الباب الخامس

الجيولوجيا الطبيعية أو الديناميكية

Physical or Dynamic Geology

مقدمة :

من الحقائق التى لا جدال فيها أن سطح الأرض يمر دائما بعملية تغير مستمرة . والصور أو الدلائل على هذا عديدة فمن تصور لما تحمله قطرات مياه الأمطار من أعلى إلى أسفل إلى تلك الكميات الماثلة من فتات الصخور التى تقع من أعالى الجبال بالإضافه إلى ذلك السيل الذى لا ينضب من المواد التى تحملها الرياح فى المناطق الصحراوية إلى جانب عدد لا يحصى من الأمثلة التى منها ما تشاهدها وتحس بها إما فى حياتنا القصيرة الأجل نسبة إلى هذه الأزمنة الجيولوجية أو مما يثبت لدينا من واقع الدراسة الجيولوجية للتغيرات التى حدثت لتضاريس القشرة الأرضية وأهمها ما يعرف بنظرية تزحزح القارات .

ومن المنطق أن نبدأ حديثنا عن عملية التغير فى سطح القشرة الأرضية هذه بمناقشة ما نراه الآن وما نشاهده على الطبيعة من تحركات للكتبان الرملية والتى تتراكم بفعل الرياح وتكون المصاطب النهرية أو الدلتا نتيجة لما تحمله مياه الأنهار من مواد عالقة كالغرين والطمى والزلازل بما تحدثه من هزات أرضية تؤدى إلى التكسير والتخريب والبراكين بما تحمله من باطن الأرض لتخرجه خلال فوهاتها . . . الخ .

أن ما نراه الآن هو صورة من صور عديدة بعضها طويل الأجل يمتد آلاف السنين والبعض الآخر بضع دقائق لبهو ضوء يلقى على ما حدث فى

الماضى وأثر فى هدم أو بناء سطح القشرة الأرضية . ولهذا فانه يمكن تقسيم العوامل المختلفة التى تؤثر فى تغيير سطح القشرة الأرضية إلى نوعين : ـ

١ — عوامل خارجية External Processes .

ويقصد بها تأثير الغلاف الجوى والمائى على القشرة الأرضية مثل الرياح والأمطار والمياه الجارية والبحار والثلاجات . . . الخ .

٢ — عوامل داخلية Internal Processes .

أ ـ العوامل الخارجية External Processes .

كما أسلفنا الذكر أن عملية تغيير سطح القشرة الأرضية تشمل فى الحقيقة جزئين رئيسيين هما الهدم والبناء .

١ — الهدم Destruction .

ويشمل عمليات التفتيت والتكسير والتحلل بحيث يؤدى إلى تحول المواد الصلبة المتماسكة إلى مواد مفككة ومهشمة من السهل على عوامل النقل المعروفة نقلها من مكانها إلى مكان آخر وتسمى هذه العمليات جميعها « التعرية » Denudation أى تعرية سطح الأرض .

٢ — البناء Construction .

ويشمل عمليات تجميع وترسيب المواد الناتجة من عمليات الهدم والمنقولة إلى أماكن الترسيب .

وأنه لمن المدهش أن نرى أن عمليات الهدم تكون فى أوج نشاطها فى

الأماكن المرتفعة عن سطح الأرض وعلى العكس فان عمليات البناء تسعى دائما إلى ملأ الحفرات والمنخفضات والوصول بها إلى سطح الأرض ولعل هذا يبين للقارىء أن عمليات الهدم والبناء تتضافر فى تسوية سطح الارض طبيعيا .

المناخ والتعرية Climate and Denudation

حيث أن التعرية سواء كانت مباشرة أو غيرمباشرة تحدث أثرها بواسطة تأثير العوامل الجوية المختلفة فان نوع وقوة تأثير هذه العملية لابد وأن يرتبط إلى حد كبير بالاحوال المناخية السائدة للمنطقة .

وعوامل التعرية عديدة وسوف نتعرض للحديث عنها تفصيلا ولكنه من الجدير بالذكر أن نبدأ بأهم هذه العوامل تأثيرا على صخور القشرة الارضية ومن ثم نأتى إلى الإشارة عن العوامل الأقل أهمية .

وأهم عوامل التعرية هى : —

١ — الجاذبية Gravity

٢ — المياه Water

٣ — الجليد Ice

٤ — الرياح Wind

من هذه الاربعة عوامل لعلنا نرى أن الجاذبية هى العامل الوحيد الذى لا يعتمد على الاحوال المناخية أما الثلاثة الباقية فارتباطهم بالاخيره وثيق .

وعلى هذا الاساس فانه يبدو منطقيا لو قسمنا الاختلافات فى الاحوال المناخية عبر سطح القشرة الارضية إلى أربعة أقسام وهى : —

ا ـ النطاق الاستوائي Equatorial Zone ويتميز بالحرارة الشديدة ـ أمطار غزيرة ـ نباتات وغابات كثيفة .

ب ـ النطاق الصحراوي Arid Zone ويقع على جانبي النطاق الإستوائي ويتميز أيضا بالحرارة العالية مع جفاف الجو ـ أمطار نادرة ـ نباتات وغابات قليلة أو غير موجودة .

ج) النطاق المعتدل Temperate zone

حرارة معتدلة ـ أمطار متوسطة ـ نباتات وغابات موجودة .

د) النطاق القطبي : Antarctic and Arctic zones

إلى أقصى الشمال وأقصى الجنوب من النطاق الاستوائي ويتميز بالبرودة الشديدة ـ قلة وجود الليل الجاري ـ الجو جاف ـ نباتات نادرة وأيضا حيوانات قليلة . وفي كل من الأنطقه السابق ذكرها تتم عمليات التعرية بخصائص معينة وخاصة لكل نطاق والتي تبعا لها تختلف قوة أو قدرة تأثير العوامل المختلفة بعضها نسبة للبعض .

هذا ويجب الاشارة إلى أن هناك مايعرف أيضا بالتعرية البحرية Marine denudation والمقصود بها عمليات الهدم التي تحدث في قيعان البحار والمحيطات وهي لاتعتمد كثيرا على الأحوال المناخية إلا في المناطق القطبية والتي يزيد من تعقد وتشابك عملياتها وجود البحار الجليدية .

طبيعة عملية التعرية Nature of Denudation

أن عملية التعرية تحت ثلاثة أوجه Three fold فالوجه الأول يشمل كل

مايؤدى إلى تحول الصخور الصلبة المتماسكة إلى صخور أقل صلابة أو فتات صخور هشه إما بالتكسير أو بالتحلل حتى يسهل نقلها .

أما الوجه الثانى فهو عملية نقل المواد التى تستطيع عوامل النقل المعروفة (الرياح — المياه) نقلها من أماكن التعكير إلى مصاطب الترسيب .

أما الوجه الثالث فهو مشترك مع الوجه الثانى فى أنه يمثل عملية البرى أو التآكل التى تصاحب عملية نقل المواد المفتته أو المكسرة إلى أن تحدث عملية الترسيب .

هذه الوجوه الثلاثة هى المعروفة جيولوجيا باسم :-

— عملية التجوية Weathering proc

— عملية النقل Transportation

— عملية البرى أو التآكل (Abrosion) Corrosion

١ — عملية التجوية . Weathering proc

تعريف وتقديم :—

وتحت هذا العنوان يمكن ادراج كل العمليات التى تؤدى بصورة أو بأخرى إلى تكسير وتفتت المواد الصلبة تاريه أو رسوبية أومتحولة وأعداد هذه المواد المفتته لعملية النقل (ثانى عمليات التعرية) بواسطة عوامل النقل المختلفة .

وعملية التجوية لها طبيعة كيميائية وأن كانت تبدو فى صورها العديدة ميكانيكية النشأة .

وكما عرفنا الصخر سابقا أنه تجمع معادن وأن المعادن هى مركبات لها صفات بلورية مميزة ومعروفة وكذلك تراكيب كيميائية ثابتة . وصورة تواجد هذه المعادن فى الصخور يختلف من صخر إلى آخر تبعا لنشأته وطريقة تكونه فهى أما صخور ومعادن فى صورة بلورية كمعظم الصخور النارية والمتحولة أو فى صورة حبيبات كمعظم الصخور الرسوبية وفى الأخيرة يغلب وجود مواد لاحمة والتى أدت إلى تماسك الحبيبات ببعضها البعض ومن ثم فأنه فى حالة الصخور الرسوبية تعتمد قابلية الصخر أومقاومته لعوامل التعرية على نوع مادة اللحام أما الصخور النارية والتى تبلورت معادنها من الصهير فأن قوة تماسكها يرجع إلى قوة تماسك البلورات فقط بدون وجود مواد لحام وعلى هذا فهى أصلب وأكثر تماسكا أى أكثر مقاومة لعوامل التعرية إذا ماانسبت لمعظم الصخور الرسوبية .

التجوية الكيميائية Chemical weathering

حيث أن المعادن المكونة للصخور هى مركبات كيميائية غير عضوية ويعتمد تركيبها وصفاتها الطبيعية على ظروف تكوينها فبالتالى لاتتغير المعادن مادامت الظروف التى تكونت فيها لم تتغير ويقال لهذه المعادن حينئذ أنها معادن ثابته Stable minerals ولكن افتراض عدم تغير الظروف فى الطبيعة غير قائم على الاطلاق . فالظروف دائما ماتتغير وعلى هذا فان بعض المعادن تتغير لتلائم الظروف الجديدة . وعملية تغير المعادن هذه يصاحبها عادة تكسير أو تحلل للمعادن ومن ثم تغير لمكونات الصخر سواء من بين معادنه الاصلية أو ما استحدثه من مكونات جديده اضيفت اليه من الخارج أى أنه تحدث عمليه تغير كيميائى تؤدى إلى تكوين صخور جديدة .

التأثير الكيميائى للهواء Chemical action of the Atmosphere

من الحقائق العملية الثابتة لدينا أن مكونات الهواء الرئيسية هى عناصر النتروجين ، الأوكسجين ، ثانى أكسيد الكربون ، بخار الماء مع كميات صغيرة من حامض النيتريك والأمونيا .

وعنصر النتروجين خامل ولا يلعب دورا خاصا فى عملية التجوية الكيميائية وعلى هذا فان تأثير هذا العنصر ممكن التغاضى عنه اما ثانى أوكسيد الكربون فهو موجود بنسبة حوالى ٠٫٠٣ ٪ فى المناطق المفتوحة Open countries وهذه النسبة متغيرة من مكان إلى آخر ولو أن هذه النسبة تبدو للقارىء أنها ضئيلة إلا أنها فعالة جداً وتلعب دوراً هاماً فى عمليات التجوية الكيميائية خاصة إذا علمنا تأثير وجود هذا العنصر مذابا فى الماء وبالتالى زيادة قدرة الأخير على إذابة أنواع جديدة من المركبات الصخرية . وهذا ماسنتعرض له بالتفصيل عند الحديث عن تأثير المياه على الصخور والمعادن .

أما معظم عمليات التجوية الكيميائية فتعتمد إعتماداً كليا على الأكسدة ولو أنه يجدر الاشارة إلى أن الأكسدة ترتبط بل ويزيد من قوة تأثيرها وجود الرطوبة ممثلة فى وجود بخار الماء بالاضافة إلى وجود ثانى أكسيد الكربون فمعظم عمليات التأكسد لاتتم فى الجو الجاف . ولعل من الأمثلة الشائعة والمعروفة لدينا جميعا صدأ الحديد والذى يدل على أهمية تضافر بخار الماء فى عملية الأكسدة . والهواء يحتوى على نسبة كبيرة من بخار الماء ولكنها نسبة متغيرة تبعا للظروف المناخية والحقائق العلمية أثبتت أن هناك عملية انتقال مستمرة ودائمة وعكسية بين صورة الماء الموجود فى الغلاف المائى وصورته فى الغلاف الجوى ومن ثم فانه يمكن تصور ان الماء الأرضى كان فى وقت

من الأوقات فى صورته البخارية فى الهواء وعلى هذا فانه من الصعب بل ومن المستحيل تصور فصل تأثير المكونات الغازية للغلاف الجوى عن تأثير الماء فى صورته العادية على الصخور بصفة عامة . خاصة وأن بعض هذه المكونات تكون فى أنشط صورها عند تواجدها مذابة فى الماء .

ومن أشهر الامثلة على التأكسد الطبيعى هو تحلل معدنى البيريت ($ح كب_٢$) وهو موجود بكثرة فى الصخور ويجرى التفاعل حسب المعادلة الآتية :—

$$ح كب_٢ + أ_٢ \leftarrow ح كب أ_٢ + كب$$

وكبريتات الحديدوز الناتجة سهلة الذوبان فى الماء وسريعة التحول إلى مواد أخرى أما الكبريت فانه يتأكسد سريعا وفى وجود الماء وتتحول إلى حامض الكبريتيك والذى سرعان مايتفاعل مع عناصر الألومنيا والكربونات مكونا الكبريتات والتى تذوب بسرعة فى الماء مما يساعد على تحلل الصخور. وعملية تحلل معدن البيريت هامة جدا فى تحويل الصخور إلى تربة .

ونقيض الأكسدة كيميائيا هو الاختزال وعملية الاختزال ليست فعالة كما هو الحال فى التأكسد حيث أن المواد المؤكسدة هى الأكثر ثباتا وانتشارا على القشرة الأرضية وأهم عوامل الاختزال فى القشرة الأرضية هى بدون شك المواد العضوية ومن الجدير بالذكر أن طبقات أكاسيد الحديد الحمراء والمنتشرة بين الصخور الرسوبية والتى تكونت نتيجة لعمليات الأكسدة تحتوى أحياناً على بقع خضراء أو بيضاء والتى فسرها الجيولوجيون على أنها اختزال محلى Local reduction لمركبات الحديد والتى ربما نتجت من تأثير تحلل المواد العضوية الموجودة فى الطبقات أصلا .

التأثير الكيميائى للماء Chemical action of water

وتأثير الماء كعامل من أهم عوامل التجوية متعدد النواحى . فالى جانب أهميته كنشط لتأثير المكونات الغازية الموجودة بالهواء حد أن له عديد من الخصائص الأخرى والتى تجعله فى المقام الأول بالنسبة لآثر عوامل التجوية الأخرى على تغيير سطح القشرة الأرضية .

فالنظر إلى عملية إذابة المعادن مثلا . نجد أن معظم المعادن المكونة للصخور لاتذوب فى الماء (النقى) . . هذا باستثناء بعض الرواسب الملحية الجبس والانهيدريت حيث أن كربونات الكالسيوم والتى تكون معظم الصخور الجيرية فى القشرة الأرضية لاتذوب إلا بوجود ثانى أوكسيد الكربون مذابا فى الماء .

حسب المعادلة الآتية :

$$كا\,ك\,ا_{٣} + ك\,ا_{٢} + يد_{٢}\,ا \leftarrow كا\,(يد\,ك\,ا_{٣})_{٢}$$

وبذلك تتحول كربونات الكالسيوم الغير قابلة للذوبان فى الماء إلى بيكربونات الكالسيوم القابلة للذوبان بسرعة . ولعل هذا يفسر سرعة تآكل أحجار المبانى الجيرية فى المناطق ذات الأمطار الوفيرة .

السليكا . على سبيل المثال لاتتأثر إلا بالماء القلوى وحتى إذا كان الماء قلويا فالسليكا لاتذوب فيه كاملا إلا إذا كانت على حالتها الغروية Colloidal state ولكن تأثير الماء بصفة عامة يعتبر فعالا جداً عندما يكون حامضيا نتيجة لإذابة ثانى أوكسيد الكربون أو حامض الكبريتيك والذى ينتج من تأكسد معادن الكبريتيدات مثل البيريت والماركازيت كما سبق

الاشارة ومن الامثلة المعروفة لدينا والهامة جدا خطورة مياه المناجم بصفة خاصة على المزروعات وذلك إنما يرجع إلى طبيعة هذه المياه الحامضية ومن ثم خطورتها على المزروعات .

ووجود الأحماض العضوية فى الماء نتيجة لتحلل المواد النباتية كالفحم يساعد أيضا فى عملية التحلل واذابة المعادن .

ومن الظواهر الطبيعية والتى تدل على تأثير المياه المذاب بها ثانى أوكسيد الكربون وعملية قدرتها الفائقة على إذابة الصخور الجيرية الواسعة الانتشار — ظواهر تكوين الستلاكتيت والستلاجميت وتكوين ممرات الأنهار الجوفية Under ground rivers والكهوف الضخمة Gigantic caves .

ومن الجدير بالذكر أنه مما يساعد على تأثير وقدرة إذابة هذه المياه وجود الشقوق والفواصل الموجودة أصلا بالصخور المختلفة .

واتحاد الماء مع بعض المعادن يكون مايعرف بالمعادن المائية وهذه العملية تعرف بالتميؤ Hydration فمعادن السليكات أو الاكاسيد تتحول إلى سليكات وأكاسيد مائية بهذه الطريقة .

وأقرب الأمثلة على عملية التميؤ هو تحول معدن الأورثوكلاز (سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم) إلى معدن الكاولين أو الطين الصينى ومعدن الكوارتز الذى يوجد على هيئة غرينة وذلك حسب المعادلة التالية :-

$$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2 + 2H_2O + CO_2 \rightarrow Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O + 4SiO_2 + K_2CO_3$$

أورثوكلاز

كاولين

وأهمية هذا التفاعل تنحصر فى وفرة معدن الأورثوكلاز فى معظم الصخور النارية وعلى رأسها صخر الجرانيت حيث يكون حوالى ٣٥٪ من نسبة المعادن الموجودة به .

ثم أن تحول معدن الأنهيدريت (كبريتات الكالسيوم) إلى معدن الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية) مثل آخر على عملية التميؤ .

ثبات المعادن والتجوية Mineral stability and weathering

تتأثر المعادن المختلفة بعمليات التجوية بدرجات متفاوته فبعضها سهل التغير ويقال له معدن غير ثابت وبعضها يقاوم عوامل التجوية بشدة ويعرف بأنه معدن ثابت. والدخول فى تفاصيل تحلل المعادن فى الطبيعة هو خارج نطاق دراستنا فى هذا الكتاب إلا أنه من الجدير بالذكر أن نشير فى صورة موجزة عن أهم العمليات التى تؤثر فى بعض المعادن المكونة للصخور.

استجابة المعدن الواحد لظروف التجوية قد يختلف باختلاف وطريقة تواجده كما أن نواتج تجوية معدن واحد يختلف باختلاف الظروف التى تحيط به . وهناك بعض المعادن تتحلل على مراحل لتعطى فى كل مرحلة نواتج مختلفة .

