

فعل التجوية - weathering



محاوّر المحاضرة الخامسة

فعل التجوية - weathering

أولاً: التجوية الميكانيكية

ثانياً: التجوية الكيميائية

ثالثاً: التجوية الملحية

رابعاً: التجوية بفعل الكائنات الحية



➤ كل أنواع الصخور الظاهرة على سطح الأرض تتعرض **للتجوية** التي ينتج عنها خلق ظاهرات جيومورفولوجية أو تعديل ظاهرات أخرى قديمة .

➤ **وذلك تبعاً لـ :** { ١- اختلاف التركيب الصخري والمعادن التي يتألف منها الصخر من ناحية } .
{ ٢- فعل التجوية وطول المدة أو الزمن الذي تعرض له الصخر لهذا الفعل } .



■ ويعظم فعل التجوية في الأجزاء الصخرية القريبة من السطح ويقل في باطن الصخر .

■ والمفتتات الناتجة عن التجوية من (حصى / ورمال / وأتربة) تكون التربة .



✱ **ويختلف سمك هذه المواد وأشكالها تبعاً لـ:**

أ- مدى تأثير الصخور المختلفة بفعل عوامل التجوية .

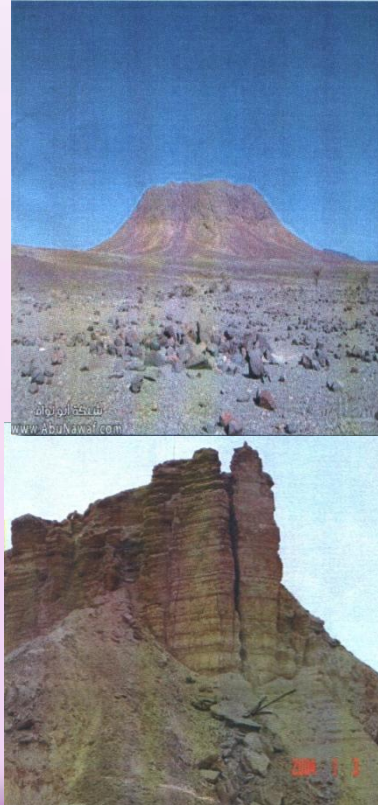
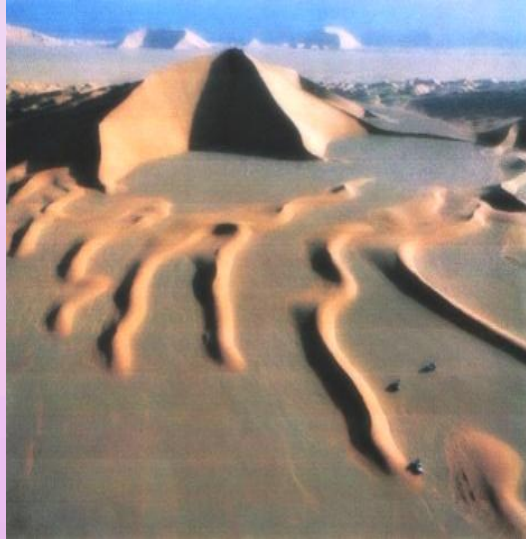
ب- مقدار حمولة المفتتات الصخرية وكيفية تقدمها أو انزلاقها .

ج- طبيعة تركيب المفتتات الصخرية وأشكالها .

✓ - وقد تكون هذه المفتتات **موضعية** تتفتت وتحلت من نفس الصخور السفلية فيتشابه بها التركيب المعدني .

✓ - وقد تكون **منقولة** أو غير محلية بواسطة عوامل نقل فيختلف تركيبها المعدني عن الطبقات السفلية .

