

الجيومورفولوجيا أشكال سطح الأرض

الأستاذ الدكتور
اسباهية يونس المحسن
قسم الجغرافية - كلية التربية
جامعة الموصل

١٤٣٤ هـ / ٢٠١٣ م

الجيومورفولوجيا - أشكال سطح الأرض

أ.د. اسباهية يونس المحسن

الطبعة الأولى: ٢٠١٣م



العلا للطباعة والنشر

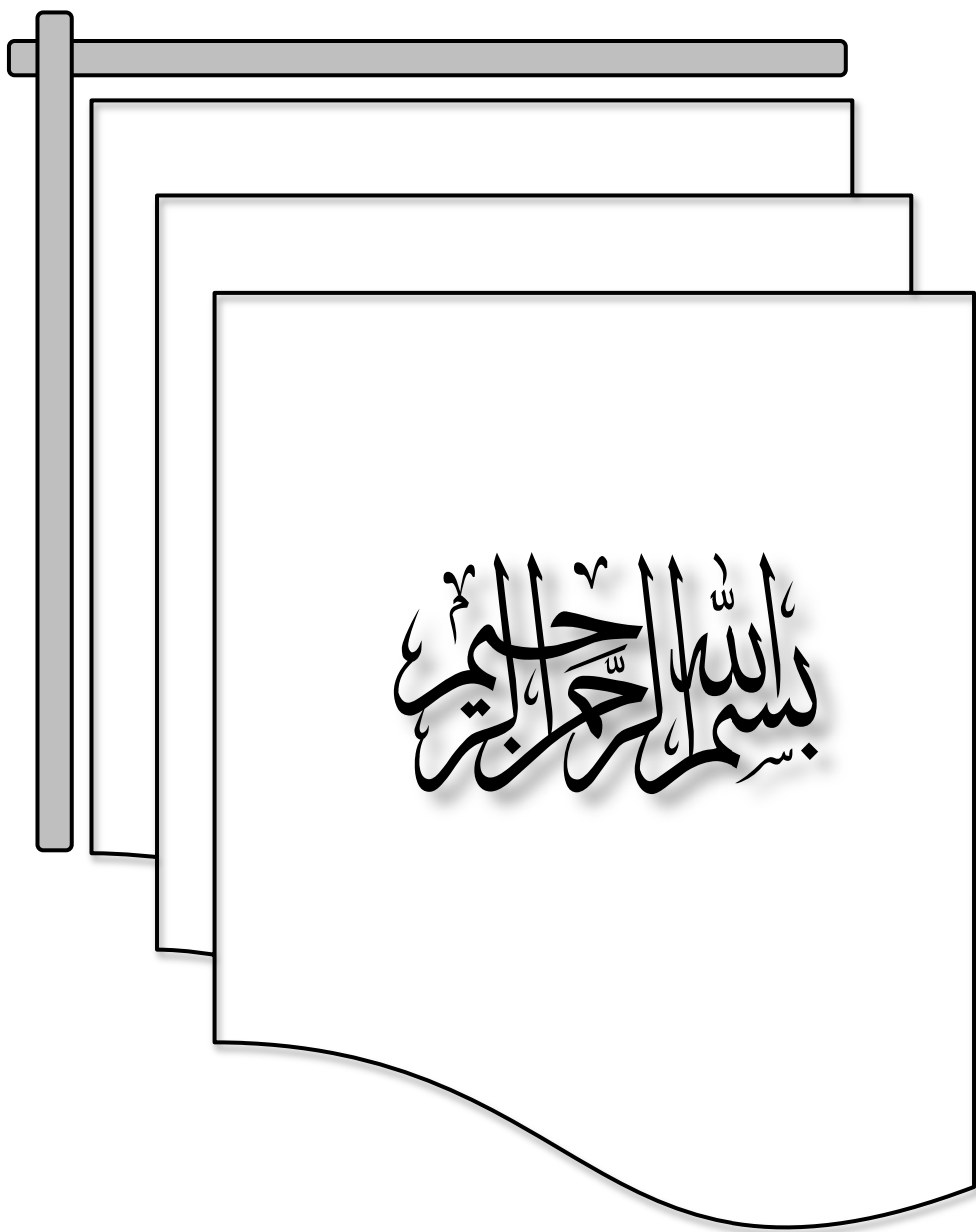
الموصل- المجموعة الثقافية

E-mail: Alula35@yahoo.com

جميع الحقوق محفوظة، لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب
أو أي جزء منه، أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات،
أو نقله بأي شكل من الأشكال،
دون إذن مسبق من الناشر أو المؤلف

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق الوطنية ببغداد

() لسنة (٢٠ ١٣)



الإهداء

إلى شقيق الروح ..

أخي خالد (رحمه الله)

الفهرست

العنوان	رقم الصفحة
المقدمة	1 - 6
الفصل الأول فلسفة علم شكل الأرض	7 - 18
1. مفهوم علم شكل الأرض.	9
2. علاقة علم شكل الأرض بالعلوم الأخرى.	9
3. تطور الفكر الجيومورفي.	10
4. الفكر الجيومورفي الحديث.	12
5. الفكر الجيومورفي المعاصر.	14
الفصل الثاني علاقة الأرض بالمجموعة الشمسية	19 - 30
1. مقدمة مختصرة عن كوكب الأرض.	21
2. النظريات التي تفسر علاقة الأرض بالمجموعة الشمسية.	26
3. دوران الأرض وأهميته الجغرافية.	28
4. توازن قشرة الأرض.	28
الفصل الثالث النظريات التي تفسر توزيع اليابس والماء	31 - 42
1. نظرية الزحف القاري.	33
2. نظرية التيارات الصاعدة.	35
3. نظرية انتشار قاع المحيط.	36
4. المعالم التضاريسية لأحواض المحيطات.	38
5. المنحنى الهبسمتري لتوزيع اليابس والماء.	40

العنوان	رقم الصفحة
1. مفهوم التربة.	95
2. العوامل المؤثرة في تكوين التربة.	95
3. أنواع الترب.	97
4. خصائص التربة الطبيعية.	98
5. خصائص التربة الكيميائية.	101
الباب الثاني المنحدرات وأثرها في تشكيل سطح الأرض	103 - 118
1. مفهوم المنحدر.	105
2. العوامل المتحكمة في نشوء وتطور المنحدرات.	106
3. حركة مواد سطح الأرض على المنحدرات الأرضية.	108
4. الأشكال الأرضية في بيئة المنحدرات.	113
- أشكال أرضية حتية.	113
- أشكال أرضية ترسيبية.	115
الباب الثالث الأنهار وأثرها في تشكيل سطح الأرض	119 - 142
1. أشكال التدفقات المائية السطحية.	121
2. حوض الصرف المائي.	122
3. طاقة النهر.	122
- سرعة النهر.	123
- الحمولة النهرية.	124
4. العمل الجيومورفي للنهر.	126
- الأشكال الأرضية في مرحلة الشباب.	127
- الأشكال الأرضية في مرحلة النضج.	132

العنوان	رقم الصفحة
- الأشكال الأرضية في مرحلة الشيخوخة.	135
5. مستوى القاعدة.	139
6. تصابي الأنهار.	139
7. الأسر النهري.	141
الفصل الخامس المياه الجوفية وأثرها في تشكيل سطح الأرض	143 - 166
1. العوامل المؤثرة في توافر المياه الجوفية.	145
2. أنطقة المياه الجوفية.	146
3. المكنن المائي الجوفي وأنواعه.	149
4. مظاهر المياه الجوفية.	150
5. العمل الجيومورفي للمياه الجوفية.	154
6. طوبوغرافية الكارست.	154
7. الأشكال الأرضية.	156
الفصل السادس الرياح والأشكال الأرضية المرتبطة بها	167 - 182
1. العمل الهدمي للرياح والأشكال الأرضية المرتبطة بها.	169
2. العمل البنائي (الترسيبي) للرياح والأشكال الأرضية المرتبطة بها.	176
الفصل السابع الأمواج والأشكال الأرضية المرتبطة بها	183 - 196
1. عناصر الموجة.	185
2. العمل الجيومورفي للأمواج.	186

العنوان	رقم الصفحة
3. العوامل المؤثرة في عمل الأمواج.	186
- العمل الهدمي للأمواج والمظاهر الأرضية المرتبطة بها.	187
- العمل البنائي (الارساب) للأمواج.	193
4. الارسابات المرجانية.	195
البطون الثالث عشر الأشكال الأرضية الناتجة عن الجليد في المناطق القطبية وشبه القطبية	197 - 210
1. خط الثلج الدائم.	199
2. حقول الجليد.	200
3. حركة الجليد.	200
4. العمل الجيومورفي للثلجة.	201
- عمليات التعرية والأشكال الأرضية الناتجة عنها.	201
- عمليات الإرساب والأشكال الأرضية الناتجة عنها.	205
- الارساب الجليد المائي	207
المصادر والمراجع	211 - 216



المقدمة

الحمد والشكر لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد الخلق محمد عليه أفضل الصلاة والسلام وعلى آله وصحبه أجمعين. أما بعد:

يعد علم الأشكال الأرضية (الجيومورفولوجيا) أحد فروع الجغرافية الطبيعية وله صلة وثيقة بالجيولوجيا الطبيعية وتعد الأرض القاسم المشترك بينهما. يهتم هذا العلم بدراسة العوامل التي تساهم في تضرس القشرة الأرضية، من خلال خلق ظاهرات جديدة أو تغيير ظاهرات أرضية قديمة أو إزالتها وذلك من خلال مجموعة عمليات جيومورفية تتباين شدتها وسيادتها تبعاً لعوامل بيئية كثيرة.

جاء هذا الكتاب بعد سنوات من تدريس مادة علم الأشكال الأرضية والإشراف وأكثر من 25 بحثاً متخصصاً في هذا المجال جميعاً كان لها دور كبير في إنجاز هذا الكتاب.

يقع الكتاب في ثلاثة عشر فصلاً، تناول **الفصل الأول** فلسفة ومفهوم علم الأشكال الأرضية وعلاقته بالعلوم الأخرى مع توضيح الاتجاهات الحديثة.

وأختص **الفصل الثاني** بعلاقة الأرض بالمجموعة الشمسية من خلال التركيز على النظريات التي حاولت تفسير علاقة الأرض بالمجموعة الشمسية.

واحتوى **الفصل الثالث** نظريات زحزحة القارات وانتشار قاع المحيط وذلك من خلال التركيز على نظرية الصفائح القارية مع توضيح المنحنى الهبسومتري لتوزيع اليابس والماء.

بينما ضم **الفصل الرابع** دراسة الغلاف الصخري وتوضيح أنواع صخوره تبعاً للنشأة والخصائص المعدنية والطبيعية والتي لها تأثير كبير في درجة استجابتها للعمليات الجيومورفية وانعكاسات ذلك في تشكيل سطح الأرض.

أما **الفصل الخامس** ضم دراسة القوى الباطنية من حركات بطيئة وسريعة ودورها في تشكيل سطح الأرض من التواءات محدبة ومقعرة وصدوع، وحركات سريعة متمثلة بالزلازل والبراكين مع التأكيد على توزيعها الجغرافي.

وقد احتوى **الفصل السادس** التجوية وأنواعها والعوامل المساهمة في تطورها والمظاهر الناتجة عنها.

وأختص **الفصل السابع** بدراسة المنحدرات الأرضية وتوضيح مفهومها والعوامل المساهمة في تطورها وكذلك توضيح حركة المواد الأرضية على سطح المنحدر ما بين حركات بطيئة وحركات مواد أرضية سريعة.

وتضمن **الفصل الثامن والتاسع** الأنهار وأثرها في تشكيل سطح الأرض، مع التأكيد على الأشكال الأرضية المرتبطة بالتطور الجيومورفي لمجرى النهر مع توضيح مفهوم السهل التحتاني وتصابي النهر.

وتم دراسة المياه الجوفية في **الفصل العاشر** من حيث النشأة والتكوين ونوع المكان المائية الجوفية وعمليات تطور طوبوغرافية الكارست.

وفي **الفصل الحادي عشر** درست الأشكال الأرضية الناتجة عن الأمواج وتوضيح عملها ما بين عمليات هدمية وبنائية وأثرها في تشكيل السواحل.

اختص **الفصل الثاني عشر** بدراسة الرياح كعامل جيومورفي مهم في تشكيل المناطق الجافة وشبه الجافة، وتوضيح أبرز المظاهر الناتجة عنها وخاصة عن عمليات التذرية والصقل وأهمها الشواهد الصخرية مع شرح لعمليات الترسيب الريحي وما ينتج عنها من مسطحات رملية بأنواعها المختلفة.

وأخيراً تم في **الفصل الثالث عشر** دراسة مفهوم الغطاءات الجليدية ودورها في تشكيل سطح الأرض مع توضيح الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات التعرية والترسيب لتلك الغطاءات.

وللمزيد من الاستفادة من قبل القارئ تم تزويد الكتاب بأشكال تخطيطية لتوضيح الظواهر الجيومورفية مع صور فوتوغرافية لتوضيح ما جاء في الكتاب من معلومات والمساعدة في تفهم العمليات والأشكال الأرضية المرتبطة بها.

الله العزيز العليم أسأل التوفيق فيما كتبتُ وآمل أن يكون هذا الجهد العلمي ذو فائدة لطلاب الجغرافية..

وعلى الله قصد السبيل..

الأستاذ الدكتورة
اسباهية يونس المحسن



الفصل الأول

فلسفة علم شكل الأرض

1. مفهوم علم شكل الأرض Geomorphology

الجيومورفولوجيا مصطلح أمريكي يتكون من ثلاث مقاطع يونانية Geo الأرض و Morph الهيئة أو الشكل و Logy العلم أو دراسة. ويقصد به علم شكل الأرض. يقابله Landform أشكال الأرض مصطلح بريطاني لكن المصطلح الأول هو الأكثر شيوعاً وتداولاً بين الباحثين ويشكل أحد فروع الجغرافية الطبيعية.

يهتم هذا العلم بدراسة تضاريس سطح الأرض من حيث النشأة والتطور والعوامل المتحركة في هذا التطور في الماضي والحاضر والمستقبل وعليه يهتم هذا العلم بالبعد الزمني للظاهرة الأرضية وما يخلفه هذا البعد من اختلاف في تضاريس سطح الأرض تبعاً للعوامل المشكلة للمظهر الأرضي.

علاقة علم شكل الأرض بالعلوم الأخرى

علم شكل الأرض له علاقة وثيقة بعلم كثيرة وذلك نابع من طبيعة هذا العلم، إذ يعد حلقة وصل بين الجغرافية الطبيعية والجيولوجيا الطبيعية لأن الأرض هي القاسم المشترك بينهما.

إن دراسة أشكال سطح الأرض وتطورها لا بد من التعرف على الدورات المناخية وعناصرها وتأثيراتها في العملية الجيومورفية لهذا أصبح علاقة وثيقة بين هذا العلم وعلم المناخ.

فضلاً على ذلك يوجد ارتباط بين علم شكل الأرض والغطاء النباتي لتأثيراته المباشرة وغير المباشرة في تطور أشكاله الأرضية ومن جانب آخر يوجد بينه وبين الجغرافية البشرية علاقة وطيدة لأن الإنسان عنصر فعال في تغيير سطح الأرض مهما كان التغيير سلباً أم إيجاباً. من هنا عدّ الإنسان عامل جيومورفي مهم. وأصبح ميدان هذا العلم يدرس في علم الأرض (Geology) وفي الجغرافية (Geography)

لأنه يعد حلقة الوصل بين الجغرافية الطبيعية والجيولوجيا الطبيعية (حسن أبو العينين، 1981: 23).

ويوجد صلة وثيقة بين علم شكل الأرض والدراسات الكيميائية خاصة ما يتعلق منها بكيمياء المياه والتربة والصخور لأنها تساعد الباحث الجيومورفي في تحليل الخصائص الكيميائية لهذه المكونات وانعكاساتها في تطور المظهر الأرضي. يعتمد كذلك هذا العلم في دراساته على الدراسات البايولوجية خاصة علم الحفريات Paleontology لأنها مهمة جداً في الدراسات الجيومورفية التاريخية؛ لأنها مفتاح الحاضر لدراسة الماضي.

تطور الفكر الجيومورفولوجي :

بدأت الاتجاهات الحديثة لعلم شكل الأرض من خلال كتابات القدامى في عصري الإغريق والرومان خاصة في كتابات هيرودت (485 - 425 ق.م) الذي قال: "مصر هبة النيل" دلالة على تطور دلتا نهر النيل في مصبه في البحر المتوسط بنقل الحمولة العالقة التي جاءت بها مياه النيل فضلاً على ذلك الفيضانات السنوية المتكررة للنهر تجدد خصوبة أراضي مصر.

وضح أرسطو الإغريقي (384 - 322 ق.م) ان البحر كان يغطي مساحة واسعة من سطح الأرض. وأن أصل مياه الينابيع والآبار يرجع إلى مياه الأمطار المتسربة إلى باطن القشرة الأرضية وكذلك تكاثف بخار الماء الساخن المتواجد في باطنها (الصحاف، 1989: 22). وبين وجود علاقة وثيقة في منشأ كل من الزلازل والبراكين إلا أنه أخفق في تفسير سبب حدوثهما إذ كان تفسيره لهما قائم على أساس الأساطير التي كانت سائدة آنذاك.

وفسر سترابو اليوناني الأصل (54 - 25 ق.م) الترسبات النهرية وتطور الدالات المصبية وذلك من خلال تجواله في أنحاء إيطاليا وتركيا واليونان ومصر.

ومن أبرز ملاحظاته انه أشار إلى جبل فيزوف في إيطاليا بأنه بركاني المنشأ على الرغم أنه لم يكن ثائراً في حياته (أبو راضي، 2003: 14).

ثم جاءت كتابات العلماء المسلمين في القرن العاشر الميلادي (الرابع الهجري) اعتبرت أفكارهم تمازج بين الإرث الإغريقي والروماني القديم وبين ملاحظاتهم الحقلية الوصفية أثناء تنقلاتهم في أرجاء الدولة الإسلامية الواسعة أبرزهم.

جماعة اخوان الصفا (941 - 982 م) جاء في رسائلهم الكثير من التفسيرات الجيومورفية ولعل في مقدمتها أكدوا على تطور القاع الصفص السهل التحتاتي (Peneplain) والذي نسب فيما بعد إلى العالم الأمريكي وليم موريس ديفز. وأشاروا في رسائلهم إلى تطور المياه الجوفية بفعل الطبقات الصخرية النفاذة وغير النفاذة. وأكدوا كذلك على طغيان وانحسار مياه البحر مرات عديدة على اليابس.

وابن سينا (980 - 1037 م) هو شيخ الاطباء يعدّ كذلك شيخ الجيومورفين لآرائه السديدة في هذا المجال. وضح ابن سينا أصل تكوين الجبال هي الحجارة. ومن أبرز آرائه أشار إلى أهمية المتحجرات ودلالاتها في الدراسات الجيومورفية بقوله: "إن كان يحكى من تحجر حيوانات أو نباتات صحيحاً" (ابن سينا، المعادن والآثار العلوية: 3).

وكذلك أشار إلى الطباقية تعاقب الطبقات الصخرية بعضها فوق بعض بدلالة قوله: "قد يرى بعض الجبال كأنه منضود سافاً فسافاً فإن كل ساف أرتكم أولاً ثم حدث بعده في مدد أخرى ساف آخر" (ابن سينا، المعادن والآثار العلوية: 9).

أشار محمد أبو الريحان البيروني (974 - 1062م) إلى مفهوم المياه الجوفية وكيفية استقرارها في مسامات الصخور تحت السطحية كذلك أشار إلى تباين عمليات التعرية النهرية ما بين منطقة المنبع والمصب بقوله: "يبلغ الحفر عظيمه

بالقرب من الجبال وشدة جريان الأنهار وأصغر عند التباعد وفتور وربما لا عند الركود"
(البيروني في تحقيق ما للهند، 1958: 157).

الفكر الجيومورفي الحديث :

استمر علم شكل الأرض في التطور معتمداً في ذلك على الإنتاج المعرفي
لعهد الإغريق والرومان والمسلمين، تبنى هذه الأفكار باحثون كثيرون أبرزهم:

- **البريطاني جيمس هاتون J. Hutton (1726 - 1797 م)**

من أشهر كتبه (نظرية الأرض بالبراهين والإيضاحات) (كريل، 1986: 23). أكد على النسقية في تطور ظاهرات الأرض فجاءت عبارته المشهورة:
"الحاضر مفتاح الماضي".

- **جروف جلبرت G. Gillbort (1843 - 1918م)**

تنوعت اهتماماته بين التعرية الهوائية والمائية والجليدية، وأشار إلى أهمية
البراكين في تطوير سطح الأرض ووضح دورها في بناء الكتل النارية هو صاحب
تعبير مصطلح اللاكوليث (Lacoliths) والكتل الصدعية (Fault Blocks) في
منطقة الحوض العظيم. (فتحي أبو راضي، 2003: 22)، ويعدّ جلبرت مؤسس
المدرسة الجيومورفولوجية الأمريكية وأطلق عليه لقب الجيومورفي الأول.

- **فالتربنك W. Penek (1888 - 1924)**

ألماني اهتم بدراسة التعرية المائية وأثرها في تشكيل سطح الأرض. واهتم
كذلك بدراسة حركة مواد سطح الأرض مدعماً ذلك برسوم توضيحية عرضها في
كتابه (التحليل الجيومورفولوجي لظواهر سطح الأرض، 1924) (حسن أبو العينين،
1981: 41).

- داتون (1841 - 1921) Datton

أكد على الدورة التحاتية لظواهر سطح الأرض، وإنها عرضة للتلاشي بفعل عوامل التعرية التي عدّها المرحلة النهائية لتطور الظاهرة الأرضية.

- وليم موريس ديفز (1850 - 1934) W. M. Davis

جيولوجي أمريكي استطاع الاستفاد من آراء سابقة ليلبور منهجاً علمياً لعلم شكل الأرض هو المنهج الوصفي الإيضاحي القائم على الوصف التوضيحي لأصل الظاهرة الأرضية (صلاح الدين البحيري: 17). بنى ديفز منهجه على ثلاثة عناصر (البنية - العملية - المرحلة).

1. البنية Structure

يقصد بها الكتلة الأرضية الجيولوجية الأولية كنهوض أرضي أولي تطورت منها تضاريس سطح الأرض.

2. العملية Process

هي مجمل العمليات التي تعمل مجتمعة في تغيير سطح الأرض ما بين عمليات هدم وبناء.

3. مرحلة التطور Stage of development

الفترة العمرية (الزمنية) التي بلغت فيها العملية الجيومورفية.

كان اهتمام ديفز منصباً على التطور المرحلي للظاهرة الأرضية الذي يبدأ من مرحلة الشباب ثم النضج والشيخوخة والتلاشي بفعل العمليات الهدمية (تجوية وتعرية) التي تؤدي بتضاريس الأرض إلى الانخفاض والتلاشي وتكوين السهل التحاتي (Peneplain) القاع الصفص.

المراحل الثلاثة الآتية الذكر متداخلة مع بعضها ولا يوجد حدود فاصلة بينهما أطلق ديفز عليها (الدورة التحاتية الكاملة) (A complete Cycle). وتسمى أحياناً باسمه (الدورة الجيومورفولوجية الديفيزية).

نقد آراء وليم مويس ديفز :

بالرغم من بحوثه الكثيرة التي تجاوزت (300 بحث) وتنقله بين جامعات أمريكا وأوروبا ويعد مؤسس علم شكل الأرض الحديث إلا أن دراساته لم تسلم من النقد وخاصة من قبل زميله فالترينك Walter Penk وكالآتي:

1. اقتصرت دراسات ديفز على البنية الأرضية المسيطر عليها تكتونياً ويرجع ذلك إلى كونه جيولوجياً.
2. أهمل ديفز تأثير العوامل الجيومورفولوجية السطحية بشكل عام والتبدلات المناخية بشكل خاص أثناء فترة البليوستوسين.
3. اعتمد ديفز التطور الحيوي (شباب - نضج - شيخوخة). لدراسة أشكال سطح الأرض. هذا التشبيه غير ممكن لأن الطبيعة في مظاهرها لا تتصف بالنسقية بل تخضع لقوى ميتافيزيقية (ما وراء الطبيعة) تتحكم فيها مثل حركات تكتونية سريعة (زلازل - براكين)، تبدلات مناخية شاملة استثنائية. تدخلات بشرية مثل بناء السدود وغيرها. جميعها تؤثر في الدورة التحاتية وتخرجها من طور النضج إلى الشباب أو من طور الشيخوخة إلى الشباب والعكس.

استجاب ديفز لهذه الانتقادات اعتبر الدورة التحاتية هي دورة نموذجية ومنها تتطور دورات ثانوية كالدورة التحاتية الناقصة ودورة تحاتية مركبة ومضاعفة.

الفكر الجيومورفي المعاصر :

الجيومورفولوجيا المعاصرة مستمدة افكارها من ثالوت وليم ديفز (البنية - العملية - المرحلة) ومعتمدة على أفكاره لاسيما ما يتعلق بدورة التعرية في الطبيعة بالرغم من الانتقادات التي وجهت إلى أفكاره.

تبنّت الجيومورفولوجيا المعاصرة مرحلة التطبيق العلمي والعملّي التي تعين الدارس في هذا المجال التفسير المنطقي للظواهر الأرضية مستعيناً بنتائج التحليلات المختبرية والقياسات الحقلية، وعليه خضعت الظاهرة الأرضية للتجربة المختبرية، فضلاً على ذلك أسهمت الثورة الكمية في إثراء الدراسات الجيومورفية ومكنت الباحثين في هذا المجال الحصول على نتائج أكثر دقة وعلمية ونتج عن ذلك الاتجاهات الآتية:

1. اتجاه المدرسة الدينامية (الحركية):

من انصار هذا الاتجاه الأمريكي وليم دي ثورنبري W. D. Thornbury والبريطاني سباركس B. W. Sparks وكنج L. C. King في الولايات المتحدة ويسبقهم في ذلك فالترينك وتلامذته.

يؤكد اتجاه هذه المدرسة على الدراسة الحقلية للظاهرة الأرضية والتعرف على العمليات الجيومورفية حقلياً من خلال تتبع دراسة بقايا أسطح التعرية.

2. الاتجاه الكمي:

يؤكد هذا الاتجاه على القياسات الحقلية والاستعانة بالقوانين الرياضية والإحصائية ومعلومات مستمدة من العلوم الطبيعية والكيمياء في تفسير الظاهرة الأرضية بدلاً من الوصف الكيفي الذي كان سائداً في عهد ديفز وجماعته.

من أبرز المهتمين في هذا الاتجاه هورتن (Horten, 1945) وستريلر (Strahler, 1952) وشورلي (Chorley) وفيشر (Fischer) أكدوا في دراساتهم على اخضاع شبكة الصرف المائي والانحدارات الأرضية للقياس والمعادلات الرياضية فأثبتوا من هذا الاتجاه المدرسة المورفومترية (القياسية).

3. الاتجاه المورفومناخي:

تبنى هذا الاتجاه عناصر المناخ الحالي ودورها في تكوين ظاهرات سطح الأرض. أصحاب هذا الاتجاه تبنى آراء وليم ديفز وعالج ما فيها من ضعف إذ كان تركيزه على البنية الأرضية فقط، وليعيد هذا الاتجاه علم شكل الأرض إلى الفلسفة الجغرافية.

أول من تبنى هذا الاتجاه الفرنسي دي مارتون (De Marton, 1940) درس تشكيل ظواهر سطح الأرض تحت ظروف المناخ المداري الحار الرطب (أبو العينين: 99).

وظهرت دراسات لتقسيم العالم إلى أقاليم مورفومناخية أبرزها دراسات بلتير 1950 وليوبولد وزملاؤه 1964 حيث اعتمدا على المعدل السنوي لكل من درجة الحرارة والأمطار، وتأثيرهما على فعل التجوية والتعرية في مناطق سطح الأرض المختلفة.

4. الاتجاه التطبيقي:

اتجاه حديث في علم شكل الأرض تطور من التآلف بين الاتجاهات الآنف الذكر من جانب واشتغال اختصاصات عديدة في هذا الميدان من جانب آخر. لهذا تغير مفهوم هذا العلم من الدراسة السطحية لقشرة الأرض إلى الاهتمام باستغلال مكونات سطح الأرض الخارجية والداخلية للوصول إلى تحقيق المنفعة المكانية للإنسان. مع التركيز على التقليل من آثار العمليات الجيومورفية في سطح الأرض وما ينتج عنها من أشكال أرضية تؤدي إلى تدهور الموارد الطبيعية.

الاتجاهات الآنف الذكر جعلت من علم الأشكال الأرضية علماً قائم على المعرفة العلمية الدقيقة. خاصة في عهد الثورة المعلوماتية التي يشهدها التطور العلمي بصورة عامة والجغرافية بصورة خاصة ومنها علم الأشكال الأرضية. أغنت الثورة المعلوماتية المتضمنة تقانة الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية هذا

العلم وجعلته في مصاف العلوم الصرفة ونقلته من حيز الوصف والعموميات إلى مجالات علمية أكثر دقة وموضوعية خاصة فيما يتعلق بدراسة الانحدارات الأرضية وحركة الكتلان الرملية والثلاجات وطبوغرافية الكارست وغيرها من ظواهر سطح الأرض المختلفة. فضلاً على ذلك وفرت هذه الثورة المعلوماتية فرص مهمة لدراسة التقييم البيئي وانعكاسات ذلك في تحقيق التنمية المستدامة من خلال بناء قاعدة معلومات للوصول إلى استنتاجات علمية لها دلالات تطبيقية.



الفصل الثاني

علاقة الأرض

بالمجموعة الشمسية

الفصل الثاني

علاقة الأرض بالمجموعة الشمسية

1. مقدمة مختصرة عن كوكب الأرض :

عمر الكرة الأرضية وتركيبها:

حاول الكثير من العلماء خاصة الجيولوجيا والعلوم الطبيعية تحديد عمر الأرض على أسس علمية ولهذا أكدوا على مصطلحين هما:

العمر المطلق للأرض Absolute Age : تقدير عمر الأرض نفسها أي منذ أن بدأت قشرتها الخارجية في التصلب.

العمر النسبي Relative Age : تقدير عمر الصخور وخاصة الرسوبية الذي يعتمد في تقدير عمرها على دراسة المتحجرات المتواجدة فيها؛ لأن الأرض عمرها أقدم من الصخور، وإن قشرة الأرض مرت بمراحل طويلة حتى تكونت.

يقدر أقدم عمر للصخور الأرضية ثلاثة آلاف سنة وإن الكرة الأرضية مرت بالعديد من التغييرات قبل أن تتكون هذه الصخور ولهذا المدة التي انقضت منذ أن بدأت المرحلة الأولى لتكوين الأرض وحتى الآن 12 ألف مليون سنة.

لكن في الوقت الحالي وبسبب اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي لذرات العناصر المشعة توصل العلماء لتقدير عمر الأرض يتراوح بين (4,5 - 6 بليون سنة) منذ بداية ظهورها كجسم غازي يجتمع حول نفسه وأن عمر صخور نويات القارات يتراوح بين نصف بليون سنة - 2,5 بليون سنة (فتحي عبدالعزيز أبو راضي، 2001: 71).

التركيب الداخلي للأرض :

تقسم الكرة الأرضية إلى الأقسام الآتية من الخارج نحو الداخل وكما يتضح من الشكل (1) وكالاتي:

1. القشرة الخارجية الصلبة :

هي الغطاء الخارجي للكرة الأرضية ويتراوح سمكه بين (40 - 50 كم) تحت القارات ويقل إلى (5 - 10 كم) تحت قيعان المحيطات. ويتكون من طبقتين:

الأولى: طبقة السيلال Sial :

وتكون الغلاف الصخري جاء هذا الاسم من الحرفين الأولين من كلمة سيليكيا والحرفين الأولين من كلمة الألمونيوم (Aluminum). تبلغ نسبة السليكا فيها 70% والألمونيوم 30% وتتكون من مواد كرائيتية تتراوح كثافتها بين 2,65 - 2,70 غرام / سم³، ويتراوح سمكها بين 2 - 30 كم يزداد سمكها في الجهات المرتفعة من سطح الأرض ويقل سمكها في قيعان البحار والمحيطات وتكون معدومة في قاع المحيط الهادي. وعلى هذه القشرة الأرضية تحدث مختلف العمليات الجيومورفية التي ميزت التضرس النهائي لها.

الثاني: طبقة السيما Sima :

الطبقة السفلية من القشرة الصلبة تتكون من المغنيسيوم (Magnesium) والسيليكيا (Silica) ولهذا جاء اسمها اختصاراً لكلمتي سيليكيا ومغنيسيوم وتسمى طبقة المافيك Mafic وتتكون من صخور بازلتية تتراوح كثافتها بين 2,90 غرام/سم³ - 3,50 غرام/سم³. ولا يمكن معرفة عمقها بدقة.

2. حد الموهو :

يتواجد اسفل طبقة القشرة الصلبة وأعلى طبقة الوشاح الداخلي Mantle ويسمى حد الموهوروفيش نسبة لمكتشفه عالم الزلازل اليوغسلافي اندريا موهوروفيش عام 1909 تتغير عند هذا الحد سرعة الموجات الزلزالية تغييراً فجائياً إذ تبلغ عنده

8,1 كم/ثا في حين تقل سرعتها فوق هذا الحد إلى 5 كم/ثا وتزداد عن ذلك إلى أسفل منه إذ لا يعتبر طبقة بل مرحلة انتقالية تلتقي عنده القشرة الأرضية بغطاء النواة ولهذا يعد سطح انفصال.

3. غطاء النواة :

تتميز صخوره بأنها ذات كثافة عالية إذ تتراوح (0,3 - 3,3 غرام/سم³) عبارة عن طبقة سميكة من المواد الصخرية وفي حالة تصلب شديد يبلغ سمكها (2900 كم) وهي صخور قاعدية (بازليته) ويسمى المانتل Mantle .

4. حد جوتنبرج :

سطح انفصال يفصل أسفل طبقة المانتل عن أعالي طبقة النواة Core تقدر درجة الحرارة عند هذا الحد (3700°م).

5. النواة Core :

كتلة مركزية يبلغ قطرها (3100 كم) (شرف، 1985: 77) تتكون من الحديد والنيكل ولهذا تسمى طبقة النايك Nife اختصاراً لكلمتي الحديد Ferrum والنيكل Nickel ذات حرارة عالية جداً تتراوح بين (2000 - 4000°م) وتقع على عمق 2900 كم تتكون من قسمين:

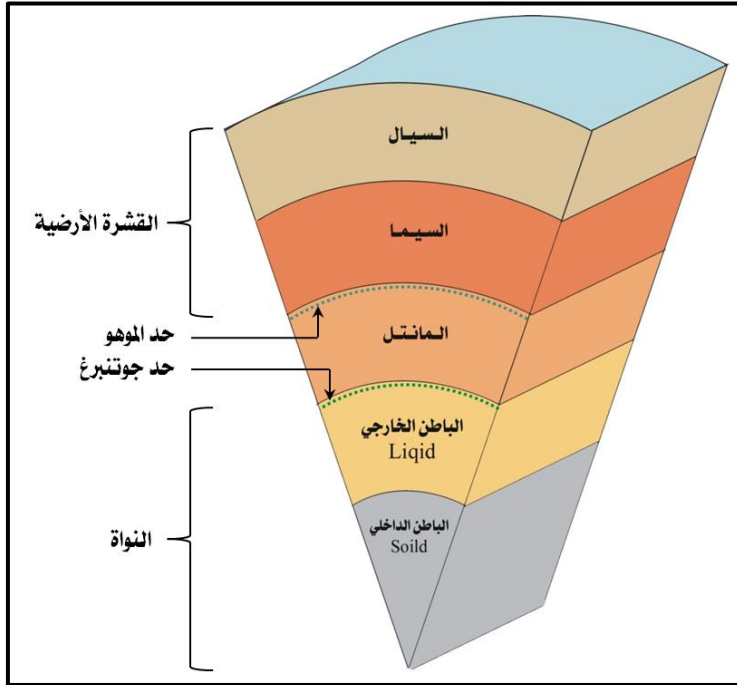
1. طبقة الباطن الخارجي Outer Core :

يبلغ سمكها 2220 كم وتتكون من حديد ونيكل هي في حالة سيولة وتتراوح ما بين (1900 إلى 6000°م) تتكون من حديد ونيكل وفي حالة سائلة Liquid .

2. طبقة باطن الأرض الداخلي Inner Core :

تتكون من مواد معدنية ثقيلة في حالة صلابة شديدة Solid يبلغ سمكها 1230 كم.

شكل (1): طبقات القشرة وباطن الأرض



حرارة باطن الأرض :

تتزايد درجة حرارة باطن الأرض كلما تعمقنا من السطح نحو المركز 32° م / كم أي درجة مئوية واحدة لكل 32 متر دلالة ذلك انبثاق المصهورات البركانية والينابيع الحارة، يرجع ذلك لسببين:

أولاً: تزايد الضغط الواقع عليه كلما اتجهنا نحو المركز بما يعادل ضغط الغلاف الجوي على سطح الأرض بنحو أربعة مليون مرة (شرف، 1985: ص 77) أي ما يعادل 24500 طن على البوصة المربعة، يكفي لأن يظل الصخر الجوفي في حالة صلبة.

يرجع سببه إلى بداية نشأة الأرض عندما كان يكبر حجمها من اكتسابها الكويكبات وبسبب دوران الأرض حول محورها واستمرار برودتها التدريجية أعيد ترتيب معادنها وفقاً لكثافتها ووزنها فالمعادن الأكثر وزناً وكثافة استقرت في المركز

والأقل كثافة ووزناً كانت قريبة من سطح القشرة الأرضية. ترتب على ذلك ازدياد قوة جاذبية الأرض في المركز وازداد ضغطها. وارتفعت درجة انصهارها وبقاءها في حالة صلبة. إذا ما أختل الضغط الواقع عليها بسبب الحركات التكتونية يقل الضغط المسلط عليها فتتصهر وتتدفق إلى السطح في حالة سيولة وهذا ما نلاحظه أثناء الانفجارات البركانية.

ثانياً: باطن الأرض يحتوي على مواد معدنية مشعة ذات إشعاعات ذرية تكفي لتوليد طاقة حرارية كبيرة جداً.

نطاقات الكرة الأرضية :

تتكون الكرة الأرضية من النطاقات التالية:

1. النطاق الصخري Lithosphere :

هو القشرة الخارجية الصلبة وتضم مجموعة من الصخور المختلفة في خصائصها الطبيعية والمعدنية ويتراوح سمكه بين 40 - 50 كم ويحدث عليه مختلف التفاعلات الفيزيوكيميائية.

2. النطاق المائي Hydrosphere :

يتمثل بجميع المياه الموجودة في البحار والمحيطات والتي تغطي 71% من سطح الكرة الأرضية والمياه العذبة على سطح اليابس والجوفية.

3. النطاق الجوي Atmosphere :

الغلاف الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية ويتراوح سمكه بين 200-300 كم من سطح البحر ويتكون من النيتروجين والأكسجين بنسبة 99% فضلاً على بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون وغازات خاملة مثل الأركون، وهو المسؤول عن مختلف العمليات الجيومورفولوجية التي تحدث على السطح.

4. الغلاف الحيوي Biosphere

هو ناتج تفاعل النطاقات الثلاث الصخري والمائي والغازي هذا التفاعل جعل الكرة الأرضية تتفرد عن الكواكب الأخرى بصفة الحيوية.

النظريات التي تفسر علاقة الأرض بالمجموعة الشمسية :

تقسم النظريات التي تفسر علاقة الأرض بالمجموعة الشمسية إلى قسمين:

أولاً: نظريات الجزيئات الكونية والسدم. (النظريات القديمة):

يفترض أصحاب هذه النظريات أن المجموعة الشمسية نشأت في الأصل من جزيئات صلبة حارة أو باردة أو غازية تسبح في الفضاء الخارجي ثم تجمعت بشكل سحب ضخمة (السدم) وأخذت تدور حول نفسها ثم انفصلت عنها الكواكب الأخرى منها الأرض والكتلة الرئيسية كونت الشمس من أنصار هذه النظريات:

1. الفيلسوف الألماني كانت Imanuel Kant 1755
2. العالم الفرنسي لابلاس Laplace 1796
3. العالم الأمريكي ويبيل Fred Whipple 1918

ثانياً: نظريات المد الغازي (المد النجمي):

تعددت النظريات التي حاولت تفسير نشأة الأرض ولعلّ أبرزها:

1. نظرية جمبرلن ومولتن Chamberlin and Moulton 1904
2. نظرية جفريز وجينز Jefferys and Jeans 1927
3. نظرية هويل Hoyle 1935
4. نظرية فايتسيكر Von Weizsacher 1945
5. نظرية يوري Yory 1952

سوف نتناول بالشرح نظريتين فقط حسب تتابعها لأن المقام هنا ليس جغرافية طبيعية بل علم أشكال سطح الأرض.

1. نظرية تشمبرلن ومولتن (نظرية الكويكبات):

تشمبرلن عالم أمريكي جيولوجي ومولتن عالم أمريكي فلكي افترضا أن الشمس موجودة في الأصل بهيئة غازات وذلك لتجنب الانتقادات التي وجهت لنظريات السدم، مرّ بقرنها نجم أكبر منها أدت قوة جاذبيته إلى حدوث بروز من سطح الشمس المقابل له، وبسبب جاذبية النجم الشديدة من جهة والانفجارات الشمسية داخل الشمس من جهة أخرى وبإزدياد اقتراب النجم من الشمس انفصلت أجزاء من ذلك النوء الشمسي وتناثرت في الفضاء ثم تبلورت تلك الأجزاء المنفصلة وتجمعت مكونة الكواكب. هكذا تكون كوكب الأرض ويفترض العالمان أن الأرض بردت بسرعة بعد انفصالها عن الشمس ثم أخذت تكتسب العديد من الكويكبات عبر ملايين من السنين فكبر حجمها وازدادت قوة جاذبيتها وتركزت في مركز الأرض، والغازات المنطلقة منها تكاثفت وكونت الغلافين الغازي والمائي.

لاقت هذه النظرية بعض الانتقادات منها:

1. لم تعطِ تفسير عن سبب وجود الكواكب السيارة كلها في مستوى واحد.
2. لم توضح النظرية تفسير الخصائص المعدنية التي تتكون منها الأرض ولماذا تزداد كثافة موادها كلما تعمقنا نحو المركز.

2. نظرية يوري Yory :

جاء بها الكيميائي هارولد يوري وتسمى بنظرية السحب الغازية The Dust Cloud Hypo Thesis (أبو راضي، 2001: 66).

بنى يوري نظريته في أوائل الخمسينات على آراء النظريات التي سبقته وخاصة نظرية جمبرلن ومولتن. تفترض النظرية أن أصل النظام الشمسي تطور من سحابة غازية، نشأ عنها في البدء الشمس تحيط بها حلقة من السحب الغازية تجزأت مكونة فيما بعد الكواكب ومنها كوكب الأرض والكويكبات.

دوران الأرض وأهميته الجغرافية :

تتحرك الكرة الأرضية حركتين الأولى حول محورها وتستغرق 24 ساعة مكونة الليل والنهار والثانية في فلكها حول الشمس وتستغرق $365 \frac{1}{4}$ يوم وينتج عنها الفصول الأربعة.

تتحرك الأرض بسرعة تبلغ 300 كم في الثانية أي 10800 كم في الساعة بالرغم من السرعة الفائقة التي تتحرك بها الأرض حول نفسها أو حول الشمس لكنها حركة غير محسوسة لأن كل مكوناتها من صخور وهواء ومياه وحياة تتحرك بنفس الوقت والسرعة.

هاتان الحركتان تؤدي إلى انحراف الرياح إلى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي وإلى اليسار في نصفها الجنوبي تبعاً لقانون فرل Ferrel's Law ويظهر نفس هذا التأثير لكن بصورة أقل وضوحاً على اتجاه التيارات البحرية في البحار والمحيطات.

