تعرية الصخور Erosion of Rocks

عند دراستنا للصخور رأينا أنها تحفظ لنا سجلاً متكاملاً عن معظم الحوادث والظواهر الطبيعية التي مرت بها الكرة الأرضية خلال فترة مئات الملايين من السنين من عمرها ، ومن قراءتنا لتاريخ الظواهر والتغيرات الجيولوجية أمكننا أن نقارن بين تلك الحوادث والحوادث الطبيعية القائمة في الوقت الحاضر واستناداً إلى ذلك يمكننا تقسيم الظواهر الطبيعية التي تعمل على احداث التغييرات الجيولوجية في القشرة الأرضية إلى قسمين رئيسيين هما:

أولاً: العوامل الداخلية Internal Factors

إن هذه العوامل تعتمد على التأثيرات الناتجة عن جوف الأرض كالضغط والحرارة وما لهذين العاملين من تأثيرات على القشرة الأرضية حيث أنها تتشقق وتتكسر وتتحدب طبقاتها نتيجة للزلازل والبراكين وحركات الصهير الصخري أو ألماكما (Magma) الآتية من الأعماق.

ثانياً: العوامل الخارجية External Factors

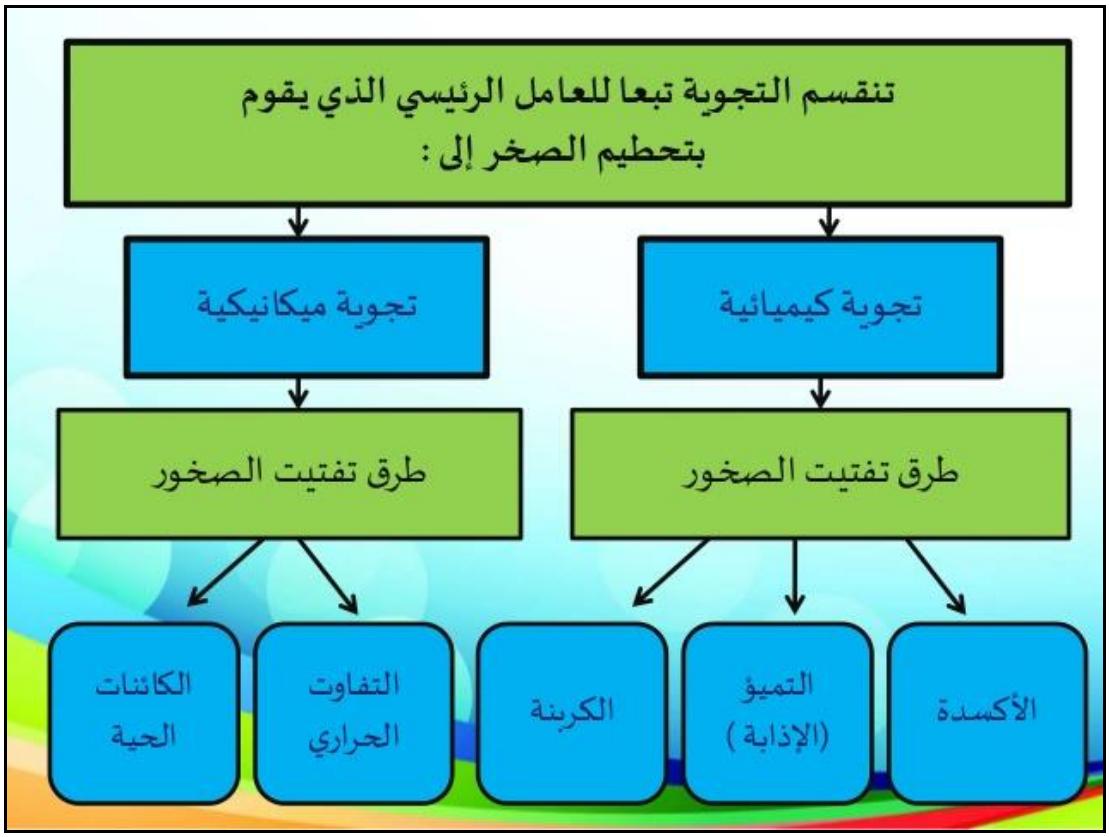
وهذه العوامل تعتمد على التأثيرات الناتجة عن الغلافين الجوي والمائي على السطح الخارجي للقشرة الأرضية ومن أمثلتها التغييرات بدرجات الحرارة والرياح والأمطار والثلوج والثلاجات والسيول والأنهار وغيرها من العوامل التي تؤثر وتعمل على تعرية وجه الأرض. وسوف نتطرق في هذه المحاضرة إلى دراسة العوامل الخارجية وتأثيراتها على تشكيل سطح الكرة الأرضية.