ومن أهم المعادن التى تقاوم التجوية وتعرف بأنها معادن ثابته هو معدن الكوارتز يليه معادن الماسكوفيت والماجنيتيت والجارنت وعلى هذا فان تواجد هذه المعادن يكون فى صورة رواسب متبقية Residues ولو أن الماسكوفيت عادة ما ينكسر فى اتجاهات انفصامية ويحمل مع الفتات الصخرية المنقولة

تحلل معادن الفلسبارات هو فى المقام الأول بالنسبة لتحلل المعادن حيث

أن مجموعة الفلسبارات هى أهم المعادن المكونة للصخور من حيث أنها أكثر انتشارا بصفة عامة . وتحلل معادن الفلسبارات ليس بسيطا لأن نواتج التحلل لاتكون دائما واحدة بل مختلفة تبعا للظروف . فمعادن الفلسبارات هى مركبات الألومنيو سليكات لعناصر البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم وفى العادة خليط من هذه العناصر ومن ثم فهى أملاح لقاعدة قوية وحامض ضعيف وعلى ذلك فهى سهلة التحلل المائى hydrolysis وعادة ماتكون نواتج تحللهم هو مادة الكاولين وهي أنقى صور معادن الطين (lay minerals) وأما الكالسيوم الداخل فى تركيب البلاجيوكلاز القاعدى والمسمى بالفلسبارات الكالسية فيدخل فى تكوين كربونات الكالسيوم ولعله من المعتقد أن كل تكاوين كربونات الكالسيوم (الصخور الجيرية) الموجودة فى الصخور الرسوبية يعزى أصلا لتحلل معادن الفلسبارات الكلسية الموجودة بالصخور النارية . أما المعادن الغير سليكاتيه مثل معدن البيريت (ح كب٢) فهو مع الماء والأوكسوجين يعطي أكاسيد الحديد وحامض الكبريتيك كما ذكرنا سابقا .

ترتيب المعادن تبعا لدرجة ثباتها لعوامل التجوية

أقل ثبات	أوليفين	بلاجيوكلاز كالى
	بيروكسين	بلاجيوكلاز كالى ـ صودى
	امفيبولات	بلاجيوكلاز صودى ـ كالى
	بيوتيت	بلاجيوكلاز صودى
	فلسبار بوتاسى	
	ماسكوفيت	
أكثر ثبات	كوارتز	

وايجازا لعمليات تحلل (تجوية) المعادن المختلفة نجد أن أهم النواتج هى معادن الطفل ، الكلوريت ، أكاسيد الحديد والكربونات .

التأثير الميكانيكى للماء والجليد :- Mechanical action of water and Ice

وينحصر الأثر الميكانيكى للماء والجليد فى عملية نقل الرواسب الأقليمى والتآكل والبرى أثناء النقل . ولكنه بالإضافة إلى هذا فان هناك خاصية طبيعة للماء لها أثر فعال فى عمليات التكسير والتفتت للصخور بصفة عامة ألا وهى خاصية تجمد المياه . فالماء عند تجمده يتمدد بنسبة حوالى ١٠ ٪ من حجمه الأصلى وهذا التمدد يؤدى إلى احداث ضغط كبير . ومن ثم فلو تجمد ماء متواجد فى فتحات أو فجوات أو شقوق موجودة فى صخر ما فان التمدد الحجمى الناتج عن عملية التجمد يحدث ضغطا على الصخر نفسه مما يؤدى إلى تكسيره وتفتته وفى الحقيقة أن هذه الظاهره هامة جدا خاصية فى المناطق الباردة وعلى الاماكن المرتفعة مثل قمم الجبال ولعله من المؤكد أن أكوام فتات الصخور (الركام الصخرى) التى نلاحظها دائما تحت سفح الجبال ماهى إلا نواتج لتجمد المياه على قمم هذه الجبال والتى مالبثت أن أدت إلى تفتت الصخور وانزلقت بفعل الجاذبية من أعلى إلى أسفل .

والجمد (Forst) عامل مؤثر جدا فى تفكك تجمعات الصخور السطحية وبهذا يسهل نقلهم إلى أماكن أخرى .

وتربة المناطق الباردة تتميز عموما بشكل خاص وهو الشكل الاسفنجى والذى يجعلها أكثر من غيرها من أنواع التربة الأخرى تعرضا لعوامل التجوية وخصوصا تأثير المياه الجارية . والشكل الأسفنجى لتربة المناطق الباردة إنما

يتكون نتيجة لأنصهار الجليد المتخلل بين حبيبات التربة تاركا الفراغات التي قد نشأت من تجمد المياه بين حبيبات التربة .

تأثير النباتات والحيوانات Biologicae action

بالاضافة إلى العوامل الغير عضوية لعمليات التجوية والتي ذكرناها فيما سبق نجد أن كمية هائلة من تكسير الصخور يرجـــع إلى النشاط الحيوي للحيوانات والنباتات وبصفه خاصة الأخيرة . فان جذوع النباتات لها القدرة على أفراز عصارة حامضية تستطيـع أن تحلل معادن التربة والصخور وذلك لمسافات عميقة . كما أن لهذه الجذوع طاقة ميكانيكية هائلة في توسيع الشقوق الموجودة في التربة أو الصخور ومن ثم تساعد حركة المياه الجوفية والهواء في تحلل التربة .

وعلى النقيض من هذا فان النباتات الكثيفة تحمي التربة التي تنمو فيها من الازالة وعلى هذا فاننا نجد دائما في منـاطق الغابات أن سطح الأرض مغطى بمواد من فتا ت الصخور والتي تكونت نتيجة للتجوية في نفس مكانها ولم تنقل إلى مكان آخر . وهناك بعض الأنواع من النباتات الصغيرة في الحجم والتي تنمو فوق سطح الصخور تجعل سطح الأخيرة رطب دائما مما يساعد عمليات التجوية على زيادة فاعليتها كما أن هذه النباتات تكون لها عصارة حامضية ذات تأثير قوى .

التجوية والمناطق المناخيه Weathering and altitude

من البديهي أن تختلف التجوية من مكان إلى آخر على سطح القشرة الأرضية فطبيعة عمليات التجوية وكذا مدى تأثيرها على الصخور المختلفة

يعتمد اعتمادا كليا على الظروف المناخية . ومن ثم فانه يجب دراسة تأثير وفعالية عمليات التجوية المختلفة فى كل منطقة مناخية على حده .

والمناطق المناخية مقسمة إلى أربع كما ذكرنا من قبل :—

١ — المناطق الاستوائية Tropical regions

٢ — المناطق الصحراوية Desert regions

٣ — المناطق المعتدلة Temperate regions

٤ المناطق القطبية Arctic and antarctic regions

ومن الجدير بالذكر أن التجوية تعتمد على خط العرض أساسا ومن الطبيعى أيضا أن تختلف من مكان إلى آخر على نفس خط العرض ومثال هذا نجد أن الأماكن الوسطى من القارات تختلف عن الأماكن الشاطئية من حيث طبيعة المناخ وكذلك فان فى آسيا الوسطى والتى نجد فيها إنعدام المناطق المعتدلة بمعناها الحقيقى بل مناطق صحراوية تنتقل إلى قطبية أو جليدية مباشرة .

١ — التجوية فى المناطق الاستوائية :—

تتميز هذه المناطق بصفة عامة بوجود الغابات الكثيفة والحرارة الشديدة والأمطار الغزيرة وبالتالى فان التجوية الكيميائية نشيطة جدا ووجود النباتات الكثيفة يقلل أو يضعف من تأثير عمليه النقل ولهذا نجد أن الصخور تتحلل لمسافات بعيدة ولأعماق كبيرة قد تصل فى بعض الأحيان ١٠٠ قدم أو أكثر تحت سطح الأرض .

وأهم نواتج التجوية الكيميائية هى تكوين التربة المسماة باللاتريت

(Larerite) والكاولينيت (Kaolinite) والبوكسيت (Bauxite) . واللاتريت مميزة للمناطق الاستوائية عموما حيث الأمطار الغزيرة وهى عبارة عن خليط من أكاسيد الحديد والألومنيوم المائية ذات اللون الأحمر أو البنى .

وتتم عملية تحلل معادن السليكات فى هذه المناطق بسرعة تفوق كثيرا تحللها فى المناطق الباردة والسليكا الناتجة من التحلل تكون عادة فى صورتها الغروية مما يسهل على المياه القلوية إذابتها ونقلها على هيئة محلول .

ونجد أن معدل تفكك desintegration rate الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة سريع جداً فى هذه المناطق حيث تزال المواد اللاحمة بفعل الأمطار الغزيرة من صخور الحجر الرملى والكونجلومرات ومعظم الصخور الصفائحية (مثل الشست ، الأردواز ، الطفل) فتتحول الأولى إلى حبيبات خشنة وحصى ورمل أما الأخيرة فتتحول إلى مواد دقيقة مثل الطين .

ومن الطبيعى أن تحدث فى هذه المناطق مايعرف بالانهيارات الصخرية والأرضية وتنشأ عادة هذه الانهيارات من إذابة صخور الحجر الجيرى فى المياه المحملة بثانى أكسيد الكربون أكثر من غيره من الصخور .

ومن الملاحظات الجديرة بالذكر والتى تثير جدلا بين الجيولوجيين إلى وقتنا الحالى مايشاهد فى بعض محاجر المناطق الاستوائية من وجود طبقات رقيقة جداً متحللة فى سمك نصل السكين تتبادل مع أخرى غير متحللة . ولقد كان ومازال الاحتمال الموجود لتفسير هذه الظاهرة هو تأثير بعض أنواع البكتريا على تحلل الصخور ومما لاشك فيه أن درجة الحرارة العالية للمياه

الجوفية فى هذه المناطق والتى قد تصل إلى ٨٠°م تكون وسطا مناسبا لنشاط البكتريا (الصخرية) .

التجوية فى المناطق الصحراوية :-

وفى هذه المناطق حيث الجو الجاف ومن ثم ندرة وجود النباتات فان عمليات التجوية فى هذه المناطق تأخذ طابعاً غريبا بعض الشيء والذى يميزها عن غيرها من المناطق الاخرى .

والصحارى الحقيقية موجودة على هيئة حزامين (نطاقين) مستمرين حول الحزام الإستوائى وفى أغلب الأحيان فان درجة الحرارة بهذه المناطق تكون عالية جداً بالنهار أما الليل فيتسم ببعض البرودة وعلى هذا فان معدل التغير الحرارى بين الليل والنهار فى هذه المناطق كبير ومن ثم فان الأثر الناتج عن الإنكماش والتمدد يلعب دورا رئيسيا فى هذه المناطق . ولعلنا نستطيع من هذا تصوران الرمال الموجودة والمميزة للصحارى بصفة عامة ما هى إلا خليط من فتات معادن ناتجة من التهشم الصخرى بهذه الطريقة بدون أى تغير كيميائى للمعادن ذاتها .

ومن المعروف أن الأمطار فى هذه المناطق تكاد تكون منعدمة إلا أن هناك بعض العواصف الشديدة الممطرة أحياناً ولكنها وقتية ولهذا فانه غالباً ما تكون هناك كمية من المياه الجوفية فى الصحراء وحيث أن طبيعة الهواء دائما حار وجاف فان الخاصية الشعرية تلعب دوراً هاما فى جذب المياه من أسفل إلى أعلى حاملة معها ما تمكنت من إذابته من أملاح للصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم حتى تصل إلى السطح أو بالقرب منه حيث تتبخر بسرعة تاركة وراءها أملاح العناصر المشار إليها مركزة فى المناطق المنبسطة

أو المنخفضات الضخلة حيث لا يستطيع المطر إزاحتها من أماكنها فتتراكم على هيئة رواسب ملحية والتى يؤدى تبلورها إلى تفكك صخور سطح الأرض .

ويصبغ عادة رمل الصحراء بلون المواد المذابة والمحمولة بالمياه الجوفية مثل الأحمر أو البنى نتيجة لأملاح الحديد وغيرها ...

ومن الجدير بالذكر أن نشير إلى ظاهرة وجود القشرة السوداء أو البنى الداكن اللامعة والمميزة لسطح صخور المناطق الصحراوية والتى تعرف باسم (ورنيش الصحراء Vernis du desert) وتتكون أساسا من أكاسيد الحديد والمنجنيز التى ترسبت بعد تبخير الميـــاه الصاعدة بالخاصة الشعرية والحاملة لأملاح هذين العنصرين .

التجوية فى المناطق المعتـدلة :-

فى الحقيقة يمكن التعبير عن التجوية فى المناطق المعتدلة على أنها تضافر كل العمليات الموجودة فى المناطق الأخرى ولكن تأثير أيها على حده لا يصل إلى حد وقوة تأثيره فى منطقته المميزة به . وبالإضافة إلى هذا فلو أخذنا فى الإعتبار التغيرات المعروفة فى فصول السنة المختلفة نجد أنه فى فصل الشتاء مثلا يلعب الصقيع دوراً هاما أما فى الصيف فالمياه الجارية تلعب الدور الرئيسى ومن ثم فان التجوية الجافة أى بواسطة الرياح هى أهم العمليات فى الفصول الستوية المتميزة بالجفاف .

وحتى بالنسبة للأمطار فى حد ذاتها فانها تختلف إختلافا بينا من منطقة إلى أخرى فمعدل سقوط الأمطار مثلا فى الاسكندرية يختلف عنه فى القاهرة

أو في الصغيد . وهكذا بالإضافة إلى أن إرتفاع الناطق أو انخفاضها عن سطح الأرض يؤثر بشكل كبير على نوعية عمليات التجوية .

وبصفة عامة فانه في الصيف تسود التجوية بالذوبان والتحلل الكيميائي أما في الشتاء فتغلب عمليات التجوية الميكانيكية وخاصة بأثير تجمد المياه والتي تؤدي إلى التفكك والتكسير .

التجوية في المناطق القطبية :ـ

من البديهي أنه إذا أصبحت درجة الحرارة منخفضة جداً فان التأثير الكيميائي يصبح أقل فاعلية وأثراً وكذلك فان العوامل العضوية تصبح منعدمة تقريبا وعلى هذا فان أهم عامل في هذه المناطق هو عملية تمدد المياه عند تجمدها ومدى ما تحدثه من آثار على تفتيت وتكسير الصخور المختلفة والذي يؤدي إلى تكون الجليبات ساده الزوايا والتي تتراكم على سفوح جبال المناطق الشمالية خاصة .

ومن الجدير بالذكر أن تحلل المعادن يصبح ضئيلا جداً في هذه المناطق .

نواتج التجوية :ـ

ونواتج التجوية عديدة ومختلفة تبعا للعامل المؤثر الذي تأثرت به الصخور دون غيره من العوامل . إلا أنه يجب الأخذ في الاعتبار أن عوامل التجوية تتضافر مع بعضها بل وتسير معا في نفس الوقت أي أنها ليست منفصلة . ولكن هناك بعض نواتج للتجوية والتي نشاهد مظاهرها على سطح القشرة الأرضية فنستطيع أن نستدل منها على أي العوامل كان سائدا دون غيره أثناء تكون هذه الظواهر الجيولوجية .

ومن الظواهر الجيولوجية المعروف أنها من نواتج التجوية ما يلى :-

١ — التقشر Exfoliation

ويحدث عادة للصخور النارية وبصفة خاصة صخور الجرانيت وهو عبارة عن صفة سطحيه للصخور تنتج من تأثرها بحرارة الشمس فيتمدد سطحها ثم ما يلبث أن ينكمش نتيجة لبرودة الليل ومن ثم فان تكرار هذه العملية تؤدى إلى حدوث قشور على سطح هذه الصخور والتى سهل انفصالها بمرور الوقت لتتكون قشرة أخرى وهكذا مما يعطى لسطح الصخور صفة الاستدارة نتيجة لهذا التقشير .

٢ — ركام السفوح Scree or talus

وهو عبارة عن فتات الصخور المختلفة والتى تتراكم على هيئة أكوام ضخمة توجد على سفوح الجبال وكذلك المنحدرات الشديدة وهى نتيجة للتجوية الطبيعية كتأثير التغيرات الحرارية وتجمد المياه . الخ وينتقل هذا الفتات الصخرى من المستويات العليـــا إلى المنخفضة مادة بفعل الجاذبية أو الأمطار والسيول .

٣ — حقول الجلاميد Boulder fields

وهى عبارة عن مساحات شاسعة من الأرض مغطاه بجلاميد (حصى كبير) مستديرة الشكل ويرجع أصل تكوين هذه الجلاميد إلى التجوية الكيميائية والتى تذيب بعض مكونات الصخور دون غيرها تاركة وراءها المواد الصلبة الغير قابلة للذوبان والشديدة المقاومة لعمليات التجوية الكيميائية . ومن أمثلة هذه الحقول بمصر تلك الوديان الموجودة على طريق الواحات بالصحراء

الغربية والمعروفة بين أهالى تلك المناطق باسم (وديان البطيخ) لما بها من جلاميد مكدسة والتى كانت موجودة أصلا فى صخور العصر الجيرى .

٤ — الوشاح أو الرواسب الصخرية وتكوين التربة :

Terrestrial deposits and soil formation

والوشاح الصخرى هو تلك الطبقة السطحية المكونة من المواد الصخرية المفككة والتى تكونت نتيجة لعوامل التجوية المختلفة طبيعية كانت أو كيميائية ويغطى هذا الوشاح الأساسى الصخرى Bed rock ويتركب من طبقتين : العليا وتتميز بوجود النباتات والمواد العضوية المتحللة وتعرف باسم التربة والسفلى وتتكون أساسا من مواد صخرية متفككة فقط وتعرف باسم تحت التربة Subsoil .

ولقد تمكن المشتغلون بدراسة الوشاح الصخري وخاصة التربة إلى تقسيمه إلى الأنواع الآتية :-

١ - وشاح صخرى (رسوبيات) موضعية أو متبقية Residual deposits

وتشمل نوعان حديث { مثل رواسب الحصى والرمل والطين ورواسب اللاتريت والبوكسيت .

قديم { مثل رواسب الفحم وبعض رواسب المستنقعات

٢ - وشاح صخرى (رسوبيات) منقولة Transported deposits

وتشمل أربعة أنواع : غير متجانسة = مثل رواسب التالوث والفتات الصخرى Talus & rock debris .

طينية = رواسب الطين الحديث التكوين وبعض رواسب المستنقعات .
صحراوية = رمال صحراوية أساسا ورواسب التلوس .
جليدية = رواسب الثلاجات .

والفرق بين الوشاح الصخرى المتبقى أو الموضعى والوشاح الصخرى المنقول هو وجود علاقة معدنية وكيميائية بين الصخر الأصلى والوشاح فى حالة النوع الأول وانعدام هذه العلاقة فى الوشاح الصخرى المنقول . ومن الجدير بالذكر ان الطبقة السطحية من الوشاح الصخرى والمعروفة باسم التربة هو ما يهم الجيولوجيين والزراعيين والمهندسين وسمك هذه التربة لا يزيد عادة عن عدة أقدام وتتكون من خليط من المواد المعدنية المتككة المختلفة أو المجانسة التركيب والتى تنتج من التجوية الطبيعية والكيميائية بالإضافة إلى وجود النباتات وما يصاحبها من موادعضوية متحللة تسمى الدبال (Humus) هذا إلى جانب ما تحتويه التربة من حشرات وحيوانات صغيرة وبكتريا .