❁ والمفتتات الصخرية غير مستقرة بل تتحرك دائماً بواسطة :



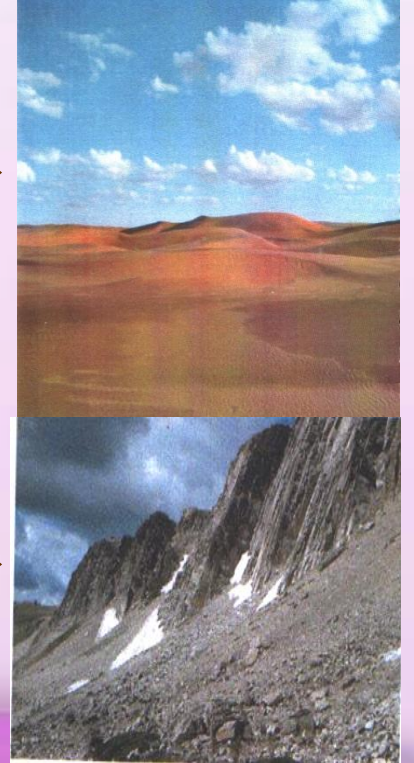
النقل ←

→ الزحف

التساقط

الانسياب

→ الانزلاق



وتتجه المفتتات الصخرية للمنحدرات السفلية ويساعد تدفقها عوامل :

أ- زيادة الضغط الواقع فوق المفتتات الصخرية لزيادة تراكمها .

ب- زيادة نسبة الرطوبة في الرواسب وارتفاع كمية المياه فيها .

ج- الجاذبية الأرضية .

د- طبيعة انحدار السطح .

هـ- اختلاف التركيب الصخري للمواد التي تتألف منها المفتتات .



أنواع التجوية ...

قسمها الباحثون إلى قسمين

٢- تجوية كيميائية chemical.W

تكون مواد جديدة لم تكن موجودة بالصخر من قبل ويشمل ذلك فعل النباتات والحيوانات والبكتيريا في التفتيت .



١- تجوية ميكانيكية Mechanical.W

تقسم الصخر وتفتته إلى أجزاء صغيرة دون أن تغير تركيبه المعدني .



أولاً : التجوية الميكانيكية :

■ ينتج عنها تفتيت الصخر إلى جزيئات صغيرة وبمرور الزمن تتفتت أكثر إلى أن تتكون عامة من أتربة ورمال دقيقة .

■ ويطلق على عملية التفتيت الطبقي Rock Breaking or Rock Disintegration.

■ وقد تتفتت الطبقات الصخرية على شكل وريقات صخرية رقيقة بسبب التجوية الطبيعية. وبتساع فتحات الشقوق الصخرية وأسطح الطبقات الورقية أو الصفائحية يتفتت الصخر وتعرف العملية باسم تصفيح الصخر (Sheeting) .

■ وفي حالات أخرى قد تتعرض طبقات صخرية لفعل الضغط الشديد بسبب تكوينات فوقها وبإزالة هذه التكوينات يخف الضغط عليها فتتسع الفتحات والفراغات فيحدث في الصخر الكثير من التشققات ثم يتفتت بالتجوية الطبيعية (تجوية ناتجة عن إزاحة الضغط).



وقد ينتج عن أثر الفعل غير المتساوي للتجوية الطبيعية :

➡ في التكوينات الصخرية الكثيرة الشقوق
الرأسية تكوين أشكال مختلفة من الأعمدة
الصخرية بعضها ملتصق بالحافات الصخرية
والآخر غير ملتصق ..

عمدة صخرية منفصلة

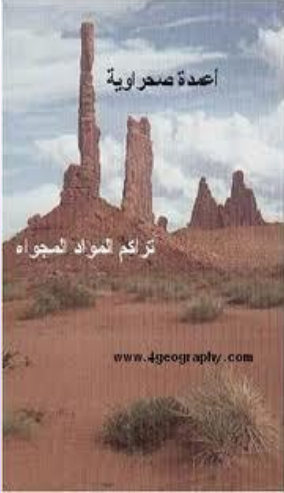
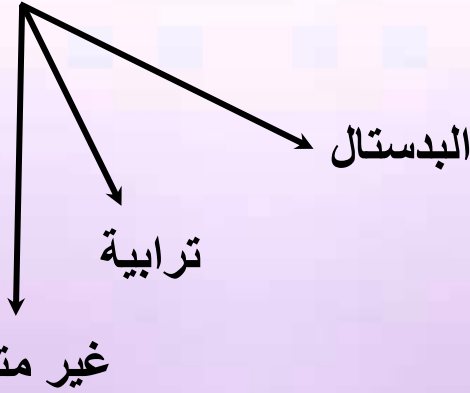


أعمدة صخرية ملتصقة بالحافات



➡ وبعض الأعمدة يأخذ شكل نبات عش

الغراب ويسمى أعمدة .. وهناك :



■ **أما العوامل الأخرى التي تساعد على فعل التجوية فهي :**

١- تعرض الصخور للحرارة والبرودة المتوالية :

مثلاً لو تعرضت الصخور نهائياً لحرارة وأشعة الشمس القوية ثم البرودة السريعة في الليل خاصة في المناطق الصحراوية هذا يؤدي إلى تفلقها وتشققها وبهذا يتفتت الصخر ويطلق عليها التجوية بفعل الإشعاع الشمسي .