التعرية Erosion

هي عملية تفتيت وتجويه (Weathering) المواد الصلبة إلى أجزاء مفككة ونقلها من مكانها الى أماكن أخرى ، ويمكن أن يتم هذا التفتيت إما بالتحلل الكيميائي وذلك بإذابة تلك المواد مكونة محاليل (Solutions) ، أو قد يكون التفتيت ميكانيكياً وذلك بتأثير المياه السطحية الجارية والثلاجات أو بفعل الرياح وغيرها من العوامل الفيزيائية ، وعلية يمكن أن نعرف التعرية بأنها عملية تفتيت ونقل المواد المفتتة. وتشمل التعرية العمليات التالية:

أولاً: التفتيت أو التجوية Disintegration or Weathering

تمثل عملية التجوية أهم عامل من عوامل التعرية ، والتجوية نوعان أساسيان هما التجوية الطبيعية أو الميكانيكية (Physical or Mechanical) والتجوية الكيميائية (Chemical Weathering).



1 . التجوية الطبيعية أو الميكانيكية Physical or Mechanical weathering

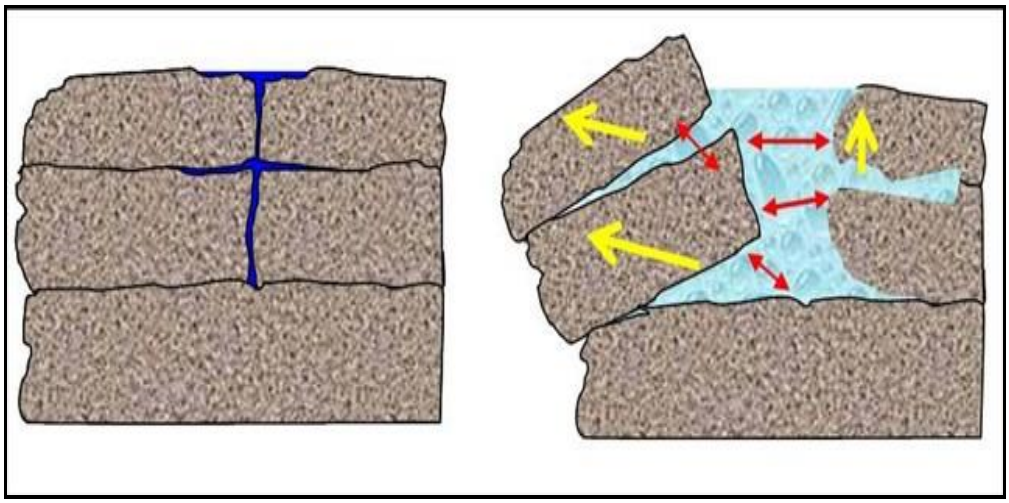
وتشمل جميع عمليات التفتيت بدون تغيير التركيب المعدني للصخور ، وهناك عوامل عديدة تقوم بعملية تفتيت الصخور وأهمها:

أ. التغيرات بدرجات الحرارة (التفاوت الحراري) Changes in Temperature

إن التمدد والانكماش في الصخور الناتج عن التغيرات بدرجة حرارة الجو كثيراً ما يعمل على تفتيت الصخور المكوّنة من معادن لها معاملات تمدد وانكماش متباينة ، وعموماً إن هذه التغيرات بدرجات الحرارة لها تأثير مباشر على القشرة السطحية للصخور وعلى هذا الأساس فأن التغير السريع بدرجات الحرارة يعمل على تكوين ظاهرة التقشر في كثير من الصخور ، حيث إن هذه الصخور تتقشر مكونة أغلفة أو طبقات صفائحية مختلفة السمك تحيط بالصخرة ، ويطلق على هذه العملية عملية التقشر (Exfoliation).

ب . الانجماد أو الصقيع Frost

وهذه الظاهرة كثيراً ما تلاحظ في البلدان الباردة حيث ان تمدد الماء الذي يملأ الشقوق نتيجة تحوله إلى جليد (4% زيادة في الحجم) تنتج عنه قوى ضغطية داخلية مرتفعة تؤدي إلى تفكك الصخور وتفتيتها.