تكوين التربة Soil formation

تتكون التربة أساساً من الفتات الصخرى الذى تنتج من تأثير عوامل التجوية المختلفة على صخور القشرة الأرضية الصلبة ولا تلبث هذه الفتات الصخرية أن تحتوى أنواع مختلفة من البكتريا والنباتات الدنيئة الأخرى كالطحالب وتحلل بها بقايا الكائنات الحية وبالتالى تنمو الحشائش والشجيرات . وتساعد امتداد جذور النباتات فى الأرض على مزيد من التفكك الصخرى كما تبدأ بعض الحيوانات الحفارة كالديدان الأرضية فى الحفر وتعريض مواد جديدة تحت سطحية للسطح وبهذا تصبح التربة مسامية وذات نسيج اسفنجى واضح يساعدها على تخلل المياه والهواء مما يهيء لها أنسب الظروف لنشأة تربة جيدة .

العوامل المتسببة فى تكوين التربة —

تتعدد العوامل التى تؤثر على تكون التربة وطبيعتها نذكر منها ما يلى :

١ — طبيعة الصخر الأصلى Parent rock

٢ — التضاريس Relief

٣ عمر التربة Age of soil

٤ — الظروف المناخية Climate

١ — طبيعة الصخر الأصلى : —

يتوقف نوع وطبيعة التربة على نوع وطبيعة الصخر الأصلى . والمعروف باسم المصدر الأصلى للتربة . ويقصد بنوع وطبيعة الصخر الأصلى تركيبه المعدنى والكيمائى وكذلك خواصه الطبيعية كالمسامية الصخرية وسهولة الانفاذ Permeability وبعده عن مستوى المياه الجوفية Underground water .

ومثال ذلك فان التربة التى تتكون من الرمال فقط أو الأحجار الرملية لا تكون جيدة لأنها تكون ذات مسامية عالية ونفاذة للمياه وبالتالى لا تحتفظ بالمياه فيها بل تتخللها إلى الأعماق . هذا بالإضافة إلى أن المياه المتخللة تذيب معظم أملاح الحديد والتى تتواجد غالبا فى الصخور الرملية لترسبها على عمق غير بعيد من التربة وبهذا تكون حاجزا يعوق الحركة الحرة للمياه الجوفية ومن ثم تكون هذه التربة جافه جدا فى فصول الجفاف وشديدة الرطوبة فى الفصول الممطرة

وأيضا التربة الطينية تعتبر تربة غير جيدة وذلك لأنها على عكس التربة الرملية تكون غير منفذة للمياه وخصوصا عندما تكون الأرض مسطحة

أى ليس بها إرتفاعات وانخفاضات فتتراكم المياه فيها على هيئة برك ومستنقعات وتعالج هذه التربة عادة باضافة الجير والذى يعمل على تماسك حبيبات الطين الدقيقة فيجعلها مشابهة لحبيبات الرمال مما يعطى لها صفة النفاذية إلى حد ما وتسمى التربة المارلية .

وأجود أنواع التربة الزراعية هى التى تكون خليطا من الطين والرمال والتى تسمى بالتربة الدلفانية .

وتحلل الصخور النارية كالجرانيت والبازلت عادة يعطى تربة جيدة وذلك لانها تتكون أساسا من معادن الطفل والناتجة من تحلل معادن الفلسبارات المكونة لهذه الصخور النارية .

٢ — التضاريس Relief

والتضاريس تؤثر على التربة من ناحيتين رئيسيتين . فمن الناحية الأولى لابد أن تكون السهول المقامة عليها التربة منبسطة إلى حد ما أو مائلة قليلا فاذا كانت الأرض شديدة الإنحدار فى بعض الأماكن فان ما عليها من فتات صخرى يتزلق ويتراكم فى الأماكن المنخفضة تحت تأثير الجاذبية . والأراضى المنبسطة دائما تكون رديئة الصرف المائى وبالتالى فان أنسب أنواع التضاريس هى تلك الأراضى المستوية المائلة قليلة والتى لا يتعدى درجة ميلها عن خمس درجات أو عشر درجات على الأكثر .

٣ — عمر التربة Age of soil

أتضح من واقع الدراسات المختلفة على التربة أنه كلما زاد عمر التربة كلما كان تركيبها المعدنى متشابه وبالتالى فانها تكون رديئة وذلك واضح من أن

المعادن تتحلل ببطء . وأكثر المعادن ثباتا هو معدن الكوارتز وكلما زاد عمر التربة كلما كان تركيبها أساسا معدن الكوارتز (السيليكا) وبذلك تكون تربة رديئة لعدم إحتوائها على أملاح أخرى تزيد من درجة خصوبتها . الأمر الذى يضطر الزراعيين إلى إضافة أنواع من الأسمدة لتعويض التربة عما فقدته من أملاح أزيلت بالذوبان على مر الوقت .

٤ ـ الظروف المناخية Climate

وتؤثر الظروف المناخية بطريقة مباشرة على نشاط البكتريا والمسماه باسم بكتريا التربة والتى تساعد على تحلل المواد العضوية المفيدة لنمو النباتات . ففى المناطق الحارة الرطبة تنشط البكتريا ويزداد تكاثرها مما يساعد على إستهلاك الدبال أما فى المناطق الباردة الجافة فان تكاثر البكتريا يصبح ضئيلا مما يجعل التربة تحتفظ بكمية كبيرة من الدبال .

القطاع الجانبى للتربة Soil profile

تتميز التربة بصفة عامة بوجود ثلاث نطاقات تتواجد فوق بعضها وتعرف هذه النطاقات من أسفل إلى أعلى كما يلى :

١ ـ نطاق الصخر الأصلى (Bed rock zone) : ـ وهو السطح العلوى للاساس الصخرى نفسه ويتكون من صخور مفتتة جزئيا بفعل عوامل التجوية ويتدرج فى حجم مكوناته من حصى وطين فى أجزائه العليا إلى حصى فقط فى أجزائه السفلى إلى أن يصل إلى الصخر الصلب الذى لم يتأثر بعوامل التجوية .

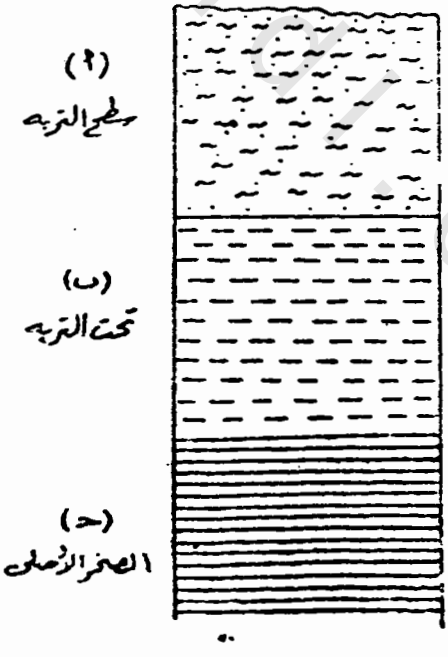
٢ ـ نطاق تحت التربة (Subsoil zone) : ـ ويعلو هذا النطاق نطاق الصخر الأصلى ويتراوح سمكه ما بين عدة سنتيمترات إلى متر أو أكثر قليلا (١٢٠ سم) ويحتوى على بعض معادن الصخر الأصلى الأكثر مقاومة

للتحلل مثل الكوارتز إلى جانب الأملاح المترسبة من المعادن المتحللة وعادة ما يحتفظ هذا النطاق بالمياه الجوفية كما أنه لا يحتوى على مواد عضوية (دبال) .

٣ ـ نطاق سطح التربة Topsoil zone :

وهى كل ما يتواجد على سطح التربة من مواد بالإضافة إلى المواد العضوية ويعتبر هذا النطاق نطاق مستوف دائما حيث أن المياه السطحية تذيب ما فيه من أملاح وتحملها أثناء تحللها لترسبها فى نطاق ما تحت التربة . وتختلف لون هذا النطاق تبعاً لكمية المواد عضوية . ويتراوح سمك هـــذا النطاق ما بين ٢٠ ، ٤٠ سنتيمترا .

ومن الجدير بالذكر أن هذا القطاع الجانبي الموضح بالشكل (٩٠) يعتبر نموذجا للتربة المتبقية أما فى حالة التربة المنقولة فان نطاق الصخر الأصلى لا يكون موجوداً ويستقر نطاق ما تحت سطح التربة على صخر آخر ليس له علاقة بأصل التربة .



(شكل ٩٠) قطاع رأسى فى تربة ناضجة

أنواع التربة

كما سبق أن ذكرنا فإن نوع التربة يعتمد على الظروف المناخية ومن ثم عوامل التعرية المختلفة بالاضافة إلى طبيعة الصخور الأساسية والتى يتكون منها أو عليها الوشاح الصخرى . ودراسة التربة من الناحية الجيولوجية يعطى فكرة عن المناخ أو الظروف البيئية السائدة وقت تكوينها . كما أنها فى بعض الأحيان قد تكون مصدرا لبعض الرواسب المعدنية الاقتصادية .

وهناك عدة أنواع من التربة . فمن واقع تصنيف هذه الأنواع نجد التربة إما أن تكون مصنفة على أساس تركيبها المعدنى إلى :—

١ — تربة غنية باكاسيد الحديد والطين Pedalfer soils

٢ — تربة غنية بالكالسيوم Pedocal soils

٣ — تربة غنية باكاسيد الحديد والألومنيوم Laterite & bauxite

٤ — تربة غنية بمعادن السليكا

أو أن التربة تصنف على أساس لونها الواضح والذى أيضا يرجع إلى تركيبها المعدنى إلى :

١) التربة الشهباء Podsol وهى التربة الغنية بسليكات الألومنيوم

٢) التربة السمراء أو البنيـــة Brown soil وهى التربة الغنيـة بالطين وأكاسيد الحديد

٣) التربة الحمراء Laterite وهى التربة الغنية باكاسيد الألومنيوم المائية مع اكاسيد الحديد المائية .

٤) التربة السوداء Black soil وهى تحتوى على فتات صخرية ومواد عضوية قد تصل إلى ١٠٪ .

٥) التربة الكستنائية Chestnut soil وهى كالتربة السوداء ولكن لا يزيد مابها من مواد عضوية عن ١ ٪ .

ومن الجدير بالذكر أن العوامل المحكمة فى إنتاج نوع معين من التربة هى أساسا عوامل التجوية والتى تعتمد على الإذابة والترسيب أى إذابة أنواع معينة من الأملاح وترسيب أنواع أخرى ومن ثم يتحدد التركيب المعدنى وكذا لون التربة .

وبما أن عوامل التجوية المختلفة تتحدد بالظروف المناخية فإن التربة الصحراء مثلا توجد عادة فى المناطق المناخية الباردة حيث لا تكفى سرعة التحلل الكيميائى لازالة المواد الذائبة وبذلك تبقى بعض الأحماض فى التربة فتحافظ الكربونات القلوية التى تنتج من التحلل المائى لمعادن السليكات بصفة عامة أما التربة الصفراء أو البنية فتسود فى المناطق المعتدلة مثل شمال غرب أوربا وشرق أمريكا وهذه التربة لابد أن تعالج بمواد جيرية حتى تصبح صالحة للزراعة وذلك لعدم احتوائها على كربونات الكالسيوم والأملاح القلوية .

أما التربة الحمراء فتكثر فى المناطق الرطبة ذات المناخ الحار كالمناطق الإستوائية ويرجع لونها الاحمر إلى وجود أكاسيد الحديد مختلطة بأكاسيد الألومنيوم المائية وفى بعض الأحيان تستغل هذه التربة كمصدر لخام الحديد إذا تواجد بنسبة عالية

والتربة السوداء هى المناطق شبه صحراوية والمنتشرة فى روسيا وأمريكا

الشمالية وصالحة جدا لزراعة القمح وتكوين المصدر الصخرى لهذه التربة هو صخور التالوس المفككة والذى ينتشر فى المناطق الشبه صحراوية نتيجة لعوامل التجوية فى تلك المناطق ويعزى اللون القاتم فى هذه التربة إلى كثرة المواد العضوية والتى تصل إلى ١٠٪ .

أما التربة المميزة للمناطق الصحراوية فتكون تربة رملية صفراء أو بيضاء تتكون من حبيبات من الرمل المفتتة نتيجة لعوامل التجوية الميكانيكية ومن مميزات هذه التربة خلوها من المواد الدبالية حيث لاتوجد نباتات بدرجة تكفى لتكوينها .

نقل نواتج التفتت والتحلل Transportation

بعد عملية تفتت وتحلل الصخور بعوامل التعرية فإن نواتج التفتت هذه تتعرض للنقل بالوسائل المختلفة مثل التيارات المائية والرياح والثلاجات وكذلك بتأثير الجاذبية الأرضية . كما أن الكائنات الحية قد يكون لها دور فى عملية النقل . وفى أثناء عملية النقل قد يحدث تصنيف للمواد المحمولة على حسب حجمها . فهناك بعض الأجزاء التى يصعب نقلها ولكنها تتفتت وتتعفن وتترك فى مكانها لتكون مايسمى بالرواسب المتبقية أو المتخلفة . فى حين أن الجزء الأكبر ينقل إلى مسافات مختلفة .

فالحصى والزلط عادة لاينقل إلى مسافات طويلة بعيدا عن المصدر وذلك نظرا لكبر حجم الحبيبات . فى الحين أن المواد الدقيقة والأملاح الذائبة فانها تنقل إلى مسافات طويلة إلى أن يتم ترسيبها .

النقل بواسطة التيارات المائية :- يتم النقل بواسطة التيارات المائية جزئيا

عن طريق تدحرج الحبيبات الكبيرة على قاع المجرى المائى وخصوصا قرب منبع النهر حيث تكون سرعة تدفق المياه كبيرة تساعد على حمل الحصى الكبير. أما بالنسبة للحبيبات الصغيرة والدقيقة فانها تحمل معلقة مع تيارات الماء. وكلما زادت سرعة تدفق المياه زادت قدرتها على الحمل. ويلاحظ أن الحبيبات التى تنقل بالتدحرج على قاع المجرى المائى تكون أكثر استدارة من التى تحمل معلقة مع التيارات.

والجزء الأكبر من المواد الرسوبية ينقل على شكل أملاح ذائبة حيث تجد طريقها فى النهاية إلى البحر. وتقدر كمية الأملاح التى تنقل سنويا إلى البحر بحوالى ٢٫٥ مليون طن.

النقل بواسطة الرياح :— يحدث النقل بواسطة الرياح فى المناطق التى ليس بها نباتات حيث أن الغطاء النباتى يحمى الصخور من تأثير عوامل التعرية. ففى المناطق الصحراوية وحيث لايكون هناك أمطار كثيرة فان الرياح تعتبر عامل النقل الرئيسى.

٣ — ترسيب المواد المنقولة Deposition :—

عندما تقل سرعة تيارات الحمل سواء مائية أو هوائية فان معظم المواد المحمولة ترسب ماعدا المواد الغروية التى تظل عالقة ولاترسب إلا إذا حدث أى تغير كيميائى يسبب تجمعها وترسيبها. ولكن بالنسبة للمواد المنقولة على شكل أملاح ذائبة فاما أن ترسب مباشرة بتأثير عملية البخر أو نتيجة التفاعلات الكيميائية التى قد تحدث بين المحاليل فتؤدى إلى تكون أملاح غير قابلة للذوبان. وقد تعمل بعض الكائنات الحية على الترسيب وذلك بأن تأخذ المياه التى بها أملاح ذائبة ثم تعيد فرز الأملاح الذائبة على شكل صدفات لها.

البيئات المختلفة للترسيب Environments of deposition :—

تعتمد طبيعة الصخور الرسوبية الناتجة على عاملين أساسيين :—

ا — نوع صخور الأصل التى تفتت وكونت الصخر الرسوبى .

ب — البيئة التى تترسب فيها . فيحدد نوع الصخر الأصلى التركيب المعدنى للصخر الرسوبى الناتج . ولكن بيئة الترسيب تحدد الخواص الطبيعية للصخر .

ويمكن تقسيم بيئات الترسيب إلى قسمين أساسيين :

١) البيئات القارية Continental environments

٢) البيئات البحرية Marine environments

البيئات القارية :— وهذه تشمل الترسب فى المناطق القارية سواء فى المياه العذبة أو المناطق اليابسة . ويمكن تقسيم البيئة القارية . إلى عدة أنواع :—

ا — البيئة النهرية Fluviatile environment : حيث يتم الترسيب فى مجارى الأنهار وعلى ضفاف هذه الأنهار فى وقت الفيضان . وتعرف معظم الرواسب من هذا النوع باسم الغرين Alluvium .

ب — بيئة البحيرات العذبة Fresh water lakes : فى حالة البحيرات الكبيرة فانه يمكن ملاحظة ثلاثة مناطق وهى المنطقة الساحلية حيث توجد الرواسب خشنة الحبيبات ثم المنطقة متوسطة العمق حيث تكون الرواسب أصغر حجما إلى أن تتدرج إلى رواسب دقيقة الحبيبات فى الأعماق الكبيرة .

حـ — بيئة البحيرات المالحة Salt lake environment : فالمياه التى تجد طريقها إلى هذه البحيرات لاتجد لها مخرج . ولكن الطريقة الوحيدة لخروج

الماء هي البحر حيث تتركز الأملاح الذائبة إلى أن تتشبع المحاليل وتترسب الأملاح الذائبة على حسب درجة ذوبانها فتترسب أولا الأملاح الأقل ثم يليها الأكثر ذوبان .

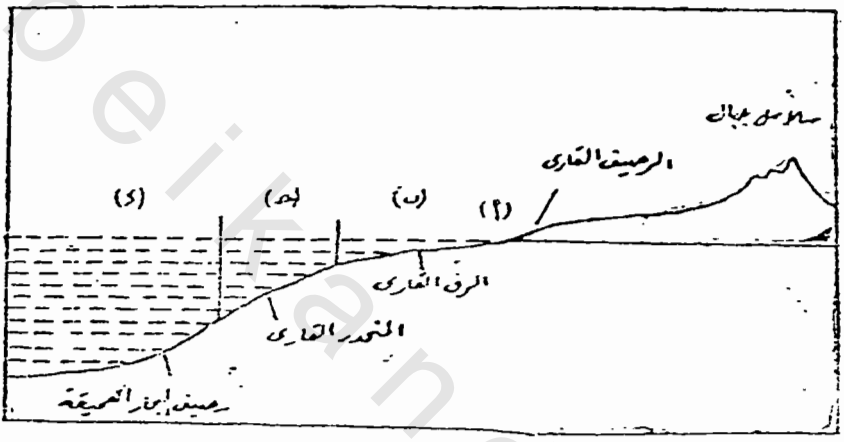
و ـ البيئة الجليدية Glacial environment : عندما تتحرك الثلاجات فانها تجرف فى طريقها كل ما تقابله من حصى وزلط وأى أنواع أخرى . ثم يعد ذوبان الجليد فى فصل الصيف يترسب كل ما تحمله هذه الثلاجات . ويختلف هذا النوع من الرواسب عن الرواسب النهرية فى أنها تكون رديئة التصنيف بمعنى أنها تكون مكونة من حبيبات كبيرة وصغيرة مختلطة مع بعضها . علاوة على أنها لا تكون مستديرة بالمقارنة بالرواسب النهرية .

