الفصل السادس

العمليات الخارجية المؤثرة على الأرض

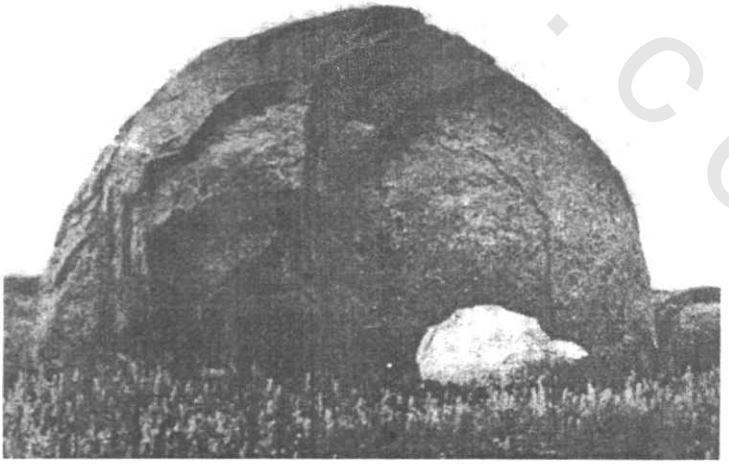
* التعرية : مراحلها

(١) التجوية (٢) النقل (٣) الحت

* البناء : العوامل المؤثرة

(١) الرياح (٢) التغير فى درجة الحرارة .

(٣) الماء (الأمطار والأنهار والبحار والبحيرات والمياه الجوفية) .



obeikandl.com

الفصل السادس :

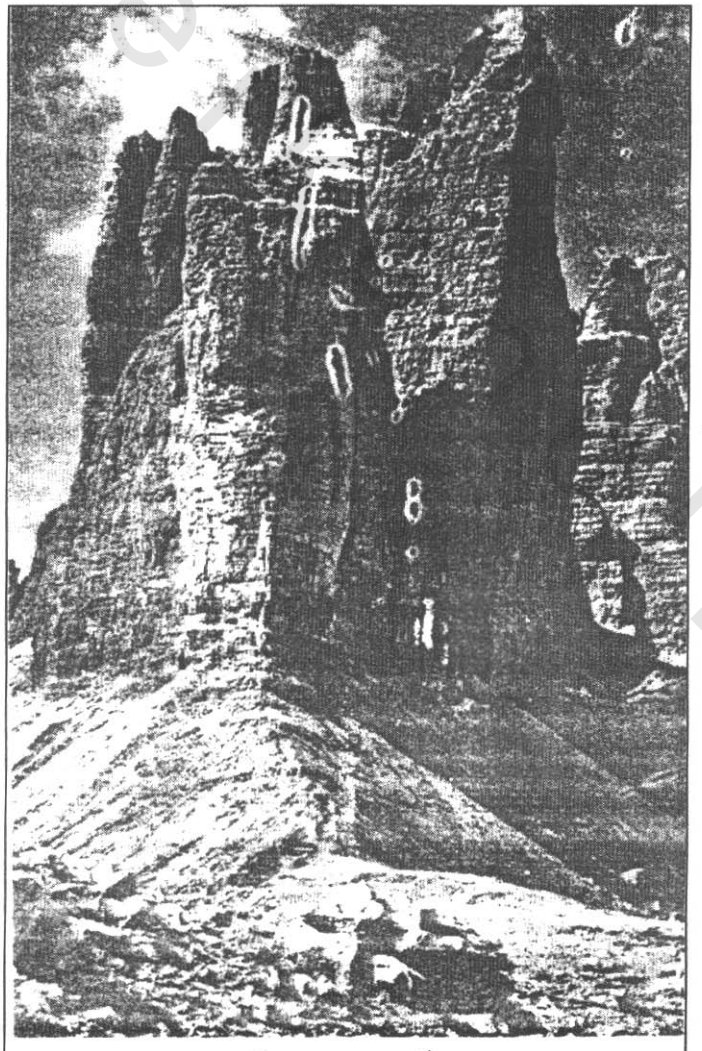
العمليات الخارجية المؤثرة على سطح الأرض

External agents changing earth's surface

أولا : التعرية :

يؤثر خارجيا على سطح الأرض **الرياح ودرجة الحرارة والماء** وينشأ عن هذه العوامل عملية التعرية التى تعنى جميع المؤثرات التى تعمل على هدم صخور القشرة الأرضية ونقلها من مكان لآخر على سطح الأرض ، وتتم على ثلاث مراحل هى :

- **التجوية .**
- **النقل .**
- **الحت .**



أثر عوامل التعرية

(١) مرحلة التجوية :

يتم خلالها تفكك وتفتت الصخور بفعل الرياح والأمطار والأنهار والجاذبية الأرضية وغيرها من العوامل الفيزيائية التى تؤثر على سطح الأرض وتغير من طبيعته ، وتحدث عملية التجوية بطرق ميكانيكية أو كيميائية أو عضوية .

* التجوية الميكانيكية :

تفكك وتفتت الصخور دون أن يتأثر تركيبها المعدنى ، ويحدث هذا التأثير بفعل الجاذبية الأرضية واصطدام الرياح بطبقات صخرية رخوة وصلدة حيث تتآكل الصخور الرخوة فى سهولة وسرعة عن الصخور الصلدة وتبقى الصخور الصلدة باردة مكونة **المصاطب الصخرية** وبتأثير الجاذبية الأرضية تنهار أطراف هذه المصاطب وتسقط على سفوح الجبال وتتهشم إلى قطع صغيرة تسمى **رواسب التالوس** .