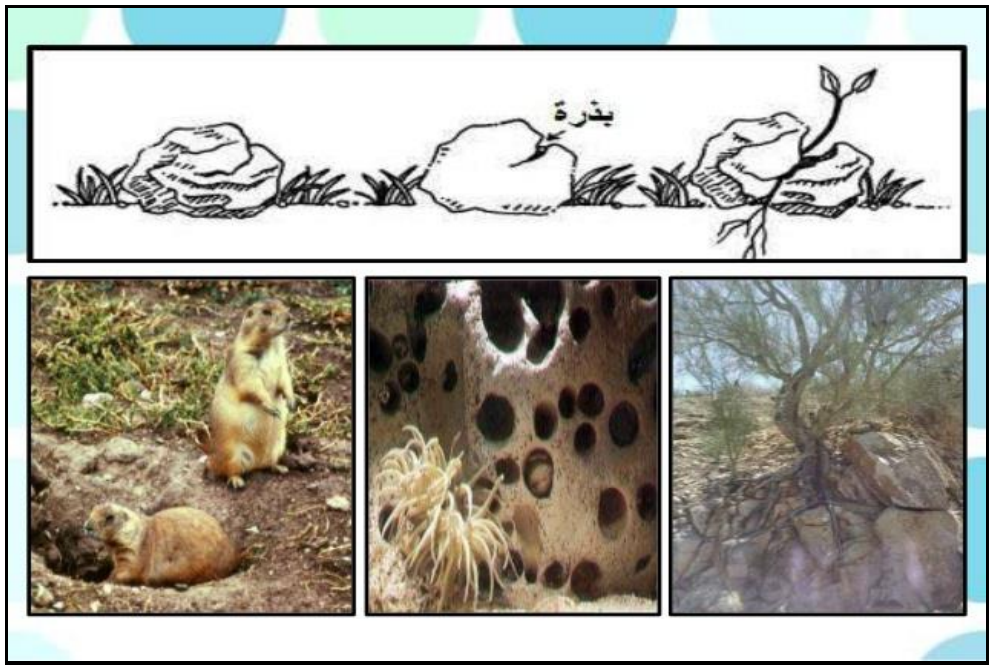


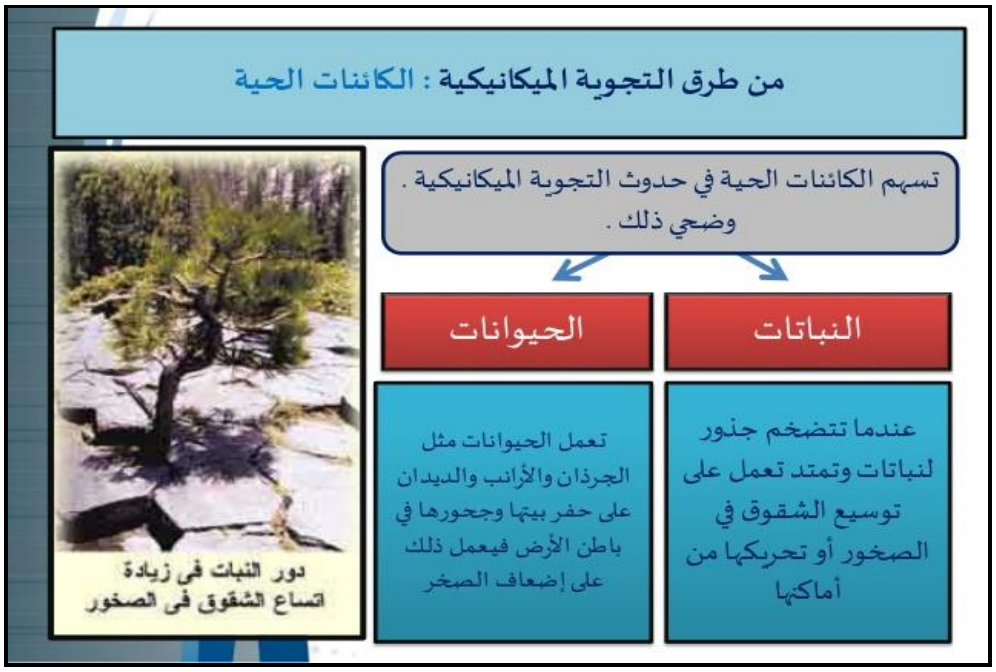
جـ . نشاطات الأحياء (الحيوانات والنباتات) Animals and Plant activities