هـ ـ البيئة الهوائية أو الصحراوية Aeolian environment : يتم النقل والترسيب بواسطة الرياح وذلك فى المناطق الصحراوية حيث يندر سقوط الأمطار فى هذه المناطق . ومثال ذلك الكثبان الرملية المنتشرة فى الصحراء الغربية . حيث تترسب الرمال المحمولة بالرياح على شكل كثبان كبيرة . ويأخذ الكثبان الرملى فى الكبر إلى أن يصل إلى إرتفاع تكون فوقه قوة الرياح وسرعتها لا تسمح بمزيد من الترسيب وتتحرك هذه الكثبان الرملية فى إتجاه الرياح وتأخذ عادة أشكالا مختلفة أوسعها إنتشاراً هو الشكل الهلالى ويسمى Barchan .

٢ ـ البيئة البحرية Marine environment : تغطى البحار والمحيطات حوالى ثلثى مساحة سطح الأرض . والجزء الأكبر من المواد الرسوبية ينقل إلى هذه البحار والمحيطات حيث تترسب فى القاع . والحد الفاصل بين القارة

والبحر ليس هو خط الشاطىء ولكنه على عمق حوالى ٦٠٠ قدم . والمنطقة بين خط الشاطىء إلى عمق ٦٠٠ قدم تعتبر تابعة للقارة وتسمى بالرصيف القارى Continental shelf .

ويمكن تقسيم البيئة البحرية إلى ثلاثة مناطق على حسب العمق :-



(شكل ٩١) مناطق الترسيب المختلفة فى البحر أو المحيط

ا ـ المنطقة الشاطئية Shore zone : وهى المنطقة المحصورة بين أعلى منسوب وأقل منسوب يصل إليه سطح ماء البحر . وهذه المنطقة فى الحقيقة تتبع القارة وتتكون من الحصى والزلط والرمل ذو بيئة مختلطة (بحرية ونهرية) . أما الرواسب الدقيقة فانها تحمل إلى الأعماق الكبيرة .

ب ـ المنطقة الساحلية The shallow water zone : وتشمل هذه المنطقة الرصيف القارى ـ أى المسافة من خط الشاطىء إلى عمق ٦٠٠ قدم ـ حيث تكون الأمواج البحرية قوية ويصل تأثيرها إلى القاع بتقليب الرواسب الموجودة فى القاع وتساعد على نقل المواد الدقيقة إلى الأعماق الكبيرة .

حـ ـ المنطقة العميقة Deep water zone : وتشمل المناطق ذات عمق أكبر من ٦٠٠ قدم ـ وفى هذه المنطقة لا يصل تأثير الأمواج إلى القاع ـ والرواسب التى تصل إلى هذه المناطق العميقة تستقر على حالتها ولا يحدث لها أى تحريك فيما بعد . وتكون الرواسب عبارة عن الطين المختلط ببعض الطحالب البحرية .

وفى حالة البحار المقفولة مثل البحر الأسود فانه لا تكون هناك تهوية كافية فى الأعماق مما يؤدى إلى تكون ما يسمى بالبيئة المختزلة Reducing environment نظراً لعدم وجود أو كسجين كاف مما ينتج عنه تحال المواد العضوية وتوليد غاز كبريتيد الأيدروجين (يدكب) والأمونيا والتى تعتبر عوامل مختزلة فتكون بعض معادن الكبريتيدات مثل البيريت (Pyite Fe S_2) .

التغيرات التى تطرأ على الصخور بعد ترسيبها: Post-Depositional changes

بعد ترسيب الصخور قد تماسك حبيباتها إما نتيجة للضغط الواقع عليها بعد دفنها على أعماق كبيرة ـ أو كنتيجة لترسيب مادة لاحمة بين حبيباتها . والمحاليل التى تتخلل حبيبات الصخور لترسب المادة اللاحمة قد تعمل على إذابة بعض مكونات الصخر ليحل محلها معادن أخرى . ولذلك فان الصخر الناتج قد يختلف تماما عن الصخر الأصلى وقت الترسيب .

النحـــت Erosion

والنحت هو أحد العمليات الرئيسية التى تتسبب فى تغير شكل القشرة الأرضية كعمليات التعرية تماماً وعوامل النحت هى نفسها عوامل التعرية مثل الرياح والأمطار والأنهار ومساقط المياه والبحار والأنهار الثلجية وفى عمليات النحت تبذل عوامل النحت طاقة فعالة تؤدى إلى ما يسمى بالعمل الهدمى لهذه العوامل وعلى النقيض فان تضاءلت هذه الطاقة فان عوامل النحت تؤدى إلى ترسيب المواد العالقة والذائبة فيها وبهذا تؤدى إلى ما يعرف بالعمل البنائى لعوامل النحت .

١ — نحت الرياح Wind Erosion

ويسود نحت الرياح فى المناطق الصحراوية الجافة والتى يقل أو يندر وجود النباتات أو الغابات بها ومن ثم تكون المواد المفككة أو المكسرة عرضة لعملية النحت بواسطة الرياح وكما أسلفنا الذكر أن لكل عامل من عوامل النحت جزء خاص بالهدم وآخر خاص بالبناء ويتوقف العمل الهدمى للرياح على ما تحمله من مواد عالقة بها كالحصى والرمل والتى تعمل كأسلحة لعمليات صقل أو برى الصخور التى تقابلها ويعتمد تأثير نحت الرياح على شدتها أو قوتها بالإضافة إلى نوع المواد العالقة بها . ومن البديهى أنه إذا كانت الرياح ضعيفة فان أثرها الهدمى يكون ضئيلا جداً . وتتغير سرعة الرياح وبالتالى شدة تأثيرها تبعاً للتغيرات المناخية وكذلك تتوقف على تضاريس المنطقة . ولا تؤثر الرياح المحملة بالمواد المفتتة بنفس القدرة على كل أنواع الصخور فهناك أنواع من الصخور ضعيفة المقاومة لتأثير الرياح

فتتآكل سريعا دون غيرها والأكثر صلابة وبهـــذا تتكون بعض الظواهر الجيولوجية المعروفة مثل المصاطب الجيولوجية والتى تتكون من أجزاء من صخور صلبة تعلو صخورا أقل صلابة أو متآكلة من أثر الرياح وأيضا ما يسمى بصخور عش الغراب أو موائد الشيطان كما فى شكل (٩٢) .

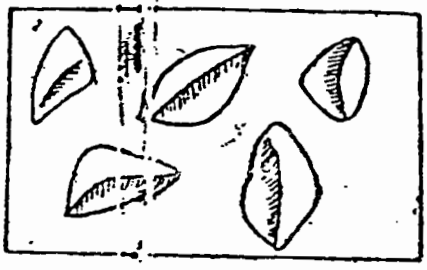
موائد الشيطان

(شكل ٩٢) موائد الشيطان

وترسب الرياح ما بهـا من مواد عالقة عندما تصطدم بعقبات تعترض طريقها فتلقى بما تحمله من رمال وأتربة مكونة ما يسمى بالكثبان الرملية والتى تختلف فى أشكالها من كثبان مستطيلة موازية لإتجاه الرياح إلى كثبان هلالية .

هذا ويجب الإشارة إلى مـا يعرف بالحصى الرياحى والكثير الإنتشار بالمناطق الصحراوية وهو حصى ذو زوايا مصقولة تحددت أشكاله نتيجة لإتجاه الرياح السائدة شكل (٩٣) .

وكميات المواد المنقولة بواسطة الريح ضخمة جداً بحيث لا يستهان بها

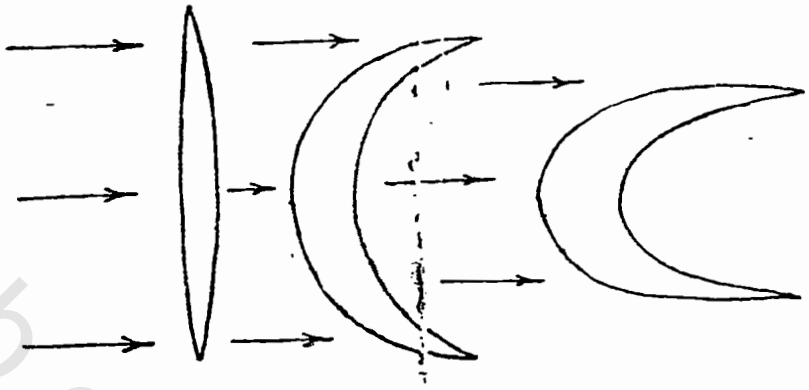


(٩٣ شكل) حصى ريحى

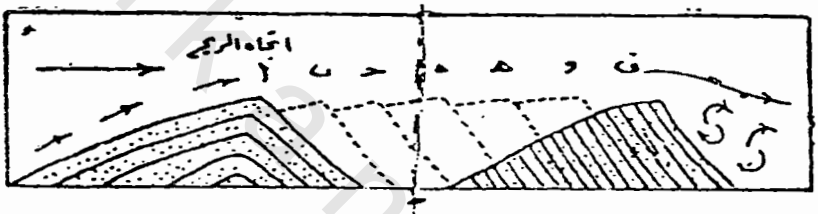
ففى بعض الأوقات وفى كثير من المناطق الصحراوية تحجب الأتربة والرمال المنقولة بواسطة الرياح الشمس عن سطح الأرض ويبدو الجو مائلاً إلى لون الإصفرار أو الأحمرار تبعاً لنوع مايحمله الهواء من أتربة .

الكثبان الرملية Sand dunes

وهى تجمعات رملية ذات أحجام وأشكال مختلفة وقد تغطى مساحات ضخمة وهى نوعان إما كثبان شاطئية أو نهرية وأما كثبان صحراوية والذى يعنينا هنا عند التكلم عن الرياح وآثارها النوع الأخير من الكثبان وتتكون هذه الكثبان نتيجة لإختلاف - حجم الحبيبات الرملية المغطية للمناطق الصحراوية والتى تجعل الرياح تحمل الحبيبات الدقيقة دون غيرها تاركة وراءها الحبيبات الخشنة والتى تكون مايعرف بتجمعات الحصى الرملى والتى تزيد من قوة تطاير الرياح الشديدة التى تصطدم بها وتؤدى إلى ترسيب الحبيبات الدقيقة فيما يعرف بإسم البقع الرملية التى إن زادت وكبر حجمها يكون مايسمى بالكثبان الرملية . وتنمو الكثبان الرملية عادة ولها تراكيب مختلفة فمنها ماهو ثابت ومنها ماهو مهاجر . وتتخذ الكثبان الرملية الصحراوية أشكالاً عديدة تعتمد على سرعة الرياح وثبات إتجاهها وكذلك الإمتداد الرملى وفى حالة ماتكون الرياح ثابتة الإتجاه فإن أشكالاً معينة من



(شكل ٩٤) الأشكال الهلالية للكثبان الرملية



(شكل ٩٥) كيفية تحرك الكثبان الرملية فى إتجاه الرياح

الكثبان الرملية تتكون وهى الكثبان الهلالية والكثبان الطويلة كالمبين فى شكل (٩٤) أما إذا تغير إتجاه الرياح بإستمرار فإن أشكالاً معقدة غير منتظمة تنتج بصفة مستمرة . ويبين شكل (٩٥) كيفية تحرك الكثبان الرملية فى إتجاه حركة الرياح .

٢ - نحت المطر Rain Erosion

كما أشرنا من قبل أن الأمطار تكثر في المناطق الإستوائية وكذلك في المناطق الساحلية من القارات نتيجة للبخر الناشيء من تأثير الشمس على مياه البحار والبحيرات ...إلخ وعندما تسقط الأمطار فإنها تقوم بعمل هدمى يتحدد بما تحدثه هذه الفتات الصخرية من جر للفتات الصخرية من فرق

المرتفعات والجبال وما تحدثه هذه الفتات الصخرية من نحت لما تنزلق فوقه من صخور بالإضافة إلى ما تذيبه مياه الأمطار من صخور قابلة للذوبان خاصة وأن مياه الأمطار لها القدرة على إذابة كميه من ثانى أكسيد الكربون الموجود بالجو وعندما تسقط الأمطار فى أى منطقة من المناطق فان جزء منها يتخلل سطح القشرة الأرضية مذيب ما هو قابل للذوبان ومكونا لما يعرف بالمياه الجوفية وجزءا يتبخر أما الجزء الثالث فيسيل على سطح الأرض مكونا مـــا يعرف بالمياه الجارية كالأنهار المؤقتة ومساقط المياه وغيرها ...

٣ — نحت السيول Torrent Erosion

والسيول هى عبارة عن الأنهار الوقتية والتى تتكون عندهطول مطر غزير على منطقة من المناطق خاصة المناطق المرتفعة . وعمل السيول هدمى حيث تجرف ما تقابله فى طريقها من كتل صخرية وجلاميدوحصى وتشق لها مجرى تحاول تعميقه بصفة مستمرة مكونة ما يعرف بالأخوار العميقة Canyons ويبدأ العمل البنائى للسيول بمجرد ما تنتشر مياهها على سطح الأرض فتفقد سرعتها وتبدأ بترسيب ما تحمل من مواد عالقة .

٤ — عمل النهار Rivers qction

تعتبر الأنهار مياه جارية ولها أثر فعال كعامل من عوامل النقل والتآكل وخاصة فى المناطق المعتدلة المناخ فان المياه الجارية تعتبر من أهم عوامل التعرية إذا ما قورنت بعمل الجاذبية أو الرياح .

ولدراسة تأثير الأنهار كعامل من عوامل النقل والتآكل أو البرى فانه لابد من الإشارة إلى بعض الأساسيات فى دراسة الأنهار وهى . طاقة النهر وحمولته ومنحنى النحت النهرى وكذلك قانون نشأة التراكيب النهرية .

طاقة النهر Energy of stream

لقد دلت الدراسة المستفيضة التي قام بها العالم جلبرت (Gilbert) والتي وضع على أساسها نظريته المشهورة بنظرية جلبرت ومحتواها أن كل نهر له كمية معينة من الطاقة تعتمد على سرعته وحجمه . وحجم النهر في العادة يكون ثابتا إلا أن سرعته تعتمد على عوامل عديدة أهمها الانحدار في مجراه بالإضافة إلى كمية الاحتكاك الناشئة بين مياه الأنهار الجارية وقاع وجوانب هذه الأنهار ولذلك فإن شكل المجرى النهري له أهمية كبرى . وطاقة النهر يعبر عنها بأنها الطاقة الناتجة عن الاحتكاك نتيجة لنقل المواد العالقة في المياه وحيث أن طاقة النهر هي كمية ثابتة فإن هناك علاقة واضحة بين النقل والاحتكاك وهذه العلاقة هي أن مجموع طاقة النقل الاحتكاك ثابت .

والمواد العالقة في مياه الأنهار لها تأثير جيولوجي ضئيل ولكن المواد المتدحرجة على قاع المجرى هي التي تؤثر وتعمل بطاقة حركتها . فكل حبيبة أو كتلة صخرية متدحرجة تصطك بجدران أو قاع المجرى لها تأثير فعال على تماسك الطبقات الصخرية المكونة لهذا القاع أو هذه الجدران ومن ثم فإن الحبيبات الصخرية المتحركة هي الأسلحة التي تستخدمها الأنهار في عملية البرى والتآكل أما القوى المؤثرة فهي طاقة حركة النهر نفسه وبهذا يتضح كيف أن عمليتي البرى والتآكل متلازمتين في عمل الأنهار .

حمولة النهر Load of stream

وحمولة النهر هي تلك الكمية من المواد الصخرية المفتتة التي يستطيع أي نهر ذو حجم معين على حملها . ونظرياً يمكن تصور أن وزن حمولة النهر لايجب أن يتأثر بحجم المواد المحمولة ولكن وجد عملياً أن النهر يستطيع أن

يحمل كمية من المواد الدقيقة عن أنه يحمل حمولة صغيرة من المواد ذات الأحجام الكبيرة . وحمولة كل نهر مقدار ثابت هو الحد الأقصى لهذه الحمولة فبإضافة أى كميات تزيد عن حمولة نهر من الأنهار لابد وأن يرسب مقابلا لها مما يحمله النهر . وعند تساوى كمية ما يحمله النهر مع كمية ما يرسبه فانه يصبح نهرا عجوزا ولا يستطيع تعميق مجراه .

منحنى النحت النهرى : —

تتوقف عملية النحت الناتجة من عمل الأنهار على طبوغرافية الأرض وخاصة المجرى المائى فمما هو معروف أن النهر عادة ينحت بشدة فى الصخور عند منابعه حيث تكون هذه المنابع مناطق عالية وشديدة الانحدار وعلى العكس فان قوة نحت النهر تصبح صفرا عند المصب وذلك لقلة الانحدار الذى يقلل من سرعة المياه ومن ثم فان معدل الترسيب يكون عاليا جدا عند مصب الأنهار بصفة عامة .

كما أنه يجب الإشارة إلى أن أى ارتفاعات وانخفاضات طبوغرافية تعترض مياه الأنهار تؤثر فى قوة النحت أو زيادة الترسيب كما سبق أن شرحنا .

قانون التراكيب النهرية :

للتراكيب الجيولوجية الموجودة فى الأنهار خصائص معينة ولها قانون خاص يحكمها من حيث نشأتها وطبيعة تكونها . وتعتمد تلك التراكيب بصفة خاصة على نوع وخصائص الصخور التى تمر عليها تلك المياه الجارية وبصفة خاصة صلابة تلك الصخور .