❶ ويساعد هنا سقوط الأمطار الغزيرة أو سيول تقسم الصخر على طول الشقوق والمفاصل وتنقله بعيداً.

❷ وباستمرار حدوث الحرارة والبرودة على الصخر يتفتت الصخر على شكل قشور صخرية.

❸ **التقشير الصخري:** هو عملية انفصال قشور أو صفائح رقيقة أو سميكة من أسطح الصخر يطلق على هذه العملية التجوية الشريطية أو التقشير البصلي لتقشير الأسطح .

➤ **وعندما تحدث عملية تقشير الصخر في تكوينات صخرية عظيمة السمك ينتج عنها :**

صخور بيضاوية الشكل ضخمة يطلق عليها الصخور المستديرة أو القباب البيضاوية مثل القباب الجرانيتية في جنوب غرب إفريقيا وفي جبال ولاية كارولينا في USA .

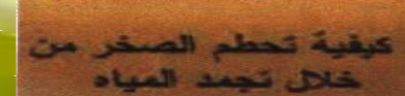
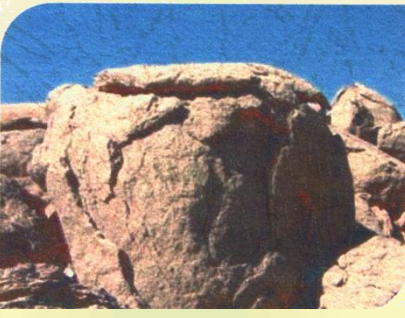
وممكن يحدث ظاهرة أخرى مثل **التقشير المحجب للصخر**

نتيجة اختلاف تأثر المعادن داخل الصخر بفعل التغير الحراري فتصبح مكونات الصخر محببة مثل حدوث هذه العملية في تكوينات الكوارتر في جبال ولاية مونتانا USA .

٢- **تعرض الصخور للبرودة الشديدة في المناطق الباردة :**

❖ في ليالي الشتاء تتجمد المياه داخل الشقوق والصدوع في الصخور ونتيجة لزيادة حجم المياه بالتجمد يضعف الصخر فتفتته وتعمل على اتساع الشقوق والفتحات القديمة ..

❖ وهذا العامل هو الذي أدى إلى تفتيت الحافات الصخرية في المناطق المعتدلة الباردة حالياً والتي كانت عرضة للبرودة الشديدة لقربها من الركامات الجليدية في البلايوسين ويطلق عليها (مناطق شبه جليدية)



٣- التجوية الملحية :

✓ أحياناً تساعد ظروف التربة ومكونات المياه الجوفية على تجمع الأملاح على شكل بلورات ملحية ومن ثم تساعد الظروف أيضاً على ازدياد نمو تلك البلورات الملحية فتزيد من اتساع شقوق وفتحات الصخور ويحدث ذلك في التربات الملحية والمناطق شبه الصحراوية مثال : هضبة المعازة بالصحراء الشرقية بمصر. ومناطق تربات السالانشاك في الصين والهند .

✓ فالصخور الجيرية تحتوي على نسبة عالية من كلوريد الصوديوم وتبعاً لحدوث السيول والرطوبة في التربة تتكون بلورات الملح .

✓ وتتم التجوية الملحية كيميائياً بتراكم مياه البحر في الحفر والنتوءات الصخرية .. حيث يساعد الإشعاع الشمسي على تبخر المياه وتراكم الملح وتفاعله كيميائياً مع لحجر الجيري.. وفي حالات أخرى قد تتراكم حبيبات الملح داخل الفواصل وتكون بلورات ملحية أكبر حجماً فتضغط بدورها على جوانب الفاصل فتكسره وفي هذه الحالة تحدث التجوية الميكانيكية ببلورات الملح .. لكن في هذه الصورة يقوم الملح بالدور الكيميائي فقط ..