تقوم بعض الحيوانات بحفر جحور لها وثقوب في الكتل الصخرية، وأحسن مثال على ذلك دودة الأرض (Earth Worm) حيث تقوم هذه الدودة بتفتيت الصخور ونقل الكثير من المواد المفتتة من مكان إلى أخر ،

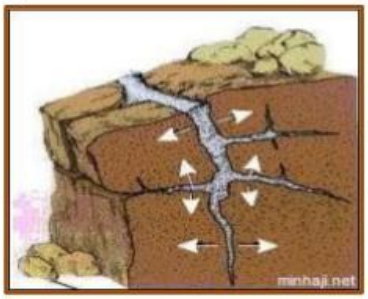
حيث تتعرض هذه المواد إلى عوامل التجوية الأخرى وكذلك عندما تتغلغل جذور النباتات داخل الأرض بأعماق مختلفة قد تبلغ عدة أمتار فتفتت حبيبات التربة والصخور التي تعترض امتدادها.

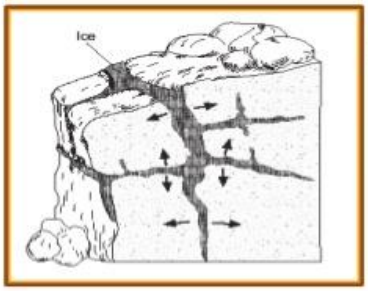
وهناك عوامل أخرى بالإضافة إلى هذه العوامل الثلاثة المتقدمة تعمل بدورها على تهشيم الصخور وتفتيتها كتدحرج الكتل الصخرية الكبيرة من على سفوح الجبار نتيجة للجاذبية الأرضية ، كما تؤثر قوة سقوط الأمطار والبرد على الصخور فتفتتها ، وتحت ظروف معينة قد تنمو بلورات بعض المعادن من المحاليل التي تمر بالفواصل والشقوق الموجودة في الصخور فتساعد كذلك على التفتيت.





يعد التفاوت الحراري أقوى وأوضح أثرا في المناطق الباردة





كيف تتم عملية تفتت الصخور في المناطق الباردة ؟

تتسرب المياه إلى شقوق وفواصل الصخور

تتجمد المياه ليلا بفعل انخفاض درجة الحرارة

يزداد حجم الماء المتجمد في الشقوق من 9% إلى 11%

يصل عنفه لدرجة تفوق طاقة الصخر على التماسك فيتهشم ويتفتت

بم تتميز المناطق الحارة ؟

بمدى حراري كبير (الفرق بين أعلى وأدنى درجة حرارة في اليوم أو الشهر أو السنة) حيث ترتفع الحرارة نهارا لتصل إلى (40س)
وتنخفض ليلا إلى أقل من (10س) .

ما تأثير ذلك على الصخور ؟

تتمدد المعادن المكونة للصخور نهارا وتنكمش ليلا

إضعاف الطبقة السطحية للصخور

تقشر (انفصال قشور أو صفائح رقيقة من أسطح الصخور) وتفكك الطبقة السطحية وتفكك أسطح الصخور

