الفصل السادس: التجوية والتعرية

إذا كانت الجبال هى النتيجة المباشرة للعمليات الداخلية فإن هناك أيضا عمليات خارجية تؤدى دورا مكملا للعمليات الداخلية فى تكوين معالم وظواهر سطح الأرض. ولعل الدور الأكبر الذى تؤديه تلك العمليات الخارجية هى إزالة تلك الجبال وجعلها حطاما ونقل هذا الحطام من أماكنه الأصلية إلى أماكن أخرى تم ترسيبه إياه . ويطلق على هذه العمليات أسم شامل لها وهو **التعرية Denudation**.

تعرية التربة

التعرية: (Denudation) : هي مجمل العمليات التي تجزِّيء الصخور وتفككها وتنقل أجزائها وتغير مظاهرها، وهي تشمل ثلاث عمليات مبدئية: التجوية والتآكل والنقل.

تشمل التعرية كل من:

١-**التجوية** weathering
٢-**التأكل** Erosion
٣-**النقل** Transportation
٤-**الترسيب** Deposition

ولكل منها عوامله ووظائفه ونتائجه

والعوامل التي تقوم التعرية عديدة أهمها:

١- الماء.
٢- الهواء.
٣- الأحياء.
٤- تقلب الحرارة.
٥- الرياح.
٦- الثلاجات.
٧- حركات الأرض.
٨- الجاذبية.

وبما أن كل تغيّر يستهلك قسطاً من الطاقة، فعمليات التعرية تستمد الطاقة من ثلاث مصادر:

١. **الطاقة الشمسية:** التي تبخر المياه وتولد الرياح.
٢. **قوة الجاذبية:** التي تجعل المياه والأجزاء المتفتتة تنهال باستمرار من الأعالي على نحو المنخفظات.
٣. **الطاقة المنبعثة:** من جراء التفاعلات الكيميائية التي تحدث على سطح الأرض.

التعرية أو الحت (Denudation): عملية طبيعية تؤدي إلى انفصال الصخور أو التربة عن سطح الأرض في بقعة ما وانتقالها إلى بقعة أخرى. وهي تشمل ثلاث عمليات مبدئية: التجوية، والتآكل، والنقل. وتمتد عملية التعرية، عادة على امتداد آلاف بل ملايين السنين ومع ذلك فإن بعض الأنشطة البشرية مثل التعدين يمكن أن تؤدي إلى الإسراع بحدوثها وقد يستفيد الإنسان من هذه العملية، عن طريق يد المساعدة التي تقدمها في بناء تربة جديدة من الصخور المفتتة. ولقد أدت عملية التعرية أيضاً إلى نشوء تكوينات جيولوجية تخلب الأبصار، مثل الوادي الأكبر (جراند كانيون) في الولايات المتحدة الأمريكية. ومع ذلك، فالتعرية تسلب الأراضي الزراعية طبقتها العليا الخصبة والمنتجة، وتحمل مواد كيماوية ضارة إلى البحيرات والأنهار، كما أنها تسد المجاري المائية. ويقاوم الفلاحون هذه التعرية، عن طريق استزراع أحزمة كاملة من الأراضي الزراعية وغرس الأشجار فيها وبعض النباتات الأخرى التي تعمل على تثبيت التربة وحمايتها من الرياح والأمطار.

التجوية (Weatherring):

هي تفكيك الصخور الكبيرة المتماسكة إلى أجزاء صغيرة تتراوح أحجامها بين الحصى الكبيرة والأيونات. وتكون نتيجتها النهائية هدم الصخور وإزالة أجزائها. وتتم التجوية عبر طريقتين متكاملتين: ميكانيكية وكيميائية.

تجوية الميكانيكية

أنواع التجوية:

A-تجوية فيزيائية (ميكانيكية): (Physical Weathering (Mechanical) :

ويقصد بهذا النوع من التجوية ، العمليات الطبيعية التى تؤدى إلى تحطيم الصخر وتفككه إلى فتات وحطام صخرى دون المساس بالتركيب الكيميائى ويرادف التجوية الفيزيائية مصطلح التفكك (التفتت) Disintegration . ويطلق عليها أحيانا التجوية الفيزيائية وهى عمليه تفتت الصخور إلى اجزاء اصغر دون حدوث اي تغيير في التركيب الكيميائي ودون حدوث نقل.

وتتضمن العمليات التالية :

١. تجمد المياه في الشقوق حيث تتمدد المياه عند تجمدها في الصخر فتعمل على تشقق الصخر كي تتمدد
٢. الرياح والماء والجاذبية.
٣. تاثير جذور النبات تعمل جذور النبات -أحيانا- على تفتيت الصخور في أثناء نموها وتمددها إلى داخل التربة.
٤. الحيوانات عندما تبني لها بيوت أو تختبيء تحت الرمال.
٥. -تحركات قشرة الأرض تحدث فوالقوتشققات متشعبة تكون البادئة بتصديع الصخور على نطاق واسع.
٦. -تسرب المياه في التشققات والمسام في فترات الرطوبة وتبخرها في أيام الجفاف، يتبع ذلك تحرك شامل للصخور يسهم في تصدعها.
٧. تجمد المياه في المناطق البارده داخل الشقوق والمسام بسبب زيادة حجمها، وبالتالي تسبب تصدع للصخور.
٨. نمو جذور النباتات يسهم في توسيع الشقوق الموجودة في الصخور وكذلك في إحداث شقوق جديدة.

المظاهر الناتجه من التجويه الميكانيكية (الفيزيائية) :

١- **-التحطيم : (Abrasion)**

هو عمل الرسوبيات او حبيبات الصخور ضد بعضها البعض (أي تقوم الرسوبيات من الصخور بتحطيم الصخور) وهذا العمل يكون غالبا في الأنهار.

2-الطمي(Alluvium) :

هي رواسب تم نقلها وترسيبها عن طريق المياه الجارية ، والطمي هو من الرسوبيات الحديثه ، بمعنى أخر تم تعريته من الصخور بشكل حديث وقد تم نقله عن طريق الأنهار من المناطق المرتفعة إلى أسفل النهر وقد تم سحقه و طحنه إلى حبيبات أنعم فأنعم عن طريق عملية التحطيم بواسطة الرسوبيات في كل مره ينقل فيها بالنهر . وهذه العمليه قد تاخذ ألاف السنين.

3-تجوية كلية للجلاميد (الصخور الكبيرة) :

فيما يلي صورة لصخر جلمودي تعرض لعمل التجويه الفيزيائية أدى إلى تجزئته لكتل صخريه ، العامل الأساسي لهذا النوع من التجوية هو الحرارة حيث أن تبدل درجة الحرارة لليل والنهار

ووصولها إلى درجة التجمد أدى إلى تجمد المياه داخل الصخور وعمل التشققات التي نلاحظها وكلما زادت عمليات التجمد أدى إلى زيادة وتوسع في الكسور الموجوده بالصخر.

4-صخرة الدب:

نتيجة عمل التجوية المتكهفه أو تكهف التجوية وتبدا عندما يقوم الماء باحضار معادن منحلة إلى سطح الصخر ، وعندما يجف الماء فان هذه المعادن تجف وتتبلور على الصخر مشكلة حبيبات تقوم بتقشير على الصخر .وهذه الظاهر أكثر ما تنتشر على السواحل حيث أن مياه البحر تجلب الملح موجود فيها على سطح الصخر ، يجب أن لا نغفل عن نقطه مهمة وهي أن سطح هذه الصخور يكون أقسى من الطبقة الداخلية للصخر .وهذه القساوة هي التيشكلت هذا النوع من الصخر والا فان التجويه تعمل على الصخر بالتساوي.

5-الطمي الموضعي :

ذكرنا أن الطمي هو الذي يقوم النهر بنقله من المناطق العليا إلى أسفل النهر أما الطمي الموضعي هو الذي ينقل من أعلى التلال إلى أسفل المنحدر من التل دون مساعدة المياه الجاريه في النهر بل يكون عن طريق الجاذبية ، حيث يمكن أن ينجرف هذا الطمي بواسطة الأمطار ويهبط أسفل المنحدر ولكن لا ينجرف مع تيار الأنهار.

6-التقشير:

وهو عملية يتعرض لها الصخر حيث تقوم التجوية بتقشير رقيق أو ناعم لطبقة من الصخر عوضا عن تعريتها بالتحبب (بمعنى أخر تقوم التجوية بازالة قشرة رقيقة من الصخر بدل من أن تقوم بتشكيل حبيبات على سطح الصخر.

-7-الانتفاخ الصقيعي:

هو عمل فيزيائي من أعمال الصقيع حيث يترك ترسبات حبيبية حول التربة.

8-بواقي رسوبية:

هي شكل من اشكال التجوية ويكون في الغالب ذو حبيبات ناعمة وقد تجمعت مع بعضها وشكلت لنا تل من هذه الفضلات.

9-التجوية المتخللة :

هذا النوع من التجوية يحدث في الأحجار الرملية عند المناطق الساحلية ويترك الملح بلورات كريستالية على سطوح هذه الأحجار.

10-الصخر الدقيقي:

هو صخر ناعم يكون مثل البودرة وقد تفتت نتيجة نهر جليدي إلى أصغر أشكال ممكنه من الحبيبات.