✓ تجوية ملحية كيميائية ناتجة عن تراكم مياه البحر وتبخر المياه وترسيب الملح داخل الحفرة الدائرية على ساحل رأس بناس بالبحر الأحمر ..



ثانياً : التجوية الكيميائية :

- لا تؤدي هذه التجوية لتفتيت الصخر فقط ، وإنما إلى تحليله وتحويل بعض تكويناته المعدنية إلى معادن أخرى قد تكون مختلفة في الشكل والتركيب عن الأصل . وتعرف هذه العملية بالتحلل الصخري .
- وتعمل غازات الغلاف الجوي على تحليل الصخر بواسطة التفاعل مع المعادن الموجودة في الصخر على طول الصدوع والشقوق .

➤ ومن ضمن الغازات الموجودة في الجو ولكنها قوية وشديدة التأثير :

➤ **O₂**: وعندما يتفاعل O₂ مع الصخور فإنه يؤكسد معادن الصخر **Oxidation** فتظهر الصخور حمراء لتأكسد الحديد .

➤ **CO₂**: وعندما يتفاعل CO₂ مع الصخر فإنه يعرف بعملية **التكربن Carbonation** التي تحول المعادن الصخرية إلى كربونات بواسطة حامض الكربونيك في الماء أو في الهواء .



ثانياً : التجوية الكيميائية :

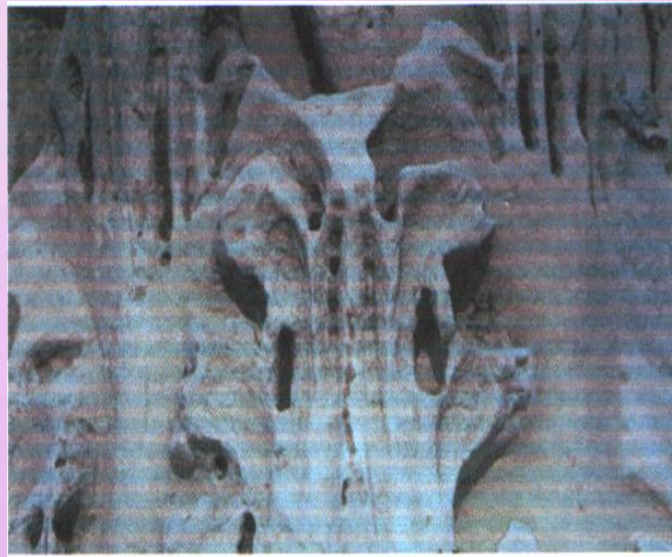
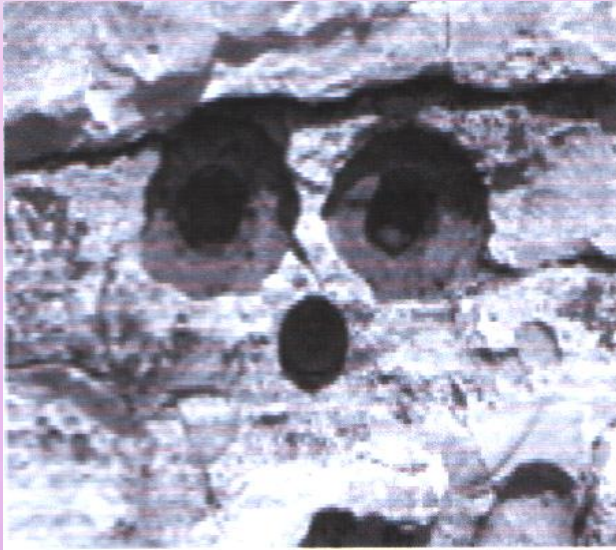
➤ **بخار الماء:** عندما يتفاعل بخار الماء مع الصخر فإنه يعرف بعملية **التميو Hydration** وتعني هذه العملية التفاعل الكيميائي بين الماء ومعادن الصخور وتعتبر هذه العملية من أهم عمليات التجوية الكيميائية مثل **الفلسبار** وهو المكون الرئيسي لمعظم المعادن الصخرية حيث يدخل الماء للتركيب الذري للمعدن الصخري مكوناً معدناً جديداً..