حلقات دائرية : في حالة الصخور غير متجانسة المعدن : الجرانيت

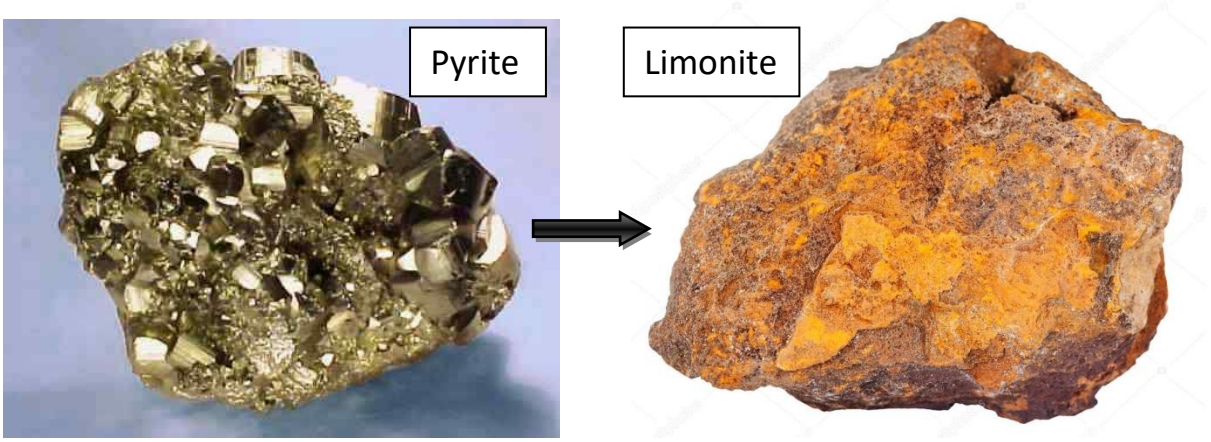
أفقية : في حالة الصخور المحطمة متجانسة : الحجر الجيري

2 . التجوية الكيميائية Chemical Weathering

ويطلق على التجوية الكيميائية أحياناً التحلل (Decomposition) وتعتمد على وجود الماء والمواد الصلبة والغازات الذائبة أو غير الذائبة في الصخور ، وتختلف قابلية ذوبان المعادن في الماء حيث إن وجود بعض الغازات الذائبة فيه كالأوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون والمركبات العضوية الأخرى تزيد قدرته على تفتيت وتآكل الصخور التي تمر بها. ويعتمد تأثير التجوية الكيميائية على عاملين أساسيين هما طبيعة العمليات الكيميائية ونوعية الصخور المتجوية. عند مقارنة هذا النوع من التجوية بعوامل التجوية الطبيعية فإن التجوية الكيميائية أكثر تعقيداً وأكثر شدة في تأثيرها على الصخور ومكوناتها المعدنية ، وبالحقيقة إن هذه التجوية تعمل على تغيير مكونات الصخور الأصلية إلى مواد أخرى تختلف عنها اختلافاً كلياً. ويمكن أن تحصل عملية التجوية الكيميائية بإحدى التفاعلات الكيميائية التالية:

أ . عملية الأكسدة Oxidation

من المعلوم أن الهواء يحتوي على نسبة 20% من الأوكسجين الحر (Free oxygen) وأن عدداً كبيراً من المعادن كالبايرايت (Pyrite) (FeS_2) تتأكسد بسهولة وذلك لألفة الحديد الشديدة بالأوكسجين وبذلك يتكون بهذه العملية معدن جديد هو الليمونات (Limonite) ($Fe_2O_3.nH_2O$) ويتحرر الكبريت (S) الذي يتحد بدوره مع الماء ليكون محلولاً ضعيفاً من حامض الكبريتيك ، وهذا الحامض له قدرة كبيرة على تعجيل التحلل الكيميائي للصخور الغنية بالبايرايت. إن عملية الأكسدة تعطي ألواناً مختلفة للتربة والصخور الرسوبية التي تحتوي عليها كاللون الأحمر والأخضر والأصفر.



ب . عملية تغلغل المحاليل Leaching of Solution

من المعروف إن الماء مذيب جيد لكثير من المعادن والصخور حيث إن حجر الجير (limestone) (كما مبين في الصورة) والدلومايت (Dolomite) وصخر الملح (Rock Salt) والجبس (Gypsum) أكثر المواد ذوباناً بالماء ، كما إن المواد الجيرية تزداد قابلية ذوبانها بالماء عندما يكون الأخير حاوياً على ثاني اوكسيد الكاربون (CO_2) كما هو الحال في ماء المطر مكوناً حامض الكربونيك (Carbonic Acid) (H_2CO_3) والذي يتفاعل مع الكالسايت أو حجر الكلس مكوناً مادة بيكاربونات الكالسيوم (Calcium Bicarbonate) سريعة الذوبان بالماء وبذلك تنتقل هذا المواد بواسطة المحاليل. كما إن الماء يذيب ألعديد من الأملاح مثل الهالايت وكذلك الجبس.

