جامعة الانبار

كلية التربية للعلوم الإنسانية

القسم العلمي: الجغرافية

المرحلة الدراسية: الاولى

المادة: اسس علم اشكال سطح ارض

محاضرات مادة: اسس علم اشكال سطح ارض

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار
كلية التربية للعلوم الانسانية
قسم الجغرافية
(السنة الاولى بكالوريوس)

أُسُس اشطال سطح الارض
الجيومورفولوجي
THE BASES OF
GEOMORPHOLOGY

مدرس المادة
ا.د احمد فليح فياض اللهيبي
(2021 – 2020)

المصادر المعتمدة
1. عبدالآله رزوقي كربل، علم الاشكال الارضية "مصدر اساسي"
2. حسن سيد احمد ابو العينين، اصول الجيومورفولوجيا "مصدر ثانوي "
3. سعد عجيل الدراجي، الجيومورفولوجي "مصدر ثانوي"
4. سعد جاسم محمد، ياسين ضاحي عواد، اساسيات علم الجيومرفولوجيا "مصدر ثانوي"

1. مفهوم الجيومورفولوجيا وتطوره التاريخي

مفهوم الجيومورفولوجيا، وعلاقته بالعلوم الاخرى.

ويقصد به انه العلم الذي يهتم بدراسة مظاهر سطح الارض من حيث الشكل والتكويـــن وهـو فرع مـــن فروع الجغرافيا الطبيعـــة، ويرجع اصل مصطلح الجيومورفولوجيا Geomorphology الى كلمة لاتينية تتكون من ثلاثة مقاطع هي الارض Geo والشكل Morpho والعلم Logos وبالتالي فان معنى هذا المصطلح يعني علم شكل الارض، اذ يدرس العمليات الخارجية و الداخلية من حيث الفهم والتفسير والتوزيع والتحليل والوصول الى النتائج ومدى فائدتها في النشاط البشري.

تعد الكرة الأرضية الكوكب الوحيد من بين الكواكب التي جعلها الله سبحانه وتعالى صالحة لعيش المخلوقات رغم صغر مساحتها مقارنة بكواكب أخرى مساحتها اكبر منها عشرات المرات, اذ تبلغ مساحتها اكثر من 510 مليون كم^2 يحتل الماء منها حوالي 361 مليون كم^2 واليابس حوالي 149 مليون كم^2, ويبلغ محيط الأرض العام حوالي 44 ألف كم, أما قطرها الاستوائي 12757كم وقطرها القطبي أي بين القطبين 12713كم, وتمثل قمة أيفرست في جبال الهمالايا أعلى الجبال فوق القارات ويصل ارتفاعها الى حوالي 8848م, في حين تمثل قمة مايونكي في جزر هاواي في المحيط الهادي أعلى قمة على سطح الكرة الأرضية ويصل ارتفاعها الى حوالي 10200م, الظاهر منه فوق سطح البحر حوالي 4200م, أما اعمق نقطة في البحار والمحيطات فتتمثل بخندق مارينا الواقع في المحيط الهادي شمال شرق الفلبين ويصل عمقه الى اكثر من 11الف م .

ونظرا لأهمية الأرض بالنسبة للإنسان لذا اهتم بدراستها من جميع الجوانب وظهرت عدة تخصصات لدرستها من جميع الجوانب, وقد كان للارتباط الوثيق بين العلوم المختلفة الأثر كبير في دخول التطور العلمي والتكنولوجي الى كافة حقول المعرفة والتي تصب جميعا في خدمة الأنسان، وعلم شكل الأرض من بين تلك العلوم التي كان نصيبها كبير من التطور منذ القدم, ويعد العلماء العرب والمسلمون أول من كتب في هذا المجال مثل ابن سيناء والبيروني والقزويني واخوان الصفا, واستمر التطور وكان على اوجه في منتصف قرن العشرين.