Isocracy of earth's Crust

توازن قشرة الأرض

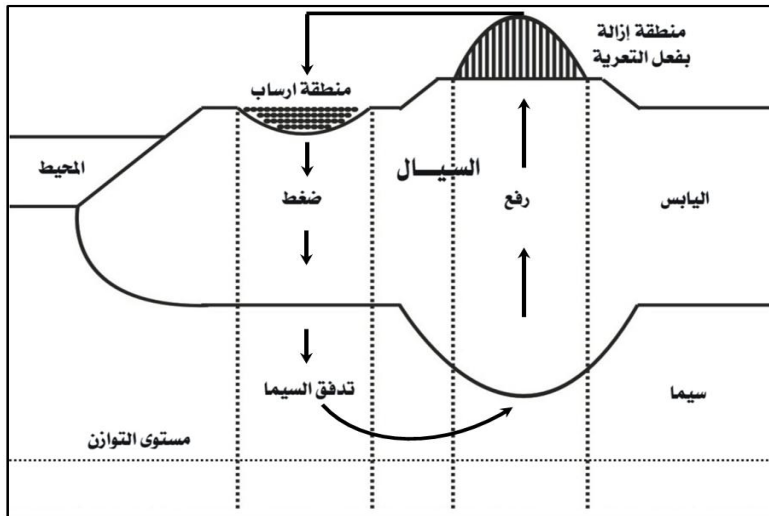
العالم الجيولوجي داتون C. E. Dutton, 1889 أول من أشار إلى توازن قشرة الأرض Isostasy (أبو راضي، 2001: 96) للتعبير عن حالة التوازن بين يابس الكرة الأرضية بصخوره الكرانيتية الخفيفة تبلغ كثافتها 2,7 غم/م³ وما يقع أسفلها من صخور بازلتية ثقيلة كثافتها 3,4 غم/سم³ سبب هذا الاختلاف في الكثافة يرجع إلى التصلب التدريجي للأرض بفعل فقدان برودتها ببطء فاتجهت المواد الثقيلة البازلتية إلى باطن الأرض Core وبقيت المواد الحامضية الخفيفة الكرانيتية بالقرب من السطح ترتب عليه أصبح باطن الأرض شديد الحرارة والضغط وعالي الجاذبية، وهذا ما أيده العالم الأمريكي هايفورد وضح على بعد 100 كم عن سطح الأرض يوجد مستوى رمزي يسمى مستوى التوازن Isostasy يفصل بين طبقات الأرض ذات الكثافات المتباينة (السيما والسيال) ويتحقق هذا التوازن بين كتلة السيلال المرتكزة على السيما بالعلاقة العكسية بينهما كلما يقل سمك طبقة السيال يقابلها زيادة سمك طبقة

السيما. فمثلاً المناطق السهلية تتكون من طبقة رقيقة من السيل الخفيفة تقابلها طبقة سميكة من السيما الثقيلة بينما المناطق الجبلية لها طبقة سميكة من السيل مما يجعلها تغوص في طبقة السيما. لهذا يوجد توازن دائم بين كتلة السيما والسيل إذا قل سمك طبقة السيل تزداد طبقة السيما سمكاً والعكس صحيح.

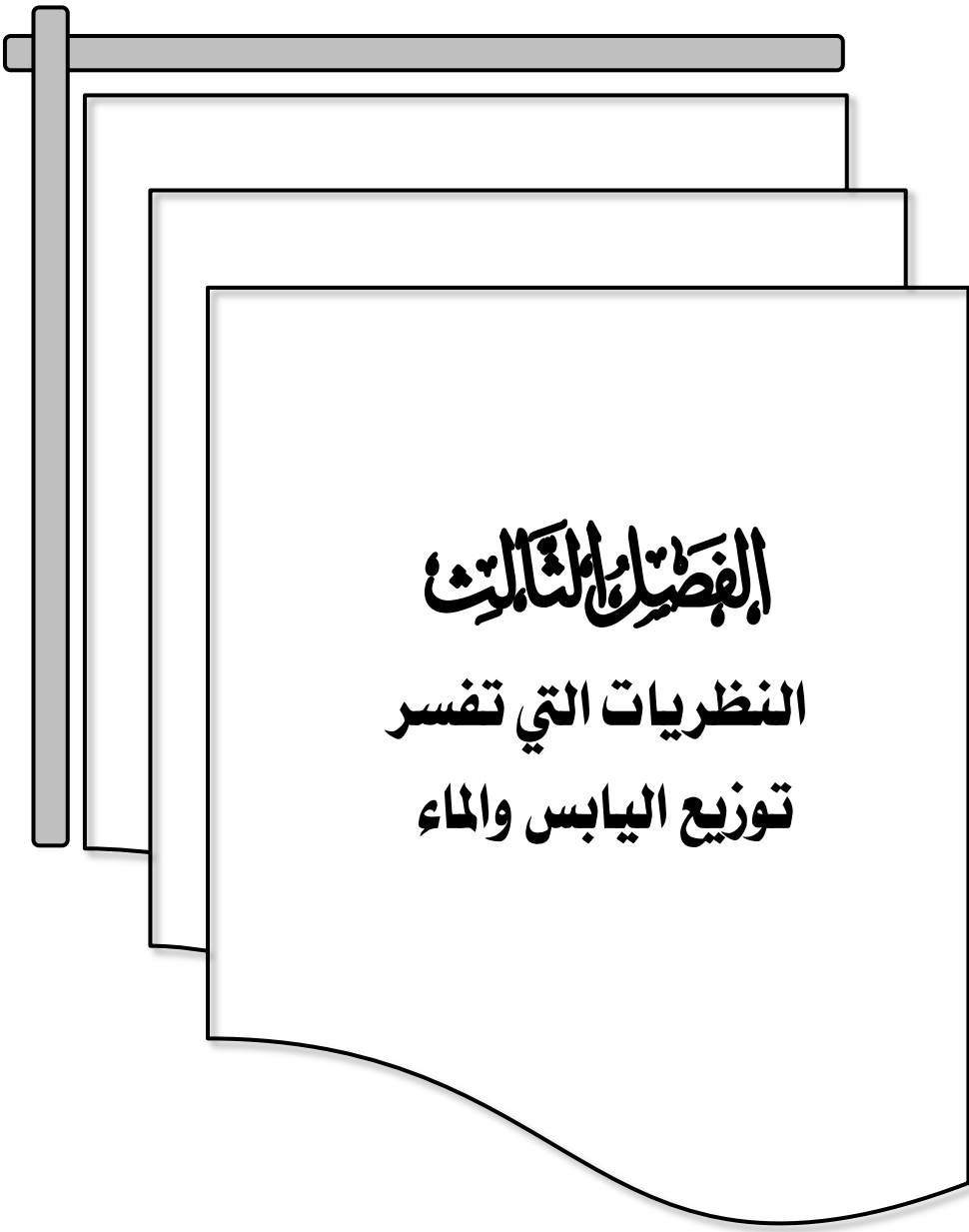
كلما كانت الكتلة الجبلية كبيرة كان تعمقها أكبر والجزء المتعمق من السيل يسمى جذور القارات أو جذور الجبال وتكون بمثابة الأوتاد التي تثبت الصفائح القارية. وقال سبحانه وتعالى: ﴿الَّذِينَ جَعَلُوا لَآلِئِهِمْ مَقَارِعَ الْجِبَالِ﴾ [سورة النبا: الآية 6].

وفق هذا التوازن يتم تفسير ما يحدث من ناتج عمليات جيومورفية على سطح الأرض، تقوم عمليات التعرية بنقل نواتج التجوية بعواملها المتمثلة بالمياه والرياح والثلجات وترسبها في المناطق المنخفضة وباستمرار العمليات الهدمية والبنائية لمديات زمنية كبيرة جداً يقل ارتفاع المناطق الجبلية وتزداد المناطق المنخفضة امتلاءً وانبساطاً (شكل 2). استناداً لما سبق ظهرت نظرية سميت بنظرية التوازن (Theory of Isostasy) التي تؤكد على توازن قشرة الأرض بفعل عمليات جيومورفية سطحية وعوامل باطنية (تكتونية) سريعة وبطيئة.

الشكل (2) نظرية التوازن



فتحي عبدالعزيز أبو راضي، أسس الجغرافية الطبيعية، ص 99.



الفصل الثالث

النظريات التي تفسر

توزيع اليابس والماء

الفصل الثالث

النظريات التي تفسر توزيع اليابس والماء

Continental Drift

1. نظرية الزحف القاري

جاء بهذه النظرية العالم الألماني فجنر Wegener 1929. وضح ان قارات العالم في العصر الكربوني من الزمن الجيولوجي الأول قبل 400 مليون سنة كانت كتلة أرضية واحدة تسمى قارة بنجايا Pangaea تقسم إلى قارتين الأولى تمثل الجزء الأكبر منها يمتد في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية يسمى بقارة جندوانا لاند والثانية قارة لوراسيا في الشمال وتسمى كذلك بقارتي (انجارا وارتكس). يفصل بينهما بحر تيثس Tethys.

في الزمن الجيولوجي الثاني قبل 200 مليون سنة حدثت حركات تكتونية عنيفة أدت إلى تمزق كتلة بنجايا إلى أجزاء عديدة وتحركت في ثلاث اتجاهات: اتجاه نحو الشمال تحركت بموجبه معظم أجزاء اليابس تدريجياً من الجنوب نحو الشمال مبتعدة عن القطب الجنوبي فيما عدا الكتلة المتبقية منها والتي كونت القارة القطبية الجنوبية (قارة انتاركتيكا).

أما الأجزاء التي تحركت نحو الشرق كونت معظم أستراليا وشبه الجزيرة العربية وهضبة الدكن. وشكلت الأجزاء التي تحركت نحو الغرب أمريكا الجنوبية.

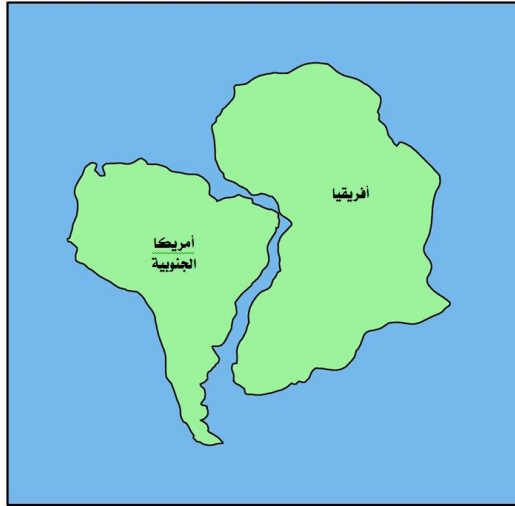
وفي الوقت ذاته انفصلت أجزاء من كتلة لوراسيا كونت أمريكا الشمالية وكرين لاند. والجزء المتبقي من كندوانا لاند كون قارة أفريقيا ومن كتلة لوراسيا تكونت قارتي آسيا وأوروبا.

بنى فجنر نظريته على الأمور التالية:

1. الخصائص الشكلية للسواحل المتقابلة على جانبي المحيط الأطلسي والهندي متشابهة. (انظر الشكل 3).

2. يوجد تشابه في الخصائص الصخرية الجيومورفية والحيوية التي ترجع للزمن الجيولوجي الأول والثاني في جميع الأجزاء القارية الحالية التي كانت في الأصل جزء من كتلة بانجايا. وجود هذه الأدلة في مناطق متباعدة يعتبر دليلاً مهماً على أنها كانت متصلة فعلى سبيل المثال وجدت آثار لحيوانات لا تعيش إلا في المناطق الحارة في وسط أوربا. كذلك العثور على إرسابات جليدية ترجع إلى الزمن الجيولوجي الأول في أفريقيا وأستراليا والهند والبرازيل وهي المناطق التي انفصلت عن جندوانا لاند.

الشكل (3) تطابق السواحل الشرقية والغربية للمحيط الأطلسي



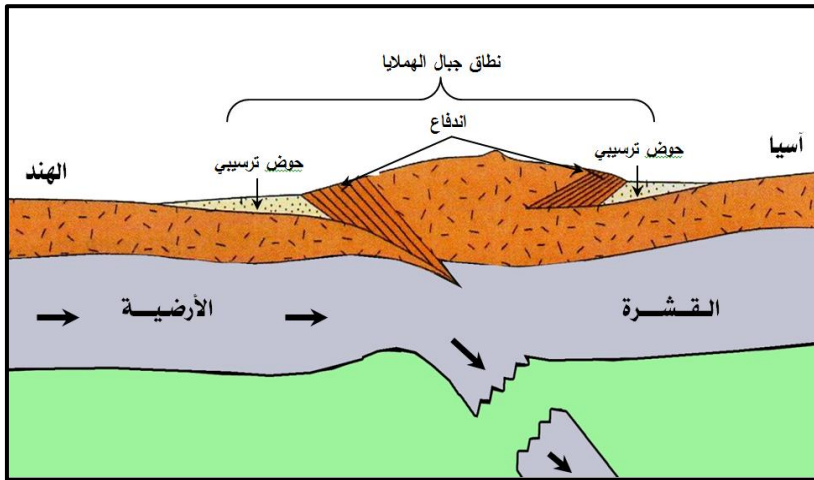
وجه انتقادات عدّة للنظرية منها:

1. لم يوضح فجنر طبيعة الحركات الأرضية التي أدت إلى تمزق الكتلة الأرضية بانجايا.
2. لم يأخذ في الاعتبار الخصائص الشكلية لهذه السواحل وضافها القارية وتأثيرات عصر البليوسين منها.
3. لم يظهر توافق في طبيعة الحركات التكتونية التي شكلت المرتفعات القديمة في بريطانيا وشمال غرب أوربا والحركات التي أوجدت المرتفعات القديمة المقابلة لها في شرق أمريكا.

2. نظرية التيارات الصاعدة :

جاءت هذه النظرية لتفسير سبب حركة الألواح عند فجنر بين العالم البريطاني آرثر هولمز A. Holmes, 1964 أن حركة الألواح القارية يرجع سببه لوجود مناطق ساخنة أسفل القشرة الأرضية (في الجزء السفلي للوشاح) (محمد يوسف حسن وآخرون، 1983: 183). سببها تركيز العناصر المشعة فيها يتطور عنها تيارات حرارية صاعدة هي المسؤولة عن حركة الألواح باتجاهات متباينة تبعاً لاتجاهات التيارات الحرارية. تستمر الألواح في حركتها فوق طبقة السيما إلى أن تعترض طريقها عقبات أرضية صلبة ثابتة قد تكون لوح قاري أو لوح محيطي فتصطدم بها بقوة كبيرة، منطقة التصادم تنتشوه وتندفع إلى الأعلى مكونة التواءات جبالية (الشكل 4) وأبرز مثل لذلك سلاسل جبال روكي وجبال الانديز تطورت من اصطدام لوح الأمريكيتين وأستراليا بلوح قاع المحيط الهادي وسلسلة جبال هماليا ارتفعت بسبب تصادم الهند بكتلة آسيا في أثناء الميوسين. وأحياناً يتقابل لوح محيطي مع لوح محيطي آخر ليكون غور محيطي مثل غور تونجا جنوب المحيط الهادي.

شكل (4) التصادم بين لوحين قاريين وتكوين الجبال المحدبة



Charles C. Plummer, Physical Geology, P. 489.

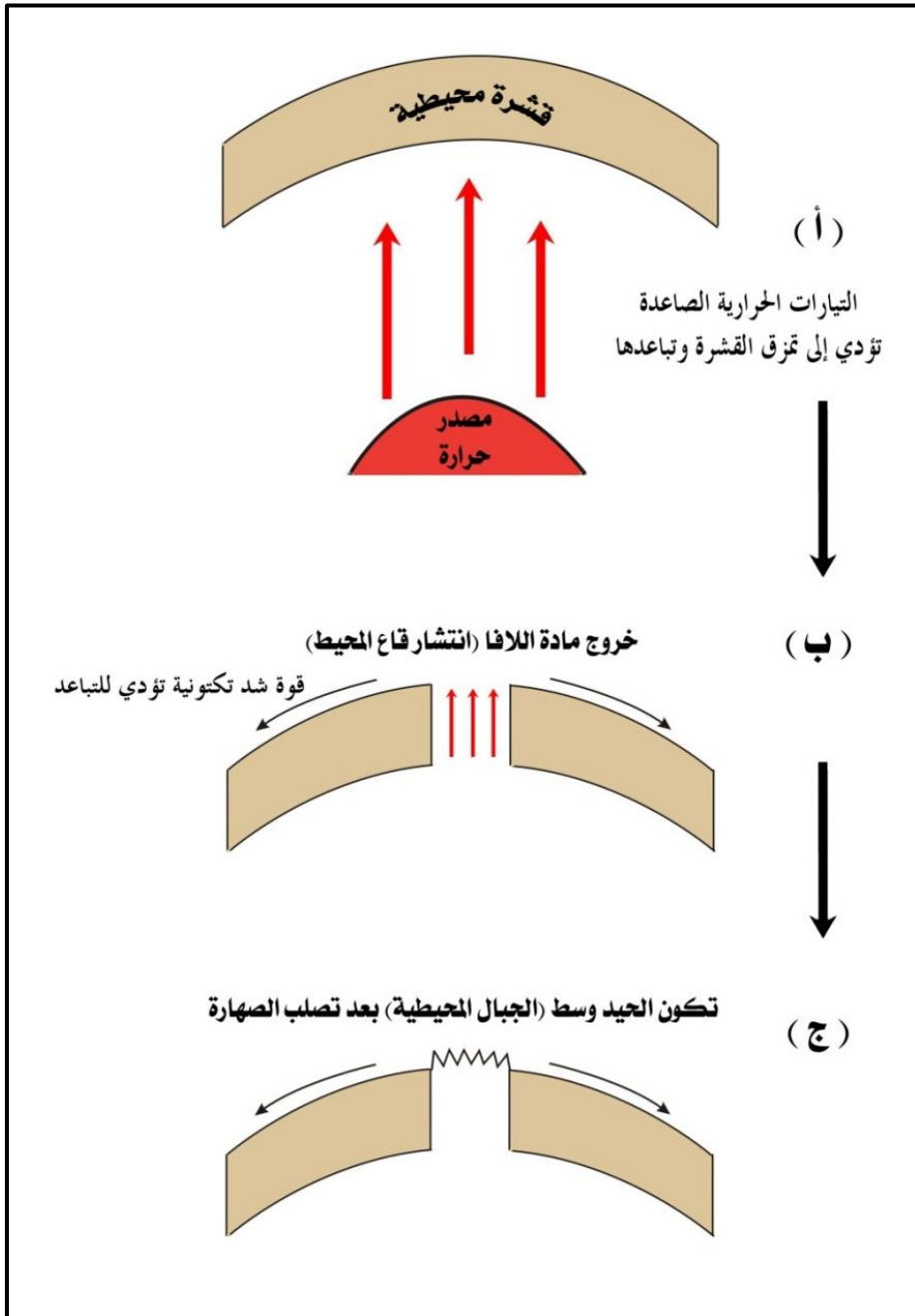
Sea Floor Spreading

نظرية انتشار قاع المحيط

إن هذه النظرية ركن من أركان نظرية تكتونية الألواح. توضح أن سطح الكرة الأرضية مكون من ألواح محيطية وقارية، وأنها في حالة حركة مستمرة بسبب التيارات الحرارية الصاعدة من باطن الأرض تعمل هذه التيارات على ابتعاد الألواح بعضها عن بعض تسمى حدود متباعدة مما يؤدي إلى انبثاق مادة الصهير على طول هذه الحدود لتكوين قيعان المحيطات. وبهذه الطريقة تتسع قيعان الأحواض المحيطية، وتسمى كذلك حدود بناءة لأن انبثاق مادة الصهير تعمل على بناء القشرة الأرضية المحيطية. ويتكون بموجبه سلاسل جبلية ولعل أبرزها السلاسل الجبلية في المحيط الأطلسي تسمى (الحيد وسط اطلسي) (ينظر الشكل 5).

وأحياناً تظهر قممها فوق سطح البحر أو المحيط لتكون جزر أبرزها جزيرة آيسلندا التي تقع على امتداد الجزء الشمالي للحيد وسط - اطلسي. (محمد يوسف وآخرون، 1983: 175).

شكل (5) أنتشار قاع المحيط



المعالم التضاريسية لأحواض المحيطات :

قاع المحيط يتميز بتنوع تضاريسه ولا تختلف عن تضاريس اليابس باختلاف أن تضاريس المحيطات تخضع للعمليات الجيومورفية المائية والكائنات الحية الموجودة فيه بينما التضاريس على اليابس تقع تحت متغيرات عديدة مائية وجليدية وريحية وحيوية. تتمثل التضاريس من الساحل نحو الأعماق بما يلي:

1. الرف القاري:

يشمل كل المناطق الضحلة المجاورة لليابس والتي لا يزيد عمق المياه فيها 200م. هو منطقة الالتقاء بين الرصيف البحري والرصيف القاري. تقدر المساحة الكلية للرفاف القارية في العالم بـ(29 مليون كم²) (عبدالعزیز طريح، 1985: 218).

يعد الرف القاري امتداد لليابس لأن:

1. تكوينها الجيولوجي امتداد لليابس أكثر منها بقاع المحيط.
2. لم تكن دائماً مغمورة بمياه البحر بل كانت تتحول في كثير من العصور الجيولوجية إلى أرض يابسة خاصة في عصر اليليوستوسين عندما ينخفض منسوب سطح البحر.

تعد مناطق الرفاف القارية مهمة جداً بالنسبة للاستغلال البشري إذ تكون غنية بثروتها السمكية كذلك تحتوي صخورها على مكامن نفطية كما هو الحال في الرفاف القارية في الخليج العربي وفي تكساس والساحل الجنوبي لكاليفورنيا في الولايات المتحدة، وساحل شيلي، وكذلك يوجد فيها الحديد والكبريت في قاع الرف القاري لدلتا المسيسيبي.

2. المنحدرات القارية :

تبدأ من خط عمق 200م أي من انتهاء الرف القاري من جهة البحر وتستمر في الانحدار حتى تصل إلى السهول المحيطية العميقة ؛ لهذا تعد منطقة وصل بين صخور اليابس بالرف القاري من جهة والقشرة الصخرية المحيطية من جهة أخرى.

3. سلاسل الجبال المحيطية :

يتواجد في قيعان المحيطات سلاسل جبلية أشبه بالسلاسل الجبلية الموجودة على اليابس؛ إلا أنه لا تظهر على سطح المحيط إلا في منطقتين الأولى جزر ازورس في الشمال والثانية جزر أسانسيون في الجنوب، أبرزها سلسلة المحيط الأطلسي (الحيد وسط أطلسي) تمتد بنطاق طولي لمسافة 15 ألف كم من جزيرة أيسلندا في الشمال حتى القارة القطبية الجنوبية فضلاً لذلك الجبال الموجودة في المحيط الهادي والهندي. ويرجع أصل السلاسل الجبلية إلى الثورات البركانية التي حدثت في أزمنة جيولوجية قديمة في قيعان المحيطات.

4. الأخاديد المحيطية :

هي وديان صدعية شديدة العمق توجد في قيعان المحيطات تطورت بفعل الحركات التكتونية وما زالت. تتواجد الأخاديد بجوار السلاسل الجبلية البحرية، أبرزها في المحيط الهادي خندق ماريانا الواقع بالقرب من مجموعة جزر ماريانا الذي يصل عمقه إلى (11500 متر) وهو أكبر عمق في جميع المحيطات ويسمى بعمق شالنجر نسبة إلى بعثة شالنجر البريطانية التي اكتشفته عام 1872 - 1876.

وأخدود بورتوريكو إلى الشرق من جزيرة بورتوريكو يصل عمقه إلى 9225 متر، منطقة الأخاديد في المحيطات جعلت مناطق تواجدها غير مستقرة تكتونياً.

5. السهول العميقة :

مساحات شاسعة من قاع المحيط تتميز باستواء سطحها تكونت بفعل الترسيبات المستمرة للمواد العالقة القادمة من اليابس على مدى ملايين السنين. تتواجد في معظم قيعان المحيطات، لعل أبرزها سهل المحيط الأطلسي الذي يوجد على عمق 5500م تحت سطح البحر تتباين إرسابات السهول العميقة بين إرسابات غير عضوية يغلب عليها الصفة الطينية والغرينية وإرسابات عضوية (تسمى الاوز Ooze) مصدرها هياكل وبقايا الكائنات البحرية الحيوانية والنباتية الميتة وتراكمها في قاع المحيط.

وتكون إما إرسابات عضوية كلسية إذا ارتفعت بها مادة كاربونات الكالسيوم أو إرسابات عضوية سليكية إذا تكونت من مادة السليكات.

المنحنى الهيسومتري لتوزيع اليابس والماء :

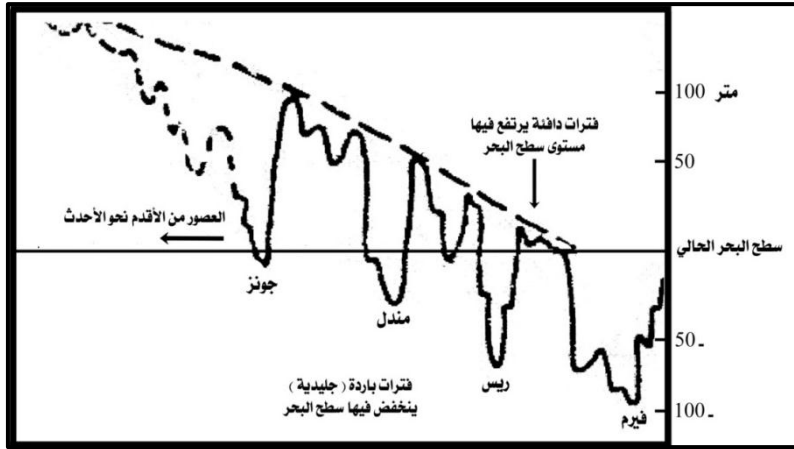
سنوضح في هذه الفقرة تباين مستويات سطح البحار والمحيطات في الزمن الجيولوجي الرابع لحدوث تغيرات مناخية شاملة متمثلة بتعاقب العصور الجليدية Glacial وما بين الجليدية Interglacial قبل 2,5 مليون سنة من الآن، والكرة الأرضية تعيش الآن فترة دافئة توازي آخر عمر بين عصرين جليدين.

تباين مستوى سطح البحار والمحيطات تبعاً لتعاقب العصور الجليدية وما بين الجليدية. ففي أثناء الفترات الجليدية ينخفض منسوب سطح البحر بتجمد المياه في الكتل الجليدية على اليابس فنقل التغذية المائية أو تكاد تنعدم في المحيطات. أما في الفترات الدافئة تزداد التغذية المائية للبحار والمحيطات لتعرض الغطاءات الجليدية للذوبان.

عند بداية عصر البلايستوسين كان البحر أكثر ارتفاعاً عن منسوبه الحالي بنحو (100م) في الفترة الجليدية الأولى (فترة جينز) انخفض مستواه بنحو 10م عن مستواه الأصلي (الشكل 6). في الفترة الدافئة ارتفع مستوى البحر إلى 55م فوق منسوب سطح البحر وهكذا تذبذب مستوى سطح البحر بين ارتفاع وانخفاض خلال

تعاقب الفترات الجليدية وما بين الجليدية وتسمى بالتغيرات الإيزوستاتية تمييزاً لها عن التغيرات الإيوستاسية التكتونية التي شكلت تذبذب مستوى سطح البحر خلال الزمن الجيولوجي الثالث.

شكل (6) مستوى سطح البحر خلال الزمن الجيولوجي الرابع



حسن السيد أحمد أبو العينين، دراسات في جغرافية البحار والمحيطات، ص 133.

أثر هذا التذبذب في تشكيل ظاهرات أرضية لعلّ أبرزها السهول التحتاتية بسبب انخفاض منسوبه. وكذلك السهول البحرية الغاطسة والفيوردات أثناء الفترات الدفيئة والمدرجات البحرية الساحلية. إذا تعرض الجليد المتراكم فوق سطح الأرض حالياً للذوبان لأرتفع منسوب سطح البحر إلى 60م عن مستواه الحالي.



الفصل الرابع المكونات الأساسية للغلاف الصخري

صخور القشرة الأرضية :

الصخور أجسام طبيعية صلبة تشكل الوحدة الأساسية في بناء الأرض تتكون من معدن أو أكثر والمعادن تتكون من عناصر ولهذا لكل صخر تركيب معدني وكيميائي خاص، باستثناء نوعان من الصخور لا تتكون من معادن الفحم الحجري يتكون من مواد عضوية والثاني الصخور النارية الزجاجية التي تطورت من التصلب السريع لمادة الصهير (الصحاف، 1986: 119). فهي مواد زجاجية طبيعية.

يتضح من جدول (1) أن أكثر المعادن انتشاراً هو الأوكسجين من خلال اتحادها مع العناصر المعدنية الأخرى بشكل أكاسيد ثم السليكون وتمثل 2% النسبة المتبقية من معادن صخور القشرة الأرضية معادن نادرة مثل الراديوم والبلاتين والتيتانيوم والتكستين والذهب والفضة والكروم والفسفور والمنغنيز .

الجدول (1) العناصر المعدنية في صخور القشرة الأرضية

العنصر	الرمز	النسبة المئوية
الأوكسجين	O	47%
السليكون	Si	28%
الألمونيوم	Al	7,5%
الحديد	Fe	4%
الكالسيوم	Ca	3%
الصوديوم	Na	2,5%
المغنيسيوم	Mg	2,5%
البوتاسيوم	K	2,5%
الايدروجين	H ₂	1%
المجموع		98%

المصدر: فتحي محمد الشرقاوي، أسس علم الجيومورفولوجيا، 2010: 34.

تقسم صخور القشرة الأرضية تبعاً لتطورها إلى:

1. الصخور النارية.
2. الصخور الرسوبية.
3. الصخور المتحولة.

Igneous Rocks

أولاً: الصخور النارية

تسمى صخور أولية لأنها أولى الصخور التي شكلت القشرة الأرضية وتسمى بالنارية لأنها تصلبت من مادة الصهير المنبعثة من باطن الأرض. تشكل الصخور النارية أكثر من 75% من الحجم الداخلي للقشرة الأرضية ولا تتكشف على السطح إلا بنسبة أقل من 25% وذلك أما عن طريق المقذوفات البركانية أو بفعل التعرية السطحية مما يؤدي إلى تكشف الصخور النارية على السطح.

تقسم الصخور النارية تبعاً لتصلب مادة الصهارة إلى:

1. الصخور النارية السطحية Extrusive

تصلبت هذه الصخور من مادة الصهير بعد وصولها إلى السطح مما جعلها ذات نسيج زجاجي ناعم. وذلك بسبب تعرض الصهير للتبريد الفجائي والسريع لم يسمح بتكوين البلورات المعدنية بخصائصها الشكلية المميزة لها مثل الرايولايت والبالزيت وحجر الخفاف.

2. الصخور النارية المتوسطة (تحت السطحية Hypabyssal)

تطورت من تصلب مادة الصهير في أعماق قريبة من سطح الأرض فبردت وتصلبت ببطء أقل من الحالة الأولى مما أعطى فرصة لتكون البلورات المعدنية ما بين الصغيرة والمتوسطة مما جعلها ناعمة التحبب كصخر الفلسيت هو صخر ناري متداخل تتكون منه القواطع (السدود) تحت السطحية.

3. الصخور النارية الباطنية Plutonic Rock

تصلبت من مادة الصهارة في أعماق بعيدة جداً عن سطح الأرض ولهذا تسمى بالصخور البلوتونية نسبة إلى بلوتو Pluto إله باطن الأرض عند الأغريق. بردت ببطء شديد قد يتجاوز آلاف السنين لهذا تميزت بلوراتها بأشكالها الهندسية المنتظمة والكبيرة وأصبحت ذات نسيج خشن من أبرزها الكرانيت والكابرو. وتسمى الصخور النارية المتوسطة والباطنية بالصخور المقحمة Intrusive rocks (الحافظ وآخرون، 1988: 67).

التركيب المعدني للصخور:

يعتمد التركيب المعدني للصخور النارية على تراكيز السليكا SiO_2 وهو التصنيف الأكثر شيوعاً تصنف الصخور تبعاً لذلك إلى:

1. الصخور الحامضية Acidic Rocks

تحتوي الصخور النارية على 66% من حجمها على السيليكا ونسبة قليلة من الحديد والمغنيسيوم وتكون فاتحة اللون وذلك لوجود المعادن الفلسية فيها Felsic مثل الكرانيت والرايولايت.

2. الصخور المتوسطة Intermediate Rocks

تتراوح نسبة السليكا في هذه الصخور بين 52% - 66% وترتفع فيها نسبة الحديد والمغنيسيوم وذات لون متوسط أبرز صخورها الديورايت والسايانايت والانديسايت.

3. الصخور القاعدية Basic Rocks

تقدر نسبة السليكا في هذه الصخور بين 45% - 52% ويزداد فيها تركيز المعادن المغنيسية والحديد ويكون لونها قاتماً بسبب تركيز معادن البلاجوكليس أبرز صخورها الكابرو والبازلت.

Ultra Basic Rocks

4. الصخور فوق القاعدية

تقل السليكا في هذه الصخور إلى أقل من 45% ترتفع فيها نسبة الحديد والمغنيسيوم ولهذا يطلق عليها الصخور فوق الداكنة اللون لتركز المعادن الداكنة فيها أكثر من 90% أبرز صخورها البيروكسينات.

خصائص الصخور النارية

1. تتصف بالتماسك Compack
2. قليلة المسامية والنفاذية وأحياناً تكون كتيمة نهائياً.
3. تتميز بالصلابة لهذا تقاوم العمليات الجيومورفية.
4. غنية بالمعادن المتبلورة ولهذا تسمى بالصخور المتبلورة (البلورية).
5. لا تحتوي على حفریات.
6. لا تظهر فيها صفة الطباقية.

Sedimentary Rocks

ثانياً: الصخور الرسوبية

سميت بالرسوبية لأنها تطورت من إرسابات لصخور أولية مجوأة، ويطلق عليها كذلك الصخور الثانوية لأنها تطورت من صخور أولية سبقتها بالنشأة. تشكل الصخور الرسوبية نسبة ضئيلة لا تتجاوز 5% من حجم القشرة الأرضية بينما تشكل أكثر من 90% من المساحة السطحية لقشرة الأرض.

نشأة الصخور الرسوبية

تتطور الصخور الرسوبية من رواسب مستقرة ضمن أحواض جيولوجية (Geosyncline) جيوسنكلالين ثم تتعرض هذه الرواسب إلى عملية التحجير Lithfaction تتم من خلالها تحول الرسوبيات إلى صخور رسوبية بواحدة من الطرق التالية.

1. بفعل المادة اللاحمة (اللاصقة):

تكون هذه الطريقة فعالة في الرسوبيات الخشنة والمتكونة من الحصى والرمل الخشن، تكون المادة اللاحمة أما مواد ارسابية ناعمة متمثلة بالطين والغرين والرمل الناعم. وأحياناً تكون المادة اللاحمة محاليل ملحية أو معدنية أو أكاسيد تكتسب الصخور الرسوبية صلابتها من طبيعة المادة اللاحمة وكذلك مسمياتها.

2. الضغط والتراص:

تتكون الصخور الرسوبية بفعل التحام الرواسب الناعمة القارية مثل الطين والغرين بعضها ببعض تحت تأثير الضغط الناشئ من ثقل الرواسب التي تعلوها.

3. الضغط والتجفيف:

تنشأ الصخور الرسوبية بفعل الضغط والتجفيف ثم التراص ضمن إرسابات ناعمة طينية وغرينية متواجدة ضمن بيئات مائية ويسبب ثقل الرواسب بعضها فوق بعض يتم خروج الماء وتجفيفها ثم تراصها والتصاقها لتتجبر مكونة الصخور الطينية والغرينية.

صفات الصخور الرسوبية :

1. تتميز بالمسامية وإن كانت متباينة بين نوع صخري وآخر فبعضها ذات مسامية عالية والأخرى ذات مسامية واطئة والمسامية تحدد صفة النفاذية ولهاتين الصفتين دور مهم في رسم الخصائص الهيدروجيولوجية للصخور الرسوبية.
2. تكون على شكل طبقات (Strata) وكل طبقة تعكس خصائص جيولوجية وصخرية وحياتية تميزها عن الطبقة التي في الأسفل والتي تليها. ويكون تتابعها يتفق مع ترتيب العصور التي تكونت خلالها من الأقدم نحو الأحدث وأحياناً تؤدي عمليات التعرية إلى اختلاف هذا التتابع.
3. تحتوي على حفريات (Fossils) وهي ضرورية جداً في دراسة الصخور الرسوبية ومعرفة تطورها.

4. تحتوي على خامات معدنية كالنفط والفحم والفوسفات والكبريت وغيرها وتكون غنية بمياهها الجوفية.
5. تستجيب جميعها للعمليات الجيومورفية وان تباينت فيما بينها من حيث درجة الاستجابة.
6. توجد بشكل تراكيب (Structure) متنوعة مثل التراكيب المحدبة أو المقعرة والقبابية.

أنواع الصخور الرسوبية:

تقسم الصخور الرسوبية حسب النشأة إلى ثلاث أنواع:

أولاً: صخور رسوبية ميكانيكية:

تضم هذه المجموعة جميع الصخور الرسوبية التي تطورت من مفتتات صخرية مجواة ثم تعرضت للنقل والترسيب والالتحام والتصلب بفعل المادة اللاصقة دون أن يطرأ عليها تغيير في تركيبها الكيميائي مثل الحجر الرملي والحجر الطيني والمجمعات الصخرية (المكتلات) وتقسم تبعاً لحجم الحبيبات إلى:

1. صخور رسوبية ميكانيكية النشأة كبيرة الحبيبات: تتكون هذه الصخور من حبيبات كبيرة لا يقل قطرها عن 2 ملم وأحياناً تصل إلى بضعة سنتيمترات مثل صخور المجمعات (الكونكلوميرات) Conglomerate .
2. صخور رسوبية ميكانيكية النشأة متوسطة الحبيبات يتراوح قطر حبيباتها بين 2 إلى 16/1 من المليمتر ومن أبرز أنواعها: الحجر الرملي وأحياناً يكتسب هذا الحجر مسميات إضافية تبعاً لطبيعة المادة اللاصقة مثل الحجر الرملي الكلسي والحجر الرملي الطيني أو الغريني والحجر الرملي الحديدي.
3. صخور رسوبية ميكانيكية النشأة صغيرة الحبيبات، تشمل هذه المجموعة الصخور التي لا يتجاوز قطر حبيباتها 16/1 ملم وتتمثل بالحجر الطيني والطفل Shale هو بالأصل حجر طيني يفقد كل محتوياته من الماء الذي يكسبه

خاصية الترتيب الورقي Lamination والمارل. وفيما يلي تصنيف للرواسب حسب أحجامها وهو أكثر التصنيفات المتبعة في هذا المجال ويسمى مقياس وينتورث Wentworth (سلامة، 2004: 81).

الجدول (2) مقياس وينتورث لأحجام الرواسب

الحجم / ملم	نوع الرواسب
أكثر من 256	جلاميد كبيرة Boulders
256 – 64	جلاميد Cobbles
64 – 4	حصى Pebbles
2 – 4	حصى صغيرة (حبيبات) Granules
16/1 – 2	رمل Sand
256/1 – 16/1	غرين Silt { غبار
أقل من 256/1	طين Clay { Dust

ثانياً: صخور رسوبية كيميائية النشأة :

تتكون بطرق كيميائية وسط محاليل مشبعة بالمعادن المذابة من أمثلتها تبعاً لطرق نشأتها وخصائصها المعدنية.

1. صخور رسوبية كلسية :

صخور رسوبية تتطور بفعل التفاعلات الكيميائية ضمن محاليل مشبعة ببيكاربونات الكالسيوم $Ca(HCO_3)_2$ ليتكون صخور كلسية غير عضوية Limestone مكونة من معدن الكالسيت Calcite بعد تبخر الماء وتحرر غاز ثاني أكسيد الكربون وفق الصيغة التالية:



بيكاربونات الكالسيوم

كالكسيت

ثاني أكسيد الكربون ماء

ومن أمثلتها كذلك الهوابط والصواعد والاعمدة المائلة التي تتكون داخل الكهوف الكارستية.

وكذلك الدولومايت $\text{CaMg(CO}_3\text{)}_2$ Dolomite يتطور نتيجة التبادل المزدوج لعنصري المغنيسيوم والكالسيوم في الصخور الجيرية عندما تتأثر الأخيرة بمحاليل غنية بالمغنيسيوم.

2. صخور رسوبية ملحية:

تنشأ هذه الصخور وسط منخفضات مائية مغلقة متمثلة بالبحار الجيولوجية القديمة والبحيرات الداخلية تحت ظروف مناخية جافة وشبه جافة ومن أمثلة ذلك الملح الصخري (Rock Salt) والجبس المائي $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Gypsum) والانهدرايت Anhydrite الجبس اللامائي CaSO_4 تطورت في البحار الجيولوجية المغلقة.

3. صخور رسوبية سيليكية:

تحتوي هذه الصخور على معدن السليكا SiO_2 ومن أمثلتها الصوان Flint الذي يتكون من ترسب مادة السليكا غير المتبلورة ضمن محاليل مشبعة بها وتكون على شكل عقد Nodles أو تترسب بشكل طبقات قليلة السمك بين الصخور الرسوبية. وأبرزها كذلك صخور الشيرت Chert التي تتطور بفعل زيادة تركيز نسبة السليكا في فجوات الصخور الكلسية.

ثالثاً: الصخور الرسوبية العضوية:

تقسم تبعاً لتطورها إلى:

1. صخور عضوية حيوانية:

أبرز أمثلتها الصخور الكلسية العضوية والطباشيرية التي تطورت من تراكم الهياكل العظمية للحيوانات البحرية الفقارية وتراكم الأصداف الخارجية للحيوانات البحرية اللافقارية تكسدت هذه المخلفات بمرور الوقت فوق قيعان المحيطات وتعرضت للتفكك والتحلل فتحررت مادة كاربونات الكالسيوم بكميات كبيرة وأصبحت المياه مشبعة بهذه المادة مما عرض جزء كبير منها للترسيب وتمت عملية الترسيب حول نويات ترسيب أبرزها عقد الصوان Flint .

ومن الصخور العضوية الأخرى الفوسفات الذي تكون من مادة فوسفاتية نتيجة لتحجر عظام الفقاريات (البرمائية) التي كانت تعيش على الرصيف القاري لبحر تيثس، وكذلك من تراكم روث الطيور وتركيبها المعدني فوسفات الكالسيوم والكاربون.

2. صخور عضوية نباتية:

تطورت من طمر الغابات ونباتات المستنقعات الكثيفة تحت رواسب سميكة أثناء الطغيان البحري في العصر الكربوني (الفحمي) من الزمن الجيولوجي الأول حمتها من الأكسدة (الاحتراق) الذي يحدث على سطح الأرض. فاختزلت (تفحمت) المواد العضوية المتواجدة فيها ببكتريا لا هوائية فكونت الرواسب الفحمية والفحم الحجري.

Metamorphic Rocks

ثالثاً: الصخور المتحولة

هي الصخور التي تغيرت خصائصها منذ تكوينها الأولي بالعوامل المتواجدة ضمن الأرض، والتغير قد يشمل تغير في المعادن المكونة للصخور أو في خصائصها الشكلية (النسيج) أو في كليهما. (رافد العبيدي، 1988: 17). ضمن عملية التحول Metamorphism مصطلح يطلق على جميع عوامل التغير. وجميع الصخور المتحولة كانت في الأصل صخور رسوبية أو نارية.

يشمل التحول التبلور الجزئي أو الكلي لمعادن الصخور الأصلية حيث تتحلل البلورات الأصلية للصخرة وتتطور محلها بلورات جديدة وإن سرعة التحول والتبلور المعدني تزداد بزيادة درجات الحرارة والضغط.

أنواع التحول:

1. يحصل التحول بفعل التسخين الشديد لنطاق التماس Contact Zone أثناء إقحام الصهير ضمن مظاهر الضعف الموجودة في الصخور الرسوبية يدعى هذا النطاق الضيق من الصخور المتحولة بالحافة المسخنة (Backed margin)، وتطورت من الاندفاع الصهيري الذي تصل درجة حرارته أكثر من 1000 درجة مئوية مقارنة بحرارة الصخور الرسوبية التي لا تتجاوز درجة حرارتها 30°م. ويسمى هذا التحول بالتحول الموضعي أو المحلي. ومن أبرز صخوره الكوارتزيت متحول من الحجر الرملي والرخام متحول من الحجر الكلسي.
 2. التحول الإقليمي Regional Metamorphic Rocks يتم هذا التحول بفعل الضغط المصحوب بدرجات حرارة عالية والناجم عن حركات القشرة الأرضية على نطاق واسع يمتد لمساحات كبيرة. إن الصخور المتحولة إقليمياً هي الأكثر شيوعاً من باقي الصخور المتحولة. والاردواز حجر متحول من الصخور الطينية بفعل الضغط والحرارة معاً وتختلف ألوانه فمنه الأحمر والأخضر والأسود.
- في جميع صور التحول الصخري السابقة الذكر، تطورت بفعل اشتداد وطأة التحول إلى درجة تزول معها معالم الصخر الأصلي تماماً وذلك بالانصهار أو التففت ليتطور من جديد صخر بتبلور معدني ونسجه صخرية جديدة تختلف عن الصخر الأم. يوجد نوعان رئيسان من الأنسجة المتحولة الأنسجة السطحية التورق Foliation والأنسجة الخطية Lineation .



الفصل الخامس

الأشكال الأرضية الناتجة

عن القوى الباطنية

الفصل الخامس

الأشكال الأرضية الناتجة عن القوى الباطنية

القوى المؤثرة في النطاق الصخري: القشرة الأرضية في تغير مستمر وسببه الطاقة التي تقسم إلى:

1. مصدر داخلي (باطن الأرض):

هي طاقة باطنية سببه النظائر المشعة الموجودة في الوشاح واللب، مناطق تواجدها تكون مناطق حارة تنشأ عنها تيارات حمل حرارية صاعدة وهابطة في الوشاح وهي المسؤولة عن حركة الصفائح القارية وانتشار قاع المحيط والزلازل والبراكين والصدوع والالتواءات (هي المسبب الرئيس لتطور العوامل الباطنية).

2. مصدر خارجي (الشمس):

تؤثر طاقة الشمس في الغلاف الغازي وما يترتب عليه من تباينات طقسية ومناخية، وكذلك تؤثر الطاقة الشمسية في الغلاف المائي من خلال تحكمها في الدورة الهيدرولوجية وما تفرزه من تأثيرات في تغير سطح الأرض.

