جامعة : جنوب الوادي
كلية : التربية بالبحر الأحمر

الجيولوجيا الطبيعية
PHYSICAL GEOLOGY
(أساسيات علم الجيولوجيا)
الفرقة الأولى
جيولوجيا ١

أعداد

الدكتور
هاشم عباس مدكور

الدكتور
أحمد وهب الله محمد

تعريف الجيولوجيا

ترجع تسمية علم الجيولوجيا Geology إلي أصلين يونانيين : Ge ومعناه أرض أما Iogus فهي دراســـة.

فالجيولوجيا علي ذلك هي علم الأرض أو دراســـة الأرض – وتشمل مجموعة من الدراسات لمعرفة التغيرات المتعاقبة التى توالت علي المكونات العضوية وغير العضوية للأرض.

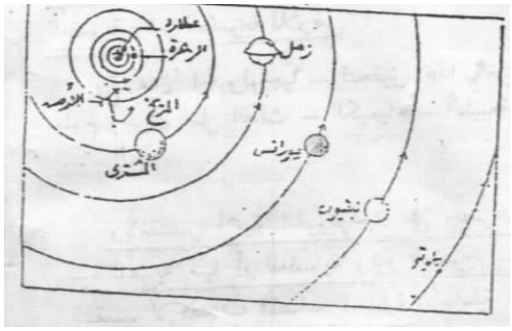
وتستعين الجيولوجيا – لتحقيق هذا الغرض – بالمعرفة اللازمة من علوم أخـــري مثـــل الفلـــك – الكيمياء – الطبيعة – الجغرافيا – علم الحياة ... الخ .

ولا تقتصر أهمية الجيولوجيا علي حصر هذه التغيرات المتتاليـــة الهامـــة – الظاهريـــة منهـــا أو العضوية وغير العضوية – بل تشمل علاوة علي ذلك التنقيب لاكتشاف المصادر المعدنيـــة الأساسية مثل البترول والفحم والخامات الفلزيـــة وغيرها وهي عصب الحياة لصناعاتنا ومدنيتنا – ويعمل آلاف من الجيولوجيين في بلاد عديدة في صناعات البترول والتعدين والمشروعات الهندسيـــة المختلفة كبناء السدود والأنفاق والمجاري المائية ... الخ.

وضـــــع الأرض في الكون

تدخل الأرض ضمن مجموعة الكواكب التسعة الطبيعية التي تدور حـــول الشـــمس مكونـــة هـــي وتوابعها ما يعرف بالمجموعة الشمسية Solar Sytem وهذه الكواكب هي : بلوتو Pluto – نبتون Neptune – يور انس Uranus – زحل Saturn – المشتري Jupiter – المريخ Mars – الزهرة Venus – عطارد Mercury (شكل ١)

تكون الشمس ٩٩.٨ % من وزن هذه المجموعة .



شكل (١) يبين الكواكب وأبعادها عن الشمس والمدارات الأهليلجية التي تدور فيها حول الشـــمس نفـــس المســـتوى تقريباً .

** وتشترك الشمس مع بلايين أخري من النجوم مكونة مجموعة نجمية أو مجـــرة Galaxy واحـــدة تعرف بمجموعة الطريق اللبني Miiky May System طول قطرها حوالي ٧٠ ألف ســـنة شمســـية

والسنة الشمسية هي المسافة التي يقطعها الضوء في ¼ ٣٦٥ يوم بسرعة ١٨٦.٢٠٠ ميل في الدقيقة وينتشر في الكون بشكل منتظم عدد كبير من المجموعات النجمية أو المجرات الأخرى .

ويمكن تصور وضع وحجم الأرض بالنسبة للمجموعة الشمسية ومجرة الطريق اللبني بأن تشبه الشمس بكرة جولف تبعد عن الأرض باثني عشر قدما التي تصبح حجمها نسبياً حينئذ كحجم حبيبة الرمل – أما بلوتو وهو أبعد الكوكب عن الشمس بذرة رمل أخري علي بعد الف قدم من كرة الجولف وتمثل أقرب النجوم للشمس – علي هذا المقياس – بكرة جولف أخري تبعد ستمائة ميل عن كرة الجولف الأولي التي تمثل الشمس .

النظريات المفسرة لنشأة الأرض

وضعت عدة نظريان محاولة تفسير كيفية نشؤ الأرض ولكن لم يفز أي منها بموافقة جميع العلماء . وأحق هذه النظريات بالتأمل والدراسة هما النظرية السديمية ونظرية الكويكبات :

النظرية السديمية : Nebular Hypothesis

قام ايانيويل كانت I – kant فى عام ١٧٥٥ بأول خطوة فى سبيل تفسير نشأة الأرض عندما حاول أن يجد تعليلا للحلقات التى تشاهد حول الكوكب زحل واتى بعد (كانت) طائفة من العلماء ومن أهمهم لابلاس حرر افكارا و عززها بادلة علمية و جعلو منها النطرية السديمية.

وتفترض هذه النظرية بعد أن عدلت لتناسب الأفكار العلمية الحديثة أن كل كواكب المجموعة الشمسية كانت متحدة كتلة غازية كروية كبيرة علي درجة كبيرة جداً من الحرارة وفي حركة دائرية مستمرة وممتدة علي أبعد من مدار أقصي الكواكب من مركز الشمس .

ثم بدأت هذه الكتلة في الانكماش بعد ما فقدت جزءاً من حرارتها بالإشعاع وأتبع ذلك زيادة سرعة حركتها الدائرية. وأفترض لابلاس بعدئذ انفصال حلقة غازية من هذه الكتلة الدائرية عندما تعادلت عجلة الابتعاد عن المركز Cantrifugal acceleration مع قوة الجذب ناحية المركز .

وباستمرار انكماش هذه الكتلة الغازية وازدياد سرعة دورانها تبعاً لذلك أستمر انفصال الحلقات واحدة بعد الأخرى حتى بلغ عددها تسع وكونت كل هذه الحلقات المنفصلة كوكباً يدور في مدار دائري حول الجسم المركزي أو الشمس .

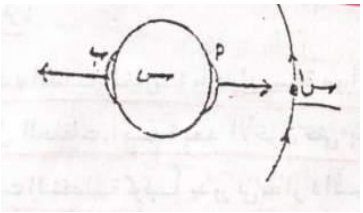
ثم أستمر انكماش الكواكب نفسها بعد ذلك فانفصلت منها حلقة أو أكثر مكونة توابع Satellites لهذه الكواكب. وتكاثفت بعد ذلك الغازات الحارة – التي كانت تكون الأرض أو أيا من الكواكب الأخري في أطوارها الأولي – إلي سوائل أخذت تبرد تدرجياً من السطح مكونة قشرة يابسة يزداد سمكها مع البرودة شيئا فشيئا ويفعل الضغط الشديد الواقع عليها أصبحت الأجزاء الداخلية لهذه

الكواكب صلبة كذلك بينما ظلت المنطقة الوسطي بين القشرة السطحية الصلبة والجزء المركزى الصلب في حالة نصف سائلة – ولكنها مالبثت أن تجمدت كذلك .

نظرية الكويكبات : Planetesimal Hypothesis

وضع هذه النظرية الجيولوجي تشمبرلين والفلكي مولتون.

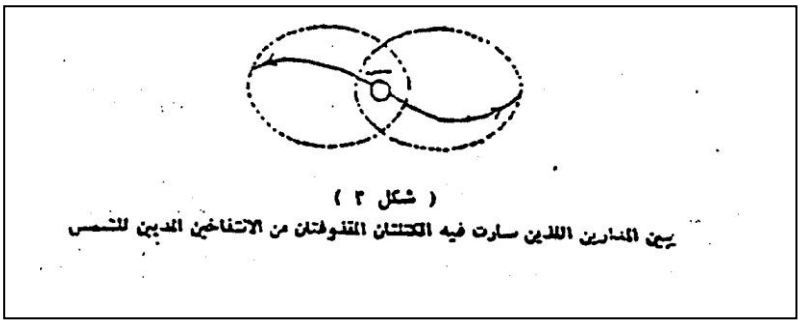
وتقول هذه النظرية أن نجما مر قرب الشمس – منذ عدد قليل من بلايين السنين وكان يسير بسرعة فائقة فلما وصل في مداره لأقرب منطقة من الشمس وكان ذلك غالباً في نطاق المجموعة الشمسية الحالية – ونظراً لكتلة هذا النجم الزائر الضخمة وحالة الشمس السائلة – تكون مدان كبيران علي سطح الشمس أحدهما في ناحية النجم الزائر والأخر في الناحية المضادة ، هذا علاوة علي أن الشمس في ذلك الوقت كانت معرضة لقوى قذافيه مثل القوى الحالية التي تقذف بمواد من سطح الشمس لمسافات مئات الأف الكيلومترات وبغلت هذه الأنفجارات أشدها وأعنفها في اتجاهات الأنتفاخات المدية ، المشار إليها وهي المبينة بالحرفيين أ ب في الرسم التالي .



شكل (٢) بين مرور النجم الزائر قرب الشمس وتكوين الأنتفاخين المدين أ ، ب

ولو أن النجم الزائر س١ كان ثابتا لا يتحرك لخرجت المواد ألمقذوفه منن الانتفاخ المدى لمسافة معينة من الشمس لتسقط ثانية علي سطح الشمس وربما اختفت هذه المواد كلية ولا تعود إلي الشمس إذا كانت سرعة القذف كبير جداً وكافية لهذا الغرض ولكن حيث أن النجم الزائر س١ كان يتحرك قدما في مداره فأنه سرعان ما سبب جذبا علي المواد المقذوفة من بالانتفاخ المدى أ– وبتحليل القوى الموجودة نجد أنه سبب جذباً مشابهاً علي المواد المقذوفة من الانتفاخ ب وفي نفس الاتجاه .

وعلي ذلك فمجرد مرور النجم الزائر س١ من جوار الشمس تستمر المواد المقذوفة من الأنتفاخين المدين أ، ب في الحركة حول الشمس في المدارين المبينين بالشكل التالي :



(شكل ٣)
يبين المدارين اللذين سارت فيه الكتلتان المقذوفتان من الانتفاخين المدين للشمس

ويبين هذا الشكل مدار كتلتين فقط من الكتل التي قذفت من الأنتفاخين المد بين الواقع ولكن الواقع أن عدداً كبيراً من الكتل ذات أحجام وسرعات مختلفة قد قذفت من الشمس أثناء الوقت الذي أستمر فيه

النجم الزائر في حوار الشمس فالكتل التي قذفت بسرعات خفيفة سقطت مرة ثانية علي سطح الشمس وتلك التي قذفت بسرعات كبيرة أخذت تدور حول الشمس في مدارات أهليليجيه.

كما بين في الشكل السابق – أما التي قذفت بسرعات كبيرة جداً ذرياً وصلت إلي النجم الزائر أو أنها فقدت في القضاء – وكان بعض هذه الكتل المقذوفة كبيرة وفي حالة غازية أو سائلة ولكن أغلب الكتل كان صغيراً فبرد بسرعة إلي الحالة الصلبة وحيث أنها استمرت تدور حول الشمس مثل الكواكب الصغيرة فقد سميت بالكويكبات .

وأخذت هذه الكتل الصغيرة او الكويكبات في الكبر تدريجياً باكتساحها للكويكبات الأخرى التي قابلتها في مدارها – فبعض الشهب التي تدخل الغلاف الغازي الأرضي في الوقت الحالي ربما كانت بقايا كويكبات أصلية ظلت ضالة في الفضاء بلايين عديدة من السنين ويمكن تصور بداية تاريخ الكرة الأرضية علي هذا الأساس ان كتلة انفصلت من الشمس عند مرور النجم الزائر وكانت هذه الكتلة في بداية تطورها غازية أو حشد كثيف من أجسام سائلة وصلبة تكثفت من بعض المواد الشمسية المقذوفة – ثم تركز هذا الحشد الكثيف في كتلة مستمرة وذلك باصطدام أجزاء هذا الحشد بعضها ببعض وتلاشي طاقاتها الكامنة وترسبها نحو المركز .

ثم أخذت الأرض بتجميع كويكبات جديدة معها ونتج عن ذلك ازدياد قوة الجاذبية والضغط الداخلي وانطلاق حرارة شديدة فانطلقت الغازات مثل بخار الماء والأكسجين نتيجة لهذا الازدياد المستمر في الحرارة والضغط وكونت غلافاً غازياً تكاثف ليتكون الغلاف المائي .

وبرد سطح الأرض وتجعد وتكون به منخفضات واسعة أملأت بالمياه المتكاثفة من بخار الماء الموجود في ذلك الوقت ونشـــأت بذلك المحيطات والبحار والبحيرات وكذلك فقد برزت أجزاء أخري من سطح الأرض وهي التي كونت القارات وقد تعرضت سطوح القارات إلي عوامل التعزية وتكونت المواد التي ترسبت في البحار والمحيطات وكونت الصخور الرسوبية ومن ثم بدأ التاريخ الجيولوجي للأرض .

عمـــــر الأرض :

تلي الأزمنة التصورية من تاريخ الأرض التي كانت خلالها القشرة الأرضية الأولي وأقدم الرواسب أحقابا هائلة مفقودة لا نعرف عن مداها أو حدوثها شيئا استمرت حتي زمن أقدم الصخور المعروفـــــة لنـــــا وهـــو الصخـــــر المسمـــــي كـــــونجلوميـــــرات مانيتـــــوبا Manitoban Conglomerate والذي يقدر عمره بحوالي ١٧٥٠ مليون عام ويعرف الزمن الذي مر علي الأرض منذ تقديرنا لعمر أقدم الصخور بالزمن الجيولوجي . وقد وضعت عدة مقترحات لتقديم هذا الزمن تقديراً مطلقاً بالسنوات واعتمدت هذه المقترحات علي أسس مختلفة مثل سمك الرواسب الجيولوجية ومعدل ترسيبها السنوي أو كمية الأملاح الموجودة في الماء ومعدل إضافتها ولكن أن هذه الأسس غير ثابتة وتتغير معدلاتها في الأجزاء المختلفة من الزمن الجيولوجي . ثم اكتشفت أخيرا طريقة لتعيين

العمر المطلق للصخور مبنية علي التغيرات الثابتة التي أخذت في المواد ذات النشاط الأشعاعي . فقد وجد أن اليورانيوم وعنصر الثوريم يتحولان بعد خروج أشعاعات مختلفة إلي راديوم ج وثوريوم د بالتوالي . هذا من خلال التحلل الإشعاعي لبعض النظائر الطبيعيـــة وتحللها إلي العنصر الثابت المقابل له ومن خـــــلال معرفة نصـــــف العمر وسرعة تحلل العنصر المشع أمكن تحديد العمر الزمني للخصور والمعادن المختلفة والجدول التالي يوضح أهم العناصر المشعة التي تستخدم في تحديد عمر الصخور .