➤ ويذيب بخار الماء بعض المعادن في الصخور مثل كربونات الكالسيوم في الصخور الجيرية وتسمى **الإذابة Solution** .. وتظهر هذه العملية أثناء جريان الماء أو إحاطته لذرات الصخور بشكل غشاء رقيق وتعتمد عملية الذوبان على كمية الماء المار على الذرات وقابلية الذرات الصخرية للذوبان .



أشكال الإذابة : Solution Features

- يتركز تأثير فعل الإذابة بالمياه على الصخور الكربونية القابلة للذوبان في المياه مثل الأحجار الجيرية والدولوميت والجبس والطباشير ..
- وتتعدد صور المياه القادرة على القيام بفعل الإذابة مثل :
 - مياه المطر ، قطرات الندى المتكاثف على سطح الأرض ، والثلوج الذائبة ..



أوضح الأمثلة التي توضح فعل التجوية الكيميائية :

هي الصخور الجرانيتية تتكون من :

❖ الكوارتز (لا يتأثر صلب وقوي ولا يتحلل ولا يذوب) .

❖ والفلسبار (قابل للتحليل الكيميائي يتكربن ويتحول إلى سيلكا قابلة للذوبان ويتحول إلى ملح البوتاسيوم ومادة الصلصال)

لذلك نجد أن التحلل الكيميائي يتولد عنه ظاهرات جديدة في مواد الصخر وينجم عنها تكوين الصخر وتشكيله بألوان جديدة .

ولفعل التجوية الكيميائية أثر كبير في تحليل طبقات الجير وتكوين ظاهرات عديدة مثل

الحفر الصخرية



و

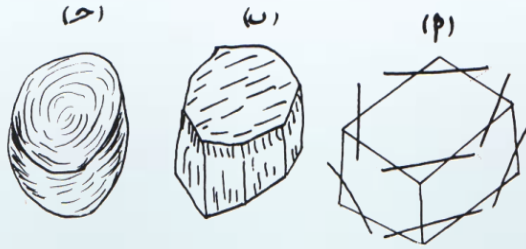
الكهوف



وتؤثر التجوية الكيميائية والميكانيكية معاً في تحليل الصخر وتفتيته ..

كيف ؟

عندما يكون هناك اختلاف في مكونات الصخر ما بين قابل للتحلل وآخر مقاوم فتعمل التجوية الكيميائية على عمل فجوات وحفر بإذابة الفلسبار مثلاً فتفتح المجال للميكانيكية في تتبع مناطق الضعف في الصخر ..



أثر فعل التجوية في تكوين الصخور البيضاوية الشكل :

- ينقسم الصخر إلى كتل مكعبة بواسطة الفوالق الرأسية والعرضية .
- ثم تتعرض لعوامل التجوية المختلفة من كل جوانبها فتبدأ في تآكل ونحت حواف الكتلة وجوانبها بسرعة أكثر من جوفها فيتشكل لنا في النهاية شكل كروي أو بيضاوي بعد تشظيف جوانب الكتلة .
- وإذا تعرضت فتحات الشقوق الصخرية التي تفصل الجلاميد والكتل البيضاوية لفعل تراكم مواد إرسابية ومفتتات صخرية قد تنتقل مع المياه الجوفية فإنها تملأ فتحات الشقوق وتعمل على تماسك الصخر والتصاق الجلاميد البيضاوية .
- وإذا كانت المادة اللاحمة الجديدة بين الجلاميد البيضاوية شديدة الصلابة أكثر من الجلاميد فإن الجلاميد تتآكل أسرع من المادة اللاحمة التي تبرز عن الجلاميد فتكون ما يشبه **بخلايا النحل** .

❖ ثالثاً : التجوية بفعل الكائنات الحية Biotic Weathering :

لبعض الكائنات الحية أثر في تفتيت الصخور وإضعافها وتسهيل عمليات التعرية :

- فجذور الأشجار :

تتوغل في باطن التربة وأسطح الصخور وفي الشقوق والصدوع فتعمل على توسيعها * وتفتيك الصخر وانهياره وكذلك تزيد نسبة CO_2 داخل فراغات الصخر فتتسبب عمليات التجوية الكيميائية في التربة . خاصة إذا عرفنا أن الجذور الرئيسية تمتد لمسافة ١٠ أقدام من سطح الأرض داخل التربة والثانوية ٢٠ قدم .. وقد يصل تأثيرها الكيميائي إلى ١٧٥ قدم من سطح الأرض داخل التربة .