وتبرز تأثيراتها في الغلاف الحيوي من حيث النمو والتطور ومكونات الغلاف الحيوي وجميعها عوامل جيومورفية سطحية تغير في سطح القشرة الأرضية:

وينتج عن مصادر الطاقة الآتية الذكر عوامل متباينة تؤثر في رسم الملامح الخارجية للقشرة الأرضية وتكون كالاتي:

1. عوامل باطنية (داخلية) Endogenetic Agents

2. عوامل خارجية (ظاهرة) Exogenetic Agents وسنتكلم عنها في فصول لاحقة.

Endogenic Agents

العوامل الباطنية

هي عوامل داخلية (تكتونية) منشأها باطن القشرة الأرضية وتظهر آثارها على السطح تقسم تبعاً لطبيعة عملها إلى:

أولاً: حركات بطيئة:

تحدث خلال عصور جيولوجية متعاقبة ولا تظهر نتائجها إلا بعد مرور ملايين من السنين وكانت عنيفة في الماضي السحيق وما زالت تعمل لحد الآن لكن بشكل غير محسوس ويستدل على آثارها من اقتراب أو ابتعاد الصفائح القارية وكذلك الزلازل والبراكين، وتقسم تبعاً لطبيعة عملها إلى:

حركات رأسية Epeirogenic Movements :

حركات تعمل في وضع رأسي من الأسفل إلى الأعلى أو بالعكس وتسمى الحركات البانية للقارات، إذ تعمل على تصدع والتواء صخور القشرة الأرضية.

حركات أفقية Orogenic Movements :

تعمل في وضع أفقي موازٍ لسطح الأرض وتسمى بالحركات البانية للجبال وهي المسؤولة عن حركة الصفائح القارية اصطدامها بعضها ببعض مؤدية التواء الصخر وانتثائه.

هاتان الحركتان تعملان بشكل متظافر لا يوجد فصل بينهما فالحركة الأفقية تعمل على تشوه وتجعد الرواسب المتواجدة في البحار الجيولوجية Geosyncline والحركة الرأسية من الأسفل إلى الأعلى تعمل على نهوض مستمر لهذه الالتواءات تستمر لفترات طويلة جداً بعد انتهاء حركة الالتواء مما يكسب الجبال ارتفاعاتها العالية بالتدريج.

تنعكس تأثيرات قوى الباطن البطيئة على سطح القشرة الأرضية بتشوهات بنيوية سنوضحها كالاتي:

1- الطي Fold :

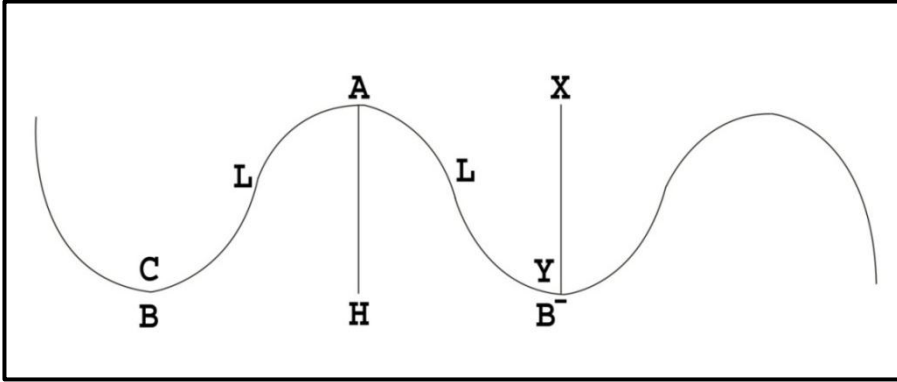
تشوهات أو تجعدات تصيب صخور القشرة الأرضية وهي في حالة ليونة وعليه تكون سائدة في الصخور الرسوبية المتطبقة تتوقف درجة الالتواء على نوع الصخر وقابليته للانشاء وقوة الضغط المرافق للعمليات الباطنية.

الالتواءات تتباين ما بين التواء محدب Anticline Folds تلتوي فيها الطبقات إلى أعلى وتميل الطبقات التي تكون طرفي الالتواء خارجاً بعيداً عن القمة أو التواء مقعر Syncline Folds تلتوي الطبقات فيها إلى أسفل بشكل حوض ويميل طرفي الالتواء نحو مركز الالتواء (القاع).

الصفات الهندسية للطيات (عناصر الطية):

1. محور الالتواء Fold Axis : خط يتقاطع مع الزاوية المحصورة بين طرفي أي التواء سواء كان التواء محدباً أو مقعراً.
2. غاطس الطية Plunging Fold : تلاشي الطي، انتهاء الطية. شكل (7)
3. المستوى المحوري Axial Plain : خط وهمي يمر بمنتصف الالتواء ويكون عمودي على المحور.
4. الجناح Limb : جانبي الالتواء، ويمثلان طرفان الطية أي الطبقات المائلة على جانبي السطح المحوري.
5. طول الطية : المسافة الأفقية بين قمتين متتاليتين.
6. عرض الطية : المسافة بين الطبقات الملتوية في اتجاه الميل ويتفاوت عرض الطية وطولها تبعاً لشدة عمليات الطي.
7. قمة الطية Crest أعلى منسوب ارتفعت إليه الصخور الملتوية.
8. جوف الطية : أدنى منسوب انخفضت إليه الصخور الملتوية.
9. Dip : ميل الطبقة الصخرية عن خط الأفق ويقاس بالدرجات الانحدارية.

شكل (7) عناصر الطي



- $B - \bar{B}$ عرض الطية. $X - Y$ محور الطية.
 $A - H$ الارتفاع. C - الطية المقعرة ويمثل جوف الطية.
 L - الجناح. A - قمة الطية.

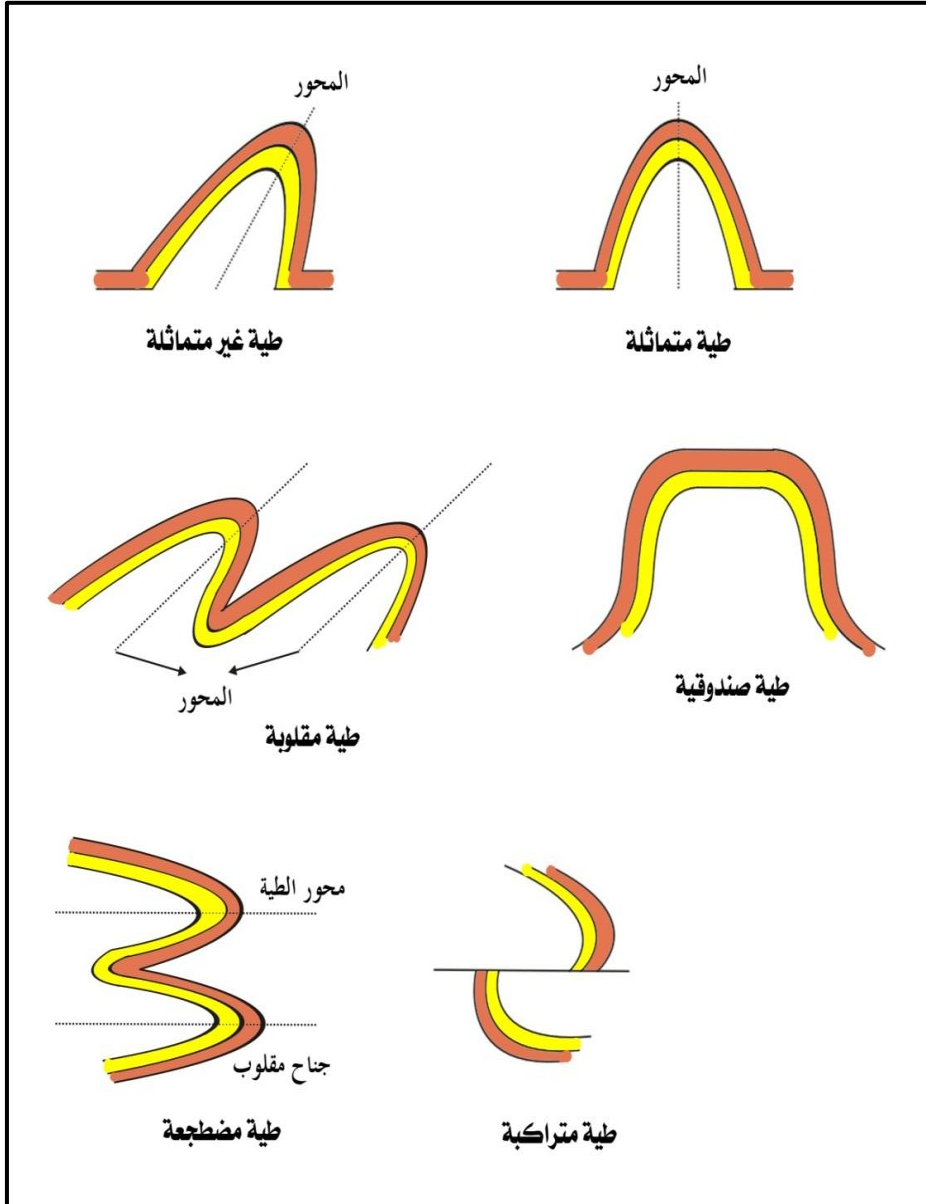
أنواع الطيات :

تتنوع في أشكالها تبعاً لتباين ضغط القوى الباطنية التي تتعرض لها الطبقات الصخرية بشدة تفوق حدود مرونتها، استجابة لهذه الشدة تنتشوه ببطء في صورة التواءات محدبة ومقعرة متباينة في أشكالها سنوضح الأكثر شيوعاً منها:

1. **الطية المتماثلة:** المحور يقسمها إلى نصفين متساويين، وهي طية نموذجية نادرة الوجود. (الشكل 8).
2. **الطية غير المتماثلة:** المحور يقسمها إلى قسمين غير متساويين.
3. **الطية الصندوقية:** لا يوجد فيها قمة يتميز سطحها العلوي بالانبساط، وهي متمثلة بالهضاب المحصورة بين الجبال الالتوائية.
4. **الطية المقلوبة:** يكون جناحيها بنفس الميل وتطورت بفعل شدة الطي من جانب واحد.
5. **الطية المتراكبة:** أحد جناحي الطية انقطع، لكن يستمر تواصلها تحت سطح الأرض.

6. الطية المستلقية (النائمة): يكون مستواها المحوري وجناحيها أفقيان بموازاة سطح الأرض.

الشكل (8) أنواع الطيات



2. الصدع Fault :

حركات تكتونية يتولد عنها ضغوطات شديدة مفاجئة تتجاوز حد مرونة الصخور مما يعرضها للتفلق والانكسار أو التشقق (الفواصل).

الصدع (الانكسار) Fault :

كسر في صخور القشرة الأرضية الصلبة تحرك أحد جانبيه نسبة إلى الجانب الآخر موازية لمستوى التصدع وتختلف هذه الحركة من عدة سنتيمترات إلى عدة كيلومترات.

الفواصل Joint (الشقوق Fractures) :

هي شروخ في الكتلة الصخرية لم يحدث على جوانبها حركة ملحوظة للكتلة الأرضية وتتفاوت في أبعادها ما بين شروخ مجهرية صغيرة لا يتجاوز أبعادها بضعة ملليمترات إلى بضعة سنتيمترات.

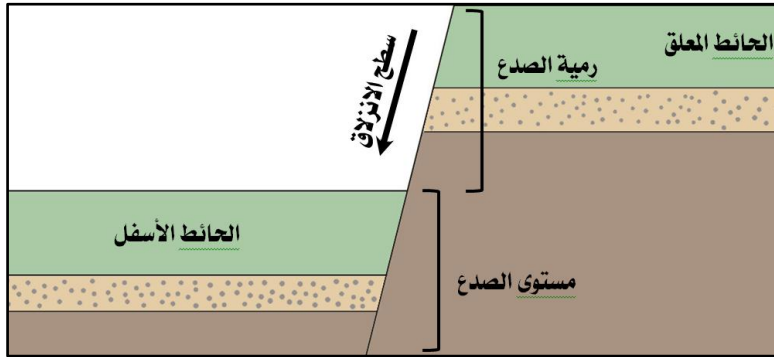
الصدوع والفواصل هي مظاهر ضعف في التكوينات الصخرية ؛ لأن يرافقهما الكثير من المشكلات الجيومورفية والجيولوجية المعقدة.

عناصر الصدع :

يتكون الصدع من:

1. مستوى الصدع Plane of Fault : السطح الذي تحصل الحركة على امتداده وتكون مستويات الصدع أفقية أو مائلة أو رأسية.
2. الحائط المعلق Hanging Wall : الكتلة الصخرية أو الجهة تكون أعلى من مستوى الصدع، ويسمى بالجانب المرفوع Up throw.
3. الحائط الأسفل Foot Wall : الكتلة التي تكون أسفل مستوى الصدع يسمى الجانب الهابط Down throw .
4. رمية الصدع Throw of Fault : المسافة العمودية أو الفارق الرأسية في مستوى التكوينات الصخرية المتناظرة على جانب الانكسار ينظر (الشكل 9).

شكل (9) عناصر الصدع

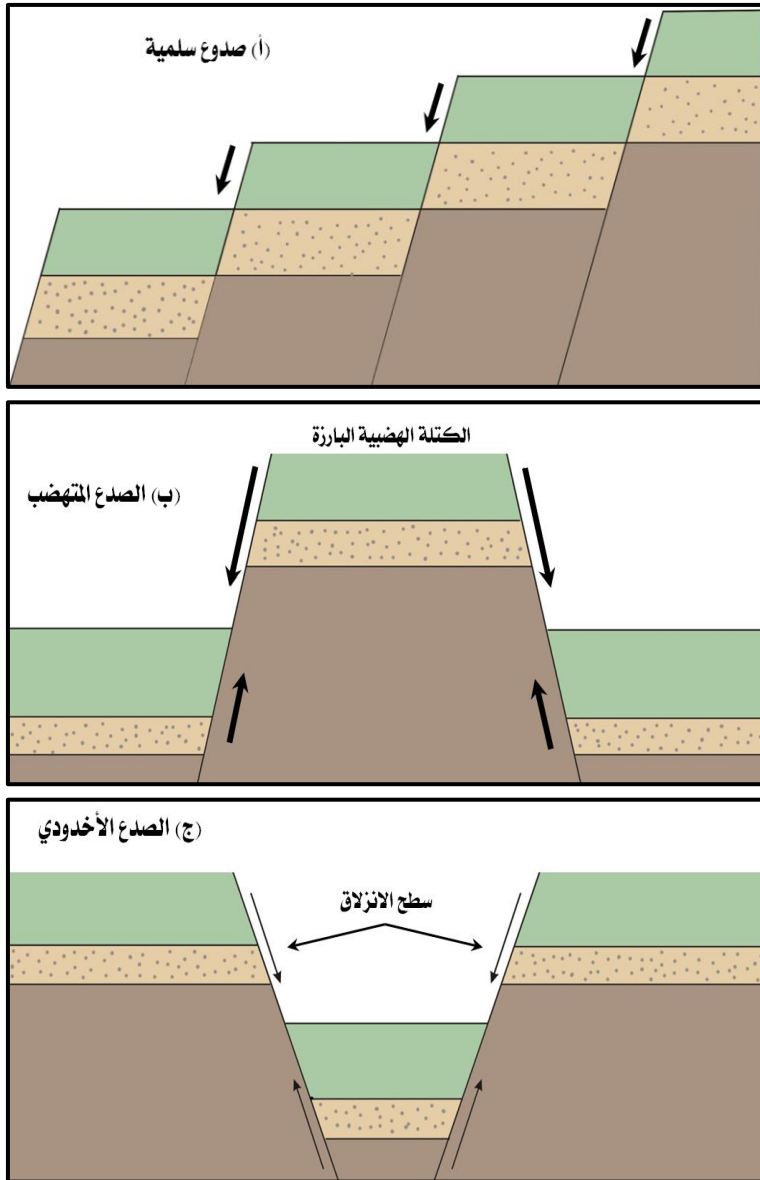


أنواع الصدوع :

تقسم الصدوع إلى أنواع تبعاً لتنوع القوى المساهمة في تشكيلها وسنوضح الأكثر انتشاراً وهي:

1. **الصدع العادي:** هو أكثر أنواع الصدوع انتشاراً يتطور بسبب عمليات الشد العنيفة التي تصاحب حركات القشرة الأرضية. ويعرف أحياناً بصدع الشد (شرف، 1985: 150)، وشكل (9) يوضح ذلك.
2. **الصدع السلمي (المتدرجة Step Faults):** عبارة عن مجموعة من الصدوع المتوازية التي ترمي كلها في اتجاه واحد تؤدي إلى ظهور سطح الأرض بشكل سلمى درجات، أمثلة ذلك أخدود الأردن.

شكل (10) أنواع الصدوع



3. الصدع المتهضب Horst :

تسمى كذلك بالصدوع البارزة هو تركيب بارز يتطور بفعل وجود صدعين متوازيين إذ تنزلق الكتل الجانبية على سطح الصدعين وتبقى الكتلة الوسطية محافظة على ارتفاعها فتبدو بشكل تراكيب أرضية بارزة وتسمى كذلك عش النسر (شكل 10)، مثل شبة جزيرة سيناء تعد كتلة هضبية انكسارية بين خليج السويس وخليج العقبة وشبه جزيرة كوريا بين البحر الاصفر وبحر اليابان (أبو راضي، الجغرافية الطبيعية، 2001: 181).

4. الصدع الحوضي Graben :

يتطور نتيجة حدوث صدعين متوازيين (أحياناً أكثر) فتزلق الكتلة الأرضية الوسطية ويحدث في نفس الوقت ارتفاع في الكتل الأرضية الجانبية، وأبرزها صدع الأخدود الأفريقي الذي يبلغ طوله 6 آلاف كيلومتر. يبدأ من البحيرات وتحديداً بحيرة مالاي (نياسا) في شرق القارة الأفريقية ويتجه شمالاً ليضم خليج عدن والبحر الأحمر ويستمر حيث خليج العقبة والبحر الميت وغور الأردن وينتهي في سهل الغور جنوب سوريا.

ثانياً: الحركات السريعة:

حركات أرضية باطنية عنيفة سريعة فجائية بالرغم من التغيير الذي تحدثه هذه الحركات على سطح الأرض إلا أن تأثيراتها موضعية على عكس الحركات الباطنية البطيئة التي تم شرحها سابقاً ويتجاوز تأثيرها حيزاً إقليمياً واسعاً. وتقسم هذه الحركات إلى:

أولاً: الزلازل:

هزات (حركات موجية) سريعة فجائية تصيب قشرة الأرض بسبب حركات تكتونية داخلية، تعاني قشرة الأرض دائماً من الحركات الزلزالية لعدم استقرار باطنها،

إلا أن الكثير من الهزات المستديمة تكون من الضعف لا نشعر بها بل تسجلها فقط أجهزة الرصد.

كيف تتطور الموجات الزلزالية :

1. تنتقل الموجات الزلزالية من منطقة داخلية تقع على عمق عدة كيلومترات وفي معظمها لا تتجاوز 8 كم عن سطح الأرض تسمى البؤرة الزلزالية (نقطة مولدة) أي المركز الداخلي للزلازل.
2. تنتشر الموجات الزلزالية في جميع الاتجاهات وأول نقطة تصل إليها على السطح الواقعة فوق البؤرة مباشرة وتسمى المركز السطحي.
3. يتوقف انتشار هذه الموجات على السطح تبعاً لشدة الحركة الزلزالية قد يمتد تأثيرها إلى عدة ملايين من الكيلومترات المربعة وأحياناً لا يشعر بها الإنسان بل تسجلها أجهزة القياس.

أنواع الزلازل :

تقسم الزلازل إلى أنواع تبعاً لتباين القوى التي تسببها:

1. زلازل تكتونية:

من أكثر الزلازل حدوثاً على سطح الأرض تتطور في مناطق الضعف الصخري متمثلة بحركات التصدع وما يصاحبها من حركات في الكتل الصخرية تحت السطحية ويتركز حدوثه على الأغلب على أعماق تصل إلى 70 كم عن سطح الأرض.

2. زلازل بركانية:

يرتبط حدوث هذه الزلازل بالنشاط البركاني خاصة الأنواع الانفجارية منها والمهم في هذا الموضوع لا يرافق النشاط البركاني دائماً هزات أرضية بل على العكس قد تكون الزلازل أحياناً سبب في حدوث النشاط البركاني.

3. الزلازل البلوتونية:

مصدر هذه الزلازل الحركة التكتونية التي تقع على أعماق بعيدة جداً في باطن الأرض وتحدث على عمق يتراوح بين (250-750 كم) وسجلت زلازل عمق (800 كم) في شرق آسيا.

قد تحدث هذه الزلازل في قيعان البحار والمحيطات لأي سبب من الأسباب المذكورة سابقاً يرافقها موجات مائية هائلة تسمى موجات التسونامي.

أنواع الموجات الزلزالية :

يسجل جهاز السيسموكراف الموجات الزلزالية حسب ترتيب وصولها وتكون كالآتي:

1. موجات أولية (ابتدائية) Primary Waves

هي أولى الموجات التي تصل على أجهزة الرصد لسرعتها تتمكن من اختراق باطن الأرض وفي جميع الجهات، تتراوح سرعتها بين 5,5 - 13,8 كم في الثانية، وهي موجات تضاغطية تشبه ذبذبات انتقال الصوت في الهواء.

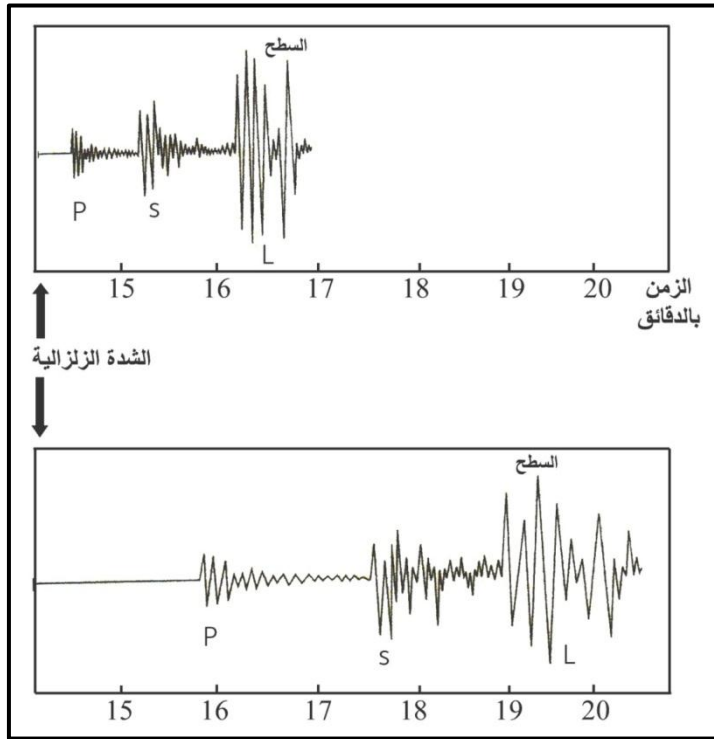
2. موجات ثانوية (اهتزازية) Secondary Waves

هي أقل سرعة من الموجات الأولى لهذا تصل بعدها إلى أجهزة الرصد، هي موجات مستعرضة تأخذ حركتها اتجاهات متعامدة على الاتجاه العام لسيرها على اتجاه انتشار الموجات الأولية، وتتراوح سرعتها بين 3,2 - 7,4 كم في الثانية (شرف، 1985: 61).

3. موجات طويلة (السطحية) Long Waves

يقتصر مسارها على الأجزاء العليا للقشرة الأرضية تصل متأخرة إلى أجهزة الرصد تبلغ سرعتها 4 كم/ثا لأنها تتحرك على سطح الأرض وهي المسؤولة عن معظم الآثار التدميرية التي تحدث على السطح (الشكل 11).

الشكل (11) أنواع الموجات الزلزالية



تقسم الزلازل حسب العمق :

- 1- زلازل تقع على عمق 50 كم من سطح الأرض أو أقل.
- 2- زلازل متوسطة العمق تقع بين 70 - 250 كم.
- 3- زلازل عميقة يكون مركزها بين 250 - 700 كم ، وأحياناً يصل إلى 800 كم عن سطح الأرض، مثل الزلازل البلوتونية.

التوزيع الجغرافي للزلازل :

الهزات الأرضية تحدث في بقاع الأرض جميعاً إلا أن تركيزها يحدث في نطاقات الضعف الصخري في القشرة الأرضية المتمثلة بمناطق الالتواء والانكسارات مناطق عدم استقرار وهي ذاتها مناطق الثورات البركانية.

1. نطاق المحيط الهادي الذي يمتد مع سواحله في غرب أمريكا الشمالية والجنوبية وآسيا والجزر وأشباه الجزر التي تكتنف تلك السواحل وكذلك الجزر الواقعة إلى الشرق من استراليا وجزر الهند الغربية، وهو نفسه نطاق البراكين الذي يسمى الحلقة النارية Fire Ring ، وضمن هذا النطاق تعد منطقة اليابان الواقعة شمال المحيط الهادي الواقعة على حافة أخدود بحري من أكثر الأخاديد البحرية عمقاً في العالم جعلها منطقة غير مستقرة تكتونياً، ولهذا تتعرض لـ 1500 هزة في العام بعضها محسوسة غير مدمرة نهائياً تحدث منها هزة كل ثلاثة أيام والأخرى عنيفة تكون متباعدة (الشرقاوي، 2010: 21).
2. نطاق يمتد على سواحل البحر المتوسط شمالاً وجنوباً ليشمل جبال الألب ماراً بإيطاليا واليونان وتركيا والقوقاز وإيران وشمال الهند حيث جبال الهملايا ويواصل امتداده حيث جزر الهند الشرقية ويسمى (حلقة ليبي Libby's Circle).
3. نطاق يشمل منطقة الأخدود الأفريقي شرق أفريقيا ويمتد شمالاً ليشمل البحر الميت وغور الأردن وسهل الغور في سوريا.
4. نطاق آخر يمتد وسط المحيط الأطلسي متماشياً مع سلسلة الحيد - وسط اطلنطي، ممتد من الشمال نحو الجنوب ثم يلف الطرف الجنوبي لقارة أفريقيا ويواصل امتداده شمالاً في غرب المحيط الهندي.

البراكين :

شقوق أو فتحات أرضية تخرج منها المواد المصهورة والغازات الحبيسة في باطن الأرض.

تحدث الانفجارات البركانية بسبب فروق الكثافة بين الصخور المنصهرة والصخور الصلبة حولها فتتصاعد الصهارة إلى أعلى كلما وجدت لنفسها منفذاً وتتجمع في تجاويف أرضية تحت القشرة الأرضية مباشرة تسمى (Magma Chambers) غرفة المهل. ويسبب الضغط المتزايد من الصهارة المتجمعة على صخور القشرة الأرضية إلى درجة لا تستطيع تحمل المزيد منه يؤدي

إلى تمزق صخور القشرة الأرضية أو انفتاح شقوق قديمة وتنبثق الصحارة إلى أعلى بقوة وانفجارات شديدة.

أنواع المقذوفات البركانية :

1. **أجسام صلبة:** تعرف باسم القنابل بحجم جوز الهند تنبثق من فوهة البركان وتتطاير في الجو وتدور حول نفسها يتعرض سطحها للتشقق وتتخذ أشكالاً بيضوية يطلق عليها Bread Crust Bombs أي رغيف الخبز المحمر. وكذلك مقذوفات بركانية حصوية بشكل جمرات خامدة لا يتجاوز قطرها 6 سم وأقل من ذلك.

2. **الرماد البركاني:** مواد معدنية دقيقة تتطاير في الجو بعد خروجها من فوهة البركان تحت ضغط انفجار الغازات والأبخرة بعض منه يترسب مباشرة حول البركان والبعض الآخر تنقله الرياح لمسافات بعيدة ثم يرسب، في بعض الأحيان تختلط مياه الأمطار بالرماد البركاني مما يؤدي إلى تدفق طيني يسبب تدمير المراكز العمرانية.

3. **المواد السائلة Lava :** صهارة بركانية ترتفع في قصبة البركان بسرعة 8-9 كيلومتر في الثانية لتنبثق عبر الفوهة وتنساب فوق السطح مكونة المخروطات البركانية تتباين في سيولتها تبعاً لتركيبها الكيميائي اللافا القاعدية أكثر سيولة من اللافا الحامضية لأن الأخيرة غنية بثاني أكسيد السليكون الذي يتصلب بسرعة عند ملامسته الهواء.

4. **المواد الغازية:** تنبعث في بدء الثوران البركاني غازات وأحياناً تستمر حتى بعد سكون الانفجار وتبقى موجودة لفترة طويلة تتراوح نسبتها 5% ممن جملة الصهارة البركانية وأهمها ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين وغازات كبريتية متنوعة وغاز النشادر وتتراوح درجة حرارتها بين (100 - 5000°م)، وكذلك يوجد بخار الماء الذي تتراوح نسبته من 60% - 90% من الغازات المنبعثة من الفوهة، والمواد الغازية بمجملها تكون بشكل ضباب كثيف ولها تأثير سلبي على

الحياة، إذ تحجب ضوء الشمس لفترة طويلة وتتساقط نتيجة لذلك الأمطار الحامضية بسبب صعود بخار الماء إلى طبقات الجو العليا.

تصنيف البراكين حسب النشاط :

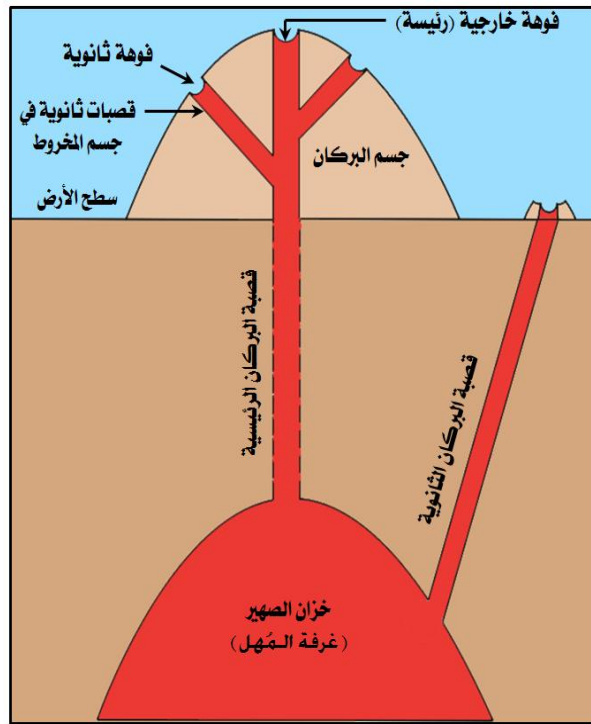
1. **براكين خامدة (منتهية):** حدثت في عصور جيولوجية قديمة ثم توقف نشاطها ويستبعد إعادة تجديدها، وكان لها دور مهم في تشكيل الكثير من أجزاء القشرة الأرضية، وأصبحت مستقرات بشرية تسمى مناطقها الآن أرض الحرات كما هو الحال في أرض اليمن وحضرموت أبرزها حرة خيبر شمال المدينة المنورة وحرار هضبة اثيوبيا وايسلندا.
2. **براكين هادئة (ساكنة):** براكين متوقفة حالياً لفترة من الزمن ويمكن أن يعاد نشاطها في أي وقت، خاصة إذا كانت واقعة على مناطق الضعف الصخري مثل بركان أثنا (Etna) في جزيرة صقلية وكذلك جبل البرز في القوقاز مازالت تخرج منه الغازات الكبريتية من وقت لآخر.
3. **براكين نشطة:** براكين فعالة انفجرت في زمن قريب وما زالت تبدو عليها مظاهر النشاط مثل خروج الغازات والمواد المنصهرة المناسبة على سطح المخروط البركاني وذلك لوجودها ضمن مناطق غير مستقرة تكتونياً ويوجد حوالي (800 بركان) نشط في الوقت الحالي (500) منها توجد على حواف المحيط الهادي والمسماة بالحلقة النارية وأبرزها البراكين الموجودة في جنوب إيطاليا مثل بركان فيزوف هو أول بركان سجل في التاريخ أنفجر عام 79 بعد الميلاد وما زال نشيط لحد الآن، وبراكين المحيط الهادي أبرزها براكين جزيرة جاوا.

أقسام البركان :

1. **خزان الصهير (Magma):** تجاوزيف باطنية تتجمع فيها مادة الصهارة والغازات الحبيسة، وتسمى غرفة المهل (شرف، 1979: 354). (الشكل 12).

2. **القنبرة (المدخنة):** هي قناة باطنية تصل بين غرفة الصهير (الطبقات تحت السطحية) والسطح تمر خلالها المواد المصهورة وغالباً ما تتشعب تكون أكثر من قنبرة تبعاً لقوة الانفجار وأحياناً انسداد القنبرة القديمة.
3. **الفوهة Crater :** فتحة عليا تقع أعلى القنبرة تنبعث منها مواد البركان المصهورة وأحياناً يكون للبركان أكثر من فوهة وغالباً ما تتحول هذه الفوهات إلى بحيرات بعد أن يخمد البركان.
4. **المخروط البركاني:** يتطور من تصلب مادة الصهارة على السطح وهو عبارة عن جسم البركان (جبل البركان)، ويتراوح ارتفاعها بين بضعة أمتار - عدة آلاف من الأمتار، وبعض منها تكون مخاريط منفردة كبركان فوجي ياما في اليابان، والآخر مخاريط مركبة بشكل سلاسل مستمرة من المخاريط البركانية كالسلسلة البركانية المستعرضة (Sierra Volcanica Transversal) في المكسيك.

شكل (12) أقسام البركان



الأشكال الأرضية المصاحبة للبراكين :

1. **طفوح اللافا السطحية** : نتيجة تدفق اللافا البازلتية من خلال الشقوق والفواصل في جسم المخروط البركاني ويصل سمكه أحياناً إلى أكثر من 1500 متر ليتخذ أشكال هضبية مثل هضبة كولومبيا والأجزاء الشمالية الغربية من هضبة الدكن، وهضبة اثيوبيا وايسلندا وتوجد في جبال العسير واليمن وتسمى بالحرث وأبرزها حرة خيبر وعدن.

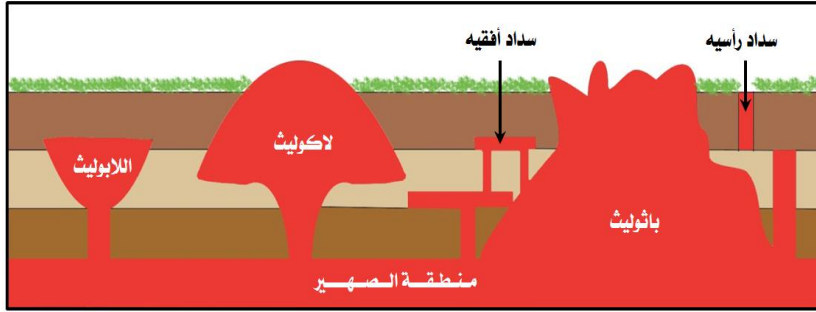
2. **أشكال بركانية متداخلة (تحت سطحية)**: تتطور هذه الأشكال من أن مادة الماكما لا تتيح لها الفرصة أن تخرج على السطح فتتخذ من الشقوق والفواصل وأسطح التطبيق في الصخور تحت السطحية ممكناً لها فتبرد ببطء وتتخذ أشكالاً متعددة تبعاً لخصائصها الشكلية فمنها الباثوليت، واللاكوليت، والبوليث وتسمى الكتل النارية تحت السطحية وأحياناً تتكشف هذه الكتل على السطح بفعل التعرية كما هو الحال في هضبة كولومبيا.

3. **السداد النارية تحت السطحية**: تقسم تبعاً للأشكال التي تتخذها إلى قسمين:

أ. **سداد نارية أفقية Sills** : تستقر مادة الصهير في أسطح التطبيق المتواجدة في الصخور الرسوبية وكذلك في الصخور النارية وتتصلب بمرور الزمن لتكون صخوراً نارية متداخلة أفقياً في موازات سطح الطبقة الصخرية.

ب. **السداد النارية الرأسية Dykes** : تنشأ بفعل تواجد مادة الصهير في وضع رأسي متخذة من الفواصل والقواطع الرأسية مكن لها وتبرد لتكون اسافين من الماكما المتصلبة متقاطعة مع سطح الطبقات الصخرية تحت السطحية ولهذا تسمى كذلك بالحواجز الصخرية. للسداد النارية الأفقية والرأسية أهمية كبيرة في تطور مكامن المياه الجوفية وأحياناً تتكشف على السطح بعد تعرية الصخور التي تعلوها فتبدو بشكل عروق نارية بارزة (حافات صخرية بارزة) بسبب صلابتها (أنظر الشكل 13).

شكل (13) الكتل النارية تحت السطحية



التوزيع الجغرافي للبراكين :

1. نطاق الحلقة النارية الذي يحيط بمعظم سواحل المحيط الهادي، يقدر عدد البراكين الثائرة بنحو 300 بركان أي ما يعادل 60% من عدد البراكين النشيطة في العالم. وكذلك تظهر في الجزر المتواجدة فيه كجزر هاواي وجزر سومطرة وجاوة وجلاباجوس.
2. محيط براكين حوض البحر المتوسط (جنوب إيطاليا) وأهمها فيزوف وابتا واسترامبولي الذي يسمى فناء البحر المتوسط.
3. نطاق بركاني قديم يمتد من كرينلاند في الغرب حتى شمال أيرلندا في الشرق هي براكين خامدة في الوقت الحالي.



الفصل في السَّالِسِينَ

التجوية

أنواعها ومظاهرها ونواتجها

الفصل السادس

التجوية أنواعها ومظاهرها ونواتجها

Exogenetic Agents العوامل الخارجية (الظاهرية)

هي عوامل ظاهرية منشأها خارج القشرة الأرضية تظهر آثارها على الصخور السطحية، متمثلة بعناصر الطقس والمناخ والكائنات الحية بكل تطوراتها النباتية والحيوانية من أدنى خلية إلى أرقاها متمثلة بالإنسان والمياه السطحية والجوفية والثلجات هي بنفس الوقت عوامل جيومورفية سطحية.

: Geomorph Agent العامل الجيومورفي

وسط طبيعي يمتلك طاقة قادر على إحداث العمليات الجيومورفية (تجوية - تعرية - ترسيب).

: Geomorph Process العملية الجيومورفية

هي الوسيلة التي تتفق فيها طاقة العامل لاحداث تغيرات في الوسط الذي تتحرك فيه والتي تظهر آثارها في تغيير سطح القشرة الأرضية. يعد العامل والعملية الجيومورفية أساس الجيومورفولوجيا الديناميكية.

العمليات الجيومورفية:

وتقسم تبعاً لطبيعة عملها إلى:

1. التجوية Weathering

2. عملية التعرية: وتضم عمليتين:

- عملية الحت Erosion
- عملية النقل Transporation

كلتا العمليتين تعملان معاً إذ لا يوجد حت بدون نقل لمواد سطح الأرض المفككة (Regolith).

3. عملية الترسيب Sedimentation :

هذه العمليات لا تعمل منفصلة بل متظافرة حيث يكمل احدهما الأخرى في تغيير سطح القشرة الأرضية مع سيادة عملية على حساب عملية تبعاً للظروف البيئية المحلية لهذا كل مظهر أرضي مهما صغر أو كبر هو ناتج عمل جماعي مشترك لمجموعة من العمليات الداخلية والخارجية.

التجوية :

هي أولى العمليات الجيومورفية، وهي استجابة ذاتية من قبل الصخور لعناصر الطبيعة من ماء وهواء وكائنات حية عند ملامستها للصخور (البحيري، 1979: 32). وهي عملية تحطم وتفتت وتحلل وإذابة لصخور القشرة الأرضية في موضعها، وتبعاً لذلك يطلق عليها أحياناً (الفساد الصخري).

من التعريف السابق تقسم التجوية تبعاً لطبيعة عملها إلى نوعين.

اغلب الباحثين في هذا المجال يؤكدون على وجود تجوية ثالثة (هي التجوية الحيوية)، ارتأت الباحثة أن تصنفها تبعاً لطبيعة عواملها وعملياتها ضمن التجوية الفيزيائية تارة وأخرى ضمن التجوية الكيميائية وهذا ما سنوضحه في الفقرات القادمة.

التجوية الفيزيائية :

هي عملية تحطم وتفتت لصخور القشرة الأرضية ويشمل التغيير الشكل الخارجي للصخرة فقط مع الحفاظ على التكوين المعدني لها دون أن يطرأ عليه أي تغيير، ولهذا تكون سائدة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

عوامل التجوية الفيزيائية :

1. التباينات الحرارية:

المدى الحراري له دور كبير في المناطق الجافة وشبه الجافة في تطور التجوية الفيزيائية لأن في هذه المناطق ترتفع درجة الحرارة كثيراً في النهار إلى 45°م وأكثر أحياناً وتنخفض ليلاً إلى الصفر المئوي أو دونه، مما يجعل المدى الحراري كبير جداً، يترتب على تتابع التسخين والتبريد تمدد الأسطح الخارجية للصخور فقط أثناء النهار وانكماشها ليلاً لأن الصخور موصلات رديئة للحرارة.

فضلاً لذلك تتكون من معادة عدة تتباين معدلات تمددها وانكماشها ما يولد قوة ضغط متغايرة في جسم الصخرة يؤدي في النهاية إلى تمزق الصخر وتحطمه.

2. النمو البلوري: يقسم تبعاً لطبيعة المادة إلى:

أ. النمو البلوري بفعل الصقيع:

نتيجة تكرار تجمد المياه وذوبانها في الشقوق والفواصل والمسامات المتواجدة في الصخور خاصة في المناطق المرتفعة بصورة خاصة وأثناء ليالي الشتاء الباردة في جميع المناطق بصورة عامة ويسبب فيزيائية الماء المتمثلة بانكماش حجمه كلما انخفضت درجة حرارته إلى حد 4°م يبدأ حجمه ويكبر وصولاً إلى درجة الصفر المئوي حيث تتكون بلورات الثلج ويصبح حجمها يتراوح بين 9% - 11% من حجمه الأولي يرافقه تولد ضغط كبير يضغط به على الصخر من الداخل نحو الخارج مؤدياً إلى تفلق الصخر بشكل انفصال كتلي أو تشظيه، ويقتصر تأثيرها على الطبقة السطحية من الكتل الصخرية. إن تأثير هذه العملية على الصخور يفوق عامل التباينات الحرارية.

ب. نمو البلورات الملحية:

تتطور بلورات الملح بفعل الخاصية الشعرية للمياه الجوفية في المناطق الجافة وشبه الجافة، تتبخر المياه عند وصولها إلى مستويات قريبة من السطح تاركة الأملاح لتتجمد بشكل أفاق ملحية تحت سطحية فتضغط على الصخور لتحرير حيز مكاني لها مؤدياً ذلك إلى تمزق وتحطم الصخور كتجوية فيزيائية ملحية Salt Weathering . وكذلك تتواجد على شواطئ البحيرات المالحة والسواحل البحرية.

3. الكائنات الحية:

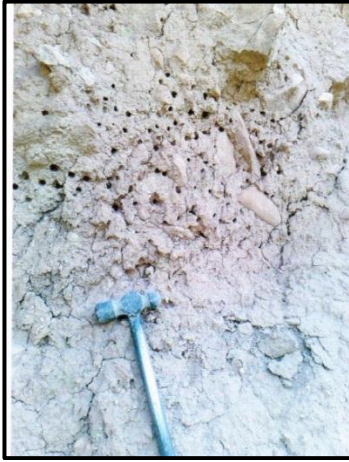
يظهر هنا دور التجوية الحيوية كتجوية فيزيائية لأن الكائنات الحية تمارس عملها في تحطيم وتفكيك الصخور كخصائص شكلية فقط مثل جذور الأشجار المعمرة تعمل على توسيع الشقوق والفواصل وبالتالي تمزق وتحطم السطح صورة (1)، كذلك القوارض والنمل والحيوانات البرية عندما تحفر جحورها وديدان الأرض التي توجد بالملايين في التربة وكذلك الإنسان وما يغيره من مظهر الأرض في جميع استثمارات سطح الأرض.

صورة (1) تجوية فيزيائية

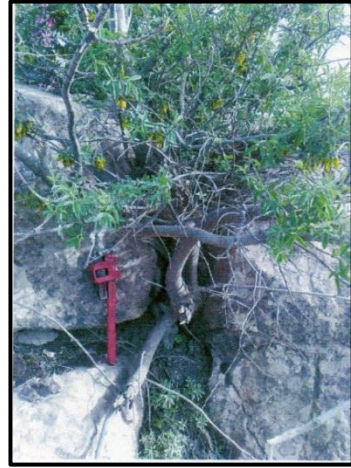
بفعل الحيوانات والقوارض



تجوية فيزيائية
بفعل خلايا النحل البري



تجوية فيزيائية
بفعل جذور الأشجار



بعدسة: ابتهاج محمد أمين.

4. الترطيب والتجفيف:

تتطور التجوية الفيزيائية بفعل الترطيب والتجفيف في الصخور الطينية والغرينية وكذلك الترب الطينية والغرينية أثناء التساقط المطري تشبع هذه الصخور والترب بالماء فيزداد حجمها وتكتل وفي الموسم الحار الجاف يتبخر الماء منها وتجف سطوحها وتنكمش تتابع الترطيب والتجفيف وما يرافقه من تكتل وانكماش تتعرض تلك السطوح للتشقق.