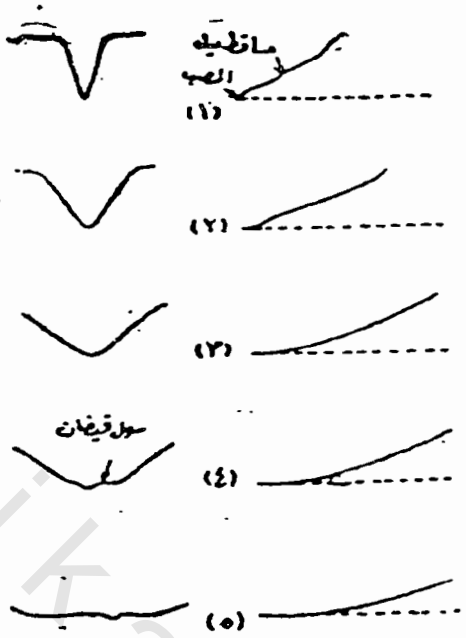
وبهذا فان معدل أو قوة نحت أى نهر من الأنهار يعتمد بالدرجة الأولى على درجة صلابة الصخور . فالصخور الناعمة يمكن إزالتها إما عن طريق ذوبانها أو تفتيتها بسرعة بينما تبقى الصخور الصلبة أو الأشد مقاومة على هيئة بروزات أو نتوءات فى مجارى الأنهار . وبمرور الوقت فان هذه الصخور أيضا تتأثر بعوامل التحلل بالاضافة إلى الارتطام المستمر بالمياه الجارية مما يؤثر على مقاومتها . ويستمر الوضع كذلك إلى أن تصل قدرة النهر على النحت إلى الحد الأدنى فتبدأ عملية الترسيب . وبتكرار هذه العمليات أى النحت والترسيب نجد أن التضاريس النهرية تختلف بشدة من نهر إلى آخر معتمدة كلية على الاختلاف الموجود فى صلابة الصخور .

مراحل عمل النهر (دورة النحت) (River stages or cycle of erosion)

تمر الأنهار من منبعها إلى مصبها بمراحل متعاقبة يقال لها مراحل عمل النهر أو دورة النحت وتنقسم هذه المراحل إلى ثلاثة : الشباب والنضوج والكهولة .

١ - مرحلة الشباب Youth stage

وتتميز هذه المرحلة دون غيرها بقدرة النهر على النحت ـ نحت مجراه ـ وذلك لما فى هذه المرحلة من سرعة تدفق مياه النهر نتيجة الانحدار الشديد والذى يمكن النهر من حمل كل ماينحته أثناء سريانه . ويشبه شكل مجارى الأنهار فى هذه المرحلة شكل حرف V شكل (٩٦) وتمثل شدة انحدار جوانب الوديان والتى لم تتمكن المياه النهرية من توسيعها بعد . وتتميز هذه المرحلة من عمر الأنهار بوجود العديد من المساقط المائية .



(شكل ٩٦) قطاع في مجرى النهر في مراحله المختلفة

ب — مرحلة النضج Mature stage

وتلى مرحله الشباب النهرى وتتميز بأن تكون جدران النهر أقل حدة فى انحدارها ويكون النهر إلى حد كبير غير قادر على مزيد من النحت أو أنه وصل إلى الحد الأدنى فى قدرته على النحت ويصبح قادرا فقط على أن يحمل حمولته النهرية بحيث أن أى إضافة لهذه الحمـــولة تحدث عملية الترسيب كما ذكرنا سابقا .

ويصبح مجارى الأنهار فى هذه المرحلة على الشكل v أو حرف v مفتوحة

حـ - مرحلة الكهولة Old stage

وتلى هذه المرحلة مرحلة النضج وتكون باستمرار قرب مصب الأنهار حيث لايكون هناك نحت اطلاقا بل ترسيب وتسوية لطبوغرافية المنطقة الموجودة بها الأنهار .

تجديد شباب النهر (تصابى الأنهار) Rejuvenation of rivers

ليس من الطبيعى أن نتصور المجرى النهرى منحدراً بلطف خلال مسافات تقدر فى بعض الأحيان بآلاف الكيلومترات ولكن هناك مايعرف بالمصاطب أو الطبقات الصلبة التى تكون مايسمى بالدرج أوالسلم الصخرى rock-steps فى بعض الأماكن من المجرى نفسه والتى تعمل على اندفاع المياه أسفلها بقوة مما يعيد شباب النهر فى تلك الأماكن بينما هو كهلا على هذه المصاطب الصخرية.

هذا بالاضافة إلى أن الحركات الارضية الرافعة ترفع أرض المجرى فى بعض الأماكن مما يؤدى إلى ازدياد سرعة تياره وبالتالى يستأنف النهر تعميق مجراه بينما تقل أهمية التآكل الجانبي أو تنعدم .

الظواهر الطبوغرافية الناتجة من عمل الانهار

تقـــديم :—

من الحقائق البديهية أن خواص الأنهار ونتائج عملها الجيولوجى تختلف كثيراً عن بعضها من منطقة إلى أخرى فهناك فارق كبير بين نواتج الأعاصير النهرية فى المناطق الجبلية والتى تنتج من تيارات المياه النقية بما فيها من مساقط مائية وشلالات تنساب على طبقات صخرية مختلفة الأنواع وبين مجارى المياه البطيئة على السهول المنبسطة بتياراتها الضعيفة للمـاء العالق به الطين والمحاط بالمستنقعات المليئة برواسب الطفل والغرين .

ولاشك أن الاختلافات كلها ترجع أساساً إلي نوع وخصائص المادة الصخرية التى ينساب عليها الماء والتى يعتمد عليها تأثير وفعالية عمليات التعرية والتجوية والترسيب فى المنطقة . وبمعنى آخر فإن طبوغرافية أي وادى نهرى

يعتمد على عدة عوامل أولها بل وأهمها صلابة الصخور يليها عمر النهر النسبي وكذا المناخ .

هذا ومن الجدير بالذكر أن العمل الجيولوجي للانهار الصغيرة يكون أثناء زمن الفيضان فقط والذى يجعل لكل نهر حمولة . فبدون المواد الصخرية المتحركة فى مجارى الأنهار لا يوجد هناك أثر جيولوجى كبير .

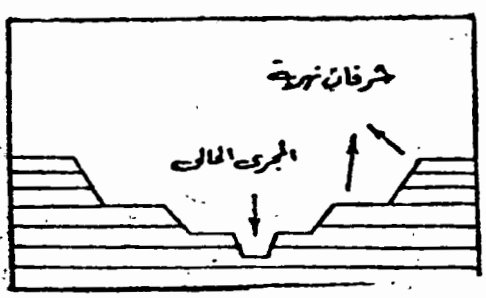
ومما يجب أخذه فى الاعتبار بجانب صلابة الصخور أو شدة مقاومتها لعوامل التعرية فان وجود عديد من الفواصل والشقوق فى المادة الصخرية المكونة مجارى وجوانب الأنهار تساعد كثيرا فى فعالية عملها الجيولوجى .

ومن الظواهر الطبوغرافية الناتجة من عمل الأنهار نلاحظ مايلى : —

١ — الشرفات النهرية :— River terraces

وهى عبارة عن تلك المصاطب الممتدة بطول جانبى النهر وتشبه درجات السلم فى تتابعها — الواحدة تلو الأخرى — وهذه المصاطب تكون متقابله على جانبى مجرى النهر ويمثل كل زوج من هذه الشرفات حركة من حركات رفع المجرى التى تؤدى إلى تجديد شباب النهر مما يؤدى إلى تعميق مجراه وبهذا فان الشرفات العليا تكون هى الأقدم بالنسبة لما تحتها من شرفات وهكذا .

شكل (٩٧)



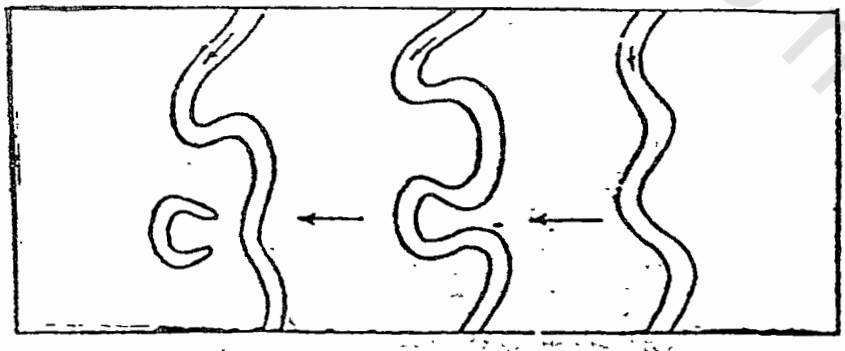
(شكل ٩٧) يبين كيفية تكون الشرفات النهرية

٢ — المنعطفات النهرية River meanders

عندما يصل أى نهر من الأنهار إلى حده الأدنى فى قوته على النحت فانه لايستطيع تعميق مجراه ولكنه فى نفس الوقت مازال يحمل جزءا من الطاقة والتى لابد أن يستخدمها بصورة أو بأخرى . ولقد وجد أن الأنهار فى هذه المرحلة (أى مرحلة الكهولة) تبدأ فى عملية التآكل الجانبى Lateral corrosion فاذا اعترض مجرى الميـــاه فى هذه المرحلة أى عائق صخرى فانه يؤثر على اتجاهها مما يؤدى إلى أن يتخذ النهر مسارا متعرجا غير مساره المستقيم . ويكون التعرج بسيطا فى أول الأمر إلا أنه مايلبث أن يزداد بارتطام المياه فى جوانب هذه المنحنيات فيقعر جانبا بينما يرسب موادا مما يحملها فى جانب آخر ويصبح بهذا التعرج أو الالتواء واضحا جدا ومميزا .

وفى معظم الأحيان تزيد هذه الالتواءات بحيث تصبح المسافة الفاصلة بين نقطتين على خط مستقيم صغيرة جدا مع أن المجرى المائى الملتوى يكون طويلا وينشأ بهذا عنق ضيق وخاصة أيام الفيضان مما يؤدى إلى تكون مايعرف بالبحيرات الهلالية Crescent-shaped lakes . كما هو مبين بالشكل (٩٨) .

ومن الجدير بالذكر أنه فى مناطق المرتفعات hilly districts ذات الانحدارات الشديدة ينعدم وجود هذه الالتواءات أو البحيرات الهلالية .



(شكل ٩٨) يبين المنحنيات النهرية وكيفية تكون البحيرات القوسية

٣ — أراضي الحيران Bad lands

وفى بعض الأحيان تكون أراضي الحيران مساحات شاسعة وتنتج من أثر الأمطار الغزيرة والمياه الجارية على الأراضى التى تتكون من مواد صخرية غير متماسكة ومختلفة الأنواع فتنحت وتذيب فيها السيول والأمطار الغزيرة وتحيل هذه الأراضى إلى شبكة من الحفر والمنخفضات والحيران والخوانق الصغيرة التى تفصلها بروزات ونتوءات صخرية مما يجعلها صعبة العبور. وتنتشر هذه الأراضى فى المناطق الشبـــه صحراوية أو القاحلة كمنطقة سيناء مثلا بجمهورية مصر العربية والتى تتساقط عليها الأمطار بغزارة فى بعض الفصول بينما يسودها الجفاف فى فصول أخرى .

٤ — الحفـر الوعائية Pot holes

وكما أسلفنا الذكر فان الأنهار العديمة الحمولة لاتبذل شغلا إلا قليلا ولكن بالرغم من هذا فان هناك نوعان من العمل الميكانيكى تنتج عن السرعة المتفاوته لمياه الأنهـار والتى تؤثر مباشرة على صخور القـاع . وهذه السرعة المتفاوته تحدث تيارات ودوامات صغيرة ذات حركة دائرية لولبيـة تحمل معها حصى الصخر الصغير وتدور فى حركة طاحنة ودائمة تنتج ثقوبا وحفرا فى القاع الصخرى تكاد تكون مستديرة . وبمرور الوقت تتسـع هذه الحفر وتتقعر جوانبها وفى بعض الأحيان تتلاصق وتتلاحم هذه الحفر الصغيرة مكونة حفرا أكبر وأكبر والتى تصل إلى أعماق كبيرة .

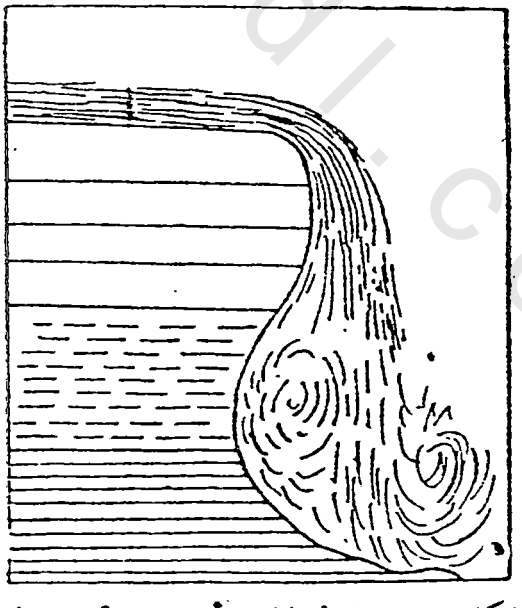
٥ — العمدان الأرضية Earth pillars

وهى من الظواهر الواضحة والتى تؤكد اعتماد تضاريس أى منطقة من المناطق على التراكيب الصخرية . وهى عبـارة عن أعمدة عالية من صخور

رخوة غير متماسكة كالطفل والطين وتنتهى عند رؤسها بجلاميد وكتل كبيرة من الصخور الصلبة . وتنشأ هذه العمدان من تأثير الأمطار على الصخور الغير متجانسة التركيب كصخور الطين الجلمودى أو بعض صخور الكونجلومرات حيث يتكون الصخر من كتل صلبة مدسوسة فى مواد لاحمة دقيقة الحبيبات وتستعمل هذه الكتل الصلبة فى حماية المواد الدقيقة من عمل الأمطار فيختفى خلفها وتحميها من الإزالة بالسيول الجارفة ومن ثم تظهر الكتل الصلبة وكأنها تتوج أعمدة المواد الدقيقة والتى يصل ارتفاعها فى بعض الأحيان إلى عشرون مترا .

٦ — الجروف Escarpments

وتنشأ هذه الجروف عند وجود طبقات صلبة إما فى وضع أفقى أو مائلة قليلا تتبادل مع طبقات رخوة ومن ثم يسهل ازالة الأخيرة بواسطة المياه النهرية بينما تبقى الصخور الصلبة فى أوضاع بارزة مكونة بما يعرف بالجروف. (شكل ٩٩) .



(شكل ٩٩) مساقط المياه وتأثيرها فى تكون الجرف

٧ — الخوانق والأخاديد Georges & canyons

والخوانق هى وديان ضيقة ذات جوانب شديده الإنحدار أو تميل إلى أن تكون رأسية تقريبا أما الأخاديد فهى متسعة وعميقة جدا بالنسبة لإتساعها مثل أخدود كولورادو الشهير بأمريكا والذى يبلغ طوله ٣٠٠ ميل بينما أقصى عمق له حوالى ٦٠٠ قدم .

وتتكون الخوانق والأخاديد من تدفق المياه بسرعة كبيرة من ارتفاعات عالية مما يؤدى إلى تعميق الوديان بصورة واضحة .

٥ — نحت البحار Marine Erosion

وعمل البحار بنائى أكثر منه هدمى وذلك لأن البحار بصفة عامة تعتبر أنسب الأماكن التى يتم فيها الترسيب فقاع البحر هو حوض ترسيب كبير لجميع المواد سواء عالقة أو ذائبة فى المحاليل البحرية .

وتضاؤل العمل الهدمى للبحار يرجع إلى تجديد هذا العمل بالأمواج والتيارات البحرية والمد والجزر وكلها عوامل تنحصر فى منطقة ضيقة من البحار وهى المناطق الشاطئية .

والأمواج طاقة مياه حركية تختلف فى شدتها تبعا لشدة الرياح وكذلك يختلف حجمها من أمواج يبلغ ارتفاعها ١٠ أمتار أو أكثر فى حالة العواصف فى المحيطات والبحار المفتوحة إلى أمواج أقل حجما فى البحار المقفولة كالبحر الأبيض المتوسط وتعمل الأمواج دائما على مهاجمة صخور الشاطىء فتكسرها وتحطمها وتعود لتهاجم بما تحمله من مواد عالقة . وتختلف صخور الشاطىء من صخور ضعيفة المقاومة للأمواج إلى صخور صلبة تقاوم مهاجمة الأمواج

ومن ثم تنشأ بعض الظواهر الجيولوجية الشاطئية كالتعرجات والمغارات والكهوف الساحلية .

أما المد والجزر فهو حركة منتظمة لمياه البحر تحدث كل ١٢ ساعة ٢٦ دقيقة ويرجع سبب المد والجزر إلى ما بين الأرض والقمر من قوى الجذب ويتراوح الفرق فى منسوب ارتفاع الماء ما بين المد والجزر إلى عدة أمتار قد تصل إلى ١٥ مترا فى بعض الخلجان ولكن الطبيعى أن يكون من نصف متر إلى مترين كما أن الفرق فى المنسوب يزداد فى أوائل كل شهر قمرى ومنتصفه بينما يقل فى الأيام الأخرى . ويؤدى عمل المد والجزر إلى تكوين ما يسمى بالعتبات المدرجة على الشواطىء والتى تدل كل منها على منسوب المياه فى وقت كل من المد والجزر .

والتيارات البحرية تنشأ فى العادة من اختلاف كثافة المياه وكذلك درجة حرارتها ودرجة الملوحة . . . الخ . وتكثر التيارات البحرية فى المحيطات والبحار المفتوحة عنها فى المغلقة ومن أهم وأضخم التيارات البحرية الموجودة فى العالم ذلك التيار الدافىء الذى يبدأ من خليج المكسيك ويتجه شمال شرق حيث يطوف بالشواطىء الغربية لأوروبا .

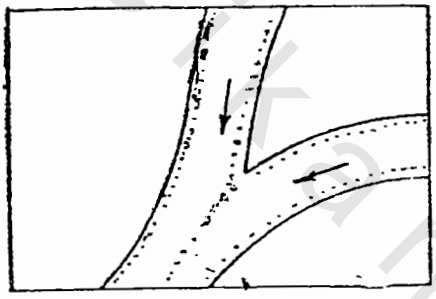
ومن الجدير بالذكر ان هناك بعض التيارات المحلية والتى تعرف بالتيارات الساحلية والتى تعتمد على الرياح وطبيعة الساحل .

والعمل البنائى للبحار معروف وهام جدا من الناحية البيولوجية فكما ذكرنا آنفا أن البحار هى أحواض ترسيب كبيرة لكل ما تحمله الأنهار والرياح والعوامل الأخرى . وللبحار قدرة خاصة على عملية تصنيف الرواسب أى

توزيعها الحجمى فعلى الشواطىء ترسب الحبيبات ذات الاحجام الكبيرة كالحصى والرمل الخشن بينما ترسب المواد الدقيقة فى الأعماق .

٦ نحت الثلاجات Glacial Erosion

والثلاجات هى عبارة عن أنهار ساكنة من الجليد تتحرك ببطء جدا وتتراوح سرعتها ما بين بضعة سنتيمترات ومتر تقريبا فى كل ٢٤ ساعة وتكثر الثلاجات بالمناطق القطبية وعلى قم الجبال خاصة فتوجد طول العام فى تلك المناطق.



