسومتري بعد توقيع قيم الارتفاع النسبي وما يقابلها من مساحات نسبية لعدد من خطوط الكنتور وبعد وصل نقاط التقاطع لكل من المتغيرين تحسب المساحة التي تقع أسفل المنحنى الهبسومتري ويعادل ذلك المعامل الهبسومتري للحوض، ويعتبر المعامل

الهبسومتري مقياساً زمنياً يعبر عن المرحلة الحتية التي تمر بها الأحواض المائية كما تشير إلى كمية المواد الصخرية التي لا تزال تنتظر دورها في العملية الحتية.

الخصائص التضاريسية ودلالاتها البيئية والحوضية:

١- الدلالات الصخرية:

الأحواض ذات الصخور الصلبة أكثر تضرساً وانحداراً وتطور معامل هبسومتري أعلى من الأحواض ذات الصخور الضعيفة.

٢- الدلالات البنائية:

تختلف الأحواض فيما بينها حسب الحركات التكتونية فمثلاً الارتفاع التكتوني في المنابع والهبوط أو الهبوط عند المصب يؤدي إلى زيادة التضرس والانحدار.

٤-الدلالات المناخية: الأحواض في المناخ الجاف تكون أكثر تضرساً وانحداراً ومعامل هبسومتري من الأحواض في المناخ الرطب.

الشبكة المائية Drainage Networks.

تتكون الشبكة المائية من الفروع والروافد إضافة إلى المجرى الرئيس والتي تحدد من خلال الخرائط الطبوغرافية أو من خلال الصور الجوية والفضائية ومن الشبكة المائية يمكن تحديد وتفسير مزاياها ودلالاتها البيئية والحوضية.

وفيما يلي تفصيلاً لبعض جوانب الشبكة المائية التالية :

أ- نشأة وتطور الشبكة المائية :

الأمطار أهم مصدر للجريان السطحي والمسئول عن نشأة وتطور الأقنية بعد وصول التربة إلى درجة التشبع عند المنابع والتي تبدأ بجريان غشائي يتحول إلى جريان سطحي ثم قنوي مع زيادة كمية الأمطار وقلة النبات.

قطرات المطر والجريان الطبقي عوامل مساعدة لزيادة نشاط الحفر القنوي بإزالة المواد الصخرية المفتتة وتوفير كفاءة تصريفية لمباشرة عملية الحفر القنوي.

يجب توافر أربعة شروط لتطور الجريان القنوي هي :

١- تكرار عملية الجريان السطحي. **٢- أن تكون قوة الجريان أكبر من مقاومة الصخر.**

٣- يجب تجميع المياه السطحية في نطاق الحت.

٤- يجب أن يكون الحفر بعمق معين لضمان استمرار التدفق.

مع تزايد عمق الجريان مع الابتعاد عن خطوط تقسيم المياه (نطاق الاتعرية) نحو المنحدرات سوف تزداد الطاقة الحتية مع تزايد المسافة مما يسمح بنشأة الأقنية المائية **وقد يتم ذلك من خلال المراحل التالية.**

١- مرحلة البداية.

٢- زيادة طول القناة.

٣- الامتداد القنوي الشامل.

٤- الدمج من خلال التقاء والأسر النهري.

تتوقف عملية الحفر بعد تحول الجريان من النشاط الحتي إلى النشاط ألإرسابي بسبب قلة الانحدار وتزايد الحمولة ولكن قد تعود عملية الحفر في بيئة المصب إذا زادت كمية التصريف.

ب- خصائص الشبكة المائية:

١- طول الشبكة المائية Stream Length. يتم بواسطة عجلة القياس.

٢- عدد المجاري المائية Stream Number.العدد مهما كان حجم المجرى

٣- الكثافة التصريفية Drainage Density :

مجموع أطوال الشبكة /كم

الكثافة التصريفية = ــــــــــــ

المساحة الحوضية / كم٢

٤- التكرار النهري Stream Frequency :

عدد المجاري النهرية

التكرار النهري = ــــــــــ

المساحة الحوضية

٥- رتبة النهرStream Order .يتم تمييز المجاري النهرية حسب ترتيبها وحجمها واقترحت عدة طرق لتحديد الرتب النهرية (هورتون،ستريلر،شريف،شايديغر) يعتبر نظام ستريلر أكثر انتشاراً .

٦- معامل التشعب Bifurcation Ratio :

عدد الأقنية من رتبة معينة N

معامل التشعب = ــــــــــــ

عدد الأقنية من الرتبة N+1

يصف معدل التشعب مدى الاختصار أو الاندماج الذي تخضع له الأقنية مع تطورها أو زيادة رتبتها وعادة يتناقص عدد المجاري المائية مع زيادة رتبتها بحيث يصل إلى مجرى واحد وهو الرئيس

٧- معدل القوام الحوضي Texture Ratio :

مجموع النتوءات البارزة في أي خط كنتوري في الحوض المائي

معدل القوام الحوضي = ــــــــــــــــــــــــ

طول محيط الحوض نفسه

٨- معدل القوام الإقليمي The Weighted Mean Value :

مجموع (حاصل ضرب المساحات الحوضية كل في معدل قوامها الحوضي)

معدل القوام الإقليمي = ــــــــــــــــــــــــ

مجموع المساحات الحوضية

- إذا معدل القوام ٤ أو أقل يعتبر السطح وعراً.

- إذا معدل القوام ٤- ١٠ يعتبر السطح معتدل الوعورة.

- إذا معدل القوام أكثر من ١٠يعتبر السطح منبسط.

٩- نمط الشبكة المائية Network Pattern. تختلف أنماط الشبكة المائية في الأحواض المائية من منطقة لأخرى.

أنماط الشبكة المائية في الأحواض المائية :

١- النمط ألشعاعي. Radial Pattern

٢- النمط المركزي. Centripetal Pattern

٣- النمط المتوازي.Parallel Pattern

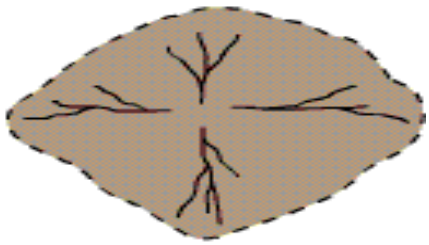
٤- النمط الشجري.Dendritic Pattern

٥- النمط الشعري أو التكعيبي.Trellis Pattern

٦- النمط المتعامد.Rectangular Pattern

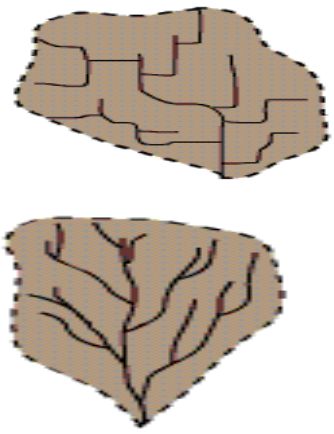
٧- النمط ألريشي.Pinnate Pattern

٨- النمط الحلقي.Annular Pattern



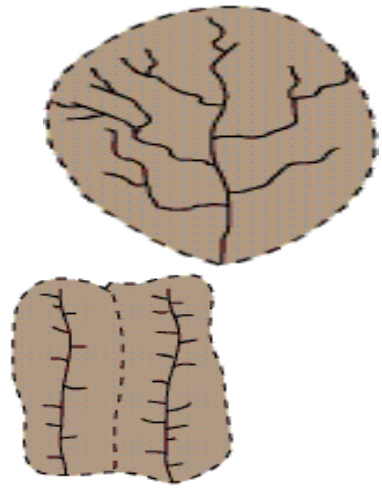
النمط ألشعاعي. Radial Pattern **النمط**

المركزي.Centripetal Pattern



النمط **Parallel Pattern**.لنمط المتوازي

Rectangular Pattern.المتعامد



النمط **Trellis Pattern**.النمط الشعري أو التكعيبي

Dendritic Pattern.الشجري

محددات الخصائص الشكلية:

العوامل البيئية والحوضية التي تخضع لها خصائص الشبكة المائية هي:

١- المناخ:

اختلاف خصائص الأمطار(الكمية،التركيز،الفاعلية) من حوض لآخر وحتى في الإقليم الواحد وتعتبر الأمطار مصدراً أساسياً للتصريف المائي المسئول عن نشأة وتطور الشبكة المائية فهطول الأمطار بغزارة وتكرار يؤدي إلى زيادة التصريف المائي وبالتالي زيادة الحفر القنوي مما يؤدي لزيادة طول وعدد المجاري والكثافة التصريفية ولكن إذا زادت الأمطار لحد كبير عن الحد الحرج فإنها تصبح لها آثار سلبية كارتفاع كثافة الغطاء النباتي والتي تزيد من معدل التسرب وإضعاف الحت القنوي.

تتأثر كثافة التصريف بفاعلية التساقط فقد تصل الكثافة التصريفية إلى حدود عليا في المناطق التي تنتشر فيها نباتات مبعثرة ولكن تتناقص هذه الكثافة مع تزايد المساحة النباتية أما إذا كانت الكثافة النباتية بدرجة كبيرة عندها يكون التشبع كامل للتسرب يقلل من تأثيرها على الجريان المائي.

٢- نوعية الصخر:

نوع الصخور تؤثر في طول وعدد وكثافة الجريانات المائية من خلال قابليتها للحت القنوي في ظل عدم تأثير العوامل الأخرى عندها تزداد الكثافة التصريفية في الصخور الضعيفة قليلة

النفاذية الكثيرة التشققات والمفاصل الصخرية عندها يتم تزايد التصريف المائي السطحي على حساب الجريان الباطني.

٣- الحركات التكتونية:

يبدو واضحاً تأثير الحركات التكتونية في خصائص الشبكة المائية من خلال عمليات الرفع عند المنبع أو الهبوط عند المصب واضطرابات مختلفة مسببة تضرس السطح وانحدار الحوض مما يزيد من الطاقة الحتية القنوية بل قد تصل إلى حالة التصابي، هذه العمليات تؤدي إلى زيادة أعداد أطوال وأعداد الشبكة المائية والكثافة التصريفية ونمط الشبكة.

ترابط خصائص الشبكة المائية:

تشكل خصائص الشبكة منظومة ذات علاقات متداخلة بحيث يمكن تفسير بعض هذه الخصائص وقد أصبحت دراسة هذه العلاقات بين الخصائص من خلال أساليب الإحصاء ومن أمثلة ذلك.

- وجود علاقة طردية بين الكثافة التصريفية ونسبة التضرس الحوضي والتكرار النهري ومعدل التشعب والقوام.
- وجود علاقة عكسية بين الكثافة التصريفية مع مساحة الحوض والمعامل الهبسومتري.
- وجود علاقة طردية بين التكرار النهري مع نسبة التضرس وعكسية مع مساحة الحوض والمعامل الهبسومتري.
- وجود علاقة طردية بين رتبة النهر مع مساحة الحوض والتصريف المائي وطول المجرى.
- وجود علاقة عكسية بين رتبة النهر مع متوسط انحدار النهر وعدد المجاري.

المحاضرة التاسعة

جيومورفولوجية الأودية النهرية

أهمية الأنهار:

الأنهار هي عبارة عن : جريانات مائية قنوية تنتمي إلى أحواض مائية محددة ذات خصائص متباينة(تصريف، طول ،انحدار ،أهمية)، تعتبر الأنهار مصدراً مائياً للشرب والاستعمالات المنزلية لا بل هناك استعمالات أخرى تتمثل بـ

١- مياه ري للزراعة المروية خاصة في الراضي الجافة مما سمح بنشأة الكثير من المشاريع لذا ارتبط التوسع الزراعي بمواقع الأنهار.

٢- مصدراً لصيد الأسماك.

٣- النقل إذ يعتبر أهم وأيسر وأرخص وسائل النقل لسكان الأودية كما الحال في نهر المسيسبي والأمازون والنيل.

٤- إقامة الأنشطة الترفيهية والرياضية والدينية وإقامة مشاريع توليد الطاقة الكهربائية وحدود سياسية بين الدول.

٥- من الناحية العلمية لدراسة متغيرات الموازنة المائية (تساقط وتبخر ونتح وتسرب) ومن الناحية الجيومورفولوجية لتفسير كثيراً من التغيرات البيئية عبر الزمن.

نشأة الأودية والأنهار:

تجري الأنهار في الأودية ولكل نهر وادي فقد يشكل النهر الوادي وقد تتكون الأودية بدون أي جريان ولكن كلاهما (النهر والوادي) يمتدان بشكل طولي من مناطق عليا وهي المنابع وينتهيان بمناطق المصب فقد ينطبق نمط النهر على نمط الوادي في كثيراً من الحالات كأن

يمتد الوادي بشكل مستقيم بينما يتعرج النهر وغالباً ما تكون الأنهار أطول من الأودية والعكس نادراً وقد يهجر النهر واديه أو يختفي كما الحال في الأودية الجافة.