11-الرذاذ الملحي:

تنتشر المياه المالحة في الهواء عن طريق تكسر الأمواج وهذا يؤدي إلى انتشار واسع إلى حدوث عملية التجوية المتخللة في المناطق التي قد لا تكون بالقرب من الشاطئ.

12 -ركام السفوح :

هو نتيجة عوامل التجوية الفيزيائية حيث حيث أن الركامات من الصخور تتواجد في أسفل الجبال أو على قاعدة الجروف.

ـ العوامل التى تؤثر فى التجوية :

من المعلوم أن كل الصخور قابلة للتجوية إلا أنها تتفاوت في طريقة وسرعة تجويتها، حيث تتجوى بعض الصخور بسرعة أكبر من الصخور الأخرى.

وتتحكم في عملية تفتيت الصخور وتغييرها كيميائيا أربعة عوامل رئيسية وهي:

١- خصائص (صفات) الصخر الأصلي.
٢-المناخ .
٣-وجود التربة أو عدم وجودها.
٤-الفترة الزمنية التي يتعرض فيها الصخر للعوامل الجوية.

ونعرض فيما يلي وصفا لكل من هذه العوامل :

أ ـ خصائص الصخر الأصلي :

تؤثر طبيعة الصخر الأصلي على معدل تجوية الصخور، وذلك يرجع أساسا إلي نوع المعدن، حيث تتم تجوية المعادن المختلفة بسرعات مختلفة. كما يؤثر تركيب الصخر على قابلية لتكوين الشروخ والكسور. وتقدم الحروف المنقوشة على شواهد القبور القديمة والمحفورة منذ عدة قرون أوضح دليل على أن تجوية الصخور تتم بسرعات مختلفة، فالحروف المنقوشة على شواهد القبور الحديثة تبدو واضحة على سطح الحجر الجيري وذات حدود حادة. أما بعد مئات السنين، وفي طقس ممطر فإنها تبدو باهتة، كما لو أن الحروف المنقوشة عليها قد أزيلت، مثلما تزال الكتابة من على قطعة الصابون بعد استعمالها عدة مرات. أما لوحات الإردواز والجرانيت فلا يظهر عليها إلا القليل من التغير . ويعكس الاختلاف في تجوية صخري الجرانيت والحجر الجيري الاختلاف في قابلية ذوبان solubility المعادن المكونة لهما في الماء. ومع ذلك، فإن الصخر المقاوم للتغير يمكن أن يتغير ويتحلل تحللا كاملاً إذا تعرض فترة كافية لعوامل التجوية. فالآثار الجرانيتية ستبدو الكتابة عليها باهتة وغير واضحة بعد عدة مئات من السنين، حيث تبدأ بلورات الفلسبارات في التآكل لتتحول إلي معادن جديدة، بينما يبقى معدن الكوارتز دون أي تغيير.

كما يؤثر تركيب الصخر structure أيضا في التجوية الطبيعية. فقد بقيت الآثار الفرعونية القديمة المصنوعة من الجرانيت سليمة وغير مكسرة أو مشرخة لعدة قرون بعد تشييدها، بينما على العكس من ذلك، قد يتكسر الصخر المكون من الطفل، وهو صخر رسوبي، بسهولة على امتداد مستويات التطبق إلي قطع صغيرة.

ب ـ المناخ: هطول المطر ودرجات الحرارة :

يتحكم المناخ بدرجة كبيرة في معدل التجوية الكيميائية. ويؤثر هطول الأمطار (رطوبة الجو) وتغير درجة الحرارة على سرعة التجوية، حيث تعمل الحرارة والرطوبة المرتفعة على تنشيط التفاعلات الكيميائية. ولذلك فإنه ليس من المستغرب أن تكون التجوية أشد قوة وتعمل على أعماق أكبر في الأرض، في مناطق المناخ الدافيء الرطب عنها في مناطق المناخ الجاف البارد. ففي المناطق الاستوائية الرطبة مثل وسط أمريكا وجنوب شرق آسيا تبدو التجوية

الكيميائية واضحة، بينما في المناطق الباردة الجافة مثل شمال جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) تكون التجوية الكيميائية بطيئة جداً. وعلى العكس من ذلك، فإن التجوية الطبيعية تكون واضحة في تلك المناطق الباردة الجافة نتيجة تأثير الصقيع، حيث يكسي سطح الأرض بأكوام من الحجارة المزاحة.

ويظهر تأثير المناخ climate في الاختلاف الواضح في نواتج تجوية الصخور الكربوناتية. فالصخور الجيرية التي تتكون من معدن الكالسيت القابل للذوبان بسهولة مثل الحجر الجيري والرخام، تكون سريعة التأثر بالتجوية الكيميائية في المناخ الرطب، مما يؤدي إلي تكوين معالم طربوغرافية منخفضة ولطيفة الانحدار. أما في المناخ الجاف، فإن هذه الصخور تكون طوبوغرافية حادة، عبارة عن جروف (الجرف منحدر صخري شديد) ، حيث تؤدي ندرة المطر وشح الغطاء النباتي إلي قلة حامض الكربونيك القادر على إذابة المعادن الكربوناتية.

ج – وجود أو عدم وجود التربة:

تعتبر التربة أحد أهم المصادر الطبيعية المهمة لأي دولة. وتتكون التربة soil من كسرات من صخر الأساس bedrock (الصخر الصلد المتصل والموجود تحت الرواسب المتراكمة غير المتصلدة) ومعادن الصلصال المتكونة من تغيير معادن صخر الأساس والمادة العضوية الناتجة من الكائنات العضوية التي تعيش فيها. وعلى الرغم من ان التربة تنتج من عملية التجوية، إلا أن وجودها أو عدم وجودها يؤثر على التجوية الفيزيائية والكيميائية للمواد الأخرى، فالمعدن الموجود في تربة وادي منخفض مغطى بالتربة يتحلل أسرع، مما إذا وجد في جرف قريب لا يغطيه أي نوع من التربة، حيث تحمل الأمطار الحبيبات المفككة إلى مناطق منخفضة يمكن أن تتراكم فيها تلك الحبيبات.

وتتكون التربة نتيجة عملية استرجاع موجبة، أي إن التربة وهي ناتج عملية التجوية تساعد في تقدم التجوية. فبمجرد أن تبدأ التربة في التكون، فإنها تدخل كأحد العوامل الجيولوجية التي تعمل على تجوية الصخور بسرعة أكبر. وتحتفظ التربة بمياه الأمطار وأنواع مختلفة من النباتات، والكثير من البكتريا والكائنات الحية

الأخرى، التي تعمل على تكوين بيئة حامضية تنشط التجوية الكيميائية، وهي تعمل على تغيير وإذابة المعادن، كما تساعد جذور النباتات والكائنات الحية المتحركة خلال التربة على التجوية الطبيعية والكيميائية بدورهما على إنتاج المزيد من التربة.

د – الزمن: فترة التعرض :

من الطبيعي أنه كلما كانت الفترة الزمنية التي تتعرض فيها الصخور للتجوية أطول، زادت نسبة تغيرها وإذابتها وتكسرها. فالصخور التي انكشفت على سطح الأرض لعدة آلاف من السنين يتكون فوقها لحاء (قشرة)، وهي طبقة خارجية من المواد الناتجة من التجوية يتراوح سمكها بين عدة ميلليمترات وعدة سنتيمترات، وتحيط بالصخر الذي لم يتغير أو يتجوي. وتتكون هذه اللحاءات ببطء يصل إلي ٠,٠٠٦مم كل ألف سنة في المناخ الجاف، بينما تكون فترة تعرض اللابات ورواسب الرماد البركاني المتبقى حديثا من البراكين على سطح الأرض قصيرة جدا، ولذلك تكون تقريبا غير مجواة.

ويؤثر مجموع العوامل السابقة في تحديد نوع ومعدل تجوية الصخور في أي منطقة. ويوجد عموما بعض الاختلاف والتباين في تجوية الصخور، حتى على مستوى منطقة صغيرة نسبيا من الأرض. والتجوية المتفاوتة differential weathering هي تجوية الصخور المنكشفة على سطح الأرض بمعدلات مختلفة أو غير منتظمة، بسبب الاختلاف في صلابة ومقاومة مواد السطح. وتتآكل الصخور الأقل صلابة ومقاومة بمعدلات أسرع، في حين تظل الصخور الأصلب بارزة وناتئة. وتؤدي التجوية المتفاوتة والتعرية اللاحقة لها إلى تكون عديد من الأشكال والمعالم الأرضية، مثل الجسور الطبيعية natural bridges الموجودة في يوتا بالولايات المتحدة الأمريكية. كما تشمل تلك المعالم الأرضية أيضا حقول الجلاميد boulder fields ، وهى مساحات واسعة جدا عادة ومسطحة تنتشر عليها الجلاميد المستديرة. ويعزي وجود هذه الجلاميد إلى التجوية الكيميائية، إذ إن معظم الصخور تحمل درنات صخرية concretions مختلفة الأحجام من مادة مختلفة عن الصخور (عادة من الصوان) تكون أكثر صلادة من الحجر الجيري. وعند تعرض الصخر الأصلي للتجوية الكيميائية نتيجة لتأثير المياه الجوفية أو مياه الأمطار، فإن المكونات الجيرية تذوب بمعدل أسرع من معدل ذوبان الدرنات التي قد لا تستجيب للتجوية الكيميائية. وبذلك يتآكل الصخر الأصلي مخلفا وراءه كميات كبيرة من الدرنات المختلفة الحجم. ومن أمثلة ذلك حقول الجلاميد الموجودة في شمال الواحات البحرية، وتلك الموجودة على طريق أسيوط – الخارجة بالصحراء الغربية المصرية . كما تشمل تلك المعالم الأرضية أيضا ما يسمى بصخور عيش الغراب (موائد الشيطان) mushroom rocks ، وهى تنتج عندما توجد طبقة من

صخر صلد تعلو طبقة أخرى من صخر أقل صلادة، فتتآكل الطبقة السفلى بمعدل أسرع بفعل الرياح من معدل تآكل الطبقة العليا. وخير مثال على تلك الموائد ما يوجد منها في الصحراء البيضاء white desert في شمال واحة الفرفرة بالصحراء الغربية المصرية، حيث تؤدي التجوية المتفاوتة لصخور الطباشير إلى تكوين تلك الموائد .