صورة (2) التشققات الطينية



التجوية الكيميائية :

هي عملية تحلل وإذابة المكونات المعدنية للصخور، التجوية الكيميائية تحدث تغيرات شاملة في الشكل الخارجي والتركيب المعدني للصخرة.

وتكون شائعة في المناطق الرطبة وشبه الرطبة والدافئة لأنها تفاعل كيميائي يحتاج إلى طاقة متمثل بالحرارة وإلى وسط مادي متمثل بالرطوبة لإتمام التبادل الأيوني. لهذا عناصر التجوية الكيميائية هي الرطوبة لا غيرها وإن اختلفت صورها وعملياتها وكالاتي:

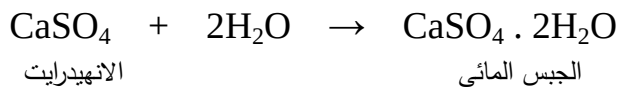
1. التحلل المائي : Hydrolysis

تكمّن فعالية الماء في إتمام التحلل المائي في أيون الهيدروجين إذ تؤدي هذه العملية إلى التفاعل بين أيونات H و OH من جهة وبين أيونات الصخر من جهة أخرى مؤدياً إلى تفكك التركيب البلوري لمعادن الصخر مثل تحول الفلسبار في صخر الكرانيت إلى طين الكاولينيت واللايت، ولهذا تعرف أحياناً عملية تحول الفلسبار إلى كاولينيت باسم الكولنة (Kaolinitization) (حسن، 1985: 212).

2. التميؤ : Hydration

عملية اتحاد الماء مع المعادن الطينية مكوناً المعادن المائية وأبرز مثل لذلك ضمن حياتنا اليومية اتحاد الماء بملح الطعام واتحاد الماء بالكبريت.

أما عملية التميؤ الشائعة في الطبيعة تحول الجبس اللامائي (الانهدرايت) يسمى في محافظة نينوى بمرمر الموصل إلى جبس مائي.



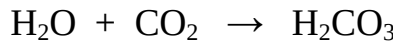
إن هذا التحول غالباً ما يتم ضمن نطاق الحركات التكتونية ولهذا يتواجد الجبس على سطح الأرض بينما يتواجد الانهيدرايت في الطبقات الصخرية تحت السطحية.

3. التأكسد Oxidation :

تعتمد عملية التأكسد على وجود الرطوبة (الجو الرطب)، إذ يتحد عنصر الأوكسجين الموجود في الماء مع العناصر المعدنية للصخور، لينتج مكونات معدنية جديدة بشكل أكاسيد وأبرز أنواع الأكسدة هي أكاسيد الحديد وأكاسيد الألمونيوم وغالباً ما تكون نواتج الأكسدة مواد هشة غير متماسكة عملية الأكسدة تعمل على إضعاف الصخر وقلة تماسكه.

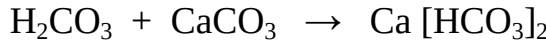
4. الكربنة والذوبان Carbonazition and Solution :

تتطور عملية الكربنة من خلال اتحاد المياه وخاصة مياه الأمطار أثناء اختراقها للغلاف الغازي تعمل على إذابة جزء من غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 لتتحول إلى مياه حامضية مخففة وفق الصيغة التالية:



حامض الكربونيك المخفف

وبتلامس مياه الأمطار صخور القشرة الأرضية خاصة الصخور الكلسية والجبسية والملحية تنشط عملية الذوبان كتجوية كيميائية وكالاتي:



محلول بيكربونات الكالسيوم الحجر الكلسي ماء المطر

ونتيجة لعملية الكربنة والذوبان تتطور مظاهر أرضية كارستية سنوضحها مفصلاً في الفصول القادمة.

5. التجوية الكيميائية بفعل الأحياء :

يظهر أثر الكائنات الحية كتجوية كيميائية من خلال تحلل الأوراق المتساقطة وبقايا الأشجار يؤدي إلى تطور نوع من الأحماض العضوية لها فعالية كبيرة في إذابة الصخور.

كذلك للبكتريا الموجودة في التربة لها دور كبير في تحليل بقايا الكائنات الحية النباتية والحيوانية مما يؤدي إلى تحرير غاز ثاني أكسيد الكربون وحامض النتريك وبعض الأحماض العضوية (الصحاف، 1985: 209). جميعها تعمل على زيادة الطاقة الحامضية للمياه الموجودة في جسم التربة ونتيجة لذلك يتطور الدبال.

وكذلك الكائنات المجهرية والطحالب صورة (3) من خلال تفاعلها مع أيونات المعادن المكونة للصخور لها دور مهم في تطوير عملية الأكسدة وخاصة أكسدة المعادن الكبريتية والحديد.

ويبرز كذلك أثر الإنسان كعامل تجوية كيميائية من خلال زيادة تراكيز الغازات الحامضية مثل CO_2 وغاز الكبريت وغيرها بفعل التطور الصناعي المتزايد مما زاد من حامضية الغلاف الغازي والمياه وتسريع عمليات التجوية الكيميائية.

تأسيساً لما سبق التجوية بنوعيتها لا تعمل الواحدة بمعزل عن الأخرى بل دائماً يتظافر عمل التجوية الفيزيائية مع الكيميائية لكن غالباً ما تكون سيادة لأحدهما على نشاط الأخرى تبعاً لتوافر الشروط المساعدة لعمل كل منهما والمتمثلة بالتكوين الصخري من حيث الخصائص المعدنية ومظاهر الضعف النوعي كالشقوق والفواصل وأسطح التطبيق فضلاً عن العناصر المناخية والخصائص الحيوية.

صورة (3) تجوية كيميائية حيوية بفعل الطحالب



بعدسة: ابتهاج محمد أمين.

العوامل المؤثرة في التجوية :

1. الصخرية:

تحدد الخصائص الصخرية شدة عمليات التجوية من حيث التكوين المعدني للصخور فالصخور النارية بسبب مكوناتها المعدنية الصلبة تكون صخوراً مقاومة لعمليات التجوية لفترة طويلة جداً مثل الكرانيت بينما الصخور الرسوبية لها القدرة على الاستجابة لعمليات التجوية وإن اختلفت في شدتها تبعاً للمعدن المتكونة منها وطبيعة المادة اللاصقة المتكونة منها بعض الصخور الرسوبية.

تعد مظاهر الضعف النوعي التي تتميز بها الصخور من مسامية وشقوق وفواصل وأسطح تطبق جميعها نقاط ضعف من خلالها يتمكن العامل الجيومورفي التأثير في الصخور من رطوبة بكل مظاهرها وغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وغاز الأوكسجين O_2 وكائنات حية وممارسة عملياته من تجويه فيزيائية وكيميائية وحياتية فتضعف جسم التكوين الصخري.

كذلك عدم تجانس الطبقات الصخرية ما بين صخور صلبة وهشة يكون لها دور كبير في تباين شدة عمليات التجوية وما ينتج عنها من مظاهر أرضية متباينة بفعل التجوية التفاضلية (المتباينة المدى).

2. المناخ:

عناصر المناخ والطقس في مجملها عوامل جيومورفية، وعليه يوجد تباين في سيادة عمليات التجوية تبعاً للتباينات المناخية والطقسية. ففي المناطق الحارة الجافة تسود التجوية الفيزيائية، بينما تسود التجوية الكيميائية في المناطق الرطبة الدافئة والتجوية بفعل الصقيع في المناطق المرتفعة وفي المناخات الصحراوية.

تؤثر الخصائص المناخية في التجوية تبعاً للتكوين المعدني للصخور فالصخور الكلسية والجبسية تكون صخور صلبة في المناخات الجافة بينما تكون صخور هشة في المناطق الرطبة وذلك لقدرة هذه المعادن على الإذابة والتهبؤ في الرطوبة. والصخور الطينية تكون شديدة الصلابة في المناطق الجافة ولدنه منتفخة

في المناطق الرطبة، بينما الصخور الرملية تكون شديدة الصلابة في المناطق الجافة وحتى الرطبة ويرجع ذلك إلى المعادن السليكية SiO_2 التي تتكون منها.

3. الخصائص التضاريسية:

للخصائص التضاريسية دوراً مهماً في تباين ونوعية التجوية ففي السفوح الجبلية العليا تسود التجوية الفيزيائية بفعل الصقيع ويتعرض ناتج التجوية باستمرار لعمليات حركة مواد سطح الأرض مما يجعلها سفوحاً خالية من التربة والحطام الصخري بهذه العمليات تتكشف باستمرار اسطح المنحدرات وخاصة العليا منها لتأثير عمليات التجوية مما يعمل على تقلصها وانكماشها في الأجزاء السهلية تتباين عمليات التجوية من حيث الشدة والنوعية بتباين الظروف المناخية والصخرية لكن عملياتها مستمرة على السطح وتحت السطح لا يعيقها سوى منسوب الماء الجوفي.

الموقع الجغرافي لمنحدرات سطح الأرض دور مهم في التجوية فالسفوح المواجهة للرياح وأشعة الشمس تتعرض لعمليات التجوية الفيزيائية بينما السفوح الواقعة في الظل تسود فيها التجوية الكيميائية.

في المناطق السهلية والقليلة الانحدار يقل فعل التجوية بفعل الصقيع ويبرز بشكل واضح أثر الرطوبة بكل مظاهرها كعامل تجوية مهم خاصة التجوية الكيميائية وكذلك التباينات الحرارية.

4. العامل البشري:

يعد الإنسان عامل جيومورفي مهم في الوقت الحاضر لما يحدثه من تغيرات في المظهر الأرضي تفوق التغيرات الناتجة عن عوامل التجوية الأخرى من أعمال حفر وتنقيب وتغيير في الخصائص الهيدرولوجية السطحية ومشاريع هندسية مختلفة كلها تساعد بشكل مباشر وغير مباشر في تنشيط عمليات التجوية المختلفة. وكذلك التطور الصناعي وما يخلفه من زيادة تراكيز الملوثات الجوية كلها تعد عناصر مهمة في تنشيط التجوية الكيميائية.

نواتج التجوية :

1. التقشر الصخري Exfoliation Rocks :

تتطور هذه الظاهرة بشكل أساسي بفعل التباينات الحرارية كتجوية فيزيائية سطحية (Surficial Weathering) لأن الصخور موصلات رديئة للحرارة ومعدلات التسخين والتبريد تتناقص مع عمق الصخرة، وباستمرار عملية التبريد والتسخين وما يتبعه من انكماش وتمدد السطوح الخارجية للصخور يؤدي إلى تشقق السطوح الخارجية للصخور وانفصالها بمستويات موازية لبعضها عن جسم الصخرة تتطور وبالتالي انفصال هذه السطوح عن الصخرة الأصلية لتطور ظاهرة التقشر الصخري ويبدو قلب الصخرة صورة (4) المتبقي على شكل قبة يطلق عليها اسم قبة التقشر (Exfoliation Dome).

ويطلق بعض الباحثون على هذه التجربة بالتجوية الكروية (Spheroidal Weathering) (C. Ollier, 1973: 175).

صورة (4) التقشر الصخري



بعدهة: غيداء سعيد قاسم الطائي.

2. الانفراط الحبيبي Granular Disintegration :

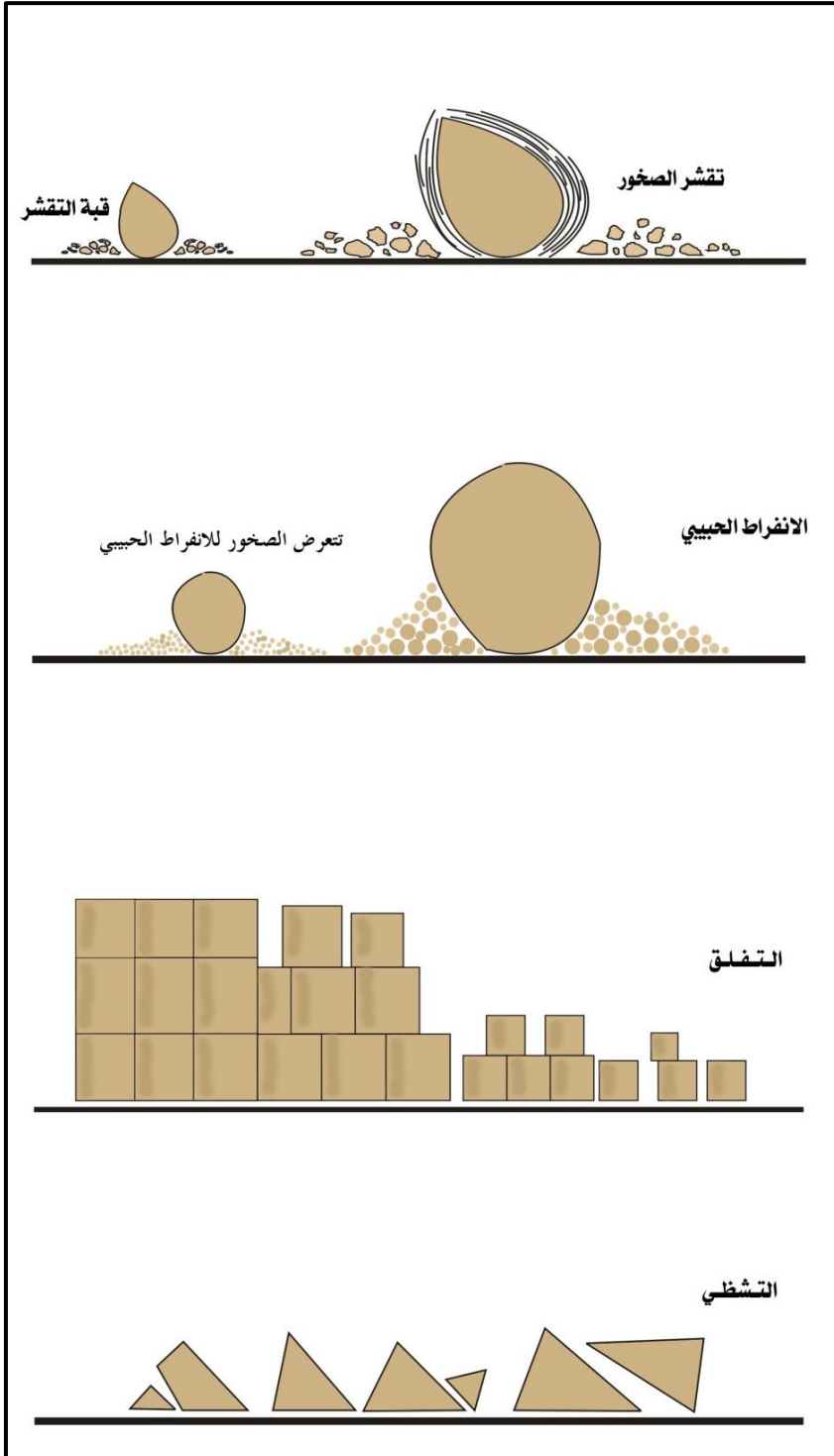
تنشأ هذه الظاهرة في الصخور الرسوبية ميكانيكية النشأة، إذ تتعرض المادة اللاحمة للتلاشي بفعل التجوية الفيزيائية وأحياناً الميكانيكية فتفقد تماسكها وتنفطر هذه الصخور إلى مكوناتها الأولية كرواسب غير متجانسة في خصائصها الحجمية والشكلية، وكذلك الحال في انفراط حبيبات الأسطح الخارجية للصخور الكرانيتية مكونة إرسابات رملية خشنة تسمى برواسب (الاركوز) هي إرسابات رملية منتشرة في الصحاري الحارة. (أنظر الشكل 14).

ترتبط هذه الظاهرة بالصخور المتميزة بأنظمة الشقوق والفواصل صورة (5) إذ تعمل بلورات الصقيع وعمليات التجوية الكيميائية على توسيع هذه الأنظمة ما يؤدي إلى اتساعها وتقلق الصخور إلى أجزاء صغيرة تتحدد أشكالها الخارجية بطبيعة الفواصل واتجاهاتها.

صورة (5) الانفصال الكتلي



شكل (14) نواتج التجوية



3. التفلق (الانفصال الكتلي) : Separation

4. التشظي Splitting :

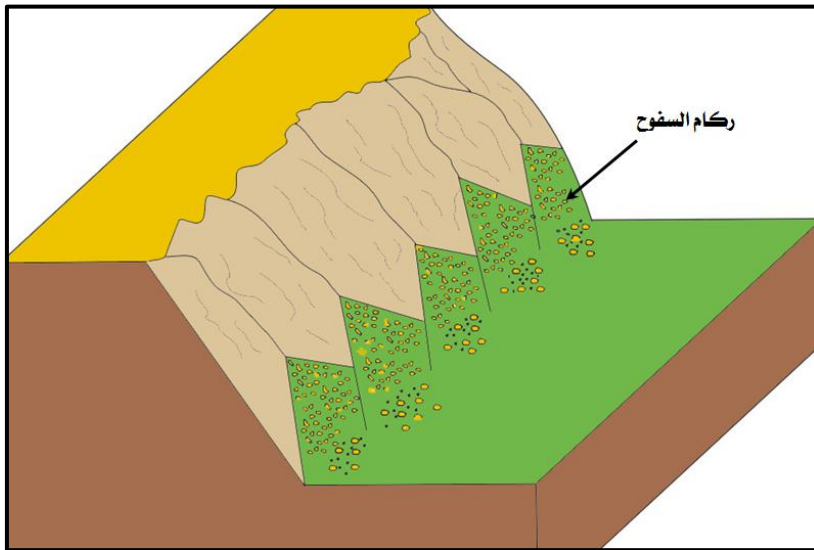
تتعرض الصخور للتشظي بشكل طبقات رقيقة جداً يساعدها في ذلك وجود الشقوق السطحية في الصخور وتسمى أحياناً باسم التوريق إذ تتفصل طبقات صخرية قليلة السمك موازية للسطح الخارجي للصخرة وتظهر هذه الظاهرة بشكل واضح في الصخور الرملية والطينية والغرينية.

5. ركام السفوح :

يعد ركام السفوح ناتج لتجوية صخور السفوح العليا ثم ينقل ناتج التجوية بفعل عوامل النقل (الماء - الرياح - الجاذبية الأرضية) ويترسب عند قاعدة المنحدر بشكل هشيم صخري (Talus) ويسمى أحياناً (Scree). ويكون له دور مهم في حماية السفوح الدنيا من العمليات الجيومورفية، وأحياناً يتخذ الهشيم أشكالاً شديدة الانحدار شبيهة بالمروحة الغرينية. (الشكل 15).

يسمى مخروط الهشيم (Talus Cone) ويسمى كولوفيوم (Colluvium) وهي كلمة لاتينية معناها ركام.

الشكل (15) ركام السفوح



6. حقول الجلاميد Boulder Fields

تتطور بفعل التجوية الكيميائية في الصخور الكلسية، ذات منشأ عضوي حيواني (أنظر فقرة الصخور الرسوبية)، وبعد انحسار بحر تيثس تكشف على السطح وتعرضت للتجوية الكيميائية بفعل مياه الأمطار أو المياه الجارية والمياه الجوفية، مما أدى إلى إذابتها مخلفاً نويات الترسيب (الصوان) على السطح بأشكال حجمية وشكلية متباينة لأنه أكثر صلابة من الحجر الكلسي. وكلما تكون هذه الدرنات صغيرة وذات سطوح ملساء تدل على أن عملية النقل كانت طويلة. (أنظر الصورة 6). وتنتشر في العراق على نطاق واسع ولعلّ أبرزها تواجد الحصى على شواطئ الأنهار، وهي ناتج عصر البليوسين المطير.

صورة (6) حقول الجلاميد في جبل سنجار



7. طبوغرافية الكارست:

مظاهر أرضية تتطور بفعل التجوية الكيميائية بكل عملياتها وسنوضحها في الفصول القادمة.

8. إن جميع المظاهر السابقة (ناتج التجوية) تطور الوشاح الحطامي الصخري (Surficial Mantle Regolith) ويتعرض هذا الحطام لاستمرارية عمليات التجوية ليتحول إلى جزيئات ناعمة جداً ومن هذا الحطام الصخري يتطور ناتج تجوية لاحق هو التربة.

الفَصْلُ السَّابِعُ
التربة

الفصل السابع

التربة

وضعت تعاريف عديدة للتربة تبعاً لتعدد استعمالاتها وسنركز على تعريف التربة من الناحية الجيومورفية: بأنها المادة الناتجة من تجوية صخور القشرة الأرضية بفعل العوامل الجيومورفية وتعد التربة ذات عمق 10م ذات أهمية مهمة في جميع الدراسات. ويوجد فرع في الجيومورفولوجيا اسمه (جيومورفوجية الترب) لأن الترب ناتج تجوية.

هو علم يهتم بدراسة العلاقة بين الترب وخصائصها وأنواعها وعلاقتها مع التضاريس الأرضية والتوصل إلى عوامل تشكلها وتطورها.

العوامل المؤثرة في تكوين التربة :

يساهم في تشكيل التربة عوامل مختلفة هي:

1. المادة الأم (الصخور الأصلية):

تتمثل بالصخور المجواة وتسمى الصخور الوالدة إذ يتوقف تكوين التربة على طبيعة التكوين المعدني للصخور فالصخور الرسوبية تستجيب لعمليات التجوية وإن تفاوت فيما بينها من حيث الصلابة إلا أنها تهىء حطاماً صخرياً Regolith يكون مادة أساسية لتكوين الترب، بينما الصخور الصلبة النارية لا يمكن أن تطور تربة لاستجابتها البطيئة جداً لعمليات التجوية، ولهذا تكتسب التربة خصائصها المعدنية من الصخور التي اشتقت منها.

2. المناخ:

له دور مؤثر في نشوء وتطور التربة وخاصة عنصري الحرارة والمطر ففي المناخات الجافة حيث الأمطار قليلة ودرجات الحرارة عالية يكون تطور الترب بطيء

جداً فضلاً عن فقرها بمحتواها العضوي وارتفاع تراكيزها الملحية خاصة أملاح الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم.

بينما في المناطق المطيرة تنشط التجوية بنوعها الفيزيائية والكيميائية فتتفكك الحطام الصخري والتربة، ومن جانب آخر تكون الترب غنية بالمادة العضوية وأحياناً أخرى تتعرض للغسل بفعل ترشيح المياه من السطح نحو داخل جسم التربة مما يساعد تطور آفاق التربة.

3. التضاريس:

عامل مهم من عوامل تكوين التربة المناطق المنحدرة والشديدة الانحدار تتميز بترب صخرية ضحلة لأن ناتج التجوية غالباً ما يتعرض للنقل ويتركز عند قاعدة المنحدر بينما تتميز المناطق السهلية بترب سميكة لأنها تتطور من حطام صخري مستقر (جاثم) فوق صخور الأم الأصلية فضلاً على التغذية من الترب المنقولة من مناطق أخرى، وعليه تتميز المناطق المنحدرة بترب غير ناضجة قليلة السمك بينما تتميز المناطق السهلية بترب ناضجة سميكة غنية بمحتواها المعدني والعضوي.

4. العامل الحيوي:

الكائنات الحية لها دور مهم في تكوين الترب لأنها عوامل جيومورفية تهية الحطام الصخري أولاً وفعالية الكائنات الحية خاصة الكائنات المجهرية لها دور مهم في تحلل المادة العضوية إلى مادة لزجة داكنة اللون (الدبال).

وتعتمد هذه العملية على درجة حرارة التربة والرطوبة وهي التي تحدد خصوبة التربة وعليه العامل الحيوي تتباين فعاليته بتباين النطاقات المناخية يكون فعال في المناطق الحارة الرطبة والرطوبة المعتدلة ونقل فعاليته في المناطق الجافة الحارة، ولها تكون الترب ذات حموضة عالية كترب البودزول وبعضها تكون قلبية قليلة الحامضية كترب المناطق الجافة.

أنواع الترب :

تقسم الترب تبعاً لنشأتها:

1. **ترب أصلية (متبقية) Residual Soil** : ترب تطورت من الحطام الصخري السطحي المتبقي Residual regolith من تجوية الصخور التي تستقر فوقها، خصائصها تعكس خصائص الصخر الأم وتكون متداخلة مع الحطام الصخري والصخور التي تحتها.
2. **الترب المنقولة Transported Regolith** : مصدرها الحطام الصخري المنقول بفعل الرياح والمياه الجارية والثلجات وحتى الجاذبية الأرضية وأرسب في بيئة أخرى جديدة وتجوى ليكون ترب جديدة، وأحياناً ترب تشكلت وتطورت في بيئة ثم نقلت وارسبت في بيئات أخرى، وغالباً ما توجد حدود فاصلة بين هذه الترب والصخور التي تتركز عليها وكذلك متباينة في خصائصها المعدنية. وتسمى الترب المنقولة بالترب الدخيلة لأنها أدخلت في بيئات تختلف عن بيئاتها الأولية من حيث التكوين الصخري والمناخ والخصائص الحيوية عن بيئة النشأة الأولية.

أنواع الارسابات المنقولة :

1. **إرسابات فيضية**: تتطور بفعل الفيضانات المتكررة للمياه السطحية ومنها يتكون السهل الفيضي والجزرات ضمن المجرى المائي والسداد الطبيعية والدلتا المروحية الغرينية والدلتا المصبية.
2. **إرسابات ريحية**: إرسابات يتم تعريتها من سطح الأرض بواسطة الرياح وهي جزئيات دقيقة جداً (طين - غرين) ويتم ترسيبها عندما تقل سرعة الرياح أو بسبب وصولها إلى مناطق أكثر رطوبة.
3. **إرسابات جليدية**: إرسابات منقولة ضمن كتلة الجليد المتحرك وهي في الأصل ناتج طحن وسحق الصخور ولهذا تسمى (طحين الصخور) Rook floor.

4. **إرسابات بحرية:** هي إرسابات قارية نقلت بواسطة المياه الجارية (الانهار) إلى مصباتها حيث البحر أو المحيط وفي مياه البحر تتلبد وتتجمع بفعل الملوحة ويكبر حجمها وتترسب في قاع المحيط أو البحر لتطور السهول المحيطية وغيرها من المظاهر الأرضية البحرية والمحيطية.

تأسيساً لما سبق يمكن إجمال هذه الإرسابات المنقولة بالمسميات التالية:

1. **إرسابات حصوية:** حبيبات خشنة تتراوح أحجامها بين (100 ملم - 2 ملم)، ومتباينة في خصائصها الشكلية تبعاً للمسافة المنقولة بها، وتتكون من معدن الكوارتز SiO_2 المقاوم للتجوية، وتكون مساهمة في بناء الهيكل العام للتربة.
2. **إرسابات رملية:** يتراوح قطرها بين (0,05 - 2 ملم) وهي متطورة من تجوية الصخور الرملية، ويكون ملمسها خشن وغير متماسكة.
3. **إرسابات غرينية:** يتراوح حجم جزيئاتها بين (0,06 - 0,002 ملم) ناعمة الملمس ومتماسكة بدرجة قليلة.
4. **إرسابات طينية:** يتراوح حجم جزيئاتها اصغر من 0,002 ملم وهي إرسابات متماسكة مع بعضها لامتلاكها خاصية اللزوجة، وتتطور من معادن ثانوية ناتجة عن التفاعلات الكيميائية لعمليات التجوية على الصخور الطينية، لهذا يعد الطين من الناحية الكيميائية (أملاح) لأحماض الالمومينيوسيليكات مع بعض الميكا والحديد والكوارتز (كمال الشيخ حسن، 2012: 30).

خصائص التربة:

تقسم خصائص التربة إلى:

أولاً: الخصائص الطبيعية: سنركز على الخصائص ذات الصلة الجيومورفية:

وتتضمن مجموعة متغيرات سنوضحها كما يلي:

1. نسيجة التربة Soil Texture :

التوزيع النسبي لجزيئات الرمل والغرين والطين أنظر جدول (3) وهي تحدد خشونة التربة ويوجد ثلاث نسيجات عامة هي النسيجة الرملية والطينية والغرينية ويتطور منها نسيجات ثانوية متباينة.

جدول (3)

أقطار المفصولات الحجمية للترب / ملم

المفصولات	القطر بالمليمتر
رمل خشن جداً	2 - 1
رمل خشن	0,5 - 1
رمل متوسط	0,25 - 0,5
رمل ناعم	0,1 - 0,25
رمل ناعم جداً	0,05 - 0,1
غرين	0,002 - 0,05
طين	أقل من 0,002

وليد خالد العكيدي، علم البدولوجي، جامعة بغداد، 1986، ص 224.

تحدد النسيجة المساحة السطحية للتربة والتي تتم عليها مختلف التفاعلات الحيوية والعمليات الجيومورفية ولها تأثير مهم على تماسك التربة. وعلى هذا الأساس الترب ذات النسيجة الرملية مساحتها السطحية قليلة لكبر جزيئات الرمل نسبياً لهذا تكون مساحة سطحية صغيرة مقارنة بالسطوح الموجودة على نفس الوزن من جزيئات الغرين والطين.

2. تركيب التربة Soil Structure :

كيفية انتظام مفصولات التربة في مجاميع كتلية قد تكون بشكل منفرد أو متجمع أو منشوري أو عنقودي وقد تكون صفائحية أو كروية. يحدث هذا التكتل بفعل المادة اللاصقة قد تكون مادة عضوية أو أكاسيد الحديد أو كابونات الكالسيوم. تحدد النسجة والتركيب (البنية) خاصيتان أساسيتان من خصائص التربة الطبيعية هما:

أ. المسامية Porosity :

حجم الفراغات البينية الموجودة في جسم التربة وتقاس كما يلي:

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم الفراغات في عينة التربة}}{\text{الحجم الكلي للعينة}} \times 100$$

تحدد المسامية بطبيعة النسجة فالترب ذات النسجة الرملية تكون مساميتها عالية بينما الترب ذات النسجة الطينية والغرينية تكون ذات مسامية واطئة وأفضل أنواع الترب من حيث المسامية هي الترب المزيجية (Loom).

ب. النفاذية Permeability :

قدرة التربة على إمرار الماء ضمن أجزائها ويوجد علاقة طردية بين المسامية والنفاذية كلما يكبر حجم المسامات تزداد النفاذية وكلما يقل حجم المسامات تقل النفاذية. ولهذا الترب الرملية ذات مسامية كبيرة ونفاذية عالية تتراوح نفاذيتها بين (5 - 10 إنج) في الساعة، وعليه الترب الرملية لا تحتفظ بالماء.

بينما الترب الطينية والغرينية بالرغم من كثرة مساميتها إذ تتجاوز أكثر من 50% من حجمها مسامات لكنها غير نفاذة لصغر حجم مساماتها تتراوح نفاذيتها بين (0,2 - 5 إنج) في الساعة (وليد العكدي، ص 249)، وعليه تكون الترب الطينية متغدة دائماً بالماء لأنها ترب كتيمية (غير نفاذة) وغالباً ما يتطور على سطوحها السبخات الملحية.

الخصائص الكيميائية :

يتم معرفة الخصائص الكيميائية للتربة عن طريق التحليل المختبري لعينات التربة، تتضمن تحليلات عديدة وسنوضح بعض منها بما يتفق وطبيعة علم الأشكال الأرضية بشكل مختصر وعدم الخوض مفصلاً لأن هذه الخصائص لها دلالات تطبيقية يتم توضيحها في علم الأشكال الأرضية التطبيقية.

إن جميع العناصر المعدنية الموجودة في التربة مصدرها أولاً الصخور الأم، وثانياً الظروف المناخية وعمليات الغسل التي تتعرض لها التربة وكذلك بعض من هذه العناصر مصدرها بشري وحيوي.



الفصل الثامن

المنحدرات وأثرها في تشكيل
سطح الأرض

الفصل الثامن

المنحدرات واثرها في تشكيل سطح الأرض

مفهوم المنحدر Slope :

مواقع على سطح الأرض تميل عن المستوى الأفقي بزاوية معينة تدعى بزاوية انحدار سطح الأرض، وعلى هذه المواقع تحدث العمليات الجيومورفية (تعرية وترسيب) (Finlayson 1980).

أشار (يوسف توني ص 46) ان لكل أرض بوجه عام نوع من الميل أو الانحدار ولكن تتفاوت شدة الانحدار وزاويته من مكان لآخر فيقال انحدار خفيف أو انحدار شديد أو انحدار فجائي. ويعبر عن الانحدار بدرجة التضرس أو النسبة المئوية.

تعد الانحدارات الأرضية أكثر المظاهر الأرضية انتشاراً في الطبيعة إذ لا يوجد سطح على وجه الأرض يخلو منها وان السطوح المستوية لاوجود لها على الأرض بدلالة حركة المياه السطحية عقب التساقط المطري باتجاهات متباينة وفقاً لهذه الانحدارات.

السفوح والمنحدر:

من الأمور الخطأ الشائعة أن كلمة المنحدر تكون دائماً مرادفة لكلمة السفح. في الحقيقة السفوح كلمة بها تخصيص مكاني تطلق على الأراضي المنحدرة المتواجدة ضمن الجبال فقط وتسمى بالسفوح الجبلية.

أما المنحدر مصطلح أكثر شمولية فهو أي ميل في سطح الأرض عن المستوى الأفقي مهما كان هذا الميل بسيط أو شديد، ولهذا يقع سفح الجبل كمظهر طوبوغرافي ضمنياً تحت مصطلح الانحدارات الأرضية .

العوامل المتحكمة في نشوء وتطور المنحدر :

1. العوامل الجيولوجية:

تعد الصخرية من العوامل المهمة في تطور المنحدرات من خلال خصائصها المعدنية التي تحدد درجة استجابتها لعمليات التجوية والتعرية وكذلك وجود الفواصل والشقوق واسطح التطبق والتتابع الصخري ما بين طبقات صخرية صلبة وهشة كلها عوامل تساعد في عدم استقرار المنحدر.

2. العوامل المناخية:

المناخ له دور كبير في تنشيط العمليات الجيومورفية الهدمية في المناطق الجافة وشبه الجافة تنشيط عمليات التجوية الفيزيائية خاصة في الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة فتعمل على أضعاف تماسكها ويعرضها للحركة. بينما في المناخات الرطبة الباردة يكون لفعل الصقيع وتتابع التجمد والذوبان دور كبير في تطور سطوح غير مستقرة.

الرطوبة بكل مظاهرها تعمل على إذابة الكثير من المكونات المعدنية للصخور كتجوية كيميائية خاصة في الصخور الملحية والجبسية والكلسية مما يضعف تماسكها وتخضع لقوى الدافعة للحركة.

الأمطار من خلال ترسيحها إلى التكوينات تحت السطحية للسطوح المنحدرة يؤدي إلى تكوين محاليل غروية، خاصة إذا كانت الصخور تحت السطحية صخور كتيمة مثل الطين والغرين تخلق سطوح زلقة وتسهل حركة المواد على سطح المنحدر.

الماء المحبوس في الفراغات البينية في صخور المنحدر بعد التساقط المطري يولد ضغطاً على المنحدر يزيد من القوى الدافعة للحركة وتقلل من استقراره المنحدر.

في العروض العليا يؤدي انخفاض درجات الحرارة ما دون الصفر المئوي في فصل الشتاء إلى وجود طبقة من الثلج تحت السطحي على السطوح المنحدرة يتحول في الفصل الدافئ إلى ماء يطور سطوح انحداريه غير مستقرة.

3. الغطاء النباتي:

للغطاء النباتي دور معقد في تأثيره على المنحدرات الأرضية من خلال.
أ. يشكل الغطاء النباتي وسادة طبيعية تخفف من وطأة سقوط الأمطار على المنحدرات فتزيد من تسرب المياه عبرها وتقلل من تأثير التعرية عليها (السبتي: 207).

ب. يسלט الغطاء النباتي وزناً إضافياً على المنحدر خاصةً إذا كان حشائش وذلك لنوعية جذورها الدقيقة والكثيرة جداً وقربها من السطح وقدرتها على الاحتفاظ بالماء تزيد من الوزن الإضافي على المنحدر. على العكس من ذلك المنحدرات المغطاة بالأشجار.

ج. عملية التحطيب على المنحدر تقلل من استقراره المنحدر لان يرتب عليه تناقص عمليات التبخر ويزيد من رطوبة التربة فضلاً لذلك تعرض جذور الأشجار بعد قطعها إلى التعفن عدا جذور البلوط لها القدرة على إعادة الإنبات (السبتي: 210) تؤدي إلى ضعف تماسك التربة ويعرضها للحركة.

4. النشاط البشري:

النشاطات البشرية في مجملها من إنشاء سكك حديد وطرق نقل وإنشاءات هندسية أخرى تسبب في تقليل جهد القص على المنحدر وزعزعة استقراره.

نضوح المياه (seepage) من بحيرات الخزن وقنوات البزل والري خاصة غير المبطنة تؤدي إلى تدني استقراره المنحدرات خاصةً الضفاف النهرية أما بفعل ضغط الماء المحصور أو نشاط التجوية الكيميائية تؤدي إلى إضعاف قوة الصخور وتعرضها للانزلاقات الصخرية.

حركة مواد سطح الأرض على المنحدرات الأرضية :

تتطور حركة مواد سطح الأرض بفعل قوتين متضادتين الأولى القوى المقاومة للحركة تعمل على استقراره المنحدر متمثلة بكتلة المنحدر وما عليها من نبات ومياه واي إنشاءات هندسية أخرى تتداخل مع بعضها لتحدد درجة تماسك المنحدر .

الثانية القوى الدافعة للحركة متمثلة بالجاذبية الأرضية والتي تعمل على حركة المواد نحو اسفل المنحدر . عندما يكون المنحدر مستقر تكون القوى المقاومة للحركة كبيرة وعندما يكون المنحدر غير مستقر تكون القوى الدافعة للحركة هي المتفوقة .

العلاقة بين القوى المقاومة للحركة والقوى الدافعة للحركة ليست ثابتة بل تتغير مع الزمن وما يحدث من تطورات على كتلة المنحدر لهذا كل كتلة أرضية لها ميل معين يسمى ميل الاستقرار فإذا زاد ميل أي منحدر على مقدار زاوية الاستقرار تتحرك مواد المنحدر من تربة وصخور إلى اسفل المنحدر بفعل الجاذبية الأرضية والعكس صحيح .

يطلق على هذه الحركة Mass Movement أو Mass Wasting يقصد بها جميع العمليات التي تقوم بنقل مواد المنحدر بفعل الجاذبية الأرضية وليس بفعل أي عامل نقل آخر مثل المياه الجارية والرياح والثلجات .

أنواع حركة مواد سطح الأرض Mass Wasting

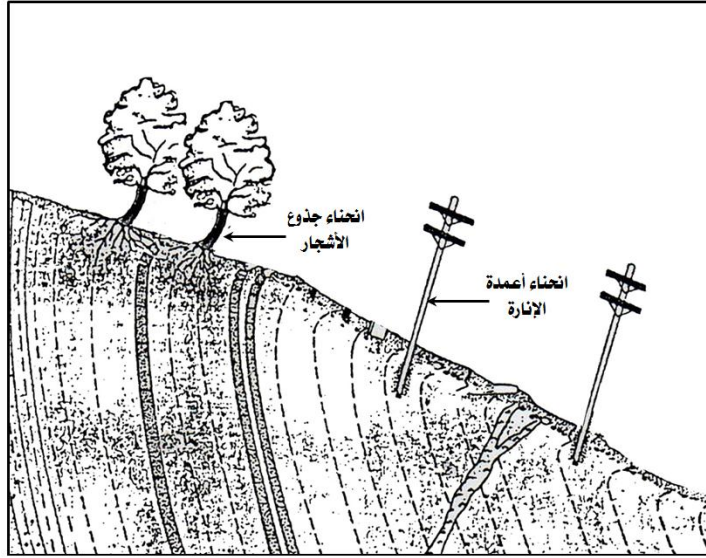
تتنوع حركة مواد سطح الأرض تبعاً لسرعتها إلى:

أولاً: حركة مواد بطيئة

تتمثل بعمليات الزحف Creep وتكون أما على شكل زحف تربة Soil Creep أو زحف صخور Rock creep هي عملية بطيئة جداً وغير محسوسة تحدث على السفوح القليلة الانحدار والتي لا يتجاوز انحدارها عن 7 درجة،

بفعل الجاذبية الأرضية. اذ ينتقل بوساطتها ناتج التجوية (التربة- الحطام الصخري) حتى يصل إلى مناطق اقل انحداراً فيصبح بإمكان عوامل النقل الجيومورفية بمتابعة نقلة من جديد إلى مناطق ترسيبه، نستدل على اثارها شكل (16) من انحناء اعمدة الكهرباء والأشجار والاسيجة باتجاه أسفل المنحدر.

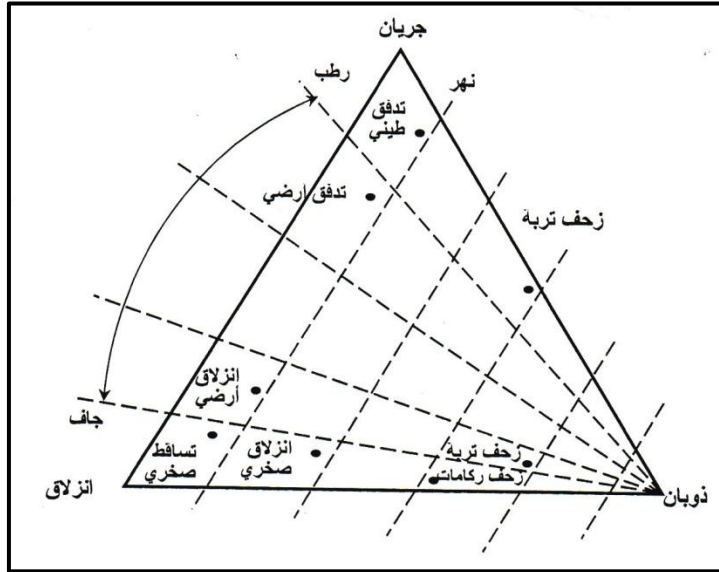
الشكل (16) مظاهر زحف التربة



ثانياً: حركة مواد سطح الأرض السريعة :

حركة تتصف بالفجائية والسرعة ويزنرب عليها خسائر بشرية وأضرار مادية كثيرة من هدم مفاجئ للمنشآت الهندسية وقطع طرق النقل والسكك الحديدية وردم المستقرات البشرية وأضرار في الأراضي الزراعية. تقسم تبعاً لدرجة تشبعها بالماء وكما يتضح في الشكل (17).

الشكل (17) تصنيف حركة مواد سطح الأرض



Michael Bradshaw, Ruth Weaver, 1993, Physical Geography An Introduction to Earth Environments, London, P. 358.

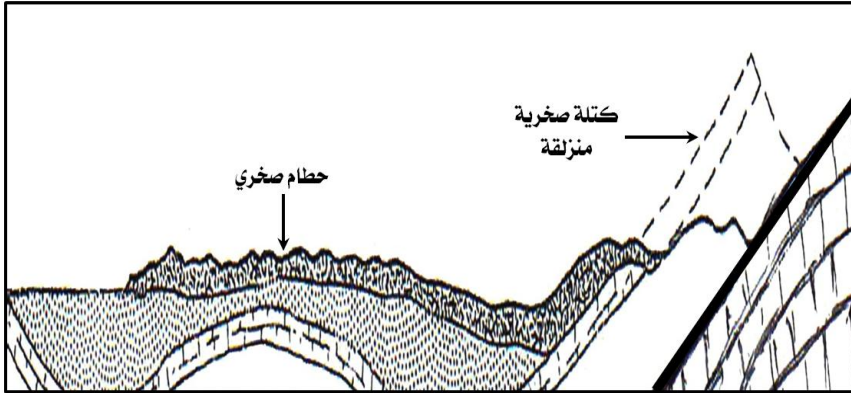
1) حركات سريعة غير مشبعة بالماء :

تتنوع هذه الحركات تبعاً للخصائص الشكلية لسطح المنحدر إلى:

أ. الانزلاقات الصخرية :

تتطور على المنحدرات الشديدة ذات السطوح الطبوغرافية المستقيمة. شكل (18) مع وجود صخور تتميز بمظاهر الضعف النوعي (الشقوق - الفواصل - أسطح التطبيق) تتركز على طبقات صخرية غير نفاذة كالصخور الطينية والغرينية، عمليات التجوية الفيزيائية تعمل على توسيع مظاهر الضعف، فتزيد من طاقتها الترشيفية لمياه الأمطار، الماء المترشح يولد ضغطاً داخلياً يعمل على ضعف التماسك بين الصخور والماء يضيف وزن إضافي على كتلة المنحدر مما يفقد المنحدر تماسكه ويقل استقراره ويخضع لحركة سريعة فجائية بشكل كتل صخرية منفصلة على سطوح مناطق الضعف.