النظائر المشعة	العنصر الثابت المقـــابل	فترة نصـــــف العمـــــر	نطاق أستخدام الزمن
سماريوم – ١٤٧	نبديوم – ١٤٣	١٠٦ مليار سنة	البريكاميري
روبيد يوم – ٨٧	سترانشيوم – ٨٧	٥٠ مليار سنة	الثلاثي – البويكاميري
بوتاسيوم – ٤٠	أرجـــون – ٤٠	١.٣ مليار سنة	البلايستوسين – البريكاميري
يورانيوم – ٢٣٥	رصاص – ٢٠٧	٠.٧ مليار سنة	
يورانيوم – ٢٣٨	رصاص – ٢٠٦	٤.٥ مليار سنة	البلايستوسين – البريكاميري
ثوريوم – ٢٣٢	رصاص – ٢٠٨	١.٣٩ مليار سنة	البلايستوسين – البريكاميري
يورا نيوم – ٢٣٤	ثوريوم – ٢٣٠	٢٥٠.٠٠٠ سنة	من٥٠ إلي ٧٥٠ الف سنة
كربون – ١٤	نيتروجين – ١٤	٥٧٠٠ سنة	من صغر إلي ٧٠ الف سنة

التقسيم النطاقي للأرض

تنقسم الأرض نطاقيا إلي ما يلي :-

١ - الغلاف الهوائي : (The Atmosphere)

هذا الغلاف هو الغلاف الخارجي للأرض وهو يتكون من مخلوط من الغازات التي تكون في الغالب مجملة بذرات من الأتربة بالإضافة إلي كائنات حية دقيقة وقد أثبتت التحاليل أن الهـــــواء الجاف يتكون من ٧٨ % نيتروجين ٢١ % أكسجين ٠.٩٣ % أرجــون ، ٠.٠٣ % ثــاني أكســيد الكربون بالإضافة إلي كميات قليلة من الهيدروجين البني والهليوم والكريتيــون والأوزون والنشــادر وبعض الغازات الكبريتية و يجدر بنا أن تذكر أن الهواء الطبيعي .. ودائما يحتــوى علــي كميــات متفاوتة من بخار الماء .. ومن وجهة النظر الجيولوجية فأننا نجد أن الأكسجين (أ٢) ، ثاني أكســيد الكربون (ك أ ٢) وبخار الماء والأتربة وبخار الماء والأتربة تعتبر من أهم مكيفات الهواء .. ومن المعروف ان هذا الغلاف الهوائي يمتد إلي مسافة ٢٠٠ كيل من سطح البحر وربما إلي مسافات أكبــر .. وتنقسم الطبقة الهوائية علي أرتفاع ثمانية أميال من سطح البحر إلي قسمين لكل قســم خـــواصة التـــي تختلــف عــن القســـم الأخر.

ويسمي القسم الأدنى الترويوسفير (Troposphere) .

والقسم الاعلي ستراتوسفـــــير (stratosphere) .

ولا نجد في هذا الأخير دوامات هوائية أو بخارية مساء أو سحب او تغيرات بيئية في درجات الحرارة كما هو الحال في طبقات الترويوسفير .

ومن المهم أن يلاحظ ان التغيير في دراجات الحرارة من مكان إلي مكان هو سبب الرياح التي توجد في طبقة التروبوسفير .....وخلال عوامل التجوية (Weathering) يتفاعل الهواء كيميائيــاً مع الصخور مكوناً مركبات جديدة .. وكذلك التغير في درجة الحرارة يسبب لها التشقق ونجد أيضاً أن الرياح التي ما هي الأهواء متحرك تبري وتنقل الصخور المفتتة وتخلق موجات وعبارات فــي ميــاه المحيطات. و الدور الذي يلعبه الغلاف الهوائي في حدوث المطر والبرد لا يحتاج لإيضاح وكذلك دور هذا الغلاف في سريان ضوء الشمس بواسطة الأنكماشات علي حبيبات الأتربة العالقة في الهواء لأن حماية الأرض من هجوم الشهب والنيازك التي تنشــأ نتيجة الاحتكاك بــالهواء لوقــت طويــل قبــل وصولها الينا .. وفي النهاية نجد أن الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء الموجود في الغلاف الهوائي من ضروريات الوجود والحياة علي سطح الأرض .

٢ - الـــــغلاف المائي (The Hydrosphere)

ويشمل هذا الغلاف المياه الطبيعية بأكملها مثل مياه البحار والمحيطات والأنهار والبحيـــرات والبرك وكذلك المياه الجوفيـــة التي تتشرب بها صخور الأرض وهذه المياه الطبيعية تغطي حوالي ٧٠ % من سطح الأرض ..... وإذا تصورنا أن السطح الصلب للأرض قد أصبح مجهداً بحيث تغطيه مياه الغلاف المائي فإن هذه المياه يصل أعمقها إلي حوالي ٢ ميل ومن الجدي بالذكر أن المحيط ليس مليئـــا بالمياه فقط وإنما نجد أن ٢ % من حجمه عبارة عن نيتروجين وأوكسجين وبعض الغـــازات الأخـــرى الذائبة ..... وكذلك يحتوى المحيط علي ٣ % من وزن مياهه تتكون من كلوريد الصوديوم الذي تـــتم إذابته من صخور السطح الصلب للأرض .. والمكونات الأخرى لمياه المحيط عبارة عن كائنات حيـــه ورسوبيات عالقة ..... ويأتى التأثير الميكانيكي للغلاف المائي علي الغلاف الصخري بســـبب النظـــام المعقد لسريان المياه المتسبب عن عدم انتظام الحرارة وكذلك التيارات المتسببة عن الرياح والاختلاف في درجة الملوحة وغيرها وتحمل الأنهار والروافد كميات لاحصر لها من الصخور المفتتة كل عام إلي المحيطات والبحار والبحيرات حيث تترسب هذه الرسوبيات مع بقايا الكائنات الحية وتتجمد علي هيئـــة صخور رسوبية (Sedimentary Rocks) من مختلف الأنواع..... ومعظم الصخور الرسوبية التي نراها الآن فوق سطح البحر والتي تتعرف عليها بما تحتوى من حفريات الكائنات الحية البحريـــة قـــد ترسبت تحت سطح البحر وانحسر هذا البحر عنها أو ظهرت هي فوق ســـطحه فتجمـــدت وتصـــلبت وظهرت في الصورة التي هي عليها الآن .. والوضع النسبي لهذه الصخور ومـــا تحويـــه مـــن بقايـــا الكائنات الحية يساعد كثيراً في معرفة أعمارها وظروف الترسيب وتاريخها في الشاطئ المختلفة.

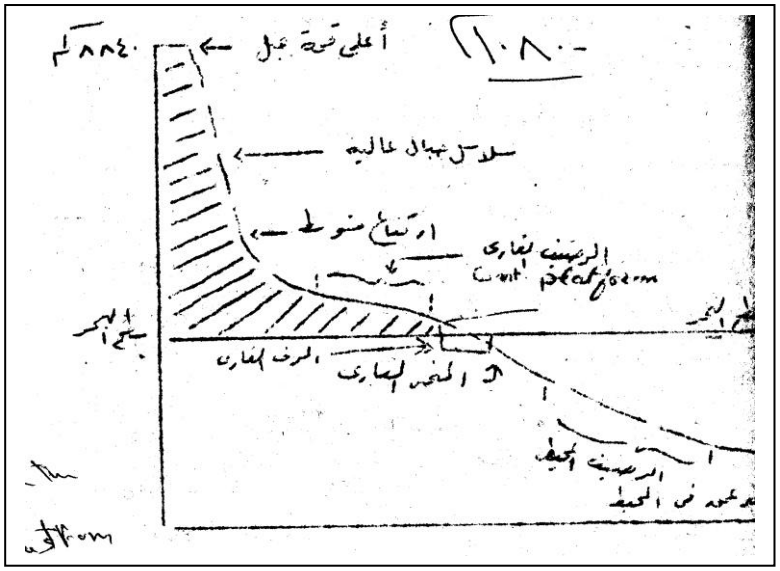
٣ - الغلاف الصخري (The lithosphere)

وهو عبارة عن الغلاف المتصلب من الأرض وهو يتكون من صخور مختلفـــة مثـــل الجرانيـــت والبازلت والحجر الرملي والحجر الجيري .. وهذه الصخور عبارة عن أجسام معقدة تتكون طبيعتهـــا وكيميائها من أجسام أقل تعقيداً تسمي المعادن ومن أمثلتها الكوارتز والفلسبار والمايكا التـــي تكـــون مجتمعة الجرانيت ..... أو الكالسايت الذي يمثل الأساس في تكون بعض الصـــخور مثـــل الحجـــر الجيري والرخام وهذه المعادن عبارة عن مركبات العناصر الكيميائية المختلفة .. والمعادن عبارة عن أجسام طبيعية لها خواصها الطبيعية والكيميائية وتتكون في الأرض كنتيجة لمـــدة أنشـــطة طبيعيـــة وكيميائية دون تدخل ليد الإنسان في هذه الأنشطة والصخور الصلبة التـــي يتكـــون منهـــا الغـــلاف الصخري يسمي أحياناً بالقشرة (The crust) لذلك نستطيع أن نقول بأن:

- **الصخور** : أجسام معقدة تتكون طبيعيا وكيميائياً من أجسام أقل تعقيد وهي المعادن .
- **المعادن** : عبارة عن أجسام طبيعية لها خواصها الطبيعية والكيميائية وتتكـــون فـــي الأرض كنتيجة لعدة أنشطة طبيعية وكيميائية دون تدخل ليد الإنسان.

ومن المعروف أن قطر الأرض يبلغ حوالي ٨٠٠٠ ميل وسطح هذا الغلاف الصخري غير منتظم فنجد أن ارتفاع اعلي قيمة لجبل وهي في أفريقيا في جبال االهيمالايا يبلغ ٨٨٨٤٠ متراً فوق سطح البحر وأقصي عن المحيط يوجد في خندق الفلبين في المحيط الهادي ويصل إلي حوالي ١٠٨٠٠ متر وينقسم هذا الغلاف إلي عدة مستويات أو أفاريز كما هو واضح من الشكل.

فتلاحظ من الشكل السابق الإفريز النـاري (Continental platform) والإفريز المحيطي (Oceanic Platform) أو رصيف البحار العميقة كما يسمي أحياناً ونجد أيضاً الانحدار البسيط الذي يربط بين الإفريز والذي يسمي بالانحدار القاري أو المنحني القاري (Continental Slope) والحد الخارجي الإفريز القاري يسمي شعب قاري (Continental shelf) أو الرف القاري .. وهو يمتد إلي عمق 200 متر خارج نطاق الشاطئ ..

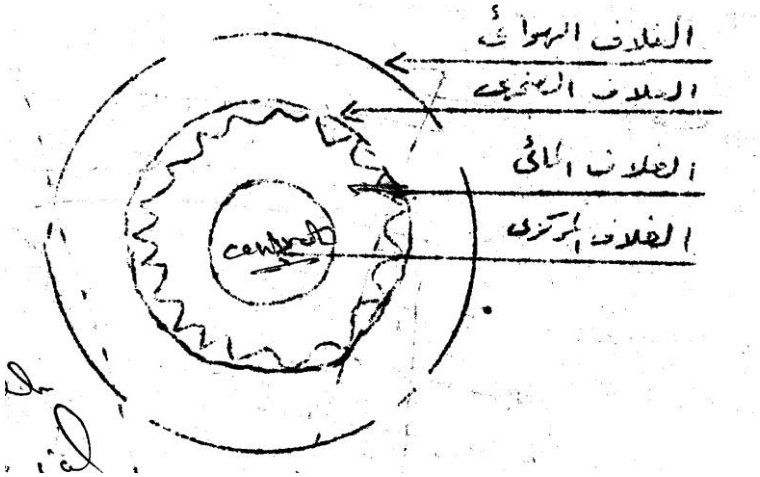


ومن الوجهة التركيبة يبدأ حوض البحر ليس عند خط الشاطئ المرئى ولكن عند حافة الرف القاري وجميع البحار الضحلة التي تقع علي هذا الرف مثل بحر البلطيق وخليج هيدسن تسمى البحار القارية أو البحار المتاخمة للقارات(epionenlal seas) وقد لعبيت هذه البحار ادوار عظيمته خلال التاريخ الجيولوجي فهناك أزمنة أنحسر فيها البحر تاركا مثل هذه البحار في صورة ارض جافة و هناك أزمنه أخرى تقدم فيها البحر ليمثل جزأ من المحيط .. فإذا ما تصورنا أنه لسبب أو لأخر سحبت كميات هائلة من المياه كما هو الحال في العصور الجليدية حيث تتكون طبقات جليدية ضخمة حول المناطق القطبية فسوف يجف الجزء الأكبر من هذه البحار ويصبح

الشعب القاري – وبالعكس عند تصور ذوبان الجليد الموجود الآن في المناطق الجليدية مثل منطقة الجرينلاند فأن مستوى سطح البحر سوف يرتفع وتغرق بذلك بعض القارات.

ويتكون الغلاف الصخري من عدة أنواع من الصخور في شكل طبقات رسوبية و يحتوى أيضاً على صخور أكثر صلابة وهي الصخور النارية والصخور المتحولة ومن النادر ما نجد هذه الصخور المكونة للغلاف الصخري كما هي ولكننا نجدها وقد – تغيرت بفعل عامل التعرية وتفتت بعضها عند السطح و اختلطت ببقايا المواد العضوية مكونة قشرة رقيقة تسمي (Soil) وهي تغطي قشرة أخري تسمي (Subsoil) وهذه الأخيرة أقل تفتتا وتحتوى علي مواد عضوية أقل تحللا وهاتين الطبقتين تكونان ما يسمي بالشبكة الصخرية (Mantle Rock) وكلها تغطي مايسمى بالطبقة الصخرية الكبرى (Bedrock) والتي رغم أنها صلبة إلا أنها ليست منفذه وتحتوى علي كثير من الشقوق والفتحات التي تحتوى علي المياه الجوفية والهواء.

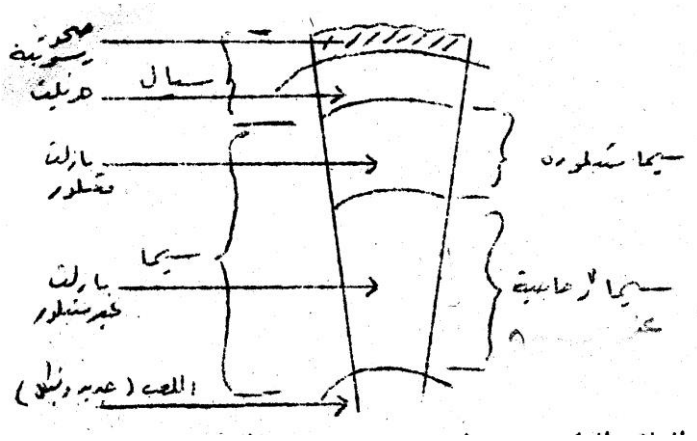
وهذا الغلاف الصخري هو القشرة الصلبة التي تكون القارات وقيعان البحار والمحيطات وتعرف أيضاً بالقشرة الأرضية وتعني بذلك جميع أنواع الصخور المكونة للأرض ابتداء من سطحها حتى بداية منطقة جوف الأرض كما هو واضح مع الشكل .



ويبلغ سمك هذا الغلاف الصخري حوالي ٢٩٠٠ كم عند خط الاستواء وقد أتضح من دراسات الزلازل واختلاف سرعات الموجات المختلفة داخل القشرة الأرضية أن هذا الغلاف مكون من عدة طبقات تختلف في الكثافة والتركيب الكيميائي .