– التربة: راسب متبق من التجوية (نواتج التجوية):

إن كل المواد التي تكت تجويتها لا يتم تعريتها وحملها في الحال بعيدا بواسطة المجاري المائية أو عوامل النقل الأخرى، فقد تبقى على المنحدرات المعتدلة أو لطيفة الميل والسهول والأراضي منخفضة التضاريس طبقية تغطي صخر الأساس مكونة من المواد المفككة وغير المتجانسة الناتجة من التجوية. وقد تشمل هذه الطبقة حبيبات من الصخر الأصلي التي تمت تجويتها أو لم يتم تجويتها، ومعادن الصلصال وأكاسيد الحديد وأكاسيد فلزات أخرى، ونواتج التجوية الأخرى.

ويطلق المهندسون على كل هذه الطبقة مصطلح "تربة". ومع ذلك يفضل الجيولوجيون تسمية هذه المادة بالحطام الصخري (الأديم) regolith، ويقصرون مصطلح تربة soil على الطبقات العليا من الحطام الصخري، والتي تحتوي على مواد مفككة مجواة فوق صخر الأساس bedrock وتحتوي على المواد العضوية التي تساعد الحياة النباتية وتعضدها. ويمكن بسهولة تعرف الفرق بين الحطام الصخري والتربة، إذا أخذنا في الاعتبار الحطام الصخري فوق سطح القمر. ويتكون الحطام الصخري فوق سطح القمر من طبقة مفككة من الصخور المكسرة والغبار، إلا أنه تنعدم به الحياة. فقد يحتوي على القليل من المواد العضوية أو قد لا يحتوي عليها على الإطلاق. أما المادة العضوية في تربة الأرض فهى الدوبال humus وهى بقايا

ونفايات النباتات، والحيوانات والبكتريا التي تعيش فيها. ويساهم ركام أوراق النبات بنسبة مهمة في تربة الغابات.

وتختلف ألوان التربة من الأحمر اللامع والبني، والمميز للتربة الغنية في الحديد، إلى الأسود والمميز للتربة الغنية في المواد العضوية. كما تختلف التربة أيضا في مادتها، فقد تمتلىء بعض التربة بالحصى والرمل. بينما يتكون بعضها الاخر كلية من الصلصال. ولا تتكون التربة على المنحدرات شديدة الميل نظراً لسهولة تعرية التربة، كما أنها لا تتكون على الارتفاعات العالية بسبب المناخ القارس الذي يمنع النباتات.

ونظراً لأن التربة تمثل جزءا أساسيا من أجزاء البيئة، كما تلعب دورا مهما في الاقتصاد أيضا، فقد تطورت دراسة التربة في القرن العشرين وأصبح لها علم مستقل هو علم التربة pedology (soil science) . ويقوم علماء التربة

والمهندسون الزراعيون والجيولوجيون والمهندسون المدنيون بدراسة تركيب وأصل التربة، ومدى صلاحيتها للزراعة والإنشاءات وأهميتها في تعرف الظروف المناخية التي كانت سائدة في الماضي. وتركيز معظم الدراسات الحديثة على الطرق التي يمكن بها مقاومة تعرية التربة soil erosion.

ليست التجوية بنوعيها الفيزيائي والكيمائي ظاهرة جيولوجية فحسب بل أنها ذات أهمية قصوى للحياة البشرية إقتصاديا وحياتيا فلو ظلت الصخور منذ نشأتها على حالها كما هي لما كونت التربة ولما صلحت للزراعة وكانت أقرب ما تكون إلى صخور القمر والمريخ ..

ومن أهم نواتج التجوية :

- التربة - اللاتيريت والبوكسيت - ركام السفوح - حقول الجلاميد :

أ- التربة Soil :

على الرغم من أن التربة مصطلح عام يقصد به الطبقة السطحية من أديم الأرض والناتج من حصيلة عمليات التجوية إلا أنه في نفس الوقت هناك أكثر من تعريف لها ومن تلك التعريفات أنها الطبقة السطحية المفككة التي تمثل الوشاح الصخري ولا يتعدى سمكها عدة مترات وتتكون من خليط من معادن مختلفة قد نتجت من تجوية المكونات الصخرية بالإضافة إلى الدبال Humus وهو المواد العضوية المتراكمة نتيجة الأنشطة الزراعية .

ومهما كان من أمر تعدد التعريفات بشأن التربة فإن من المتفق عليه أنه توجد خمسة عوامل تتحكم في تكونها وهذه العوامل هي :

١- الصخر الأم :

وخاصة فيما يتعلق بالمحتوى المعدنى والعناصر الداخلة فى هذا المحتوى ومن الثابت أن التربة تدين ببعض خصائصها إلى الصخر الأم الذى اشتقت منه مكونات التربة وعلى سبيل المثال فهناك تربة جيرية وتربة رملية وتربة حصوية ... الخ .

٢- المناخ :

وهو من أهم عوامل تكوين التربة باعتبار أنه يتحكم فى نوع وشدة عمليات التجوية المختلفة . كما يؤثر على نوع وكمية الكائنات العضوية فى التربة وبالتالى يتحكم فى سرعة تحللها . ليس هذا فحسب بل قد ثبت وجود علاقة بين تكوين بعض المعادن الطينية والظروف المناخية فى الأقاليم المختلفة فعلى سبيل المثال فإن كميات أكاسيد الحديد والألومنيوم المائية تزداد فى وجود الأمطار الغزيرة التى تعمل على إزالة السيليكا من التربة الأمر الذى يؤدى إلى تكوين التربة الحمراء لوجود كميات كبيرة من أكاسيد الحديد وتعرف هذه التربة باسم اللاتيريت Laterite .

٣- الكائنات الحية :

وتشمل كلا من الغطاء النباتى والمواد العضوية مثل الدبال Humus والبكتريا Bacteria والأحماض العضويةAcids Organic ويعتقد الكثيرون من علماء التربة أن عمليات تكون التربة لا تبدأ إلا عندما يتدخل النشاط العضوى بين الصخر الأم والبيئة المحيطة به . وتتحكم نوعية النباتات فى سمك المواد العضوية وعلى سبيل المثال فإن الأقاليم الاستوائية التى تتميز بالغابات الكثيفة تكون تربتها ذات سمك قليل من المواد العضوية الدبالية على عكس المناطق العشبية التى تتميز بسمك كبير من المواد العضوية هذا العضوية هذا الإضافة إلى تدخل النشاط البشرى سواء فى إزالة الغابات أو إضافة أراضى زراعية جديدة .

٤- الوضع الطبوغرافى :

يتحكم الوضع الطبوغرافى للتربة إلى حد كبير فى خصائصها فالسفوح الشديدة الانحدار لا تصل التربة فيها إلى مرحلة النضج لأن عوامل النقل المختلفة تزيل مخلفات التجوية أولا بأول فتتكون فى هذه الحالة تربة ناقصة قد أزيل منها نطاق أو نطاقين علويين . كما يؤثر الوضع الطبوغرافى أيضا على درجة التصريف وموضع وشكل مستوى المياه الباطنية . وللدلالة على أهمية الوضع الطبوغرافى فإن السهول والمناطق القليلة الانحدار تتميز بوجود تربة سميكة إذ أن الميل البسيط لهذه المناطق يجعلها تستقبل الرسوبيات والفتات الصخرى المنقول الذى سبق تجويته .

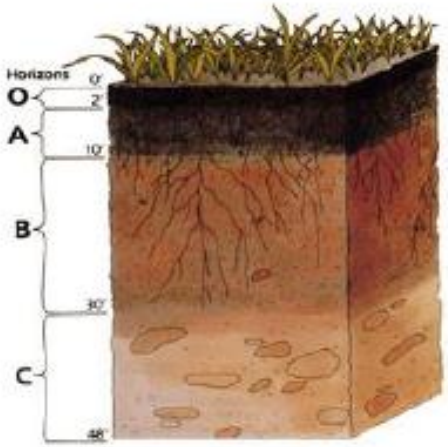
٥- الزمن :

والمقصود به هنا الفترة الزمنية التى استغرقها عمليات تكوين التربة . وبطبيعة الحال فإن الزمن يتحكم فى سمك ودرجة نضج نطاقات التربة باعتبار أن عمليات التجوية ترتبط ارتباطا وثيقا بالزمن .