(شكل ١٠٠) كيفية تكون صف متوسط من المواد المنقولة بواسطة الثلاجات .

والثلاجات تنقل كل فتات الصخور التى تقع على سطحها أو تعترض حركتها ومن الغريب أن نقل المواد المفتتة يتم على جانبي النهر الجليدى وفى حالة تقابل نهران جليديان فانه يتكون صف وسطى من المواد المفتتة المحمولة كما هو مبين بالشكل (١٠٠) وعند إذابة الأنهار الجليدية فانها تلقى بكل ما تحمله دفعة واحدة بدون أى تصنيف لهذه المواد ومن ثم فانه من المعروف عن الأنهار الجليدية أن ليس لها أدنى قدرة على تصنيف الرواسب ومن الجدير بالذكر ان الأنهار الجليدية لها قدرة فائقة على حمل الكتل الكبيرة جدا من الصخور الأمر الذى لا يتوافر لدى الأنهار العادية .

المياه الجوفية Unddergrund water

ويقصد بها المياه الموجودة داخل صخور القشرة الأرضية والتي يرجع

أصلها إلى المياه الجارية على سطح الأرض حيث يتسرب جزء كبير منها خلال مسام وشقوق الصخور المختلفة .

والمياه الموجودة فى صخور القشرة الأرضية تتدرج نسبتها من مجرد مياه مرتبطة بالتركيب الكيميائى لبعض المعادن إلى كونها مياه حرة طليقة الحركة بين مسام وفجوات الصخور المختلفة . وقد تكون المياه الأرضية محصورة أو مقيدة داخل شقوق ومسام طبقة معينة ولا تستطيع الحركة إلى أسفل أو أعلى فى هذه الطبقة نظراً لوجود صخور غير منفذة على جانبي الطبقة الحاملة للمياه . ويمكن تعريف المياه الجوفية الحرة Unconfined ground water بأنها تلك التى تملك وسيلة الإتصال بالجو خلال المسام والشقوق الموجودة فى الصخور التى تعلو الطبقة الحاملة . ويلاحظ فى هذه الحالة أن منسوب المياه الأرضية يكون أفقى وموازى لسطح . أما المياه الأرضية المقيدة Confined ground water هى التى لا صله لها بالجو لوجود صخور غير منفذة تفصل بينها وبين سطح الأرض . وفى هذه الحالة يكون منسوب المياه الارضية غير تابع لسطح الارض .

وفى الاماكن التى بها مياه أرضية حرة يمكن تقسيمها إلى ثلاثة مناطق :

١ — المنطقة الجافة أو الغير مشبعة Zone of non-saturatim وهى المنطقة الموجودة تحت سطح الارض مباشرة وتتميز بعدم إحتوائها إلا على آثار قليلة من الماء أو الرطوبة .

٢ — المنطقة متوسطة التشبع Zone of intermediate saturation وتلى المنطقة السابقة ويكون الماء موجود فقط فى الشقوق الرفيعة جداً والمسام الدقيقة كمسام الصخور الطينية وذلك نتيجة للخاصية الشعرية .

٣ — المنطقة دائمة التشبع Zone of permenant saturation وتلى المنطقتين السابقتين . وفيها تكون جميع الشقوق والمسام مليئة بالماء بصفة دائمة . والمناخ السائد هو الذى يحدد مدى قرب أو منسوب المياه من سطح الأرض . فيكون أقرب للسطح فى الأماكن الرطبة دائمة المطر عنه فى الاماكن الجافة قليلة المطر كما أن وجود نهر أو بحيرة قريبة يؤدى إلى رفع هذا المنسوب .

وحركة المياه داخل القشرة الأرضية يتحكم فيها عوامل كثيرة مثل الميل العام للطبقات والتراكيب الجيولوجية المختلفة كالثنيات والفوالق هذا إلى جانب بعض صفات الصخور الحاملة للمياه والتى نوجزها فيما يلى :

مسامية الصخور Porosity

الصخور المسامية هى التى تحتوى على فراغات وفجوات بين حبيباتها ويعبر عن مسامية الصخر بالنسبة المئوية لحجم الفراغات إلى الحجم الكلى للصخر :

$$\text{مسامية الصخر} = \frac{\text{حجم الفراغات الموجودة فى الصخر} \times ١٠٠}{\text{الحجم الكلى للصخر}}$$

فالطين مثلا تصل مساميته إلى ٥٠ ٪ والحجر الطباشيرى والرمل والحصى من ٢٠ — ٤٧ ٪ أما الصخور الجيرية فتتراوح مساميتها من ٥ — ٢٠ ٪ ولكن الصخور النارية والمتحولة أقل الصخور مسامية .

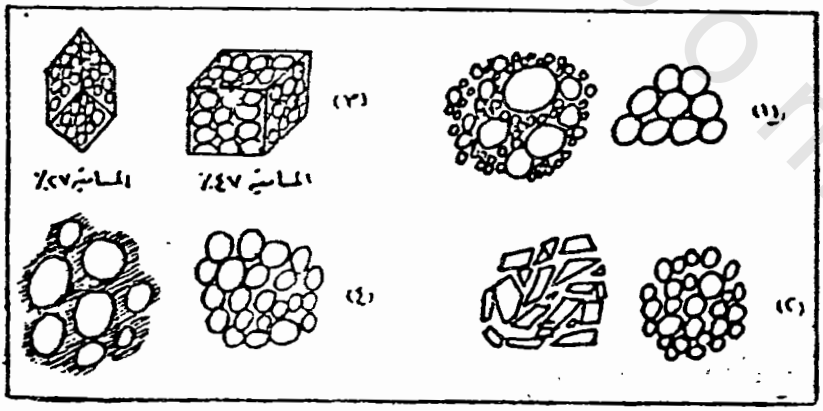
وقد تكون مسامية الصخر أولية Primary porosity حيث تكون مرتبطة بمراحل تكون الصخر نفسه . أما المسامية الثانوية Secondry porosity فهى التى تنشأ فى الصخر بعد تكونه كنتيجة لتعرضه لبعض العوامل الخارجية مثل الشقوق والفواصل التى تتكون فى بعض الصخور النارية والتى هى أصلا

غير مسامية . ويطلق على الصخور فى هـــذه الحالة لفظ صخور ممررة Pervious rocks . حيث أن المـاء لا يمر خلال الصخر نفسه بين حبيباته بل يمر خلال هذه الشقوق والفواصل .

وتعتمد مسامية الصخر على عدة عوامل منها :

١ ـ حجم الحبيبات ومدى تصنيفها Size of grains and degree of sorting كلما زادات درجة تصنيف حبيبات الصخر بمعنى تساوت أو تقاربت فى الحجم زادت المسامية . فى حين أن الصخور رديئة التصنيف أى المتفاوتة فى الحجم تقل فيها المسامية . حيث تعمل الحبيبات الصغيرة على ملىء الفراغات بين الحبيبات الكبيرة شكل ١٠١

٢ ـــ شكل الحبيبـــات ودرجة تكورها Shape of grains استدارة الحبيبات وتكورها يزيد من مسامية الصخر . أما إذا كانت الحبيبـات حادة الزوايا فإن الزوايا الحاده تعمل على ملأ الفراغات بين الحبيبات الأخرى وتقلل من المسامية .



(شكل ١٠١) اعتماد المسامية على طريقة رص الحبيبات فى الرواسب المختلفة

٣ — طريقة رص الحبيبات Manner of packing :

تقل المسامية أو تزداد تبعاً لطريقة رص الحبيبات فإذا كان الرص مكعبي الشكل كانت المسامية حوالى ٤٧٪ . أما إذا كان الرص معينى الشكل كانت المسامية حوالى ٣٦٪ . وتعتمد طريقة الرحى عل الضغط الواقع على الصخر فى مراحل تكونه .

٤ درجة تماسك الصخر degree of cementation :

إذا تماسكت حبيبات الصخر نتيجة لترسيب مادة لاحمة مثل أكسيد الحديد أو السليكا أو كربونات الكالسيوم بين الحبيبات قلت المسامية .

ب — النفاذيه Permeability

وهى مقدرة الصخر على إنفاذ وامرار السوائل خلال مسامه ويمكن أن تكون مسامية الصخر غالية فى حين أن نفاذيته صغيرة مثل الطين حين يختزن الماء فى مسامية الدقيقة ويحتفظ به بواسطة الخاصية الشعرية . وعلى النقيض من ذلك فالصخور الرملية مساميتها صغيرة نسبياً (٥ — ٢٠٪) ولكن نفاذيتها كبيرة جداً نظراً لكبر حجم الحبيبات مما يسمح بمرور الماء بينها بسهولة .

ومما سبق يتضح أنه يمكن تقسيم الصخور بالنسبة لدراسة المياه الأرضية إلى أربعة أنواع حسب درجة ساميتها ونفاذيتها .

١ — صخور مسامية منفذة Porous and permeable مثل الصخور الرملية

٢ — صخور مسامية غير منفذه Porous and impermeable مثل الطين .

٣ — صخور غير مسامية ممرره Non-porous and pervious مثل الصخور النارية المحتوية على شقوق وفواصل .

٤ — صخور غير مسامية وغير منفذه Non-porous and non-pervious مثل الصخور النارية الغير محتوية على شقوق وفواصل .

فالنوع الأول والثالث من هذه الأنواع الأربعة هو الذى يسمح بحرية تحرك المياه ويسمى بالصخر الخازن Reservoir rock وهو أيضا مهم من ناحية دراسة التجمعات البترولية .

مصير المياه الجوفية :

تميل هذه المياه إلى الاتجاه دائما إلى أسفل بتأثير الجاذبية . ولكن هناك عوامل قد تؤدى إلى خروج المياه الجوفية إلى سطح الأرض . طبيعيا دون دخل للانسان فيه عن طريق الينابيع أو العيون . أو آليا بطريق الحفر عن طريق الآبار .

الينابيع والعيون Springs

تحتوى مياه الينابيع على نسبة عالية من الأملاح قد تصل إلى ثلاثة أمثال المياه العادية المستخدمة من الأنهار والبحيرات وهناك العديد من أنواع الينابيع والعيون ويعتمد تقسيمها على :

١ ـ قوة الينبوع بالنسبة لقوة خروج الماء

٢ ـ نوع الصخر الخازن للماء

٣ ـ التركيب الكيميائى لمياه الينبوع

٤ ـ درجة حرارة المياه

٥ ـ اتجاه حركة المياه

٦ ـ العلاقة بين الينبوع وطبوغرافية المنطقة

٧ ـ التركيب الجيولوجى المسبب للينبوع

وتختلف الينابيع والعيون عن النشوع المائية أو الرشح المائى فى أن الينابيع والعيون تتدفق منها المياه الجوفية بدرجة تجعلها تندفع فى شكل قنوات صغيره. أما النشوع المائية فتدفق المياه لا يكون بدرجة كبيرة ، وقد يستمر تدفق المياه من الينبوع مئات السنين وليس معنى هذا التدفق المستمر وجود مخزون لا ينضب ولكن للنفاذية الكبيرة التى يتمتع بها الصخر الحامل للمياه الجوفية ولوجود مساحة كبيرة معرضه للامداد المستمر للماء من مصادره السطحية . وفيما يلى أنواع الينابيع المتكونة والناتجة من وجود تراكيب جيولوجية ملائمة أو ظروف طبوغرافية مناسبة شكل (١٠٢)

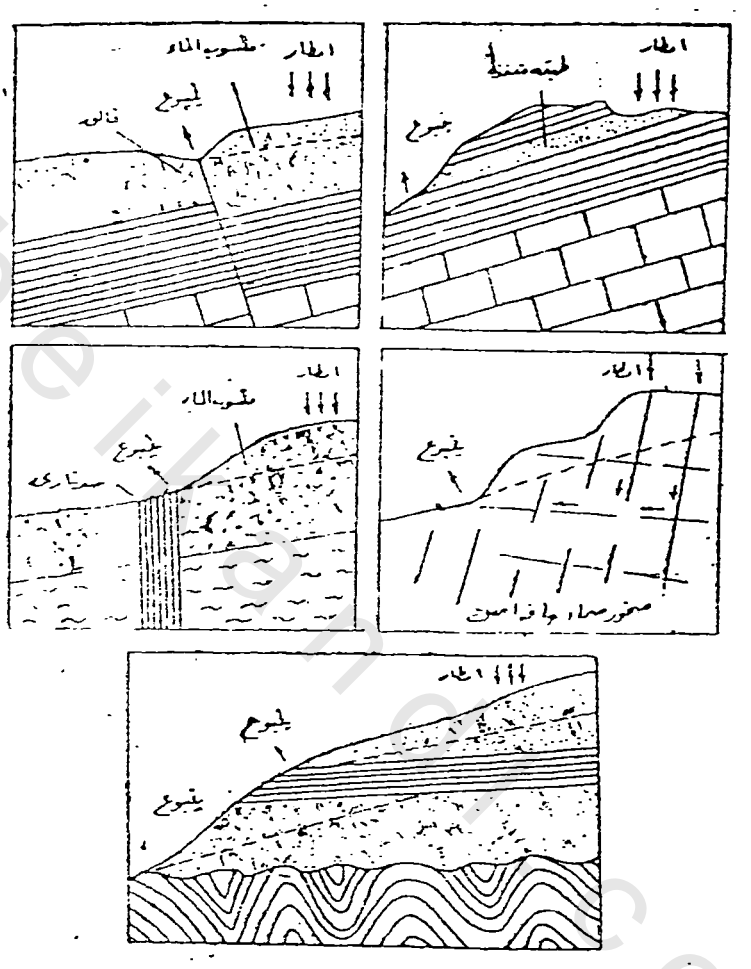
١ — ينبوع الوادى Valley spring

وينتج هذا النوع من الينابيع عندما يكون منسوب المياه الجوفية فى منطقة أعلى من منسوب سطح الأرض .

٢ — ينبوع صدعى Fault spring

وذلك عندما تصادف المياه الأرضية فالق فتصعد إلى أعلى متخذه سطح الفالق منفذاً لها خصوصاً إذا أدى الفالق إلى تجاور طبقة غير منفذة مع الطبقة المنفذة الحاملة للمياه الأرضية وأيضا فان وجود سد من الصخور النارية قد يؤدى إلى وقف الحركة الأفقية للمياه الأرضية فتصعد إلى أعلى عن طريق الحد الفاصل بين السد النارى والصخور المجاورة .

وهناك أنواع من الينابيع تسمى بأسماء الأملاح الذائبة أو المتركزه بها مثل عيون حلوان الكبريتيه . وغالبا ما تستخدم مثل تلك العيون فى أغراض العلاج . وقد تكون درجة حرارة مياه بعض الينابيع مرتفعة وتسمى الينابيع



(شكل ١٠٢) التراكيب الجيولوجية والظروف الطبوغرافية المناسبة لتكون الانواع المختلفة من الينابيع .

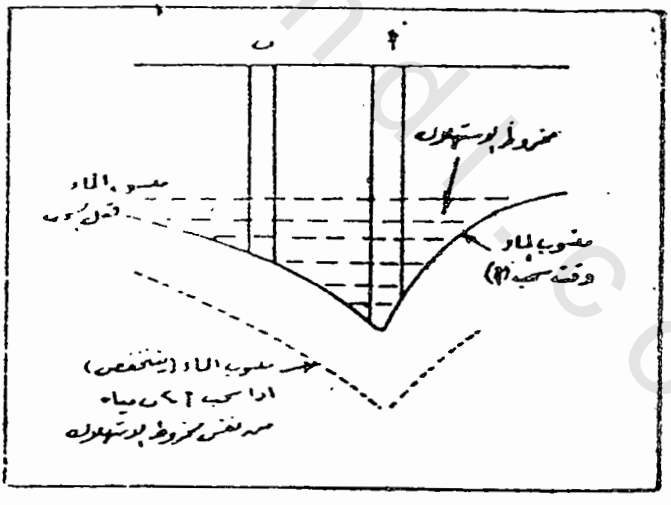
الحاره . ويرجع السبب فى أرتفاع درجة حرارة المياه إلى وجودها على أعماق كبيرة أو مرور محاليل مجاميه حاره بالقرب من الخزان الحاوى للمياه الجوفية مما يسبب تبخر جزء من مياه الخزان ويضغط بخار الماء على مياه الخزان ويدفعها ساخنة إلى سطح الأرض على شكل ينبوع حار .

الآبار wells

وهى الحفر التى يصنعها الإنسان لإستخراج المياه الجوفية من خزاناتها فى المنطقة المشبعة تحت منسوب المياه الجوفية . وهناك نوعين من هذه الآبار :

١ — آبار اعتيادية : Ordinary wells

وهى التى تستخدم فيها المضخات لرفع الماء من الصخر الخازن إلى سطح الأرض وذلك نظراً لضعف الضغط الواقع على الماء وباستمرار السحب يتغير منسوب المياه فى المنطقة ويكون مايسمى بمخروط استهلاك البئر . شكل (١٠٣) ويستمر منسوب المياه فى الانخفاض تدريجيا وتقل كمية المياه فى البئر . ولاستمرار السحب يلزم تعميق البئر وحفر آبار متباعدة .



(شكل ١٠٣) يبين مخروط استهلاك البئر وتأثير السحب على بئر مجاور

٢ — آبار ارتوازيه Artesian wells

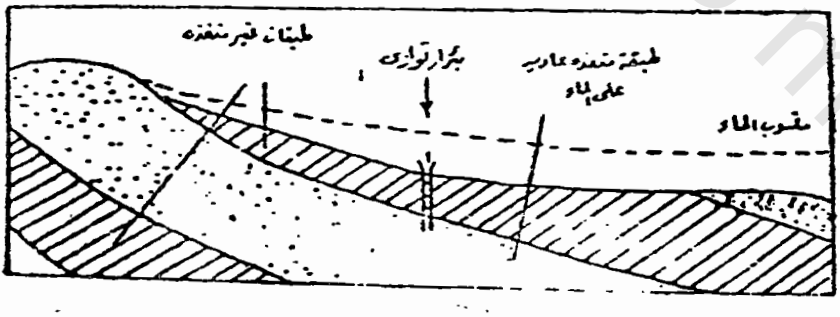
وهى الآبار التى يندفع منها الماء بمجرد حفر البئر دون إستخدام مضخات وغالبا مايكون الماء محبوس فى خزانات المياه الأرضية

مياه الآبار عن مياه الينابيع فى أن الاولى تندفع بعد حفر البئر أما الثانية تتدفق طبيعياً .