يتعرض النهر لتغيرات في خصائصه عكس الوادي الأكثر ثباتاً واستقراراً في نفس الوقت تعتبر الأنهار أكثر استجابة لتغيرات الأودية كالهبوط والرفع،أما مساحة المقطع العرضي لكل منهما تقتصر على المقطع العرضي المبلل بالماء والتي تحتل أدنى منسوب للوادي فالمقطع العرضي للأودية يعكس الاضطرابات التكتونية والتنوع الصخري والمناخية مما يؤدي إلى عدم انتظام انحداره وتجزئته.

تختلف العمليات الجيومورفولوجية التي تتم على السفوح (انهيارات ،انجراف تربة) عن تلك التي تقوم بها الأنهار(حت ، نقل ، وترسيب) وأن معظم الحمولة الرسوبية للأنهار تصدر عن السفوح.

أسباب تكون الأودية هي:

١- الحركات التكتونية الصدعية.

٢- الحركات التكتونية الالتوائية

٣- الحت الريحي.

٤- الحت المائي.

وفيما يلي بعض التفصيل لهذه الأسباب.

١- الحركات التكتونية الصدعية.

قد تؤدي الحركات التكتونية إلى تكون الأغوار أو أودية غورية أو خوانق فقد ينشأ الغور نتيجة هبوط في الأجزاء الوسطى و/أو ارتفاع الجوانب مع بقاء الأجزاء الوسطى ثابتة والتي تمتاز بالاستقامة وشدة انحدار جوانبها أما قيعانها فهي تشمل الطبوغرافيا الأصلية قبل حدوث

الحركات التكتونية وينتج عن تشكيل الأودية الغورية انقطاع التكوينات الصخرية والحاملة للمياه مما يساعد في نشأة الينابيع أو الشلالات التي تصب في الوادي.

٢- الحركات التكتونية الالتوائية.

تتكون الأودية فعل الحركات التكتونية التي تنتهي بتكوين الحاجز والجبل حيث تتحول المقعرات إلى أودية متوازية والمحدبات إلى حواجز جبلية ويتوقف طول وانحدار جوانب الأودية على شدة واتجاه الحركات التكتونية.

٣- الحت الريحي.

الحت الريحي أحياناً يؤدي إلى تكوين أودية حيثما تتواجد الصخور الضعيفة والتي تتميز بالتشققات والمفاصل التي تزيد من تأثير الرياح فيها وخاصة في الأقاليم الجافة شديدة الرياح قليلة العوائق ذات التربة الرقيقة والغطاء القليل ،تتميز الأودية في الأراضي الجافة بالاستقامة والانحدار الشديد لجوانبها

٤- الحت المائي والانقلاب التضاريسي :

مراحل الجريان القنوي

١- أقنية دقيقة (قليلة العمق وغير منتظمة) ومن ثم

٢- جُديلات مائية (Rills). ومن ثم

٣- جداول(Gallies) ومن ثم

٤- روافد أو أنهار صغيرة ومن ثم

٥- انهار (أقصى مراحل تطور الجريانات)

تعكس هذه الأودية خصائص الأنهار التي قامت بحتها إضافة إلى العوامل البيئية فقد يؤدي الحت المائي إلى أودية عميقة أو عريضة أو متعرجة متباينة الانحدار وغيرها. قد تنشأ الأودية نتيجة عوامل حت أولية تساعد على زيادة التصريف المائي وسرعة الجريان

أسباب تكون الأنهار هما :

١- وجود جريان مائي.

٢- قناة أو وادي.

تتفاوت نسبة التصريف إلى التساقط في الأقاليم المختلفة (نسبة التساقط ٧٦% في التندرا،٩% استبس، ٥%شبه صحراوي).

العوامل المحددة لحجم التغذية المائية للأنهار هي.

١- العوامل المناخية (نوع التساقط،مدته،كميته،تركيزه،فصليته).
٢- العوامل الجيولوجية (حركات تكتونية،نوع الصخر).
٣- العوامل الجيومورفولوجية (خصائص الحوض).
٤- الغطاء النباتي (نوعه ،كثافة).
٥-استعمالات الأرض.

وفيما يلي استعراضاً لبعض التفاصيل :

١- العوامل المناخية: يعتبر نظام التساقط (أ-كمية التصريف. ب- استمرارية التصريف. ج- اختلاف التصريف) العامل المناخي الأهم في تحديد خصائص التدفقات المائية النهرية.

أ- **كمية التصريف**: ترتبط كمية التصريف بنوع وتوزع وزمان ومكان التساقط فالأمطار الغزيرة تؤدي إلى زيادة كمية التصريف لأن التسرب يكون قليل أما إذا كان التساقط ثلجي عندها يكون التصريف قليل بسبب ارتفاع معدلات التسرب.

تركز ألأمطار = (كمية الأمطار ÷ زمن العاصفة).

هناك علاقة طردية بين تركز الأمطار وكمية التصريف والعكس صحيح خاصة إذا ترافق ذلك مع زيادة التبخر.

يختلف التصريف المائي للأقنية تبعاً لمساحة العاصف بالمقارنة مع مساحة الحوض فإذا كانت العاصفة كبيرة والحوض مساحة صغيرة فأنها مساحة الحوض كامل أما إذا كانت العاصفة صغيرة والحوض كبيرة عندها لا تغطي العاصفة كامل الحوض وبالتالي تفاوت التصريف في كلا الحالتين.

ب- **استمرارية التصريف**.تصنف الجريانات المائية من حيث استمرارها إلى دائمة وفصلية ومؤقتة.

الجريانات الدائمة وهي : تلك الجريانات المستمرة الجريان طوال العام والذي ينتشر عادة في الأقاليم الرطبة.

الجريانات الفصلية وهي : تلك المعتمدة على نظام التساقط الفصلي الذي يعقبه فصل جفاف ويعتبر هذا النوع من الجريان الأكثر **انتشاراً**.

الجريانات المؤقتة هي : تلك الجريانات التي تحدث عقب العواصف الماطرة إذ يرتبط زمن الجريان بمدة العاصفة المتراوح بين عدة ساعات إلى بضعة أيام.

ت- **اختلاف التصريف** : يرتبط انتظام التصريف بانتظام التساقط فوق الأحواض بصورة منتظمة على جميع شهور السنة عندها يكون التصريف والعكس صحيح.

٢- العوامل الجيولوجية:

يوجد العديد من العوامل الجيولوجية التي تؤثر في التغذية المائية النهرية :

- اضطراب مناسيب سطح الأرض:الارتفاع التكتوني يؤدي إلى انخفاض الحرارة وزيادة الأمطار والعكس صحيح.
- تقطع الطبقات الصخرية بسبب الحركات الصدعية وانكشاف الطبقات الحاملة للمياه مما يؤدي إلى تفقد الينابيع والشلالات.
- حدوث محدبات تؤثر على حركة المياه الجوفية حسب ميل الطبقات غالباً تستقر المياه على طول محور الطية المقعرة.
- نوعية الصخور المتباينة النفاذية والمسامية تؤثر في معدلات التسرب التي تؤدي انخفاض التصريف السطحي لحساب الجوفي كما في الصخور الجيرية التي يتسرب اليها معظم التساقط أما إذا كانت الصخور قليلة النفاذية فيؤدي إلى انخفاض معدلات التسرب.

٣- لعوامل الجيومورفولوجية :

تتأثر كمية التصريف بالعوامل الجيومورفولوجية وهي :

أ- انحدار

ب-مساحة

ت-شكل

ث-خصائص الشبكة

- علاقة طردية بين الانحدار والتضرس مع التصريف من خلال سرعة الجريان وانخفاض التسرب.
- علاقة طردية بين مساحة الحوض وزيادة الأمطار مع التصريف.
- كلما زادت الكثافة والتكرار ورتبة النهر زاد التصريف المائي.
- الأحواض المستديرة أكثر تصريفاً من المستطيلة.
- الأحواض الممتدة باتجاه العاصفة أعلى تصريفاً من الممتدة عكس العاصفة.

٤- **العوامل النباتية:** يؤثر الغطاء النباتي في التصريف النهري من خلال زيادة معدلات التسرب والتبخر والنتح حيث تعمل أوراق النبات على تلقى الأمطار ثم انسيابها عبر الأغصان ثم السيقان قبل وصولها الأرض ليتكون جريان الساق وكلما زادت كثافة الغطاء،تعمل النباتات على خفض رطوبة التربة في فصل الجفاف من خلال النتح مما يزيد من كمية المياه المتسربة وقت العاصفة على حساب التصريف.

٥- **استعمالات الأرض:**استعمال بري،زراعي،رعوي،عمراني، هيدرولوجي كإقامة سدود،فعملية تغيير الاستعمال تعمل على اضطراب التوازن البيئي في عناصر النظام الحوضي كقطع الغابات التي تزيد كمية التصريف كما أن أعمال البناء أيضاً تزيد من التصريف.

مصادر التغذية المائية النهرية:

١- التغذية المطرية:الأمطار المصدر الرئيس للتصريف النهري وتتفاوت نسبة التغذية من إقليم لآخر(استوائي،صحراوي،شبة جاف).

٢- التغذية الثلجية: الأنهار والتصريف النهري تعتمد على الثلوج بعد ذوبانها.

٣- التغذية الجليدية: الجليد يساهم في رفد الأودية بعد الذوبان صيفاً.

٤- التغذية المختلطة:وهي اشتراك عدة مصادر.

٥- التغذية الصناعية:سدود،خزانات مياه الأمطار،أقنية.

٦- التغذية المستنقعية والبحيرية (بحيرات ومستنقعات).

٧- التغذية بالمياه الباطنية: هذه التغذية مرتبطة بمستوى المياه الجوفية

جيومورفولوجية الأنهار :

الخصائص الجيومورفولوجية التي تعتمد عليها الأنهار في نشاطها :

١-طاقة النهر(Stream Energy).

٢- ٢-كمية التصريف المائي(Stream Discharge).

٣-سرعة النهر (Velocity)

٤-أنواع الجريان(Types of Flow) (غشائي،متهيج).

٥- شكل المجرى المائي (Channel Shape).

٦- نمط النهر (Stream Pattern) (مستقيم ،متعرج،متشعب).

٧- انحدار الأنهار(Slope of Streams).

٨- نشاط الأنهار (Stream Work) (حت،نقل ،ترسيب).

الشرح لهذه الأقسام :

١- طاقة النهر(Stream Energy).

ترتبط عمليات الحت والنقل والترسيب بفعل الأنهار ونشاطها الجيومورفولوجي بما يسمى بطاقة النهر بنوعيها الكامنة والحركية،إذ أن الاحتكاك بين بين جزيئات الماء والمقطع العرض للمجرى يقلل من الطاقة الحركية بسبب خصائص القناة نفسها (خشونة، استقامة) وما

يبقى من طاقة تكون محدودة تستعمل في نشاط النهر من حت ونقل وترسيب والتي تقدر بـ ٥% ولكن هذه الطاقة قد تتزايد حال انخفاض طاقة الأحتكاك .

الطاقة الكامنة للنهر= وزن X الارتفاع

الطاقة الحركية = ١/٢حجم الماء X مربع سرعة الماء.

لكن تعتمد الكلية للنهر على عوامل عدة هي (١)سرعة الجريان.(٢) الانحدار(٣) كمية المياه ولزوجته(٤)طبيعة المقطع العرضي للنهر .

٢- كمية التصريف المائي(Stream Discharge)

التصريف النهري يتكون من كمية المياه المتوفرة في وحدة زمنية معينة وموقع محدد م^3/ث

كمية التصريف = مساحة المفطع العرضي للقناة X معدل سرعة النهر عند هذا المقطع.

كمية التصريف النهري هي : انعكاس للظروف البيئية السائدة في الحوض مثل (كمية الأمطار،توزعها،معدل التسرب،الغطاء النباتي،نوعية الصخور) مع الأخذ بعين الإعتبار هذه العوامل أنها متفاوتة من نهر لآخر.يجب التأكيد على أن سرعة الجريان هي العامل المؤثر الأكثر في كمية التصريف أكثر من المقطع العرضي للقناه.

سرعة الجريان ترتبط بدرجة الانحدار بعلاقة طردية لكن كمية التصريف ترتبط بتناقص الانحدار بسبب تجمع المياه السطحية المنقولة من الروافد باتجاه المصب التي عندها تتدنى السرعة وتزداد الحمولة أي علاقة طردية بين التصريف والحمولة.

٣- سرعة النهر (Velocity)

العوامل التي تعتمد عليها سرعة المياه في الأقنية المكشوفة متعددة منها :

١- درجة الانحدار

٢- عمق المياه

٣- خشونة القاع.