شكل (18) الانزلاقات الصخرية

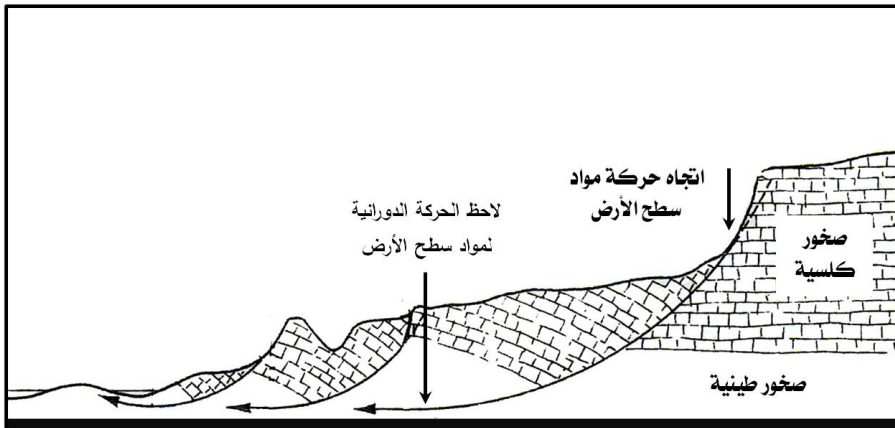


ب. التدهور :

تتواجد هذه الظاهرة على المنحدرات المقعرة مع وجود التباينات الصخرية متمثلة بالصخور الصلبة تتركز على صخور طينية وجرينية، ويتوفر قدر معين من الرطوبة يجعلها سطوحاً غير مسقرة زلقة لا تستطيع تحمل ما يعلوها من صخور ينخفض فيها عنصر الأمان وتتحرك مواد المنحدر بشكل مواد صخرية غير متماسكة في وحدة واحدة أو سلسلة من الوحدات الصخرية ولهذا تسمى (التداعي Slump).

وتكون الحركة في اتجاهين شكل (19) الأولى حركة أسفل المنحدر والثانية حركة دورانية نحو الخارج بعيدة عن جسم المنحدر.

شكل (19) التدهور (تداعي الكتل الصخرية)



ج- التساقط الصخري :

تحدث فوق الأراضي التي يزيد انحدارها عن 32 درجة وغالباً ما تكون بشكل جروف صخرية قائمة الوجه الحر للمحدر Free face حيث تسقط الكتل الصخرية من الأجزاء العليا للمحدر سقوطاً حراً سريعاً دون تعرضها للانزلاق أو الدرجة على سطح المحدر.

جميع الحركات السابقة العامل الرئيسي لحدوثها هو التنوع الصخري من حيث الخصائص المعدنية والشكلية، إضافة إلى عوامل مساعدة كالتساقط المطري والزلازل والنشاطات البشرية المتنوعة على المحدر.

ينتج عن هذه الحركات رسوبيات متراكمة عند قاعدة المحدر يطلق عليها الكولوفيوم (Glluvium) وغالباً ما تتخذ شكل مخاريط ارسابية تسمى بمخاريط الهشيم (Talus Cones) وتتكون من مفتتات صخرية متباينة في أحجامها وأشكالها.

2) حركة مواد سريعة مشبعة بالماء :

أ. تدفقات التربة Solifluction :

تنتشر هذه الظاهرة في العروض العليا الباردة وعلى سطوح لا يتجاوز انحدارها بين (2-4) درجة وبفعل تتابع التجمد والذوبان وخاصة في الترب الغرينية (Abramson (Silty soils 2002،p:23 اذ تتجمد التربة شتاءً وفي فصل الصيف الدافئ يذوب الثلج المتواجد في مسامات التربة العليا وتبقى محتسبة فيها لوجود الطبقة الدائمة التجمد تحت السطحية مما يزيد من وزنها وتفقد تماسكها فتتحرك بشكل تدفقات غروية سريعة جداً تكتسح كل ما يصادفها.

ب. التدفقات الطينية Mud flow :

تحدث هذه الظاهرة على السفوح الشديدة الانحدار والمتواجدة ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة وحتى شبه الرطبة والتي تتكون من رواسب سطحية سميكة غير متماسكة أغلبها من الطين تتركز على طبقات صخرية صلبة. وعند تشبعها بالأمطار

الفصلية الغزيرة تنتشعب الرسوبيات السطحية بالماء، مما يجعلها تتحرك بسرعة تحت تأثير قوى الجاذبية الأرضية مكونة لها مجرى عميق يتطور إلى السنة طينية واسعة الانتشار عند قاعدة المنحدر والأراضي السهلية المجاورة له مختلطة بهشيم صخري متباين في خصائصه الحجمية والشكلية. وغالباً ما تسبب الأخطار والتدمير لما يعترضها من مشاريع وأراضي زراعية.

الأشكال الأرضية في بيئة المنحدرات :

أولاً: الأشكال الأرضية الحتية في بيئة المنحدرات :

أ. المسارات المائية التصريفية.

تتطور على معظم السطوح الانحدارية مسارات مائية تصريفية عقب التساقط المطري وتتباين هذه المسارات فيما بينها من مسارات مائية صغيرة Rills وقتية الجريان إلى مسارات مائية موسمية أو دائمية الجريان لتطور في النهاية شبكة الصرف المائي السطحي وتتحدر باتجاهات متباينة تبعاً لانحدار الأرض التي تتحرك عليها.

ب. الأراضي الوعرة :

تتطور وفق الشروط التالية:

1. انحدارات أرضية متفاوتة في درجة انحداراتها.
2. صخور متباينة في درجة استجابتها للتعرية المائية.
3. نسبة عالية من الجريان المائي السطحي المتطور من تساقط مطري غزير مع انخفاض نسبة الترشيع نحو التكوينات تحت السطحية.
4. غطاء نباتي قليل وأحياناً غير موجود.

وفقاً لما سبق تكون التعرية المائية شديدة في الصخور الهشة والرسوبيات السطحية مؤدية إلى تمزق السطح بمجموعة كثيفة من المسارات التصريفية أحياناً تكون خانقيه تأخذ شكل V-Shape شكل (20) يفصلها جروف حادة مما يجعل

المنطقة شديدة الوعرة لا يمكن استثمارها في أي نشاط بشري لهذا اكتسبت اسمها من ذلك الأراضي السيئة (Badland) أو الرديئة وتسمى أيضاً بأرض الكتار. يوجد الكثير من الأراضي الوعرة في جبال الوطن العربي ومنها جبال العراق وفي معظمها موروثه من عصر البليوستوسين المطير.

شكل (20) الأراضي الوعرة



ج. السفوح الصخرية :

تمثل نهاية الدورة التحاتية للمنحدرات الجبلية في الأقاليم الجافة وشبه الجافة تتطور بعملية البدمة (التبطح) Pedimentation التي تعمل على تعرية المنحدرات الجبلية بفعل المياه وأحياناً الرياح مما يؤدي إلى التراجع الخلفي للمنحدرات الجبلية لتكون مجموعة من السهول الشريطية الملتصقة مباشرة بإقدام الجبل. ولهذا تسمى بالسهول المحفورة تحت أقدام الجبال أو البيديمنت Pediment يناظر هذا المصطلح مصطلح Peneplain يقصد به أيضاً السهول التحاتية التي تطورت من التراجع الخلفي للمنحدرات الجبلية ويستخدم بشكل عام على السهول التي تتطور في نهاية الدورة الحتية، وتسمى العمليات الجيومورفية التي تؤدي إلى إزالة تضرس الأرض بمنحدراته المختلفة وتحويله إلى قاع صفصف (سهب) Peneplain بعملية التسهب Peneplanation (النقاش: 327).

ثانياً: أشكال أرضية ترسيبية :

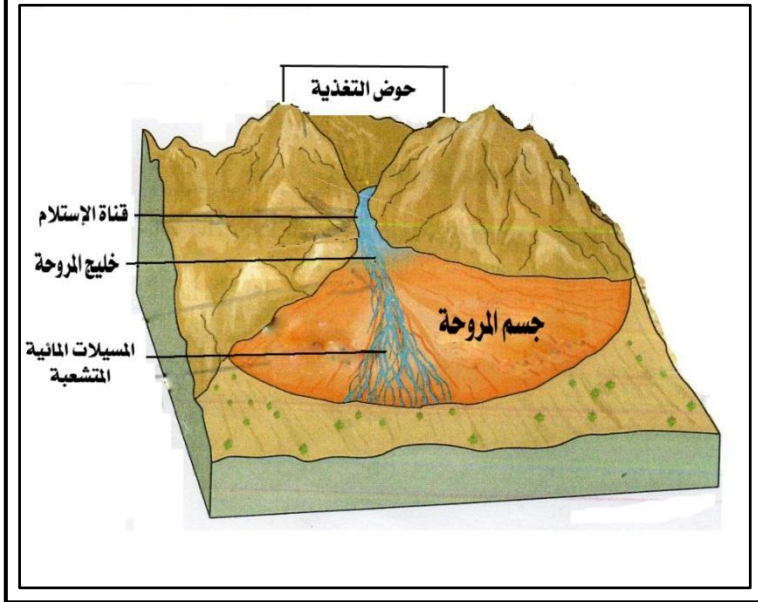
أ. المروحة الفيضية الغرينية :

تتكون عندما تنحدر الأودية الموسمية الجريان محملة بالرواسب من السفوح الجبلية العليا إلى السهول المجاورة، وفي المنطقة الانتقالية تبدأ عملية الترسيب بسبب التغير في الانحدار (Break of slope) فتترسب الرواسب عند قدامات الجبال وتتخذ في البداية شكل مخروط (Cone) ثم يتطور باستمرار عملية الترسيب وانتشار الرواسب إلى مروحة (Fan) .

صورة (7) المروحة الغرينية



مخطط توضيحي للمروحة الغرينية



تختلف المادة المكونة لترسبات المروحة في نسيجها من جلايد كبيرة وحصى خشن كراس لها إلى مواد ارسابية ناعمة في نهاياتها. وينتشر على سطحها شبكة من المجاري المائية ضحلة العمق ثنائية التشعب وغالباً ماتهجر هذه المجاري مساراتها من سيل إلى اخر تبعاً للمواسم المطرية المتعاقبة وغزارة التساقط المطري

وهو مظهر مهم من مظاهر النشاط الدال على توالي عمليات التعرية والقطع لسطح المروحة، وهي من صفات المراوح النشطة الفعالة لتمييزها عن المراوح البائدة التي تشكلت في عصر البليوستوسين المطير وانتهى نشاطها. وأصبحت مراكز استقرار بشري.

ب. سهول الباجادا Bagada :

وتسمى كذلك البهادا (Bahada) تتطور عند التحام عدة مراوح غرينية لتكون نطاقاً رسوبياً يمتد عدة كيلومترات عند قدمات السلاسل الجبلية، وتكون سطوحها مائلة من قمة المروحة إلى قاعدتها اذ تكون ما بين (8-10 درجة) قرب القدمات الجبلية لتصل إلى درجة أو اقل من ذلك عند نهاياتها (كريل :262) .

وابرز مثل لذلك السهول المروحية المتواجدة في الأجزاء الشرقية من جمهورية العراق والتي أقيمت عليها كل من مدينة بكرة وجصان ومندلي. وتتميز بكثرة وديانها المائية السطحية المنحدرة من السفوح الجبلية وتسمى (الكلالة). فضلاً لذلك تكون غنية بمياهها الجوفية لان اغلب المياه المنحدرة من السفوح العليا تنفذ وتترشح عبر الرسوبيات السطحية الخشنة المتواجدة في قمة المروحة، مما سهل استثمارها بشكل آبار يدوية ضحلة العمق.



الفصل التاسع

الأنهار وأثرها في تشكيل
سطح الأرض

الفصل التاسع

الأنهار وأثرها في تشكيل سطح الأرض

المياه السطحية جزء من الدورة الهيدرولوجية العامة على سطح الكرة الأرضية تتطور بعد سقوط الأمطار وتشبع السطح العلوي للرسوبيات السطحية بالماء وما يزيد عن سعتها الحقلية يتطور بشكل مياه سطحية تتحرك على سطح الأرض تبعاً لانحدارها.

أشكال التدفقات المائية السطحية :

1. تدفقات مائية عشوائية (التدفقات الغطائية Sheet Flows):

تتطور عقب التساقط المطري وتتحرك بشكل أغشية مائية قليلة السمك منتشرة على حيز مكاني واسع ويتحكم في اتجاهها انحدار سطح الأرض وباستمرار التساقط المطري خاصة أثناء العواصف المطرية تتطور إلى فيضانات غطائية Sheets floods.

2. المسيلات المائية Rills :

تتطور من التدفقات المائية العشوائية يتحكم في اتجاهها الانحدار الأرضي وأحياناً تتخير المياه مظاهر الضعف الصخري كالشقوق والفواصل فتأخذها مساراً تتميز هذه المسيلات بأنها ضحلة العمق لا يتجاوز عمقها عدة سنتيمترات وبصرها وكثرة عددها وغالباً ما تجف في موسم الجفاف وأحياناً تختفي معالمها.

3. الوديان المائية :

تنشأ من المسيلات المائية بفعل عملية الاختزال الجدولي (Abstraction Valley) بعملية الاتحاد بين عدة مسيلات مائية لتكون ودياناً أكثر عمقاً وطولاً وأقل عدد مع زيادة في التصريف المائي ويكون بعض منها دائمي

الجريان أو متقطع والآخر موسمي، يكون لها دور مهم في تنشيط العمليات الجيومورفية من تعرية وترسيب.

4. القنوات النهرية الدائمة الجريان:

هي قنوات مائية ثابتة دائمية الجريان تطورت من التغذية المائية للأشكال المائية السابقة.

إن كل تلك المسيلات المائية بأنواعها الأربعة تطور شبكة الصرف المائي السطحي للحوض المائي والخصائص الهيدرولوجية للنهر وسنعرّفها كالآتي:

شبكة الصرف المائي:

انتظام المياه الجارية في شبكات متكاملة من الأودية المائية المتباينة في خصائصها الهيدرولوجية والشكلية تشكل هذه الشبكة نظام التصريف المائي (Drainage System). تتواجد الشبكة المائية في حيز مكاني يسمى حوض الصرف المائي.

حوض الصرف المائي Drainage System :

وحدة أرضية ذات خصائص مساحية وشكلية متباينة تتصرف المياه التي تسقط على هذه المساحة نحو قناة مائية مركزية قد تكون وادي وقتي أو موسمي أو دائم الجريان. لهذا يطلق عليه كذلك مصطلح حوض التغذية (Watershed) أو مناطق التغذية (Catchment area).

طاقة النهر :

إن طاقة النهر مهمة جداً في العمل الجيومورفي وتعتمد على المتغيرات التالية:

1. سرعة التيار المائي.
2. كمية التصريف.
3. الحمولة النهرية.

1- سرعة النهر:

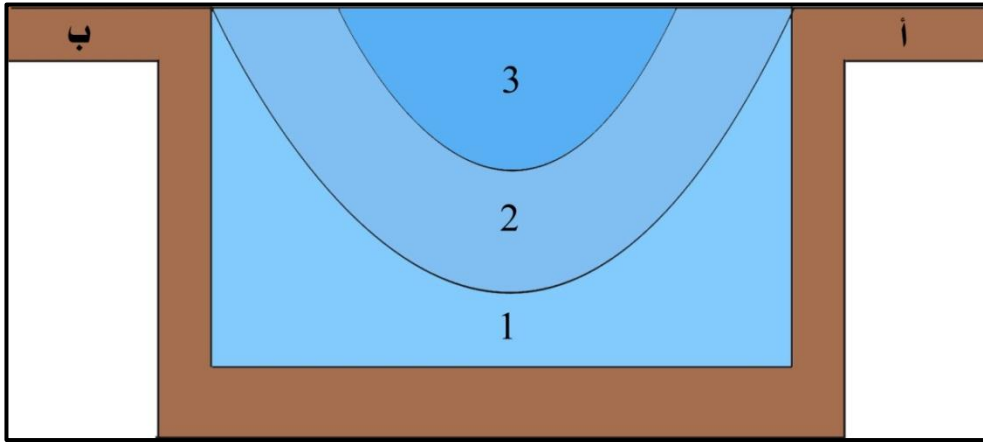
المسافة التي يقطعها التيار المائي خلال وحدة زمنية محددة وتقدر بوحدة مسافة على وحدة زمن مثلاً كم / ساعة.

تتوقف سرعة النهر على عدة متغيرات:

1. حجم المياه المارة في نقطة القياس.
2. الخصائص الشكلية للقناة المائية من حيث العمق والاستقامة.
3. انحدار القناة المائية.
4. الاحتكاك بين المياه والضفاف والقاع من جانب وبين كتلة الماء المتحركة والهواء الملاصق لها.

وتبعاً لذلك تتباين سرعة التيار في المقطع العرضي تبعاً للمتغيرات الآتية الذكر (شكل 21).

الشكل (21) مقطع عرضي للنهر يوضح سرعة التيار المائي



1. سرعة قليلة التيار. 2. سرعة متوسطة. 3. سرعة شديدة.

1. **سرعة قليلة:** تكون في الأجزاء السفلى من النهر لأن النهر يصرف جزء من طاقته للتغلب على قوى الاحتكاك بين كتلة المياه المتحركة وقاع وجوانب النهر.
2. **سرعة متوسطة:** تتواجد ضمن كتلة المياه المتحركة لأن الطاقة التي يصرفها التيار المائي من أجل التقدم للأمام تكون أقل لتجانس الوسط الذي يتحرك به (كتلة الماء).
3. **سرعة شديدة:** هي أكثر أجزاء النهر سرعة، هي الجزء السطحي العلوي الذي يقع فوق جزئه العميق الوسط، لأن الماء تتحرر في سطحه العلوي من الاحتكاك من الصخور وكتلة الماء باستثناء ملامسته للهواء.

2- التصريف المائي (الايراد المائي):

كمية المياه المارة في مقطع معين ضمن المجرى المائي وتقاس بوحدة حجمية على زمن (قدم مكعب أو متر مكعب في الثانية) ويؤثر في كمية التصريف مقدار التغذية المائية الواردة للقناة المائية وكذلك شكل القناة المائية من حيث العمق والاتساع والاستقامة.

3- الحمولة النهرية:

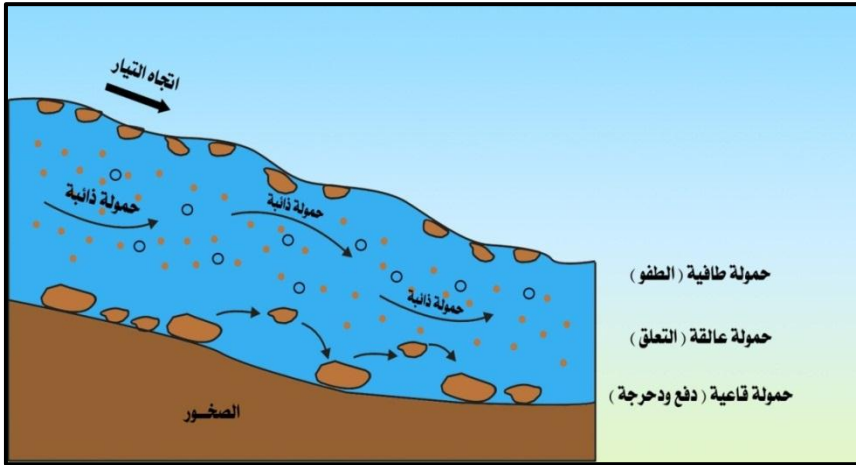
المجموع الكلي للارسابات الموجودة في النهر ويبقى النهر فعالاً من الناحية الجيومورفية طالما له القدرة على تحريك الحمولة ضمن مجراه. تتنوع الحمولة إلى:

أولاً: **حمولة ذائبة (غير ظاهرة):** حمولة ناتجة من تجوية كيميائية لصخور القاع والمجرى وجميع أراضي التغذية المائية للنهر، وتحملها المياه بشكل أيونات ذائبة (غير مرئية) لكن نستدل عليها من الفحص المختبري للمياه. وهي التي تحدد عسرة المياه وصلاحيته للاستعمالات البشرية المختلفة.

ثانياً: **حمولة ظاهرية (مرئية):** وتتنوع تبعاً لخصائصها الشكلية إلى:

1. **حمولة طافية:** تكون شوائب ونفايات وبقايا نباتات ليس لها دلالة جيومورفية لكنها تعكس طبيعة التلوث المائي للنهر.
2. **حمولة عالقة:** تكون جزيئاتها صغيرة جداً متمثلة بالطين والغرين وأحياناً الرمل الناعم وهي ناتج تجوية فيزيائية لصخور حوض الصرف المائي والقناة وهذه الحمولة لها دور مهم في تطور مظاهر أرضية سنوضحها في الفقرات القادمة.
3. **حمولة قاعية:** مواد إرسابية خشنة كبيرة الحجم متمثلة بالحصى والكتل الصخرية المتفاوتة في حجمها وشكلها والمتواجدة في قاع المجرى المائي.

شكل (22) الحمولة النهرية



كيف ينقل النهر حمولته :

ينقل النهر حمولته بالوسائل الآتية:

1. **طريقة الطفو Foalting :** ينقل بهذه الطريقة الحمولة الطافية فتبقى على سطح النهر.
2. **طريقة الذوبان:** حمولة غير ظاهرة للعيان متمثلة بالحمولة الذائبة يحملها النهر ضمن تياره وتستنفذ جزء من طاقته إبرزها الكربونات والكبريتات والكلوريدات والأكاسيد.

3. **طريقة التعليق Suspension** : تنتقل بهذه الطريقة الحمولة العالقة لصغر

حجمها تبقى عالقة في مياه النهر حتى يصل إلى مصبه.

4. **الدفع والدرجة**: تكون هذه الطريقة مجدية في الحمولة القاعية، لا يستطيع النهر

أن يحملها لكبر حجمها بل يدفعها ويدرجها على قاعه بفعل قوة الدفع الهيدروليكي للتيارات المائية خاصة أثناء الموجات التصريفية العالية في ذروة الفيضان.

خلاصة لما سبق تزداد سرعة التيار المائي كلما ازدادت كمية التصريف المائي فتزداد قدرته على حمل الرسوبيات وزيادة فعاليته الجيومورفية والعكس صحيح.

العمل الجيومورفي للنهر :

يتضمن العمل الجيومورفي للنهر اتجاهين:

1. عمليات هدمية.

2. عمليات بنائية.

أولاً: العمليات الهدمية:

تتضمن عمليات التجوية بكل أنواعها وعملية التعرية، تم دمج هذه العمليات مع بعضها لأن لا يمكن الفصل بينهما في العمل الهدمي للأنهار، المياه الجارية تمارس هذه العمليات معاً في آن واحد أثناء حركتها فهي تجوي الصخور فيزيائياً وكيميائياً وتعري ناتج التجوية بشكل حمولة مرئية وغير مرئية.

عمليات التعرية النهرية:

تعد الأنهار من أبرز من العوامل الجيومورفية في تغيير سطح القشرة الأرضية وتوجه الأنهار جزء من طاقتها لإحداث هذا التغير بالعمليات التالية:

1. **عملية الذوبان:** متمثلة بالتجوية الكيميائية التي تمارسها المياه الجارية على صخور المجرى فإذا كانت الصخور قابلة للإذابة تزيد من تواجد التركيز الأيوني في مياه النهر كحمولة ذائبة.
2. **عملية الصقل:** هي تجوية فيزيائية لمياه النهر ضمن مجراه حيث يحطم ويهشم صخور المجرى وينقلها ضمن تياره كحمولة إرسابية عالقة وأحياناً قاعية، وتتعرض هذه بدورها إلى عملية صقل وبري من خلال اصطدامها مع بعضها من جهة ومع صخور قاع جوانب المجرى من جهة أخرى تتغير خصائصها الشكلية والحجمية فتصبح أقل حجماً وملساء وذات سطوح دائرية، ويدل وجود الحصى الصقل وبأحجام صغيرة ضمن مجاري الأنهار العراقية دليل مهم على عمليات صقل طويلة الأمد تعرضت لها هذه المكونات خلال عمليات نقلها.
3. **ضغط الماء (الأثر الهيدروليكي):** ضغط الماء المسلط على الشقوق والفواصل وأسطح التطبيق لصخور الضفاف يؤدي إلى حصر الهواء المتواجد فيها وعند تراجع المياه يتراجع الهواء ويتمدد مولداً ضغطاً كبيراً له القدرة أن يمزق ويحطم هذه الشقوق والفواصل وتوسيعها كتجوية فيزيائية. إن ناتج عمليات الصقل والضغط المائي يزود مياه الأنهار بالحمولة الإرسابية التي تزيد من القيمة التعرؤية للمياه لأن المياه الصافية النقية ليس لها أي جهد تعروي فيزيائي، إن الأنهار تستخدم الحمولة كمعاول تحطم وتهشم صخور المجرى.

الأشكال الأرضية في مرحلة الشباب :

تتطور معظم المظاهر الأرضية الناتجة عن التعرية النهرية في وديان الأنهار العليا (مرحلة الشباب). لأن الأنهار مازالت تتحرك فوق أراضي شديدة التضرس والانحدار ومازالت مرتفعة كثيراً عن مستوى القاعدة العام (سطح البحر). لهذا توجه الأنهار كل طاقتها لتعميق مجاريها فوق هذه السطوح المرتفعة وعليه تتشكل مجاريها بمجموعة من الأشكال الأرضية.

1. الخوانق النهرية:

الخوانق: وديان ذات جوانب شديدة الانحدار عميقة جداً وتكون قنواتها قليلة الالتواءات مقطعه العرضي بشكل حرف V كخائق نهر كلورادوا الذي يبلغ طوله 5000 كم وعمقه 2 كم (كريل: ص 152) وخائق نهر النيل فوق الهضبة الأفريقية، وخائق علي بك في شمال العراق.

2. المساقط المائية:

تتطور المساقط المائية للأسباب التالية:

أ. يتطور الشلال (المسقط المائي) بفعل التعرية المائية التفاضلية في مجرى النهر، حيث تتواجد الصخور الصلبة التي تتركز على صخور هشة يشد فعل التعرية المائية في الصخور الهشة مما يؤدي إلى تعريتها وعندئذ تظهر الصخور الصلبة بشكل حافة معلقة تسقط فوقها المياه (الدراجي: ص 164) ويمرور الوقت الصخور الصلبة تتعرض للسقوط مما يؤدي إلى تراجع مناطق المسقط المائي نحو مناطق المنابع، وهذا ما يحدث في شلالات نياكارا على مجرى نهر سنت لورنس بين بحيرتي ايري واونتاريو حيث يتراجع إلى الشمال بمعدل متر / سنة يؤدي إلى القضاء على بحيرة ايري وكذلك شلال كلي علي بك في أربيل. ويعد هذا النوع أكثر أنواع الشلالات شيوعاً.

ب. وقد يتطور الشلال في مجرى النهر عندما يتعرض مجراه إلى حركات تكتونية (الصدوع) فتتحرك المياه من على حافة الانكسار كأنها مسقط مائي ومن أمثلتها شلالات فيكتوريا على نهر الزمبيزي.

ج. تظهر الشلالات في مجاري الأنهار التي تعرضت لتعرية جليدية سابقة إذ يتشكل المسقط المائي في مناطق التقاء الوادي الجليدي الثانوي بالوادي الرئيسي بسبب تباين التعرية الجليدية فيهما يبدو الوادي الجليدي الثانوي (الفرعي) أعلى مستوى من الوادي الرئيسي لهذا يبدو مصبه بشكل مسقط مائي، تكثر هذه المساقط في

أكثر المناطق التي تعرضت لتعرية جليدية في مرتفعات اسكندنافيا وجبال الالب وفي كندا.

د. تنشأ المساقط المائية عند هبوط مياه النهر من أراضي هضبية مرتفعة نحو أراضي سهلية مثل المساقط المائية المتواجدة على نهر زائير إذ يوجد أكثر من 30 مسقط مائي تتحد من حافة هضبية مرتفعة نحو ساحل المحيط الاطلسي.

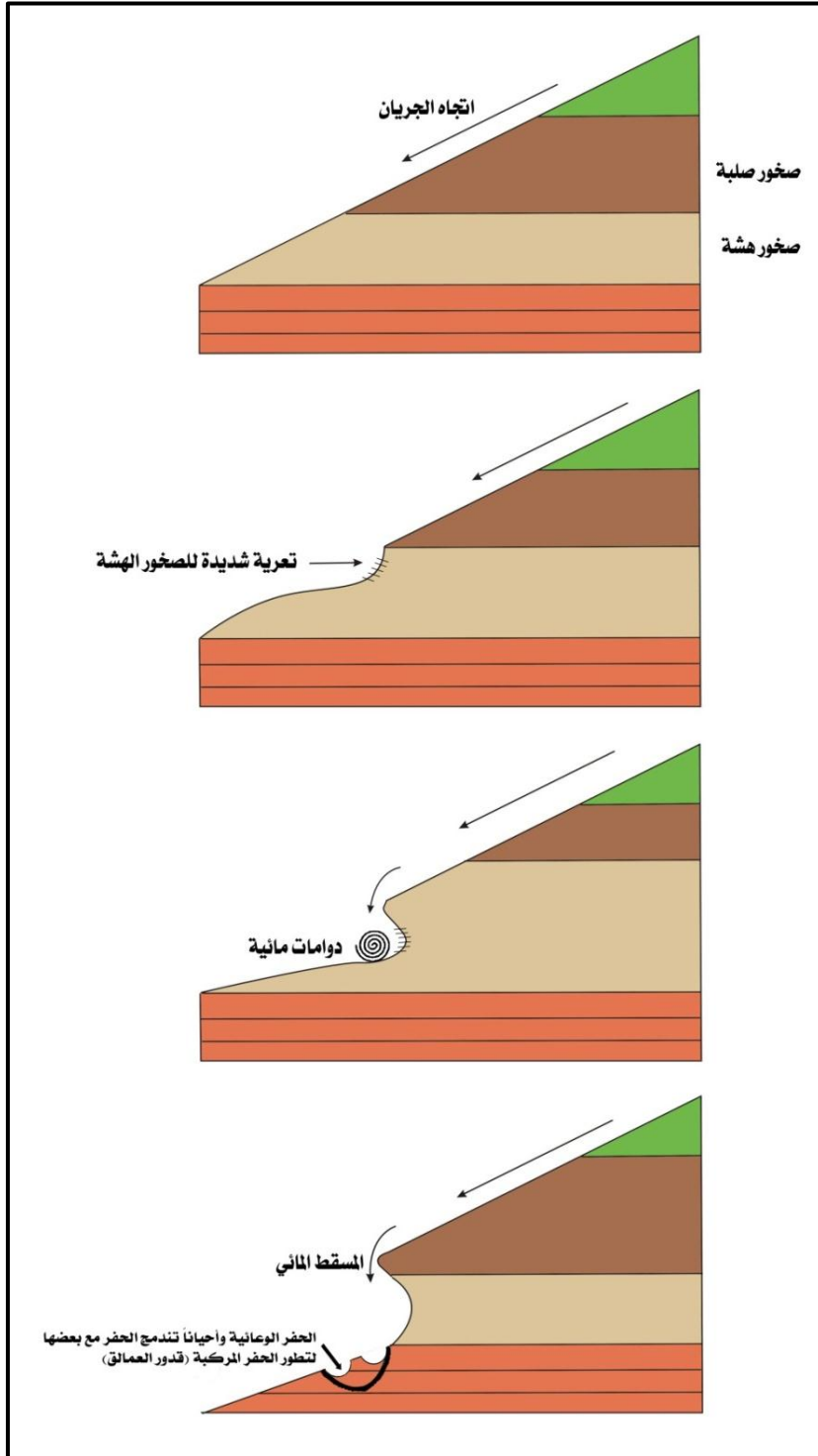
3. الجنادل:

تظهر الجنادل في مجرى النهر عندما تظهر صخور صلبة وعلى الأغلب ذا أصل ناري في مجرى النهر بوضعية أفقية مائلة قليلاً مع التيار المائي، لا يستطيع النهر تعريتها وإزالتها فتبدو بشكل جزرات صخرية ضمن مجرى النهر وعندما يكثر عددها في موضع معين ضمن المجرى فإن ذلك يؤدي تفرع التيار المائي بشكل تيارات متدفقة لتكون ظاهرة تسمى المسارع Rapids. تكثر هذه الظاهرة في مجرى النيل ما بين شمال الخرطوم وجنوب السودان ولهذا تسمى المنطقة باسم منطقة الجنادل.

4. الحفر الوعائية:

فجوات متباينة في خصائصها الشكلية والحجمية في قاع المجرى تتطور بفعل الحركة الدوامية لمياه النهر وتدوم معها صخور القاع فتعمل على سحق وطحن الصخور الهشة مكونة حفر في قاع المجرى وغالباً ما تتحد هذه الحفر مع بعضها البعض ليكبر حجمها ويزداد عمقها فتساعد على تعميق قاع المجرى، وفي كثير من الأحيان تتطور الحفر الوعائية عند المساقط المائية بسبب حالات الاضطراب المائي الناتج من سقوط الماء من الأعلى نحو الأسفل. (ينظر الشكل 23).

الشكل (23) المسقط المائي



ثانياً: العمليات البنائية (الإرساب):

يقصد بها عمليات الترسيب التي يقوم بها النهر ويتوقف عملها على المتغيرات التالية:

1. تصبح الأرض أقل انحداراً من مرحلة الشباب مما يؤدي إلى قلة سرعة التيار المائي.
2. قلة كمية التصريف المائي بسبب الابتعاد عن مناطق التغذية من جهة والضائعات بفعل التبخر والترشيح والاستهلاكات البشرية من جهة أخرى.
3. تأسيساً على المتغيرات السابقة تظهر التعرية الجانبية في جوانب المجرى مما يجعله أكثر اتساعاً وتظهر كذلك عملية جديدة هي عملية الترسيب ولهذا تتميز معظم الأشكال الأرضية في هذه المرحلة بمظاهر إرسابية متنوعة وهي تمثل مرحلة النضج النهري.

متى يبدأ النهر يرسب:

1. فقدان النهر لطاقته.
2. قلة تصريفه المائي.
3. قلة سرعته.
4. ازدياد حمولته العالقة.

هذه المتغيرات تتضافر مع بعضها لتطوير عملية الإرساب النهري، إذ يصبح النهر غير قادر على تحريك حمولته يبدأ بالتخلص منها بالترسيب لتحرير بعض من الطاقة الكامنة فيه حتى يواصل السير قدماً نحو المصب، تكون عملية الترسيب على مراحل أولاً الإرسابات الخشنة ثم المتوسطة فالناعمة والأنعمة، النهر يصنف رواسبه العالقة حسب أحجامها تبعاً لتناقص سرعته. ولهذا تظهر على الإرسابات المائية صفة الفرز أو التصنيف (Sorting).

الأشكال الأرضية في مرحلة النضج :

1. السهول الفيضية:

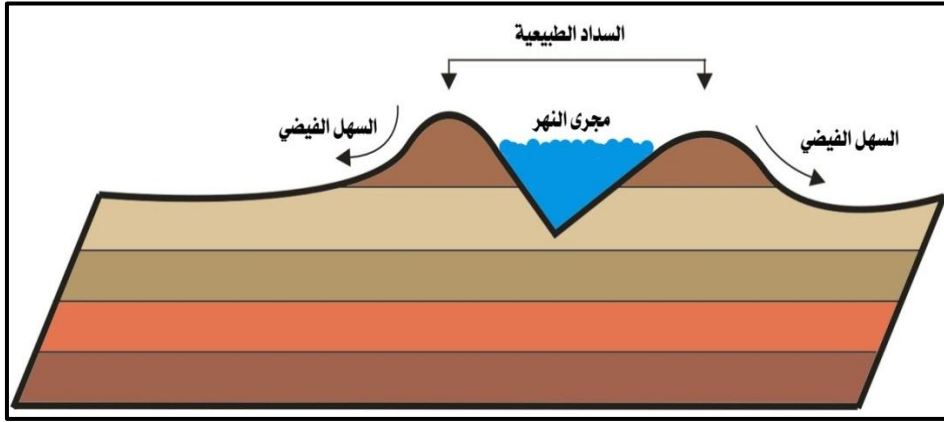
يتكون بفعل الارساب النهري من الحمولة العالقة على جانبي النهر وخاصة أثناء الموجات التصريفية العالية (الفيضان) ولهذا سميت بالسهول الفيضية وأغلب السهول الفيضية في العالم ومنها السهل الرسوبي في العراق كانت تجدد خصوبتها باستمرار قبل السيطرة على مياه الأنهار ببناء بحيرات الخزن والسدود. ولهذا في الوقت الحاضر هذه السهول لم تكتسب أية إرسابات جديدة. ومن أمثلتها السهل الرسوبي في العراق وسهل المسيسيبي والفولجا والسهل الفيضي من وادي النيل بين اسوان والقاهرة وتمثل هذه السهول مراكز الثقل الاجتماعي والاقتصادي والحضري.

2. السداد الطبيعية:

مستويات أرضية ارسابية تتطور على ضفاف المجرى المائي مباشرة بفعل الفيضانات المتكررة لمجرى النهر وتكون أكثر ارتفاعاً عند جهاتها القريبة من النهر وتتحدر تدريجياً كلما ابتعدت عنه حيث أراضي السهل الفيضي. ويرجع ذلك لحالة الترسيب المباشرة للمواد التي ينقلها النهر عندما يطغي على الضفاف. ولهذا تسمى في العراق بالاكثاف النهرية لارتفاعها ولأنها تحجز مياه النهر أثناء الفيضان.

تتميز السداد الطبيعية بالتصريف الطبيعي لمياهها بسبب انحدارها نحو النهر من جهة والسهل الفيضي من جهة أخرى (ينظر الشكل 24) جعلها ذات تصريف جيد وتربة خصبة صالحة للزراعة فأصبحت منطقة جذب سكاني وزراعي اغلب بساتين الحمضيات في دىالى تقع في مناطق الكتف النهري وكذلك اغلب مدن السهل الرسوبي تقع فوقها.

الشكل (24) السهل الفيضي والسداد الطبيعية

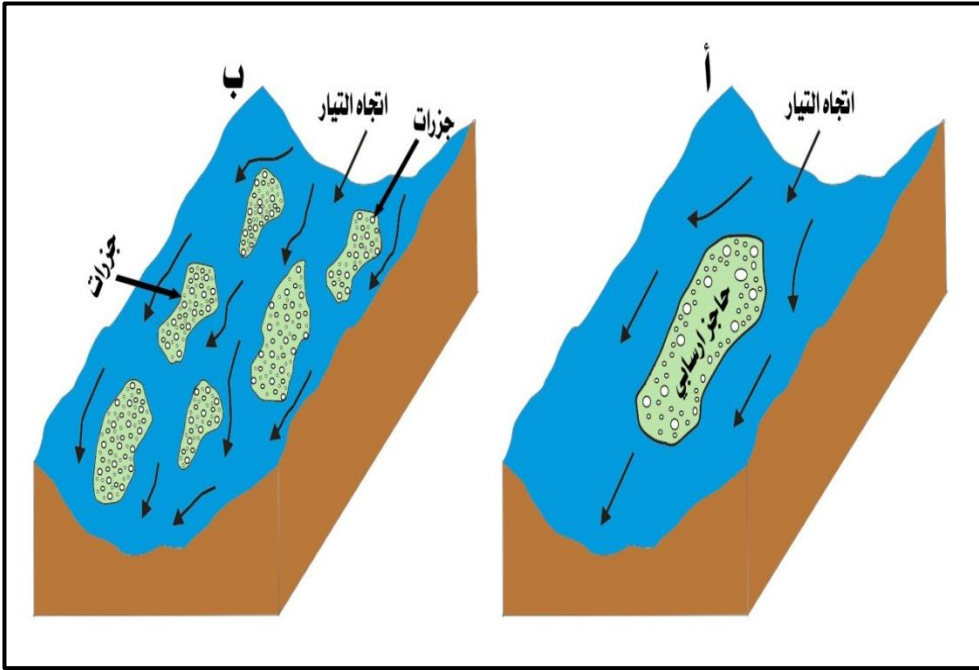


3. الجزرات:

تتشأ الجزرات ضمن المجرى المائي وخاصة في وديان الانهار الوسطى والدنيا عندما يقل انحدار المجرى وسرعة التيار المائي وقلة التصريف المائي يترتب عليه ضعف كفاءة التيار على نقل وتحريك حمولته فيبدأ بالتخلص من جزء من الحمولة ليتكون ما يعرف بحاجز منتصف المجرى. (محمد محمود طه: ص 238) (Mid Channel Bar).

يتوالى الارساب على هذا الحاجز فينمو رأسياً وعرضياً ينشعب عنده تيار النهر إلى قناتين أو أكثر تبعاً لتطور الحواجز (الشكل 25). وتظهر على سطح الماء بشكل جزرات ضمن المجرى المائي خاصة فترة الصيهد يترتب على تطورها المجاري المائية المتشعبة Braided ويسمى بالنهر الظفائري.

الشكل (25) الجزرات والنهر الظفائري



4. الالتواءات النهرية:

الالتواءات النهرية ظاهرة شائعة في مجاري الأنهار من منابعها حتى مصباتها وذلك بفعل ديناميكية جزئيات الماء إذ تنجح يميناً ويساراً أثناء حركتها وبفعل ذلك تطور لها مجاري ملتوية Meander تبرز بشكل أكثر وضوحاً في وديان الأنهار الناضجة، تصبح المياه فعالة جداً بسبب قلة انحدار الأرض وتدني سرعة التيار المائي يتحول النهر من التعرية الرأسية إلى التعرية الجانبية مع الترسيب على جانبي الالتواءات وفي قاع المجرى وتبعاً لذلك يتطور الالتواء إلى منعطف نهري.

المنعطف النهري :

يتطور المنعطف من الالتواء بفعل تعرية الجوانب المقعرة والترسيب على الجهة المحدبة تبعاً لحركة الماء الحلزونية ضمن مجرى النهر تتباين العملية الجيومورفية ما بين ترسيب على الجوانب المحدبة لاصطدام التيار المائي بها تقل

سرعته وطاقته على حمل الرسوبيات فيرسبها وعندما يرتد على الجانب المقعر سريع قليل الحمولة تنشط فعاليته التعرؤية فيعمل على تعرية هذه الأجزاء ليتغذى بحمولة جديدة يرسبها على الجانب المحدب وهكذا بمرور الزمن تزداد الجوانب المحدبة تحديداً نحو داخل النهر بفعل الترسيب والجوانب المقعرة تقعرأ نحو اليابس بسبب التعرية، وباستمرار تباين هاتين العمليتين على جانبي المنعطف النهري تضيق الحواجز الأرضية بين طرفي المنعطف إلى درجة كبيرة ليتطور مظهر جديد (عنق المنعطف) أو عنق الثنية.

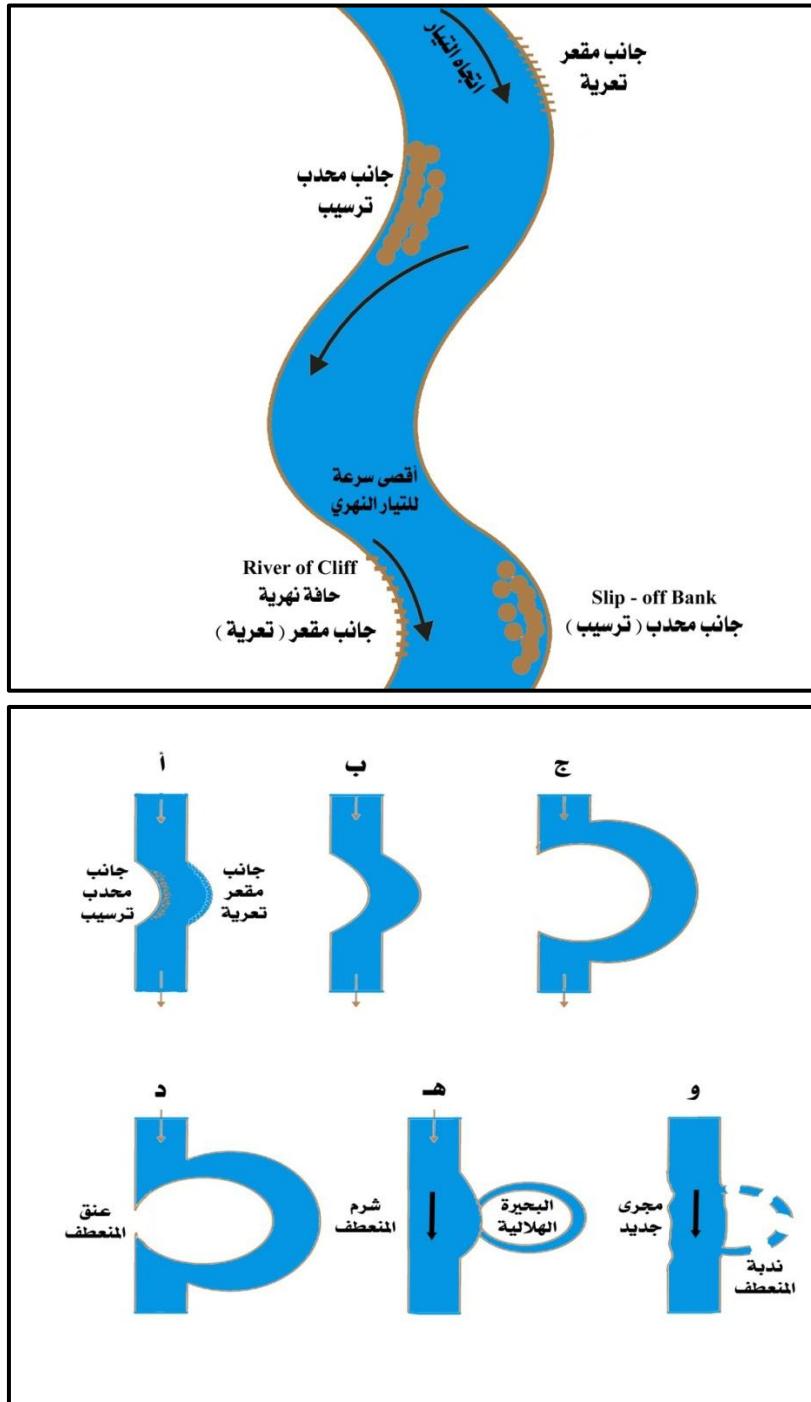
في أثناء الموجات التصريفية العالية (الفيضان) يصبح للتيار المائي سرعة كبيرة بسبب زيادة كمية التصريف المائي فيملك من القوة الاندفاع أن يشق له مجرى جديد يسمى (شم الثنية) تاركاً المجرى القديم بشكل بحيرة هلالية (Exbolake)، وقد يتعرض للجفاف ويصبح جزء من السهل الفيضي باستثناء المناطق الأكثر عمقاً في المجرى القديم تنمو فيها النباتات المحبة للرطوبة وتسمى ندبة المنعطف (Scar of Meander) ولهذه الندب أهمية كبيرة في الدراسات الجيومورفية والهايدرولوجية لأنها توضح تطور المجرى المائي ضمن سهله الفيضي.