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

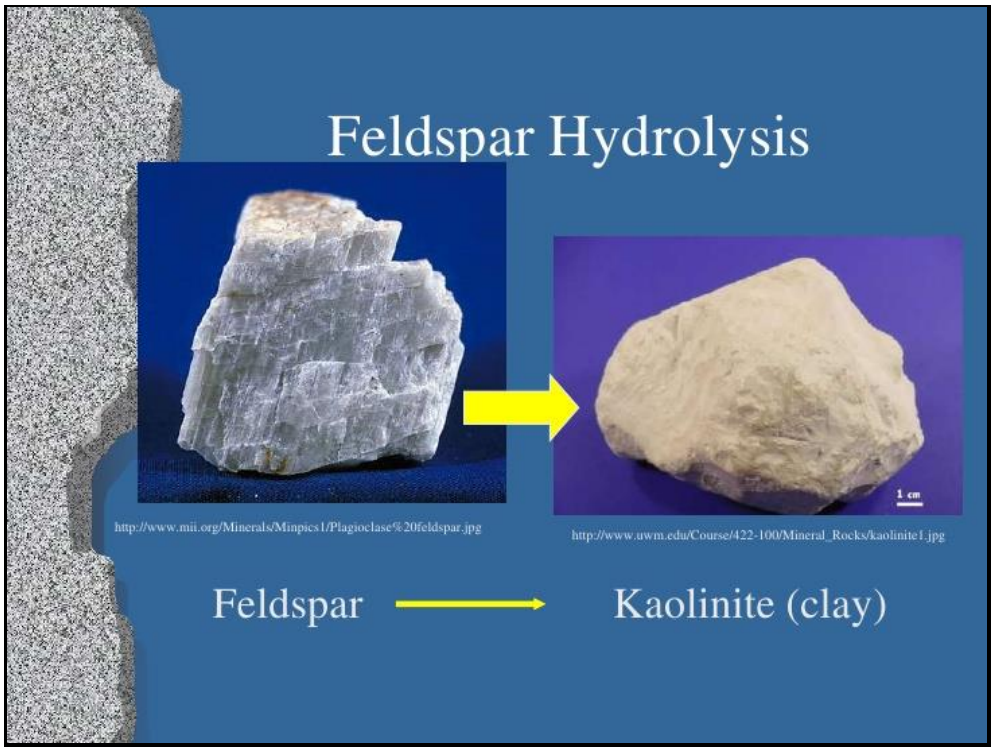
Air Water Carbonic acid

$$CaCO_3 + H_2CO_3 = Ca(HCO_3)_2$$

Limestone Carbonic acid Calcium carbonate

جـ . عملية التميؤ Hydrolysis or Hydration

وهي عبارة عن إتحاد كيميائي لجزيئات الماء مع مركب ما لتكوين مادة جديدة تختلف بالخواص عن المركب الأول ، وأحسن مثال لهذه العملية هو تحول معدن الانهايدرايت (Anhydrite) ($CaSo_4$) إلى معدن الجبس (Gypsum) ($CaSo_4.2H_2O$) وذلك باتحاد الأول مع جزيئتي ماء ، ويصحب هذا التفاعل أو الاتحاد زيادة في الحجم ، حيث إن جميع المعادن المتأثرة بهذه العملية يكون لقوة التمدد تأثير كبير على المواد المحيطة بها مسببة تشققاً أو تقشراً للسطوح الخارجية للصخور.



Chemical Weathering

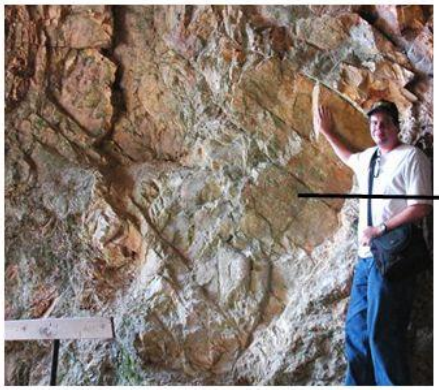
Hydrolysis

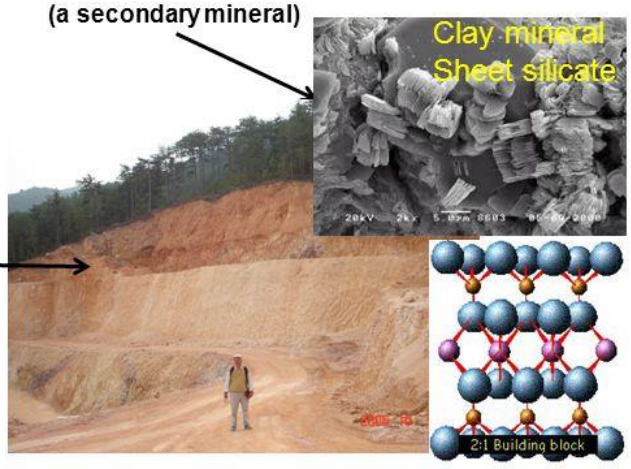
(H^+ or OH^-, the constituents of water, replace other ions of a mineral)