فالطبقة الخارجية لها تركيب جرانيتي وهي مغطاة بطبقات من الصخور الرسوبية التي تختلف في السمك من مكان إلي أخر وتعرف هذه الطبقة الجرانيتية باسم السيال (Sial) نسبة إلي عنصري السيليكون والألمونيوم ويوجد تحت هذه الطبقة الجرانيتية طبقة يقرب تركيبها من البازلت وتعرف باسم

طبقة السيما (Sima) نسبة إلي عنصري السيلكون والماغنسيوم .. وتتكون طبقة السيما من طبقتين مختلفتين من حيث طبيعة التطور فالطبقة العلنية متبلورة (Crystalline) وتعرف باسم طبقة البازلت المتبلور أو السيما المتبلورة (Crystalline Sima) وهذه بدورها تتركز فوق طبقة غير متبلورة أي زجاجية وتعرف أيضاً باسم السيما الزجاجية (Vitreous Sima) ويعتمد الباحثين أن عمق الطبقة الجرانيتية حوالي خمسة عشر كيلو مترا وأن عمق طبقة البازلت المتبلور حوالي خمسة وأربعون كيلو مترا أما طبقة البازلت غير المتبلورة أو الزجاجي فأنها تمتد إلي جوف الأرض أو اللب (Core) كما هو مبين من الشكل التالي :



٤ – الغلاف المركزي (The Centro sphere)

معلوماتنا عن صخور الأرض لا تتعدي أميالا قليلة تحت السطح وكل ما نعرفه عن الغلاف الصخري ما يجاوز هذا العمق لا يزيد عن كونه استنتاجات وتأملات ومن الصعب أن تحدد الحد الفاصل بين الغلاف الصخري والغلاف المركزي ونحن نعلم الآن جيداً أن باطن الأرض لابد وأن يكون حاراً جداً لان البراكين تقذف أثناء ثورانها بقذائف من المواد الملتهبة الساخنة جداً ... بالإضافة إلى أنه معلوم لنا أيضا أن درجه الحرارة عندما قيست في المناجم والآبار وجد أن هناك ارتفاع أو ازدياد في درجه الحرارة مع العمق بمعدل ١درجة مئوية–لكل ١٠٠ قدم ..... فإذا ما استمر هذا المعدل في الازدياد إلي عمق حوالي أربعين ميلاً فان درجه الحرارة سوف تصل الى ما يزيد عن درجه انصهار الصخور العادية الموجودة علي السطح ومن ناحية أخرى أنه من الصعب علينا أن نتصور وجود هذه الصخور في الحالة السائلة في باطن الأرض لان الضغط أذا ما حسب في هذه الأماكن لوجد انه يربو علي الثلاثة ملايين ضغط جوى..... ولذالك فليس من السهل معرفة أشياء أكثر عن باطن الأرض إلا

من خلال ما يمكننا نستنتجه من المشاهدات العلمية المتحصل عليها من الزلازل والموجات السيزميه علي الصخور المرئية لنا..... وهذا الغلاف هو لب الأرض الذي تغلفه بقية الأغلفة وهو يتكون من مواد ذات كثافة عالية ودرجة حرارة شديدة للغاية ويقع تحت تأثير ضغط مرتفع جداً..... ومن المعتقد أن الطبقات المختلفة من الغلاف الصخري تكونت بينما كانت الكرة الأرضية تبرد وتتصلب من حالة شبه منصهرة وبذلك طفت الطبقة الجرانيتية لخفتها بينما هبطت المواد الثقيلة إلي المركز أو لب الأرض ومن المعتقد أن نسبة الحديد والمعادن الثقيلة الأخرى تزداد تدريجياً كلما تعمدنا إلي أن نصل إلي اللب ..... وقد أستطاع العلماء استنتاج كثير من الحقائق المتصلة بجوف الأرض وذلك من ظواهر عديدة كالاستعانة بدراسة موجات الزلازل و كالتأثيرات المغناطيسية التي تشير إلي وجود مواد حديدية داخل الأرض كما أن كثيرا من الشهب والنيازك التي تنفصل عن أجرام سماوية كبيرة وتسقط من قديم الزمن علي سطح الأرض تتكون من مركبات الحديد والنيكل مع الكروم و الكوبالت وغيرها ويفترض تركيب لب الأرض من مثل هذه المواد لأن الأصل واحد في كل المجموعة الشمسية .؟. كذلك نجد أن كثافة الأرض في مجموعها تقدر حسب أحدث الأبحاث في هذا المجال بمقدار ٥.٨ بينما تختلف كثافة القشرة الأرضية فتتراوح مابين ٢.٧ – ٢.٩ للسيال – ٣ – ٣.٤ للسيال .

كما أن كثافة الغلاف المائي تزيد قليلاً عن واحد .. وعملية حسابية بسيطة أمكن استنتاج أن كثافة جوف الأرض كبيرة وتقدر بحوالي ٨ كما أنه قد تصل إلي ١٥ أو ١٧ وهذه الكثافة في متوسط أكبر قليلاً من كثافة الحديد وأقل من كثافة النيكل وعلي ذلك يرجع أن يكون لب الأرض مكونا أساسا من الحديد والنيكل ومن ثم أطلق علي جوف الأرض أسم نيف (Nife) نسبة إلي هذين الفلزين ويتقد أن الحديد يوجد بنسبة ١% والنيكل يوجد بنسبة تتراوح مابين ٨% ، ١٠ % ..

٥ – الغلاف الحيوي أو البيولوجي (The Biosphere)

قد لا تكتمل الصورة عن مكونات الأرض دون التحدث عن ذلك الغلاف الذي تعيش فيه الكائنات الحية سواء كانت نباتا أو حيوانا .... ورغم أن هذا الغلاف له خاصة المميزة إلا أنه يتدخل مع جميع الأغلفة الأخرى فيما عدا الغلاف المركزي ويشمل هذا الغلاف معظم الغلاف المائي والغلاف الهوائي وجزء بسيط من الغلاف الصخري الذي توجد فيه الكائنات الحية ، وأهمية هذا الغلاف تقتصر علي التأثيرات البيولوجية والتفاعلات التي تقوم بها الكائنات الحية سواء كانت نباتا او حيوانا علي القشرة الصخرية للأرض . ويعتبر هذا الغلاف موضع الحياة العضوية من الأرض.

وهو من العوامل المؤثرة في التحويلات المتباينة والتغيرات المختلفة التي تحدث في أجزاء الأرض القريبة من السطح فالكائنات الحية تتلف وتغير الصخور والمعادن التي تكونت من قبل معطية بذلك مركبات ومعادن جديدة .

وفضلاً عن ذلك فأن هذه الكائنات تعتبر المادة الأساسية في تكوين الصخور العضوية مثــل الحجــر الجيري و الطباشيري والفحم .

ربما لا يقبل الشك فأن نشؤ العوامل المختلفة التي تزاول نشاطها علي سطح الأرض وطريقة مزاولتها لهذا النشاط تعتمد أساساً علي التداخلات والتفاعلات التي تنشــأ بين الأغلفة المختلفة المذكورة أنفاً .

الجيولوجيا الديناميكيـــة

Dynamic Geology

من الأقوال المألوفة أن شيئا ما صلب كالصخور وهذا تعبير يفيد أن هذا الشـــئ مـــن الصـــلابة بحيث يقاوم أية محاولة لتفتيته ومن النظرة والخبرة الجيولوجية نجد أن هذا القول يجانبه الصـــواب أو غير صحيح وذلك لأن الصخور والجبال وكل شئ علي سطح الأرض أبعد ما يكون عن الثبات وعدم التغير بل أكثر من ذلك فأن أهم ما يميز الأشياء هو ذاته وقد قيل أن لا ثابت علي ســـطح الأرض إلا التغير ولا بتصور الجيولوجي إلا أن أكثر الصخور صلابة تتحول بفعل عوامل معينة إلي قطع صغيرة وأتربة ناعمة إذا ما أعطيت الوقت الكافي لذلك .. فقد نحت نهر النيل أطنانا لا تحصي من الصـــخور وحملها في شكل طمي فحسب ونثرة عاما بعد عام علي الأراضي المبتعدة في اودية بمصر والسودان وعلي جزء من قاع البحر الأبيض المتوسط وكذلك نجد تماثيل الفراعنة من الصخور الصلبة وقد تفتت أجزاء منها وطمست نقوشها وذلك لأنها قد تعرضت لفعل الغلاف الهوائي والحرارة والبرودة بالرمال المحمولة بواسطة الرياح لعدد قليل من ألاف السنين .

فهل نستطيع أن نتخيل ماذا سيبقي من هذه المقابر والتماثيل إذا ما تعرضت لهذه العوامل لفترة من الزمن الجيولوجي الذي يحسب عادة بألاف ملايين السنين ؟

والإجابة علي هذا السؤال تعتمد علي أصل وسبب هذه العوامل ..... هل هي خارجية تـــزاول نشاطها وتحدث تأثيرها علي سطح الأرض أو داخليه من باطنها وكذلك علي مصدر الطاقة المســـئولة عن نشاط هذه العوامل..... وقد يظن لأول وهلة أن سطح الأرض بما عليه من تضـــاريس ثابـــت لا يتغير بمرور الزمن وذلك لأن تأثير العوامل المختلفة لا يمكن أن يلاحظ بسهولة في وقت محدود ولكن بتوالي السنين ومرور الأزمنة يصبح تأثير هذه العوامل كبيراً وواضحا فمثلا إذا عرف أن نهر النيـــل يرسب سنويا ماسمكه مترا واحد من الغرين في وادي النيل أو الدلتا فأن هذا الأثر لا يكاد يظهر فـــي وقت قصير ولكن التربة الزراعية المصرية يبلغ سمكها حوالي عشرة أمتار في المتوســـط .. ولـــذلك نلاحظ أن قبل هذا السمك قد أحتاج إلي عشرة ألاف من السنين ليتكون ..... وهـــذا الـــدليل يظهـــر بوضوح أهمية في أظهار أثر العوامل المختلفة. وكذلك الرياح فأنها تحمل الرمال وتوجهها في أمـــاكن أخري قد لا يلاحظ تأثيرها إلا بتوالي السنين فنجدها حيث تغطي أشياء كانت ظاهرة وتـــارة أخـــري تتراكم هذه الرمال علي هيئة كثبان رملية وهكذا يتغير الشكل الخارجي لسطح الأرض بفعل العوامـــل المختلفة علي مر السنين والأزمان .

وتشترك الزلازل والبراكين مع هذه العوامل فتسبب خسف القشرة الأرضية في بعض الأماكن وارتفاعها في أماكن أخري .. وإضافة كميات من الحمم والطفوح البركانية .

من هذا يتضح جليا أن الثبات علي سطح الأرض كما سبق وأوضحنا ظاهري فقط والواقع ان شكل هذا السطح في تغيير مستمر بفعل العوامل الطبيعية المختلفة التي تقسم إلي نوعين أساسيين كما يلي :

١ - عوامل خارجية : (Exogenous Prcesses)

وهذه هي العوامل التي خلالها يؤثر الغلاف الهوائي والغلاف المائي في الغلاف الصخري ....ز. ومن أمثلة هذه العوامل نذكر : تغير درجة الحرارة والرياح والأمطار وما ينتج عنها من سيول وأنهار وكذلك تأثيرات البحار والمحيطات والثلاجات وأنواع الحياة من حيوان ونبات .

٢ - عوامل داخلية : (Endogenous Processes)

وهذه هي العوامل التي منشؤها الحرارة الكامنة والضغوط المختلفة وما ينتج عنها من حركات أرضيه وزلازل وبراكين وحركات بانية للقارات وحركات هادمه لها .وتراكيب جيولوجية مختلفة وأنشطة نارية وبركانية.

ولنتحدث فيما يلي تفصيلاً عن كل من هذه العوامل:-

١ - العوامل الخارجية : (Endogenous processes)

وهذه العوامل تستمد الطاقة اللاذمه لها من الشمس وهي تحدث تغيرات هادمة في سطح القشرة الأرضية..... ولولا تأثير العوامل الداخلية التي تعيد ارتفاع أجزاء كثيرة من سطح الأرض لكان هذا السطح الآن مسطحاً وخالي من التضاريس وفي الوقع نجد أن العوامل السطحية لها تأثير هندمي (destructive) وهو ما يعرف باسم التعرية وتأثير بنائي أو إنشائي (constructive) وهوا ما يعرف بالترسيب ..... وسطح البحر هو أقل مستوي تستطيع العوامل الهادمة أن تصل بالغلاف الصخري إلية كما أنه اعلي مستوي يمكن أن يصل إليه تأثير العوامل البنائية في الترسيب أيضاً ولهذا السبب فان التأثير الظاهري في النهاية للعوامل السطحية هو تأثر هام لان نتيجته الملموسة هي تفتيت الصخور وهدم المرتفعات بينما نجد أن نتيجة الترسيب ظاهره غير ملموسة لأنها تحدث في معظم الأحيان تحت سطح البحر ومن هذا يتضح أن العوامل السطحية تشمل عمليتين أساسيتين هما التعرية والترسيب.

التعرية: (Denudation)

وتشمل جميع العوامل التي بها يغير الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي أو الجيولوجي سطح الغلاف الصخري..... وتأثر هذه العوامل كنتيجة لهبوب الرياح وسقوط الأمطار وسريان الأنهار والجليد وكذلك من مرور جزء من المياه الجارية خلال صخور و أتربة الجزء الخارجي من الغلاف الصخري وجعلها تتفتت وينتج في صورة حبيبات وتساعد الكائنات الحية أيضاً في عمليات التفتيت ومثال ذلك نمو جذور النباتات في شقوق الصخور الذي يفتتها كما تساعد الحيوانات القارضة الديدان هذه العوامل الهادمة بإزالة المواد المفتتة مثل الأتربة وبدون شك تتم تلك العوامل بمساعدة الطاقة التي تستمدها من أشعة أشمس وعلي ذلك فأشعة الشمس تعتبر مصدر الطاقة التي تمد تلك العوامل الطبيعية بالطاقة الحركية التي تنتج هدم الصخور الصلبة وتحولها إلي فتات أما عمليات الكسر الميكانيكية أو الإذابة أو التحليل الكيميائي .....وهذا ما نسميه بالتجوية (Weathering) ومن العوامل التي يعد ذلك عامل النقل (Transport) وهوا العامل المسئول عن حمل وأزاله الصخور المفتتة الي أماكن أخري ويتم هذا بواسطة الرياح أو المياه الجارية وهنا يظهر عامل الهدم الذي ينتج من نقل الفتات الصخري واحتكاك حبيباته ببعضها أثناء عملية النقل ويسمي النحت (Erosion) وهنا عبارة عن عملية سحق وإزالة أو استهلاك الحبيبات المكونة للطبقة الصخرية . ولكي يكون الدور الذي يقوم به كل عامل من العوامل سالفة الذكر واضح ومحدد نذكر أن التجوية عبارة عن هدم الصخور دون تدخل لعوامل النقل بينما النحت عبارة عن عملية هدم الصخور ونقل الفتات الصخري في نفس الوقت ويتعاون كلاً العاملان في نحت سطح الأرض وتأثيرها المشترك يسمي التعرية

الترسيب: (Deposition)

تعتبر عوامل التعرية السابق ذكرها من العوامل الهادمة وهي تحول الصخور الي نفايات وأنقاض وعلي هذا النفايات والأنقاض تبدأ عوامل عكسية لعوامل التعرية وهي عوامل الترسيب .... فعوامل النقل سواء كانت أنهاراً أو رياحاً تحمل نفايات الصخور أو الصخور المفتتة وتنقلها من أماكن تواجدها الأولى الى أماكن منخفضة المستوي بحسب ما تسمع به الظروف الجغرافية والوزن والحجم من الحبيبات..... وبفعل الجاذبية تسقط هذه النفايات الصخرية علي شكل طبقات تسمي بالصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks) ومن أمثلة هذه الصخور الطينية التي تترسب عند أنواء الأنهار فى هيئة دلتا وكذاك صخور الأملاح التى تترسب في قاع البحيرات والبحار المغلقة كنتيجة لزيادة تركيز الأملاح بسبب زيادة البخر وايضأ صخر الحجر الجيري العضويو هو صخر الحجر الجيري المحتوى على حفريات والذي يتكون نتيجة لتجمع البقايا العظمية من الحيوانات والنباتات في قاع البحر بفعل الجاذبية من أمثلتها أيضاً الحجر الرملي ورواسب الفوسفات والفحم.