الأشكال الأرضية في مرحلة الشيخوخة :

في هذه المرحلة تقل سرعة التيار المائي إلى أدناها مع قلة في كمية التصريف المائي ويتجه قدماً نحو مصبه حيث مناطق انتحاره يلقي بحمولته ومياهه في البحر أو المحيط. ويتكون في مناطق التقاء الأنهار بمصباتها مظهرين أرضيين هما:

1. الدلتا المصبية.
2. المصب النهري.

شكل (26) تطور المنعطف النهرى



1. الدلتا المصبية :

سهل إرسابي يتطور على قاع البحر عند منطقة التقاء النهر بمصبه هناك جملة عوامل تساعد على تطور الدلتا.

1. تباين الكثافة النوعية ما بين مياه البحر المالحة ومياه النهر العذبة فإن تيار الماء النهري يتوقف فجأة عند اصطدامه بمياه البحر لكثافته العالية مما يؤدي إلى تحرير حمولته هذا من ناحية ومن ناحية أخرى تعمل الملوحة عمل المادة اللاحمة في تجميع الجزيئات الارسابية وتكتيلها فيكبر حجمها يستحيل بقاؤها عالقة في المياه تتغلب عليها قوى الجاذبية الأرضية فترسب على القاع، وهكذا يتم تراكم الرواسب عند فوهة النهر.

2. يجب أن تكون منطقة المصب مستقرة تكتونية.

3. هدوء المسطح المائي من حيث حركة المياه فيه.

4. عمق المنطقة الشاطئية.

5. الوارد الرسوبي.

هذه العوامل تساعد على نمو وتطور الدلتا وتظهر على الأغلب على شكل مروحي مثلث رأسه نحو اليابس وقاعدته في البحر وهي الدلتا النموذجية التي تتمثل في دلتا نهر النيل ومن هنا جاء اسمها دلتا نسبة إلى حرف الدال الاغريقي الذي أطلقه العالم الإغريقي هيرودتس على دلتا النيل.

تأخذ الدلتا المصبية أشكال متنوعة مثل الدلتا الاصبعية الشكل كدلتا نهر المسيسيبي. والدلتا الحدياء عندما تأخذ شكل قوسين يتقاطعان أمام المصب كدلتا نهر التبر، ودلتا السند ونهر الرون تأخذ الشكل المثلث. المهم في الدلتاوات المصبية انها نمو لليابس على حساب المسطح المائي فعلى سبيل المثال تتقدم دلتا النيل (3-4 متر) في السنة والآن يتناقص هذا المعدل بسبب بناء السدود.

وهناك دلتاوات يكون نموها سريعاً كدلتا المسيسيبي تتقدم بمعدل 65 متر في السنة. ونهر الفولجا يتقدم بدلتاه في مياه بحر قزوين 300 متر في السنة

(البحيري، ص 161). إن مجرى النهر الرئيسي يبدأ بالتفرع فوق سطح الدلتا وعلى جانبيها من أجل الوصول بمياهه وارساباته إلى سطح البحر.

أقسام الدلتا :

تتميز الرواسب في الدلتا بخاصية التصنيف مما يجعلها تتخذ نمطاً طباقياً وكالآتي:

1. طبقات المقدمة (مقدمة الدلتا):

إرسابات خشنة تترسب أولاً على القاع عند منطقة التقاء النهر بمصبه وتكون ذات انحدار شديد نحو الماء ومغمور كله تحت الماء.

2. طبقات القاع (فرشة أمام الدلتا):

تتكون من مواد ارسابية ناعمة من الغرين والطين، ولخفة وزنها يستطيع التيار على حملها لمسافات أبعد داخل البحر حيث يرسبها أمام النوع السابق.

3. سهل الدلتا (طبقات الذروة):

يمثل السطح العلوي للدلتا، وينحدر باتجاه البحر حيث تكون قاعدته تفيض المياه عليه، لهذا تطور من الارسابات المتخلفة من حركة المياه على سطحه.

2. المصب المائي:

يتكون المصب المائي للأسباب التالية:

1. إذا كانت منطقة الالتقاء المصبية نشطة تكتونية حيث تتعرض باستمرار للهبوط لهذا لا يمكن أن تسمح بتجمع ونمو الارسابات لأنها تكون عرضة لعمليات الهبوط.

2. النشاط المائي من تيارات بحرية نشطة وقوة أمواج مع فعل لتيارات المد والجزر كلها تؤدي إلى إزالة الرواسب النهرية باستمرار ولا يكون لها فرصة أن تتراكم أمام فوهة النهر.

3. عندئذ تبقى منطقة فوهة النهر مفتوحة ويطغى عليها البحر فيتكون المصب مثل مصب نهر زائير بالرغم من كثرة حملته الإرسالية لكن نشاط الأمواج البحرية المتواجدة عند التقاء بمياه المحيط الأطلسي منعت من تكوين الدلتا، وكذلك نهر الأمازون.

مستوى القاعدة:

خط نهاية التحات النهرية Base Line of River بمعنى آخر هو أدنى حد يمكن أن يصله النهر في التعرية ويتمثل دائماً بمنسوب النقطة التي يقع عليها مصب النهر مع المسطح المائي (الخليج أو البحر أو المحيط) وعليه يصبح مستوى سطح البحر أو المحيط هو مستوى القاعدة العام الذي تتوقف عنده فعالية التعرية.

ويوجد مستوى قاعدة محلي متمثل بارتباط الروافد بأنهارها الرئيسة مثل منطقة التقاء رافد الزاب الكبير بنهر دجلة يعد نهر دجلة مستوى قاعدة محلي. أو ينتهي النهر ببحيرة داخلية أو أهوار التي تعد مستوى قاعدة محلي وهناك مستوى قاعدة مؤقت متمثل بالتقاء الوديان الموسمية الجريان بمنخفضات مائية داخلية وهذه تكون قصيرة العمر عرضة للزوال.

تصابي الأنهار:

يقصد بها إعادة الشباب للنهر، بعد أن وصل مرحلة النضج أو الشيخوخة بسبب متغيرات تحدث في مجراه أو نظامه المائي تعيد له السرعة والطاقة وزيادة فعاليته الهدمية هناك مجموعة عوامل تؤدي إلى تصابي النهر.

. Rejuvenation of River

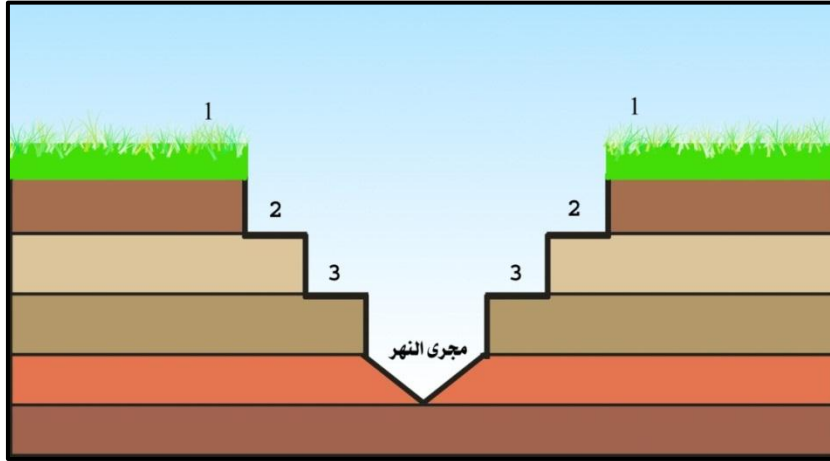
1. الحركات الأرضية الرافعة أو الهابطة لها دور مهم في إعادة التصابي للنهر تكون إما حركات هبوط في قاع البحر قرب منطقة المصب يؤدي إلى إعادة النشاط التحتاتي للأنهار التي تصب فيه. أو حركات أرضية رافعة خاصة في مجاري الأنهار الوسطى والعليا يؤدي إلى زيادة تدرج مجرى النهر واستعادة نشاطه حتي.
2. تغييرات مناخية شاملة مثل التغيرات التي حدثت في عصر البليوستوسين متمثلة بتعاقب العصور الجليدية وما بين الجليدية في أثناء الفترات الجليدية كان سطح البحر يتعرض للانخفاض فتعرضت كل الأنهار التي تصب في البحار إلى حالة إعادة الشباب لأنها عملت على تعميق مجاريها للوصول إلى مستوى القاعدة الجديد.
3. زيادة التصريف المائي للنهر بسبب التغيرات المناخية التي يتعرض لها حوض النهر كما حدث أثناء العصور المطيرة خاصة للأنهار أو الوديان التي تمر في أراضي جافة وشبة جافة مما جعلها تعيد قوتها وشبابها في عمليات التعرية.
4. حدوث حركات تكتونية (تصدع - زلازل) في مجرى النهر.
5. بناء بحيرات الخزن والسدود على مجرى النهر إذ تخرج تلك الأنهار سريعة قليلة الحمولة تكون في حالة تصابي كما هو الحال في نهر دجلة بعد خروجه من سد الموصل.

المدرجات النهرية:

امتدادات أرضية على جانبي النهر فتبدو بشكل مصاطب أو مدرجات وتكون على الأغلب بهيئة أزواج وتكون الأقدم في الأعلى والأحدث في الأسفل قرب مجرى النهر (الشكل 27). تتطور بفعل ظاهرة التصابي للمجرى المائي وكل زوج يمثل حركة تصابي تعرض لها النهر بسبب حركات تكتونية يتعرض لها المجرى أو بسبب تبدلات مناخية شاملة تزيد من التصريف المائي له، هذه المتغيرات تزيد من نشاطه

في التعرية الرأسية ويعمق مجراه يترتب على ذلك ترك ضفافه ليكون المصطبة الأولى (الأقدم).

الشكل (27) المدرجات النهرية



1 و 2 - المدرج النهرى 3- السهل الفيضي.

الاسر النهرى:

تتطور عمليات الاسر النهرى بفعل التباين في عمليات التعرية المائية بين الأنهار المتجاورة، أحدهما يعمق مجراه أكثر من الآخر ومع استمرار تعريته لمجراه ينخفض منسوبه العام فتتحدّر إليه مياه النهر المجاور الأكثر ارتفاعاً عندئذٍ يصبح نهر مسطواً عليه نهراً أسيراً أو (سليب) Beheaded river ويصبح عمقه لا يتناسب مع كمية التصريف المائي القليلة التي تتواجد فيه ويسمى النهر السيء المطابقة Misfit river والنهر الذي حصل على مياهه يسمى النهر الاسر Capture river.

الفصل الخامس والعشرون

المياه الجوفية

وأثرها في تشكيل سطح الأرض

الفصل العاشر

المياه الجوفية وأثرها في تشكيل سطح الأرض

هي تلك المياه المتواجدة في المسامية الأولية والثانوية للتكوينات الصخرية تحت السطحية.

العوامل المؤثرة في توافر المياه الجوفية :

1. الظروف المناخية: تعد الأمطار المغذي الرئيسي للمياه الجوفية وكذلك مائع الثلج كتغذية مائية مؤجلة أثناء ارتفاع درجات الحرارة وعليه ترتفع مناسيب المياه الجوفية في الموسم الرطب وتنخفض في الموسم الحار الجاف.
2. الصخرية: وتؤثر في اتجاهين:
 - أ. نوعية المعدن المتكونة منه الصخور إذا كانت تتكون من معادن قابلة للإذابة والتحلل تساعد على نفاذ وترشيح المياه عبر جسم التكوين الصخري حيث مكامن المياه الجوفية، ونوعية المعدن تؤثر كذلك في تحديد الخصائص النوعية للمياه الجوفية.
 - ب. المسامية والنفاذية للصخر.

المسامية Porosity :

خاصية مهمة تحدد قدرة الصخور على استيعاب المياه المترشحة إليها من السطح وتقسم تبعاً لطريقة تكوينها إلى:

1. مسامية أولية: تشمل الفراغات والفجوات البينية الموجودة في كتلة الصخر وتسمى كذلك بالأصلية لأنها تشكلت أثناء تشكل الصخر مثل مسامية الحجر الرملي والمجمعات الصخرية والصخور الغرينية والجبسية.
2. مسامية ثانوية: مسامية يكتسبها الصخر لاحقاً بعد تشكله بفعل تعرضه لإجهادات تكتونية متباينة ومتمثلة بالشقوق والفواصل واسطح التطبق وهي

مظاهر ضعف نوعي مكتسبة تعمل على إضعاف الصخر لأنها تكون بيئة ملائمة لنشاط عمليات التجوية وخاصة الكيميائية مثل مسامية الحجر الكلسي يفنقر للمسامية الأولية لكن يوجد به مسامية ثانوية. تقاس المسامية وفق الصيغة التالية

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم الفراغات البينية}}{\text{الحجم الكلي للصخرة}} \times 100$$

تتباين مسامية الصخور فيما بينها الحجر الرملي تتراوح مساميته بين 20% - 40% من حجمه وترتفع مسامية المجمعات الصخرية إلى 50% - 60% من حجمه بينما تنخفض مسامية الصخور النارية إلى 1% من حجمها (صلاح الدين البحيري، ص 187).

النفاذية Permeability :

قدرة التكوين الصخري على إمرار الماء ضمن جسم الصخر من خلال المسامية الأولية والمسامية الثانوية.

وتأسيساً لما سبق يوجد صخور ذات مسامية عالية لكنها غير نفاذة مثل الحجر الطيني والغريني ويوجد صخور غير مسامية لكنها نفاذة مثل الحجر الكلسي لا يوجد به مسامية أولية لكن اكتسبها كمسامية ثانوية من خلال الشقوق والفواصل واسطح التطبق وعليه أصبح الحجر الكلسي حجر غير مسامي لكنه نفاذ.

انطقة المياه الجوفية (التوزيع العمودي للمياه الجوفية) :

1. منطقة التهوية:

يمتد من سطح الأرض وحتى سطح المياه الجوفية ويسمى نطاق غير المشبع. ويقسم إلى:

أ. منطقة ماء التربة (نطاق التربة).

ب. المنطقة الوسطى.

ج. المنطقة الشعرية.

أ. منطقة ماء التربة (نطاق التربة):

يوجد الماء الجوفي فيها دون درجة الاشباع تغذيته الرئيسة مياه الأمطار والري ويتواجد دائماً ضمن نطاق المجموعة الجذرية للنباتات العشبية، هو على الأغلب نطاق موسمي يرتبط وجوده بالموسم المطير.

ب. المنطقة الوسطى:

تمتد من الحد السفلي لمنطقة مياه التربة وحتى السطح العلوي للمنطقة الشعرية. تزداد فيه رطوبة التربة يتواجد فيها المياه الغشائية. (خليفة دراركة، ص 204). أي تكون المياه فيه على شكل أغشية مجهرية تغلف جزيئات التربة وما يزيد عن هذه المياه يتحرك باتجاه الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية ويسمى بالماء الجذبي Gravity Water .

ج. المنطقة الشعرية:

توجد فوق مستوى الماء الجوفي مباشرة، هي منطقة تركيز الماء الجوفي المتصاعد بفعل الخاصية الشعرية يسمى بـ(الماء الشعري) عبر الشقوق والفواصل والمسامية الأولية.

2. منطقة التشبع الدائم:

منطقة أرضية مشبعة بالماء وتمتد من الأسفل بمستوى الأساس طبقة غير نفاذة ومن الأعلى بسطح المياه الجوفية الذي يتغير موسمياً حسب التغذية المائية وكمية السحب.

مستويات المياه الجوفية :

1. **مستوى المياه المعلقة:** مستويات مائية تعلو مستوى الماء الجوفي الدائم في المنطقة والموجود في نطاق التهوية، وتسمى المياه في هذا المستوى بالمياه المعلقة وهي وقتية تنضب بسرعة وتجف بانتهاء الأمطار وغالباً ما تكون عرضة للتلوث.

2. **مستوى المياه الجوفية الدائم:** يمثل الحدود العليا لمنطقة التشبع الدائم. ويسمى السطح الحر أو سطح النطاق المشبع ويتوافق منسوبه مع الخصائص التضاريسية فهو قريب من السطح في المناطق السهلية وبعيد في المناطق الجبلية، ويسمى بمستوى الماء الجوفي المستقر أو الساكن static level ويتعادل فيه الضغط الجوي مع الضغط الهيدروستاتيكي في المكنن الحر، ويسمى بالمستوى البيزومتري في حاله المكنن المحصور (خليفة درادكه، هيدرولوجية المياه الجوفية: 237). وتتباين مستوياته تبعاً لنوع الطبقة الصخرية المائية وكذلك مدى القرب أو البعد عن سطح الأرض والشكل الطبوغرافي للمنطقة ومقدار التغذية المائية الواردة للمكنن المائي ومقدار السحب منه.

الطبقات الصخرية المائية وأنواعها :

1. **الطبقة المائية:** هي تكوين صخاري مسامي ونفاذ ولهذا له القدرة على خزن الماء وإمراره وإعطائه، مثل الحجر الرملي والكلسي والجبسي.
2. **الطبقة الكتيمية:** هي تكوين صخاري له القدرة على حمل وخزن الماء وليس له القدرة على إمراره وإعطائه، مثل الصخور الطينية والغرينية.
3. **الطبقة المصمتة:** تكوين صخري ليس له القدرة على حمله أو إمراره أو إعطائه لأن مساميته غير متصلة وأحياناً لا يوجد به مسامية نهائياً مثل الصخور النارية.

الطبقات الصخرية الآتفة الذكر تشترك مع بعضها لتكوين المكنن المائي الجوفي.

المكمن المائي الجوفي وأنواعه :

مستودعات خزن طبيعية ذات امتدادات مساحية كبيرة وأعماق متباينة تتكون من تعاقب الصخور المسامية والنفاذية مع الصخور الكتيمة. وتكون على أنواع:

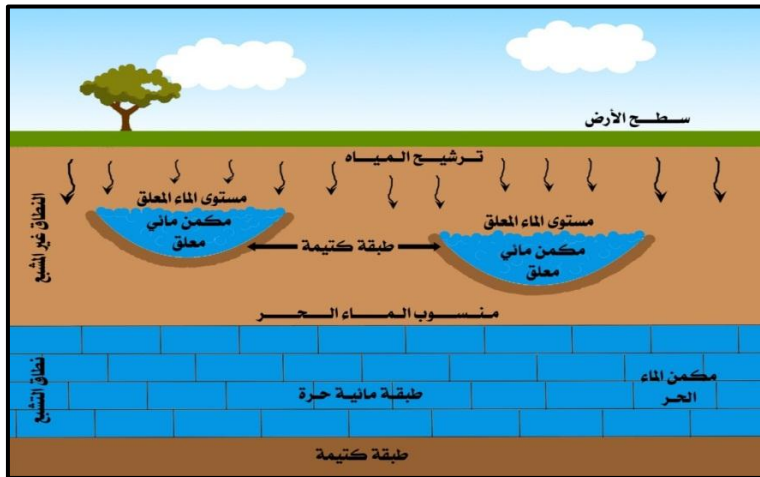
1. مكمن الماء الجوفي غير المحصور Unconfined Aquifer :

يتكون من طبقة صخرية مسامية ونفاذة أي حاملة وممررة للماء الجوفي ولها القدرة على إعطائه بشكل آبار وينابيع يحدها من الأسفل طبقة صخرية كتيمة (غير نفاذة) أو شبه نفاذة ومن الأعلى تتصل مباشرة بسطح الأرض لهذا يكون المستوى المائي الأعلى له متصل مع الهواء الجوي لذلك يسمى بمكمن الماء الجوفي الحر Free Aquifer .

2. مكمن الماء الجوفي الجاثم Perched Aquifer :

حالة خاصة من حالات الطبقات الصخرية المائية الحرة تتطور فوق منسوب الماء الدائم عندما توجد اندساسات لصخور كتيمة مثل الحجر الطيني والغريني فوق مستوى الماء الحر للمياه الجوفية (الشكل 28) تمنع ترشيح المياه خلالها إلى الطبقات الصخرية التي تليها تؤدي إلى حجز وتراكم المياه الجوفية لتطور مكمن مائي جاثم يسمى (المعلق) ويسمى سطح مياهه بالسطح الحر المعلق وترتبط تغذيته المائية بمياه الأمطار وغالباً ما تكون وقتية وذات إنتاجية قليلة.

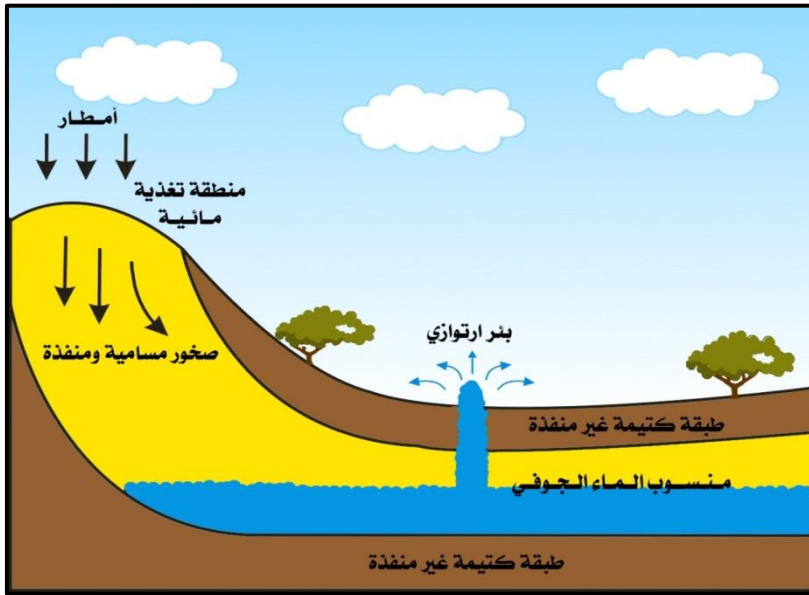
الشكل (28) مكمن الماء الجوفي الحر والمعلق



3. مكن الماء الجوفي المحصور : Confined Aquifer

1. يتطور عندما تتواجد الطبقة المائية الحاملة والممررة للماء الجوفي محصورة بين طبقتين صخريتين كتيمتين من الأعلى والأسفل تسمى بالطبقة المائية الحبيسة.
2. يكون مكن الماء الجوفي في هيئة طية مقعرة ذات امتداد مساحي واسع.
3. إن مناطق التغذية المائية لهذا المكن تقع ضمن أراضي عالية فضلاً لذلك يجب أن تكون ذات مناخات رطبة توفر تغذية جيدة للمكن المائي.

شكل (29) مكن الماء الجوفي المحصور



مظاهر المياه الجوفية :

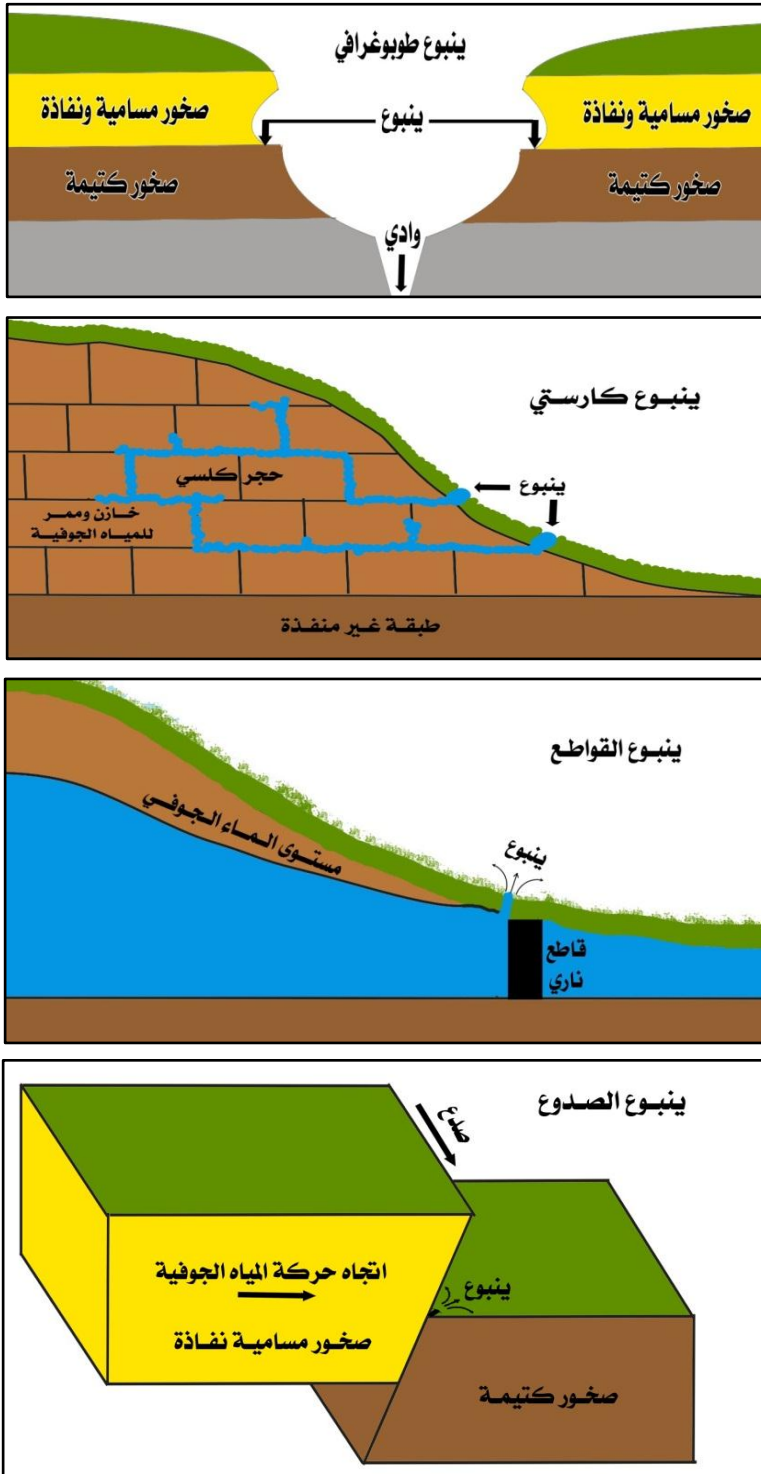
تتباين مظاهر المياه الجوفية تبعاً لطريقة ظهورها على السطح إلى:

أولاً: الانسياب الطبيعي للمياه الجوفية:

متمثلة بالينابيع: تدفق طبيعي للمياه الجوفية نتيجة تقاطع منسوب الماء الجوفي مع السطح الطبوغرافي للأرض وتتنوع الينابيع فيما بينها تبعاً لظهورها إلى:

1. **الينابيع الطبوغرافية:** تتطور في المناطق المنخفضة وخاصة مناطق الوديان والأحواض حيث تعمق الوديان مجاريها دون مستوى الماء الجوفي مما يؤدي إلى أنبثاقه على السطح مثل الينابيع الموجودة على نهر اليرموك في الأردن، بفعل وصول سطح الماء الجوفي إلى السطح. إن أغلب الواحات في المناطق الصحراوية هي ينابيع طبوغرافية مثل الواحات الموجودة في الصحراء الغربية المصرية وتسمى ينابيع طبقية.
2. **الينابيع التركيبية:** تتطور إما:
 - أ. **ينابيع القواطع:** تتطور عندما يعترض المياه الجوفية صخور مصمتة مثل السداد النارية الأفقية والعامودية. (ينظر شكل 30).
 - ب. **ينابيع الصدوع:** تتكون عندما تتعرض الأحواض المائية الجوفية إلى صدوع أرضية يؤدي إلى إعادة ترتيب الطبقات الصخرية الحاملة والكتيمة للمياه الجوفية مما يؤدي إلى تدفق المياه الجوفية في مناطق الصدع.
3. **الينابيع الكارستية:** تتواجد في أقاليم الحجر الكلسي إذ تنبثق المياه الجوفية عبر فجوات الإذابة والشقوق والفواصل إلى السطح.

شكل (30) أنواع الينابيع



ثانياً: السحب الاصطناعي: وتتنوع كالاتي:

1. الآبار:

ثقوب أو حفر تحفر في الأرض للوصول إلى منسوب الماء الجوفي وتكون على أنواع وكالاتي:

1. آبار ضحلة: لا يتجاوز عمقها 50م تحفر من قبل الأهالي بأدوات حفر بسيطة وأحياناً بآليات مثل (الشفل وآلات الحفر) وتقع في مكامن المياه الجوفية الجائمة وتسمى بالآبار اليدوية ذات إنتاجية واطئة وأحياناً تتعرض للجفاف.

2. آبار عميقة: يزيد عمقها عن 50م إلى أكثر من 400م وتقع في مكامن المياه الجوفية غير المحصورة، وتحفر بآليات حفر كبيرة من قبل مؤسسات الدولة وتسمى بالآبار الآلية وتستخدم المضخات من أجل الحصول على المياه من باطن البئر إلى سطح الأرض؛ لأن الضغط في كل نقطة من نقاط السطح العلوي المائي مساوياً للضغط الجوي.

3. آبار ارتوازية: آبار تحفر في مكامن الماء الجوفي المحصور (المقيد) تتدفق المياه بشكل اندفاعي على السطح وذلك بمجرد وصول آلة الحفر منسوب الماء الجوفي وذلك لامتلاكه ضغط مائي عالي، بسبب تواجده بين طبقتين كتيمتين. ووجود الطبقة الكتيمة في الأعلى تجعله بمعزل عن التأثيرات المناخية السطحية فضلاً لذلك وجود الممكن المحصور في منطقة حوضية وفقاً لقاعدة الأواني المستطرقة يجب أن يصل الماء إلى مستواه تبعاً لذلك يتشكل البئر الارتوازي. وسميت بالآبار الارتوازية نسبة إلى مقاطعة ارتزوا (Artoisa) في شمال فرنسا إذ حفرت أول بئر ارتوازي في القرن الثاني عشر، وكذلك حوض لندن الارتوازي والحوض الارتوازي في الوادي الجديد في الصحراء الغربية المصرية.

العمل الجيومورفي للمياه الجوفية :

يتميز النشاط الجيومورفي للمياه الجوفية في فعاليتها في التجوية الكيميائية وذلك لتواجدها الدائم ضمن الصخور وما يترتب عليه نشاط عمليات الإذابة والتحلل للمعادن المكونة للصخور يتوقف نشاط هذه العمليات تبعاً لطبيعة المعادن المكونة للصخر.

تتضح أهمية عامل المياه الجوفية في تطور مظاهر أرضية متنوعة تميز مناطق تواجدها تسمى بطوبوغرافية الكارست.

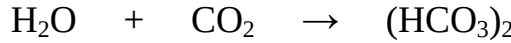
طوبوغرافية الكارست :

إن مصطلح الكارست مشتق من كلمة هندو-أوروبية والتي هي كار Kar ومعناها الأرض الصخرية العارية. والكارست تسمية باللغة الألمانية للكلمة المحلية السلافية كراس Kras وفي الإيطالية كارسو (Karso).

شروط تطور الكارست:

1. تكوينات صخرية لها القابلية على الاستجابة لعمليات التجوية الكيميائية مثل الحجر الكلسي CaCO_3 والصخور الجبسية CaSO_4 والدولومايت $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ والصخور الملحية (الهالايت) وإن كانت هذه الصخور تختلف في درجة استجابتها للإذابة.
2. نفاذية الصخر سواء كانت نفاذية أولية اكتسبها الصخر عن طريق نسيجه المفتوح ومكوناته الخشنة وتمثلة بالفراغات البينية (المسامية الأولية) أو نفاذية تركيبية (ثانوية) مثل الشقوق والفواصل وأسطح التطبق وهذه النفاذية مهمة جداً في تطور الكارست لأن يتركز فيها عمليات التجوية الكيميائية.
3. عناصر المناخ وخاصة المطر والحرارة ؛ لأن الكارست يتطور بفعل التجوية الكيميائية والتفاعل الكيميائي يحتاج إلى وسط مادي لاتمام عمليات الاحلال والتبادل الأيوني فلا بد من الرطوبة ولأنها تفاعل يحتاج إلى طاقة يتمثل بارتفاع

درجات الحرارة ؛ ولهذا لا يتشكل الكارست في أقاليم أمطارها أقل من 200 ملم، ماء المطر له دور كبير في تطور هذه الطبوغرافية لأنه يحمل معه الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون بشكل مذاب والأخير يكون حامض الكربونيك المخفف وفق الصيغة التالية:



حامض الكربونيك المخفف غاز ثاني أوكسيد الكربون ماء المطر

هذا الحامض له القدرة على التفاعل مع الصخور الجبسية والدولومائية والكلسية والملحية.



محلول بيكربونات الكالسيوم صخور كلسية حامض الكربونيك المخفف

هاتين المعادلتين مسؤولة عن تطور مظاهر الكارست الهدمية (التعروية).

2. العوامل الحيوية:

يبرز أثر العامل الحيوي في تشكيل الكارست من تحلل البقايا النباتية والحيوانية ما ينتج عنها من أحماض عضوية وثاني أوكسيد الكربون تزيد من حموضة التربة والمياه المترشحة خلالها

وكذلك التفاعلات البكتيرية في التربة تعمل على زيادة ثاني أوكسيد الكربون في هواء التربة ما بين (0,2 - 10%) وهي نسب تفوق وجوده في الهواء الجوي (أحمد حسين: ص 21) يؤدي ذلك إلى زيادة حامضية المياه المترشحة عبر جسم التربة مما يزيد من قدرته على إذابة المكونات الصخرية الواقعة تحتها.

يبرز أثر الإنسان ونشاطه كعامل حيوي في تطور ظاهرة الكارست من خلال نشاطاته المختلفة وخاصة الصناعي الذي يؤدي إلى تركيز أكاسيد الكبريت والكربون والنيتروجين في الجو وهذه بدورها تتفاعل مع مياه الأمطار مكونة حامض الكبريتيك وغيرها من الأحماض التي تتفاعل مع الصخور.

3. التضاريس:

خاصة عنصر الانحدار في المناطق المنحدرة يزيد من سرعة الجريان المائي فلا تكون له فرصة للنفاذ والترشيح مع فقرها بالتربة بينما المناطق السهلية تعطي فرصة كافية للمياه السطحية بالترشيح نحو التكوينات تحت السطحية وبالتالي ممارسة عملياتها في الإذابة والتحلل مع وجود التربة فيها التي تزيد من حامضية المياه المترشحة عن طريق تزويدها بغاز ثاني أكسيد الكربون 15 مرة ضعف عما يزوده الجو.

الأشكال الأرضية الكارستية:

تتنوع الأشكال الأرضية الكارستية وفقاً لعملياتها الجيومورفية ما بين عمليات هدمية وارسابية وسنوضحها كآتي:

المظاهر الكارستية الهدمية:

تشغل بيئة الكارست طبقتين من الحيز المكاني الأولى مظاهر فوق السطح والثانية مظاهر تحت سطح الأرض. وسنوضحها كالاتي:

1. المظاهر الكارستية فوق سطح الأرض

تمثل مظاهر مرحلة الشباب لدورة الكارست.

1. هوات الإذابة:

من أكثر المظاهر الأرضية انتشاراً في الأقاليم الكارستية تتطور في الطبقات الكلسية المغطاة بالتربة وتكون بمثابة مناطق امتصاص عن طريقها يتحول الماء السطحي إلى التكوينات تحت السطحية عبر الشقوق والفواصل وتكون الإذابة على أشدها في مناطق الضعف المركز (مناطق تقاطع الفواصل العمودية مع الأفقية) تتسع ويكبر حجمها فينهار سطحها لتتكشف على السطح بجدران ملساء مما يدل على أنها تطورت بفعل الإذابة مع وجود الرسوبيات في قيعانها وتفاوت في أعماقها

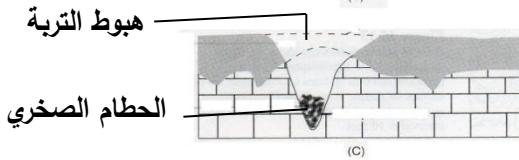
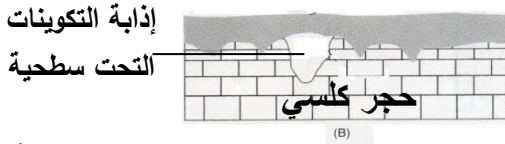
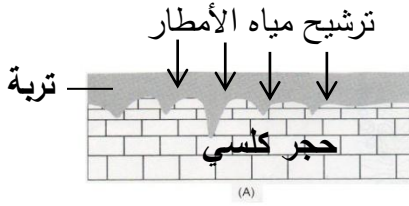
وأحجامها وأشكالها فيما بينها. وتشكل مناطق تواجدها بؤراً مهمة لنمو الغطاء النباتي الطبيعي بسبب وجود التربة في قيعانها مع توفر الرطوبة.

صورة (8) هوة الإذابة وتطورها

تطور حفر الإذابة

سطح كلسي مرصع بحفر الإذابة

(يلاحظ التربة)



صورة لهوة إذابة

2. السطوح الجيرية المضرسة (التشرشر الجيري):

شروط تطور الظاهرة لابد من سطوح كلسية خالية من الغطاء النباتي والتربة وذات انحدارات قليلة مع توفر قدر من الرطوبة متمثلة بمياه الأمطار التي تتخذ من الشقوق والفواصل مساراً لها تتركز فيها فعالية الذوبان ويكبر حجمها يبدو السطح مضرس ذات سطوح منفصلة بقنوات غائرة. وتسمى بأسماء محلية مختلفة البوغاز Bogaz في سيبيريا وصربيا واللابيز Lapies في فرنسا وفي ألمانيا الكارين Karren وفي انكلترا (Clintor helks)، (أبو العينين: 501)

تتطور هذه الظاهرة فوق الصخور الجبسية الكتلية والكلسية بشكل تحزرات دقيقة تظهر كمسيلات مائية صغيرة لا يتجاوز عمقها عدة سنتيمترات تسمى خطوط الكارين (Rill Karren).

صورة (9) خطوط الكارين

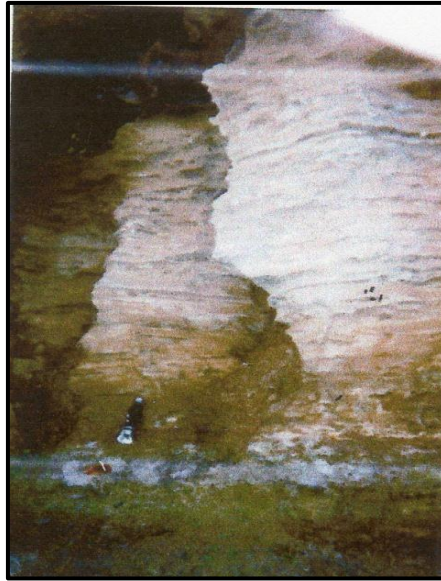


بعدسة: ابتهاج محمد أمين

3. خطوط الذوبان:

تتطور في الصخور الكلسية غير النقية وبفعل عمليات الإذابة التفاضلية تتجوى بسرعة أكبر كاربونات الكالسيوم من سرعة إذابة المواد المعدنية الأخرى الموجودة في تلك الصخور. مما يؤدي إلى ظهور خطوط متباينة في استقامتها وعمقها. ويبدو السطح متعرجاً على هيئة منخفضات في المناطق التي تذوب بسرعة وبروزات في المناطق التي تتجوى ببطء.

صورة (10) خطوط الذوبان

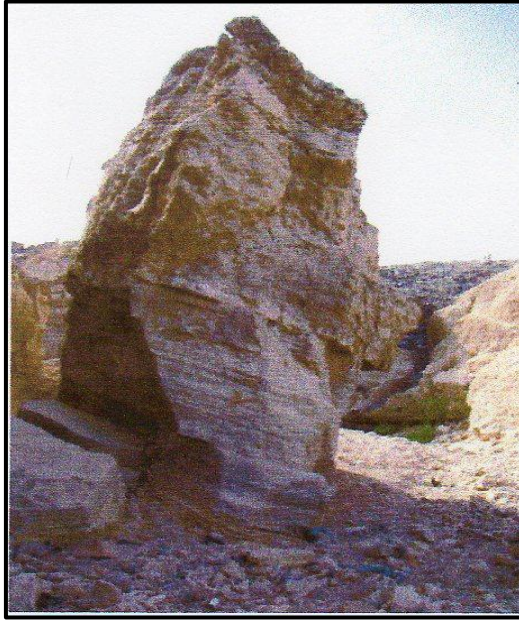


بعُدسة: احمد حسين

4. التلال المنعزلة:

مظاهر كارستية سطحية تتطور في أقاليم الحجر الكلسي والدولومايت غير النقي إذ تنشط فعالية التجوية الكيميائية في الصخور الهشة فتتلاشي وتبقى الطبقات الصخرية الصلبة بشكل شواهد صخرية او تلال منعزلة كما يتضح من ولهذا تمثل بقايا صخرية سطحية حيث شكل شواهد صخرية لعمليات الإذابة، تسمى في يوغسلافيا الهامز Hams وفي بورتوريكو البيبينو Pipino وتسمى Monadnock.

صورة (11) التلال المنعزلة



بعـدة: أحمد حسين

5. التربة الحمراء:

هي ترب الـ(Terra Rossa) تطورت من التجوية الكيميائية للصخور الكلسية غير النقية الحاوية على تكوينات معدنية أخرى مثل الطين والالومنيوم والحديد وبفعل التجوية التفاضلية في هذه الصخور تتعرض مادة كاربونات الكالسيوم للاذابة والتلاشي ويتخلف على السطح المواد الطينية والصلصالية ترتفع فيها نسبة أكاسيد الكالسيوم والالومنيوم وبيروكسيد الحديد. وتتواجد في جنوب أوروبا في أغلب دول حوض البحر المتوسط وكذلك شمال العراق.

6. الوديان الكارستية السطحية (وديان الازابة):

تتواجد في الصخور الجبسية الكتلية والكلسية وتتطور بفعل عمليات السيح السطحي الغزير بوساطة عمليات التجوية الكيميائية وتتميز قيعانها بخلوها من الفرشات الارسابية وجوانبها سطوح ملساء (الصورة 12) ويكون مقطعه العرضي على شكل حرف U .

صورة (12) وادي إذابة



المظاهر الكارستية تحت السطحية:

تمثل مظاهر مرحلة النضج لدورة الكارست.

1. الأودية الباطنية :

تتطور عندما يعترض الجداول المائية السطحية حفر إذابة فتغور مياهها إلى الطبقات الكلسية تحت السطحية. وتأخذ من اسطح التطبيق والفواصل مساراً لها وتتحرك أحياناً لبضعة كيلومترات أو أمتار ثم تظهر على السطح.

ومثل هذه الجداول تسمى الجداول المفقودة مثل النهر المفقود (Lost River) في ولاية انديانا في أمريكا الشمالية الذي تجري مياهه 13 كم تحت سطح الأرض ثم يعاود ظهوره فوق سطح الأرض وتم ملاحظة أودية عمياء في منطقة تلعفر في الموصل وكذلك في عين الصفرة شمال مدينة الموصل.

ويطلق على الجداول السطحية التي تجف مياهها بعد أن تتحول إلى مجاري جوفية اسم الوديان العمياء (Blind Valleys).

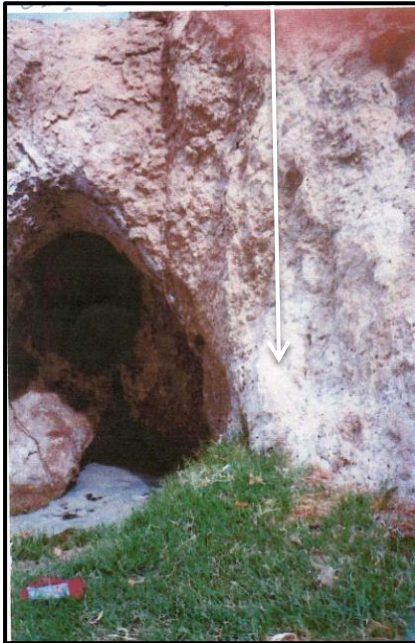
2. الكهوف:

ممرات باطنية طبيعية تحت سطحية تتطور بفعل عمليات الإذابة في أسطح التطبيق والفواصل والشقوق في الصخور الجبسية الكتلية والحجر الكلسي تحت السطحي الذي يزيد سمكها عن 20 متر. وبإستمرار عمليات الإذابة تتسع تلك مظاهر الضعف الصخري ويكبر حجمها تدريجياً وصولاً إلى تكوين الكهف.