أ – قطاع التربة :

يستغرق تكوين التربة زمنا طويلا يصل إلي مئات أو آلاف السنين. ويعتمد تكوين التربة على كمية الأمطار المتساقطة ودرجات الحرارة، وأيضا نوع صخر الأساس الذي يجوي ويكون التربة، حيث تزيد درجات الحرارة العالية والرطوبة المرتفعة من سرعة تكون التربة. وعندما تتضح التربة تظهر طبقات متميزة من التربة يطلق عليها نطاقات التربة soil horizons. ويطلق على الطبقات أو النطاقات التي تتسلها التربة مصطلح قطاع التربة soil profile . وتتميز كل طبقة من هذه الطبقات بخواصها اللونية والتركيب الكيميائي، ويكون الانتقال من أي من هذه النطاقات إلي الآخر غير واضح عادة.

وفيما يلى استعراض لنطاقات التربة الثلاثة:



يتشابه لون طبقات التربة في بعض المناطق بحيث تكون طبقات التربة العلوية داكنة اللون، أما طبقات التربة التي تلي الطبقة السطحية فيكون لونها مائل للاحمرار.

• نطاق –أ(A-horizon) أو النطاق العلوي (نطاق الغسل)

وهو يمثل أعلى طبقة في قطاع التربة، ولا يزيد سمكها عن متر أو مترين، وتكون أغمق الطبقات لونا، حيث تحتوي على أعلى نسبة من المادة العضوية. وتكون هذه الطبقة العلوية سميكة في التربة التي امتد تكوينها على مدي زمني طويل، وتتكون من مكونات غير عضوية معظمها معادن صلصال ومعادن غير قابلة للذوبان مثل الكوارتز. أما المعادن الذائبة فقد غسلت وأزيلت من هذه التربة.

• نطاق –ب (B-horizon) او النطاق الأوسط (نطاق التراكم)

وتكون المادة العضوية في هذه الطبقة ضئيلة ومتفرقة، بينما تتراكم فيها المعادن الذائبة وأكاسيد الحديد في هيئة عدسات أو تغلف الحبيبات من الخارج.

• نطاق ج C-horizon)) أو النطاق السفلى

ويتكون من الفتات الصخري الناشيء عن تكسر صخر الأساس، والذي تغير جزئيا واختلط بالصلصال الناتج عن التجوية الكيميائية للصخور.

وتوصف التربة بأنها إما تربة متبقية وإما تربة منقولة. و تنشأ التربة المتبقية residual soil من صخر الأساس ولم تنقل من موضع تكوينها، وتشمل النطاقات الثلاث المميزة للتربة. ومعظم التربة تكون من نوع التربة المتبقية. وحين تعمل التجوية بقوة، تتكون التربة بسرعة أكبر، وتصبح أكبر سمكا. وتحدث معظم التجوية الكيميائية فقط خلال فترات سقوط المطر القصيرة. وتستمر التفاعلات خلال فترات الجفاف ببطء شديد، بسبب وجود بعض الرطوبة المتبقية في التربة. وعندما تجف التربة تماما بين فترات سقوط الأمطار، فإن التجوية الكيميائية تتوقف تماما تقريبا.

وقد تتراكم التربة المنقولة transported soil في بعض المناطق المحدودة من الأراضي المنخفضة، وذلك بعد تعرية تلك التربة من المنحدرات المحيطة وحملها أسفل تلك المنحدرات. والتربة المنقولة شائعة، ويمكن أن تختلط مع الرواسب العادية التي تكونها الأنهار و الرياح والجليد. ويمكن تمييز هذه التربة من تركيبها ونسيجها اللذين يكونان أقرب إلي خواص التربة منها للرواسب العادية. وفي بعض الحالات تكون بعض الأجزاء العليا من قطاع التربة الأصلي موجودا. ويرجع سمك هذه التربة إلي الترسيب أكثر من التجوية المتواجدة في المنطقة المنقولة إليها التربة.

ب – المناخ والزمان وأنواع التربة :

يؤثر المناخ بقوة على عملية التجوية، ولذلك فإن له تأثيرا كبيرا على خصائص التربة المتكونة فوق أي صخر. فمثلا، تختلف خصائص التربة في المناطق الدافئة والرطبة عن تلك المتكونة في المناطق الجافة والمعتدلة. وحيث إن التربة مهمة جدا للزراعة، لذلك فقد تم إعداد خرائط لخصائص التربة في معظم أنحاء العالم. ولقد أدي هذا إلي مستوي تفصيلي من الخرائط لاستخدامها في منع تجوية التربة وتشجيع الزراعة. ويمكن تمييز ثلاث مجموعات رئيسية من التربة على أساس تركيبها المعدني والكيميائي، الذي يمكن مضاهاته بالمناخ، أي إن خصائص كل نوع من التربة تعكس الظروف المناخية السائدة وقت تكونها.

١ ـ المناخ الرطب: اللاتيريت :

اللاتيريت: تكون التجوية سريعة وشديدة في المناخات الدافئة والرطبة، حيث تصبح التربة سميكة. وكلما ارتفعت درجة الحرارة وزادت الرطوبة، كان الغطاء النباتي أكثر انتشارا وازدهارا. وتزيد وفرة النباتات والرطوبة والمناخ الدافيء من سرعة التجوية الكيميائية بقوة، حيث تغسل كل المعادن القابلة للذوبان وسهلة التجوية من الطبقة العليا من التربة. ويطلق على الراسب المتبقي من هذه التجوية السريعة مصطلح لاتيريت laterite، وهو تربة لونها أحمر داكن حيث تم تغيير

الفلسبار والسيليكات الأخرى تماما بينما تتبقي معظم أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألومنيوم . وعلى الرغم من أن هذه التربة تساعد الحياة النباتية المزدهرة في الغابات الاستوائية، إلا أنها تكون غير منتجة لنباتات المحاصيل بدرجة كبيرة. وتعاد دورة معظم المادة العضوية باستمرار من السطح إلي النباتات، مع وجود طبقة رقيقة جدا من الدوبال على سطح التربة في أحسن الأحوال. ويؤدي التخلص من الأشجار وحرث التربة إلي أكسدة الطبقة السطحية الغنية بالدوبال بسرعة واختفائها، حيث تظهر الطبقة غير الخصبة التي تسلفها.

٢ ـ المناخ الجاف : البيدوكال :

إن التربة في المناطق الجافة تكون رقيقة، بسبب نقص المياه وغياب الغطاء النباتي، مما يعوق التجوية. وفي المناطق الجافة الباردة، حيث تكون التجوية الكيميائية بطيئة جدا، فإن تأثير الصخر الأصلي يكون هو العامل السائد، حتى ولو تم تكوين التربة على مدي زمني طويل. ونتيجة لذلك، يحتوي النطاق –أ على الكثير من معادن وكسرات الصخر الأصلي التي لم يتم تجويتها. وعندما تكون الأمطار ضئيلة جدا لكي تذيب كميات معقولة من المعادن القابلة للذوبان، فتبقي هذه المعادن في نطاق –أ.

والبيدوكال pedocal هي التربة المنتشرة في المناطق الجافة. وهي نوع من التربة يكون فقيرا في المادة العضوية، بينما يكون غنيا في الكالسيوم الناتج من كربونات الكالسيوم، بالإضافة إلي معادن أخرى قابلة للذوبان. وقد اشتق مصطلح البيدوكال من الكلمة اليونانية **pedon** بمعنى تربة، بالإضافة إلي الحروف الثلاثة الأولى من كلمة **calcite** وهو معدن الكالسيت المكون من كربونات الكالسيوم. وفي مثل هذا المناخ وبين فترات سقوط الأمطار، فإن الكثير من ماء التربة يسحب إلي قرب السطح ويتبخر، تاركا عقيدات مترسبة وكرات صغيرة من كربونات الكالسيوم، غالبا في الطبقة الوسطي من التربة. وتربة البيدوكال لا تكون خصبة مثل تربة البيدالفير، حيث إن التركيب المعدني و الجفاف لا يسمحان بوجود نسبة عالية من الكائنات الحية في التربة. وقد وجد علماء التربة أن الأتربة التي تحملها الرياح يمكن أن تساهم أيضا في تراكم الأملاح في تربة المناطق الجافة، حيث كونت الكربونات طبقة صلبة غير منفذة في قطاع التربة في منطقة شاسعة جنوب غرب الولايات المتحدة، تتكون من كربونات الكالسيوم البيضاء المعروفة بالكاليش (قشرة كلسية) caliche.