شكلا يوضح رواسب التالوس فى الطبيعة

obeikandl.com

* **التجوية الكيميائية :**

عملية تفكك الصخور وتفتتها ويصبح الفتات الصخرى مختلفا فى تركيبه المعدنى عن تركيب الصخرة الأم ويساعد على نشاط عمليات التجوية الكيميائية الغازات والأبخرة الموجودة بالغلاف الهوائى ومياه الغلاف المائى حيث يذوب ثانى أكسيد الكربون فى ماء المطر مكونا أمطارا حامضية تؤثر على الصخور الكلسية كالحجر الجيرى والرخام ويذيبها على هيئة بيكربونات كالسيوم – كما تتفتت معادن الفلسبار بتأثير مياه الأمطار متحولة من معادن صلدة إلى طين لدن ، ويحدث ذلك لصخور الجرانيت المحتوية على الفلسبار مكونة كتل من الطين المختلط ببعض بلورات الكوارتز والميكا .

وسطح الأرض المعرض للجو والمحتوى على صخور تحتوى على فلز الحديد تتأثر بعملية الأكسدة ويظهر مغطى بطبقة بنية اللون أو صفراء من أكسيد الحديدوز الأصفر الذى يتأكسد غالبا إلى أكسيد الحديديك البنى .

* **التجوية العضوية :**

يحدث تفكك وتشقق للصخور نتيجة نشاط الكائنات الحية حيث تخترق جذور الأشجار التربة وتصنع الديدان وبعض القوارض أنفاقا وتفرز إفرازات فى التربة ، إلى جانب النشاط البكتيرى فى التربة .

(٢) مرحلة النقل :

عملية نقل فتات الصخر من مكان لآخر على سطح الأرض ويتم ذلك بواسطة الرياح والأمطار والأنهار والجاذبية الأرضية .

(٣) مرحلة الحت :

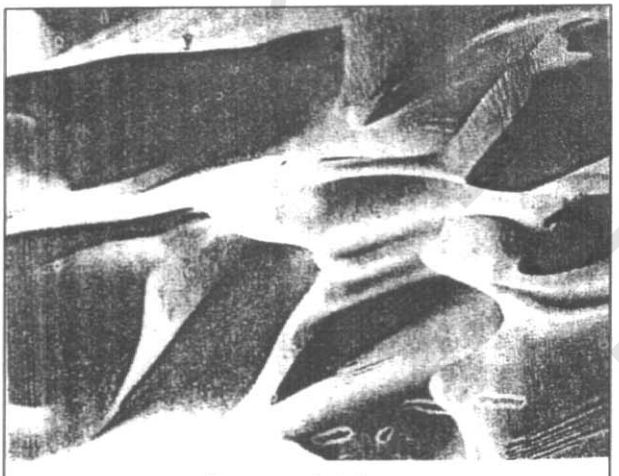
المياه الجارية والهواء من أهم عوامل حت الصخور ونحتها نواتج التجوية لا تبقى فى مكانها طويلا وإنما تنتقل من مكان لآخر حيث يتم أثناء ذلك حت الصخور وتآكل أطرافها وحوافها وبريها إلى قطع صخرية مختلفة الأشكال . ويحدث الحت نتيجة ارتطام الصخور بعضها ببعض أثناء عمليات النقل أو نتيجة لارتطامها بصخور تمر فوقها .

ثانيا : البناء :

يصاحب عمليات التعرية عمليات بنائية فأى هدم وتفتت يصاحبه نقل وترسيب .

عند سفوح المنحدرات فى المناطق الجبلية يشاهد المرء أكواما من قطع الصخور المختلفة الشكل والأحجام وتتراكم بعضها فوق بعض على مر السنين لتكون رسوبيات جديدة عند هذه السفوح ، ومن الطبيعى أن هذه المادة البنائية الجديدة التى تغطى سفوح الجبال لابد وأنها قد أتت إليها من المناطق العالية المجاورة إما بواسطة الرياح أو الأمطار – وقد يتسبب عن تجوية وحت صخور الجبال فى المناطق الساحلية عمليات بنائية تتم مراحلها فى الأحواض البحرية المجاورة حيث تتراكم فيها نواتج التعرية بعضها فوق بعض لتكون الصخور الرسوبية .

* العوامل المؤثرة :



حركة الكثبان الرملية

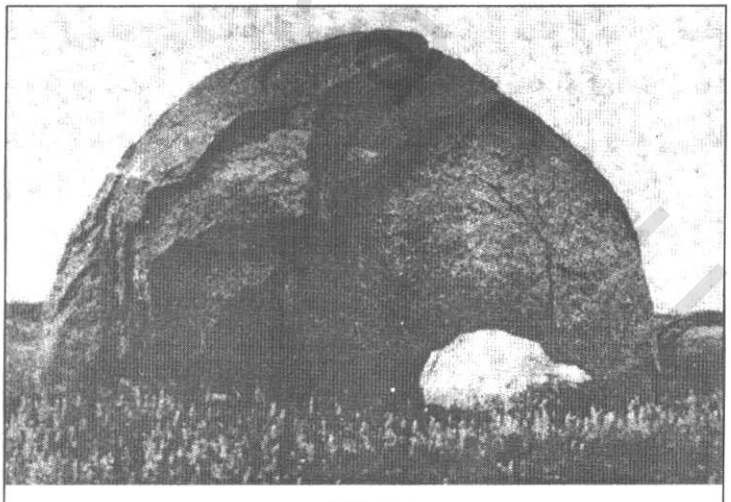
(١) الرياح :

من أهم العوامل التى تعمل على تعرية الصخور وتساهم فى عمليات البناء فى نفس الوقت ، فعندما تحمل الرياح الحبيبات الرملية فإنها تؤثر على الصخور وتسبب تفككها وحتها ، ونشاهد أثر ذلك فى المناطق الصحراوية حيث نجد الأجزاء الصلدة من الكتل الصخرية تبقى بارزة وسط الصحراء مقاومة الحت بينما تتآكل الأجزاء اللينة – وعندما تعترض الرياح المحملة بالرمال بروز أرضى صحراوى يحدث ترسيب لحمولة الرياح من رمال أو حبيبات صخرية دقيقة مكونة الكثبان الرملية ، ويعتبر الكثيب الرملى من أهم معالم المناطق الصحراوية ، إذ يدل شكل الكثيب ونوعه على اتجاه هبوب الرياح وشدتها .