لا نستطيع ان نحدد الزمن الذي بدأ الانسان فيه بالاهتمام بالأشكال الارضية، الا انه يمكن الافتراض انه قديم قدم الانسان نفسه، ذلك لان تلك الاشكال تمثل ارضية بيئة فعلية، اذن ان يميز بين اشكالها المختلفة ويختار الانسب منها لمعيشته، وقد زاد انتقال الانسان من مكان الى اخر فوق سطح الارض من اهتمامه بمعرفة التضاريس، اما لاختيار انسب الطرق للانتقال او لاتخاذها دلائل وشواهد

للطريق الذي يسلكه، وقد ظهرت في اولى الخرائط اشارات تدل على تمييز لبعض المظاهر التضاريسية كالسلاسل الجبلية والانهار والسهول والمستنقعات، الخ.... .

هذا وقد ساهم الفلاسفة الاغريق في تطوير بعض المفاهيم العلمية الخاصة بعلم الجيومورفولوجي وتحديدها، فقد ذكر **هيرودتس** (485 – 25 ق.م) في كتاباته التاريخية بعض الملاحظات الجيولوجية كالرواسب التي يحملها نهر النيل وكذلك ذكر الزلازل كما لاحظ وجود بعض القواقع في بعض التلال في مصر وذكر بأن البحر ربما كان يمتد فوقها في يوماً ما، وبذلك فقد ساهم بدوره في تكوين فكرة عن تذبذب مستوى سطح البحر. وقد عكس **ارسطو (348 – 322 ق.م)** في كتاباته الافكار التي كانت سائدة آنذاك، ومن بين الامور التي ذكرها الينابيع واصل مياهها واعتقد بوجود طبقات صخرية مسامية تحتفظ بالمياه، وانها تشبه الاسفنج، كما اعتقد ارسطو بوجود علاقة وثيقة في منشأ كل من البراكين والزلازل، ومن بين الافكار التي كان يعتقد بها ان غطى البحر مساحات من اليابسة وكان يتحدث عن دور الانهار في نقل الرواسب الى البحار. وكان **سترابو (54 ق.م – 25 م)** قد لاحظ من خلال سفراته وتنقلاته العديدة وجود رفع او هبوط موضعي للأرض كما راقب النشاط البركاني واعتبر فيزوف بركاناً ثائراً في زمانه ودرس الارسابات النهرية وكيفية تكوين الدلتاوات.

كان للعرب دورهم المتميز في الاسهام بإغناء المعرفة ذات العلاقة بعلوم الارض، ومنها علم الجيومورفولوجيا، غير ان معظم ما كتب عن تلك الاسهامات في الوقت الحاضر انما كتب بلغات اوربية ومن قبل بعض الاشخاص الذين لم ينصفوا هذه الامة العظيمة فقد كانت اضافات العرب واضحة في علم الجيولوجيا وفي علم المعادن و الجيومورفولوجيا خاصة. **فالبيروني** مثلاً اول من اشار الى ظاهرة التشعير او ما يعرف اليوم بالتشقق في الصخور. والعرب هم الذين قاموا بتصنيف المعادن حسب صفاتها الفيزيائية والكيميائية وهم الذين وصفو وصفاً كاملاً البيئات الجيولوجية التي تكون المعادن. ويعد العرب هم من وضعوا اسس علم الصخور وتعد فرضياتهم في هذا الحقل ذوات مسحة جيولوجية حديثة. وقد استدل **ابن سينا** على تكوين الجبال من البحر اول الامر من وجود المتحجرات في صخورها، وتكلم **البيروني** عن كيفية تكوين الجبال في كتابه (تحديد نهايات الاماكن لتصحيح مسافات المساكن). فذكر الحركات البانية للجبال وكذلك الدورة الجيومورفية التي نسبت الى الامريكي وليم موريس ديفز وتعرف اليوم باسم دورة ديفز الجيومورفولوجية. كما كان اتساع رقعة الدولة العربية خلال القرون الخمسة الهجرية الاولى سبباً في اهتمام العرب بدراسة المعالم الجيومورفولوجية وتناولت دراساتهم وصف الارض وحركاتها وتوازن القشرة الارضية والزلازل والبراكين وانجراف القارات ونشوء الانهار والصدوع وغير ذلك.