٣ ـ المناخ المعتدل: البيدالفير :

تعتمد خصائص التربة في المناطق المعتدلة في سقوط الأمطار ودرجات الحرارة، كما تعتمد أيضا على المناخ السائد وعلى نوعية الصخر الأصلي وطول المدة اللازمة لتكون التربة وزيادة سمكها. وتقلل التجوية الشديدة وكذلك مدة التعرض من تأثير الصخر الأصلي. لذلك فقد تختلف كثيرا التربة المتكونة فوق صخر أساس جرانيتي بعد وقت قصير وفي مناخ معتدل الحرارة والرطوبة عن التربة المتكونة على صخر حجر جيري تحت نفس الظروف. فقد تظل تحتفظ التربة المتكونة فوق الجرانيت ببقايا من معادن السيليكات، والتي يغلب عليها معادن الصلصال المتكونة من الفلسبار، والتي تمثل المكون الرئيسي للصخر الأصلي. أما التربة المتكونة فوق الحجر الجيري فقد تظل تحتفظ بقليل من بقايا كربونات الكالسيوم، إلا أن معظم فتات الحجر الجيري يذوب بسهولة. أما معادن الصلصال فإنها تمثل أساسا الشوائب الموجودة في الحجر الجيري الأصلي.ومع هذا فإن الفرق بين هاتين التربتين قد يتضاءل أو حتى يختفي بعد عديد من آلاف السنين. وقد تتكون هاتان التربتان من معادن الصلصال نفسها اعتمادا على طبيعة المناخ، بعد أن فقد كلاهما كل المعادن القابلة للذوبان من الطبقات العليا.

وقد اشتق اسم البيدالفير **pedalfer** من الكلمة اليونانية **pedon** وتعني "تربة" و **"al"** و**"fe"** من الرمز الكيميائي للألومنيوم (Al) والحديد (Fe). وتحتوي الطبقات العليا والمتوسطة من البيدالفير على وفرة من المعادن غير القابلة للذوبان مثل الكوارتز ومعادن الصلصال ونواتج

تغير الحديد. أما معادن الكربونات والمعادن الأخرى القابلة للذوبان فإنها تختفي . وتعتبر البيدالفير تربة صالح للزراعة.

وكما يتضح مما سبق أن تقسيم التربة يتم طبقا للخواص الفيزيائية والكيميائية بطريقة تشابه كثيرا الطريقة المستخدمة في تقسيم الصخور. ويتم اعتمادا على هذه التصنيفات رسم الخرائط ودراسة وفهم توزيع التربة، وكذلك العوامل التي ساعدت في تكوينها مما يساعد على الاستخدام الأمثل لهذه التربة. وتصنف التربة الان في الولايات المتحدة الأمريكية طبقا لتصنيف فياسي إلي عشر مجموعات، تحتوي كل مجموعة منها على أقسام يسهل تعرفها. ويلاحظ أن المصطلحات المستخدمة في وصف أقسام التربة إلي لاتيريت وبيدالفير وبيدوكال ليست سهلة، كما أن هذا التصنيف لا يأخذ في الاعتبار الاختلافات في صخور الأساس.

ج - التربة القديمة : كدليل على المناخ في الأزمنة القديمة:

لقد تزايد الاهتمام في العصر الحاضر بالتربة القديمة، والتي حفظت كصخور في السجل الجيولوجي، ويبلغ عمر بعضها بليون سنة. وتعرف التربة القديمة paleosol بأنها تربة تكونت عند سطح الأرض ثم دفنت وحفظت فيما بعد، ويعتبر سطحها العلوي سطح عدم توافق unconformity أي انقطاع مؤقت في الترسيب أو سطح تجوية. ويتم دراسة هذا النوع من التربة للاستدلال على المناخات القديمة، أو لتحديد نسبة ثاني أكسيد الكربون والأكسجين في الغلاف الجوي في الأزمنة القديمة. وتستنتج هذه الأدلة من التربة القديمة التي يبلغ عمرها ملايين السنين من خلال دراسة تركيبها المعدني، حيث يستدل على عدم وجود أكسدة للتربة في هذه المرحلة المبكرة من تاريخ الأرض، وبالتالي لم ينطلق الأكسجين ليصبح جزءا رئيسيا من الغلاف الجوي خلال تلك المرحلة المبكرة من تاريخ الأرض. كما تستخدم التربة القديمة لتقسيم ومضاهاة التتابعات الرسوبية. كما تستخدم أيضا كأدلة لاستنتاج المعالم التضاريسية ونوع الغطاء النباتي.

B-التجوية الكيميائية Chemical Weathering :

وتنشأ عادة من تفاعل الماء ومكونات الهواء الغازية مع المعادن المكونة للصخور فتحول بعض المعادن إلى معادن أخرى . ويرادف التجوية الكيميائية مصطلح التحلل Decomposition، والتجوية الميكانيكيــة (التفكك) والتجوية الكيميائية (التحلل) تعملان معا فى الغالب وربما سادت أحداهما على الأخرى حسب الظروف المناخية وعلى سبيل المثال فإن التحلل يسود فى المناطق الرطبة والدافئة بينما يسود التفكك فى المناطق الصحراوية الجافة . ومهمتها الأساسية التغيير الكيميائى للمحتوى المعدنى لصخور ولا سيما المعادن القابلة

للتغيير والتجوية الكيميائية أنشط ما تكون فى المناطق الرطبة الدافئة. تتفاوت المعادن فى درجة مناعتها للتجوية الكيميائية، إذ أن بعضها قلما يتأثر، بينما البعض الآخر سريع التأثر.

وفيما يلى تصنيف لأهم المعادن حسب مناعتها :

- **صامد جداً :** تورمالين، كوارتز.
- **صامد :** بيوتيت، مجنتيت.
- **أقل صموداً :** بيروكسين و فلسبار.
- **غير صامد :** أولفين.

تعرية الصخور الضعيفة

صور للتجوية الكيميائية

عندما تتعرض المعادن المكونة للصخور النارية والمتحولة، والتي تكونت أصلا عند درجات حرارة وضغط عاليين، لدرجات حرارة وضغط أقل عند سطح الأرض، فإنها تصبح غير مستقرة كيميائيا. وتتحلل مثل هذه المعادن إلي مكونات، تعطي معادن جديدة أكثر استقرارا عند سطح الأرض أو بالقرب منها.

وتحدث تفاعلات كيميائية عديدة أثناء التجوية الكيميائية بين المعادن المكونة للصخور المختلفة ومكونات الهواء والماء، حيث تؤدي تجوية الصخور إلي إذابة بعض العادن المكونة للصخور، بينما يتحد بعضها الآخر مع الماء وغيره من مكونات الغلاف الجوي مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، لتتكون مركبات كيميائية هى عبارة عن معادن جديدة. وتكون التجوية الكيميائية أكثر وضوحا في المناطق التي تكون درجات الحرارة وسقوط الأمطار فيها عالية، حيث إن تلك العوامل تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية.

ومن أهم عوامل التجوية الكيميائية :

١- الذوبان Dissolution :

على الرغم من قلة المعادن القابلة للذوبان فى الماء إلا أن تأثير الذوبان يكون ذا أهمية خاصة فى المناطق التى تحوى رواسب وصخورا ملحية (مثل الملح الصخرى Rock Salt) . غير أن الماء تزداد فاعليته وتأثيره على الصخور إذا اتحد بغاز ثانى أكسيد الكربون مكونا حمض الكربونيك الذى يؤثر على الصخور الجيرية التى تتكون أساسا من معدن الكالسيت (لاتذوب فى الماء) إلى بيكربونات كالسيوم $Ca(HCO3)2$ (تذوب فى الماء) ومعنى هذا انتقال المادة الصخرية إلى محلول مائى تاركه مكانها فراغات وفجوات وقد تكون باستمرار عملية الذوبان مجارى وذوبان وكهوف ومغارات .

٢- التميؤ Hydrolysis :

وهى عملية من شأنها اتحاد الماء مع بعض المعادن التى تتكون منها الصخور وينتج عنها ظهور معادن جديدة ذات صفات وخصائص جديدة تماما .

ومن أشهر الأمثلة الدالة على التميؤ معادن الفلسبار التى ينتج عن اتحادها بالماء تكون معادن طينية Clay Minerals ، وبطبيعة الحالة فإن عملية التميؤ التى تحدث للمعادن تكون أنشط ما يكون فى المناطق الرطبة والاستوائية حيث يقوم الماء بالدور الأساسى فيها .

٣- الأكسدة Oxidation :

وهى عملية من شأنها تحويل بعض المعادن إلى معادن أخرى عن طريق اتحاد الأكسجين مع بعض العناصر السريعة الاتحاد به مثل عنصر الحديد وذلك فى وجود الماء كعامل مساعدة . مثل تأكسد معدن البيريت إلى الليمونيت .

وعلى هذا الأساس فإن مركبات الحديدوز فى معظم الصخور النارية تتحول إلى مركبات حديديك حيث تتكسر جزئيات السيليكات المعقدة .

٤- التكربن Carbonation :

من المعروف أن غاز ثانى أكسيد الكربون قابل للإتحاد بالماء حيث يكونان معا حمضا ضعيفا هو حمض الكربونيك .

ويتفاعل حمض الكربونيك بدوره مع الصخور الجيرية مكونا بيكربونات الكالسيوم وهى مادة ذائبة . حيث ينشأ عن هذا التكون ظهور الفجوات والكهوف والمغارات فى الصخور الجيرية .