معدل سرعة الماء = معامل ثابت X الجذر ألتربيعي لنصف القطر المائي X الانحدار (معامل تشينزي)

تختلف سرعة الجريان من مكان لآخر ومن مقطع لآخر حيث الحقائق التالية

- تكون سرعة الجريان عند السرير صفراً وتزداد هذه السرعة مع الارتفاع عن السرير كما أن متوسط السرعة في وسط القناة.
- تنخفض سرعة الجريان بالاتجاه نحو الجوانب وترتفع وسط المجرى.
- تتباين السرعة على طول المقطع الطولي للنهر التي تتناقص باتجاه المصب وذلك مع تناقص الانحدار وزيادة الحمولة.

اتجاهات سرعة الجريان هي :

١- رأسي (البعد عن السرير) ٢٠- عرضي. ٣- طولي. ٤- زماني.

٤- أنواع الجريان (Types of Flow) .

تصنف أنواع الجريانات حسب طبيعة حركة الجزيئات إلى :

أ- **الجريان الغشائي**:وهو ذلك الجريان الذي يتكون من غشاء رقيق من الماء يجري فوق أقنية ملتصقة بسطح الأرض الخالي من التضرس والذي يتكون هذا الجريان بعد زخات المطر الأولى في الأجزاء العليا من الحوض.

ب- **الجريان المتهيج**:وهو الجريان الذي يتكون عند زيادة كمية الجريان ودرجة الانحدار وخشونة السطح والذي يمتاز بحركة دوامية غير منتظمة ويقسم الجريان المتهيج إلى نوعين هما المتدفق والشلالي مع التأكيد على أن عمق وسرعة الجريان هي التي تحدد نوعية الجريان المتهيج.

٤-**شكل المجرى المائي (Channel Shape)**. شكل المجرى = عرض المجرى / عمق المجرى

كلما انخفضت قيمة شكل المجرى كلما دل على أن عمقه أكبر من عرضة وتدل زيادة العمق على ضيق النهر عندها يزداد التصريف كما أن شكل الحوض يشير إلى نوعية الصخور أو التربة وبشكل عام يزداد العرض على حساب العمق.

تأخذ المقاطع العرضية للأنهار أشكال مختلفة فمنها الضيق ذا الضفاف شديدة الانحدار شكل U (مرحلة الشباب) .

ومنها واسع وضفاف أقل انحداراً شكل V (مرحلة النضج) ويعتبر هذا الشكل هو نتاج تفاعل الظروالمناخية مع التضرس مع نوع الصخر مع البناء الجيولوجي فمثلا الأنهار في الأقاليم الاستوائية تكون عميقة وضيقة بسبب كثافة الغطاء النباتي.

قيمة شكل المجرى ترتفع في الصخور الضعيفة وتنخفض في الصخور الصلبة.

قيمة شكل المجرى ترتفع في المنحدرات المعتدلة وتنخفض في المنحدرات السحيقة.

قيمة شكل المجرى ترتفع باتجاه المصب وتنخفض في المنابع.

المحاضرة العاشرة

جيومورفولوجية الأنهار:

- **نشاط الأنهار(حت ، نقل ، ترسيب).**
- **مظاهر الحت والترسيب النهري.**

نشاط الأنهار هي تلك الأوجه المختلفة من النشاطات التي تقوم بها الأنهار وذالك من خلال الأتي :

(حت Erosion، نقل Transportation، ترسيب Deposition)

أنواع الحت وهي :

١- الحت الكيميائي Corrosion:

الذي يتم من خلال تحلل أو ذوبان مواد صخرية أو معدنية بفعل المياه كما في صدأ الحديد أو بعض أشكال الحت الساحلي في الصخور الجيرية أو أي عملية نشاط كيميائي.

٢- الحت الآلي Corrosion :

هي تآكل سطح الأرض ميكانيكياً من خلال المواد التي يحملها النهر والذي قد يكون بشكل رأسي فيعمق النهر.

٣- الكشط : وهي تآكل سطح الصخور بفعل الماء الجاري وما تحمله.

٤- الحفر Evorsion : وهي ما ينتج من قص بواسطة الحركات الدوامية بدون استخدام المواد الرسوبية.

٥- الاقتلاع المائي : وهي إزالة المواد المفتتة بفعل تباين الضغط المائي عل الصخور.

عمليات الحت لا تتم إلا بتوفر ظروف معينة مثل :

١- العمق

٢- والانحدار

والتي تتوفر بعيدةً عن خط تقسيم المياه المتفاوت العرض بسبب تباين الحت التراجعي في المراتب الدنيا من المجاري ولكن في المجاري الوسطى يزداد النشاط الحتي Active Erosion أما في الأجزاء الدنيا من النهر تمثل نطاق الترسيب للحمولة.

خصائص الماء الجاري التي يعتمد عليها النشاط الحتي المائي هي :

أ- القوة الحتية Eroding Force : التي **تعتمد على وزن وعمق الماء وزاوية الانحدار**

ب- السرعة الحتية Erosion Velocity : وهي السرعة الحرجة أو أدنى سرعة للماء الجاري تبدأ عندها حبيبات الرواسب بالتحرك مع العلم بأن السرعة الحتية اللازمة لجرف

المواد الرملية أدنى من السرعة اللازمة لجرف الغرين أو المواد الحصوية وأن السرعة الحتية تزيد مع تزايد حجم الرواسب .

نقل الرواسب :

قوة الجر الحرجة : هي تلك القوة اللازمة لإزالة المواد المفتتة من أماكنها في الماء.(تتناسب قوة الجر الحرجة تناسباً طردياً مع حجم الحبيبات).

إن الرواسب تتحرك حتى لو كانت سرعة النهر منخفضة في حالة توفر العمق والانحدار،كما أن الرواسب صغيرة الحجم تنقل في الماء بحد حرج من العمق والانحدار ففي المنحدرات الدنيا من نهر النيل تزداد كمية الرواسب الناعمة العالقة رغم تناقص الانحدار.

طرق نقل الرواسب النهرية هي :

١- الانزلاق Sliding **٢- التدحرج Rolling**

٣- القفز Saltation **٤- التعلق Suspension**

تعتمد طريقة النقل على شكل وحجم الرواسب وعمق وسرعة الماء فمثلاً الغرين والطين تنقل بالتعلق أما الرواسب الكبيرة كالجلاميد والحصى تنقل بالانزلاق أو بالتدحرج إذا كانت مستديرة الشكل أما الرواسب الرملية فإنها تنقل غالباً بالقفز.

أنواع الحمولة حسب طرق نقلها هي :

١- الحمولة الذائبة Dissolved Load :

تتكون هذه الحمولة من المواد الصخرية والمركبات الناتجة عن عملية الذوبان الصخور والمعادن وتزداد كمية الحمولة الذائبة في البيئات الذائبة المنخفضة التضرس التي تعرضت طويلاً للحت والتجوية وقد تصل نسبتها إلى ٩٩% من حمولة النهر ولكن تنخفض هذه الحمولة في البيئات الجافة التي تنخفض فيها عمليات التحلل الكيميائي.

٢- الحمولة العالقة:

وهي الحمولة المكونة من الغرين والطين حيث ترتفع نسبتها على نسبة المواد الذائبة ويختلف توزع الحمولة العالقة في المقطع العرضي حسب العمق حيث تتركز أكبر حمولة عند السرير مع التناقص نحو السطح وقد تزداد الحمولة العالقة مع زيادة التصريف المائي للأنهار.

٣- الحمولة السريرية:

تتكون من الرواسب كبيرة الأحجام التي تنقل بالتدحرج أو الانزلاق وتنقل الرواسب المستديرة الشكل بسهولة أكثر من مسطحة الشكل كما أن حمولة النهر السريرية تعتمد على سعة النهر(أكبر كمية من الحصى بحجم معين يستطيع النهر أن ينقلها) وكفاءته(وزن أكبر كتلة صخرية يمكن أن ينقلها النهر) يمكن القول أن هناك علاقة بين طردية بين الانحدار والتصريف مع السعة النهرية وأن هناك علاقة عكسية بين تشابه الرواسب والسعة.

الترسيب النهري :

يحدث الترسيب إذا توفرت الشروط الأتية :

(**١**) زادت الحمولة عن السعة

(**٢**) زاد حجم الرواسب عن الكفاءة

تحدث عملية الترسيب بشكل تدريجي حسب :

(١) حجم الرواسب وتناقص

(٢) الإنحدار

(٣) والتصريف

(٤) وسرعة الجريان

فأول ما ترسب الحمولة الكبيرة الحجم ثم الأصغر فالأصغر إلى أن تصل إلى المصب والسرعة التي تترسب عندها الرواسب بسرعة الإستقرار.

تتأثر سرعة الإستقرار للرواسب بـ :

(١) شكل

(٢) وحجم

(٣) ووزن الرواسب

(٤) وحرارة

(٥) ولزوجة بيئة الترسيب

تنتج الأنهار أشكال حتية وأخرى ارسابية على طول المجرى والتي تختلف من نهر لآخر ومن وقت لآخر **ولكن بشكل عام فإن الأجزاء العليا والوسطى من الأنهار تسودها مظاهر الحت أما الأجزاء الدنيا فيسودها الترسيب** حيث تتطور إشكال الحت فوق المكاشف التي تخضع للحت أما الترسيب فيتطور بفعل تجمع الرواسب بأشكال وأحجام مختلفة والأنهار تميل إلى أيجاد حالة التوازن بين نشاط الحت والترسيب أي أن كمية المواد المنحوتة تساوي ككمية المواد المترسبة.

مظاهر الحت والترسيب :

ر الحت النهري	ر الترسيب النهري
ية وشبكة الأقنية المائية	ح الفيضية والبهادا
طب النهرية	ات النهرية.
ف،الكوستيا،الميزا،الشاهد.	ات المروحية
ات الصخرية	ول الفيضية
ضي الوعرة.	ان الصحراوية
لاب التضاريسي.	

وفيما يلي شرحاً مفصلاً لهذه المظاهر :

١- الأودية وشبكة الأقنية المائية :

المياه الجارية هي العامل الرئيس في نشأة الأقنية والأودية والتي تتكون بعد تكون الجريان المتهيج الذي تحول عن الجريان الغشائي التي تزداد فعاليتها مع تزايد كمية التصريف والانحدار وسرعة الجريان وتتطور رتبة المجاري من الروافد إلى المجرى الرئيس الأعلى رتبة ويمارس الجريان عمليات الحت الرأسي والجانبي وغالباً ما تعكس الأقنية والأودية التي تنشأ بفعل الأنهار خصائصها وكذلك الخصائص الحوضية والبيئية العامة **ويمكن إيجاز أهم الدلالات القنوية النهرية وهي:**

- حدد اتجاه الحت المائي معامل شكل القناة والوادي فألحت الرأسي يؤدي إلى تعميق المجرى أما الحت الجانبي فيوسع المجرى.
- يؤثر انحدار النهر وكمية التصريف المائي على نمط الوادي فقد يلجأ إلى تعرج مجراه عندما لا يتناسب انحداره مع التصريف مثلاً
- قد يهجر النهر مجراه القديم ويكون مجرى جديد نتيجة وجود البحيرات أو زحزحة صدعية جانبية عند المصب.
- قد يعمق النهر مجراه فيؤدي إلى تكون مصاطب صخرية أو رسوبية.
- تفرض الخصائص الصخرية للوادي انتظام أو تجزؤ الانحدار النهري.
- غالباً ما تكون الأنهار أكثر طولاً وأقل انحدار من أوديتها.
- حمولة الأنهار تكون من عمليات الحت في سرير وجوانب الوادي.
- تتصف الأودية بالاستمرارية والديمومة بعد تشكلها عكس التصريف المائي المتأثر بالتغيرات المناخية.

٢- المصاطب النهرية Stream Terraces :

قد يتعرض سرير النهر لحت رأسي بسبب هبوط تكتوني أو تغير مستوى الأساس ومع استمرار التعميق تنكشف نطاقات صخرية أو رسوبية على طول المجرى لتكون المصاطب (فالمصاطب الصخرية تتكون نتيجة تعميق النهر في الطبقات الصخرية المتتالية أما المصاطب الرسوبية فتتكون من تعميق النهر في سهله الفيضي).

بسبب الهبوط التكتوني في بيئة المصب تعمل على تصابي عمليات الحت الرأسي بحيث تمكن النهر من تعميق مجراه مكوناً عدداً من المصاطب مع تعاقب المناخ الجاف والرطب تتطور المصاطب النهرية إثر كل عملية تعميق ويمكن تمييز هذه المصاطب حسب نشأتها إلى مجموعتين هما أ- مصاطب الذبذبات المناخية والمرتبطة بتعاقب الحت والترسيب والتي تكون متناظرة. ب- مصاطب تكتونية (توالي الرفع والهبوط التكتوني).