علاقة علم اشكل سطح الارض بالعلوم الاخرى.

1. علم الارض.

ان الصلة الوثيقة والرباط المتين بين علم الاشكال الأرضية وبين علم الارض صله لا يمكن تجاهلها باعتبار ان علم شكل الارض يمثل همزه وصل بين علم الارض وبين علم الجغرافيا او انه يمثل نطاق الحدود بينهما وعليه فان علم الارض يوفر للمتخصص في علم شكل الارض العمر الزمني والتطور التاريخي ونظام بنيه الطبقات لكل ظاهره تضاريسية على سطح الارض باعتبار ان المتخصص في علم شكل الارض يهتم بالبعد الزمني لهذه الظواهر كما يهتم الباحث في علم شكل الارض بالوسائل والعمليات المختلفة التي اسهمت ولا زالت تساهم في تشكيل سطح الارض وبذلك فهو يعتمد هنا على علم الجيولوجيا الطبيعية والملاحظ هنا بان الصلة الوثيقة بين هذين العلمين جعلت كل منهما على حد سواء يخوض في موضوعات علم شكل الارض مع اختلاف واضح في معالجه كل واحد منهما لهذه الموضوعات اذ ينظر المتخصص في علم شكل الارض الى الدراسات في شكل الارض الى هذه الدراسات بانها بداية لدراساته.

2. علم الجغرافيا.

ينبغي ان لانهمل التأكيد على تأصيل جذور علم شكل الارض وعلم الجغرافيا في الحقل الجغرافي رغم صلاتها بالعلوم الاخرى وحينما نضع دراسة سطح الارض في اطار البيئة الجغرافية العام التي هي بالنسبة لها الاساس والمرتكز فان الطريق يصبح سهلا لفهم الرباط المتين بين علم اشكال سطح الارض وبين علم المناخ والجغرافية النباتية اضافه الى علم الخرائط الذي يمثل الاساس لأي دراسة دقيقه فعلى سبيل المثال فان علم المناخ الذي يهتم بدراسة الغلاف الجوي ويتميز بان له خصائصه وقوانينه الكوكبية الخاصة به يتميز ايضا بان عناصره المتمثلة بالحرارة والضغط والرياح ودوره الرطوبة تتأثر تأثيراً كبيرا بمظاهر اشكال سطح الارض بل يكون للدول ذات الاحجام الكافية بما تتميز به من تضاريس معلومة مناخها الخاص بها هذا من جهة وتتأثر اشكال سطح الارض هي الاخرى بكافه عناصر المناخ وتعمل على اعاده رسم الصورة التضاريسية لسطح الارض بما يتناسب لتلك العناصر من جهة اخرى كذلك الحال لصور النبات الطبيعي الذي يتأثر هو الاخر من حيث

النشوء والنمو والتطور النباتي بتضاريس سطح الارض فانه هو الاخر يتأثر بها. وكذلك يعد المناخ المؤثر الرئيس في تفعيل دور كل من التعرية والتجوية بجميع انواعها.

3. علم الأحياء.

لكي نفهم طبيعة النباتات والحيوانات التي عاشت في الأزمنة القديمة فان الباحث الجيومورفولوجي يلجا الى علوم الحياه التي تشمل دراسة كل الانواع الحيه يمدنا علم الحيوان بالمعلومات عن الحيوانات كما يعطينا علم النبات ادراكاً لطبيعة النباتات القديمة. ان هذه المعلومات تساعد الباحث في شكل الارض للتوصل الى تفسيرات للظواهر الجيومورفولوجية وتوزيعها وتاريخ تطورها.

4. علم الفيزياء.