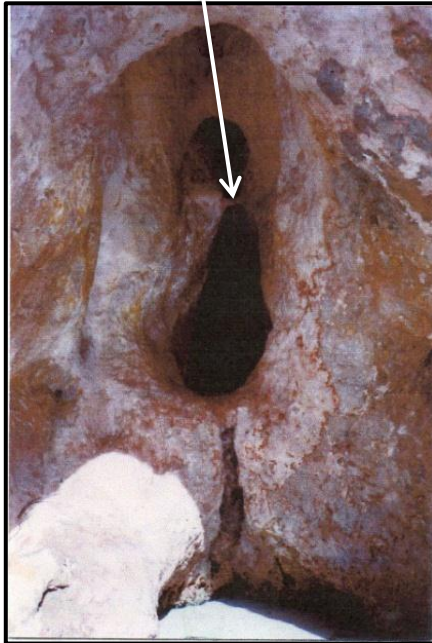
تتباين الكهوف فيما بينها من حيث الحجم والانتساع والمستويات قد يكون نظام الكهف بسيط أو معقد بحيث يضم عدد من الغرف والممرات وبعضها به ماء دائم أو تفيض المياه فيه دورياً بشكل موسمي والآخر جاف.

صورة (13) مداخل الكهف الكارستي في جبل عداية في محافظة نينوى

ترسبات متنوعة ناتجة
إذابة على جدران الكهف



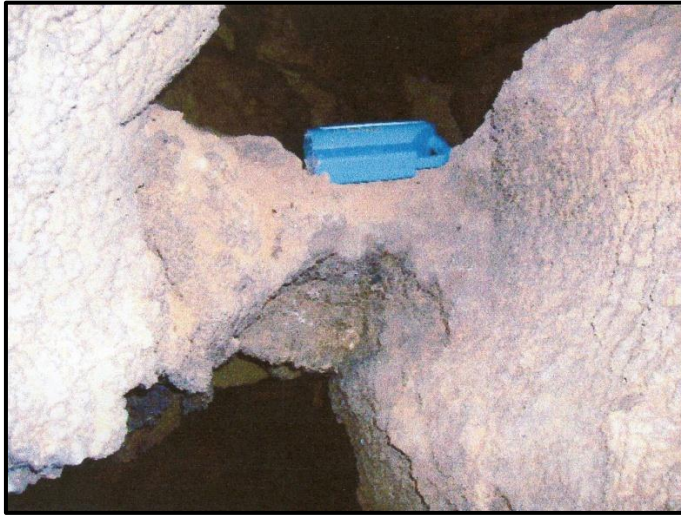
جسر كارستي
داخل الكهف



3. الجسور الكارستية تحت السطحية :

تتطور في الكهوف الكارستية المتكونة من أكثر من مستوى (طابقين أو أكثر) استمرار عملية الإذابة في سقف الطابق السفلي للكهف بتوفر الرطوبة يعمل على التقليل من سمكه وفقدان تماسكه وتوازنه فتتعرض أجزاء منه للانهييار وتبقى الأجزاء الأكثر صلابة مقاومة صامدة لمدة أطول لتشكل الجسور الكارستية.

صورة (14) جسر كارستي تحت سطحي



بعدهة: أحمد حسين.

المظاهر الكارستية في مرحلة الشيخوخة:

1. نوافذ الكارست:

تتعرض بعض السقوف الكارستية للانهييار بسبب فعالية عمليات الاذابة من الجهة الداخلية للسقف مع استمرار العمليات الهدمية (تجوية - تعرية) على السطح يقل سمكه ويفقد تماسكه وتنخفض فيه القوى المقاومة للحركة فيتعرض للانهييار بشكل جزئي ليكون فجوات سطحية نطلق عليها نوافذ الكارست، وبها يتكشف الكارست على السطح ويعكس هذا المظهر وصول الكارست إلى مراحله النهائية في دورته الجيومورفية.

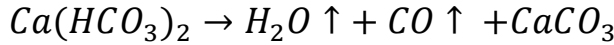
2. القناطر الكارستية :

هي تطور لاحق للوديان الباطنية عندما تتعرض سقوفها لاستمرارية عملية الذوبان تحت السطحية يقل سمكها مما يعرض بعض سقوفها للانهييار لتكون مظهر جديد يسمى قنطرة الكارست.

وتتطور كذلك من التحام مجموعة من هوات الاذابة المتواجدة في صخور كلسية سميكة مع كثافة في فواصلها العمودية والطولية، وبمرور الزمن يتعرض بعض سقوفها للهبوط مكونة القناطر الكارستية السطحية. مما يدل على وصول الكارست في هذه المناطق إلى مرحلة الكشف والتلاشي.

المظاهر الكارستية الناتجة عن عمليات البناء (الترسيب):

تتطور المظاهر الارسابية الكارستية وفق الصيغة التالية:



بلورات كربونات	ينطلق	يتبخر	محلول مشبع
الكالسيوم النقية	غاز		بيكربونات الكالسيوم

1. الهوابط والصواعد:

تتطور بفعل المياه المترشحة من سقف الكهف عندما تبدأ بالتقاطر ببطء من سقف الكهف وهي مشبعة بالمواد الذائبة (بيكربونات الكالسيوم) يتبخر جزء من الماء ويتحرر غاز ثنائي أوكسيد الكربون قبل أن تسقط قطرات المحلول إلى أرضية الكهف مؤدياً إلى ترسيب كربونات الكالسيوم بهيئة بلورات متدلية من السقف وبتوالي القطرات المتساقطة تزداد ترسبات كربونات الكالسيوم بشكل دقائق متناهية في الصخر تتشكل على هيئة أنبوب ثم تتحرك المياه على طول هذا الأنبوب تاركة وراءها ترسبات إضافية (حسين، ص 78) لتكون الهوابط (النوازل Stalactite).

وقد تسقط المياه الكلسية (محلول بيكربونات الكالسيوم) من سقف الكهف وتتراكم على أرضيته فتعرض للتبخر كذلك وتترسب مادة كاربونات الكالسيوم لتكون أعمدة الصواعد (Stalagmites) التي تنمو من الاسفل نحو الأعلى - وقد تتصل الأعمدة الصاعدة والهابطة لتكون العمود الجيري. ويوجد نوعاً آخر من أعمدة الترسيب الكلسية التي تنمو بأشكال مائلة أو منحنية تسمى الهليستاييت Helictites.

2. ظاهرة الفشار:

تتطور نتيجة النز الشعري لمياه مشبعة بمادة كاربونات الكالسيوم على سقف وجدران الكهف بمجرد نضوح المياه من الشقوق الصغيرة جداً أو تكون على شكل رطوبة تبلل جدران الكهف الداخلية، تتبخر المياه ويتحرر غاز ثاني أكسيد الكربون وتترسب بلورات كاربونات الكالسيوم، فتتكون إرسابات بيضاء اللون تشبه الذرة المتفتقة.

صورة (15) ظاهرة الفشار في داخل الكهف الكارستي



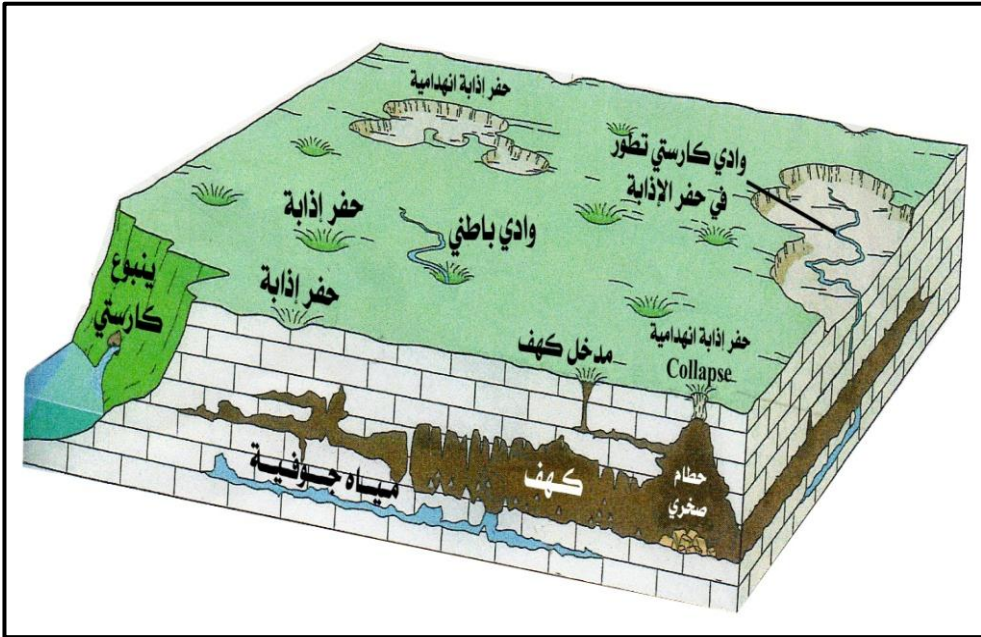
3. رواسب الترافرتين:

تظهر إرسابات أخرى على جدران الكهف بشكل إرسابات كبريتية وجبسية ذات ألوان متعددة بيضاء نقية أن خلت من الشوائب وأن يتواجد فيها أكاسيد الحديد تميل للاحمرار وتصبح داكنة اللون إذ وجد فيها أكاسيد المنغنيز، وتميل للاصفرار أن أوجد فيها أكاسيد النحاس.

4. الصخر الاسفنجي:

نباتات طحلبية تنمو في جو الكهف في الرسوبيات الجديدة فتظهر على شكل صخر اسفنجي وتسمى بالطوقا أي صخور ذات تكوينات عضوية. (محسوب: 250)، ينظر شكل (31).

شكل (31) التضرس النهائي للإقليم الكارستي



Charles C. Plummer, Physical Geology, P. 279.

محور عن:

الفصل الحادي عشر
الرياح والأشكال الأرضية
المرتبطة بها

الفصل الحادي عشر

الرياح والأشكال الأرضية المرتبطة بها

الرياح من عناصر الغلاف الغازي المهمة وهي عامل جيومورفي فعال خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة وسنوضح عملها في تغيير سطح القشرة الأرضية وكالاتي:

العمل الهدمي للرياح:

يتميز العمل الهدمي للرياح في اتجاهين:

أولاً: التذرية Deflation :

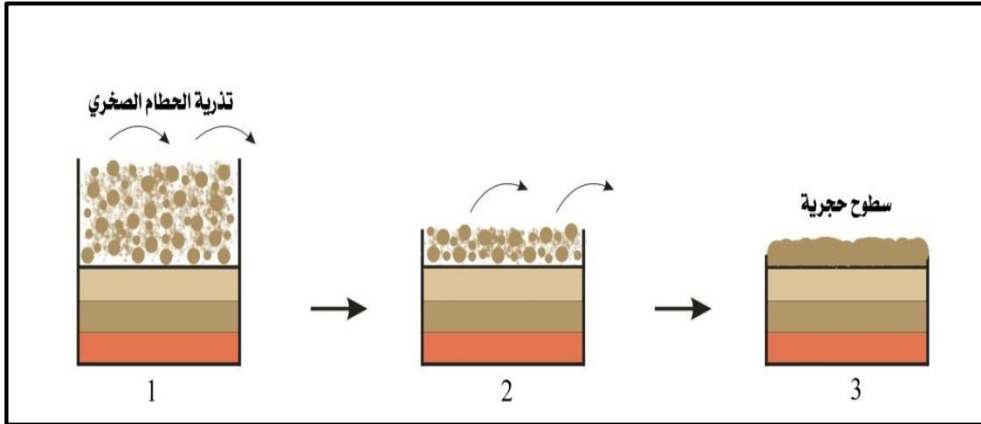
إزالة ناتج التجوية (الحطام الصخري السطحي Regolith) بفعل الحركة الأفقية للرياح وتسمى عملية النفخ وينتج عنها مظاهر أرضية متنوعة وهي:

1. السطوح الصحراوية الحجرية والحصوية:

تتطور بفعل تذرية الرياح للرسوبيات السطحية وباستمرارها يظهر على السطح الأساس الصخري الذي يمتد لمساحات واسعة مكونة السطوح الصحراوية الحجرية Rocky Desert وتسمى الحمادة كما في الهضبة الغربية من العراق.

وإذا كان الأساس الصخري متكون من حصى تتطور السطوح الصحراوية الحصوية Stony Desert وتسمى في المغرب العربي بالرق Erg أو السرير والدببة في العراق والسعودية.

الشكل (32) تطور السطوح الحجرية



2. تجايف التذرية:

حفر تذرية تتطور على سطح الأرض نتيجة تذرية الرياح للرسوبيات السطحية ويتوقف مدى استمرارها على قرب مستوى الماء الجوفي من السطح. إذ تتحد الرطوبة مع الرسوبيات السطحية فلا تستطيع الرياح تذريتها.

أغلب حفر التذرية تتراوح أبعادها بين عدة أمتار ومئات الأمتار ولا يزيد عمقها عن عشرات الأمتار وقد تمتلئ قيعانها بمياه الأمطار أو المياه الجوفية، وتكون بمثابة واحات في المناطق الصحراوية.

وأحياناً تتطور تجايف التذرية بين الأراضي الجبلية وتأخذ شكل منخفضات بين الجبال تعرف باسم البولسون (Bolson) ويتغذى سطحها برواسب مائية بفعل الوديان المائية التي تخترق تلك الجبال.

3. تذرية التربة

من أخطر مشاكل التذرية الريحية هو إزالة التربة وخاصة الترب المحروثة وغير المزروعة وهذا ما تعاني منه الأراضي الزراعية في العراق خاصة في منطقة الجزيرة الواقعة في الأقسام الغربية من محافظة نينوى.

ثانياً: الصقل الريحي (البري) Abrasion :

تحدث هذه العملية بفعل ناتج التذرية الريحية تعد حمولة ريحية عالقة تستخدمها الرياح كمعاول تصفع بها السطوح الصخرية التي تعترض طريقها. ويتركز فعلها في المستويات القريبة من سطح الأرض والتي لا يتجاوز ارتفاعها بين (1 - 1,5 م) عن سطح الأرض، ولهذا تسمى بالنحر السفلي (Undercutting) وكذلك تسمى بالسفورة الطبيعية Natural Sand Blast .

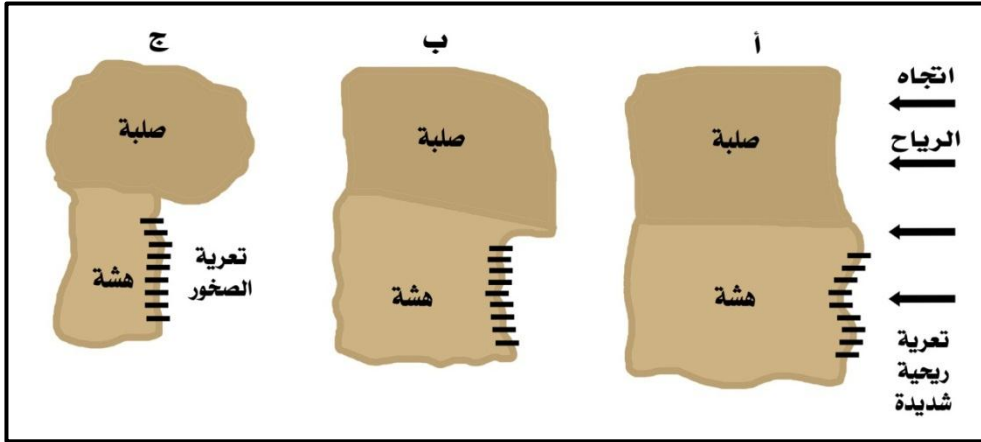
مظاهرها الأرضية :

تتطور بفعل عملية الصقل المتباينة في شدتها تبعاً لدرجة صلابة الصخور من حيث تركيبها المعدني ومظاهر الضعف المتمثلة بالشقوق واسطح التطبيق ولهذا تعد عملية تفاضلية Differential وينتج عنها مظاهر أرضية متنوعة وكالاتي:

1. الصخور الارتكازية:

من المظاهر الأرضية الشائعة في الصحاري ومنها الصحاري العربية مجموعة أشكال أرضية تأخذ مسميات عديدة تبعاً لخصائصها الشكلية ويرجع تطورها إلى تعاقب الصخور الهشة في الأسفل مع الصلابة في الأعلى وبوضع رأسي، تتعرض الأولى للبري بمعدل أسرع من العليا (الصلبة) فتتراجع نحو الداخل ويبدو سطحها في هيئة كتلة ضخمة صخرية ترتكز على عمود صخري يتعرض باستمرار لعملية البري الريحي ليعطي مظهراً يسمى Mesa وهو مسطح اسباني يعني المنضدة وتسمى كذلك عش الغراب. (ينظر شكل 33).

الشكل (33) تطور الصخور الارتكازية



وفي بعض الأحيان تعطي مظهراً يشبه نبات الفطر يسمى المشروم Mushroom وتتشكل كذلك بطريقة البري الريحي في التعاقبات الصخرية ما بين هشة وصلبة نوعاً آخر من الصخور الارتكازية يسمى (الاعمدة الصحراوية) أو (الشواهد الصخرية الصحراوية). (صورة 16).

2. الزيوجين :

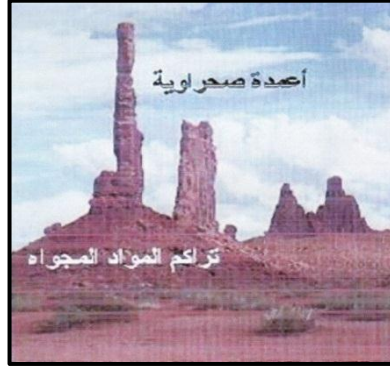
تتطور في الصحاري المدارية الجافة، عندما يتواجد صخور كلسية تتميز بكثافة الفواصل فيها، تتخير الرياح مناطق الضعف الصخري وتتوغل فيها كتجوية فيزيائية وتعمل على تكوين فجوات فيها كبدائية لتكوين الزيوجين ثم تتسع ويكبر حجمها لتشكل قنوات غائرة وفجوات مع وجود حافات صخرية فيها. وتبرز فوق سطح الأرض بارتفاعات تتجاوز 7 متر وتغطيها أحياناً طبقة رقيقة من الترسبات الكلسية تطورت بفعل التجوية الكيميائية لإذابة التكوينات الكلسية لتكون طبقة رقيقة تحمي الصخور المتبقية. (صورة 17).

صورة (16) الصخور الإرتكازية

ب - موائد الشيطان



أ - الأعمدة الصخرية



ج - عش الغراب



صورة (17) الزيوجين وتبدو الترسبات الكلسية البيضاء على السطح



3. الأبراج الصحراوية الصخرية:

من أجل تطور هذه الظاهرة لابد من توفر:

1. صخور تتميز بوجود الفواصل وأسطح التطبيق فيها مثل الصخور الكلسية.
2. تكون هذه الصخور انحدارات أرضية لمرتفعات جبلية تعترض طريق الرياح. وعليه تتخير الرياح عملها الهدمي (البري) في مناطق الضعف الصخري مكونة فجوات فيكبر حجمها وتتسع لتكون مظهر الأبراج الصخرية ويسمى عند بدو سيناء (قصور البنات) وتسمى كذلك ثقب الرياح.

4. الiardنك (الضلوع الصحراوية):

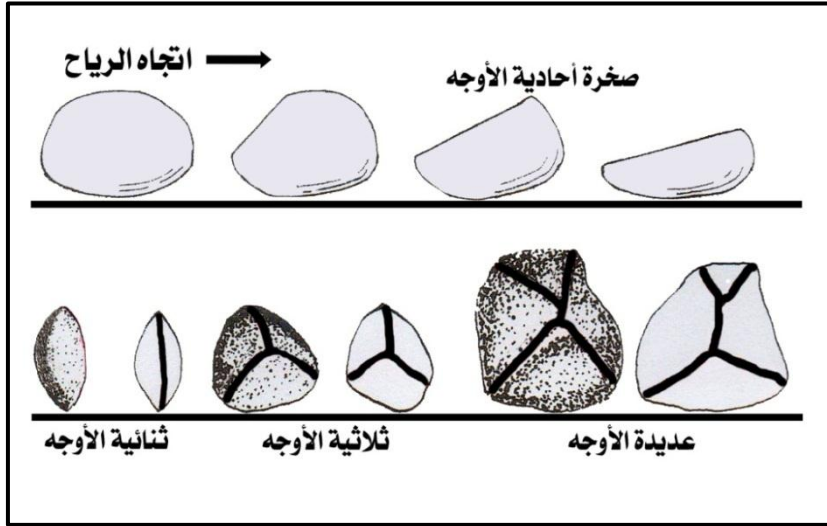
تتشأ من توفر الشروط الآتية:

1. صخور هشة متعاقبة بشكل متوازي مع صخور صلبة.
 2. تكون هذه الصخور ذات امتدادات افقية مع سطح الأرض.
 3. سيادة رياح من اتجاه واحد.
- يشدت فعل البري (الصقل) في الصخور الهشة أكثر من الصخور الصلبة وباستمرار عملية التجوية الفيزيائية للرياح يتطور وديان طولية ذات امتدادات متباينة في أطوالها وعمق قيعانها وتكون على شكل حرف U وتغطيها أحياناً الحجارة والحصى ويجاورها بشكل متوازي حافات مرتفعة (مناطق الصخور الصلبة) وتوجد هذه الظاهرة بشكل نموذجي في صحاري وسط آسيا وخاصة في صحاري تركستان وإيران وجنوب غرب الولايات المتحدة، وتسمى الأعراف. (أبو راضي: 336)

5. الوجه ريحيات (الحصى متعدد الأوجه):

حصى له أشكال متنوعة وسطوح مصقولة بفعل ظاهرة البري الريحي، ينتشر في أغلب الصحاري وتتباين أوجهه تبعاً لتباين تعرضه للرياح، فإذا كانت الرياح سائدة في اتجاه واحد يتكون للحصاة وجه عريض صقيل منحدر الشكل (34) في الاتجاه الذي تهب منه الرياح. وإذا غيرت الرياح اتجاهها وتحركت الحصاة يتعرض جانبها الآخر للبري وهكذا تتعدد الأوجه تبعاً لاستمرارية تعرضه لبري الرياح.

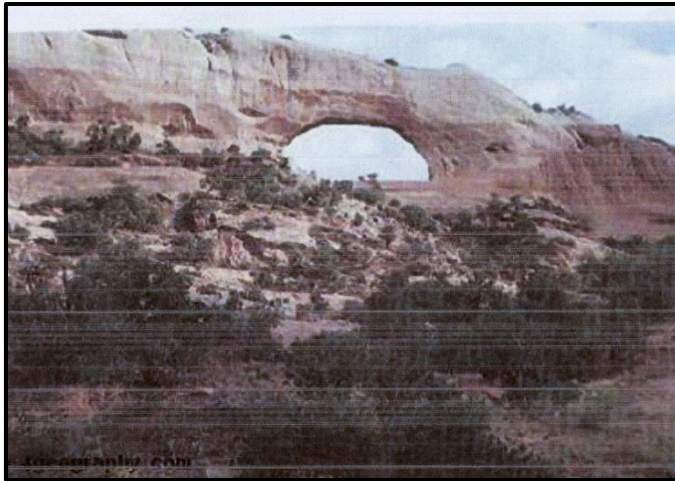
شكل (34) الوجه ريحيات



6. الجسور الطبيعية الصخرية الصحراوية :

تتكون بفعل عمليات البري الريحي لرياح محملة بمواد ارسابية كثيرة ومن خلال اكتساحها للصخور الهشة أو مناطق الضعف الصخري (الفواصل واسطح التطبيق) تتكون فجوات ريحية تتسع بمرور الوقت مكونة الجسور الصحراوية، وتسمى (القناطر).

صورة (18) جسور طبيعية صحراوية



العمل البنائي للرياح:

يتضمن العمل البنائي للرياح عمليتين:

1. عملية النقل:

الرياح عامل مهم من عوامل النقل الطبيعية وتقسم الحمولة الريحية تبعاً لنوعية المواد المنقولة إلى:

1. **حمولة عالقة:** تتمثل بجزئيات ارسابية ناعمة جداً لا يتجاوز قطر حبيباتها 4/1 من المليمتر. إن أقصى حجم من الجزئيات الارسابية يمكن ان تحمله الرياح معلقاً 3/1 من المليمتر.

2. **حمولة متحركة:** جزئيات كبيرة لا تستطيع الرياح أن تحملها معها لكن ترفعها بالقرب من السطح نتيجة لقوة التيارات الهوائية بوساطة القفز والدحرجة وعلى ارتفاعات لا تبتعد كثيراً عن السطح.

الحمولة العالقة لها أهمية كبيرة في تطوير الارسابات الريحية لأنها تبقى عالقة في الرياح وتعتبر الحدود الاقليمية للدول أحياناً.

تبدأ الرياح ترسب حمولتها للأسباب التالية:

1. عندما تقل سرعة الرياح لابتعادها عن مناطق المصدر.
2. زيادة الحمولة فيها.
3. تضاريس سطح الأرض تؤدي إلى عدم ثبات سرعة الرياح المتحركة قرب سطح الأرض مما يؤدي إلى التقليل من سرعتها فتلجأ للترسيب.
4. اعتراض الرياح عوائق طبيعية أو صناعية تعيق سرعة الرياح من خلال اصطدامها بتلك العوائق تقل طاقتها إلى أدنى مستوى فترسب حمولتها أمام العائق.

مظاهر الارساب الريحي:

تتنوع مظاهر الارساب الريحي تبعاً لحجم الجزيئات المنقولة إلى نوعين:

أولاً: رواسب الطيس

ثانياً: التجمعات الرملية

أولاً: رواسب الطيس (تسمى اللويس Loess):

تتكون من جزيئات دقيقة جداً لا يتجاوز قطرها 4/1 من المليمتر وهي في أغلبها غرين وطين ورمل ناعم مع جير لهذا تبقى عالقة في الرياح لمسافات طويلة وتجتاز المناطق الصحراوية حتى تصل إلى مناطق رطبة تنتشع بالرطوبة ويكبر حجمها لا تستطيع الرياح على حملها فتترسب على الأرض بفعل الجاذبية الأرضية. أبرزها ترب الطيس تطورت من إرسابات ريحية منقولة بفعل الرياح الشتوية الشمالية الغربية من صحاري وسط آسيا (صحاري منغوليا) وارسبتها في شمال وشمال شرق الصين ويبلغ سمكها مئات الأمتار.

ترجع تسمية الطيس (Loess) إلى مدينة لويس التي تقع في منطقة الالزاس شمال فرنسا حيث توجد هذه الرواسب وكذلك توجد ترب اللويس في وسط أوروبا ووسط الولايات المتحدة ومصدرها الارسابات الجليدية العائدة لعصر البلايستوسين.

ثانياً: التجمعات الرملية:

تتطور هذه التجمعات على الاغلب داخل المناطق الجافة وشبه الجافة وتنوع خصائصها الشكلية كما يلي:

1. تجمعات رملية صغيرة:

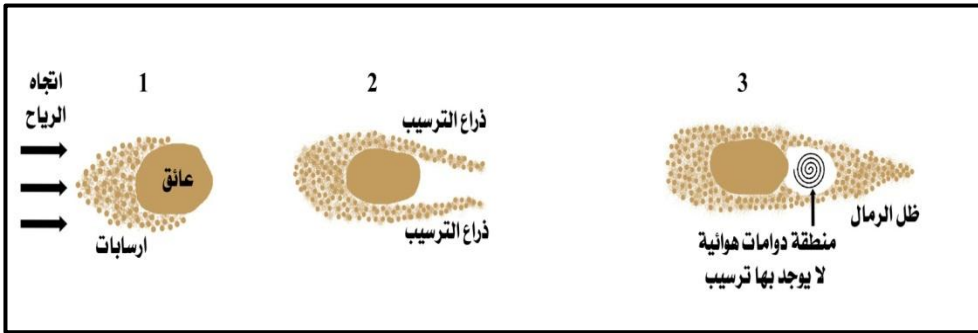
تتطور نتيجة وجود عائق أرضي في مسار الرياح المحملة بالرسوبيات صخور صخرية أو نبات شوكة فتتراكم الرسوبيات حول العائق بشكل أكوام صغيرة لا قيمة لها.

2. الظلال الرملية :

تتطور عندما يعترض الرياح الهابة المحملة بالرسوبيات عوارض أرضية إما بشكل شجيرات أو جلاميد صخرية كبيرة وفق الميكانيكية التالية:

1. بفعل اصطدام الرياح بالعائق تقل طاقتها على حمل الرسوبيات فتترسبها أمام العائق حيث يكون الهواء ساكن.
2. تنمو الرسوبيات ويكبر حجمها وينقسم تيار الهواء الذي يمر بالعائق إلى قسمين ولا يحدث الترسيب خارج حدودهما ولا يحدث كذلك خلف العائق بسبب الدوامات الهوائية النشطة.
3. يتكون بفعل استمرار الارساب شريطين من الارسابات يمتدان مع امتداد ذراعي الرياح حتى يتلاقيا على مسافة بعد العائق ثم تمتلئ الأرض الموجودة خلف العائق بالرسوبيات، ويكون بمثابة ظل للعائق.

الشكل (35) مراحل تكوين الظلال الرملية



3. سفي الرمال :

تتطور عندما يعترض الرياح منحدرات أرضية أو جروف صخرية تقل سرعتها من خلال تحرك الرياح إلى الأعلى لاجتياز العائق مما يجعلها ترسب حمولتها في الأجزاء العليا من ذلك العائق وأبرز مثل على هذه الظاهرة سفي الرمال عند حافة الهضبة الغربية في العراق وسميت المنطقة باسم الظاهرة (سفوان) وباللغة المحلية أصبح اسمها (صفوان).

4. الكثبان الرملية :

يطلق لفظ كثيب على التلال الرملية التي تختلف في أحجامها وأشكالها تبعاً لعوامل ترسيبها تتطور الكثبان الرملية عندما تقل سرعة الرياح تضعف قدرتها على حمل الارسابات فتبدأ بترسيب حمولتها، وقد يكون العامل المساعد في بداية تكوين الكثيب اعتراض الرياح لعوارض في طريق اتجاهها قد يكون شواخص صخرية أو أشجار أو مظاهر صخرية تعمل جميعها على عرقلة حركة الرياح فتقل سرعتها وكذلك قدرتها على حمل الرواسب فتتخلص منها بالترسيب.

تتنوع الكثبان الرملية حسب خصائصها الشكلية إلى:

- أ. **الكثيب الرملي المستعرض (العرضي):** يكون في اتجاه عمودي على اتجاه الرياح التي أدت إلى تراكمها وتكون بشكل حواجز رملية مستعرضة (شكل 36). وهذه لا تبقى ثابتة بل تتطور إلى كثيب هلال.
- ب. **كثيب هلال (البرخان):** عندما يتغير اتجاه الرياح تعمل على نقل كميات كبيرة من الرمال المتجمعة فوق جوانب الكثبان المستعرضة مما يؤدي إلى تقوس الأطراف إلى الاتجاه الذي تهب نحوه الرياح ويظهر جانبه المواجه للرياح شكل محدب (شكل 36). بينما جانبه الآخر بشكل مقعر ويسمى البرخان في صحاري أواسط آسيا.

شروط تطور الكثيب الهلالي:

1. أراضي صحراوية صلبة تخلو من التضرس والعوائق.
2. هبوب رياح من اتجاه واحد بسرعة تزيد عن 20 كم/ساعة.
3. توفر تغذية رملية كبيرة.

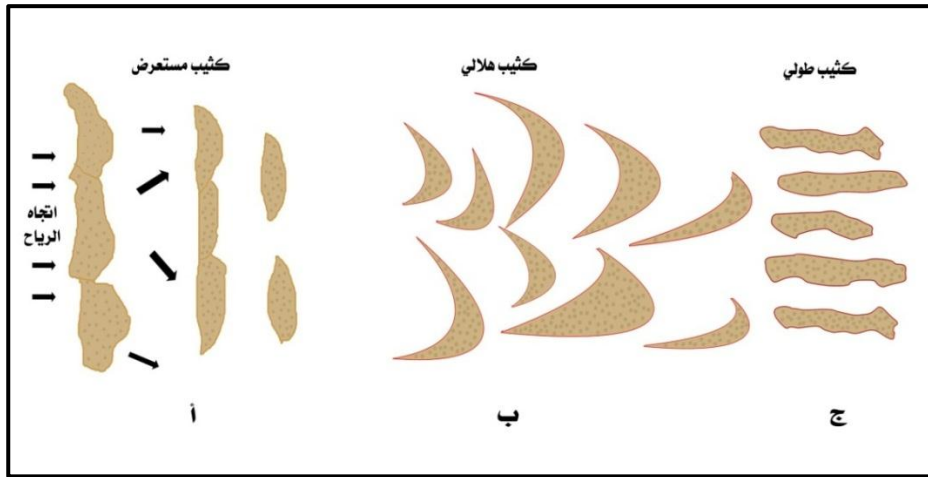
بتغيير هذه الشروط يتغير شكل الكثيب الهلالي إلى:

- ج. **كثيب طولي (السيوف):** تتطور من تراكبات رملية مستطيلة تمتد في اتجاه مواز لاتجاه الرياح ويتطور هذا الكثيب من الكثيب الهلالي عندما يتغير اتجاه الرياح، يبدأ أحد ذراعيه بالاستطالة مع اتجاه الرياح ليكون الكثبان الطولية التي يعد

شكلها النهائي محصلة لرياح ثنائية الاتجاه أحدهما تكون رياح ذات اتجاه ثابت والآخرى رياح جانبية متعامدة عليها، وتكون بشكل مستعمرات يزيد ارتفاعها عن 50م في صحراء كراكوم في وسط آسيا وكذلك سلسلة السيوف الرملية المتواجدة جنوب منخفض القطارة حتى منخفض الخارجية، وتمتد في مجموعات متوازية لمئات الكيلومترات.

د. **كتبان رملية ثابتة:** يرتبط تطورها بالنباتات والعوارض الأرضية وتسمى بالكتبان المقيدة (مجدي تراب، ص 242) وتأخذ أشكالاً هرمية وتوجد عادة أمام السلاسل الجبلية أو خلف الشواطئ.

الشكل (36) أنواع الكتبان الرملية



5. البحار الرملية:

فرشات أو مسطحات واسعة من الرمال بأعماق متباينة ويتميز سطحها بالتموج (علامات النيم Ripple marks) بفعل الحركة الأفقية للرياح، وتأخذ مسميات عديدة منها بحار الرمل والصحاري الرملية وأهمها صحراء الربع الخالي في السعودية والصحراء الكبرى في شمال أفريقيا وتحديداً جنوب الصحراء الليبية حيث تبلغ مساحتها ثمانية آلاف كيلومتر مربع ويتراوح سمك الرمال المتركمة فيها (1,5 - 5 م).

ظهور الكثبان : Whalebacks

تطور لاحق يتواجد فوق المسطحات الرملية، تبدو بشكل إرسابات رملية كبيرة جداً مسطحة ظهورها بامتدادات كبيرة يصل طولها أكثر من 250 كم وعرضها يتجاوز 2,5 كم وارتفاعها أكثر من 40 م تختلف عن الكثبان الرملية بأنها عديمة الحركة، وتسمى كذلك بـ(الجسور الرملية Sand Levees).

الفصل الثاني عشر
الأمواج والأشكال الأرضية
المرتبطة بها

الفصل الثاني عشر

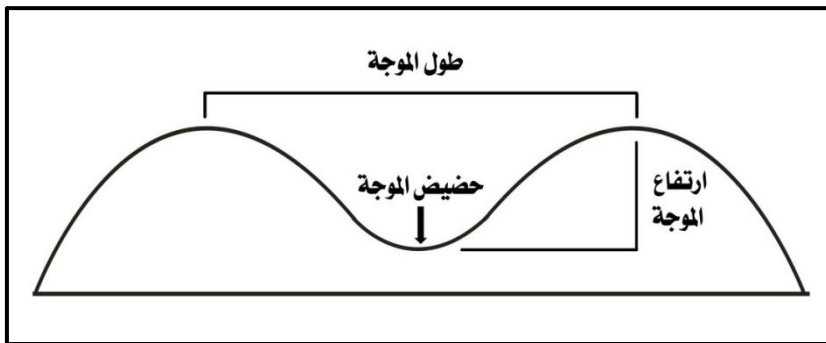
الأمواج والأشكال الأرضية المرتبطة بها في مناطق السواحل

تتطور الأمواج بفعل الحركة الأفقية للرياح على السطح المائي وبسبب اختلاف الضغط الناجم على هذه الحركة تتولد دوامات هوائية تتحرك تبعاً لسرعة التيار الهوائي. تنشأ عنها الأمواج التي تدفعها في اتجاه عامودي على مساراتها فتتمدها بالطاقة المحركة يتطور تبعاً لذلك ثلاث أنواع من حركات المياه، الأمواج والتيارات البحرية وحركات المد والجزر باستثناء أمواج التسونامي تنشأ بفعل الزلازل البراكين في قيعان البحار والمحيطات.

عناصر الموجة:

1. طول الموجة: المسافة الأفقية بين قمتين متتاليتين.
2. ارتفاع الموجة: المسافة العمودية بين قمة الموجة وقاع حوضها.
3. التكرار: الفترة الزمنية التي تتحرك فيها قمة الموجة مسافة تعادل طول موجتها.
4. السرعة: المسافة التي تقطعها الموجة في فترة زمنية معينة.

الشكل (37) عناصر الموجة



تتوقف سرعة الموجة وحجمها على عدة عوامل:

1. سرعة وشدة الرياح واستمرارية هبوبها.
2. سعة وعمق المسطح المائي، تكون الأمواج كبيرة في المسطحات المائية الواسعة والعكس صحيح.
3. درجة حرارة الرياح المثيرة للأمواج، كلما تنخفض سرعة درجة حرارة التيار الهوائي عن حرارة المسطح المائي مع ثبات سرعة الرياح يتضاعف عدد نمو الأمواج.
4. مقدار الحمولة الارسابية في الموجة، وعليه تعد المسطحات المائية الكبيرة والمفتوحة (البحار والمحيطات) هي أفضل الأماكن لتطور الأمواج، بينما البحار الداخلية والمغلقة لا تساعد في تكوين أمواج كبيرة.

العمل الجيومورفي للأمواج :

عندما تكون الأمواج في عرض المسطح المائي لا عمل جيومورفي لها، لكن متى ما وصلت إلى المناطق الضحلة قرب الشواطئ يبرز دورها لأنها تتعرض للإنكسار Refraction بسبب اصطدامها بخط الساحل، مما يعاد توزيع طاقتها. وتتشكل تيارات مائية بعضها يتجه بموازاة الساحل لتطور التيارات الطولية والبعض الآخر يتجه نحو البحر وتعرف بالتيارات العرضية، وتبعاً لذلك تختلف درجة حركة انتقال الكتل المائية، ويتباين عملها بين تعرية وترسيب.

العمل الهدمي للأمواج :

يتمثل العمل الهدمي للأمواج بعمليتين مشتركتين معاً هما التجوية والتعرية، لأن الأمواج تجوي وتعري الصخور بنفس الوقت، تمارس الأمواج عملها الهدمي كما يلي:

1. **تجوية فيزيائية:** متمثلة بتحطيم صخور الساحل، من خلال ما تحمله من حمولة وشظايا صخرية تستخدمها كمعاول تضرب بها الصخور فتعمل على تفتيتها وتلتقط ناتج التجوية لتستخدمه من جديد في تفعيل التجوية الفيزيائية في صخور

الساحل. وهذه الحمولة فيما بينها تتعرض لظاهرة (الصقل) نتيجة اصطدامها مع بعضها فيصغر حجمها وبإمكان الأمواج أن تنقلها باتجاه البحر بوساطة التيارات السفلية.

2. **تجوية كيميائية:** مياه البحار بما تحمله من أملاح ومعادن تعمل على تنشيط التجوية الكيميائية في صخور الساحل خاصة إذا كانت متكونة من معادن قابلة للإذابة والتحلل.

3. **الضغط الهيدروليكي للماء:** هذه الطريقة تكون فعالة في المناطق الساحلية الغنية بفواصلها وشقوقها وتكون عادة فوق مستوى سطح البحر (ضمن مستويات المد والجزر) أثناء موجات المد العالية تملئ المياه الشقوق والفواصل فينضغط الهواء إلى العمق وعند انسحاب موجات المد يتمدد الهواء المحصور في تلك الفواصل والشقوق مولداً ضغطاً شديداً يرافقه تحطم وتكسر الصخور.

يتوقف عمل الموجه الهدمي على:

1. سعة وعمق الموجه ومدى تكرارها.
2. عمق المياه قرب الساحل.
3. طبيعة صخور الساحل من حيث الخصائص المعدنية.
4. الخصائص الشكلية الذي يتخذها الساحل فالسواحل الجرفية أكثر تعرضاً لفعل الأمواج من السواحل القليلة الانحدار والتي تتجه في انحدارها نحو اليابس.

المظاهر الأرضية الناتجة عن التعرية الموجية :

1. السواحل المتعرجة.
2. الجروف الساحلية.
3. الكهوف الساحلية.
4. الأقواس الساحلية.
5. المسلة الصخرية الساحلية.

جميع المظاهر الآتية الذكر تتطور بفعل العمليات الهدمية التفاضلية للأمواج في صخور الساحل وتكون كالتالي:

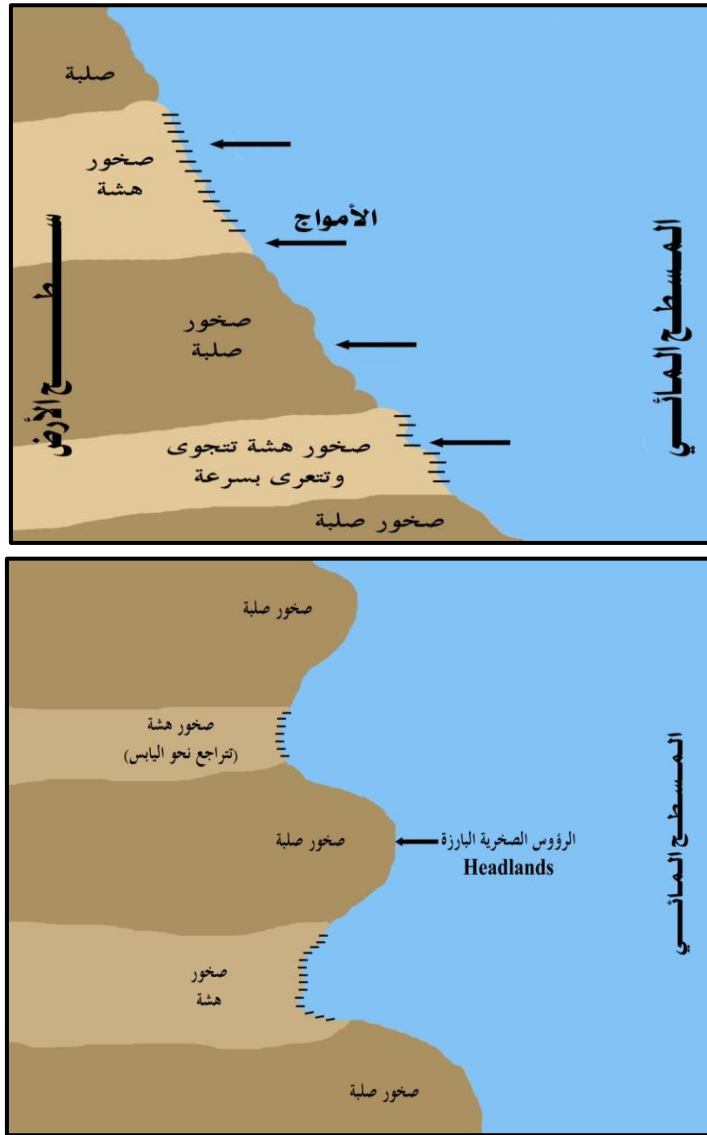
1. السواحل المتعرجة:

تتطور في المناطق الساحلية المتكونة من صخور متباينة في درجة صلابتها يترتب عليها تباين في درجة استجابتها لعمليات التعرية الموجبة، فتتراجع الصخور الهشة إلى الوراء على حساب اليابس وتبقى الصخور الصلبة مقاومة أمام التعرية الموجية بشكل بروزات صخرية تمتد في المسطح المائي (شكل 38) ليتطور عن ذلك السواحل المتعرجة وكذلك تسمى الرؤوس البحرية (Head lands).