٣- الجروف،الكويستا،الميزا،الشاهد :

يرتبط وجود الجروف بطبقات صخرية سميكة ومقاومة المنتشرة على طول المجرى التي تؤدي لتكون شلالات أو أودية المعلقة.

الكويستا هي عبارة عن مكاشف طبقات صخرية أحادية الميل تتعرض أجزائها العليا إلى حت رأسي وجانبي تؤدي لتطور منحدر سحيق على أحد جانبي النهر.

الميزا أو الموائد الصحراوية وهي عبارة عن هضاب صخرية متقطعة بفعل الحت الماء تتميز باستواء السطح وانحدار شديد للجوانب أما الشاهد فهو يمثل مرحلة متقدمة من الميزات المتأثرة بالحت المائي.

٤- العتبات الصخرية Pediments :

عبارة عن شكل ممتد على شكل رصيف صخري متسع نسبياً الواقع أسفل مقدمة السفوح التلية التي تتحول من منحدرات سحيقة إلى معتدلة بشكل مفاجئ بانحدار (٣ ـ ٤) درجة وقد يصل من ثلث درجة ١٠ درجات متخذة الشكل المقعر والمنتشرة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة.

قد تحيط بالعتبات الصخرية الكتل الجبلية المتطورة عنها لتشكل طوقاً يستمر في التطور على حساب الكتل الجبلية لتتحول في النهاية إلى مجموعة من التلال الصخرية القبابية أو الانسلبرغ.

طرق الحت المائي التي تتكون من خلالها العتبات الصخرية هي :

١- الحت التراجعي للمنحدرات.

٢- الحت الرأسي للمنحدرات.

٣- الحت الجانبي للأنهار.

٤- الحت الجديلي.

٥- الحت الطبقي.

٦- إضافة إلى عمليات التجوية.

٥- الأراضي الوعرة :

هي أحد أنواع الطبوغرافيا التي تعرضت لعوامل التعرية المائية الناتج عن زيادة الجريان المائي مع ضعف التكوينات التي تكون في الغالب رواسب هشة غير متماسكة عندها يتحول السطح إلى سلسلة من الأقنية والروابي والمسلات والأعمدة غير المنتظمة.

٦- الانقلاب التضاريسي :

هي عملية تحول الأراضي المرتفعة إلى منخفضة وبالعكس نتيجة عمليات جيومورفولوجية (حت مائي) **وتحدث هذه العملية بحالتين هما :**

أ- وجود محدبات صخرية تتميز بـ

١. ضعف نطاق قمة المحدب والمنتشر بها الشقوق والمفاصل

٢. ضعف مركز المحدب

٣. استمرار عمليات التجوية في المكاشف الصخرية

٤. ظروف مناخية رطبة هذه المميزات من شأنها أن تحول قمم المحدبات إلى أحواض صخرية منخفضة

ب- وجود تكوينات صخرية متفاوتة الصلابة : بحيث تكون الأجزاء المرتفعة أقل صلابة من الأراضي المنخفضة.

المحاضرة الحادية عشرة

أشكال الأرض الريحية Aeolian Landforms :

ملاءمة الأراضي الجافة للجيومورفولوجيا الريحية.

الجيومورفولوجية الريحية.

ملاءمة الأراضي الجافة للجيومورفولوجيا الريحية :

الجيومورفولوجيا الريحية يقصد بها أشكال الأرض والعمليات الجيومورفولوجية الناتجة عن فعل الرياح على الرغم من انتشار تأثير فعل الرياح في أقاليم مختلفة إلا أن تأثيرها يبدو أكثر وضوحاً في الأقاليم الجافة .

والتي تمتاز بعدد خصائص منها :

أ- - غياب أو ضعف معظم العوامل والعمليات الجيومورفولوجية الأخرى (انهار،أمواج) فمثلا تعتبر الأنهار محدودة الانتشار التي يقل تأثيرها بسبب انخفاض معدلات التساقط وان وجدت الأنهار فإنها تتعرض لفقدان بالتسرب والتبخر أما الأمواج والتيارات فتأثيرها يقتصر على سواحل الأراضي الجافة،بالمقابل يلعب نوع الصخر دوراً في تحديد المعالم الجيومورفولوجية للأراضي الجافة .

ب– وجود ظروف في الأراضي الجافة تفعل نشاط الرياح منها (استواء السطح،تفكك المواد الصخرية،قلة الغطاء النباتي،الامتداد المساحي).

تمتاز الأراضي الجافة بالاستواء وقلة الحواجز وقلة الوعورة وإذا وجدت أحيانا فتأثيرها في نشاط الرياح قليل كما هو الحال في صحاري آسيا وأفريقيا المستوية والخالية من المناطق المرتفعة على التوالي فهذه المميزات تزيد من تأثير الرياح وسيادة اتجاهها.

لكن المواد الصخرية الخاضعة لفعل الرياح تكون مفككة خشنة بسبب التجوية الميكانيكية ومع انخفاض الرطوبة وقلة الغطاء النباتي تزداد الفاعلية للحت والنقل إذ يقدر أن(٢٥- ٣٠%) من الصحراء رمال مفككة.

الامتداد المساحي فيعني استمرار الجفاف لمساحات واسعة ووجود ضمن الموقع القاري البعيد عن المؤثرات البحرية فيزداد تأثير الرياح.

ت– قابلية الأراضي الجافة لفعل الرياح

هناك عدداً من الخصائص للصحاري تساعد على زيادة قابلية فعل الرياح هي :

١- **انكشاف السطح:** تعتبر الأراضي الجافة معراة السطح من أي تجمع إرسابي أو تربة مع وجود بعض النباتات أحياناً مما يعرض المكاشف الصخرية للإشعاع الشمسي مباشرة وبسبب اختلاف التراكيب الصخرية يؤدي إلى تباين الإشعاع الأرضي،وأن انكشاف التكوينات الصخرية يحرمها من الرطوبة.

٢- **هشاشة المكاشف الصخرية:** التفاوت الشديد الذي تعرضت لها الأراضي الجافة من الرطوبة العالية إلى الجفاف الحاد أدى ذلك لتعرضها لعمليات الحت والهدم الذي ينتج عنها انكشاف تكوينات أقدم بدليل انتشار الكثير من الأشكال مثل التلال المنعزلة

والسهول الصخرية وغيرها وتتميز التكوينات الصخرية السطحية بهشاشة بسبب قلة المواد اللاحمة الناتجة.

٣- **وفرة المواد الجاهزة لفعل الرياح:** تمارس الرياح نشاطها على الفتات المختلف الأحجام والمفككة عادة إذ تعتبر الأراضي الجافة مصدراً رئيساً لحمولة الرياح الناتجة عن عمليات التجوية.

الجيومورفولوجيا الريحية :

ترتبط أشكال الأرض والعمليات الجيومورفولوجية الناتجة عن فعل الرياح بالعوامل التالية:

أ- **خصائص الرياح:** الرياح عبارة عن هواء متدفق بسبب اختلاف الضغط الجوي بين المواقع المتجاورة إذ ينتقل الهواء من مكان الضغط المرتفع إلى المنخفض وهناك علاقة طردية بين تباين الضغط وسرعة الرياح وتحدد مواقع الضغوط اتجاهات الرياح

تختلف الرياح عن المياه بجملة من الخصائص منها :

١- تعتبر الرياح أقل كثافة ولزوجة من المياه الجارية.

٢- يعتبر فعل المياه محدود الانتشار(أقنية،أودية) أما الرياح فتأثيرها يشمل جميع المساحات التي تعبرها.

٣-قد تصل الرياح لسرعات متطرفة عالية (٨٠٠كم/الساعة في الترنادو) أما الأنهار فسرعتها تتحدد من الانحدار أو التصريف.

٤- نقل الأنهار رواسب متباينة الحجم من الغرين إلى الجلاميد أما الرياح فلا تنقل إلا الأحجام الصغيرة.

٥- تحدث العوائق النباتية تهيجاً ريحيا أكثر من الماء.

خصائص الرياح التي يعتمد عليها دورها الجيومورفولوجي هي :

١- نوعية الرياح

٢- سرعتها

٣- حمولتها

٤- حرارتها

٥- اتجاهها

٦- المسافة التي تقطعها.

أنواع الرياح السائدة في الأقاليم الجافة:

أ- الرياح التجارية

ب- الرياح المحلية ---- وتقسم إلى :

١-الخماسين

٢-السموم

٣-القبلى

٤ – السيروكو

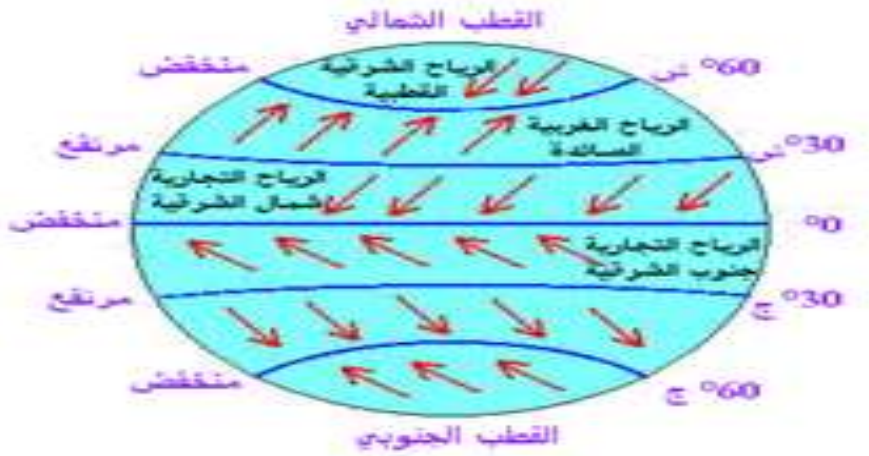
٥ – الهرمتان

٦ – السانتاآنا

وفيما يلي شرحاً لهذه الأنواع :

أ– الرياح التجارية.

وهي أحد أنواع الرياح الدائمة الحارة التي تهب من نطاق الضغط المرتفع المداري باتجاه الضغط المنخفض الاستوائي ويختلف تأثيرها حسب موقعها فمثلا الرياح التجارية التي تهب على السواحل الشرق للقارات تكون محملة بالرطوبة بسبب مرورها فوق المسطحات المائية أما التي تهب غرب القارات فتكون جافة ومحملة بالغبار بسبب مرورها فوق المساحات
القارية.



الرياح المحلية :

وهي أحد أنواع الرياح التي تنشأ في الأقاليم الجافة التي تعتمد في بقاءها على المنخفضات الجوية
.

والتي تقسم إلى :

١- رياح الخماسين :

- حارة.
- جافة.
- تنشأ في الربيع
- تهب في الصحراء الكبرى.
- سرعتها (٥٠ ـ ٨٠كم /الساعة).
- قد تسبب الحرائق.

٢- رياح السموم :

- حارة.
- محملة بالاتربة.
- تنشأ في الربيع.
- تهب فوق صحاري الجزيرة العربية.

٣- رياح القبلي :

- حارة
- تنشأ في الربيع
- تهب في الصحراء الكبرى
- تشبه رياح الخماسين والسموم

٤- رياح السيركو :

- تهب في الصحراء الكبرى بإتجاه المناطق الساحلية

٥- رياح الهرتمان :

- جافة
- محملة بالأتربة
- تهب في الربيع والشتاء

٦- رياح اليانتانا :

- جافة
- حارة
- محملة بالأتربة والغبار

تمارس الرياح دورها الجيومورفولوجي من خلال الخصائص التالية :

أ- التهيج الريحي:

يمكن أن ينتقل الهواء بالتدفق الغشائي بسرعة منخفضة جداً وعلى شكل طبقات قليلة السمك ومع تزايد السرعة تضطرب طبقات الهواء وتأخذ بالتحرك باتجاهات جانبية بسرعة متباينة وتحدد طبيعة حركة الهواء (غشائية أو متهيجة) بواسطة رقم رينالدوالذي يعبر عن النسبة بين القصور الذاتي ومقاومة حركة الهواء،فاذا كان رقم رينالد مرتفعاً وسادت القصور أصبح الهواء متهيجاً.

إن تهيج ودوامية الرياح نحو الأعلى تتزايد مع تزايد سرعة الرياح فكلما زادت سرعة الرياح زادت الحركة الدوامية الرأسية للهواء

ب- سرعة الرياح :

تختلف سرعة الرياح باختلاف الضغط الجوي وعادة تهب الرياح من مراكز الضغط الجوي المرتفع إلى الضغط المنخفض بعكس عقارب الساعة في النصف الشمالي من الكرة ومع عقارب الساعة في النصف الجنوبي وكلما زاد عمق وتحدُر المنخفض الجوي وقلت المساحة ازدادت سرعة الرياح كما هو الحال في أعاصير الترنادو التي تصل سرعتها إلى ٨٠٠كم/ الساعة.