أ- عمليات التجوية الكيميائية :

التحلل المائي: عندما يتساقط ماء المطر من الغلاف الجوي، فإنه يذيب كميات صغيرة من ثاني أكسيد الكربون ويتكون حامض الكربونيك carbonic acid. وعندما يتحرك هذا الماء المحتوي على حامض الكربونيك الضعيف في التربة، فإنه يذيب كميات إضافية من ثاني أكسيد الكربون المتكون نتيجة تحلل بقايا النباتات والحيوانات، بالإضافة إلي أحماض أخرى. ويتأين حامض الكربونيك ليكون أيونات هيدروجين وبيكربونات حسب المعادلة التالية:

$$H2O + CO2 - H2CO$$

حامض الكربونيك ثاني أكسيد كربون ماء

$$-HCO331+ + H1$$

أيون بيكربونات أيون هيدروجين

وأيونات الهيدروجين هى أيونات صغيرة جدا تحمل شحنة واحدة موجبة بدرجة تسمح بأن تحل محل الأيونات الموجبة الأخرى مثل Ca2+، أو Na1+ أو K+١ داخل البنية البلورية للمعادن. ويؤدي هذا الإحلال إلي تغير التركيب المعدني للمعدن وتحطيم بنيته البلورية. وغالبا ما يتحلل المعدن إلي معدن آخر مختلف عندما يتعرض لحامض ما.

وتوضح المعادلة التالية الطريقة التي يتحلل بها معدن الفلسبار البوتاسي، وهو أحد المعادن المكونة للصخور النارية، بواسطة حامض الكربونيك وتأثير أيون الهيدروجين H1+ في تحلل المعادن :

$$SiO2٨ + Al4Si4O10(OH)8 + +K1٤ - H2O٢+ +H1٤ + KAlSi3O8٤$$

فلسبار بوتاسي أيونات هيدروجين ماء أيونات بوتاسيوم كاولينيت سيليكا

فتدخل أيونات الهيدروجين في معدن الفلسبار البوتاسي، وتحل محل أيونات البوتاسيوم التي يحملها السائل خارج البلورة، بينما يتحد الماء مع جزيء سيليكات الألومنيوم المتبقي ليكون معدن الكاولينيت (سيليكات الألومنيوم المائية) نتيجة للتجوية الكيميائية، حيث لم يكن موجودا في الصخر الأصلي. ويسمى هذا التفاعل الذي يكتسب فيه الفلسبار الماء بالتميؤ hydration . ومعدن الكاولينيت أحد معادن مجموعة الصلصال السحيحة الذوبان التي تكون جزءا أساسيا من الحطام الصخري (الأديم) فوق سطح الأرض. ويسمى التفاعل الكيميائي الذي تحل فيه أيونات الهيدروجين أو الهيدروكسيل من الماء، محل أيونات في المعدن بالتحليل المائي hydrolysis. وتعتبر هذه العملية إحدى عمليات التجوية الكيميائية الرئيسية التي تسبب تحلل الصخور النارية.

الغسل: يعتبر الغسل leaching من العمليات الشائعة في التجوية الكيميائية، وهو يعبر عن الإزالة المستمرة للمواد المذابة بالمحاليل المائية من صخر الأساس bedrock أو الحطام الصخري (الأديم) regolith. وعلى سبيل المثال، فعندما تتحرر السيليكا من الصخور نتيجة التجوية الكيميائية، فإن بعضها يبقى في الحطام الصخري الغني بمعادن الصلصال، وبعضها الآخر تحمله المياه المتحركة في الأرض ببطء. ويتم أيضاً حمل عديد من أيونات البوتاسيوم الناتج من تجوية الصخور في المحاليل. وتوجد الأيونات التي تم إذابتها من الصخور أثناء التجوية في كل المياه السطحية والمياه الجوفية تحت سطح الأرض. وقد يزيد تركيز هذه الأيونات بدرجة كبيرة تجعل للماء طعما غير مستساغ.

الأكسدة: يتكون الصدأ عندما يتحد الأكسجين مع الحديد ليكون أكسيد الحديد، كما يلي:

$$Fe_2O_3^{2} - O_2^{3} + Fe^{4}$$

حديد أكسجين هيماتيت

وتحدث هذا التفاعل الكيميائي والذي يطلق عليه الأكسدة oxidation عندما يفقد عنصر ما إلكترونا خلال التفاعل. ويقال في هذا التفاعل، إن الحديد قد تأكسد لأنه فقد إلكترونات اكتسبها الأكسجين. ويتأكسد الحديد ببطء شديد في البيئة الجافة، بينما إضافة الماء من سرعة التفاعل بدرجة كبيرة.

والأكسدة عملية مهمة في تحلل المعادن، مثل مجموعة المعادن الحديد وماغنيسية (الأوليفين والبيروكسينات والأمفيبولات والبيوتيت). وفي معادن السيليكات الحديد وماغنيسية لابد أن ينفصل الحديد أولاً من السيليكا في البنية البلورية للمعدن قبل أن يتأكسد . وأكسيد الحديد المتكون هو معدن الهيماتيت (Fe_2O_3)، الذي يتميز مسحوقه بلون بني محمر. وفي وجود الماء، كما هو الحال عند سطح الأرض غالبا، فإن أكسيد الحديد يتحد مع الماء ليتكون الليمونيت limonite، وهو اسم لمجموعة من أكاسيد الحديد المائية، والتي تكون غير متبلورة غالبا (تحتوي غالبا على معدن الجوتيت)، والتي يتميز مسحوقها بلون بني مصفر. والرمز العام لتلك المجموعة هو $Fe_2O_3\ Nh_2O$ (ويمثل الرمز n رقما صحيحا صغيرا مثل ١ أو ٢ أو ٣ ليوضح كمية الماء المتغيرة).

صـــــــخور متأكســـــــــدة

الذوبان: إن معدن الأوليفين الذي يتم تجويته بسرعة بالنسبة لباقي معادن السيليكات، يكون بطيء الذوبان نسبيا، مقارنة بالمعادن الأخرى المكونة للصخور. فالحجر الجيري والمكون من معادن كربونات الكالسيوم (كالسيت ودولوميت) هو إحدى الصخور التي يتم تجويتها بسرعة كبيرة في المناطق الرطبة. ويظهر على المباني الجيرية القديمة أثر الذوبان بسبب مياه الأمطار. وتذيب المياه الجوفية كميات كبيرة من معادن الكربونات في صخور الحجر الجيري وتجوفها لتكون كهوفاً في هذه الصخور. ويستخدم المزارعون الحجر الجيري للذوبان بسرعة. ويلاحظ أنه عندما يذوب الحجر الجيري النقي لا يتكون الصلصال وتذوب الأجزاء الصلبة تماما، وتحمل مكوناتها في السوائل ويطلق على هذه العملية الإذابة **dissolution**، وهي من عمليات التجوية الكيميائية المهمة. ويزيد وجود حامض الكربونيك من إذابة الحجر الجيري، بالإضافة إلي تجوية المعادن السيليكاتية. وتمثل المعادن التالية التفاعل الذي يذوب فيه الكالسيت، وهو المعدن الرئيسي في الحجر الجيري، في مياه الأمطار أو أي مياه أخرى تحتوي على ثاني أكسيد الكربون:

$$-HCO3)1)^{2} + Ca - H2CO3 + CaCO3$$

كالسيت حامض الكربونيك أيون كالسيوم أيون بيكربونات

أسباب اختلاف التجوية:

تختلف التجوية ـ كما وكيفا ـ أى من حيث النوع والمقدار باختلاف عاملين أساسيين على النحو التالى :

أولاً : اختلاف التضاريس:

١ـ المناسيب العالية :

تتميز الجبال العالية بوجود الجليد على قممها مما يعطى الفرصة الأكبر لاتساع الشقوق والفواصل بسبب تمدد الجليد .

٢ـ المنحدرات الشديدة :

إن الميول الحادة للتلال والجبال تهئ الفرصة لنواتج التجوية من الحطام والفتات الصخرى إلى سقوط أسفل هذه التلال والجبال بفعل الجاذبية وبذلك تتعرض أسطح جديدة للتجوية .

٣ـالسهول والمناسب المنخفضة :

إن الغطاء النباتى الذى يغطى السهول والمناسيب المنخفضة هو غطاء يقى التربة من تأثير عوامل التجوية وإن كان هذا لا يمنع من أن النبات يساهم إلى حد ما فى توسيع الشقوق والفواصل عن طريق تغلغل الجذور فى التربة . لذا فإن التجوية ذات أثر محدود فى هذه المناطق .

ثانيا : اختلاف نوعية الصخور :

ليست التجوية على حد سواء فى الصخور إذ يختلف تأثيرها حسب المحتوى المعدنى للصخور فالمعادن يتفاوت تأثير التجوية عليها باختلاف خصائصها الفيزيائية والكيميائية . ولأن المعادن جميعها تختلف فى سرعة استجابتها للتجوية الكيميائية (التحلل) فقد تمكن الباحثون فى هذا المجال من وضع دليل لقياس سرعة التجوية Weathering Potential Index بالنسبة لمعادن السيليكات ويمثل هذا الدليل المقاومة النسبية للتجوية بدءا من معدن الكوارتز الذى أعطى الرقم (١) وهو أكثر المعادن مقاومة للتجوية بينما تعتبر المعادن التى تمتلك رقم أعلى من (١) قابلة للتجوية . (الكوارتز ـ الأرثوكليز ـ المسكوفيت ـ البلاجيوكليز ـ البيوتيت ـ الهيورنبلند ـ البيروكس ـ الأوليفين) . إذن فالكوارتز هو أكثرها مقاومة بينما الأوليفين هو أقلها فى المقاومة .