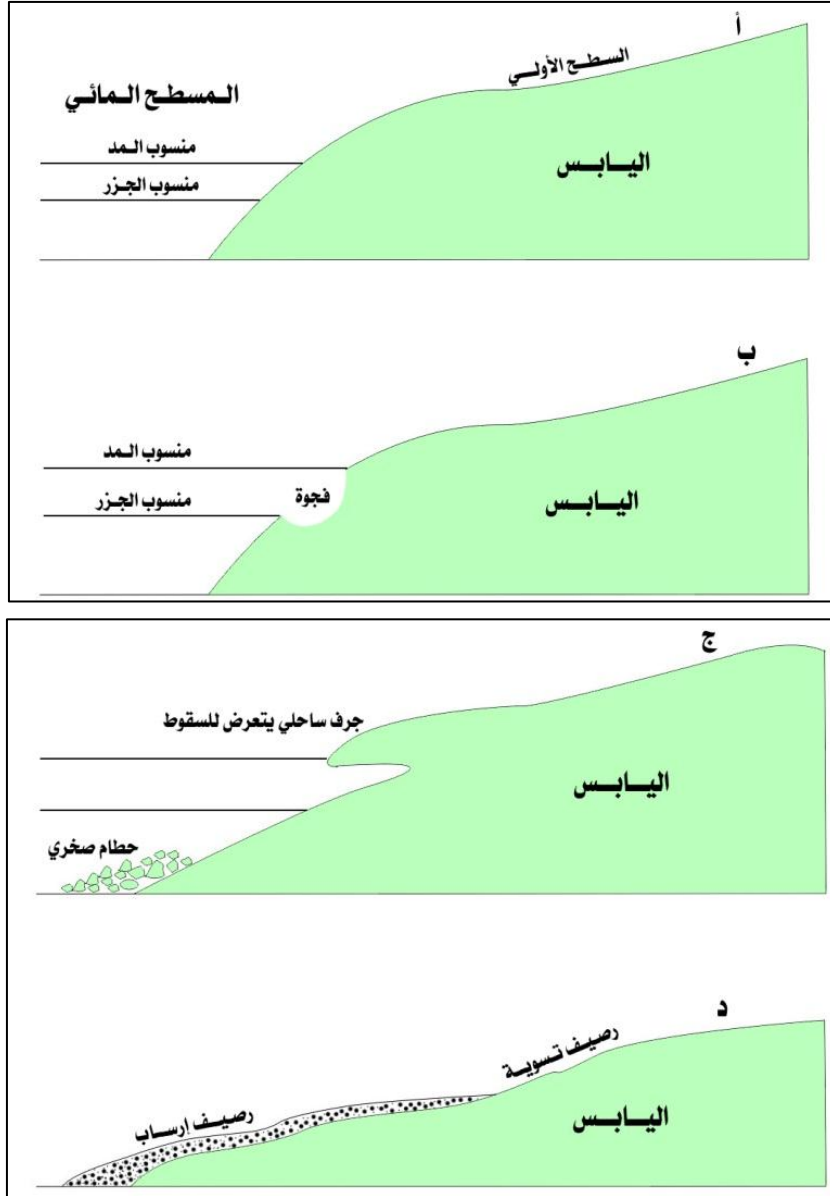
2. الجروف الساحلية

تتميز أغلب السواحل بوجود ظاهرة الجروف الساحلية تتطور عندما يتواجد طبقات صخرية صلبة ترتكز على صخور هشة، وتتطور ضمن مستويات المد العالي، الأمواج يشند عملها الهدمي في الصخور الهشة وتتراجع إلى الوراء حيث اليابس بمراحل إذ تتكون في البدء فجوات تم تتسع وتلتحم مع بعضها لتكون التكهفات وباستمرار التعرية الموجية تتطور الجروف الساحلية وبمرور الوقت شرفات الجروف تتعرض للسقوط بفعل ضربات الموج من الاسفل وعمليات التجوية والتعرية على السطح فيفقد تماسكه فينهار ليكون شكلاً جديداً رصيف التسوية وبه يزداد تراجع البحر نحو اليابس ليبدأ من جديد تطور جروف جديدة. (شكل 39).

الشكل (38) تطور السواحل المتعرجة



شكل (39) تطور الجروف الساحلية



3. الكهوف البحرية الساحلية :

شروط تطورها أن تكون صخور الساحل غنية بالفواصل اسطح التطبيق وتتواجد ضمن مستويات المد والجزر على الأغلب بتقدم موجات المد العالية وبسرعات متباينة تصل إلى 80 كم / ساعة (سلامة، ص 329) يوفر لها طاقة آلية مرتفعة تولد ضغطاً كبيراً على صخور الساحل ويزداد هذا الضغط بازدياد الحمولة الارسابية للأمواج إذ تصل إلى (4000 كغم / قدم²). وباستمرار غمر الصخور بموجات المد يومياً تمتلئ مظاهر الضعف الصخري بالمياه ضاغطة الهواء المتواجد فيها وبتراجع موجات المد يعود الهواء إلى التمدد المفاجئ بقوة تفجيرية مؤدياً إلى تكوين في البدء فجوات وهذه تكبر وتلتحم مع بعضها لتكون الكهوف الذي يكون بشكل نفق اسطواني يمتد في صخور الساحل على طول مناطق الضعف الصخري وتكون الفتحة المواجهة للبحر أوسع ما في الكهوف حيث تضيق باتجاه العمق، وباستمرار عمليات الضغط الموجي ينهار سقف الكهف ليتحول إلى (شرم بحري) ضيق ذات جوانب شديدة الانحدار مرتفعة لتكون فيما بعد بمثابة خلجان ضيقة وقصيرة.

4. الأقواس البحرية :

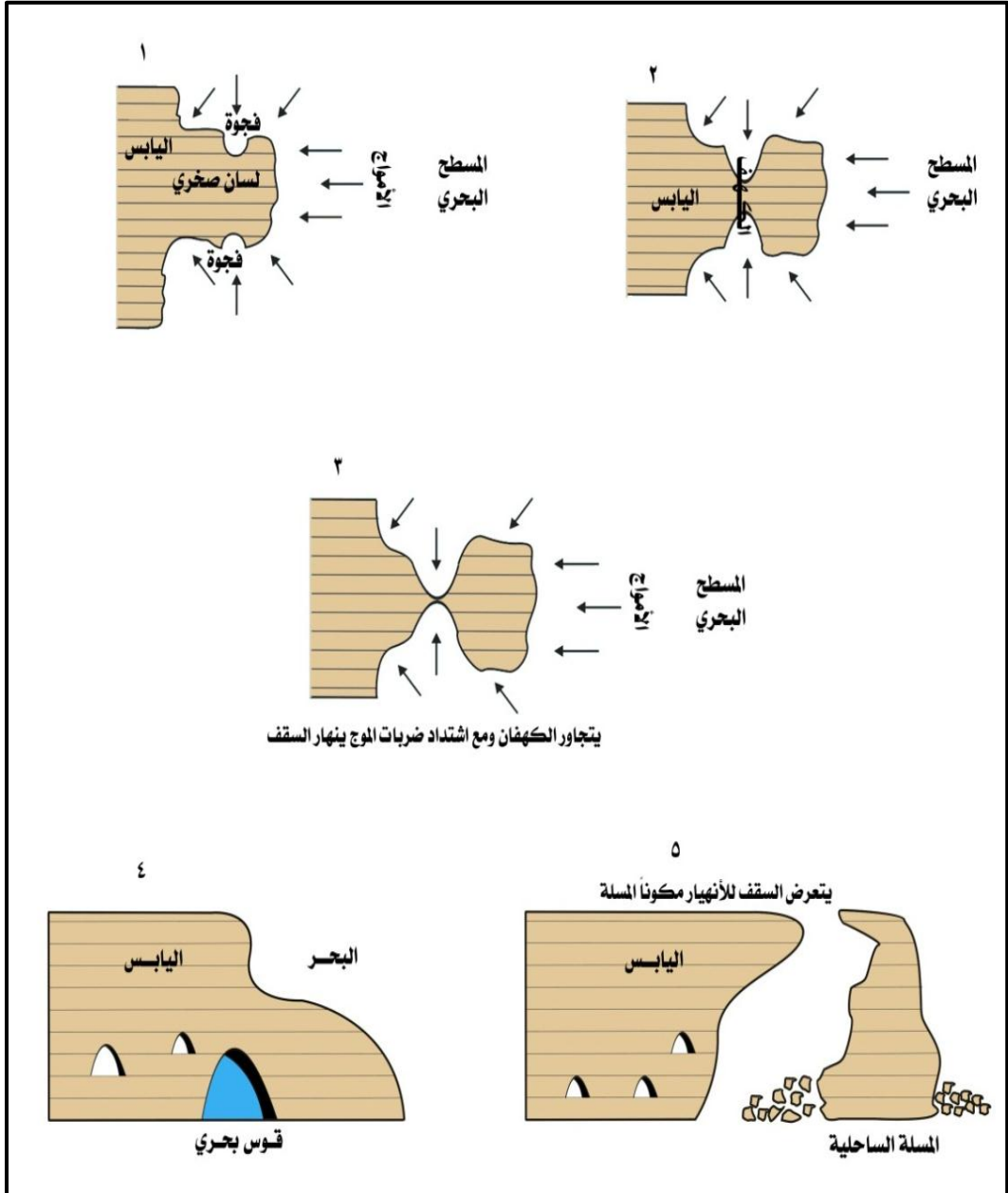
تتطور عند امتداد لسان صخري يتميز بكثرة الشقوق والفواصل فيه وبفعل آلية تطور الكهف الساحلي تتشكل فيه العديد من التكفهاات وإذا ما اتصل كهفان على جانبي اللسان الصخري وباستمرار عمليات الضغط الموجي على الجدار الداخلي لهذين الكهفين ينهار الجدار وعندئذ يتكون القوس البحري يمثل الأجزاء الصخرية الصلبة وتسمى كذلك (الجسور الطبيعية الساحلية) أو القناطر الطبيعية.

5. المسلات الساحلية الصخرية:

تطور أرضي لاحق يتشكل عندما تتعرض الاجزاء العليا للقوس البحري للتهدم والسقوط فتبدو نهايته (طرف الرأس من جهة البحر) في شكل قوائم صخرية

بارزة يتميز بسمك قاعدته يعرف بالمسلة البحرية وبمرور الوقت يتعرض للتهدم والانخفاض بسبب استمرار عمليات التعرية الموجية.

الشكل (40) تطور الكهف والأقواس البحرية



العمل البنائي (الارساب) للأمواج :

يتطور الارساب البحري من الحمولة التي تنقلها الامواج وتيارات المد والجزر والتيارات البحرية، يحدث الارساب البحري بسبب العوامل التالية:

1. تراجع مياه الأمواج عن الساحل.
2. تناقص سرعة حركة الأمواج إما بسبب الابتعاد عن عمق المسطح المائي (طول المسافة) أو الاصطدام بعوائق صخرية.
3. تزايد الحمولة في الأمواج.

تقوم الأمواج بالترسيب وفقاً لظاهرة الفرز Sorting وفي الأعماق الضحلة القريبة من الساحل تبعاً لذلك يتطور مجموعة من المظاهر الارسابية وكالاتي:

1. الشواطئ:

تمثل أول مراحل الارساب البحري إذ يتم ترسيب حمولة الأمواج في مناطق الخلجان والتكهفات الموجودة في الساحل على شكل شواطئ رملية وأحياناً حصوية تسمى (البلاج). وتتواجد أمام خط الساحل مباشرة وتكون بهيئة أراضي منخفضة قليلة الانحدار وتكون دائماً ضمن مستويات المد.

2. الحواجز الرملية:

تتطور هذه الارسابات في مناطق الخلجان لهدوء حركة الأمواج فيها فتلقي مياه الموج حمولتها وباستمرار اندفاع الأمواج والتيارات في هذه الخلجان تهدأ حركتها فترسب حمولتها وباستمرار هذه العملية تتجمع المواد الارسابية لتطور حاجز رملي يربط طرفي الخليج.

تعمل هذه الحواجز على تكوين مستنقعات بحرية ضحلة (Lagoon) وفي كثير من الأحيان تتصل هذه المستنقعات بالبحر المجاور عبر ممرات مائية تكونها في الحاجز الرملي.

وقد تتحول هذه المستنقعات البحرية إلى مسطحات طينية وغرينية وتتمو فيها النباتات المحبة للملوحة والرطوبة لتقتنص المزيد من الرواسب خاصة أثناء المد العالي وكثير منها استفاد منها الإنسان مثل الأراضي المنخفضة في هولندا وتسمى Polders وفي جنوب شرق انكلترا باسم Fenlands ويجب حمايتها باستمرار من طغيان مياه البحر ببناء السدود حولها.

3. الألسنة الرملية:

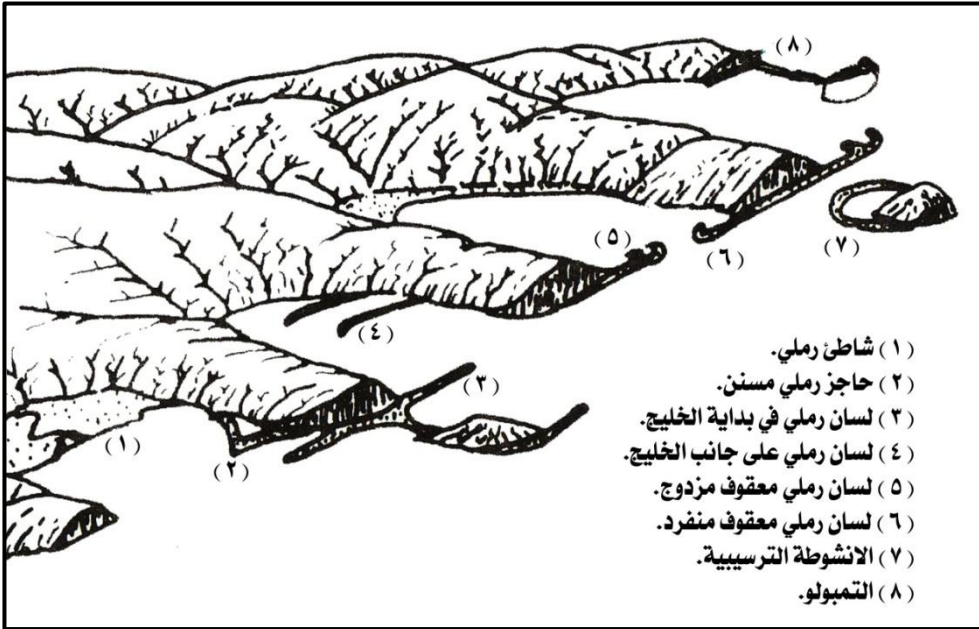
تتشأ الألسنة الرملية في المناطق البحرية المفتوحة وتحديدًا على مناطق الرف القاري ضمن نطاق تقابل الموجات المائية العائدة إلى البحر والموجات الآتية من البحر باتجاه اليابس، على طول خط تقابل هذه الأمواج يحدث الإرساب (أبو راضي: 270) بسبب تدني سرعة حركة المياه وقلة قدرتها على الحمل فتبدأ بالترسيب وباستمرار عملية الترسيب ينمو الحاجز الرملي حتى يصبح اعلى من مستوى سطح البحر.

تأخذ الألسنة الرملية أشكالاً متعددة باستمرار تراكم الرمال يزداد ارتفاع الألسنة وتزداد طولاً وتأخذ أحياناً أشكالاً منحنية مقوسة الأطراف تبدو كهلال تسمى (الخطاف Hooks) وقد تكون منفردة أو مزدوجة.

وتتنشأ كذلك الألسنة الرملية لتصل بين اليابس وجزيرة قريبة منه مكونة حاجز جديد يسمى (Tombolo) تمبولو.

ويوجد كذلك الأنشطة الترسيبية عبارة عن حاجز رملي تقوم الأمواج ببنائه حول احدى الجزر الصغيرة المقابلة للساحل.

شكل (41) بعض المظاهر الإرسابية التي تقوم الأمواج ببنائها



ماجد السيد ولي، الأشكال الأرضية، ص 290.

الارسابات المرجانية :

تتطور هذه الارسابات بفعل كائنات عضوية (المرجان) هي المسؤولة عن تطور هذه الارسابات، يقوم حيوان المرجان باستخلاص مادة الكلس CaCO_3 من ماء البحر لبناء هياكله، ويعيش بشكل مستعمرات عند موتها تتكون الصخور الكلسية. وتعرض لعمل الأمواج الهدمي يتم تحطم أجزاء منها واقتلاعها وبدورها هذه الأجزاء الكلسية تتعرض لتجوية فيزيائية لاحقة متمثلة بظاهرة الصقل (البري) فيصغر حجمها وبإمكان الأمواج أن تحملها وترسبها قرب الشواطئ بشكل حواجز ألسنة كلسية.

تتنوع الارسابات المرجانية بتنوع خصائصها الشكلية وكالاتي:

1. الشعاب الهامشية :

تتطور قرب الحافات الصخرية الممتدة من اليابس نحو البحر حيث تكون البيئة ملائمة لنمو المرجان لأن التيارات البحرية الجانبية فعالة لا تسمح بترسيب الرمال فضلاً لذلك محملة بالمواد الغذائية، وتبعاً لذلك تتكون الشعاب الهامشية التي يتباين اتساعها تبعاً لعمرها الزمني.

2. الحواجز المرجانية :

تنمو بعيداً عن خط الساحل بأبعاد تتراوح بين 2 كم - 20 كم وأحياناً أكثر. ويشكل الحاجز الرملي حيز مكاني لا يتجاوز بين بضع امتار وعشرات الامتار ويترتب عليه حجز مستنقع بينه وبين الساحل.

3. الحلقات المرجانية :

تنشأ وسط المحيط وتكون بشكل حلقات يرجع أصل تطور الحلقات وكما يذكر (البحيري، ص 324) أنها في الأصل مخاريط بركانية محيطية وبفعل هبوط قاع المحيط وفقاً لنظرية الهبوط فإن المخاريط البركانية تهبط وتنخفض رؤوسها دون مستوى سطح البحر وتتحول الشعاب المرجانية التي كانت على هوامش المخاريط الهابطة إلى حلقات مرجانية تختفي الكتلة الأرضية في وسطها لتصبح مستنقع. وقد ترتبط مجموعة من الحلقات المرجانية بجسور ارسابية من الحطام الصخري.

الفصل الثالث عشر

الأشكال الأرضية الناتجة عن
الجليد في المناطق القطبية
وشبه القطبية

الفصل الثالث عشر

الجليد وأثره في تشكيل سطح الأرض

الثلج:

مصدر الثلج تكاثف بخار الماء في الهواء تحت درجات حرارة دون الصفر المئوي فيتراكم الثلج على سطح الأرض ويستمر تراكمه بانخفاض درجات الحرارة ولهذا بقاءه يتوافق طردياً مع انخفاض درجات الحرارة وكذلك الارتفاع عن مستوى سطح البحر. بقاء ثلج الشتاء صيفاً دون تعرضه للذوبان يتحول إلى غطاءات جليدية مستديمة كجليد القارة القطبية الجنوبية (انتاركتيكا) وغطاءات القارة القطبية الشمالية وكذلك الجليد المستديم الموجود فوق السلاسل الشاهقة مثل الهمالايا والانديز والروكي وغيرها.

خط الثلج الدائم:

مستوى أرضي يبقى عنده الثلج متجمد طيلة العام ويتباين منسوبه بين 6000م عن مستوى سطح البحر في العروض المدارية ومستوى سطح البحر بالعروض القطبية، ويتباين مستواه عن سطح البحر تبعاً.

1. البعد والقرب عن خط الاستواء.
2. الارتفاع عن مستوى سطح البحر.
3. انخفاض درجات الحرارة دون الصفر المئوي أو بمستواه لأكثر من ستة أشهر.
4. أن يكون التساقط في أغلبه صلب.
5. الموقع الجغرافي للمنحدرات الجبلية السفوح المحمية تحتفظ بالثلج لفترة طويلة أكثر من السفوح المواجهة للشمس.
6. كذلك كمية التساقط الثلجي له دور كبير في تحديد خط الثلج الدائم فعلى سبيل المثال خط الثلج الدائم في السفوح الجنوبية لجبال الهمالايا يقع على منسوب (4000 متر عن مستوى سطح البحر) بينما في السفوح الشمالية يقع على

منسوب (5000 متر عن مستوى سطح البحر) يرجع ذلك لوفرة التساقط الثلجي على السفوح الجنوبية الرطبة لأنها تقع تحت تأثير المناخ الموسمي (البحيري: 281) بينما السفوح الشمالية واقعة في ظل المطر وعليه تتراكم غطاءات ثلجية كثيرة لا تستطيع حرارة الصيف أن تذيبها.

الجليد القاري (حقول الجليد):

تتطور الحقول الجليدية من تراكم الغطاءات الثلجية بفعل استمرار التساقط الثلجي مع انخفاض درجات الحرارة يفقد قوامه الهش ويتحول إلى حبيبات صلبة وهذه تكون حالة وسط بين الثلج والجليد وباستمرار تماسك جزيئاته بفعل مياه الذوبان المتسربة من الطبقات السطحية إلى ما تحتها تعود للتجمد من جديد فتعمل على تلاحم الجزيئات، وباستمرار انخفاض درجات الحرارة مع ثقل الطبقات الثلجية العليا يطرد الهواء من بين مسامه فيزداد الثلج صلابة ويتماسك ليتكون الحقل الجليدي وبتضاغط الجليد في حقوله يبدأ بالحركة في اتجاهات متباينة أينما اتيح المجال أمامه للحركة وعندئذ تعرف الألسنة المتحركة باسم الثلجات Glacier Ice .

حركة الجليد:

يتحرك الجليد من المناطق المرتفعة نحو المناطق المنخفضة وتعتمد حركته على عدة عوامل:

1. سمك الغطاءات الجليدية.
2. درجة انحدار الوادي الجليدي.
3. وعورة قاع المجرى.
4. الظروف المناخية من حيث كمية التغذية الثلجية ودرجة الحرارة.
5. الحمولة المنقولة خلال النهر الجليدي.
6. الطول الزمني لفصلي الربيع والصيف.

يتحرك الجليد حركة بطيئة جداً لا تتجاوز 20 متر / يوم مع وجود تفاوت بين سرعة نهر جليدي وآخر تبعاً للعوامل السابقة الذكر. وكذلك حركته في الوسط أسرع مما عليه في الجانبين وفي الأجزاء السفلى منه بسبب عمليات الاحتكاك بينه وبين جوانب قاع المجرى.

العمل الجيومورفي للثلاجة :

الجليد الساكن ليس له أي دور في تغيير سطح الأرض يكتسب أهميته الجيومورفية عندما يبدأ بالحركة. ولهذا تكون عملياته كالآتي.

أولاً: عمليات الهدم:

تتميز عملية الهدم للثلاجة بعمليتي التجوية والتعرية في آن واحد بحركته على سطح الأرض يعمل على سحق وتحطيم صخور المجرى بعملية التجوية الفيزيائية وبنفس الوقت يقوم بالتقاط ناتج التجوية (الحطام الصخري) وحمله إما بطريقة الجر (Traction) أو بعملية السحب والتعلق (Suspension).

يزداد احتكاك هذه الحمولة فيما بينها من جهة وبينها وبين صخور القاع والجوانب من جهة أخرى في عملية تسمى طحن المواد الصخرية .

الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات التعرية الجليدية:

1. الوادي الجليدي:

يتطور بشكل السنة جليدية تخرج من الحلبات الجليدية وغالباً ما يتخير الوادي الجليدي مجاري مائية قديمة وتتحرك من خلاله، يتميز الوادي الجليدي بما يلي:

1. شدة انحداره إذ تتميز أجزائه العليا بارتفاعاتها الشاهقة بينما تكون أجزاء الدنيا ذات انحدارات قليلة.

2. استقامة مجارية وعدم تعرجها لأن قوة ضغط الجليد المتحرك يعمل على إزالة التعرجات.

3. يتميز قطاعه العرضي في جميع أجزائه بشكل حرف U وذلك لقوة التعرية الجليدية لأنها جسم صلب غير منر تستطيع التغلب على جميع العوائق الأرضية الذي يعترض مجراه.

4. تكثر فيه المدرجات وكل مستوى منها يوضح حالة امتلاء الوادي بالثلج.

2. الأودية الجليدية المعلقة:

هي عبارة عن وديان جليدية ثانوية ذات مستويات أرضية أعلى من مستوى النهر الجليدي الرئيسي الذي تلتقي به وذلك بسبب التفاوت في التعرية الجليدية ما بين الوادي الرئيسي والفروع لتباين كمية الجليد فيها فيصبح الوادي الجليدي أكثر عمقاً من الوادي الفرعي (الثانوي) لهذا يبدو مصبه (منطقة الالتقاء شديدة الارتفاع وتظهر بشكل مساقط ثلجية أو مائية ولهذا سميت كذلك بسلام العماقة.

3. الحلبة الجليدية

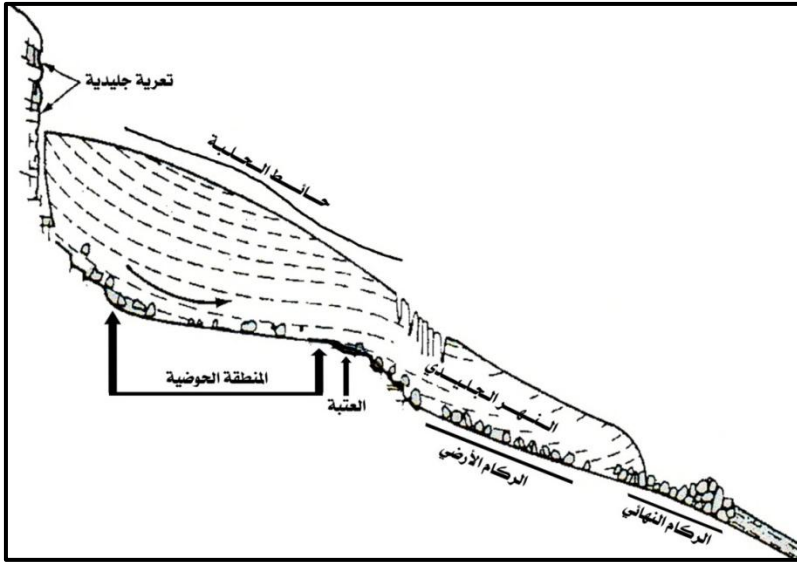
منخفضات أرضية يملأها الجليد تتواجد في مناطق المنخفضات الجبلية وهي في الأصل حقول الثلج تسمى بمسميات عديدة منها Cirque في الفرنسية و Corrie في اسكتلندا و Kar في ألمانيا.

تتكون من العناصر الأرضية التالية:

1. **المنخفض:** منطقة حوضية يملأها الجليد المتصلب ويتباين اتساعها وعمقها تبعاً للغطاء الجليدي المتواجد فيها، وتتواجد في أعالي المرتفعات وتمثل بداية الأودية الجليدية المنحدرة، يتباين امتلاءها بالثلج تبعاً لتعاقب المواسم الباردة والدافئة ومقدار التغذية الثلجية وعليه يتباين شدة التعرية الجليدية فيها.
2. **الحوايط الصخرية:** عبارة عن حافات صخرية تحيط بالمنخفض ويتباين ارتفاعها بتباين التعرية الجليدية ومقدار تعميقها للمنخفض.

3. **العتبة:** ممر في الحائط الصخري يكون بمثابة بوابة يخرج منه الجليد وتكون بداية الوادي الجليدي المتحرك من الحلبة نحو الاراضي المنخفضة سميت بالحلبة الجليدية لأنها تشبه الملاعب الرياضية بمدرجاتها وغالباً ما يتعرض جليد الحلبة للذوبان فتصبح المنطقة الحوضية بحيرات مائية تسمى التارن Tarn وتتواجد بكثرة في السويد في قمم الأراضي المرتفعة موروثاً منذ عصر البلايستوسين ولهذا تسمى ببلد البحيرات المعلقة.

شكل (42) الحلبة الجليدية

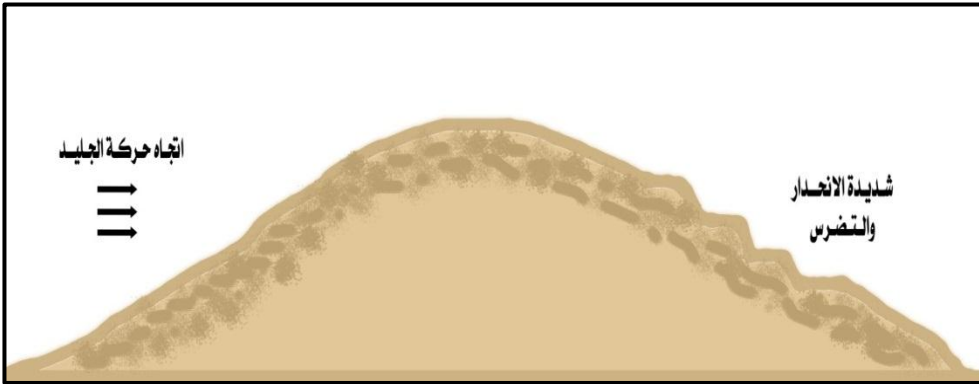


4. **الحافات الصخرية الجبلية (الحافات المسننة):** تتطور عندما يتقابل حلبتان جليديتان متجاورتان باتجاه متضاد على سفحي جبل وباستمرار التعرية التصاعدية للجليد المتراكم تتراجع جوانب الحلبات العليا إلى الأعلى وتتضاءل المساحات الأرضية التي تفصل بينهما فتصبح بشكل بروزات صخرية حادة.
5. **القرون الجليدية الصخرية:** تطور لاحق للحافات الصخرية المسننة عندما يتقابل أكثر من حلبتين على سفوح الجبل وباستمرار التعرية الجليدية التصاعدية تتحول

الحافات المسننة إلى قمم منفردة هرمية تسمى القرون (Horns) وبمرور الوقت تتعرض للتلاشي مع زيادة عمليات التعرية الجليدية التصاعدية.

6. **الصخور الغنمية (المحززة):** عبارة عن صخور صلبة قوية ذات امتدادات طويلة في مجرى النهر الجليدي ظهرت بهذا الشكل لصلابتها فلم يستطع الجليد على إزالتها فاضطر على اجتيازها بالعبور فوقها، ولهذا يبدو أثر التعرية الجليدية واضحاً عليها إذ تكون ذات سطوح ملساء صقيلة في جانبها المواجه لحركة الجليد وذلك بسبب ضغط الجليد المتحرك عليها ببطء أثناء اجتيازه لهذه العقبة الصخرية مما يؤدي إلى إزالة نتوءاتها وصقلها بينما يتميز سطحها المواجه للمصب بشكل شديد التحرز والانحدار غير المنتظم (شكل 43) يرجع ذلك إلى تدني فعالية التعرية الجليدية في هذا الجانب لسرعة حركته.

شكل (43) الصخور الغنمية



7. **الفيوردات:** مظاهر أرضية موروثية من الفترات الجليدية لعصر البليوستوسين وهي في الأصل تمثل نهايات الأودية الجليدية ومصباتها في البحار وعند تقهقر الجليد بفعل الفترات الدافئة تقدمت فيها مياه البحر وأصبحت بشكل خلجان محمية تمتد في اليابس.

تتميز بعمقها وشدة انحدار جوانبها وأن أجزاءها بإتجاه اليابس أكثر عمقاً مما عليه عند منطقة المصب. هذا ما يؤكد أنها تطورت بفعل التعرية الجليدية تتواجد في سواحل شبه الجزيرة الاسكندنافية وفي جزيرة كرينلاند وكذلك في سواحل شيلي وكولومبيا البريطانية.

ثانياً: الأشكال الأرضية الناتجة عن الارساب الجليدي :

يبدأ الجليد في الارساب عندما تتقهقر الغطاءات الجليدية بسبب ارتفاع درجات الحرارة أو وصول الاغطية الجليدية إلى مناطق دافئة فيتحول الماء من حالته الصلبة إلى السائلة فيترك حمولته الارسابية وينطلق الماء المتحرر من هذه الغطاءات نقياً.

خصائص الارسابات الجليدية:

1. تبدو بشكل خليط غير متجانس من مواد سطح الأرض إذ تتكون من مواد صخرية وحصوية متباينة في خصائصها الحجمية والشكلية.
2. لا تظهر فيها صفة التصنيف (الفرز) الذي يميز الارسابات المائية والهوائية. لأن الجليد في حالة تقهقره يترك حمولته وينطلق الماء صافياً لا يكون بإمكانه حملها لأنها كبيرة الحجم لهذا تسمى الارسابات الجليدية بالركام Glacial Morains .

أشكال الارساب الجليدي :

تنقسم الركامات الجليدية تبعاً إلى مكان الترسيب إلى:

1. الركامات الجانبية:

تتطور الركامات الجانبية من مصادر عديدة في أولها فعل الصقيع المتجمد في صخور جوانب الوادي الجليدي كتجوية فيزيائية وثانيهما فعل عمليات الهدم للجليد المتحرك في واديه، يلتقط الجليد نواتج التجوية بجميع مظاهرها حمولة متحركة

ويبدأ ترسيبها عندما تضعف طاقته بشكل أشرطة ارسابية غير متجانسة على جانبي الوادي الجليدي تظهر الركامات الجانبية متصلة أحياناً وفي أغلب الأحيان تكون متقطعة وقد تظهر في جانب من الوادي دون غيره. وقد تترك هذه الركامات بينها وبين حافة الوادي منخفضات تشغلها بحيرات طويلة صغيرة تتطور بعد انصهار الجليد تسمى (الهوة الهامشية).

2. الركامات الوسطى:

تنشأ من التحام الركامات الجانبية لنهرين جليديين عند التقائهما فيتكون الركام الأوسط في وسط الثلجة وفي كثير من الأحيان تعمل الأنهار التي تتطور بعد ذوبان الجليد على إزالتها.

3. الركام النهائي:

خليط غير متجانس من مواد سطح الأرض ترسبها الثلجة في نهاية الوادي الجليدي عندما تتعرض الغطاءات الجليدية للذوبان بسبب ارتفاع درجات الحرارة أو وصول الثلجة إلى مناطق دافئة فتتفقر الثلجة وينطلق الماء صافياً تاركاً الحمولة بشكل ركام نهائي غير متجانس.

4. الركام الأرضي (ركام القاع):

يتكون أسفل الثلجة ومصدره الحطام الصخري الناتج من سحق صخور القاع (شكل 44).

5. الكتل الضالة:

صخور كبيرة اقتلعها الجليد نقلها معه لمسافات طويلة وتباينت في خصائصها الشكلية والحجمية تبعاً للمسافة التي نقلت خلالها. تنتشر بكثرة في قيعان الأودية الجليدية ولهذا يطلق عليها الكتل الضالة أو (الشاردة) لأن لا يعرف موطنها الأصلي وتشير إلى قدرة الغطاءات الجليدية المتحركة على نقلها من أماكنها الأصلية

تطورت في المنخفضات المائية على سطح النهر الجليدي مما تسبب عدم انتظام السطح المتواجدة عليه.

2. الاسكرز Eskars :

مصطلح ايرلندي يعني التلال الطولية المستوية السطح الناتجة من تجمع الرواسب الجليدية النهرية وتسمى في السويد والنرويج اسم Osar (أبو العينين، ص 707). تتميز ارساباتها باستدارتها وأشكالها المنتظمة البيضاوية أو الكروية وسطوحها الملساء، تدل على فعل التعرية المائية فيها وان المياه أعادت فرزها بعد ذوبان الجليد بحيث أصبحت جيدة التصنيف، وتكون على شكل حافات طولية ضيقة متكونة من الرمال والحصى ممتدة على طول قاع المجرى الجليدي.

3. الكثبان الجليدية (الدرملين Drumlins):

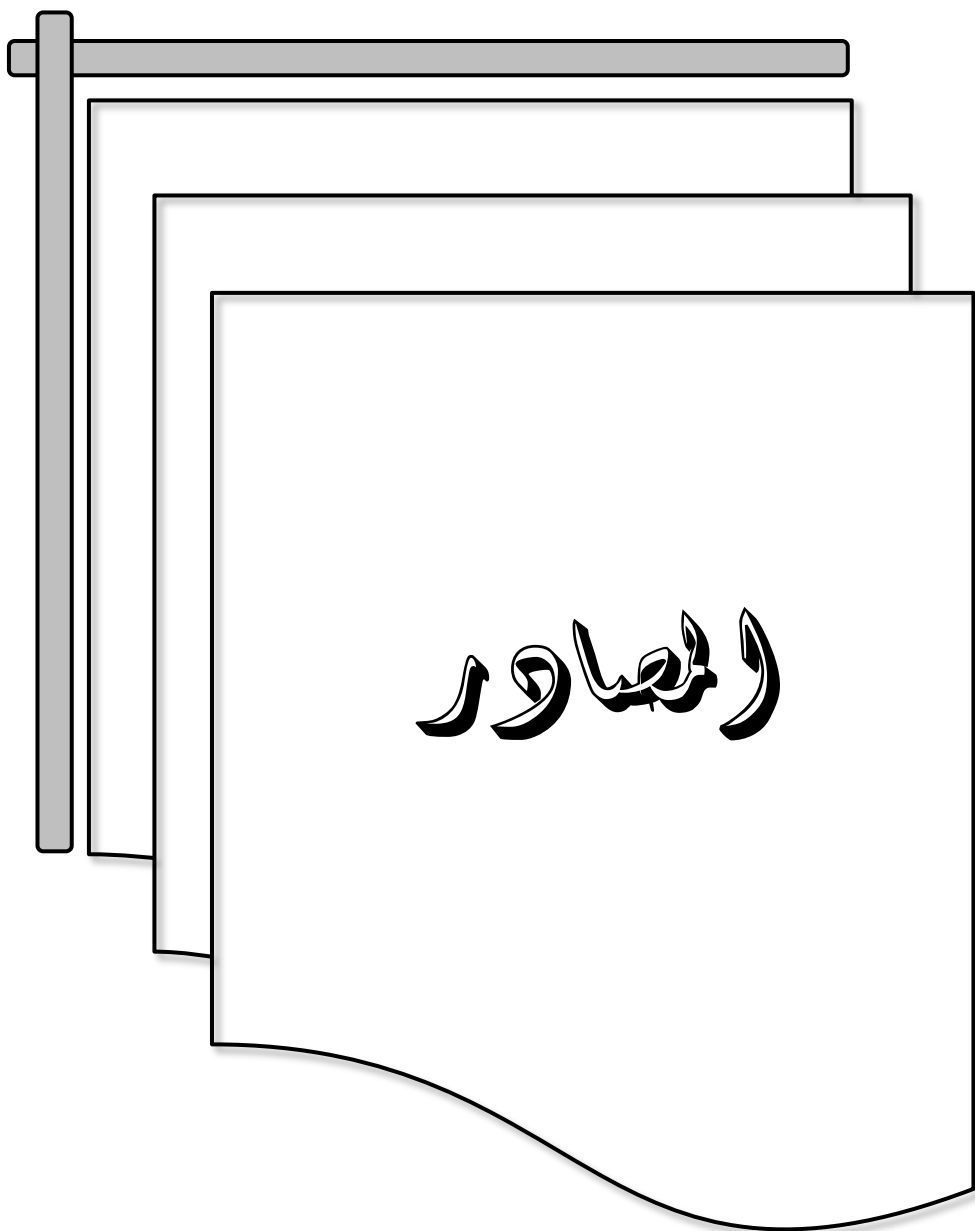
تتكون من خليط غير متجانس من إرسابات متباينة في خصائصها الشكلية والحجمية مصدرها على الاغلب الركامات الأرضية المتطورة من تراكم ضغط الجليد المتحرك. تظهر أحيانا بشكل كثيب ارسابي صغير وفي مواضع أخرى تكون على شكل مجاميع يتراوح عددها بالمئات وتمتد لمسافة أكثر من كيلومتريين مع ارتفاعات تزيد عن 50 متر توازي محاورها الطولية اتجاه حركة الجليد، ولهذا تشكل طوبوغرافية متموجة تسمى بتضاريس سلال البيض Basket of eggs relief توجد في أغلب المناطق التي تعرضت لزحف الغطاءات الجليدية في شمال انكلترا وايرلندا الشمالية.

خصائص سطح الثلاجة:

يتميز سطح الثلاجة بمجموعة من الشقوق المتباينة وتقسم إلى:

1. **شقوق عرضية:** تتواجد بصورة عرضية على اتجاه الوادي الجليدي وسبب تشكلها يرجع لحركة الجليد على سطوح شديدة التضرس والانحدار.

2. شقوق طولية: تمتد موازية مع اتجاه الوادي الجليدي، تطورت بفعل اختلاف سرعة الجليد المتحرك، إذ يكون سريع الحركة في اجزاءه الوسطى وبطئ في الجوانب لفقدان جزء من طاقته في عمليات الاحتكاك الجانبية.
 3. شقوق هامشية (حدية): تتكون في مقدمة الوادي الجليدي بسبب اصطدام كتلة الجليد المتحرك بالعوائق الأرضية أثناء زحفها نحو وديانها السفلى.
- المهم جداً في هذه الشقوق تكون بمثابة مناطق قنص للارسابات حيث يتجمع فيها الحطام الصخري وينقلها إلى أسفل الثلجة، وكذلك لها دور في تسريع عمليات الازابة لتأثرها بالظروف المناخية خاصة السطوح الشمسي والرياح.



قائمة المصادر

1. ابراهيم العرود، مبادئ الجغرافية الطبيعية، دار المكتبة الوطنية، عمان، ط1، 2002م.
2. أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني، كتاب البيروني في تحقيق ما للهند من مقولة منقولة في العقل أو مردولة، حيدر اباد، الهند، 1958م.
3. أبو علي بن سينا، المعادن والآثار العلوية، تحقيق عبدالعليم سعد وآخرون، الهيئة العامة لشؤون المطابع الاميرية، القاهرة، 1965م.
4. ادوارد كيلر، الجيولوجيا البيئية، ترجمة غسان محمد السبتي، جامعة صلاح الدين، اربيل، ط3، 1982م.
5. أحمد حسين حسين أحمد، الكارست في منطقة تلغفر، جامعة الموصل، 2007م.
6. أحمد فوزي يوسف، البيدلوجي، عمادة شؤون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض، ط1، 1987م.
7. بو جومولوف، ج.، جيولوجيا الماء ومبادئ الجيولوجيا التطبيقية، ترجمة داؤد سليمان المنير، دار مير للطباعة والنشر، 1983م.
8. حسن رمضان سلامة، أصول الجيومورفولوجيا، دار المسيرة للنشر والتوزيع، ط1، 2004م.
9. حسن سيد أحمد أبو العينين، أصول الجيومورفولوجيا، دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، الدار الجامعية، بيروت، ط6، 2010م.
10. خلف حسين علي الدليمي، التضاريس الأرضية، دراسة جيومورفولوجية علمية تطبيقية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ط1، 2005م.
11. خليفة درادكة، المياه السطحية وهيدرولوجيا المياه الجوفية، دار حنين للنشر والتوزيع، ط1، 2006م.
12. رسمي اسماعيل الغريايوي، أسس الجيولوجيا العامة التطبيقي، دار المفردات، الرياض، ط1، 1996م.

13. روجرهيتسن، علم الصخور المتحولة، ترجمة رافد محمد عزيز العبيدي، مطبعة جامعة الموصل، 1988م.
14. سعد عجيل مبارك الدراجي، أساسيات علم شكل الأرض، دار كنوز للمعرفة العلمية والنشر والتوزيع، عمان، 2010م.
15. صلاح الدين البحيري، أشكال الأرض، دار الفكر / دمشق، ط1، 1979م.
16. عبدالإله رزوقي كربل، علم الأشكال الأرضية (الجيومورفولوجيا) جامعة البصرة، 1986م.
17. عبدالله شاكر السياب وجاسم علي الجاسم، علم الطبقات، جامعة الموصل، 1980م.
18. عبدالعزيز طريح شرف، أشكال سطح الأرض، ط1، دمشق، 1979م.
19. فتحي عبدالعزيز أبو راضي، أسس الجغرافية الطبيعية، دار النهضة العربية، بيروت، 2001م.
20. فتحي محمد الشرقاوي، أسس علم الجيومورفولوجيا، ط1، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الإسكندرية، 2010م.
21. كمال الشيخ حسين، جغرافية التربة، دار المنهل اللبناني، 2012م.
22. كنانة محمد ثابت و محمد عمر العشو، أسس الجيولوجيا للمهندسين، دار الكتاب، الموصل، 1993م.
23. ماكس ديوروو، مبادئ الجيومورفولوجيا، تعريب عبدالرحمن حميدة، دار الفكر المعاصر، بيروت، 1997.
24. محمد صبري محسوب وآخرون، العمليات الجيومورفولوجية، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة، 1989م.
25. محمد صبري محسوب، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة، 2003م.
26. محمد يوسف حسن، عدنان باقر النقاش وآخرون، أساسيات علم الجيولوجيا، مركز الكتاب الأردني، عمان، 1990م.

27. نبيل مصطفى الحافظ وآخرون، علم الصخور النارية، مطبعة جامعة الموصل، 1988م.

28. وليد خالد العكدي، مسح وتصنيف الترب، جامعة الموصل، 1986م.

29. Arther L. Bloom, Geomorphology, 3rd, ed., Ipte. Ltd. Delhi, Indian, 2004.

30. Charles C Plumer. Physical geology, 10th ed., McGraw Hill New York, 2005.

31. Dale F. Ritter. Process geomorphology, McGraw Hill, Companies, 4th.ed., 2002.

32. Don J. Easterbrook, Principles of geomorphology. McGraw Hill, New York, 1969.

33. K. Pavlopoulos, N. Evelpidou, Mappiny geomorphological environments, London, 2009.

34. Richard Jogn Huggett. Fundamentals of geomorphology published in the USA and Canada by Routledge, 2003.

35. Cliff Oliver, Weathering 2nd, ed. by Oliver and Boyd Ltd., 1975.

36. C. R. Twidale., Analysis of landforms, copy right by John wiley, 1976.

37. <http://ar.wikipedia.org/wiki>