المياه الجوفية فى جمهورية مصر العربية :

يعتبر نهر النيل مصدراً أساسيا للمياه الجوفية فى مناطق مصر حول نهر النيل والدلتا والصحراء إلى جانب مياه الأمطار الموسمية والسيول وتخرج تلك المياه الجوفية على هيئة عيون وينابيع منتشرة فى منطقة سيناء مثل عيون موسى والعين السخنة قرب مدينة السويس وهو ينبوع فالق وعيون حلوان قرب القاهرة وفى منطقة الواحات . ومعظم المياه الجوفية تخرج بعد حفر آبار إعتيادية كتلك التى تحفر فى المناطق الممتدة حول وادى النيل وفى الدلتا وفى الصحراء الشرقية وأغلب مياهها مالحة غير صالحة للشرب والرى نظراً لما تذيبه من أملاح بعد مروها على صخور جيرية وملحية .

وتوجد تلك المياه فى تركيبات عدسية من الحجر الرملى والطينى حول وادي النيل ويتغير منسوب المياه فيها فى فصول السنة المختلفة بتغير منسوب المياه فى نهر النيل نفسه وفى الصحراء الغربية وفى منطقة الواحات تكون المياه الجوفية مخزونة فى حجر رملى يسمى الحجر الرملى النوبى يعلوه طبقات طينيه



(شكل ١٠٤)

وجيرية من العصر الطباشيري والعصر الايوسيني ويتخلل أجزاءه منه نفس الحجر الطيني الغير منفذ فتكون المياه الجوفية مقيدة ومن مميزات الحجر الرملي النوبي أنه عالي المسامية ويميل بزاوية ١٥° إلى الشمال ومن المحتمل أن يكون مصدر تلك المياه الجوفية هو الأمطار الغزيرة في المنطقة الأستوائية جنوبا حيث تهاجر وتتحرك تلك المياه من الجنوب إلى الشمال وعند حفر الآبار الأرتوازية تندفع المياه نظراً لأن مناطق الواحات في الصحراء الغربية منخفضة عن مستوى منسوب المياه الجوفية في تلك المناطق .

وفي شمال جمهورية مصر على السواحل كما في منطقة مرسى مطروح وغيرها تطفو المياه العذبة فوق المياه العالية الملوحة المتسربة من رشح ماء البحر الذي يتخلل الصخور المنفذة . ومصدر المياه العذبة هو المطر والسيول الذي يسقط بغزارة في فصل الشتاء على تلك المناطق وكلما ارتفعت المنطقة عن سطح البحر كلما زاد سمك الماء العذب في المنطقة وهناك العديد من الآبار التي حفرت منذ عهد الرومان على المناطق المرتفعة والتلال . أما العيون الموجودة في الصحراء الشرقية وسيناء مثل عين الجديرات والعين السخنة فتقع في وديان منخفضة تستمد مياهها من خزانات مصدر مياهها مياه الأمطار وتخزن في صخور نارية متشققة وبها نسبة من الأملاح مما يجعلها غير مقبولة كمياه للشرب .

وأيا كان مصدر المياه ينابيع كانت أم آبار اعتيادية أو ارتوازية فهو أساسي لحياة البدو كمياه شرب وري وزراعة وصناعة لسكان الصحراء وزوار تلك المناطق من العاملين والجيولوجيين والسائحين .

العمليات الداخلية

Hypogene action or Internal Processes

تقديم :

تعرضنا فيما سبق عن الكلام عن العمليات الخارجية التى تؤثر على سطح القشرة الأرضية وتؤدى إلى التغيرات المستمرة فى هذا السطح من تكسير وتفكك وتحلل ونقل وترسيب وحان الوقت الآن حتى نتكلم عن الجزء الآخر من العمليات التى تؤدى إلى تغير سطح القشرة الأرضية أيضاً ولكن نتيجة لما يحدث فى الداخل أو بمعنى آخر فان العمليات الخارجية تستمد الطاقة اللازمة لها من الإشعاع الحرارى للشمس أما العمليات الداخلية فمصدر طاقتها هى تلك الحرارة الهائلة والكامنة فى جوف الأرض والمتكونة أساساً من الصهير والموجود على حالة سائلة منذ إنفصلت الأرض عن الشمس .

والدراسات المختلفة على أصل هذه العمليات ، عما إذا كانت نتيجة للتبريد الذى يحدث للأرض منذ إنفصالها عن الشمس ومن ثم انكماشها نتيجة لهذا التبريد والذى يؤدى إلى التجاعيد والإلتواءات المختلفة على سطح القشرة الأرضية أو عما إذا كان نتيجة لزيادة الحرارة الناتجة من وجود العناصر المشعة فى جوف الأرض والتى تعتبر مصدراً هائلا للطاقة الحرارية ومن ثم التمدد نتيجة لهذا التسخين المستمر وبالتالى تنشأ التجاعيد والإلتواءات . وما يعنينا من هذه النظرية أو تلك هو أن سطح الأرض يتغير بصفة مستمرة أو بأخرى لتغير حالة الإتزان الموجودة فى القشرة الأرضية وعلى هذا تحدث بعض الظواهر المعروفه لدينا جميعا وهى الزلازل والبراكين والحركات الأرضية .

وسنحاول أن ندرس كل هذه الظواهر بشىء من التفصيل حتى نقف على تأثير كل منها على سطح الأرض

الحركات الأرضية

وتنقسم الحركات الأرضية إلى نوعين أساسيين :-

ا - الحركات السريعة : وهى التى تحدث فى وقت قصير ويشعر بها الإنسان أو يرى آثارها الملموسة كالزلازل .

ب - الحركات البطيئة : وتتم فى زمن طويل جداً بحيث لا يشعر بها الإنسان ولكن من واقع الدراسة نقف على آثارها وما أدت إليه من تغيرات فى سطح الأرض كالحركات البانية للجبال والقارات .

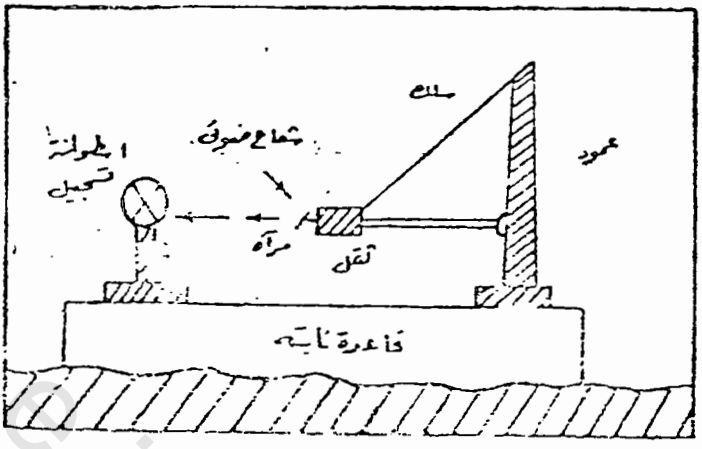
ا - الحركات السريعة :

الزلازل Earthquakes :

تعريف :- وهى اضطرابات ناتجة من أما إنفجارات بركانية وتسمى حينئذ زلازل بركانية أو نتيجة لتشوهات أو تصدعات للقشرة الأرضية وتعرف باسم الزلازل التكتونية Tectonic Earthquakes والنوع الأخير هو الأكثر إنتشاراً كما أنه معروف بإحداث الخراب والكوارث .

والزلازل منها ما هو قوى ومنها هو ضعيف لا يحدث اضطرابا كبيراً فى القشرة الأرضية كما أن موجاتها لا تكون ذات عمق فى جوف الأرض .

وعند حدوث أى زلزال فى منطقة من المناطق فانه يكون أقوى ما يمكن فى منطقة المركز أى المنطقة التى تقع فوق البركان أو التصدع أو الإنهيار مباشرة أما خارج هذه المنطقة فتضعف شدة الزلزال ويمكن تحديد مناطق دائرية كنطاقات أو أحزمة حول المركز تتساوى فيها شدة الزلزال وتعرف بخطوط أو حزام الزلزلة المتساوية الشدة .



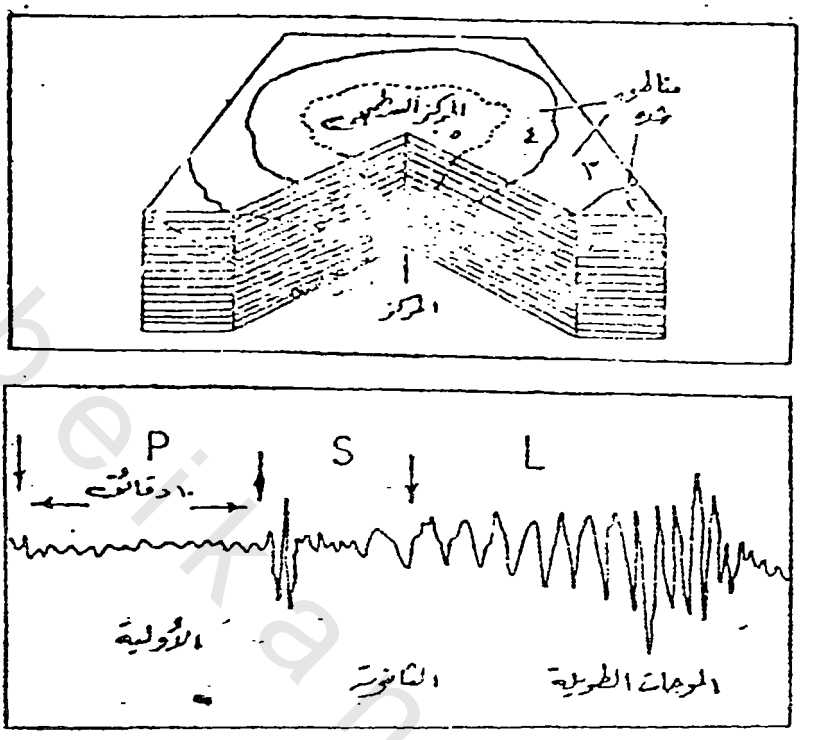
شكل (١٠٥)

السيزموجراف : Seismograph

والسيزموجراف هو عبارة عن الجهاز الذى يسجل أو يرصد الزلزال فى منطقة معينة وكما فى الشكل (١٠٥) يتركب السيزموجراف من قائم رأسى مثبت باحكام فى قاعدة وتمتد من القائم ذراع أفقية يتدلى منها ثقلا معلق فى زمبرك مثبت به قلم يمس طرف ورقة مثبتة على أسطوانة تدول حول محور رأسى . فعندما تكون القشرة الأرضية فى حالة ثبات أو إستقرار فان القلم يسجل خطاً مستقيماً على الورقة المثبتة فى الإسطوانة أما إذا إهتزت القشرة الأرضية فان الاسطوانة تهتز بالتالى ويسجل القلم خطا متموجا يزداد مقدار تموجه أو أو يقل تبعا لشدة الزلزال أو الهزة الأرضية . وهذا الخط المتموج يعرف باسم السيزموجراف (Seismogram) كما فى الشكل (١٠٦)

ويمكن تمييز ثلاثة أنواع من الموجات فى السيزموجرام كما يلى :-

١ - الموجات الابتدائية : وهي أسرع الموجات وتعبر عن الموجات التضاغطية أى أنها تعبر عن جسيمات تتذبذب فى نفس إتجاه سريان الموجة.

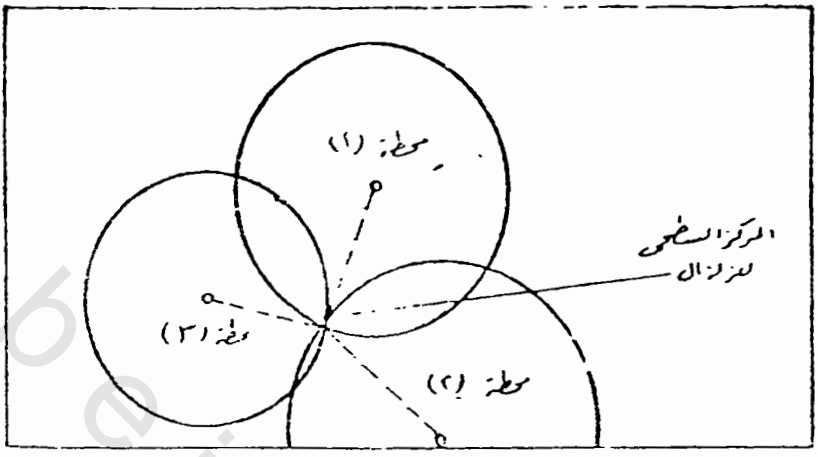


شكل (١٠٦)

٢ ـ الموجات الثانوية : وهي أقل سرعة ومستعرضة بمعنى أن ذبذبة الجسيمات تكون عمودية على إتجاه سريان الموجة .

٣ ـ الموجات الطويلة : وهي التي تنتقل خلال القشرة الأرضية بالإنعكاس على سطحها العلوي والسفلي ولهـا مسار متعرج ولذلك تصل إلى محطات الرصد متأخرة .

ولقد أمكن إيجاد علاقة بين وقت وصول الموجات المختلفة إلى محطات الرصد وبعد هذه الموجات عن منطقة مركز الزلزال وعلى ذلك فانه يمكن حساب مسافة بعد مصدر الزلزال من قراءات السيزموجراف .



شكل (١٠٧)

ولتعيين مواقع الزلازل بدقة فانه يلزم وجود ثلاث محطات للرصد على الأقل كما هو مبين فى الشكل (١٠٧) حيث أن تلاقى الثلاث دوائر الممثلة لمحطات الرصد هو عبارة عن مركز الزلزال نفسه .

أثر الزلازل :-

ومن بعض أمثلة الزلازل التى حدثت فى العالم يمكن الإستشهاد بأنه علاوة على ما تحدثه الزلازل من دمار للمنشآت والمبانى فانها تحدث فى القشرة الأرضية شقوق وفوالق ضخمة . مثال ذلك ما حدث فى اليابان أثر زلزال عام ١٨٩١ حيث تقلقت الأرض بطول ١١٣ كيلو مترا وهبط جانب من جانبي الفالق بمقدار يتراوح ما بين ستة أمتار وستون مترا كما أن الزحف الجانبي قد قدر بنحو أربعة أمتار و تكسرت أنابيب المياه والغاز و قطعت أسلاك الكهرباء على طول خط الفالق فحدثت من جراء ذلك الحرائق التى استحالت على مواسير المياه مكافحتها فكانت أكثر بلاء مما أحدثه الزلزال نفسه من دمار وهذا نفس ماحدث أيضا فى سان فرانسيسكو عام ١٩٠٦ .

وقد يكون مركز الزلازل تحت سطح البحر فتنتاب مياهه موجات جزر شديدة جدا تكتسح الشواطىء لمسافات بعيدة مثل ما حدث بالقرب من جزيرة جاوه عام ١٨٨٣ فلقد قذفت الأمواج بباخرة داخل الغابات المحيطة بالشاطىء وعلى بعد أربعة كيلو مترات منه .

ومن الجدير بالذكر ان سرعة سريان الزلازل أو الهزات الأرضية تختلف باختلاف نوع الصخور فهى حوالى ٣٠٠ مترا / ثانية فى الرمال المفككة بينما تبلغ ٣ كم / ثانية فى الجرانيت .

أسباب حدوث الزلازل : ـ

وأسباب حدوث الزلازل عديدة نذكر منها ما يلى : ـ

١ ـ سقوط الكهوف فى طبقات الحجر الجيرى مما يتسبب عنه تصدع بالصخور ومن ثم هزات أرضية .

٢ ـ التفاعلات البركانية فى فترة النشاط البركانى وما يصاحبها من هزات أرضية متلاحقة فى مناطق واسعة تحيط بمكان البركان وليس معنى هذا أن كل الهزات الأرضية تحدث نتيجة للتفاعلات البركانية أو خروج الحمم من البراكين فهناك مناطق كثيرة تحدث بها زلازل وهى بعيدة كل البعد عن البراكين .

٣ ـ تقلصات القشرة الأرضية وما يتسبب عنها من انثناءات وتصدعات خاصة فى المناطق المتباينة التضاريس أى فى مناطق سلاسل الجبال العظمى .

٤ حدوث الفوالق الكبيرة كما سبق أن أشرنا مما يجعل القشرة الأرضية فى حالة عدم توازن حيث يؤدى انزلاق أو هبوط أجزاء كبيرة من سطح الأرض إلى عدم الاستقرار .

التوزيع الجغرافي للزلازل :-

هناك مناطق عديدة تحدث فيها زلازل ويشعر بها الناس إلا أنه وجد أن ثمة منطقتين رئيسيتين يغلب فيهما حدوث الزلازل العنيفة أحدهما تحيط بالمحيط الهادى والأخرى تمتد من شواطىء البحر الأبيض المتوسط الشمالية مارة بسلسلة جبال الآلب والقوقاز والهيمالايا شرقا ممتدة إلى جزر الهند الشرقية وتعرف هذه المناطق بأنها غير مستقرة حيث لم تبلغ بعد حالة الثبات ودائمة التعرض للتصدع والانغلاق شكل (١٠٧ ب)

شكل (١٠٧ ب)

فوائد الزلازل :-

تعتبر التسجيلات الزلزالية أو دراسة السيزموجراف هى الوسيلة الوحيدة المعروفة للان لمعرفة التراكيب الداخلية للأرض . فكما ذكرنا أن سرعة الموجات الزلزالية تختلف باختلاف نوع الصخور ومن ثم فانه من الممكن معرفة أنواع الصخور المختلفة الموجودة فى باطن الأرض بدراسة سرعة انتشار الموجات الزلزالية المختلفة .

ولقد أدت هذه الدراسة إلى ترتيب الأغلفة الصخرية بالصورة الآتية :ـ

العمق	النوع
ـ ١٠ كيلو مترا	صخور رسوبية
ـ ١٠ ـ ١٥ كيلو مترا	صخور جرانيتيه ـ القشرة الأرضية (Sial)
ـ ٢٠ ـ ٣٠ كيلو مترا	صخور بازلتية
ـ ٢٨٥٠ كيلو مترا	صخور فوق قاعدية (بريدوتيت) السيما (Sima)
ـ ٣٥٠٠ كيلو مترا	لب الأرض (Core)

ب ـ الحركات البطيئة :ـ

وهى كما سبق لنا تعريفها أنها الحركات الأرضية التى تحدث فى بطء شديد وعلى مدى أزمان جيولوجية متعاقبة بحيث أن ظواهرها أو آثارها تعرف للانسان من واقع الدراسة المختلفة مثل :ـ

١) وجود آثار لخطوط شواطىء قديمة موجودة الآن داخل القارات المختلفـــة .

٢) الشواطىء المرفوعة Raised beaches والتى تدل على حركات أرضية رافعة رفعت هذه المناطق الآن والتى كانت قديما شواطىء بحار .

٣) وجود الطبقات المحتوية على حفريات بحرية فى داخل القارات الآن مما يدل على ترسيب هذه الطبقات تحت سطح البحر فى وقت من الأوقات وانحسر عنها الآن . . . الخ .