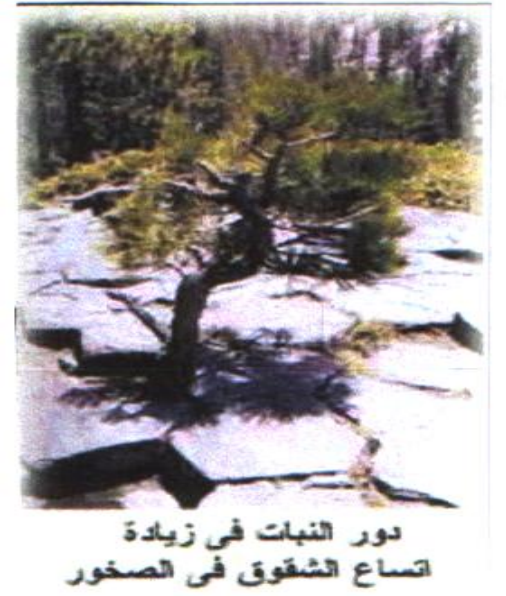
- وكذلك الديدان :

أكد العالم دارون بأن الديدان تعمل على تفتيك الصخر وتقليب التربة .

- والنمل الأبيض :

الذي ينتشر في المناطق الطينية وحول المجاري النهرية بوسط أفريقيا فهو يقلب التربة بسرعة وتنقل مفتتات التربة واستخدامها في بناء أعمدة طينية رأسية الامتداد ارتفاعها ٣٥ قدم حيرت الجيومورفولوجيين في البداية ثم كسروها فوجدوا النمل .

أمثلتها : الموجودة في حوض الكونغو وكينيا وتنزانيا بأفريقيا ..



دور النبات في زيادة
اتساع الشقوق في الصخور



- كذلك البكتيريا :



لها أثر في تشكيل طبيعة التربة وتعديل تركيبها الكيميائي وخواصها الطبيعية .
وقد ينتج عنها : تحسين تركيب التربة ومكوناتها .

البكتيريا لها أنواع متعددة :

- أ- بكتيريا متعددة التغذية : تستمد غذاءها من المصادر العضوية .
- ب- بكتيريا ذاتية التغذية : تستمد غذاءها من أشعة الشمس وتقوم بعملية التمثيل الضوئي .
- ج- بكتيريا كيميائية : وتعمل على أكسدة بعض المواد المعدنية مثل الكبريت والحديد وتعتبر من أهم أنواع البكتيريا فتفتت السطح وتقلب التربة .

- الحيوانات القارضة :



مثل الأرانب البرية والكلاب البرية (وقطعان المواشي)

تعمل على حفر التربة وتسويتها وعمل الكهوف بها .. كذلك :

➤ عندما تتجمع القطعان حول منابع الماء في المناطق الصحراوية

فإن حوافرها تكسر سطح التربة وتفككه وتحملها الرياح في فصل الجفاف

وتنقلها إلى مناطق بعيدة مكونة أحيانا سهولا مستوية عظيمة الامتداد

حول العيون المائية مثال : في هضبة هيريرو بجنوب أفريقيا .



- الإنسان :

يعتبر من أهم العوامل التي تنظم عمليات التجوية والتعرية في الصخور فعند بناء الطرق ، وشق الممرات والأنفاق ، وتسوية الأرض ... كل ذلك يجدد نشاط التعرية .

كما يعمل الإنسان على تنظيم فعل عوامل التعرية بـ :

➤ إنبات الغابات خاصة على سفوح الجبال شديدة

الانحدار لإيقاف الزحف والانزلاق والتساقط .

➤ بناء الجسور لحماية الأراضي الساحلية المنخفضة . بعض الظواهر التي تدل على حدوث عمليات زحف التربة

➤ إقامة الأسوار الصناعية لحماية الأراضي الزراعية من تحرك الكتل الرملية

وإنشاء مصدات .

➤ إقامة أسوار لعرقلة تقدم الجليد والثلج في المناطق الباردة لحماية الطرق البرية

وغيرها كثير .