(٢) التغير فى درجة الحرارة :

يسبب التغير فى درجة الحرارية تفكك الصخور وتكسرها ، ففى المناطق الصحراوية الجافة الخالية من السحب حيث التباين الملحوظ فى درجة الحرارة بين الليل والنهار نجد أن تتابع عمليات التمدد والانكماش التى تعترى الصخور تسبب إجهادها وتشققها وتفككها إلى كتل صغيرة .

وقد يتمدد السطح الخارجى للكتل الصخرية الضخمة وينفصل تاركا وراءه الأجزاء الباردة وبذلك يتقشر الصخر ، كما أن الانخفاض الشديد فى درجة الحرارة والذى يسبب تجمد المياه المتجمعة فى الشقوق والمسام الصخرية مما يؤدى إلى زيادة حجم المياه بحوالى ١٠٪ من حجمها وهى سائلة وينشأ عن ذلك ضغط هائل يسبب تفتت الصخر .



قبة التقشر

وكذلك تتأثر المعادن المختلفة المكون لمادة الصخر تأثرا مختلفا بدرجة الحرارة وذلك حسب معامل تمدد كل منها ، وإن توالى عمليات تمدد وانكماش هذه المعادن يسبب طقطقة مسموعة فى الصخر يتبعها تشققه ويحدث ذلك فى الصحراء بعد غروب الشمس إذ يسمع المرء أصواتا كطلقات الرصاص .

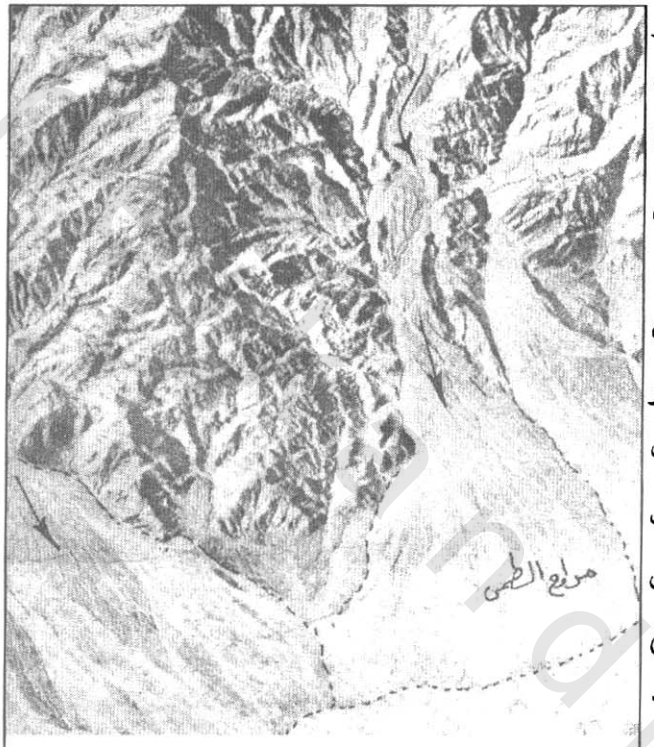
(٣) الماء :

تشمل مياه الأمطار والأنهار والبحار والبحيرات والمياه الجوفية .

(أ) الأمطار : ينشأ عنها السيول التى تهدم الصخور وتجرفها معها من الأراضى المرتفعة إلى الأراضى المنخفضة حيث تترسب وتتراكم بعضها فوق بعض – ويوضح ذلك دور الأمطار كعامل تعرية وعامل بناء فى نفس الوقت – وقد تسقط الأمطار خلال فترة زمنية قصيرة (كما يحدث فى المناطق شبه الصحراوية) وتسبب فيضانات وقتية تحمل معها من المواد الصلبة ما ترسبه على مسافة مكونة **الدلتا الجافة** ، وهذه الأمطار الشديدة تدفع المياه فى مجار عميقة ذات جدران شديدة الانحدار تعرف **بالوديان** .

(ب) الأنهار : تلعب دورا فى تشكيل سطح الأرض وتغيير معالمه – فالأنهار تحت التلال والجبال وتنقل فتاتها إلى البحر ويترسب الكثير منها فى المصب ، وتعتبر الأنهار من أهم عوامل التعرية والبناء وتعتبر حمولة النهر وطاقته من أهم الأسلحة التى يشق بها النهر طريقه ليعمق واديه ويوسع مجراه وتعرف حمولة النهر بمقدار ما تحمله مياهه من مواد صخرية عالقة أو ذائبة . وقدر العلماء حمولة نهر النيل وحده بحوالى ٦٠ مليون طن منها ٤٠ مليون

طن مواد ذائبة – أما طاقة النهر فهى مقدار المياه التى تتدفق من النهر فى زمن معين ويستخدم فى تقدير طاقة النهر وحدة تسمى (الكوسيك) وهى تمثل جريان ٢١٥٢,٠٠٠ لتر ماء فى يوم كامل .