أنواع الحركات البطيئة :ـ

وتقسم الحركات البطيئة إلى نوعين أساسيين تبعا لنوعها وما تحدثه من تغير لسطح القشرة الأرضية .

أ - الحركات البانية للجبال Orogenic movements

وهى حركات أفقية الإتجاه وتتسبب فى تجعد وانثناء القشرة الأرضية ، وجعلها على هيئة جبال كما تنتج عنها التراكيب الجيولوجية المختلفة التى أشرنا إليها فى باب سابق (التراكيب الجيولوجية) مثل الطيات والصدع . . الخ .

ب — الحركات البانية للجبال Epeirogenic movements

وهى حركات رأسية الاتجاه وتتسبب فى رفع الأرض إلى أعلى أو إنخفاضها إلى أسفل مما يؤدى إلى تكوين قارات جديدة أو إزالة قارات قديمة ولا يصاحبها أى تصدع أو طيات .

أسباب الحركات الأرضية البطيئة : —

تعددت النظريات فى تفسير أسباب هذه الحركات الأرضية البطيئة ومن أهم النظريات التى ذكرت فى هذا الصدد ما يلى : —

١ — نظرية انكماش الأرض بالبرودة : —

وتتلخص فكرة هذه النظرية أن التجعدات والإنثناءات التى تحدث على سطح الأرض والمؤدية إلى تكون الجبال إنما هى نتيجة لإنكماش جوف الأرض الذى يبرد بصفة مستمرة نتيجة لمرور الوقت منذ انفصال الأرض عن الشمس — وأنه لابد من أن يتغير سطح الارض ليلائم هذا الانكماش المستمر لجوف الأرض . وقامت دراسات عديدة فى هذا الشأن إلا أن القيمة المحسوبة لهذا الانكماش اختلفت عن القيمة المقدرة وبهذا اندثرت تلك النظرية والتى كانت من أولى أو اقـــدم النظريات التى وضعت لتفسر هـذه الحركات الأرضية البطيئة .

٢ — نظرية توازن القشرة الأرضية :—

وتنص هذه النظرية على ضرورة إتزان جميع أجزاء القشرة الأرضية بمعنى أن تكون الصخور المكونة للجبال من مواد أخف من تلك التى تكون السهول وقاع المحيطات والبحار ويعرف هذا النوع من الاتزان بالتوازن الاستاتيكى ولقد أوضحت دراسات السيزموجراف صحة هذه النظرية بالاضافة إلى التجارب المعملية والتى نذكر منها هذه التجربة :—

عند إحضار إنائين مملوءين بالزئبق ووضعنا فى الاناء الأول كتلا عمدانية من مواد تختلف فى كثافتها ولكنها متساوية فى الوزن والمقطع وفى الاناء الثانى كتلا من مادة النحاس مثلا (ذو كثافة واحدة) ولكنها مختلفة فى الأوزان والأطوال فنجد أن الكتل العمدانية فى الاناء الأول ستغوص فى الزئبق بنفس العمق أما فى الاناء الثانى فنجد أن الأعمدة ستغوص كل منها بما يتناسب مع طوله فالكتلة الطويلة ستغوص أكثر من القصيرة وهكذا .

وبما أن الصخور الأساسية فى القارات عموما تتكون من صخور الجرانيت وفى قاع البحار والمحيطات من صخور البازلت فلابد وأن تكون طبوغرافية الأرض تعتمد اعتمادا كليا على توازن الكتل القارية الجرانيتية مع الكتل البحرية البازلتية والتى تكون الأولى دائما على ارتفاعات أعلى .

٣ — نظرية تزحزح القارات Continental drift

وهى النظرية التى وضعها العالم الألمانى فجنر (Wegener) وملخصها أن الاضطراب المستمر فى توازن القشرة الأرضية ومن ثم بناء الجبال إنما يرجع إلى أن الكتل القارية ليست ثابته فى اماكنها على مر العصور الجيولوجية وإنما فى حالة تزحزح مستمر فى اتجاهات معينة مما يؤدى إلى احتكاك بين الكتلة

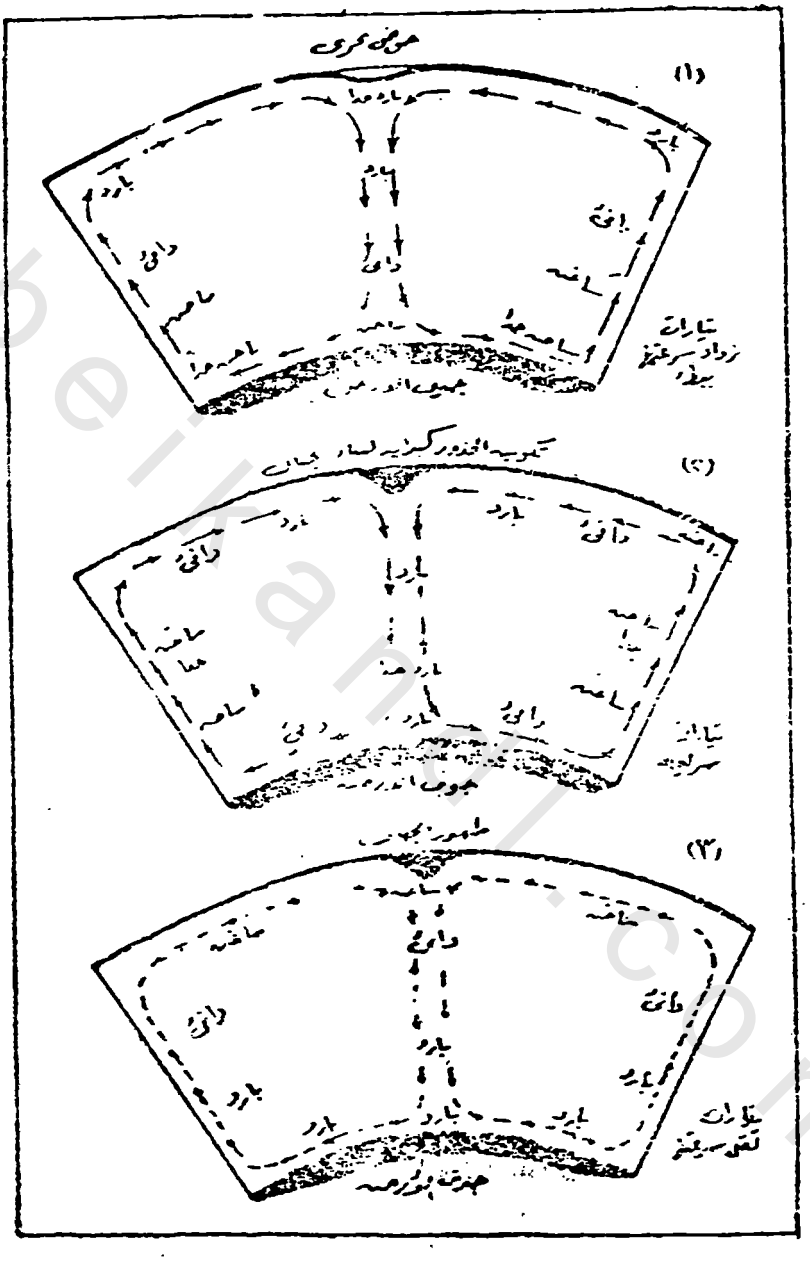
القشرية الصلبة وما ترسو عليه من مادة داخلية تغوص فيها . ولهذه النظرية تشجيع كبير لما دلت عليه الدراسات المختلفة وخصوصاً دراسة الحفريات على شاطىء المحيط الاطلسى الشرقى والغربى شكل (١٠٧ حـ) .

شكل (١٠٧ حـ)

٤ — نظرية تيارات الحمل :

Convection current theory :

دلت الدراسات المختلفة على وجود كميات من المواد المشعة فى منطقة ما تحت القشرة الأرضية . وأن هذه المواد المشعة تنفث مصدرة طاقة حرارية هائلة تجعل صخور هذه المنطقة فى حالة ما بين الصلابة والسيولة «Plastic state» ومن ثم تنشأ تيارات فى هذه المناطق تشبه تيارات الحمل المعروفة فى السوائل الساخنة . كما فى الشكل (١٠٨) الموضح ونتيجة لقوى الاحتكاك والشد عند مواضع صعود هذه التيارات بالاضافة إلى قوى الجذب الاحتكاكي عن مواقع هبوط هذه التيارات تضطرب القشرة الأرضية مما يؤدى إلى تجعيدها على هيئة جبال عالية تغوص فى منطقة ما تحت القشرة الأرضية مكونة جذور



شکل (۱۰۸)

النشاط البركانى Volcanic activity

وتعرف جميع الظواهر التى تصاحب اندفاع المواد الصهيريه من باطن الأرض إلى سطحها أو بالقرب منه بالنشاط البركانى . والبركان فى تعريفه ماهو إلا حلقة اتصال بين الصهير الموجود فى باطن الأرض وسطح الأرض فاذا نجحت هذه المواد الصهيرية فى الوصول إلى سطح الأرض فانها تسمى بالصفيح أو اللافا Lava وعندصعودها تتصلد على السطح نتيجة للبرودة المفاجئة مكونة مايسمى بالصخور السطحية وقد سبق الكلام عنها فى باب الصخور.

وهناك طريقان رئيسيان لاندلاع هذه المواد الصهيرية من باطن الأرض وهما :

١ – طريق البراكين المركزيه Central volcanoes

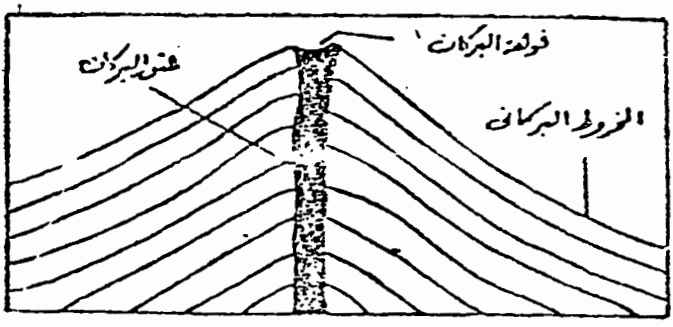
وهى عبارة عن البراكين ذات المخروط وفم الفوهة .

٢ – طريق انشقاقات الشقوق Fissure Eruptions

وهى براكين غير عنيفة أو لايصحبها عادة انفجارات ويخرج منها كميات هائلة من اللافا عن طريق الشقوق العميقة جدا فى القشرة الأرضية . وهى أقل انتشارا من البراكين المركزية .

البراكين : Volcrees

تخرج الحمم والمواد الصهيرية والمعدنية الموجودة فى جوف الأرض إلى السطح عن طريق فوهات البراكين ويتركب البركان شكل (١٠٩) من فوهة Crater وهي الفتحة التى تندفع منها الحمم البركانية والقصبة البركانية وهى المجرى الذى يصل بين جوف الأرض وسطحها وتكون عادة أسطوانية الشكل والمخروط البركانى وهو الشكل المخروطى الذى تصنعه المواد الصهيرة



شكل (١٠٩)

المتراكمة حول فوهة البركان ويشبه الجبل وقد يصل ارتفاعه إلى ستة كيلومترات مثل بركان كوتاباكس Cotapaxic بجبال الانديز فى جنوب أمريكا وبركان انتا Etna بجزيرة صقلية والذى يرتفع حوالى ٣٫٥ كيلومترا عن سطح البحر .

والبراكين منها ماهو ثائر دائما مثل بركان سترومبولى Stromboli بالجزر الإيطالية إذ تنبعث من فوهته الحمم المصهورة كل دقيقتين تقريبا ومنها ما هو متقطع النشاط يثور فى فترات غير منتظمة أو متقطعة هذا بالإضافة إلى أن كثيرا منها خامد .

وتسبق ثورة البركان عادة عدة ظواهر منها اهتزاز القشرة الأرضية وتشققها ثم انبعاث أبخرة ودخان مصحوبة بأصوات شديدة تشبه قصف المدافع الضخمة ثم يلى ذلك خروج الحمم والمصهورات المعدنية وتقذف تلك المصهورات إلى أعلى بارتفاعات تختلف تعتمد على قوة البركان نفسه أو تسيل تلك المصهورات من فوهة البركان وتتراكم حولها أو قد تسيل إلى مسافات بعيدة تبعا للزوجة المواد المنبعثة .

نواتج البراكين : Volcanic products

وتشتمل نواتج البراكين على صورة المادة المختلفة فهى أما غازية أو صلبة أو سائلة ومن أهم النواتج الغازية هو بخار الماء بكميات ضخمة جداً والذى يقذف لاتفاعات شاهقة مصحوباً عادة مع الغبار أو الرماد البركانى . هذا بالإضافة إي الغازات الأخرى مثل ك ا٢ ، يد كل ، يد ف ، يد٢ وتعزي الانفجارات التي تصاحب ثورات البراكين دائماً إلى انحاد الغازات المختلفة والتى تحدث فرقعة مثل اختلاط الأوكسوجين والأيدروجين كما أن هناك بعض البراكين تقذف الغازات الكبريتية مثل يد٢كب ، كب ا٢.

أما الماء واللافا Lava فهما أهم المكونات السائلة للبراكين المختلفة . وتسيل اللافا على جانبى فوهة البركان إلى مسافات تختلف أطوالها بإختلاف مكونات اللافا . فاللافا القاعدية تكون أقل لزوجة من الحامضية التركيب وبالتالى فإنها تسيل لمسافات أطول بينما تتكوم الأخيرة .

وتبلغ سرعة حركة الحمم حوالي ٣٠كم / ساعة ولكنها سرعان ماتبرد بتعرضها لحرارة الجو العادي فتتحول إلي عجينة لزجة بطيئة الحركة وقد تبلغ درجة حرارة بعض الحمم وقت إندلاعها من فوهة البركان إلي حوالى ألف درجة مئوية .

وهناك ظواهر أخرى شبيهه بالبراكين ، بل ويطلق عليها بعض الدراسين براكين أيضا مثل :—

١ — البراكين الطينية Mud Volcanoes

وهى تلك المنبعثات الطينية التركيب والتى تنبعث من باطن الأرض مصحوبة بغازات كربونية أو هيدروكربونية وبكثر وجودها قرب حقول البترول مثل منطقة باكو على بحر قزوين بالاتحاد السوفيتى ومصدرها تلك الغازات المنبعثة من زيت البترول عندما تكتسح معها بعض المياه الجوفية المحملة بالرواسب الطينية وتظهر على هيئة نافورة من المياه الطينية .

٢ — الفوارات الحارة Fumeroles

وتشبه أيضا نافورات المياه وهى تقذف مياهها الحارة فى فترات منتظمة وأغلبها يكون مصحوبا بمواد سيليسية أو مواد جيرية سرعان ما تترسب حول فوهاتها .

٣ — العيون الحارة Hot springs

وهى عيون المياه الجوفية والتى تندفع من باطن الأرض وذات درجة حرارة مرتفعة وأحيانا تكون مشبعة بمواد معدنية مثل الكبريت أو الأملاح الأخرى وتندفع عن طريق الشقوق أو أسطح الفوالق المختلفة وقد يتكون اندفاع المياه فيها قويا فتصبح فوارات حاره .

ومن الجدير بالذكر أن عدد البراكين على سطح الأرض يقدر بحوالى ٣٠٠ بركان وهى على درجات متفاوته من النشاط .

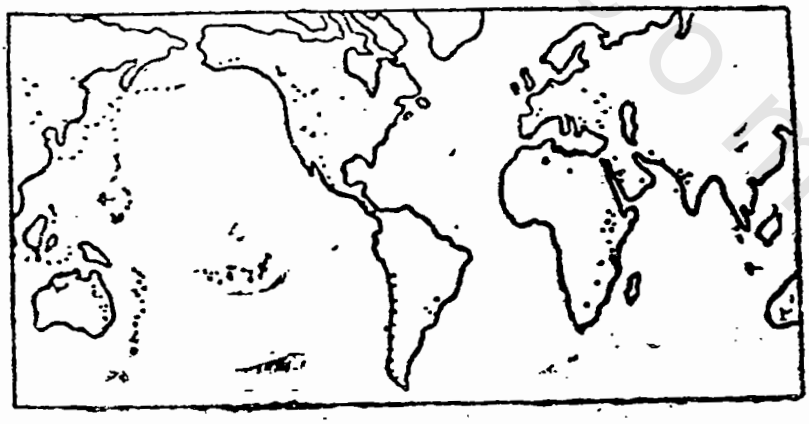
التوزيع الجغرافى للبراكين :

وتتركز البراكين فى العالم على حوالى المناطق الهابطة هبوطاً سحيقاً كأحواض البحار والمحيطات أو فى تلك المناطق الضعيفة والمعروفة بكثرة وجود التصدعات والفوالق .

وتوزع البراكين حول حوض البحر الأبيض المتوسط ومنها براكين فيزوف Vesuvius واتنا Etna وسترومبولى Stromboli وبعض البراكين الموجودة تحت مياه البحر عند جزر سانتوريون Santorian اليونانية وفى المحيط الاطلسى بجزيرة القديسة هيلانه وجزر الكناريا Canary islands وأيسلانده .

أما حول المحيط الهادى فتوجد البراكين بكثرة فى جبال الانديز بامريكا الجنوبية والمكسيك وفى الاسكا وكوريل وفى اليابان وجاوه شكل (١١٠) .

وهناك المئات من البراكين التى أصبحت الان خامدة منذ مئات السنين ولكنها تركت أثارها كوجود الحمم والرماد البركانى .



شكل (١١٠)

أسباب حدوث البراكين :—

وهناك أسباب عديدة لحدوث البراكين ذكرنا بعضها فى سياق الحديث عن النشاط البركانى بالإضافة إلى الاعتقاد السائد بأن تسرب مياه البحر إلى داخل الكرة الأرضية وتبخره عند وصوله إلى درجات الحرارة العليا تنتج عنه وجود ضغط هائل يسبب انفجارا فى القشرة الأرضية خاصة فى أماكن الضعف أى الفوالق والتشققات ... الخ .

أما النظريات الأخرى لتفسير حدوث البراكين فتتلخص فى ارجاعها إلى التفاعلات الكيميائية المختلفة التى تحدث فى جوف الأرض والتى تنتج عنها مركبات غازية تنتج ضغطا هائلا يؤدى إلى عدم أستقرار القشرة الأرضية وبالتالى تصدعها وانقلاقها ومن ثم اندفاع ماقى الجوف من مواد صهيرية تقع تحت هذا الضغط الهائل ولو أنه حديثا جداً بدأ النظر إلى مايعرف بالمواد الاشعاعية الموجودة فى جوف الأرض وما يمكن أن يكون لها من تأثير على إنتاج طاقات هائلة تتسبب فى إندلاع المواد الصهيرية فى صورة ثورات بركانية .