العوامل التي تحدد سرعة الرياح في الأقاليم الجافة هي :

١- عمق المنخفضات الجوية الصحراوية ومدى ارتفاع الضغط الجوي حيث أن الضغط الجوي المرتفع المداري الدائم يدفع بالرياح التجارية باتجاه نطاق الضغط المنخفض الاستوائي مسبباً الجفاف غرب القارات ،أما انخفاض الضغط داخل القارات وارتفاعة فوق البحار صيفاً يدفع بالرياح الموسمية أو الباردة إلى عمق القارات ولكن بعد أن تفقد معظم رطوبتها بسبب بعد المسافة والاحتكاك بالسطح والعوائق التضاريسية.

٢- تباين الضغط الجوي داخل الصحاري والمرتبط بالطبوغرافيا المحلية ونوعية مواد السطح وكلما زاد التباين زادت سرعة الرياح بين المناطق المتجاورة.

٣- خشونة السطح: تتأثر سرعة الرياح بوجود الحواجز الطبوغرافية والنباتية التي تقلل من سرعة الرياح.

٤- حمولة الرياح من الرطوبة أو المواد الرسوبية: حيث أن هناك علاقة عكسية بين الحمولة وسرعة الرياح.

٥- المسافة:هناك علاقة عكسية بين المسافة المقطوعة وسرعة الرياح أي أنه كلما زادت المسافة التي تقطعها الرياح كلما انخفضت سرعتها وذلك لأسباب الاحتكاك أو زيادة الحمولة أو بسبب وصولها مناطق ضغط جوي منخفض.

٦- الارتفاع عن سطح الأرض:

هناك علاقة طردية بين سرعة الرياح وتزايد الارتفاع أي أنه كلما ارتفعت الرياح **كلما زادت سرعتها التي تبدأ من الصفر عند السطح ثم تأخذ بالتزايد مع الارتفاع وذلك بسبب :**

(أ) تناقص عامل الخشونة

(ب) تأثر السرعة بخصائص الهواء نفسه

تحدد سرعة الرياح : حجم وكمية وطريقة نقل الرواسب من خلال العلاقة بالجوانب التالية :

(١) **سرعة الجر الحرجة**

(٢) **نقل الرواسب الريحية**

تنقل الرواسب نتيجة تعرضها لثلاثة أنواع من الضغوط هي :

١- ضغط ناتج عن سرعة الرياح في مقدمة الرمال فيؤدي لجرها.

٢- ضغط ناتج عن اللزوجة أو مقاومة الحركة باتجاه معاكس لاتجاه الرياح.

٣- ضغط ثابت فوق سطح الرمال ويعمل على مقاومة حركتها.

يتم جر الرمال نتيجة اختلاف الضغوط التي تتعرض لها،أما رفعها فيتم نتيجة تناقص الضغط الواقع على سطحها العلوي وترتفع الرمال بشكل عمودي إلى حد تكون فيه سرعة الرياح أكبر عندها تتحرك بشكل أفقي وتسقط على الأرض بتأثير الجاذبية وهكذا.

عتبة التدفق (Fluid Threshold): هي السرعة التي تبدأ عندها الحبيبات الرسوبية بالتحرك

ويتم حسابها من القانون التالي :

$$U^*t = A \frac{ó - p}{p} g D$$

U^*t سرعة الجر الحرجة

ó الجاذبية النوعية للحبيبات الرسوبية

p الجاذبية النوعية للهواء

g ثابت الجاذبية

D حجم الحبيبة A رقم يحدده حجم الرواسب

هناك علاقة طردية بين أحجام الرواسب التي يزيد حجمها عن ٠،١ ملم وعتبة التدفق أي أنه كلما زاد حجم الرواسب كلما زادت عتبة التدفق ولكن هذه العلاقة تصبح عكسية إذا كانت أحجام الرواسب أقل من ٠،١.

يؤدي سقوط الحبيبات الرسوبية المتحركة واصطدامها بغيرها عند سطح الأرض بسرعة أقل مما كانت علية أثناء الحركة وهي مرتفعة عن سطح الأرض أي سرعة حرجة جديدة تسمى سرعة الارتطام وبذلك تكون دائماً عتبة الارتطام أقل من عتبة التدفق .

يمكن التعرف على عتبة الارتطام من خلال المعادلة التالية :

$$U^*t = ٦٨٠ \quad d \quad \log 30\, d$$

U*t سرعة الرياح الحرجة. **d** حجم الحبيبات

السرعة الحرجة تكون عادة أدنى سرعة للرياح تحتاجها عملية رفع الحبيبات من سطح الأرض وتختلف هذه السرعة باختلاف حجم الحبيبات **أي أن هناك علاقة طردية بين حجم الحبيبات والسرعة الحرجة اللازمة** بمعنى كلما زاد حجم حبيبات التربة كلما كانت السرعة الحرجة أكبر.

تتأثر السرعة الحرجة عدا حجم الرواسب بعدة عوامل هي :

١- حجم الرواسب. ٢- شكل الرواسب.

٣- تماسك الرواسب

(مواد عضوية،طينية).

عند توفر السرعة الحرجة للرياح والمتناسبة مع أحجام الرواسب تبدأ تلك الرواسب بالتحرك بأحد الطرق التالية:

١- التعلق Suspension.

٢- القفز Saltation.

٣- الزحف Creeping.

وفيما يلي تفصيلاً لهذه الأنواع من تحرك الرواسب.

١- التعلق Suspension :

تنتقل الرواسب ذات الحجم(٦٠ ـ ٨٠)ميكرون (الميكرون ١/١٠٠٠ملم) بالتعلق كالغبار والمواد المعدنية والعضوية الخفيفة مع استمرار بقاء هذه المواد بالهواء مع بقاء سرعة الرياح أعلى من سرعة استقرارها وقد يبلغ ارتفاع الغبار ٢٠٠ ـ ٢٥٠٠ متر وبسرعة
٢٠ م/ث على شك عواصف غبارية Dust Storms التي تقلل من مدى الرؤيا وتلحق أضراراً كبيرة.

٢- القفز Saltatio.

تشمل عملية القفز الرواسب التي تتراوح في الحجم (٠،١ ـ ٠،٦)ملم وتتزايد نسبة الحمولة القافزة مع تناقص الأحجام أي أن هناك علاقة عكسية بين حجم الحمولة القافزة مع كميتها والتي يتم نقلها بمراحل تبدأ اولاً بالارتفاع عن السطح عندما تكون سرعتها صفراً وبشكل عمودي لتقفز مسافات قصيرة وتسقط بسبب الوزن وتختلف مسافة الارتفاع حسب كمية الرمال وسرعة الرياح والتي قد تصل إلى ارتفاع مترين وبشكل عام فإن ٩٠% من الجمولة القافزة تنقل في ارتفاعات تقل عن ٨٧ سم كما نشاهد في الأشكال التالية

٣- الزحف Creeping.

تقدر الحمولة التي تنقل بطريقة الزحف بربع الحمولة الريحية التت تتراوح أحجامها (٠،٥ ـ ٢) ملم وتزحف الرمال على السطح من خلال التدحرج أو اصطدامها الحبيبات الساقطة على السطح.

يمثل الحت الريحي مختلف العمليات التي تؤدي إلى إزالة الرواسب المفككة من أماكنها لمسافات متباينة ويشمل الكشط والتذرية .

المحاضرة الثانية عشرة

أشكال الأرض الريحية Aeolian Landforms

مظاهر الحت الريحي :

تتباين الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات الحت الريحي في خصائصها حيث تنتشر العديد من الأشكال الريحية منها :

أ- الحماد أو الرق

ب-الحصى الهندسي

ت-القدور اللولبية

ث-القيعان الصحراوية

ج-الصخور الارتكازية

أ– الحماد أو الرق Pavement : (أحد الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات الحت الريحي)

وهي أسطح حصوية معتدلة الانحدار تتكون من طبقة أو طبقتين من الحصى بسمك سنتمترات إلى أمتار المتوضعة فوق الرواسب الناعمة .

<u>ويمتاز الحماد بـ</u>

(١) الحصى متناسق في الشكل والحجم.

(٢) داكن اللون

(٣) ناعم السطح.

(٤) الحصى متلاصق مع بعضة البعض مما لا يسمح بتسرب الماء للأسفل.

يرتبط انتشار الحماد في الأراضي الجافة بعمليات التجوية والترسيب النهري والحت الريحي وأنواع الصخور وظروف المناخ إذ يبرز تأثير هذه العوامل من خلال تفسير تطور أسطح الحماد(البادية الشمالية والوسطى بالأردن) كما تم الربط بين نشأة الحماد وبين عمليات تركيز رسوبي كما هو الحال بالنسبة للرواسب الفيضية في المسطحات الطينية أو القيعان الصحراوية بفعل تعاقب الترطيب والتجفيف والتجمد والإذابة ففي حالة الترطيب تحدث عملية زيادة الحجم ترتفع هذه التكوينات لأعلى أما عند التجفيف تحدث عملية الانكماش أو تقلص الحجم فان المنسوب للمواد الطينية فقط تنخفض مع بقاء المواد الحصوية أو كبيرة الحجم محافظة على منسوبها وهكذا ومع استمرار العملية يتكون في النهاية **ما يسمى بالحماد**.

ب- **الحصى الهندسي Ventifacts** : (أحد الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات الحت الريحي) هي تلك الحصى المتباينة الشكل والحجم التي تحولت أسطحة الأصلية إلى أسطح مكشوطة بفعل حمولة الرياح (العالقة والقافزة) تحديداً حيث يتطور الحصى الهندسي من أنواع مختلفة من الصخور كالبازلت والغرانيت والطفل والجير وغيرها والتي تمتاز بالضعف وكثرة الشقوق والمفاصل.

العوامل المؤثرة في تطوير الحصى الهندسي :

١- **اتجاه الرياح،وميل سطح الحصى** : هو ما يحدد مساحة سطح الحصى المعرض للكشط فإذا هبت الرياح باتجاه واحد وكانت مساحة الحصى إلى ارتفاعه عالية تحول الحصى إلى الشكل المسطح أو المحدب أما إذا هبت الرياح من جميع الاتجاهات تصبح الحصى غير مستقرة عنده تتدحرج وتتطور إلى حصى متعددة الأوجه أما إذا كانت جلاميد لا تستطيع الرياح أن تنقلها وكان سطحها متباين الكشط المواجة للرياح عندها تتكون حفر وحزوز ضيقة

والتي قد تتسع وبذلك تتضمن عمليات الكشط الصقل والحفر والتحزيز أو التسنين وأن أي تغيير في اتجاه الرياح يغير من شكل الحصى الهندسي مع الاحتفاظ بالشكل الأصلي.

٢- خصائص المواد الكاشطة (الحجم ، الزاوية ، التركيب المعدني) .

٣- زاوية تصادم مواد الكشط بأسطح الحصى.

٤- نوعية الحركة (القفز ، التعلق).

٥- خشونة السطح.

ت – القدور اللولبية الريحية Yardangs:(أحد الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات الحت الريحي)

هي أشكال أرضية ناتجة عن فعل (كشط)الرياح ذات شكل مستطيل تمتد مع اتجاه الرياح التي تشبه قارب الصيد مقلوب بانحدار جانبيي معتدل طويل باتجاه مهب الرياح وسحيق بالاتجاه المعاكس،كما تمثل هذه القدور مخلفات تجوية وكشط وتذرية متباينة تعرضت لها مكاشف صخرية قديمة امتدت على شكل هضاب صحراوية.

تتكون القدور بأنواع مختلفة من الصخور اللينة والصلبة ضمن شروط معينة منها :

١- سيادة رياح شديدة باتجاه ثابت.

٢- وجود حمولة تحملها الرياح.

٣- انتشار الجفاف.

٤- قلة الرطوبة.

٥- قلة الغطاء النباتي.

يعمل الكشط الريحي على تكوين الحزوز أو الأثلام والحفر على طول مناطق الضعف الصخري وباتجاه الرياح مما يساهم في تقويض السفوح ؟.

ث – القيعان الصحراوية Playas(منخفضات،سبخات،شطوط) :(أحد الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات الحت الريحي) :

هي تلك الأشكال الأرضية الصحراوية التي تمثل مستوى أساس للمجاري المائية الصادرة عن أحواض مائية مغلقة وذات تصريف داخل وتغطي ما نسبة ١% .

وهي تعتبر بيئة مناسبة لسيادة عمليات جيومورفولوجية مختلفة منها :

١- الترسيب الريحي

٢- الترسيب المائي

٣- الحت الريحي

٤- مظاهر الترطيب والتجفيف.