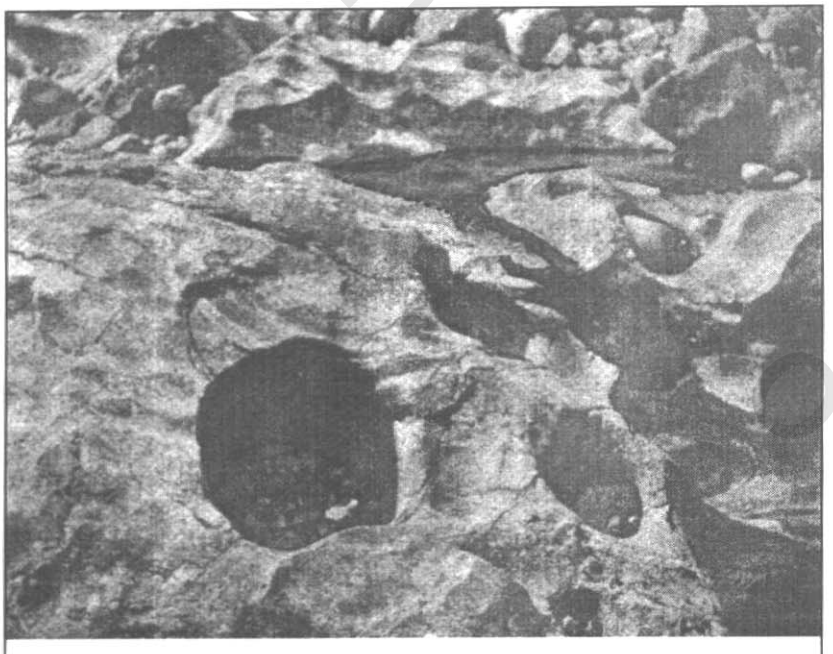
مراوح الطمى

وعلى سبيل المثال فنهر الفرات يدفع ٨٨٠٠ كوسيك فى شهر سبتمبر ونهر دجلة يدفع ٦٤,٣٠٠ كوسيك فى نفس الشهر . وعلى أساس ما سبق يمكن أن نستنتج أن النشاط الجيولوجى للنهر تختلف حدته على طول مجرى النهر من منبعه إلى مصبه حيث يظهر تفوقا فى النشاط الهدمى عند المنبع وتفوقا فى النشاط البنائى عند المصب حيث تتكون الرواسب النهرية المعروفة بالدالات – مثل دلتا نهر النيل ، وقد يحدث للنهر ترسيب فى أى جزء من مجراه وهو ما يسمى مراوح الطمى وهى الرواسب التى يلقى بها النهر عندما تتضاءل سرعة تياره فجأة نتيجة اندفاع مياهه من الأماكن المرتفعة إلى السهول المنبسطة .

ويتميز النشاط الجيولوجى للنهر بثلاث مراحل مختلفة عند المنبع وفى الوسط وقرب المصب وتعرف هذه المراحل على الترتيب بمرحلة الشباب ومرحلة النضج ومرحلة الشيخوخة ، وهناك مرحلة رابعة تسمى مرحلة تجدد الشباب .

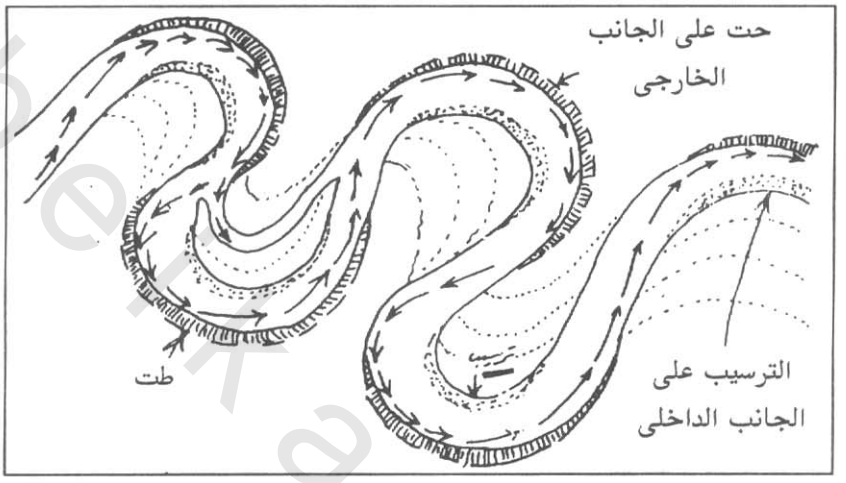
* **مرحلة الشباب** : تميز حالة النهر بالقرب من المنبع حيث يبدأ نشاط النهر بالحت وتعميق المجرى بقوة ما يعرف بالحفر الوعائية أو (**قدور العمالقة**) التى تتميز بدواماتها – ومن المعالم الجيولوجية المميزة لمرحلة الشباب تعدد مساقط المياه أو الشلالات التى تعترض مجراه وعمق مجراه وضيق واديه الذى يتخذ عادة شكل الرقم ٧ .