وفيما يلي دراسة تفصيلية للتعرية والترسيب وأثر كل عامل من العوامل السطحيـــة في كل منها:

التعريـــة : (Denudation)

ويقصد بها الأثر الذي تحدثه العوامل الجوية في الصخور فتحولها من صـــخور صـــلبة إلـــي فتـــات صخرية ثم إزاحة هذا الفتات الصخري من مكانة ... و بهذا يتعرض سطح جديد من الصخور لهـــذه العملية مرة أخري وتنقل المواد المفتتة عادة بواسطة الرياح أو المياه الجارية كالسيول والأنهار التـــي يكون لها أيضاً عمل هدمي يسمي بالنحت إلي حيث ترسب في المنخفضات أو في البحيرات أو البحار حيث تتراكم طبقـــة فوق طبقـــة فتكون الصخور الرسوبية المعروفة ومـــن المعـــروف أن العوامـــل الخارجيـــة التي تؤثر في سطح القشرة الأرضية عدا عامل الجاذبيـــة تكون في مجموعها ما يعـــرف بالمناخ..... وينقسم سطح الكرة الرضيـــة إلي أربعة مناطق مناخيـــة تختلف الواحـــدة منهـــا عـــن الأخرى ولكل تأثيراتها التي تتوقف علي مناخها والأحوال الجوية السائدة فيها:-

١ - **المنطقة الاستوائية :**

وتتغير بارتفاع درجة الحرارة وكثرة الأمطار وكثافة النباتات وتعتبر منطقة حارة رطبه.

٢ - **منطقتا الصحاري :**

وتقعان علي جانبي المنطقة الاستوائية وتتميز كل منها بالحرارة المرتفعة والأمطار القليلة فهي أذن مناطق حارة جافـــة .

٣ - **المنطقتان المعتدلتان:**

تمتدان بعد المنطقتين الصحراويتين من ناحية القطبين وتتميز كل منهمـــا ببـــرودة متوســـطة وأمطار كثيرة وهي أذن مناطق باردة رطبـــة.

٤ - **المنطقتين القطبيتان:**

(تشمل المنطقة المتجمدة الشمالية والمنطقة المتجمدة الجنوبية) وتتميز كل منها بالبرد الشديد وقلة المياه الجارية وانعدامها وندرة الحياة فهي مناطق باردة جافة .

التجوية : Weathering

ويقصد بها التأثير الناتج من مجموع العمليات العديدة التى تحدث بفعل العوامل الجوية والتـــى تتضافر في تحلل وتفتت الصخور الصلبة وكذلك تتغير بواسطتها المعادن الى معادن جديدة المعـــادن إلى معادن جديدة اكثر ثباتا تحت ظروف جديدة على سطح الأرض .

وعمليات التجوية لايصاحبها اى نقل لنواتج التفتت و يستبعد من هذه العمليات فعل الإمطار والريـــاح غير أن الناتج من عمليات التجوية يتعرض لتأثير الجاذبيـــة حيث تقع أو تنزلق المواد المفككـــة إلـــي أسفل وخصوصا عندما يساعد علي انزلاقها وجود الماء .. ولإزالة نواتج التجوية أثر كبير في نشاطها وذلك لأنها تكشف عن أسطح جديدة للتأثير عليها ومن ذلك يتضح أنه لا يوجد فاصـــل واضـــح بـــين

التجوية والتعرية ..... ويعتمد نوع عمليـــة التجوية في منطقة ما على المناخ إلي حد كبير..... ففي المناطق الصحراوية حيث تقل المياه والرطوبة تسود التجوية الطبيعية بينما في المناطق الرطبـــة ذات المطر الغزير تكون التجوية الكيميائية هي السائدة .. وهذا الاختلاف أسبابه أن الأكسجين وثـــاني أكسيد الكربون هما المكونان النشيطان الأساسيان في الجو لا يكون لها أثر فعال بدون وجـــود الميـــاه وعليه نجد أن هناك نوعان من التجوية .

١ - التجوية الطبيعية أو الميكانيكيـــة :- Physical or Mechanical Weathering

ويقوم هذا العامل بتفتيت الصخور بفعل تغيرات درجة الحرارة والصقيع والأحيـــاء وينحصـــر عمل التجوية الطبيعية في تفتيت الصخور الصلبة إلي قطع صغيرة كنتيجـــة للتشـــقق الـــذي يحـــدث للصخور بسبب تمددها نتيجة لتغيير درجات الحرارة وكما نعلم فكل صخر عبارة عن مجموعة مـــن المعادن وهذه المعادن تختلف في معاملات تفتتها كما أن معامل تمددها ذاتها قد تختلف فـــي المعـــدن الواحد بالنسبة لتجمعاته البلورية..... وعلي هذا فتمدد الصخور يكون غالباً غير متجانس الأمر الذي يسبب تصدعا فيه وظهور شقوق مختلفة الاتجاهات كما وان التشقق يحدث نتيجة لتجمد الماء أو تبلور الأملاح في شقوق موجودة أصلاً في الصخور..... هذا ولاختراق جذور النباتات لهذه الشقوق أثـــر كبير يساعد عند أذن علي اتساعها.

مما سبق يتضح أن التجوية عبارة عن تأثيرات تحدث نتيجة التغير في درجات الحرارة وتجمد المياه والجاذبيـــة وعمل الكائنات الحيـــة ونتحدث في ما يلي عن كل من هذه العوامل ومدي تأثيرها :

(أ) التغير في درجات الحرارة :- Temperature Changes

تختلف درجة الحرارة كثيرا في النهار عنها في الليل وفي الصيف عنها في الشتاء ويعمل هذا التأثير إلي أقصي مدي له في البلاد الجافة أو البلاد الصحراوية وقد أثبتت الأبحاث أن متوسط الفرق بين أعلي درجة الحرارة التي يبلغها سطح الصخور نهاراً وأقل درجة حرارة ينخفض إليها في الليـــل طول مدة الصيف هو ٥٠ درجة مئوية ولكل معدن من مكونات الصخور معامل تمدد تختلـــف عنـــه لمعدن أخر وهذا الفرق في معامل تمدد المعادن المختلفة يؤدي إلي حصول جهد أو ضغط ينتج عنه تفتيت الصخور ولهذا السبب يكون هذا العامل ذا تأثر أوضح او أكبر علي الصخور التي تتكون مـــن معادن مختلفة من حيث معاملات تمددها كالصخور النارية..... ولهذا تتعرض الصخور لإجهاد كبير بسبب تفتتها نتيجة للانكماش والتمدد اليومي..... ولما كانت الصخور بطبيعتها لا تسمح بمـــرور الحرارة فيها بسهولة فأن تأثير الحرارة عليها لا يتعدي القشرة أو الطبقات السطحية من الصخور بينما لا تتأثر أجزاؤه الداخليـــة وينشـــأ عن ذلك انفصال هذه الطبقات السطحيـــة عن بقية أجزاء الصخور وتعرف هذه الظاهرة بالتقشر (Exfoliation) وهذا التقشر يحدث عادة فـــي الصـــخور الصـــلبة

المتجانسة في التركيب الكيميائي والنسيج الصخري أما إذا كانت هناك فروق في هذه الصفات من جزء إلي جزء في الصخر فأنه يتفتت ويتهشم بدلا من أن يتقشر.

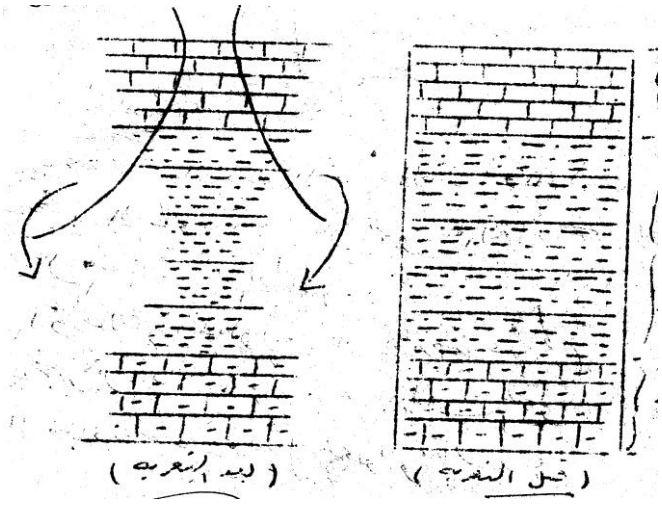
(ب) تجمد الميـــاه : (Freezing Water)

وتعتبر من أهم العوامل التي تسبب تفتيت الصخور حيث أنه يتمدد بنسبة ٩ % تقريباً من حجمه الأصلي عندما يتجمد وهذا التمدد يسبب ضغطا كبيراً يحدث تهشيم الصخور التي تحوى هذه المياه في الشقوق التي بها ويكون تأثير هذا العامل كبير في البلاد التي يتكرر فيها تجمد الماء علي هيئة جليد ثم ذوبانه بعد ذلك كما هو الحال في المناطق الجليدية والمناطق المعتدلة..... ويقل تأثير هذا العامل في المناطق القطبية التي يظل فيها الجليد أحقابا طويلاً دون أن يذوب .....

(ج) الجاذبيـــة : (Gravity)

العمل الرئيسي للجاذبية في التجوية هو نقل الفتات الصخري ولكنها أيضاً تعتبر عاملا مهما في تفتيت وتهشيم الصخور..... أذ يحدث أن تتآكل طبقة رخوة مثل الحجر الطيني التي قد تكون موجودة تحت مادة صلبة مثل الحجر الجيري علي سبيل المثال وتكون النتيجة ان تبقي الطبقات الصلبة معلقة علي هيئة مصطبة ثم يأتي دور الجاذبية فتنهار أطراف هذه المصاطب بتأثيرها وضغط علي سقوف الجبال شديدة الانحدار فتتهشم إلي قطع صغيرة ذات زوايا حادة تعرف برواسب التالوث : (Talus)

ويزداد تأثر الجاذبية كلما أزداد ميل السفح الذي تسقط وتتهشم الصخور عليه كما هو واضح من الشكل التالي :



(د) عمل الحيوانات النباتات:

وهذا ما يسمي في بعض الأحيان بالتجوية العضوية (Organic Weathering) ويشمل عمل الحيوانات كالديدان في الحفر أو استهلاك كميات كبيرة من التربة بقصد استخلاص المواد الغذائية منها أو بإفراز مواد كيميائية تتفاعل مع بعض الصخور ويدخل في هذا أيضاً عمل الأنسان

من حرث إلي نقل كميات كبيرة التربة بقصد الردم أو تعزيز الجسور إلي حفر المناجم والآبار المختلفة مما يعطي الفرصة لكثير من عوامل التجوية للتأثير علي الصخور المختلفة وتعمل النباتات علي تفتيت الصخور بواسطة تخلل جذورها في الشقوق. وهذا أيضاً يعطي فرصة في العوامل الأخرى لكي تتخلل الصخور وتأثر عليها كما أن تحلل هذه النباتات يعتبر عاملا هاما إذ أنها تفرز أحماضا معينة تذيب نوعيات معينة من الصخور .

٢ - التجوية الكيميائية (Chemical Weathering)

وتسمي هذه أحيانا بالتحلل (Decomposition) وبواسطتها تتحلل المعادن المكونة للصخور و تتفكك وتذوب بفعل الماء والأحياء وقد يكون للعمليات الكيميائية الناتجة من تواجد الماء المحمل بالأكسجين وثاني أكسيد الكربون أثر أقوى بكثير من العمليات الطبيعية البحتة بالنسبة لتفتت الصخور فغالبية المعادن المكونة للصخور تتبلور في وسط بعيد عن السطح وعلي هذا فهى غير ثابتة عندما تتعرض لعمليات التجوية .. فتتحول إلي معادن جديدة بفعل التميؤ والأكسدة والتبادل الأيوني وفي تغيرها هذا تتمدد تمددا غير متجانس وتتشقق الصخور علي طول حدود حبيبات المعادن المكونة له كما وأن التأثير الكيميائي للأحياء الدقيقة وجذور النباتات أثر هدام مميز علي المعادن المكونة للصخور وتعتمد التجوية الكيميائية علي قدرة مياه الأمطار المذاب بها الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والأحماض والمواد العضوية المختلفة في إذابة الصخور .. ويعمل هذا النوع من التجوية علي أضعاف تماسك المعادن المكونة للصخور وتكون محاليل تجمعها الأمطار بعد ذلك فيصبح الصخر مساميا يسهل تكسيره ومن نتائج التحليل أيضاً تكوين نواتج جديدة نتيجة للتغير تزيد في حجمها علي حجم الصخر الأصلي وتوجد علي هيئة قشور منفصلة علي سطحه..... ومن المعادن المكونة للصخور ما يتحلل بسهولة و منها ما يقاوم عملية التحلل مثل الكوارتز والمايكا البيضاء والماجنيتايت وتذكر فيها يلي العوامل الكيميائية التي تساعد علي تحلل الصخور وهي :

١ - التجوية بثاني أكسيد الكربون

وهذه تسمي أحيانا بالتكرين (Carbonation) وهي عبارة عن اتحاد ثاني أكسيد "الكربون (ك أ ٢) المذاب في الماء مع أي قاعدة ويوجد هذا الغاز في الجو بنسبة ٠.٠٣ % كما سبق أن أوضحنا وقد تزيد هذه النسبة الى ٠.٠٧ % أو ٠.١ % في المدن الصناعية وقد تصل الى ١.٢ % في مياه الأمطار مما يساعد علي أذابه كثير من أحجار المباني في البلاد الممطرة .... ويساعد هذا الغاز أيضاً علي إذابة كربونات الكالسيوم المكونة للأحجار الجيرية وبذلك تتكون المغارات (Gaves) كما يساعد علي تكوين الرواسب الجيرية للكهوف مثل الأستلاكتابت (Stalactite) التي تكون مدلاة من أسقف المغارات والأستلاجمايت (Sialagounite) التي تتكون علي أرضها .. وهذا الغاز يكثر أيضاً في المناطق الحارة نتيجة لتحلل النباتات الكثيفة بها كما يتصاعد من

البراكين الثائرة. وعندما تتم عملية التكوين لصخر ما فأنه يحدث أزياد في حجم المعادن المكونة له وهكذا يشقق الصخر ويتفتت ويصبح التأثير عليه سهلا بواسطة العوامل الجوية الأخرى.

(ب) التجوية بالأكسدة أو التأكسد : (Oxidation)

وهو إتحاد الأكسجين مع محتويات الصخور ويساعد علي إتمام ذلك الرطوبة لأن الأكسجين يذوب في الماء إلا أن ذوبانه أقل من ذوبان ثاني أكسيد الكربون ويكون من تأثير عليه الأكسدة أن تتحول المادة المكونة للصخور التي يكون أساس تركيبها المعدني البابروكسينات والأمفيبولات والأولفينات أي سليكات الحديد والمغنسيوم إلي بيكربونات كالسيوم أو مغنسيوم أو حديد قابلة للذوبان وسيليكا كما يتحول أكسيد الحديدوز إلي أكسيد الحديديك (هيماتايت) أو الي الأبدروكسيد (ليمونايت) وواضح أن عملية الأكسدة هذه بصحبها تغيير في الألوان من الأخضر أو الأسود الي الأحمر او الأصفر او البني ولهذا والسبب نجد أن أماكن كثيرة في المناطق الدافئة تتميز بهذه الألوان ومن أمثلة الرواسب التي توجد في المناطق الاستوائية التي تتميز بمناخها الحار الرطب راسب بني محمر يسمي لاتيرايت (Laterite) وهو راسب عبارة عن خليط من أكاسيد الحديد والألومنيوم وتغلب فيه نسبة الحديد علي الألومنيوم ولهذا السبب يغلب عليه اللون الأحمر وينتج اللاتيرايت من تحلل الصخور التي تحتوى في تركيبها علي نسبة كبيرة من الحديد كالجابرو – أما إذا كانت نسبة الحديد قليلة في الصخور المتحلل مثل الجرانيت والسيانايت وكانت نسبة الألومنيوم هي السائدة لأن هذه الصخور غنية بالفلسبارات فان الذي ينتج عن التحلل في مثل هذه الحالة يسمي بوكسايت وهو عبارة عن أكاسيد الألومنيوم المائية ويمكن الاستدلال من وجود هذين النوعين الأخرين من الرواسب بين الطبقات الصخرية علي البيئة الاستوائية التي كانت سائدة وقت تكوينها .