وتكتسب القيعان الصحراوية أهمية تطبيقية من غناها بالثروات الملحية والمكان المناسب لإقامة المطارات لاستواء السطح.

أهم مميزات القيعان الصحراوية :

١- استواء السطح:إذ تمثل القيعان الصحراوية بيئة ترسيب للمواد الناعمة من الجريانات المائية.

٢- تفاوت المساحة والشكل: إذ تتراوح مساحاتها من المئات المربعة من الأمتار إلى بضع مئات من الكيلومترات المربعة كما تتباين في الشكل من الطولي إلى الدائري وشبه الدائري إلى الغير منتظم.

٣- نعومة المواد الرسوبية: في معظمها هذه الرواسب تمثل الحمولة العالقة والمكونة من الغرين والطين.

٤- محلية الموازنة الهيدرولوجية والرسوبية:

ترتبط هيدرولوجية القيعان الصحراوية(الموازنة المائية) بمدخلات ومخرجات مائية محلية تتمثل بـ

لات القيعان الصحراوية	ات القيعان الصحراوية
اقط على السفوح الجبلية المحيطة بالقيعان.	ر : حيث الحرارة المرتفعة تعمل على زيادة التبخر.
الجريانات المائية السطحية التي تنقل المياه المتجمعة فمن الممكن أن تتحول القيعان إلى بحيرات مؤقتة أو سبخات أو مستنقعات.	رب والجريان السطحي مالات الإنسان

ترتبط الموازنة الرسوبية للقيعان الصحراوية بعملية تراكم الرواسب من خلال من ترسبه الجريانات المائية من غرين وطين كما ترتبط الموازنة الرسوبية بعملية تذرية الرياح للرواسب كمخرجات للموازنة الرسوبية.

الآثار المترتبة عن نعومة المواد الرسوبية في القيعان الصحراوية هي:

١. استواء السطح.

٢. ٢- انخفاض النفاذية وارتفاع المسامية.

٣. ٣- نشاط الخاصية الشعرية.

٤. انتشار مظاهر الترطيب والتجفيف أو الانتفاخ والانكماش:حيث زيادة الحجم في حال الترطيب والتقلص في حالة التجفيف.

٥. نشاط التذرية الريحية:تنشط التذرية بسبب استواء السطح ونعومة المواد وقلة الرطوبة.

٦. فقر الحياة النباتية:زيادة الملوحة تعمل على فقر الغطاء النباتي

العوامل التي ترتبط بها نشأة القيعان الصحراوية هي :

أ- العوامل التكتونية

ب- والعوامل الخارجية.

وفيما يلي شرحاً لهذه العوامل :

أ- العوامل التكتونية :

الهبوط التكتوني الناتج عن الحركات الصدعية عادة يؤدي إلى تكوين منخفضات حوضية كغور الأردن والبحر الميت والديسة.

ب- العوامل الخارجية : والمتمثلة بالعمليات الجيومورفولوجية التالية :

١. التذرية الريحية:يشتد تأثير الرياح بعملية التذرية في حال وجود المواد الناعمة والتكوينات الصخرية اللينة مما يؤدي إلى خفض منسوب السطح والوصول إلى الطبقات الحاملة للمياه.

٢. الإذابة والهبوط الأرضي:قد تتحول الحفر البالوعية في الصخور الكارستية إلى قيعان صحراوية بعد تعرضها للإذابة.
٣. الغمر المائي Ponding:ي
٤. الكثبان الرملية الطولية التي تحجز بينها منخفضات طولية الشكل التي تذروا الرياح مكوناتها.
٥. فعل الحيوانات من خلال الرعي الجائر مما يزيد من معدل التذرية الريحية التي تؤدي إلى تكون القيعان الصحراوية.

العوامل التي تؤدي لتطور القيعان الصحراوية :

١. التدفق الارسابي: تؤثر الرواسب الناتجة عن الجريان المائي والرياح في زيادة سمك التكوينات الرسوبية.
٢. التذرية الريحية:وهي الطريقة التي من خلالها تفقد القيعان رواسبها وخاصة إذا كان تكوينات ناعمة وقليلة الرطوبة.
٣. مظاهر التجوية الملحية:**تؤدي لضعف التكوينات الصخرية وتذريتها**
٤. التغيرات المناخية: سيادة فترات الجفاف عقب فترات الرطوبة يعمل على تكون القيعان الصحراوية حيث تمثل المصاطب شواهد على مرور الفترات الرطبة في المنطقة.

ح- الصخور الارتكازية PEDESTAL ROCKS : (أحد الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات الحت الريحي) :

وهي عبارة عن كتل صخرية غير منتظمة الشكل تنتشر في الأراضي الجافة التي تتكون نتيجة تعرض الأجزاء الصخرية الضعيفة لعمليات التجوية وبقاء الأجزاء الصلبة بارزة .

شروط تكون الصخور الارتكازية هي :

١. وجود طبقات صخرية أفقية متفاوتة الصلابة والسمك.
٢. وجود أسطح تطبق ضعيفة بين الطبقات.
٣. نشاط عمليات التجوية والحت.
٤. تزايد فعالية التجوية والحت.

الترسيب الريحي :

تختلف الحمولة الرسوبية من غبار ناعم وخشن ورمال ناعمة وخشنة الناتجة عن عمليات التجوية للصخور علماً بأن السهول والمراوح الفيضية والقيعان الجافة هي أكثر البيئات مصدراً لهذه الحمولة المتفاوتة في الأحجام وقد يغلب على حمولة الرياح نوع معين من الرواسب كالحمولة الناعمة ولكن هذا لا ينفى أن تكون هناك حمولة مختلفة الأحجام من الغبار والرمل الناعم والخشن.

تتكون التجمعات الارسابية بأحجام وأشكال مختلفة الناتجة عن عمليات الترسيب الريحي والمتعلقة بخصائص الرياح(سرعة واتجاه ورطوبة) ونوعية أسطح الترسيب وغيرها.

الحالات التي ترسب الرياح فيها حمولتها هي:

١- تناقص السرعة وذلك بسبب طول المسافة ووجود عوائق.
٢- زيادة حمولة الرياح من الرواسب.حيث علاقة طردية بين قوة الرياح وكمية الحمولة المنقولة والعكس صحيح.
٣- زيادة كمية الرطوبة الرياح الجافة أكثر سرعة من الرياح الرطبة.
٤- مظاهر السطح (خشونة).

٥– **تغير اتجاه الرياح** : الرياح التي تمر فوق المسطحات المائية تكون حمولتها أقل من تلك التي تمر فوق المناطق القارية.

٦– **هطول الأمطار**: وهي عملية غسيل لحمولة الرياح من الرواسب والتي عندها تصبح الأمطار حمراء أو بنية.

أشكال الترسبات الريحية هي :

١– **ترسبات الغبار** : وهي تلك الترسبات الريحية التي لا تتخذ شكلاً معيناً ولكنها تغلف الأجسام التي تترسب عليها بسمك متفاوت ومنها ترسبات اللويس.

٢– **الأشكال الرملية السريرية** : وهي تلك الأشكال التي تتميز بتكرار الحجم والتباعد والأشكال ومن أبرزها

النيم RIPPLES والكثبان SAND DUNES :

النيم :عبارة عن تموجات رملية متوازية تنتج عن التموجات التي تحدث في الهواء نتيجة اختلا طبيعة السطح وكثافة الهواء وسرعة الرياح وحجم الرمال.ويتميز النيم بسرعة تكون وزواله.

أما الكثبان الرملية فلها أنواع ومن أكثرها انتشاراً هي :

- **الكثبان الطولية Longitudinal Dunes** : وهي تلك الكثبان ذات محاور تمتد بشكل طولي وموازي لاتجاه الرياح والمتباينة في أبعادها حيث أن طولها أكبر من عرضها.

- **الكثبان الهلالية Barchan Dunes** : وهي تلك الكثبان المستقلة ذات سفح انزلاق سحيق ومقعر يمتد مع اتجاه الرياح وينتهي بطرفين متباعدين التي تمثل عرض الكثيب.

- **الكثبان المستعرضة Transverse Dunes** : وهي كثبان طولية ولكنها تمتد باتجاه معاكس لاتجاه الرياح.

- **الكثبان النجمية Star Dunes** : فقد يصل ارتفاعها ٤٠٠ متر.

- **النباك Nebkha Dunes** : وهي تجمعات رملية صغيرة تحيط بالحاجز النباتي

المحاضرة الثالثة عشرة

جيومورفولوجية الجموديات Glacical Geomorphology :

انتشار الجليد :

يشكل الجليد **٢%** من مجموع مصادر المياه على سطح الأرض ويتركز معظم الجليد في انتاركتيتا(جنوب) وغرينلنده(شمال) اللتان تشكلان ما نسبة ٩٦% ويمثل هذا الجليد البقايا المختلفة عن تراجعه العائدة لفترة البلايستوسين الذي تميز بحدوث تقلبات مناخية أدت إلى انخفاض خط الثلج الدائم بنحو ١٠٠٠متر دون منسوبه الحالي.

أما في الفترات ما بين الجليدية فقد تراجعت المساحات الجليدية وارتفع منسوب خط الثلج الدائم نتيجة ارتفاع درجة الحرارة مما أدى لارتفاع منسوب البحر وانكشاف أشكال الأرض الجمودية.

أسباب انتشار الجليد :

يتراكم الجليد بسبب تساقط الثلج(عروض عليا وأراضي مرتفعة) التي يكون عندها التراكم أكثر من الإزالة وإذا ما علمنا أن الثلج هو بلورات ثلجية مختلفة الأحجام وعملية توافر الثلج Snowبسماكة عالية ينتج عنها انضغاط الثلج وطرد الهواء من الفراغات الثلجية وتحويله إلى جليد Ice وقد يحدث ذلك عند تراكم الثلج ١٠٠ متر وتتراوح عملية تحول الثلج إلى جليد ٢٥- ٤٠ سنة في سويسرا و١٥٠ - ٢٠٠ سنة في غرينلنده وانتاركتيكا.

النظريات والآراء الخاصة بأسباب حدوث العصور الجليدية :

١- **زحزحة القارات** : الحركات الأرضية التي حدثت في البلايستوسين أدت إلى توسع قيعان البحار وتكوين قناة بنما.

٢- **تغير مناسيب اليابس:**

عمليات الهبوط والرفع التكتوني أدت لحدوث تغيرات مناخية شملت حدوث فترات الجليد حيث يعتقد أن جبال الألب ارتفعت ٢٠٠٠م ما بين البلايوسين والبلايستوسين بينما زاد منسوب الهيمالايا بنحو ٣٠٠٠ م بنفس الفترة والارتفاع يؤدي إلى انخفاض درجات الحرارة بل التجمد وتكون الجموديات.

٣- **التغيرات الجوية:**

مثل تغير نسبة ثاني أكسيد الكربون التي تحدد درجة الحرارة عند سطح الأرض حيث هناك علاقة طردية بين نسبة ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة علماً بأن ثاني أكسيد الكربون ترتفع نسبته بسبب النشاط البركاني والغطاء الحيوي(نبات،حيوان)فان انتشار الغبار البركاني يقلل من وصول الإشعاع الشمسي ثم انخفاض الحرارة.

٤- توزع اليابس:

إن تركز معظم اليابس في العروض العليا الشمالية يزيد من تغطيتها بالجليد وانخفاض حرارتها بسبب ارتفاع معامل الانعكاس مما يعيق من وصول التيارات البحرية الاستوائية الدفيئة إلى الأقاليم القطبية.

٥- نظريات أخرى:

هذه النظريات تفسر حدوث الجليد من خلال(**١**) تغير محور الأرض حول نفسها الذي يتغير من(٢١،٨ - ٢٤،٤)درجة كل ٤٠ ألف سنة (**٢**)وتغير مواقع القطبين(**٣**) وزاوية ميل الأرض(**٤**)وشكل مدار الأرض حول الشمس الذي يتراوح من شبه الدائري إلى البيضاوي خلال فترة ٩٥٨٠٠ سنة كلها ذات تأثير في اختلاف الحرارة.

خصائص الجليد وآثارها الجيومورفولوجية :

١- الامتداد المساحي

٢- السمك

٣- سرعة الحركة

٤- الخصائص الحرارية

١- **الامتداد المساحي** : قد يمتد على شكل رقعة هائلة تغطي مساحة كبيرة من اليابس والبحر تصل إلى آلاف الأقدام التي تعرف بغطاء الجليد Ice Sheet إذ تتحرك هذه الكتل نتيجة للضغوط وليس بفعل الطبوغرافيا التحتية كما الحال في القطبين عكس الجموديات التي تخضع في حركتها لطبوغرافية بيئة النشأة.