الشلالات

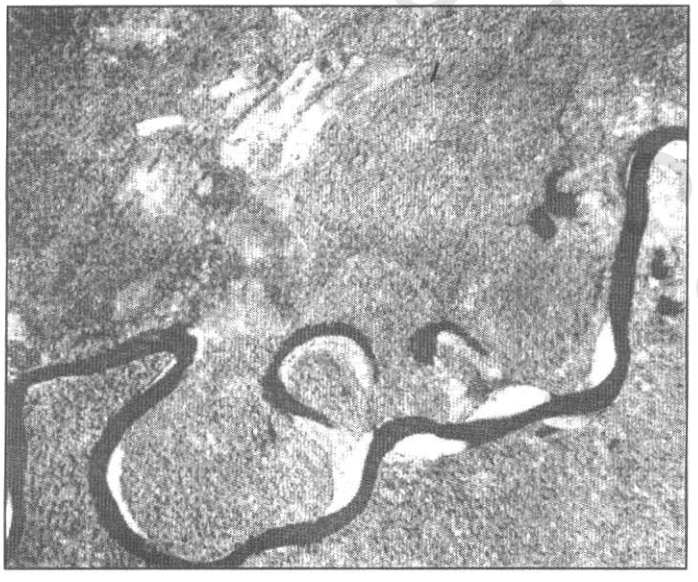


قدور العمالقة

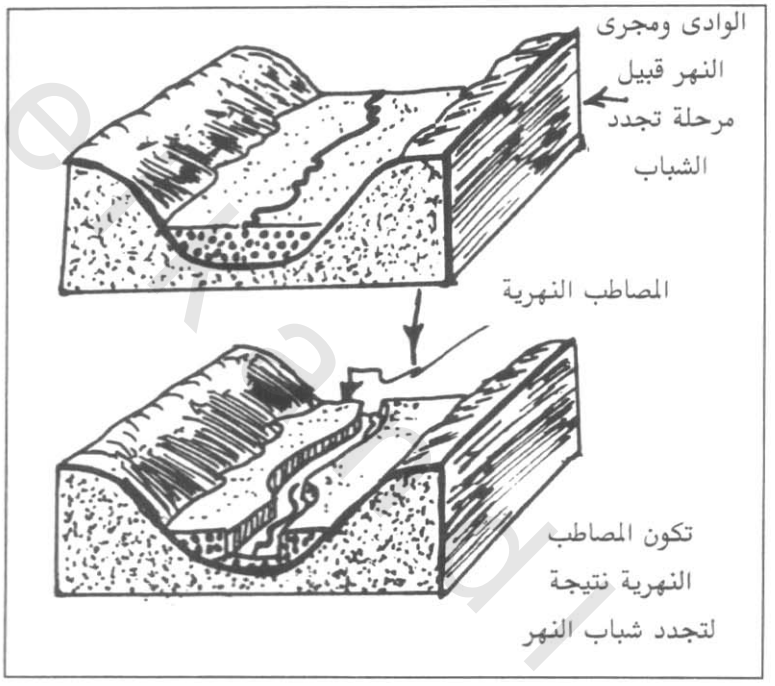
* **مرحلة النضج** : عند منتصف المجرى حيث الوادى أكثر اتساعا وعند التعرجات أو المنعطفات يحدث الحت على الجانب الخارجى للمنعطف والترسيب على الجانب الداخلى ، وبالتدريج يبدأ النهر فى الحت الجانبى موسعا التواء منعطفاته النهرية .



* **مرحلة الشيخوخة** : يسيل النهر فى منعطفات واسعة تتخلل واديه المسطح وقد تنفصل بعض منعطفاته فى صورة بحيرات ذات شكل هلالى .



* **مرحلة تجدد الشباب** : قد يحدث أن يجدد النهر نشاطه بعد مرحلة معينة فتزداد سرعته ويبدأ فى حفر المجرى من جديد وقد يحفر النهر قرب المصب فى نفس المواد التى سبق ورسبها وبذلك تتكون **المصاطب النهرية** ويرجع تجدد الشباب إلى الحركات الأرضية التى قد تغير من وضع قاع النهر بعد بلوغه مرحلة معينة .



(جـ) الأنهار الثلجية : أنهار تجمدت بها المياه السطحية (ينتقل الماء من حالة السيولة إلى حالة الصلابة فى درجة الصفر المئوى وتحت الضغط الجوى المعتاد) .

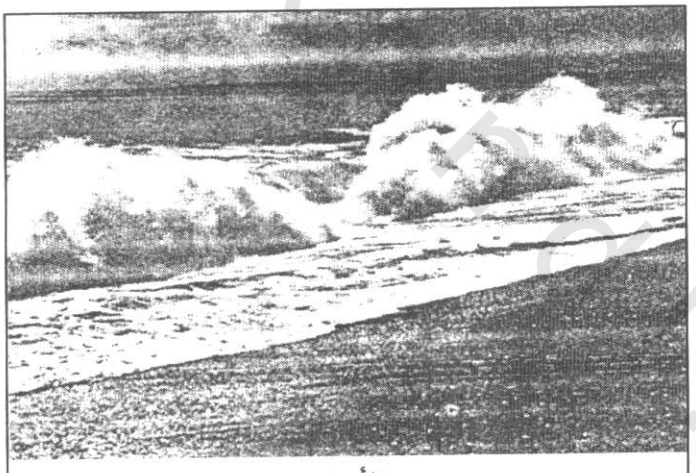
وفى أجزاء مختلفة من العالم تنخفض درجة الحرارة عن درجة تجمد الماء فيحدث تجمد للمياه السطحية فى الأنهار والبحار ويتكون الثلج على هيئة كتل كبيرة قادرة على الانسياب مسببة هدم العوارض والهضاب الجانبية التى تعترضها ، وبذلك يصبح القاع متسعا وجدرانه الجانبية مستقيمة شديدة الانحدار على شكل حرف U .

وفى المناطق الجبلية تهوى كتل الجليد المتكونة بفعل الجاذبية الأرضية حاملة معها قطعا كبيرة من الصخر تكون بمرور الزمن مادة بنائية للأماكن التى ترسبت بها ، وبذلك نرى أن الأنهار الثلجية عامل هدم وعامل بناء .