● العوامل التي تؤثر في طبيعة المواد الناتجة عن فعل التجوية :

إن المواد التي تنتج عن أثر فعل التجوية في الصخور تختلف أشكالها وطبيعتها من مكان لآخر بفعل عوامل هي :

١- التركيب الصخري : مثال الكوارتزيت أصلب بـ ١٦٠ مرة من الصخور الجيرية . ولا تختلف الصخور من حيث الصلابة فقط بل أيضاً بدرجة مقاومتها لفعل التجوية الكيميائية .

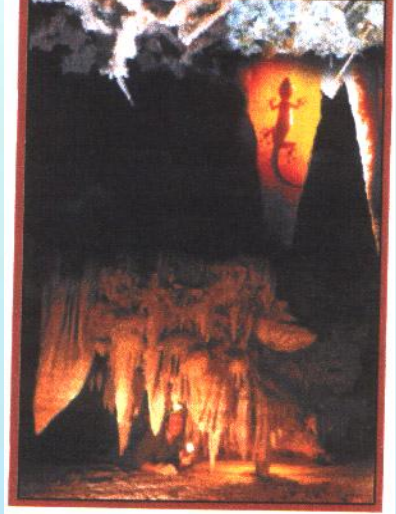
- فنجد أن **صخور الكوارتزيت** تقاوم فعل التجوية الكيميائية أكثر من الصخور الجيرية والسبب : أن معادن صخر الكوارتزيت شديدة الصلابة بينما معادن الجيرية سرعان ما تتحلل بالمياه خاصة لو كان فيها نسبة كبيرة من CO_2 .

- إلا أن **الصخور الجيرية** تعتبر صلبة في المناطق الجافة الصحراوية لذلك نجد أن الطبقات الجيرية في المناطق الصحراوية تكون حافات جبلية شديدة الانحدار بينما تتآكل في المناطق الرطبة ..

- كذلك **الصخور الطينية والصلصالية** تقاوم التجوية الكيميائية لأن معادنها غير قابلة للتحلل والذوبان . لكن : إذا تعرضت للتجوية الميكانيكية فإنها سرعان ما تتآكل في وقت قصير بسبب ليونة الصخر .

٢- المناخ : تؤثر عناصره في سرعة التجوية وتجديد عوامل التعرية مثل (الحرارة ، التساقط ، الصقيع)...





وهناك حقيقتين هامتين تؤثران في طبيعة الفعل الكيميائي هما :

١- يتضاعف الفعل الكيميائي كلما ارتفعت درجة الحرارة 10° م .

٢- تعد المياه عامل أساسي لحدوث التجوية الكيميائية . لذلك نقول أن :

- التجوية الكيميائية أكثر حدوثاً في المناطق الرطبة <.....>

- والتجوية الميكانيكية أكثر حدوثاً في المناطق الجافة والصحراوية <.....>

ويتنضم من الدراسات الجيومورفولوجية أن لكل من الأقاليم المناخية



ظواهرات جيومورفولوجية خاصة نشأت بفعل عوامل التعرية المحلية . فقد نجد نوعاً من الصخور يتشابه تركيبه الجيولوجي ونظام بنيته من مكان لآخر إلا أنه يكون ظواهرات جيومورفولوجية مختلفة إذا وقع تحت ظروف مناخية متباينة .

مثال التكوينات الجيرية : يكون لي هنا ظواهرات كارستية تقليدية (في المناطق الرطبة) .

بينما يكون هناك حافات صخرية صلبة (في المناطق الجافة) .

٣- أشكال تضاريس سطح الأرض :

اختلاف التضاريس يؤثر في مدى سرعة فعل التجوية .

مثال :

- المنحدرات الشديدة :

تسهل نقل المواد الناتجة عن فعل التجوية وتدفعها إلى السهول .

- ويساعد الانحدار : الجاذبية

الرياح

- أما المنحدرات المستوية والأرض السهلية :

يضعف فيها فعل الرياح والجاذبية ولا تتأثر بحدوث انزلاق أو تساقط أو زحف .

- المناطق العالية :

تتأثر بالمدى الحراري اليومي والفصلي في تفكيك صخورها .





هل من أسئلة ؟ بالتوفيق والنجاح