الجموديات(Glaciers):هي كتل جليدية متوضعة فوق مساحة محدودة نسبياً تكونت بفعل الانضغاط وتكرار التبلور الثلجي.

٢- **السمك** : يعتبر بلوغ السمك (١٠٠- ٣٠٠) متر ثلوج شرطاً لتكون الجليد .

تنبع أهمية تراكم الثلوج من الأهمية التالية:

أ- زيادة السمك تؤدي إلى انضغاط البلورات الثلجية وطرد الهواء مما يؤدي إلى زيادة الكثافة.

ب- زيادة ضغط الجليد مع زيادة العمق وبالتالي رفع حرارة الأجزاء الدنيا.

ت- مع تزايد الضغط تتغير طبيعة حركة الجليد المتراوحة بين المرونة واللدونة والهشاشة حسب نوعية الضغط الشد،الضغط ،الجز).

٣-**سرعة حركة الجليد** : تختلف حركة الجليد حسب العوامل التالية نوع الجليد وسمكة وطبوغرافية السطح حيث تنبع أهمية الحركة في نقل المواد الصخرية وتطوير أشكال سطح

الأرض إذ تتراوح سرعة الجليد من سنتمترات إلى عدة أمتار في اليوم والمختلفة من فصل لآخر .

٤- **الخصائص الحرارية** : زيادة الضغط تؤدي إلى زيادة الحرارة وتراجع درجة حرارة الذوبان.

الجموديات Glaciers : سبق الإشارة سابقاً إلى مفهوم الجموديات وتمتاز بحركتها المتفاوتة وتختلف الجموديات عن الأنهار في الخصائص التالية :

ودیات	ار
ها تكون في المناطق الباردة فوق خط الثلج الدائم	ها في أقاليم غير المناطق القطبية.
دة الجريان والطول	ة الجريان
دة التجاور	دة التوزيع
ق طرد سكاني	ق جذب سكاني
ها في معالم السطح متواضع	ها في معالم السطح كبير
بعمليات الحت والنقل والترسيب	بعمليات الحت والنقل والترسيب

آلية نشاط والآثار الجيومورفولوجية لكل من الأنهار والجموديات هي :

ان المائي	ودیات
الحركة	الحركة
الجريان عن طريق التهيج وتأثر الجاذبية.	الجريان عن طريق الانزلاق السفلي أو بفعل حركة البلورات الثلجية
استجابة حركة الأنهار للعوامل المحددة يكون سريع(زيادة التصريف، سرعة الجريان ،فيضانات)	استجابة حركة الجموديات للعوامل المحددة يكون بطئ(انتشار التشققات)
عملية الجريان بمورفولوجية المجاري	عملية الجريان بمورفولوجية المجاري
يخضع نشاطها لإطار زمني(حت رأسي في واستقامة بداية الدورة الحتية أما حت الجوانب وتعرج فيكون في نهايتها)	لها يتركز على حت الفراش والنتوءات الجانبية
ن لها مجرى واحد رئيس	ن لها مجرى واحد رئيس

الأسس التي من خلالها تم تصنيف الجموديات هي :

١- التصنيف الحراري:

حرارة الجموديات تحدد نشاطها الجيومورفولوجي إذ يمكن تمييز نوعين :

أ- جموديات الأقاليم : قد يتعرض الجليد في هذه الأقاليم إلى الذوبان في أجزائه المختلفة والذي يعتمد في عملية تصنيف بين الجمودية المعتدلة عن القطبية.

ب- **الأقاليم القطبية الباردة** : لا يوجد أي ذوبان في أجزاء الجمودية القطبية مما يجعل حركتها أبطأ وبالتالي قلة نشاطها الحتي.

٢- التصنيف المورفولوجي:

بعضها ذات مساحة كبيرة ومرتفعة وبعضها محدود المساحة ومنخفض البيئة لذلك.

تصنف الجموديات مورفولوجياً إلى :

أ- **الجمودية العميقة Niche Glaciersأو المنحدرة الجوانب Cliff Glaciers** : وهي تلك الجموديات التي تحتل تجويفاً صخريا قمعي الشكل في الأجزاء العليا من سفوح تليه سحيقة الانحدار.

ب- **الجموديات الحلبية Cirque Glaciers** : هي تلك الجمودية المحاطة بالجدران صغيرة الحجم عادة تنتج من تجمع الجليد في الحفر الصخرية،ويمكن أن تغذي جمودية الوادي وتتكون جمودية الحلبة من الأجزاء التالية (**١**)الحوض (**٢**) الجدران.(**٣**) العتبة.

ث- **جموديات الأودية Valley Glaciers** : تتكون في حال تدفق جليد الحلبة عبر الوادي نتيجة تراجع خط الثلج الفصلي ويعمل الحت الجليدي على تعميق الوادي وتوسيعة وتحويل مقطعة من شكل **V**إلى **U** الخاص وتتميز مقاطعها بعدم الانتظام بسبب اختلاف المكاشف.

ج- **الجموديات المستعرضة** : وهي جموديات الأراضي الجبلية التي تنطلق منها عبر أودية تمتد بشكل شعاعي.

ح- **جموديات البيدومنت Piedmont Glaciers** : تتكون من التقاء جموديات الأودية عند الأراضي السهلية تشبه في شكلها المراوح الفيضية وتحتفظ هذه الجموديات على سمكها أثناء حركتها.

٣- التصنيف الديناميكي للجموديات :

تقسم إلى الأنواع التالية :

أ- **الجموديات النشطة Active Glaciers : تتم تغذيتها بمورد مستمر من الأنهار الجليدية الصادرة من هضاب حلبات جليدية إضافة إلى الانهيارات بمعدل يفوق الإزالة**

ب- جموديات غير نشطة Inactive Glaciers.**وهي الجمودية التي تتناقص التغذية الجليدية عنها**

ت- جموديات ثابتة أو ميتة Dead Glaciers.**لا تتلقى أي تغذية التي تخضع في حركتها لعامل الانحدار.**

تعتبر الجموديات عامل جيومورفولوجي تمارس نشاطها من خلال العمليات :

- **الحت**
- **النقل**
- **الترسيب**

وتشكيل أشكال الأرض المختلفة إلا أن هذا النشاط مرتبط بخصائص الجليد نفسه منها :

١) السمك

٢) والحركة

٣) ودرجة الحرارة والمواد المحمولة والانتشار المكاني والتغير الزماني.

الحت الجليدي :

يمارس الجليد نشاطه الحتي بمجرد الانتقال أما الجليد الثابت فنشاطه الحتي معدوم ويمارس الجليد نشاطه الحتي من خلال المواد الصخرية(مواد حت جمودي) التي يحملها أثناء الجريان فبدونها يتدنى النشاط الحتي أو ينعدم .

فنتائج الحت الجليدي تعتمد على خصائص المواد منها :

(١) الحجم (٢) الصلابة.

يتوقف النشاط الحت الجليدي على خصائص الجموديات عند وفرة المواد على :

ا- سمك الجمودية:

مع تزايد السمك يتزايد الضغط ليصل إلى ٤٠٠ كغم/سم مربع مما يزيد من الحرارة مع العمق فيؤدي لتوفر المياه عند القاعدة فيسهل الحركة فيجعلها أكثر مرونة.

ب- حركة الجمودية:

- عملية تكون الجموديات تحتاج لوقت طويل مع مقارنتها بعملية تكون الأنهار مثلاً أي عامل الزمن هنا مهم اللازم لتحول الثلج إلى جليد ومن ثم إلى جمودية الذي

يستغرق ما بين بضع سنوات إلى آلاف السنوات فان حركتها تكون بطيئة جداً والمتباينة بين أجزاء الجمودية نفسها.

- الماء الناتج عن ذوبان الجليد عند القاعدة يتسرب عبر المفاصل والشقوق الصخرية مما يؤدي إلى عملية تفتت الصخري جراء الذوبان والتجمد.
- بطء حركة الجمودية يعطيها الوقت الكافي لممارسة نشاطها الحتي إضافة إلى اختلاف سرعة أجزاء الجمودية والذوبان يجعل الفراش الصخري أكثر استجابة للضغوط الجليدية ويزيد من قابلية التشقق.
- هناك علاقة طردية بين سرعة حركة الجمودية وسمكها مع معدلات الكشط (أي انه كلما زادت سرعة حركة الجمودية زادت معدلات الكشط كما أنه كلما زاد سمك الجمودية زادت معدلات الكشط) حيث أن من مظاهر تفاوت حركة الجموديات هو وجود التشققات المختلفة الأشكال(**طولية ،شعاعية ، عرضية**).

إضافة لخصائص الجموديات تتأثر عملية النشاط الحتي ألجمودي بالعوامل التالية:

١- كمية المواد الكاشطة :

علاقة طردية بين كمية المواد الكاشطة وعملية الكشط حيث تكون المواد الخشنة والأكثر صلابة والكبيرة الحجم أكثر فاعلية من الناعمة إذ تعمل المواد الخشنة على تكوين الحفر والحزوز بينما المواد الناعمة تعمل على صقلها.

٢- اختلاف صلابة الفراش الصخري:

علاقة عكسية بين صلابة الفراش الصخري ومعدلات الكشط لأنها أكثر مقاومة أما إذا كان الفراش ضعيفاً فيكون معدل الكشط أكبر وخاصة إذا ترافق ذلك مع سرعة الجمودية نفسها.

٣- **كمية الماء المتوفر عن ذوبان الجليد عند قاعدة الجمودية** : فكلما زادت كمية الماء زادت سرعة الانزلاق وأصبحت إمكانية نقل رواسب كبيرة الحجم أكبر(جلاميد).

٤- **الطبوغرافيا التحتية أو ما قبل الجمودية** : في حالات تتبع الجموديات في حركتها طبوغرافيا قديمة عندها تغير الجمودية في خصائص السطح القديم من خلال الحت والترسيب.

أبرز أشكال الحت الجليدي :

١-الحلبات

٢-الأودية والأخاديد

٣-الأودية المعلقة

٤- الفيوردات

١- الحلبات الجليدية Cirques:

هي عبارة عن تجاويف صخرية تطورت عن حفر صخرية المحاطة بجوانب سحيقة الانحدار المنتشرة على طول الأودية التي تم توسيعها وتعميقها بفعل الحت الجليدي إذ تكون حركة الجمودية بطيئة لتجمعها ومع تجاور الحلبات وتطورها على حساب الجدران الصخرية تتحول هذه الجدران إلى حافات مسننة أو مشرشرة تفصل بين الحلبات.

٢- الأودية والأخاديد الجمودية Glacial Valley

هي انعكاس لطبوغرافيا قديمة توجه النشاط الحتي للجمودية التي تعمل على توسيع وتعميق وتحويل المقطع العرضي للأودية من **V** إلى **U** .

٣- الأودية المعلقة Hanging Valley

هي تلك الأودية التي تمثل روافد للوادي الجمودي بحيث يكون منسوب الجمودية الرئيسة أخفض بكثير من منسوب الوادي المعلق ويكون مكان الالتقاء بينهما شكل الجرف وعند الذوبان تتحول جريانات الأودية المعلقة إلى شلالات.

٤- الفيوردات Fjords

هي أودية عميقة ومنحدرة الجوانب ومقطعها على شكل U تنتهي عادة عند الأراضي الساحلية وتتحول هذه الأودية إلى الفيوردات عند غمرها بمياه البحر وغالبا ما تنتهي مياه البحر عند عتبة صخرية على شكل جرف ومتعمقة دون منسوب البحر.

أشكال الترسيب الجمودي :

١- الركامات الجليدية

٢- الكثبان الجليدية

٣- التلال الجليدية

٤- الحواجز الطفلية

٥- الرواسب المتخلفة

الشرح لهذه الأقسام :

١- الركامات الجليدية Moraines :

هي عبارة عن فتات أو حطام المواد الصخرية التي تنقلها الجموديات وتختلف الركامات الجمودية حسب موقعها حيث الطفل يكون في أقصى مسافة تصل إليها الجمودية التي تتجمع على

شكل ركامات نهائية أما الصخور المتساقطة من من السفوح فتكون الركامات الجانبية التي تتكون من مواد خشنة أما الركامات الوسطى التي تتكون من التقاء جموديتين والتحام ركاماتها الجانبية.

٢- الكثبان الجليدية :

هي عبارة عن تجمعات إرسابية جمودية بيضاوية تشبه المعلقة

٣- التلال الجليدية :

عبارة عن تلال أو أكوام من الرواسب الجمودية الرملية والحصوية وتنتشر عادة في سهول الغسل الجمودية التي تمتاز بفرز رسوبي وإذا كانت هذه التلال منعزلة تسمى كيم أما إذا كانت متصلة تسمى إسكر.

٤- الحواجز الطفلية :

وهي عبارة عن حواجز طولية تتكون من ترسبات الطفل الجليدي والرمل والغرين والطين.