٢- التآكـــــــل :

يكمن التآكل بتفتيت الصخور والمعادن إلى أجزاء أصغر فأصغر تحاتّها ببعضها خلال عمليات انتقال الأجزاء من مواقعها الأساسية إلى مواقع ترسبها، ويكون التآكل على أشده في الأماكن العارية من النبات، حيث أن الحتات ينتقل بسرعة بواسطة بواسطة المياه الجارية والرياح، وتحت تأثير عوامل الجاذبية، ويزيل حتات الحطام الأجزاء البارزة تدريجياً بحيث تتحول المواد المنقولة إلى أشكال مستديرة أكثر فأكثر، وتشكل الثلاجات (الأنهار الجليدية) في المناطق الباردة عاملاً فاعلاً في عملية التآكل.

صورة لتآكل الصخور

تختلف المعادن من حيث مناعتها للتآكل، وبوجه عام ترتبط هذه المناعة بصلابة المعادن، وتعمل التجوية تباعاً مع التآكل في اتجاه موحد، ينجم عنه تحطيم الصخور والمعادن وتفككها.

٣- النـــــقـــل :

الناقل الأساسي في النقل هو الماء برغم كون الثلاجات والرياح عوامل مهمة حيثما وجدت، ويجري خلال النقل تصنيف تلقائي للمواد المنقولة حسب حجمها وكثافتها، والقاعدة العامة هي أن أصغر الأجزاء تنتقل إلى أبعد مسافة، فالأملاح الذائبة تبقى في الماء زمناً طويلاً إلى أن تصادف ظروفاً خاصة تجعلها تترسب أو تتفاعل مع مواد أخرى وتنتمي ومعادن الكربونات إلى هذا النوع. وتنقل المياه المعادن الطينية الصغيرة الحجم حتى تصل إلى الأحواض الرسوبية الكبرى، حيث تترسب عندما تنخفض قوة التيار، أما الرمال المكونة من الكوارتز والمعادن الصامدة فإنها تنتقل ببطء وتتجمع في السهول والمنخفظات والشواطئ.

الماء هو العامل الأساسي في النقل

تشكل التربة مرحلة إنتقالية بين التجوية والترسيب، فهي مؤلفة من أجزاء متنوعة التركيب ومختلفة الأحجام وكل معادنها ناتجة عن تجوية الصخور. تجدر الإشارة أخيراً إلى أن لقوة الجاذبية دوراً أولياً في النقل فهي المسؤولة عن تحرك المياه ومانتقله من الأعالي نحو المنخفضات، وتحت تأثيرها يتم انزلاق الرسوبيات وانهيار الصخور من الجبال.

عـــــــوامل التعريـــــــــــة:

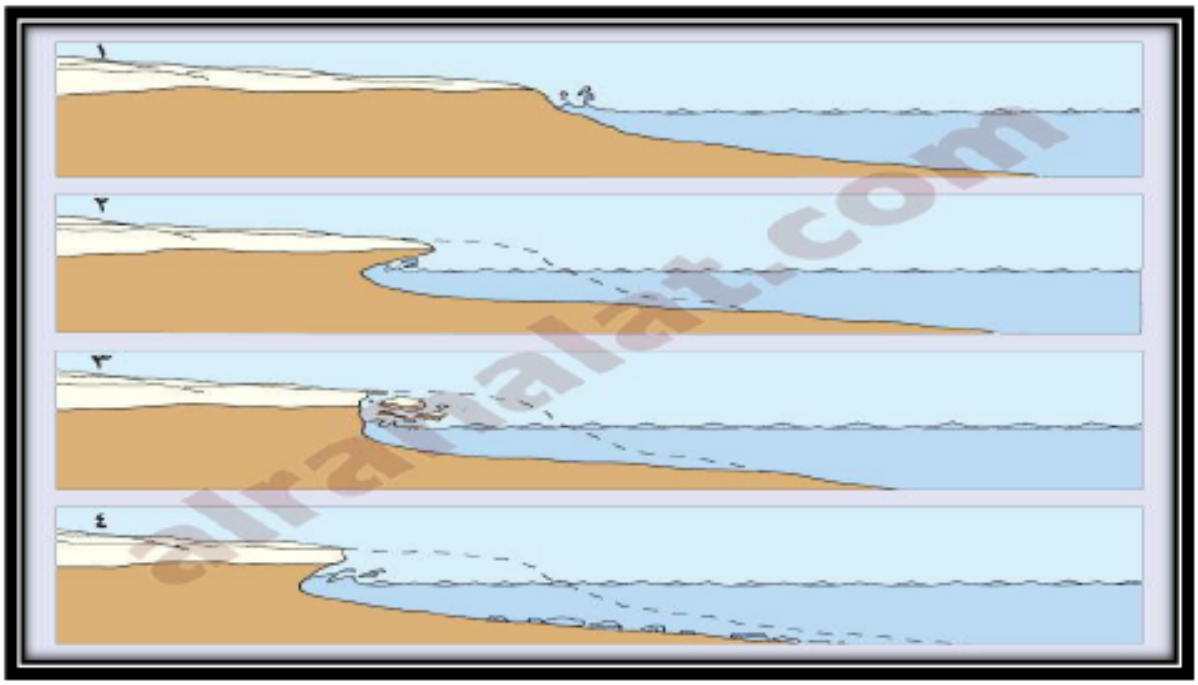
عوامل التعرية عديدة وتختلف بأهميتها وفعلها حسب الضروف والأحوال، ونكتفي بذكر أهمها والدور الذي تقوم به :

١- المياه الجارية :

صحيح أن كمية الأمطار قليلة في المملكة العربية السعودية ولكننا لاحظنا – برغم ذلك ، فعل مياه الأمطار التي تتساقط في كل مكان، ولاحظنا كيف أنها تحمل معها أجزاؤ من التربة قبل أن تتجمع في مستنقعات وأنهار، فالمياه الجارية تشكل عامل تجوية وتآكل ونقل وترسيب . وتتخلص أعمالها بإذابة بعض المواد ونقل مواد أخرى وحفر المجاري التي تسلكها . وفي النهاية ترسِّب المياه الجارية المواد المنقولة في المنخفضات وفي الأحواض كالبحيرات والبحار وأن مانراه في فصل الأمطار من تعكر مياه السيول والأنهار والشواطئ البحار هو دليل قاطع على دول المياه الجارية في التعرية، ولمعرفة فعل المياه السطحية نستعرض بعض الصور التي تبين مظاهر التعرية في بعض الحالات.

٢- البـــــــحر :

عامل تجوية وتآكل ونقل وترسب، ويشتد في هذا الميدان قرب الشاطئ؟

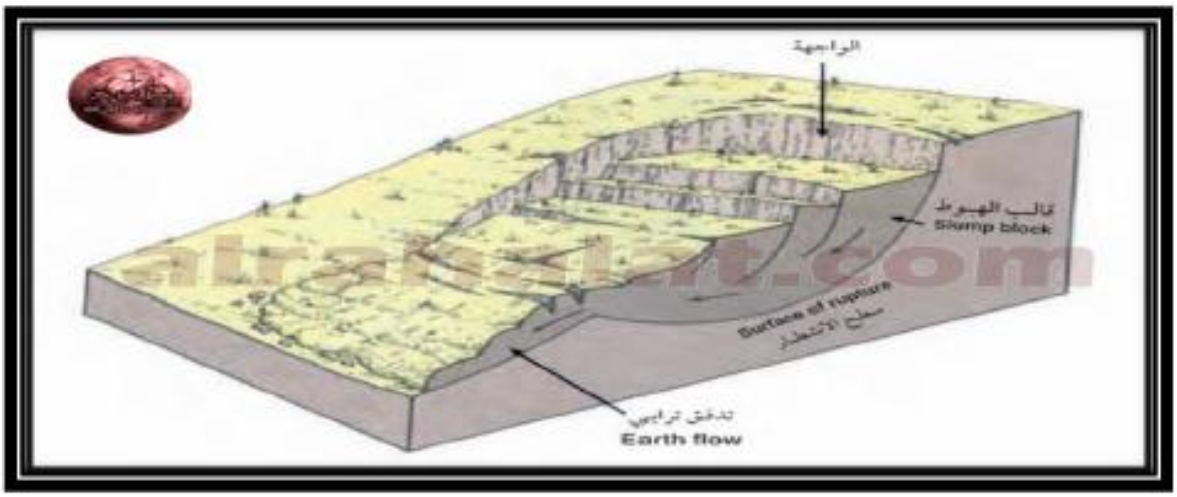


الفعل الهدام للبحار.