(ج) التميؤ (Hydration)

وهذا هي عملية اتحاد الماء مع مختلف المركبات المكونة للصخور مثل تميؤ الفلسبارات لتعطي المعادن الطينية الهامة للتربة .. ويصحب هذه العملية ازدياد في حجم المعدن مثلما يحدث عندما يتحول معدن الأنهيدرايت (Anbydrte) وهو كبريتات الكالسيوم إلي جبس أي كبريتات كالسيوم مائية فينتج عن ذلك تشقق في الطبقات التي تعلوه .

(د) الذوبان (Solution)

ويقصد بهذه العملية ذوبان معادن الصخور في الماء سواء كان ماء مطر أو مياه أرضية.... والماء في حد ذاته متسبب ضعيف ولكنه يذيب بعض المعادن مثل الهالايت أو الملح الصخري.... وإذا ما أشترك الذوبان والتكوين سويا فان الأثر يكون أكبر خصوصاً علي الصخور الجيرية التي تتكون بها الفراغات والكهوف والتجاويف وأثار المطر نتيجة لذلك..... أما ما لا يذوب من المعادن فانه يبقي علي هيئة رواسب متبقية علي سطح الحجر الجيري الأبيض.... وهي رواسب غنية بأيدروكسيد الحديد الغير قابل للذوبان ومنشؤه أثار مركبات الحديد التي توجد علي هيئة شوائب في

الحجر الجيري. ويظهر اثر الذوبان بدرجة اكثر وضوحا بعد إتمام عمليات التجوية الكيميائية الاخري فمثلاً عندما يتحول الفلسبار إلي معادن طينية نجد أن أملاح البوتاسيوم الموجودة في هذه المواد الطبيعية تذوب بسهولة أكثر .. وغالباً ما تشترك العوامل الأربعة السالفة الذكر في نطاق التجوية الكيميائية محدثة الأثر الواضح كما في حالة تحلل الفلسبار ومن المعلوم أن هذه الفلسبارات تكون حوالي ثلثى القشرة الأرضية وهي تتحلل متأثرة بعوامل التكرين والتميؤ و الذوبان وتكون نتيجة التحلل الكاولين أو المعادن الطينية وكربونات البوتاسيوم والسيليكا .

فلسبار (أرثوكلاز) + ماء + ثاني أكسيد الكربون يعطى كاولين + كربونات بوتاسيوم + سليكا)

٢ بولوس ٣ أ ٨ + ٢ يد ٢ أ + ك أ ٢ يعطـــــــــــــى لو ٣س٢ أ ٥ (أن) + بو ٢ ك أ ٢ + ٤س أ ٢

وتتراكم المعادن الطينية القابلة الذوبان التي تعتبر من أهم مكونات التربة وهذا تتحد السيليكا الغير متبلورة مع الماء وتذوب فيه ثم تتحول إلي محلول غروى يتبخر بعض الماء المذيب ويختلط هذا المحلول بالمعادن الطينية فيكسبها بعض خواصها المعروفة كسهولة التشكيل أما البوتاسيوم فأن يتحد مع ثاني أكسيد الكربون معطيا كربونات البوتاسيوم أو يبقي كما هو في التربة علي هيئة محلول تمتصه النباتات المختلفة . مما سبق يمكننا القول أن المواد المختلفة من عملية التجوية تتخذ أشكالا ثلاثة وهي :

١ – بقايا معادن أصلبة . ٢ – معادن ثانوية تكونت مكان عملية التجوية أو بالقرب منها . ٣ – مواد ذائبة تزال من مكان عملية التجوية بواسطة المياه الجارية.

والنوع الأول هو المعادن الأصلية التي أما أن تكون ذات تركيب ثابت عند سطح الأرض وأما غير ثابت و لكن يتأثر ببطء لدرجة غير ملحوظة والمعادن الأصلية التي تثبت تماما لفعل التجوية هي معادن الطفل (Clay) والماسكوفايت (Muscovite) وربما الكلواريت المكونة للصخور .. أما غالبية المعادن الأخرى التي تثبت أمام فعل التجوية إلي حد ما فهي في الواقع معادن ذات خاصية مقاومة طبيعياً وكيميائيا..... وفيما يختص بالمعادن الثانوية فهي نواتج تمؤ المعادن الأصلية ولهذا السبب فقد وضعت جميعها ضمن مجموعة المعادن المتميئة وهذه تشمل معادن الطفل وقليل من معادن السيليكات المائية مثل الكلورايت وتتميز إلي جميع كبير بدقة بلوراتها حتى أنها تميز فقط بواسطة ميكروسكوب الكتروني يكبرها ألاف المرات .

النحت (Erosion)

بعد أن شرحنا تفصيلا التجوية نأتي إلي التحدث عن العامل التالي من عوامل التعرية وهو النحت .. وتحدث عملية النحت بواسطة عوامل مختلفة كالرياح والأمطار والأنهار و مساقط المياه والبحار والأنهار الثلجية .. ولكل من هذه العوامل تأثر هدمي علي الصخور يشمل تفتيتها ونقلها كمل أن له عمل بنائي عبارة عن ترسيب ما ينقل من فتات الصخور ونتحدث فيما يلي عن النحت بالعوامل المختلفة .

١ - نحت الرياح : (Wind Erosion)

ويكون هذا أكبر تأثيرا في البلاد الحارة الجافة مثل البلاد الصحراوية حيث يكون سطح الأرض خاويا تقريباً من النباتات والحشائش وحيث تكون صخور سطح القشرة الأرضية تفتت بواسطة عوامل التجوية المختلفة .

وللرياح تأثيران أحدهما هندسي والأخر بنائي ..... والتأثير الهدمى للرياح يعتمد اعتمادا كليا علي ما تحمله من مواد مفتتة ومن الرمال والأتربة وهذه الشحنة أما أن تكون محولة في الهواء فتسمى *بالشحنة المعلقة* أو قد يدحرجها الهواء أمامه علي سطح الأرض وتسمي *بالشحنة المدحرجة* و يتوقف نوع الشحنة علي شدة الريح وشكل الحبيبات وحجمها وكثافتها فقد تكون الرياح ضعيفة فيكون أثرها الهدمى ضعيفا وقد تكون الرياح قوية كالزوابع والأعاصير فتكتسح كل ما يقابلها علي سطح الأرض من صخور مفتتة بمواد رملية وما شابه ذلك وتصبح بعد ذلك سلاحا فعالا في تفتيت أوجه الصخور و بريها او صقلها... ..و قد تمر هذه الرياح بصخور غير متناسبة أي صخور تحتوى علي أجزاء او طبقات أصلب من الأخرى يكون نتيجة ذلك أن تتأكل الأجزاء الرخوة أو الأقل صلابة .. وتبقي الصخور الصلبة بارزة كما يحدث عند تكوين المصاطب كما أوضحنا من قبل ويعرف هذا النوع من النحت الذي يؤدي إلي تأثير مختلف علي الصخور بالنحت المتباين Differential Erosion ومن أثر الرياح الهدمي ما يشاهد في الصحاري من حصى مثلث الأضلاع Ventifacts يكون بشكل هرمي نتيجة لهبوب الرياح من اتجاه معين عليه ويلاحظ أن أوجه هذا الحصى تكون مصقولة جدا نتيجة لذلك . أما العمل البنائي للرياح فيحدث بمجرد أو تصادف هذه الرياح في طريقها عقبات أو نتؤات تؤدي إلي إيقافها أو تقليل سرعتها فتلقى بما تحمل من رمال وأتربة وترسب هذه علي شكل تموجات او كثبان . وتكون التموجات الرملية (Ripple marks) غير متماثلة أو بمعني أخر تكون الجهة التي تواجه الريح أقل في الميل من الجهة التي ضد الريح كما هو واضح من الشكل .

أما الكثبان الرمليـــة (sand dunes) فتتكون من حبيبات مستديرة من الرمل وهي تختلف من حيـــث الارتفاع فتتدرج من بضعة أقدام إلي ما قد يصل إلي عشرات الأمتار .. ومن حيث الشكل فهـــي قـــد تكون مستطيلة بحيث يكون اتجاهها هو اتجاه الرياح السائدة وهذا هو النوع من الكثبان الرملية الـــذي يعرف بالغرود (Longitudinal Dunes) ومن أمثلة غرد أبو المحاريق الذي يمتد حوالي ٧٠٠ كم من الشمال الغربي إلي الجنوب الشرقي في الصحراء الغربية بـــين الواحـــات البحريـــة والواحـــات الخارجة .. وقد تكون هذه الكثبان هلالية الشكل (Barchan) ويكون انحدارها بسيطا مـــن ناحيـــة اتجاه الرياح وشديدا في الاتجاه المضاد..... ولقد لوحظ أن التموجات الرملية وكذلك الكثبان الرمليـــة تنتقل من مكانها بفعل الرياح .. بسرعات متفاوتة في العام .

و فى الجهات الساحلية تتواجد نوع من الكثبان ذوات حبيبات جبرية مستديرة متماسكة تعرف بالكثبان الساحلية (Coastal Dunes) ومن أمثلة هذه الكثبان الممتدة علي الساحل بين الإسكندرية ومرسي مطروح .

٢ - نحت الأمطار (Rain Erosion)

تكثر الأمطار في المناطق الاستوائية وتقل تدرجيا نحو القطبين كما تكون كميـــة الأمطار في الجهات الساحلية أكبر منها داخل القارات..... وعند نزول مياه الأمطار علي الأرض نجد أن بعضها منها يتبخر ثانية ويتصاعد في الهواء بينما يتسرب جزء في مسام الصخور وتقويها وشقوقها يصل إلي أعماق متفاوتة من سطح الأرض مكونا ما يعرف بالمياه الجوفية.

أما الجزء الثالث فيسيل علي سطح الأرض مكونا ما يعرف بالمياه الجارية كالأنهار مـــثلا .. وللأمطار عمل هدمي فقط ولا يتم العمل البنائي وهو ترسيب ما تحمله هذه الأمطار من فتات صخري إلا بواسطة الأنهار والمياه الجوفيـــة وهي ما تؤدي إليه مياه الأمطار .. أي أن الأمطار تقـــوم فقـــط بدور الهدم والنقل بينما تكمل المياه الجارية هذه العمليـــة ثم تقوم بالترسيب في النهايـــة .. وينقســـم العمل الهدمي للأمطار إلي عمل آلي وعمل كيميائي .. اما العمل الآلي أو الميكانيكي فيعتمـــد علـــي اصطحاب المطر برياح شديدة مما يساعد علي نقل المواد المفتتة علي سطح الصخور أو تفتيت أجزاء منها ومن أمثلة ذلك ما يحدث في البلاد الجافة من نحت الأمطار لأوجه الصخور الجيرية أو الطينية مكونا في النهاية مجموعة من الأخادير تفصلها جروف حادة نوعا و قليلة الارتفاع كما هو الحال في كثير من جبال شبة جزيرة سيناء..... أما العمل الكيميائي الذي تستخدم الأمطار في تفتيت الصخور فهو عبارة عن إذابة ماء المطر لبعض الغازات الموجودة في الهواء مثل الأكسجين أو ثـــاني أكســـيد الكربون كما سبق أوضحنا في حالة التجوية الكيميائية .

٣ - نحت السيول (Torrent erosion)

تظهر السيول بعد هطول الأمطار الغزيرة وهي أنهار وقتية تترك مجاريها ظاهرة سواء علي سطح الجبال أو في الصحراء بعد تصريف مياهها فعند هطول الإمطار الغزيرة علي التلال أو الجبال تنحدر مياهها في مجاري ضيقة ثم تصل هذه المجموعات من مجاري مياه المطر وتكون السيول ويكبر السيل ويتزايد حجمه وتتزايد سرعته حتى يصل إلي نهر يصب فيه مثل السيول التي تنحدر من اعلي جبال البحر الأحمر بالصحراء الشرقية وتصب في وادي النيل.

وتكتسح السيول ما تقابله في طريقها من مواد طينية أو حصى مختلف الأحجام أو كتل صخرية كبيرة إذا كان السيل جارفا وقويا..... وتكون هذه المواد بمثابة الآلات التي تستعملها السيول في نحت وتعميق مجاريها وبمرور السنين نجد أن المجاري الضيقة التي تنشأ في البداية من نحت السيول قد تحولت إلي أخوار ضيقة جدا (Canyons) وقد وجد أن العمل الهدمى للسيول يظهر واضحا في الصحاري لندرة وجود النباتات فيها علي العكس من تأثيره في البلاد التي تغطيها النباتات والغابات.

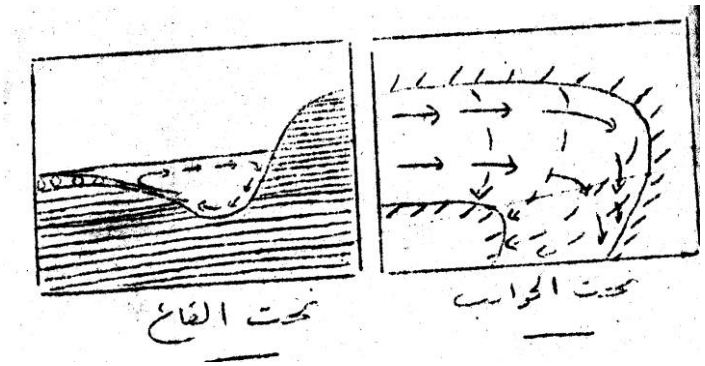
وعند خروج مياه السيول من أخوارها فأنها تنتشر علي سطوح السهول وبذلك تفقد سرعتها وتبدأ بترسيب ما تحمل من مياه .. ويكون الترسيب عادة أما علي شكل نصف دائرة مركزها مخرج الخور ويسمي ما يرسب بمخروط السيول (Alluvial cone) أو يكون الترسيب علي شكل مثلث تكون قمته عند مخرج الخور ترسب عندها الكتل الصخرية والحصى الكبير ثم يتناقص حجم الحصى تدريجياً وينتهي بالرمال والمواد الطينية عند قاعدة المثلث ويعرف هذا النوع من الترسيب بالدالات الجافة .

٤ - نحت الأنهار (River Erosion)

تختلف الأنهار عن السيول في أن المياه فيها مستديمة نظراً لأنها تبدأ في مناطق كثيرة الأمطار أو مناطق تغطيها الثلوج وكذلك فهي تعتمد علي ما يصب فيها من روافد وعيون وبحيرات والغالب أن مجري النهر يكون شديد الانحدار في الجزء القريب من منبعه وقليل الانحدار في الجزء الأسفل منه أو القريب من مصبه ويشمل العمل الهدمي الأنهار التأثير علي جوانب مجري النهر وقاعه فتساعده ما يحمل من مواد ويختلف هذا التأثير باختلاف سرعة التيار وحجم الماء وطبيعته ومقدار المواد المحولة في الماء وطبيعة الصخور المكونة لمجري النهر ذاته..... وتشمل شحنة النهر أو حمولتة المواد الذائبة في مياهه كالأملاح مثل كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم وكلوريد الصوديوم (ملح الطعام) كما تشمل هذه الحمولة أيضاً المواد المعلقة في الماء والتي يرجع سبب وجودها هكذا إلي اختلاف سير التيار فنجدها تكون أكبر في وسط النهر منها عند جانبه أو قرب القاع كما أن السرعة تزداد مع وجود الانحدارات في مجري الوادي ويؤدي اختلاف سرعة التيار إلي وجود الدوامات التي تتسبب في رفع الفتات الصخري من القاع وحملها معلقة في الماء .....و نضيف أن حمولة النهر لا تقتصر علي النوعين السابقين ذكرهما لكنها تشتمل أيضا علي الكتل الصخرية

والحصى الكبير الذي لا تقوى المياه علي حمله فتدفع مياه النهر هذه المواد وتدحرجها علـــي القـــاع وملاصقة الجوانب مما يؤدي إلي تأكل وتفتيت صخور مجري النهر كما أن الكتل الصخرية والحصى تحتك ببعضها فتبري وتصقل..... وعلي هذا يستدل علـــي أمـــاكن مجـــاري الأنهـــار بالأمـــاكن الصحراوية في الأزمنة القديمة بوجود الكتل الصخرية والحصى المستديرة الأوجه .