٥- الرواسب المتخلفة :

وهي الجلاميد الصخرية التي تبقى على سطح الجمودية وتجنب الحت الجمودي بسبب كبر أحجامها.

المحاضرة الرابعة عشرة

جيومورفولوجية السواحل :

أهمية السواحل والشواطئ :

الساحل Coast: هو شريط من اليابس يختلف في نشأته واتساعه وطبيعة رواسبه ومدى تأثره بفعل المد والجزر وهي المساحة بين الجرف البحري باتجاه اليابس بعرض ينتهي عند حدوث تغير في معالم طبوغرافية الساحل.

الشاطئ Shore: المنطقة الممتدة بين نطاق الجزر والحد الأعلى الذي يصل إلية فعل الموج.

الأهمية الجغرافية والجيومورفولوجية للسواحل هي :

١- للسواحل أهمية من الناحية الاقتصادية والسياحية والاستيطان على الرغم من أنها عرضة للكثير من الأخطار الطبيعية (فيضانات ،انهيارات،تلوث) حيث تشكل السواحل ٠،٠٣% من مساحة اليابس.
٢- تعتبر السواحل والشواطئ انعكاس للعمليات الجيولوجية والجيومورفولوجية كالحركات التكتونية وأنواع الصخور والتغيرات المناخية وخصائص الماء.
٣- تمثل السواحل والشواطئ نظاماً جيومورفولوجيا مفتوحاً ديناميكياً بحيث تستجيب عناصره لأية تغيرات بيئية تؤثر في فعل الأمواج أو التيارات البحرية.
٤- تشمل السواحل والشواطئ جملة من أشكال الأرض المميزة والمتنوعة التي تتطلب تفسيراً جيومورفولوجيا لنشأتها وتطورها.

حركة مياه البحر

تختلف مياه البحار والمحيطات في خصائصها الكيميائية والطبيعية كالملوحة والكثافة ودرجة الحرارة والعمق والحركة وتخضع هذه الخصائص لتأثير المناخ والتكوينات الصخرية والتغذية المائية والرسوبية الأنهار.

أنواع حركة المياه :

أ- أمواج.

ب- مد و جزر.

ت- تيارات بحرية.

التي تعتبر عاملاً مهماً في التطور الجيومورفولوجي للسواحل البحرية.

شرح هذه الأقسام :

أ- الأمواج البحرية :

الموجة المائية هي الحركة الرأسية التي تنتاب الماء إما نتيجة لهبوب الرياح في اتجاه معين أو لما يعتريها من مد وجزر أو بفعل التيارات البحرية وتمارس الأمواج البحرية نشاطها الجيومورفولوجي (حت ، نقل ، ترسيب).

تمتاز الأمواج البحرية بعدد من الخصائص المختلفة زماناً ومكاناً حسب العوامل المؤثرة فيها ومن هذه الخصائص التالي :

١. **قمة الموجة** : يمثل الجزء الأعلى من سطح الموجة

٢. **جوف(قاع) الموجة** : يمثل الجزء المنخفض من الموجة.

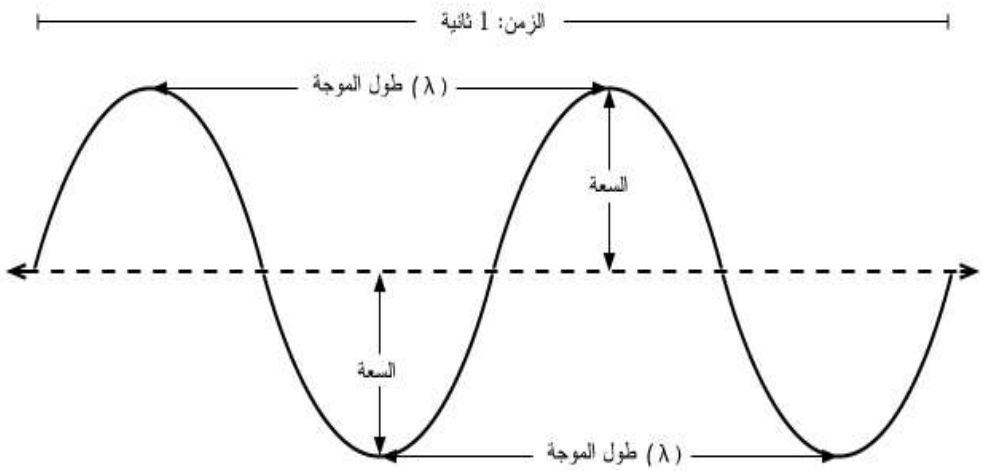
٣. **طول الموجة** : يمثل المسافة بين قمتين أو قاعين متتاليين.

٤. **ارتفاع الموجة** :هي الفرق بين منسوب قمة الموجة وقاعها

٥. **زمن الموجة** :وهو الزمن اللازم لمرور موجتين متتاليتين عند نقطة معينة أو مرور قمتين أو قاعين متتاليين.

٦. **سرعة الموجة** : يمثل سرعة تقدم الموجة الواحدة وكلما زادت سرعة الرياح نشأت أمواج أكثر ارتفاعاً وأعلى سرعة.

٧ – شكل الموجه :



تحدد خصائص الأمواج قوتها أو نشاطها الجيومورفولوجي عند الشواطئ أو المنحدرات القارية غير أن هذه القوة WAVE STRENGTH تتباين وفقا للمعطيات التالية :

١. صلابة الصخور المعرضة لفعل الموج .

٢. البناء الجيولوجي ، الصدوع والالتوائات والمفاصل والتشققات .
٣. استمرارية خط الشاطئ أو مستوى سطح البحر .
٤. انكشاف الأراضي الساحلية .
٥. التدرج الانحداري للساحل
٦. وفرة الرواسب أو حمولة الأمواج من الرواسب البحرية

ب- المد والجزر :

تتشكل الأمواج البحرية بفعل تعاقب المد والجزر حيث يمثل منسوب المد قمة الموجة ومنسوب الجزر جوفها ويتراوح ارتفاع هذه الأمواج ما بين خمسة أمتار عند الشواطئ و ٥٠ سم في عمق المحيطات بسرعة تصل إلى ٨٠ كلم/ الساعة مما يؤدي إلى نقل كميات هائلة من مياه البحر ويتكرر ذلك يوميا مع اختلاف أبعادها حسب طبيعة السواحل أو المسطحات المائية ويعتبر تفاوت منسوب المد والجزر وحدوث أمواج المد والجزر محصلة لتفاوت قوى كل من جاذبية القمر وجاذبية الأرض المركزية .

مع تقدم أمواج المد تجاه اليابس يتناقص كل من سرعتها وطولها بينما يزداد ارتفاعها نتيجة لانحصار مياهها في مساحة أصغر في حالة وصول أمواج المد إلى الشواطئ المكشوفة بارتفاعات عالية نسبيا فإنها تفرض آثارها الجيومورفولوجية على الشاطئ كنشأة المسطحات الطينية أو السبخات الملحية في حين يتراجع هذا الدور في حالة تناقص ارتفاعها عند الشاطئ في حين يفرض المد البحري أو المحيطي أو الأمواج أثارها الجيومورفولوجية من خلال نشأة بعض أشكال الأرض المميزة مثل جزر الحواجز والألسنة البحرية.

ث- التيارات البحرية :

التيارات البحرية: عبارة عن كتل مائية ضخمة تتحرك أفقيا بين أجزاء البحار والمحيطات المختلفة وتختلف في خصائصها عن المياه .

تقوم التيارات البحرية بالمؤثرات التالية :

١- المؤثرات المناخية :

تؤثر التيارات البحرية على الخصائص المناخية السائدة في المناطق المائية التي تعبرها أو السواحل التي تصلها .

٢- المؤثرات الجيولوجية :

تستجيب مياه البحر لأية اضطرابات جيولوجية تحدث إما في قيعان الأحواض البحرية أو على طول السواحل ويتضح ذلك من استجابة

التيارات البحرية أو تأثرها بالأنشطة البركانية أو مظاهر الرفع والهبوط التكتوني مما يؤدي إلى اضطراب استقرار الكتل المائية البحرية والمحيطية

٣- المؤثرات الحيوية :

تتفاوت مياه البحار في محتواها العضوي من مكونات نباتية أو حيوانية بحرية أو عناصر غذائية أضيفت إليها بفعل الترسيب النهري أو تحلل الصخور أو الحيوانات البحرية وتقوم التيارات البحرية بإعادة توزيع هذه المكونات على طول جريانها وسواحل اليابس التي تنتهي عندها ويؤثر ذلك بشكل خاص على توافر الثروة السمكية ونشاط الصيد البحري .

٤- المؤثرات الجيومورفولوجية :

تنقل التيارات البحرية كميات متفاوتة ومتنوعة من الرواسب البحرية وتعيد توزيعها عند الشواطئ مما يعمل على إضافة أشكال الأرض الحتية أو الرسوبية إلى الأراضي الساحلية.

نشأة التيارات البحرية :

يمكن تفسير تكون التيارات البحرية بأحجامها وخصائصها وآثارها المكانية المختلفة في ضوء المعطيات التالية :

١- تتباين درجة حرارة مياه البحار أفقيا ورأسيا .

٢- تتباين كثافة مياه البحار والمحيطات بصورة رئيسية حسب درجة حرارتها وتباين نسبة الأملاح الذائبة .

٣- تخضع المسطحات المائية لتأثير حركة الرياح الكوكبية نشأتها واتجاها وتعتبر الرياح العامل الرئيس في نشأه وتوجيه التيارات البحرية السطحية إذ تنقل الرياح طاقتها إلى سطح الماء ومن خلال احتكاكها به تعمل على دفع جزيئات الماء في نفس اتجاها مما يفسر الارتباط الوثيق بين نمط هذه التيارات البحرية ونمط الرياح الدائمة .

يمكن تمييز أشكال الأرض الساحلية إلى مجموعتين رئيسيتين هما :

أ- أشكال الأرض الحتية .

ب- أشكال الأرض الرسوبية .

أ – أشكال الأرض الحتية :

١- الجروف الساحلية :

تمارس الأمواج البحرية ضغوطا متكررة على الصخور الساحلية وتعمل بما تحمله من رواسب على كشطها وتراجعها وفي الغالب تبدأ عملية تطور الجروف الساحلية بتقويض من الأسفل تؤدي إلى تكون فجوة حتية تظهر قاعدة الجرف عندها متعلقة فوق سطح الماء .

يتفاوت معدل تراجع الجروف الساحلية حسب نوعية الصخور السائدة ، ففي حالة وجود صخور ضعيفة كالصخور الجيرية أو الطباشيرية فإن الأمواج العاتية تعمل على تراجعها بمعدلات عالية بينما يبطؤ تراجعها عند نعرض الصخور الصلبة كالبازلت والجرانيت .

٢- مخلفات الحت الساحلي المتباين :

ينتج عن تفاوت معدلات الحت البحري عند السواحل عدد من أشكال الأرض الملحية :

- **الجزر** : وهي عبارة عن كتل صخرية متفاوتة الأحجام والبعد تمثل تلك الأجزاء الصخرية من الساحل التي قاومت فعل الموج بسبب صلابتها ويشار إلى هذا النوع من الجزر التي تقع بالقرب من الساحل .

- **المسلات البحرية**: وهي عبارة عن أعمدة صخرية متفاوتة الأحجام قد يبلغ ارتفاعها ١٤٠ مترا تقع بالقرب من الجرف الساحلي المتراجع .

- **الأقواس البحرية** :وتشبه في شكلها الجسور القوسية التي تربط في الغالب ما بين الجزر القارية أو المسلات البحرية والساحل وتمثل هذه الأقواس الأجزاء الصخرية الصلبة العليا التي قاومت فعل الموج .

٣- **الخلجان والشروم والرؤوس** :تتفاوت السواحل البحرية في مدى استقامتها أو تعرجاتها ويرتبط ذلك إما بعوامل نشأة هذه السواحل وأنواع صخورها أو وجود تفاوت في معدلات الحت البحري أو تقطع خط الساحل ببيئات مصاب الأودية والأنهار .

٤- **مصاب الأودية والأنهار البحرية** :تختلف الأودية والأنهار التي تصب في البحار والمحيطات من حيث النشاط الجيومورولوجي ، فهي إما أن ترسب كميات ضخمة من الرواسب وتعمل على تكوين دالات نهرية في حالة تغلب نشاطها الارسابي على النشاط الحتي للأمواج والتيارات البحرية .

٥- **المصاطب الساحلية** .

ب- أشكال الأرض الرسوبية :

أهم هذه الأشكال الارسابية :

١- الشاطئ . **٢- الحواجز .**

٣- جزر الحواجز . **٤- المسطحات الطينية .**