٣- المياه الجـــوفية :

تقوم بإذابة الصخور، وعلى الأخص الجيرية منها، فهي بالتالي عامل تجوية ونقل. عندما تتحرك المياه الجوفية داخل طبقات قشرة الأرض تحدث في ضروف معينة، انزلاقات متعددة الأشكال وكهوفاً داخلية متسعة :

أ- الانزلاقات: تتم إذا ترسبت المياه الجوفية داخل طبقة طينية تعلوها صخور جيرية متشققة. إذ عندما تبلل الطبقة الطينية تأخذ بالتحرك، وعلى الأخص إذا كان انحدارها قوياً وبالطبع فإن الطبقة الجيرية التي تعلوها تتحرك معها، فتتزلق وتسبب لاقدر الله كوارث طبيعية إذ تجرف معها مواقع آهلة بالسكان.لذلك يجب القيام بدراسة جيلوجية مفصلة قبل القيام بأي مشروع عمراني في مناطق قد تكون معرضة لمثل هذه الانزلاقات.



الانزلاقات الأرضية

ب- الكهوف :

تحمل المياه كمية من ثاني أكسيد الكربون، وهذا مايجعلها تذيب الصخور الجيرية وتوسع المسام والتشققات التي تترسب عبرها، ومع مرور الزمن تتسع هذه المسام والتشققات إلى حد تشكل معه خنادق مغارات كهوفاً متعددة الأشكال وقد دعيت هذه الظواهر بالكارسات (**karst**) ولاتقتصر مظاهر الذوبان على الطبقات الداخلية، بل تظهر غالباً على سطح الصخور الجيرية، في أعالي الجبال، شكل فجوات وحافات بارزة ومجاري ومنخفظات مستديرة. ومن أبرز المظاهر التي تنتج عن فعل المياه الجوفية في الكهوف، هي :

النوازل الكلسية (Stalactites).

الصواعد الكلسية (Stalagmites).

وتتكون هذه الصواعد والنوازل عندما يرشح الماء ببطء على جدران المغارات وسقوفها، حيث يأخذ عندئذ بالتجمع نقطة فنقطة، ويتبع ذلك انفصال كربونات الكالسيوم في الماء فيكوّن نوازل متدلية من السقف، وتتراكم الصواعد بشكل مماثل من القاع.

أشكال مختلفة للكهوف

٤- الثلاجـــات :

تلعب دوراً هاماً ونقل من المناطق الباردة. فهي فهي تحفر الصخور التي ترتكز عليها وتصقلها، وإذا دام عملها فهي تحفر أودية عميقة، والثلاجات هي العامل الجيلوجي الوحيد الذي يقوى على نقل صخور ضخمة إلى مسافة قد تزيد على مئات الكيلو مترات.

صورة الثلاجـــــــــات.

٥- الريـــــاح :

تشكل الرياح عاملاً جيلوجياً بالغ الأهمية في المناطق العارية من النباتات، وعلى الأخص في المناطق الصحراوية الجافة وبوجه عام تأتي الرياح في الدرجة الثالثة بعد المياه والثلوج في عمل التعرية والنقل. ولكن أهميتها في هذا الميدان تزداد مع تضاؤل كمية الأمطار، ونحن نلاحظ دائماً قوة الرياح في المملكة العربية السعودية ونرى أعمدة الغبار والرمال التي تحركها في بعض فصول السنة وتقوم الرياح بأربعة أعمال متتالية: السفي والتآكل والترسب، هذه الأعمال متواصلة ومتممة لبعضها في الطبيعة. والنحت عمل تعرية خاص تقوم به الرياح في المناطق الصخرية الجرداء، حيث تصدم الرمال والصخور فتنحتها وتنتزع منها أجزاء صغيرة.

ولابد أن نذكر هنا من جديد أن فعل الأوامر الجيولوجية يرتبط دائماً بمدى الزمن. فلو انتزعت الرياح مثلاً سنتمتراً واحداً من أعالي الصخور كل سنة لكان ذلك يعادل عشرة آلاف متر كل مليون سنة .

صور تعرية الرياح

أما الكثبان الرملية واسعة الانتشار في المملكة العربية السعودية فهي بسبب الرياح، وتكون هذه الكثبان ثابتة أو زاحفة وتأخذ أشكالاً تتلاءم مع أتجاه الرياح وقوتها ومعالم الأرض التي تسفيها فوقها.

٦- دور الأحياء :

لاتعدى مدى تأثير النبات على الصخور بضعة أمتار، بينما تنتشر الأحياء المجهرية على أعماق تصل إلى مئات الأمتار. تمتص الأحياء بعض العناصر من الأرض وتفرز فيها مركبات جديدة، فيطرأ تغير كيميائي على المعادن نتيجة هذا التفاعل، وأهم المواد التي تؤثر على المعادن هي الحوامض العضوية التي تفرزها الأحياء، فهي تتفاعل مع بعض المعادن وتحولها وتذيب بعضها. وتأثير الحيوانات هو أقل بكثير من النباتات، وأهم الأعمال التي تقوم بها الحيوانات الزاحفة والحافرة هي تحريك التربة وقلبها، فعمل القوارض والنمل والديدان والحشرات بوجه عام بوجه عام معروف ولايحتاج إلى مزيد من البحث. وهناك دور يجب عدم إغفاله وهو دور الإنسان الذي يقوم بحرث الأرض والبناء وإنشاء الطرق وشق القنوات إضافة إلى الحروب وماتسببه من هدم للقشرة الأرضية.

كيف تحدث التعرية؟

تبدأ التعرية **بعملية التجوية**، وفيها تعمل عوامل بيئيَّة متعددة على تفتيت الصخور والتربة إلى أجزاء أصغر بحيث تحررها من سطح التربة. ويعد تكوُّن الجليد واحدًا من أهم أسباب التجوية. فحين تتجمد المياه فإنها تأخذ حيزًا أكبر في شقوق الصخور ويصبح بإمكانها تفتيت الصخور إلى أجزاء.

ومن الأسباب الأخرى للتجوية: العوامل الكيميائية والكائنات الحية، وحركة الهواء أو الجليد والماء والحرارة المنبعثة من الشمس. ثم تنتقل المواد إلى مناطق أخرى بعد أن تتحرر بالتجوية. فعلى سبيل المثال، ترفع الرياح الجسيمات عن سطح الأرض وتنقلها إلى مسافات شاسعة. وكذلك تنقل المثالج المواد الموجودة فيها. وتنقل قطرات المطر المتساقطة على الأرض المنحدرة الجسيمات إلى الأراضي المنخفضة. ويحمل مجرى المياه المواد إلى مجرى النهر أو إلى البحر.

عمليات التعرية:

التعرية السطحية تحدث نتيجة انجراف الطبقة العليا من التربة بفعل الرياح، مما يتلف الأراضي الزراعية.

التعرية الأخدودية تتسبب فيها الرياح والأمطار بحيث تتسع المصارف والأنهار مشكِّلة بذلك الأخاديد.

التعرية بفعل الماء:

قد تحدث سريعا من جراء مياه الأمطار المندفعة من المرتفعات الى الأراضي المنخفضة العارية من النباتات.

تعتبر المياه الجارية والهواء والجليد أهم عوامل النحت: فالمعروف أن الصخر الذي يتفكك محلياً لا يبقى في مكانه وإنما يتم نقله بواسطة هذه العوامل ويؤدي هذا إلى تحرك المفتتات الصخرية على وجه الأرض وإحتكاكها ببعضها البعض مما يساعد في الواقع على زيادة تفتتيها. وينبغي أن ندرك دائماً أن عوامل النحت من هواء إلى مياه جارية إلى جليد، لا تنحت الصخر بنفسها بل يساعدها على إتمام هذه العملية ما تدفعه معها وهي تتحرك من مواد مفتتة. فكأن المواد المفتتة إذن، هي بمثابة مطارق الهدم التي يستخدمها عوامل النحت في نحت الصخور وتفتتيها، ولكن هذا لا ينفي القول بأن بعض العوامل تستطيع القيام بعملية النحت من تلقاء نفسها، ويمكن حصر العوامل تساعد على عملية النحت على النحو التالي:

الجاذبية:

صورة تبين تعرية بفعل انهيار تثاقلي على ضفتيه.

اهدار الكتلة هي الانزلاق لأسفل للصخور والرسوبيات، أساساً بسبب الجاذبية.

المياه:

كرة شبه كاملة من الگرانيت، Trégastel بريتاني.

تعتبر المياه الجارية وهي أكثر عوامل النحت اثراً في تشكيل سطح الأرض، وذلك لأن مياه الأمطار إذا ما تجمعت، تكون مسيلات مائية وجداول ترتبط ببعضها البعض، وتكون أنهاراً جارية وتتجدر على سطح الأرض بفعل قوة الجاذبية الأرضية وتساعد على نحت سطح الأرض وتشكيله. ولا يقتصر تأثير المايه الجارية على المناطق المطيرة وحدها بل يتعداها إلى المناطق الصحرايوة سواء كانت هذه الصحاري باردة أم دفيئة، إذ يؤدي تكون المياه بعد ذوبان الثلوج في الصحاري الباردة إلى نحت الصخور وتعريتها، كما يؤدي تساقط الأمطار الفجائية في الصحاري المدارية إلى تكوين سيول جارفة تعتبر عاملاً هاماً في تشكيل سطح الأرض في هذه الصحاري.

التعرية بسبب تلاطم الأمواج.