النهر الثلجى

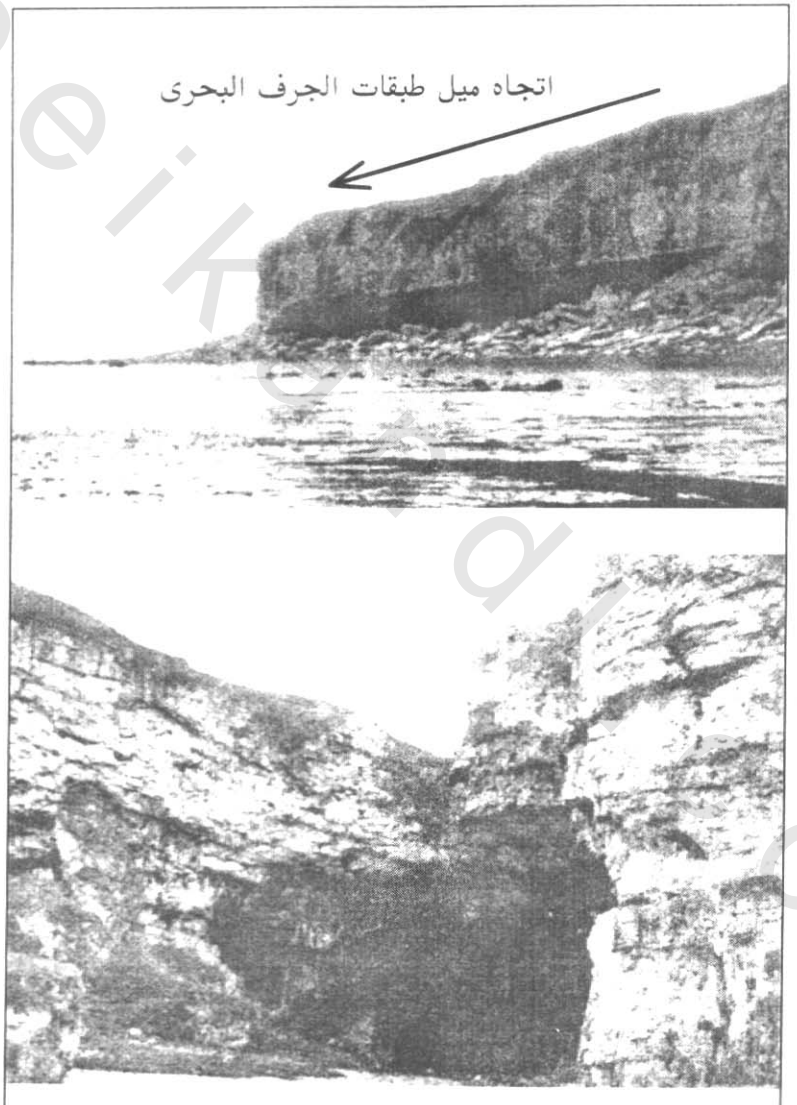
(د) البحـــار :

تحتوى على مياه فى حركة دائمة ومستمرة بسبب الرياح ، ودوران الأرض ، واختلاف درجات الحرارة ، والضغط ، واختلاف ملوحة المياه ، وهذه العوامل ينشأ عنها قوى **الأمواج والمد والجزر والتيارات البحرية** . .


الأمواج

فتكون الأمواج يرجع إلى الرياح والمد والجزر يرجع إلى دوران الأرض وجاذبية كل من الشمس والقمر . . والتيارات البحرية تنشأ عن اختلاف درجات الحرارة والملوحة والرياح والجاذبية ، ومن ثم فإن المياه السطحية تملك طاقة تمكنها من عمليات الهدم والبناء ، والصورة التى يوجد عليها قاع البحر ترجع إلى العامل البنائى للبحار .

أما الصورة التى عليها الشواطئ فترجع إلى عاملى البناء والهدم ، والقدرة الآلية لأمواج البحار كبيرة جدا ، ويزداد ضغط هذه الأمواج أثناء العواصف وعندما تصادف الأمواج جرفا بحريا تندفع المياه إلى الجحور والشقوق التى بالصخور ، وبذلك تعتبر الأمواج عامل هدمى له أثره الواضح ، وتأخذ الجروف البحرية أشكالا مختلفة تبعا لتركيب الصخر المكون للجرف ومدى التعرية البحرية والتعرية الأرضية .



جرف بحرى

وكذلك تتأثر أشكال الشواطئ بالصخور المكونة لها . وتشاهد عمليات الهدم البحرية للأمواج على أوسع نطاق حول السواحل التى تظهر فيها المياه العميقة قريبة من اليابسة أى التى تكون منحدراتها المائية غير متدرجة أما عندما يكون المنحدر المائى متدرجا فإن الأمواج تنكسر بعيدا عن الشاطئ وتفقد قوتها ويحدث الترسيب مكونة **الضفاف الرملية** ، والرسوبيات فى قاع البحر تتحول إلى صخور رسوبية بمرور الوقت ونتيجة لعمل الأمواج على السواحل البحرية تنتقل المواد كبيرة الحجم إلى الشاطئ والمواد صغيرة الحجم تجذبها المياه ناحية البحر .

(هـ) البحيرات : عبارة عن أحواض فى سطح الأرض تحتوى الماء ، وبعضها تكون بفعل الحت ، والبعض الآخر نشأ بفعل الترسيب ، وبعضها نشأ بفعل الحركات الأرضية والنشاط البركانى ، فالأنهار الثلجية تأخذ أوديتها شكل حرف U ويتجمع فيها الماء لتصبح بحيرات فى الأراضى التى كانت مغطاة بالثلوج فى الأزمنة القديمة ، كما أن ذوبان بعض الصخور فى الماء يسبب تجويفا يتسع بمرور الوقت مكونا حوضا لبحيرة صغيرة ، وبعضها يتحول إلى مستنقعات ملحية وكذلك الحت الذى تحدثه الرياح يكون أحواضًا يصل قاعها إلى مستوى المياه الجوفية فتصبح بحيرات أو مستنقعات ملحية .

مستنقعات ملحية

ومن ناحية أخرى فإن الثلوج تعتبر إحدى العوائق الطبيعية التى تساعد على تكوين البحيرات ، ونمو النباتات بغزارة فى منطقة معينة يمكن أن يسد مجرى إحدى الأنهار الصغيرة مكونا بحيرة – وبعض البحيرات تتكون نتيجة ترسيب مواد جيرية فى مجارى النهر (سد جيرى) .