ويستغل النهر شحنته المحمولة السابق التحدث عن تصنيفها في الاستخدام كآلات يستعملها في حفـــر وتعميق المجري كما هو واضح من الشكل.



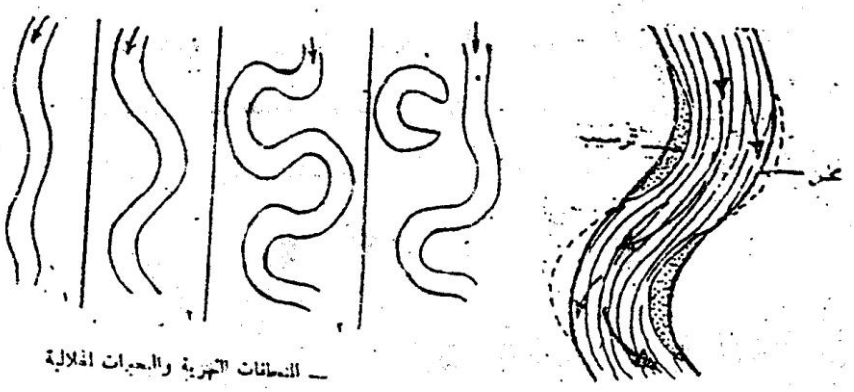
وعادة تتدخل ظروف أخري في هذه العمليـــة كنوع الصخور التي يحفر فيها وسرعة التيار ومنـــاخ المنطقة .. فقد تؤدي طبيعة الصخور التي ينحت فيها النهر مجراه إلي أن ينحت في الجانب الأخـــر وهذا يؤدي إلي تكوين التعاريج أو الالتواءات في مجري النهر ويتدخل المناخ في تحديد شكل المجري فإذا كان النهر قويا ومحتفظا بقدرة حمولته علي النحت وكان الجو جافـــا ينحـــت أخـــدودا عميقـــاً (Gorge) أما إذا كان المناخ رطبا في هذه الحالة كما هو الحال في الأماكن التي تكثر فيها الأمطار فأننا نجد مساعدة من عوامل التعرية الأخري كالتحلل والجاذبية علي تأكل جدران الأخـــدود فيتســـع مجري النهر نتيجة لذلك ويتوقف عمق المجري وشكله علي العلاقة بين سرعة تأثير عوامل التعريـــة علي الجوانب وسرعة القاع.

التأثير الجيولوجي للأنهار :

لكل نهر دورة التغيرات المختلفة التي تطرأ عليه وتشتمل هذه الدورة ثلاث مراحـــل هـــي **الشـــباب والنضوج والشيخوخة** ..... ففي **مرحلة الشباب (Youth stage)** يكون حفر الجداول والفـــروع والوديان علي أشدة وتكون الأنهار سريعة ولها انحدار غير منتظم فتتكون البحيرات وتتساقط الميـــاه والأخاديد .. وفي هذه المرحلة تكثر ظاهرة أمر الأنهار (River capture) وهي ظاهرة تنشأ مـــن قدرة أحد الأفرع علي النحت لأكثر من النوع الأخر فيصبح مجراه أكثر انخفاضا وبذلك تصب ميـــاه الفرع الاخر في هذا المجرى و يتوقف بذلك النحت فى مجرى النهر الأخـــر .. وتقـــترب مرحلـــة الشباب هذه من نهايتها عندما يصبح المجري المائي مدرجاً (Graded) وعندما تختفي البحيـــرات

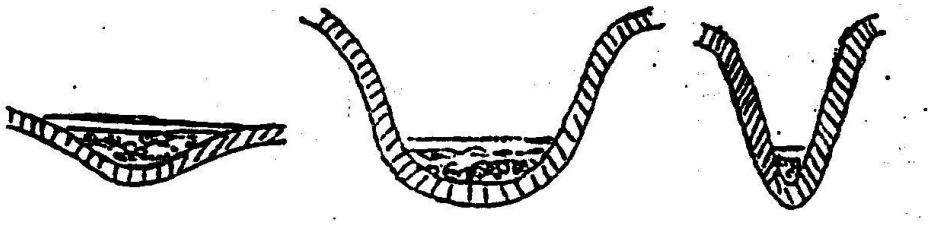
ومساقط المياه أو الشلالات وتتسع الأخاديد إلي وديان ويعرف النهر في مرحلة الشباب بالنهر الصغير ويكون قطاعه علي شكل V .

أما مرحلة النضوج (Maturity stage) فيصل فيها أتساع الوادي التي أتمني مداه ويصبح علي شكل V مفتوحة ويقال عن النهر أنه متوسط العمر..... وتكثر في هذه المرحلة التعرجات أو الألتواءات وكذلك البحيرات القوسية وهي مرحلة تأتي بعد تكوين التعرجات إذ يقطع النهر مساراً جديداً تاركا الجزء المتفرع أو المقوس علي هيئة بحيرة مقوسة..... أما إذا أخترق النهر عمق الجزء المتعرج فقط وهي مرحلة تسبق مرحلة تكوين البحيرات القوسية فأنه يتكون نتيجة لذلك ما يعرف بالكباري الطبيعية .

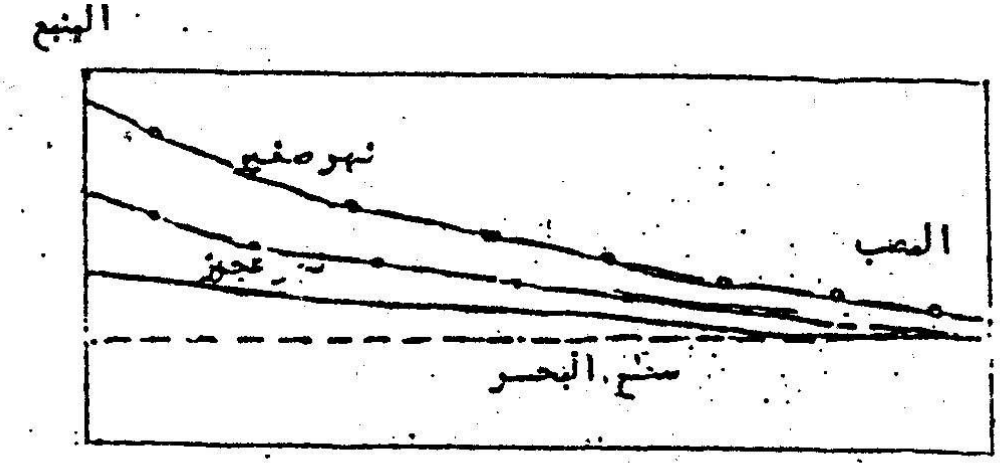


وفي مرحلة الشيخوخة (Old stage)

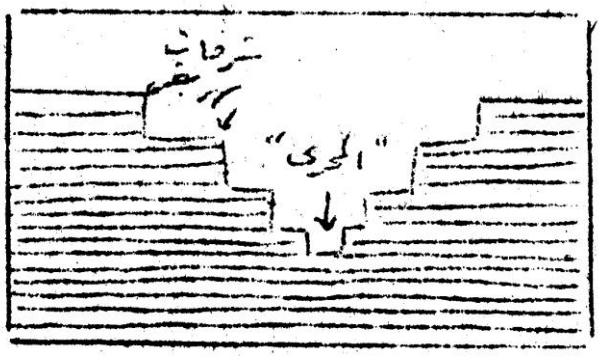
تقل وعورة الوادى ويقل انحدار النهر ويفقد قدرته علي النحت ويبدأ في الترسيب أذ تضعف سرعة تياره وتسمي المنطقة الأرضية التي يؤول إليها مجري النهر بالسهل المنبسط (Peniplain) ويصبح النهر شيخا أو عجوزا .



وقد توجد هذه المراحل كلها في نهر واحد وفي أجزاء متفرقة منه.
فكلما زاد عمر النهر زادت مرحلة الشيخوخة أو مرحلة الترسيب في نسبتها علي المرحلتين الأخيرتين.



ويكون قطاع النهر علي شكل خط مقعر يقل تقريباً كلما أقترب النهر من مصبه كما أن شكل هذا القطاع يتغير بتغيير عمر النهر..... فالنهر يأكل في مجراه بشدة بالقرب من منبعه سنة بعد أخري كما أن عوامل التعرية في هذه الأماكن الرطبة تساعد علي النحت وبهذا يهبط مستوى القطاع حتي يصبح القطاع في النهاية قريباً من المستوى الأفقي علماً بأن الحد الأسفل الذي يمكن أن يصل إليه قطاع النهر هو المستوى القاعدي للتعرية وهو الخط التصوري لامتداد مستوى سطح البحر تحت سطح القشرة الأرضية..... وأحيانا يعترض مجري النهر في مرحلة نضوجه عائق كالطفوح البركانية أوقد يرتفع قاع النهر بسبب من الأسباب بذلك نصل إلي أن المجري يعترضه عائق وعليه فإن النهر يبدأ من جديد في نحت وتعميق مجراه..... ويعرف في هذه الحالة بأنه **يجدد شبابه** (**Rejuvenating**) ويبدأ النهر في نحت ما رسبه سابقاً علي سهل الفيضان (Flood plain) تاركا جوانب هذا السهل علي شكل شرفات تعرف بالشرفات النهرية (River Terraces)

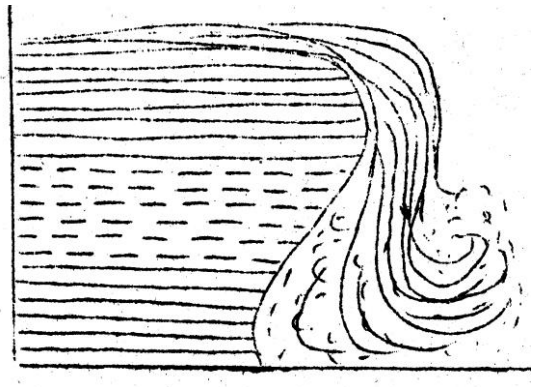


وبتكرار تجديد شباب النهر يتكرر تكون هذه الشرفات النهرية علماً بأن الشرفات العليا دائما هي الأقدم والسفلي أحدث في التكوين .. وتري الشرفات النهرية واضحة في أماكن من الوجه القبلي علي جانبي نهر النيل .. ويتبع العمل الهدمي دوره البنائي وهو الترسيب .....وهو عبارة عن إلقاء النهر لما يحمل من مواد عندما تقل سرعته أو تقف نهائيا نتيجة لأن يقل انحدار المجري كما هو الحال في الأجزاء القربية من المصب أو أن حجم الماء نتيجة للبخر الشديد أو أن يتسرب الماء في الصخور المسامية أو الشقوق داخل الأرض أو أن توجد عوائق في مجري النهر تقلل من سرعته أو أن يصب النهر في مياه ساكنة او بحر هادئ..... ويرسب الحصى أو المواد الغليظة في أعالي الوادي وفي وسط مجراه بينما ترسب الرمال والرواسب النهرية (Alluvial deposits) عند المصبات وعلي جانبي الوادي عند الفيضانات وهكذا تتكون سهول الفيضانات (Flood plams) والدالات (Deltas).... مثال أخر للترسيب النهري وقد سميت الدلتا بهذا الاسم للتشابه بينها وبين الحرف اللاتيني دلتا بشكل الاسم وتتكون عندما تصطدم ميلة الأنهار بمياه البحار فتلقي بما تحمل من مواد ويشترط لتكوين الدلتا عند مصب النهر أن يكون هادئا وخال من التيارات الشديدة ويتفرع النهر نتيجة لذلك إلي نوعين أو أكثر وكذلك كان الحال في دلتا نهر النيل .. إذا كان النيل تفرع إلي عدة فروع تصل إلي بورسعيد شرقا وإلي الإسكندرية غربا ثم سدت هذه الفروع بما يرتبه النهر من غرين حتى بقي فرعي رشيد ودمياط فقط..... أما إذا انتهي النهر إلي بحر كثير التيارات شديد المد والجزر فأنه لا يكون دالات بل يكون مصب عادي..... حيث سرعان ما تكتسح التيارات والمد والجزر ما يحمل من مواد..... فلا تكون هناك فرصة لترسيبها عند مخرج النهر. ويعتبر عمل الأنهار الجيولوجي من أهم عوامل التعرية أذ يقدر ما تحمله الأنهار من سطح الأرض إلي قاع البحار في العالم بنحو ١٦ كيلو متر مكعب في العام أي ما يعادل طبقة سمكها ١٥ سنتيمترا من سطح الأرض أي أن الأنهار تحتاج إلي حوالي خمسة ملايين من السنون لإزالة جميع البروزات أو التضاريس الموجودة علي سطح الأرض أي لكي تصل إلي المستوى القاعدي للنحت ولكن هذا لم يحدث في العصور القديمة ولن يحدث في المستقبل لأن هناك عوامل أخري تعمل دائما علي رفع سطح الأرض والمحافظة علي ما أسميناه بالتوازن الأستاتيكي.

مساقط المياه (Water – Falls)

تتكون مساقط المياه عندما تمر مياه الأنهار فوق طبقة صخرية صلبة تحتها أخري رخوة فتتآكل الأخيرة خصوصا إذا كانت في منحدر في مجري النهر وينتج من سقوط المياه بقوة أن تزداد كمية التآكل في الصخور الرخوة بينما تظل الصخور الصلبة بارزة إلي الأمام ثم ما تلبث ان تسقط وتتهاوى بفعل الجاذبية وهكذا نجد أن مساقط المياه تتراجع نحو منابع الأنهار..... ومن أمثلة هذه المساقط مساقط نياجرا بأمريكا الشمالية وارتفاعها حوالي خمسون مترا وقد وجد أنها تراجعت حوالي سبعة أميال منذ العصر الجليدي أي منذ حوالي خمسون الف سنة من الظواهر التي تتكون

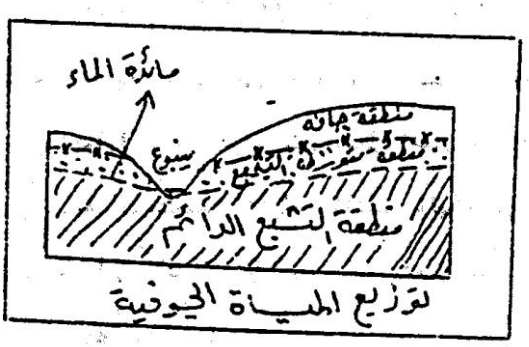
نتيجة للعمل الهدمي لمساقط المياه ما يعرف بالحفر المستديرة أو الحفر الوعائية وهي حفر تتكون في القاع وتكون مليئة بالحصى..... وعندما يمر ماء النهر علي هذه الحفر فأنه يصب دوامات بـــداخلها تجعل الحصى يدور في حركة دائرية ويعمل علي تعميقها وصقلها .



المياه تحت السطحيـــة : (Underground Water)

ونقصد بها المياه الغائرة في الغلاف الصخري والتي يرجع أصلها إلي المطر أو الثلج أو المياه الجارية وتسمي أحيانا بالمياه الأرضية وأحيانا أخري تسمي بالمياه الجوفيـــة إلا أن هذا الاسم الأخير قد ينطبق أيضاً علي المياه الأرضية التي يكون مصدرها النشاط البركاني أو المواد المنصهرة وهـــذا النوع يعرف عادة بالمياه النشطة...