Weathering of granite

$$2KAlSi_3O_8 + 2H^+ + H_2O \rightarrow 2K^+ + Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4SiO_2$$

K-feldspar — Kaolinite (a secondary mineral) — Quartz





غالباً ما تحدث التجوية الميكانيكية جنباً إلى جنب مع عملية التجوية الكيميائية ، وقد تشارك الكائنات الحية بشكل مباشر أو غير مباشر في هذه العمليات التي تعتمد شدتها ونوعيتها على الظروف الجوية ، فمثلاً في الظروف الجوية المتطرفة كالأجواء القطبية (Polar) أو القاحلة (Arid) أو في المناطق الجبلية تكون عمليات التعرية الميكانيكية هي السائدة بينما تحت الظروف الجوية الأخرى تلعب عملية التجوية الكيميائية الدور الرئيس ، كما إن سرعة التجوية تختلف اختلافاً كبيراً بالنسبة للصخرة الواحدة ، وان هذا التباين في السرعة يعود إلى اختلاف المواد التي تدخل في تركيب الصخرة فالأجزاء الصلبة منها تقاوم التجوية وتبرز على شكل سلاسل وأضلاع فوق الصخور التي تكون مقاومتها للتجوية ضعيفة ويسمى هذا النوع من التجوية بالتجوية التفاضلية (Differential Weathering). ويمكن أن نسلسل هنا عدد من المعادن حسب شدة مقاومتها للتجوية وابتداءً من الأقل مقاومة إلى الأشد وهي الاوليفين والبايروكسين والبلاجيوكليز الغني بالكالسيوم والهرونبلند والبايوتايت والبلاجيوكليز الغني بالصوديوم ثم الاوثوكليز والمسكوفايت والكوارتز والمعادن الطينية. ومن الجدير بالذكر بان هذا التسلسل يمثل معكوس تسلسل تبلور المعادن من الصهير أو ما يسمى بسلسلة تفاعل باون وذلك لان المعادن الأولى قد تكونت في ظروف حرارة وضغط عاليين تختلف عما هو سائد الآن وكذلك تكون غير متوازنة طبيعياً ولذلك تكون اضعف المعادن لمقاومة التجوية.

ثانياً: النقل والترسيب Transportation and Sedimentation

وهذه العملية هي عبارة عن نقل المواد المفتتة والمفككة الناتجة عن عملية التجوية من مكان تكوينها إلى محل ترسبها. وان اهم عوامل النقل هي:

أ . الجاذبية الأرضية.

ب . الرياح.

جـ . الثلاجات.

د . الامواج والتيارات البحرية.

هـ . الأنهار.

وسوف نوجز دور كل عامل من هذه العوامل كما في الجدول التالي:

جدول يبين عوامل النقل في الطبيعة

عامل النقل	مكان التأثير	نوع التأثير والنقل
الجاذبية الأرضية	المنحدرات	نقل الصخور المفتتة والمفككة من الأماكن الجبلية والمرتفعات إلى الأماكن المنخفضة
الرياح	على جميع السطوح الأرضية وخاصة في الصحاري	تقوم على نقل حبيبات الرمال والأتربة مكونة الكثبان الرملية
الثلاجات	السلاسل الجبلية في المناطق القطبية وفي جميع الأماكن التي تتجمع فيها الثلوج	تكسير وتهشيم وقلع الكتل الصخرية الكبيرة من الطبقات الأرضية ونقلها من المرتفعات إلى الأماكن المخفضة
الامواج والتيارات البحرية	في السواحل المفتوحة وعلى قيعان المياه الضحلة	تعمل كالمنشار الأفقي فتقص السواحل الجدارية مكونة أشكالاً مختلفة
الأنهار	على جميع السطوح الأرضية	تكسير الصخور ونقلها أما بواسطة الجر(Traction) أو بواسطة التعلق(Sliding) أو بواسطة المحلول (Suspension) ثم ترسيبها.