وكذلك تنشأ أحواض سطحية نتيجة الحركات الأرضية تمتلئ بالماء مكونة بحيرات مثل بحيرة فيكتوريا والبحر الميت .

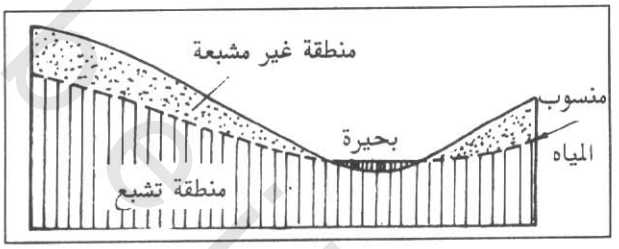
وهناك بحيرات تتكون فى فوهات البراكين كالتى فى أواسط أفريقيا ووسط إيطاليا ولا يوجد المد والجزر فى البحيرات لأن شواطئها أقل عرضا ، كما أن التيارات تكاد تنعدم ولذلك فإن الانجراف يحدث لأجزاء قليلة من المواد الشاطئية إلى أعماق البحيرات .

(و) **المياه الجوفية** : هى المياه التى تملأ الفتحات والمسام فى صخور القشرة الأرضية والتى تسربت إلى داخلها من مياه الأمطار والأنهار والبحيرات – والصخور الخازنة لهذه المياه تعرف بمستودع المياه الجوفى والسطح العلوى لهذه المياه يعرف بمنسوب الماء الجوفى ، والصخور الخازنة للمياه ذات مسامية مناسبة تتوقف على درجة تقارب حبيبات الصخر حيث تقل المسامية مع تقارب الحبيبات ، كما أن الحبيبات المستديرة تعطى للصخر مسامية أكبر وكذلك الطريقة التى تترتب بها الحبيبات فى الصخر . وتتوقف نسبة المسامية على نسبة المواد اللاصقة التى تعمل على تماسك حبيبات الصخر وأن تكون للصخور قدرة إمرار كافية تسمح بإمرار المياه خلالها حتى إذا كانت عديمة المسامية ، فالجرانيت والبازلت تكثر بهما الشقوق وقدرتهما على إمرار المياه عالية وعلى أساس ذلك تقسم الصخور إلى :

- صخور مسامية منفذة مثل الحجر الجيرى .
- صخور مسامية غير منفذة مثل الطين .
- صخور غير مسامية ممررة مثل الجرانيت المشقق .
- صخور مسامية غير ممررة مثل الكوارتزيت .

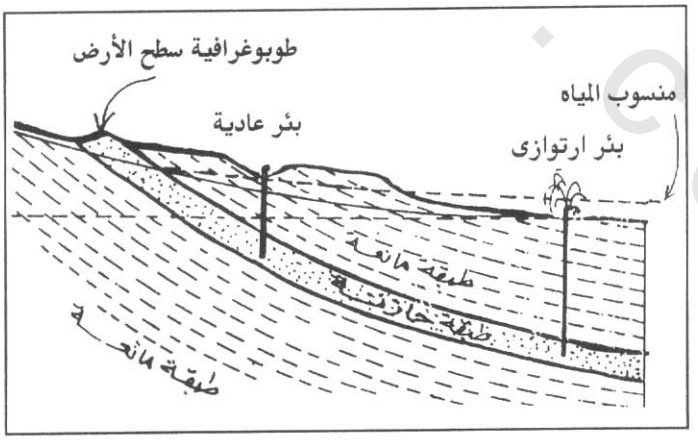
ومن هنا يتضح لنا أن الصخر الخازن للماء لابد أن تتوافر فيه خاصيتى الإنفاذ والإمرار ، وبالتالى فإن المياه الجوفية لا تبقى ساكنة فى الصخور ولكنها دائمة الحركة وفى الغالب صوب البحر .

* تقسيم المياه الجوفية :



(أ) مياه حرة الحركة : تتقيد حركتها بالجاذبية الأرضية فقط ومنسوب مياهها غالبا غير أفقى السطح ويتبع تضاريس سطح الأرض .

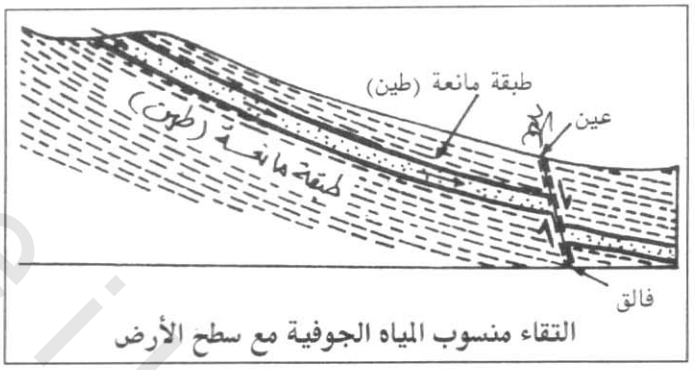
(ب) مياه مقيدة الحركة : يتحكم فى حركة الماء طبقة غير منفذة وغير ممررة إما تحتها أو فوقها وتمثل عائقا للحركة أو يقيد الماء طبقتين إحداهما عليا والأخرى سفلى ومنسوب الماء يتشكل وفقا للطبقات الخازنة والمانعة ويكون مقيدا ، ويتم استخراج المياه الجوفية بحفر الآبار إلى مستوى الماء ، وإذا ارتفع الماء تلقائيا دون الحاجة إلى ضخه يسمى البئر الارتوازى أما الآبار العادية فلابد أن يرتفع الماء نتيجة ضخه .