وتتسرب المياه تحت السطحيـــة إلي باطن الأرض عن طريق مسام الصـــخور والشـــقوق أو الفجوات أو الفواصل الموجودة بها.... وقد تعود بعض هذا الماء إلي السطح بتأثير الخاصة الشعرية وبما تمتصه جذور النباتات إلا أن الجزء الأكبر منها يظل في باطن الأرض حيث يكون له تأثير كبير علي الصخور المختلفة ويسمي مستوى سطح الماء تحت سطح الأرض بمســـتوى الميـــاه الأرضـــية (Underground Water Table)..... ولا يكون هذا المستوى أفقياً ولكنه يتبع الشكل الطبوغرافي لسطح الأرض..... وكذلك يختلف هذا المنسوب في العمق فيكون قريباً من المسطح فـــي الأمـــاكن القريبة من البحار والأنهار او الأماكن كثيرة الأمطار ويكون بعيدا عن السطح في المناطق الجافة.



ويظل منسوب المياه تحت السطحية في مستوى معين في الأرض السهلة او المنبسطة ..... أما إذا اختلفت التضاريس بين مرتفعات ومنخفضات فقد يحدث أن يتقاطع هذا المنسوب مع سطح الأرض وتحدث المستنقعات.

وكما هو واضح من الشكل السابق ففي الأماكن التي يوجد بها مياه تحت سطحية يوجد تحت سطح القشرة الأرضية ثلاث مناطق تبدأ تحت السطح مباشرة بالمنطقة الجافة او المنطقة الغير مشبعة (Non- saturation zone) . وهذه المنطقة لا تحتوى إلا علي آثار قليلة من المياه او الرطوبة وتلي هذه المنطقة منطقة التشبع (zone of intermittent saturation) يوجد بها الماء في الشقوق الرفيعة جدا والمسام الدقيقة كمسام الصخور الطينية نتيجة لامتصاصه بواسطة الخاصة الشعرية... وتأتي في النهاية وتحت المنطقتين السابقتين منطقة دائمة التشبع (zone of permanent saturation) وفيها تكون جميع المسام والفجوات الشقوق مليئة بالماء وقد تصل هذه المنطقة في العمق إلي عدة مئات من الأمتار كما قد تمتد إلي أكثر من ذلك حسب التراكيب الجيولوجية التي توجد بالمكان أما الحد الأعلى للمياه للأرضية أو منسوب الماء فيكون كما قلنا اقرب للسطح في الأماكن الرطبة عنه في الأماكن الجافة..... كما أن وجود نهر أو بحيرة يتسبب في رفع المنسوب.... وهذه المياه الأرضية تتحرك دائماً وتتحكم في تحركها عوامل كثيرة الميل العام للطبقات الحاوية لها والتراكيب الجيولوجية المختلفة كالثنيات والكسور والفواصل والسدود النارية ومسامية الصخور وقدرتها علي الإنقاذ والإمرار وهنا يتعين علينا توضيح ما يلي :

المسامية: (Porosity)

الفتحات الصغيرة التي توجد بين حبيبات الصخر تسمي المسام والصخر المسامي هو ذلك الصخر الذي يحتوى علي فتحات صغيرة ودقيقة بين حبيباته تسمي المسام وتقدر مسامية الصخور كنسبة مئوية لحجم الفراغ إلي الحجم الكلي للصخور أي أن :

$$\text{مسامية الصخور} = \frac{\text{حجم الفراغ الموجود في الصخور}}{\text{الحجم الكلي للصخر}} \times ١٠٠$$

ومن هذه النسبة يمكننا مقارنة الصخور ببعضها..... حيث وجد أن الطين والصخور الطباشيرية أكثر مسامية من الصخر الرملي ومع ذلك فقد وجد أن الماء يمر بسهولة خلال الصخر الرملي المتماسك ولا يمر خلال الطين والطباشير.

النفاذية: (Permeability)

ويقصد بها السهولة التي يسمح الصخر للمياه تحت السطحية بالمرور بين حبيباته..... فنجد أن الطين مثلا يعتبر صخرا غير منفذ بينما الرمل منفذ جيد والسبب في ذلك أن حبيبات الطين صغيرة جداً ولذلك تكون حبيباتها متقاربة من بعضها جدا والمسام التي بينها صغيرة للغاية ولذلك فان الماء في هذه المسام يمسك بواسطة الخاصة الشعرية.... وبناء عليه لا يسمح الطين بمرور الماء فيه ولكنه

يمتصه ويبقيه فيه..... أما الرمل فنظرا لان حبيباته كبيرة نسبيا ومتباعدة عن بعضها فنجد أن الماء يمر بسهولة ويسر خلالها ويجرنا هذا إلي الحديث عن خاصة ثالثة هي الأمرار .

الأمرار : (Passage)

هناك فرق بين النفاذية والإمرار فالنفاذية هي كما ذكرنا أنفاً..... أم الإمرار فهو يعني مرور المياه تحت السطحية خلال الشقوق والفواصل التي قد توجد في حجم الصخر فنجد أن هناك صخور تسمح بمرور الماء فيها بالرغم من انه ليس بها مسام فالجرانيت مثلا مساميته ضئيلة جدا وكذلك صخر الدلومايت ولكنها غالباً ما تسمح بمرور الماء وذلك لوجود شوق وفواصل تعمل كأنابيب تسمح بمرور الماء والمياه تحت السطحية في هذه الحالة لا تمر خلال الصخر نفسه أي بين حبيباته بل تمر خلا هذه الشوق والفواصل وتسمي هذه الصخور **بالصخور الممررة**..... وتقسم الصخور بالنسبة لإمرارها للمياه تحت السطحية إلي أربعة أنواع هي :

١ – صخور مسامية منفذة.

٢ – صخور مسامية غير منفذه .

٣ – صخور غير مسامية ممررة .

٤ – صخور غير مسامية وغير ممررة .

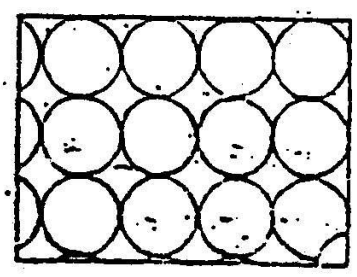
فصخور النوع الأول والثالث هي التي تسمح بحرية تحرك المياه فيها وتكون ما يسمي بالصخور الخازنة للمياه تحت السطحية (Reservoir rock).

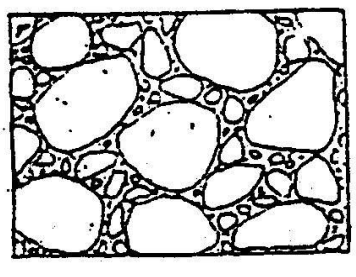
وأحسن الصخور الخازنة هي الصخور الرملية والصخور الجيرية حيث أن الصخور الجيرية تتكون بها الفواصل بسرعة.

أما الصخور المسامية فنجد أن مساميتها تتوقف علي:

أ)) درجة التماثل في أحجام الحبيبات المكونة للصخر (Size)

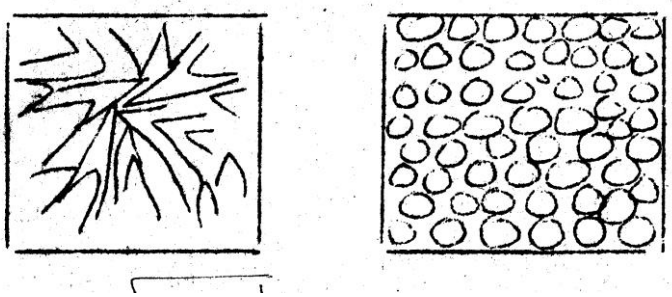
فنجد أن الرمال التي تكون حبيباتها متساوية في الحجم أكثر مسامية من الرمال التي تكون حبيباتها مختلفة في الحجم أذ نجد أن الحبيبات الصغيرة تملا الفراغ بين الحبيبات الكبيرة وبذلك تقلل من مسامية الصخر كما هو واضح من الشكل.





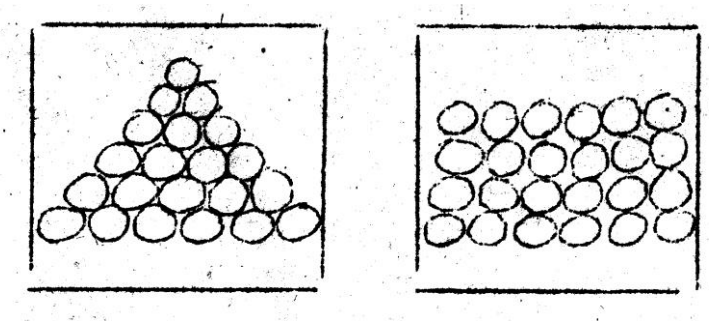
ب)) شكل الحبيبات (Shape)

فإذا كانت الحبيبات حادة فنجد أن الزوايا تدخل في الفجوات التي بين الحبيبات الأخري وبذلك تقل المسامية أما إذا كانت الحبيبات مستديرة فنجد أن المسامية تكون أكبر.



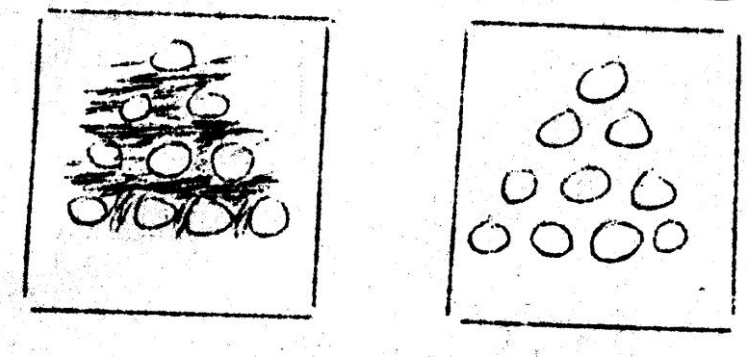
ج)) طريقة رص الحبيبات : (Packing)

وطريقة رص الحبيبات أي ترتيبها بالنسبة لبعضها متوقف غالباً علي مقدار الضغط الذي وقع علي الرسوبية بعد ترسيبها نتيجة تراكم الطبقات فوقه أي أنه يوجد علاقة مباشرة بين مسامية الصخر والعمق الذي يوجد فيه تحت سطح الأرض.



د)) درجة تماسك الصخر : (Cemcntetion)

فإذا ما ترسبت رواسب كيميائية بين حبيبات الصخر أدي ذلك إلـــي مساميته.....فالصـــخر الرملي إذا ترسبت بين حبيباته أكاسيد الحديد أو السيلكون أدي ذلك إلي تماسكه وفقده للجزء الأكبـــر من مساميته.



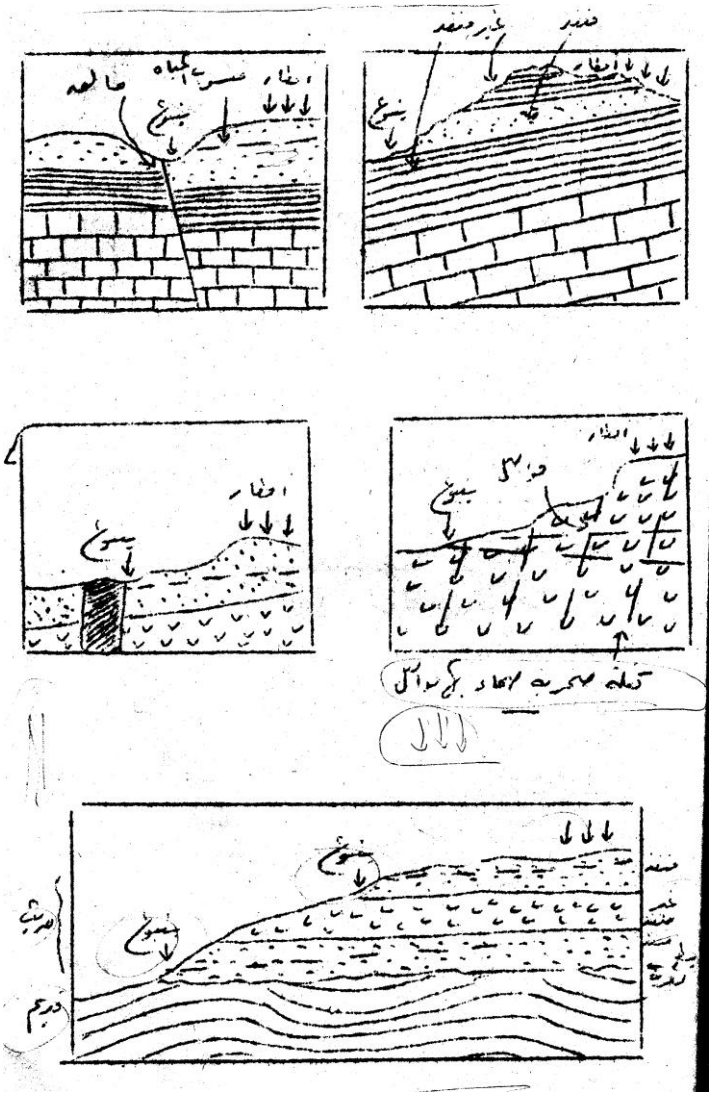
مما سبق يتضح أنه يمكننا أن نقسم المياه تحت السطحية إلي نوعين:

١- مياه تحت سطحيـــة حرة وهي التي تتحرك بحرية أينما شاءت لا يقيدها إلا الجاذبيـــة الأرضية.

٢- مياه دور سطحية مقيدة (Confined) وهي التي يقيد حركتها وجود طبقة غير منفذه أما فوقها أو تحتها أو فوقها وتحتها في نفس الوقت وفي هذه الحالة لا يتبع منسوب المياه تحت الســطحية الشــكل الطبوغرافي للمنطقة. فنجد أن هذه المياه تميل دائما إلي أسفل بتأثير الجاذبيـــة ولكن هنـــاك عوامـــل أخري تتحكم في مسارها وقد تظهر المياه تحت السطحيـــة علي سطح الأ رض ويكون ظهورها أمـــا علي هيئة مستنقعات أو علي هيئة أبار ونتحدث فيما يلي عن هذه وكيفية تكوينها.

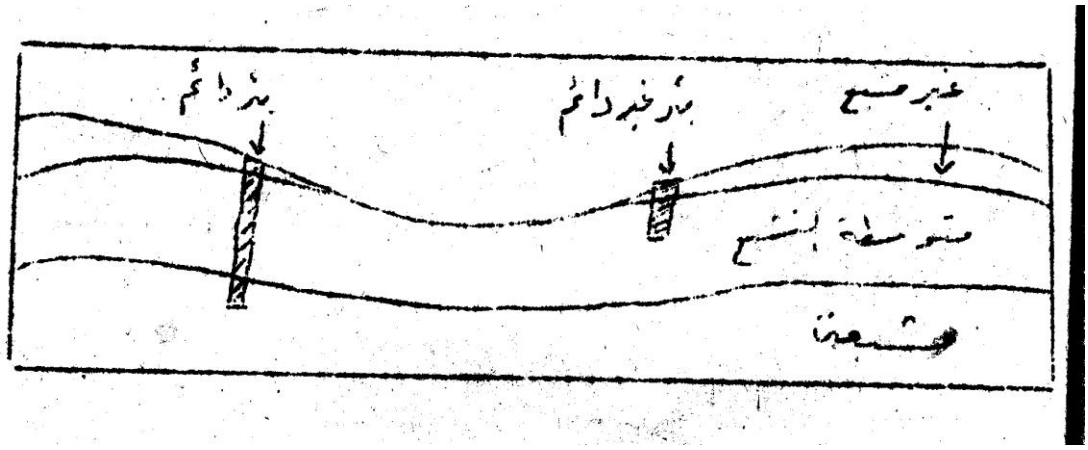
العيوب أو الينابيع : (Springs)

تظهر هذه نتيجة لتقاطع منسوب الماء مع سطح الأرض بسبب سير المياه في طبقة منفذة تحتها طبقة غير منفذة ويتبع أنجاه الطبقة الأخيرة إلي أن يظهر علي السطح..... كما قد يتكون ينبوع نتيجة لحدوث كسر أو فالق في الصخور وتساعد الفواصل فى الصخور الصماء على ظهور الينابيع وكذلك السدود النارية وعدم التوافق



الآبار: Wells

وهذه عبارة عن حفر يتم حفرها في الأرض حتي تصل إلي منسوب الماء وفي حالة الآبار العادية (Ordinary Wells) يستمر في الحفر حتي يصل البئر إلي طبقة منفذة وحاوية للماء وفي العادة تستعمل المضخات لرفع الماء إلي السطح في هذا النوع من الآبار. أما في حالة الآبار الارتوازية فأن المياه تصعد إلي السطح من تلقاء نفسها ويحدث ذلك إذا كانت المياه الجوفية توجد في طبقة منفذة تقع بين طبقتين وخاصة إذا كانت مجموعة الطبقات مقعرة أو مائلة.