Obeikandl.com

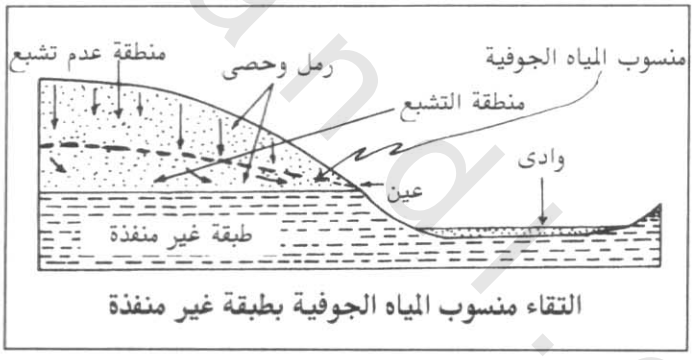
(ز) العيون والينابيع : تتكون العيون والينابيع طبقا للعلاقة بين تضاريس سطح الأرض ومستوى منسوب المياه الجوفية بها . وتتكون العيون من عدة احتمالات :

* عند التقاء منسوب المياه الجوفية مع سطح الأرض فى الوديان .



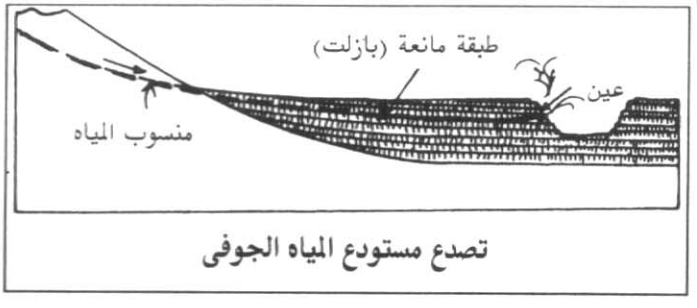
التقاء منسوب المياه الجوفية مع سطح الأرض

* عند التقاء منسوب المياه الجوفية بطبقة غير منفذة تتصل بسطح الأرض .



التقاء منسوب المياه الجوفية بطبقة غير منفذة

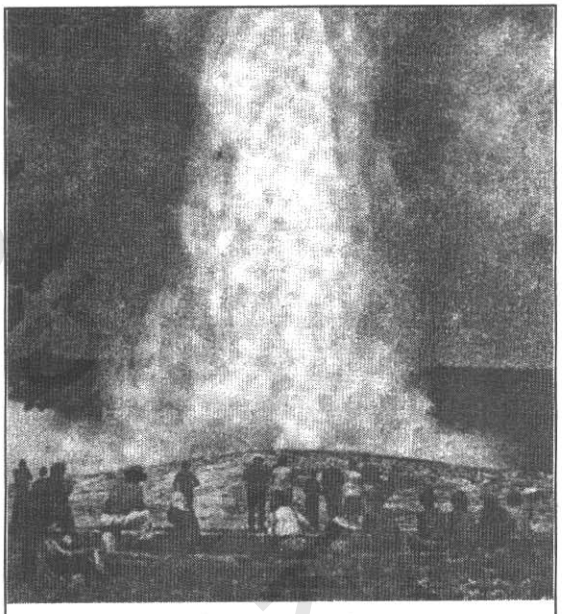
* تصدع مستودع المياه الجوفى مما يسهل ارتفاع المياه إلى سطح الأرض .



تصدع مستودع المياه الجوفى

obeikandi.com

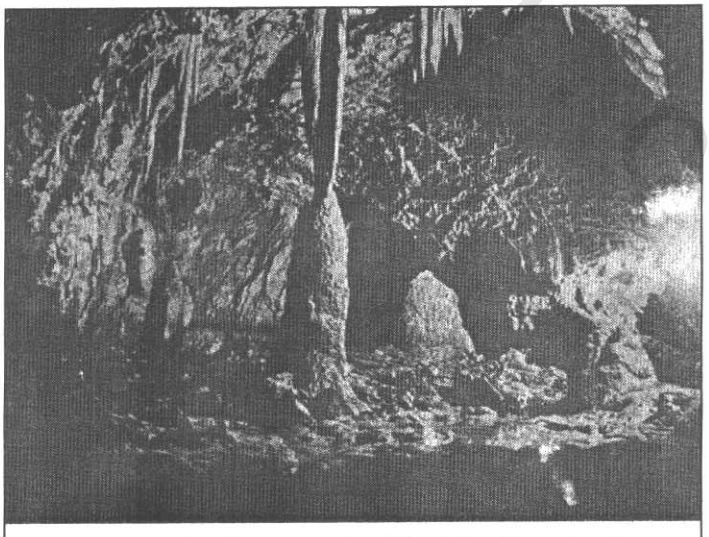
* العيون الساخنة ذات الأصل البركانى



العيون الساخنة

* الأثر الجيولوجى للمياه الجوفية :

المياه الجوفية تعتبر عاملا فعالا فى الحت والنقل والترسيب حيث تؤثر فى الصخور المحيطة بها وتحللها مكونة ما يسمى الكهوف التحت سطحية إلى جانب أن ذوبان ثانى أكسيد الكربون فى هذه المياه يؤثر على الصخور المحيطة كما أن تعرض هذه المياه للبخر نتيجة ارتفاع درجة الحرارة يعرضها لترسيب رواسب من كربونات الكالسيوم ويحدث ذلك داخل الكهوف مكونا الصواعد (رواسب جيرية على أرضيات الكهف متجهة إلى أعلى) والهوابط (رواسب جيرية فى سقف الكهف وتتجه إلى أسفل) وقد تتصل الصواعد والهوابط مكونة ما يعرف بالأعمدة .



الصواعد والهوابط (الاستلاكيتيت والاستلاجميت)