فإذا حفر بئر في مكان يكون منسوب المياه الأرضية فيه مرتفعات أي قرب السطح أو أعلي من سطح الأرض فإن المياه تحت السطحية تندفع من الطبقة المحبوسة فيها خلال البئر إلي السطح بقوة حتي تصل إلي منسوبها أو مستواها الأستاتيكي وهذه هي الحال في كثير من أبار الواحات الموجودة بالصحراء الغربية.... وإذا تفجرت عين فى نفس هذه الظروف فأنها تسمي عينا ارتوازية.

العمل الجيولوجي للمياه تحت السطحية :-

ينقسم العمل الجيولوجي لهذه المياه إلي نوعين كيميائي وميكانيكي ويشمل العمل الكيميائي لهذه المياه ما يلي :-

١ - الذوبان (Solutlon)

تذيب المياه تحت السطحية وخصوصا تلك المحملة بثاني أكسيد الكربون كثير من المعادن والدليل علي ذلك أن مياه كثير من الآبار والينابيع تحتوى علي مواد معدنية لا توجد في مياه الأمطار..... وإذابة هذه الأملاح من الصخور تجعل الصخر مسامي مما يساعد علي سرعة تحلله بواسطة الأكسدة والتميؤ.

٢ – تكوين الكهوف (Gaves)

تذيب هذه المياه الصخور الجيرية مثل الحجر الجيري لما تحمله من ثـــاني أكســـيد الكربـــون وبذلك تتكون الكهوف والمغارات ورواسبها ويؤدي وجود هذه المغارات إلي حدوث انهيـــارات مـــع مرور الزمن .

٣ – الإحـــــــــــلال (Replacement)

يحدث هذا بأن تحل مادة ذائبة في المياه تحت السطحية محل أخري في الصخر ومن أمثلة ذلك إذا وجدت حفرية مكونة من كربونات الكالسيوم في صخر رسوبي ومرت بها مياه تحت سطحيـــــة محملة بالسيليكا فنجد أن كا ك أ ٢ الموجودة بالمحارة تنتقل إلي المحلول جزئيا ويحل محلها السيليكا أي ان المحارة تتحول من جيرية إلي سيلسية ومن الأمثلة المعروفة تلك الغابات المتحجرة Petrified forests حيث تحل السيليكا محل ألياف الشجر و تصبح الأشجار متحجرة و مكونة من السيليكا .

٤ – الترســـــــيب (Deposition)

قد يحدث هذا بين حبيبات الصخر فيؤدي إلي تماسكه بالمواد المعدنية التي كانت تحملها المياه تحت السطحية ومن أمثلة ذلك الحجر الرملي السيليسى والحجر الرملي الحديدي. وقد يحدث الترسيب في الشقوق والفجوات الكبيرة التي توجد بين الصخور فيتكون بها ما يعرف **بالعروق** وقد يكون لبعض هذه العروق قيمة اقتصادية لما تحويه من معادن هامه وقد يكون الترسيب علي هيئة أعمدة جبرية في شقوق المغارات وأرضها في المناطق الجبرية .

ونتحدث فيما يلي عن **العمل الميكانيكي** للمياه تحت السطحيـــة:

فبالرغم من أن هذا العمل ليست بذات قوة العمل الكيميائي إلا أن له أهميته وفي نفس الوقت لا يستهان به فقد تؤدي المياه تحت السطحية بطريق غير مباشر إلي انهيارات كبيرة وتزحلـــق كتـــل ضخمة من الصخور علي سفوح الجبال وذلك نتيجة لأن الطيات المسامية (الرمليـــة أو الجيريـــة) المشبعة بالماء يزداد وزنها كثيراً لتشبعها بالماء فتنهار من أزياد ثقلها وخصوصا إذا وجـــدت فـــوق طبقة طينية إذ أن أبتلال هذه بالماء يساعد علي انزلاق الطبقات التي تعلوها.

نحت البحار (Marine Erorion)

تقوم البحار والمحيطات بالتأثير علي ما حولها من سطح القشرة الأرضية بواسطة الحركة الدائمة لمياهها التي يرجع سببها إلي الأمواج والمد والجزر والتيارات البحرية..... ويعتبر العمل الهدمي للبحار والمحيطات أقل أهمية من عملها البنائي لأن الأول لا يتعدي مساحات محدودة من الشاطئ أما الثاني فهو الغالب لأن جميع مساحات البحار والمحيطات تعتبر المأوى لمعظم المواد المفتتة والمنقولة بواسطة العوامل الأخري وعن العمل الهدمي والعمل البنائي للبحار تفصيلا فتقول :

العمل الهدمي :

ويشمل هذا تأثير المياه علي المناطق الشاطئية وأول سبب لحركة المياه هي الأمواج وهي عبارة عن حركة رأسية تنتاب الماء نتيجة لهبوب الرياح في اتجاه معين ويختلف حجم الموجه في البحر الواحد باختلاف الريح كما أنها تكون أكبر حجما في المحيطات والبحار المفتوحة عنها في البحار المقفولة..... وتعمل الأمواج علي تفتيت صخور الشاطئ عندما تصدم به وقد تنكسر الموجه قبل بلوغها الشاطئ وذلك عندما لا يسمح العمق ببلوغها الطبيعي وتقدر القوة التي تصطدم بها الأمواج علي الشاطئ بما بين ٣٠٠٠ ، ٣٠٠٠٠ كيلو جرام علي المتر الموسع وهي قوة هادمة كبيرة خصوصا إذا كانت المياه محملة بما نقل إليها من مواد مفتتة أو بالمواد التي فتتتها المياه بنفسها من صخور الشاطئ وتختلف درجة مقاومة صخور الشاطئ للأمواج فتتآكل الصخور الرخوة بينما تظل الصخور الصلبة بارزة من خط التعرجات والمغارات الساحلية ويكون تأثير الأمواج بالطبع علي الجزء من الشاطئ الذي تتركه هذه الأمواج والتي تقدر بحوالي ٣٠ متر بين أعلي منسوب للمياه في حركة المد داخل منسوب تصل إليه حركة المياه أما علي الشواطئ المنبسطة فإن طلقة هذه الأمواج تذهب في الهواء دون أن يكون لها أي أثر يذكر ..

أما السبب الثاني لحركة المياه هو ما يعتريها من مد وجزر (Tides) وهي حركة منتظمة للمياه تحدث كل ١٢ ساعة ، ١٦ دقيقة ويختلف مقدار المد والجزر من مكان لأخر فهو الفرق بين الارتفاع أو المد والانخفاض أو الجزر حوالي نصف متر في عرض البحر أو المحيط بينما يكون حوالي مترين علي شواطئ بعض الجزر ويدرك حوالي ١٥ متر في بعض الخلجان..... وعمل المد والجزر يشبه عمل الأمواج إلا أنه يساعد علي حمل ما تنتجه الأمواج بعيدا عن الشاطئ ويكون من نتائجه تكوين عتبات مدرجة علي الشاطئ تدل كل منها علي منسوب المياه في وقت كل من المد والجزر .

السبب الثالث لحركة مياه البحار والمحيطات هو التيارات البحرية وهي حركة تقتصر في الغالب علي المياه السطحية تجعلها تنتقل من مكان لأخر وينتج بالتيارات البحرية في الغالب نتيجة لتغير كثافة الماء وذلك يتغير درجة حرارته في المناطق الاستوائية عنها في المناطق القطبية مثلا وكذلك بتغير درجة ملوحة الماء من مكان لأخر نتيجة للتبخر وتوجد التيارات البحرية في جميع

المحيطات والبحار المفتوحة .. وهناك التيارات الساحلية التي تعتمد في قوتها واتجاهاتها غالباً علي الريح وعلي طبيعة الساحل وكذلك السحب وهو ما يحدث علي الشاطئ عند ارتداد مياه الموجات إلي الداخل.

ونتيجة للنحت البحري تتكون الحروف علي الساحل وكذلك المغارات والخلجان وأيضا الجرف المقطوع من أسفل ومن أمثلتها الشعاب المرجانية المرتفعة بالبحر الأحمر حيث تتكون الأرصفة المتقطعة بالأمواج .

العمل البنائي للبحار:

تترسب في البحار والمحيطات كل ما تكتسحه الأنهار والرياح والعوامل المختلفة من صخور مفتتة وللبحار قدرة علي تصنيف أو توزيع الرواسب المختلفة من حيث أحجامها لكي ترسب علي الأماكن المختلفة من القاع وعادة يحدث التصنيف قرب الشاطئ نتيجة لفعل الأمواج فتترسب صخور مكونة من حبيبات كبيرة علي الشاطئ بينما تترسب المواد الأصغر حجما كلما بعدنا عن الشاطئ. وترسب البحار والمحيطات رواسبها في مناطق مختلفة العمق ولكل من هذه المناطق رواسب خاصة كما يلي :

١ - المنطقة الشاطئية : (Litoral or tidal zone)

وهذه المنطقة تتعرض لتأثير الأمواج والمد والجزر وفيها يتراكم الحصى والرمال الخشنة وأخيرا الطين ونظرا لصعوبة الحياة فيها تلجا الكائنات التي تعيش فيها إلي حفر في القاع أو إلي لصق نفسها بشي ثابت حتي تستطيع تحمل هذه الظروف الغير ملائمة وترسب الأمواج والتيارات علي بعض السواحل جروف رملية وكذلك الالسنة والحواجز فالألسنة تنشأ من تقابل تيارين يسيران تقريباً في نفس الاتجاه فتترسب الرمال التى كانا يحملانا عند خط احتكاكها وقد يتكون اللسان أيضاً أمام مصب نهر كما هو الحال في لسان رأس البر المعروف... .. اما الحواجز فهي عبارة عن ألسنة تتكون بالعرض عند الخلجان وقد تسدها نهائيا وتكون من الخليج بحيرة ساحلية كبحيرة أدكو او مريوط وقد تترسب حواجز أخري علي مقربة من الشاطئ وقد تظهر أولا تظهر علي سطح وإذا ظهرت تكون نبعا من البحيرات المقفولة Lagoon

٢ - منطقة المياه الضحلة (Neritic or shallow – Water zone)

وهي منطقة الرف القاري السابق الحديث عنها وهي تمتد من حد الجزر في المنطقة الشاطئية إلي ٢٠٠ متر تقريبا..... ومياه هذه المنطقة تتأثر بحرارة الجو وبرودته كما تنفذ أشعة الشمس الي قاعه فتساعد أنواعها كثيرة من الحياة علي الازدهار وتشتمل رواسب هذه المنطقة علي الحصى والرمال قرب المنطقة الشاطئية ثم الرواسب الطينية كالطمي والطين تجاه الداخل .. هذا عدا الرواسب البحرية التي تتكون نتيجة لتراكم محارات الحيوانات بعد موتها وتكون رواسب المنطقة حوالي ٨٠% من الصخور الرسوبية الموجودة علي سطح الأرض.

٣ – منطقة حافــة الأعماق : (Bathyal zone)

وهي منطقة الأنحدار القاري وتبدأ عن ٢٠٠ متر حتي ٢٠٠٠ متر تقريباً وفي هذه المنطقة لا تؤثر الأمواج إلا علي سطحها وقاعها هادئ ساكن وحرارتها ثابتة لا تتغير ولا ينفذ الضوء فيها إلي القاع .. ورواسب هذه المنطقة الحبيبات وتكون غالباً من الطين وقد تحتوى علي مواد جبرية وسيلسية من بقايا الحيوانات وجيدة الخلية كالفورمينفرا والدياتوم والرادبولاربما وشوكات الأسفنج .

٤ – منطقة الأعماق : (Abyssal zone)

وهي منطقة الأعماق الصحيفة وأكبر المناطق جميعها وتشمل كل الأعماق التي تزيــد علــي ٢٠٠٠ متر وحرارتها ثابتة وحرارتها ثابتة وتكاد تقرب من الصفر ورواسبها خاليــة من الفتات التي تحملها الرياح والأنهار وتوجد بها رواسب بركانيــة مكونة من طين أحمر أو رماد بركاني ما يسقط علي وجه المحيط بعد أن يكون محمولا بالرياح كذلك توجد رواسب عميقة دقيقة أخري تعرف باســم الأوز (Ooze) وهي باقيا حيوانات مجهرية كالفورمينفرا و الدياتوم.

والرواسب العضوية تضيف أجزاء كبير إلي سطح القشرة الأرضــية ومــن أمثلتهــا بقايــا الفيزامبنيفر والدباتوم والرادبولاربا وكذلك المرجان وهذا الأخير يكون ما يعرف بالشعاب المرجانيــة (Coral Rccfs) وهي عبارة عن مستعمرات يعيش فيها المرجان ويتكاثر وهي توجد في البحــار التي لا يقل متوسط درجة حرارتها عن ٣٥ درجة ولا يزيد عمقها عــن ٣٥ متــر والتــي تكــون مياههاصافية وبعيدة عن مصبات الأنهار ومن أمثلة الشعاب المرجانيــة ما يوجد منها فــي البحــر الأحمر وخليج السويس وهي تنمو علي مقربة من الشاطئ وتغطي أي بروز في قاع البحــر ويبنــي حيوان المرجان شعابه أما بجانب البر سواء كان قاره أو جزيرة وهذا ما يعرف بالشعب الملاصق أو يكون الشعب المرجاني بعيدا عن البر بعدة مئات من الأمتار او بعده كيلو مترات ويسمي فــي هــذه الحالة بالشعب الحاجز Barrier Reef وقد يكون الشعب المرجاني علي هيئة جزيرة مستديرة بداخلها بحيرة مالحة قليلة العمق قد تكون غير تامة فيكون هناك أتصال بين البحيرة والبحر .

وعادة يكون تحت هذه الشعاب في قاع البحر أو المحيط جبال عاليه أو براكين قديمة تصل نسبها إلي مادون سطح الماء بقليل.

البحيـــــــرات : (Lakes)

وهي أما أن تنشأ نتيجة لنمو الشعاب المرجانيــة او نتيجة لهبوط سطح الأرض بعد تقلصه ثم تحول مجاري الأنهار والسيول إليه أو انها قد تكون من فوهات البراكين الخامدة التي تمتلــئ بميــاه الأمطار والسيول حواجز تقفل الخلجان في البحار فتحيلها إلي بحيرات إلي غير ذلك من الأسباب ومن

هذا يتضح أن البحيرات أحواض للماء العذب أو المالح ومصيرها دائما إلي الزوال أما نتيجة للتبخير او لكثرة الترسيب ورواسب البحيرات تكون أما رواسب بحيرات مالحة ومن أمثلتها الجبس وملح الطعام كما هو الحال في بحيرة ادكو مثلا وأحيانا ترسب كلوريد الماغنسيوم او كربونات الصوديوم كما توجد في بحيرات وادي النطرون .

أما رواسب البحيرات العذبة فتكون عبارة عن الحصى والرمال قرب البحيرة والمواد الطينية الدقيقة في أوسطها.. هذا عدا بقايا الحيوانات والنباتات وقواقع المياه العذبة.