يهتم علم الفيزياء بدراسة طبيعة المواد وحركتها وبالتالي فهو يساعد في تفسير انواع القوى الفيزيائية التي تؤثر على الارض ورد فعل المواد لهذه القوى، والباحث الجيومورفولوجي يستفيد من هذا الحقل العلمي في مجال دراسة الخصائص الفيزيائية للمواد وحركة الرواسب بأنواعها المختلفة التي تدخل ضمن التجوية الفيزيائية.

5. علم الكيمياء.

يهتم علم الكيمياء بدراسة تركيب المواد وما يحدث لها من تغيرات ولما كان الباحث في علم شكل الارض يهتم بدراسة تحليل الخصائص الكيمائية للصخور فأنه بحاجة ماسة لهذا الفرع من العلوم للاستفادة من تجاربه وتطبيقها في مجال علم الاشكال الارضية.

6. علم الرياضيات.

يعد علم الرياضيات من العلوم المهمة في دراسة العمليات الجيومورفولوجية المختلفة التي يقوم بها الباحثين في مجال الجيومورفولوجيا، ولاسيما ان احد الاتجاهات المهمة في هذا العلم هي الدراسات الكمية فان الباحث هنا يحتاج الى الدقة في تفسير المظاهر الجيومورفولوجية وفي الدراسات المورفومترية فمثلاً عند تحديد درجة الانحدار وسرعة المياه الجارية وكمية الرواسب في المياه او كمية واتجاه الكثبان الرملية او الرمال المتحركة وغيرها' هذه العمليات تحتاج الى الرياضيات اي الدقة في التحديد لنصل الى الدقة في التفسير.

تطور الفكر الجيومورفولوجي.

بدأ علم شكل الأرض في التطور، معتمداً في ذلك على الإنتاج المعرفي لعهد الإغريق والرومان والمسلمين، واستمر تطور علم الجيومورفولوجيا بصيغته الحالية من خلال كتابات الجيولوجيين والهيدرولوجيين التي اظهرت في اواخر القرن الثامن عشر والقرن التاسع عشر، تبنى هذه الأفكار باحثون كثيرون ومن اشهر هؤلاء:

جارلس ليل Charles Lyell.

اكد في كتابه (اسس الجيولوجيا) المطبوع عام 1830 م، على مبدأ التماثل ذلك المبدأ الذي يعتمد على المقولة (ان الحاضر هو مفتاح الماضي).

البريطاني جيمس هتون J. Hutton

ساهم جيمس هتون (1726 – 1797م) في وضع الاسس التي اعتمدت عليها الجيومورفولوجيا وكان من أشهر الكتب التي وضعها كتابه (نظرية الأرض بالبراهين والإيضاحات) وذلك في عام 1795 م. أكد على النسقية في تطور المظاهر الأرضية، وكذلك من اهم الحقائق التي توصل اليها هتون (ان الحاضر مفتاح الماضي).

جروف جلبرت. (1843 – 1918) G. Gillbort.

يعدّ جلبرت مؤسس المدرسة الجيومورفولوجية الأمريكية، ومن بين الرواد الاوائل الذين ساهموا مساهمة فعالة في تطوير اسس علم الجيومورفولوجيا الى درجة انه قد اطلق عليه لقب "الجيومورفولوجي الاول" وكان جلبرت يقوم بملاحظة المظاهر الارضية التي يروم دراستها ثم يرتب تلك الملاحظات في مراتب معينة، بعد ذلك يبتكر نظريات لمعرفة اصول تلك المظاهر. وقد وضع اسساً للتحليل الجيومورفولوجي تستند الى دراسة مباشرة للمظاهر ثم محاولة دراسة كيفية تطورها، تنوعت اهتماماته بين التعرية الهوائية والمائية والجليدية، وأشار إلى أهمية البراكين في تطوير سطح الأرض ووضح دورها في بناء الكتل النارية هو صاحب تعبير مصطلح اللاكوليث (Lacoliths)

والكتل الصدعية (Fault Blocks) في منطقة الحوض العظيم، ويجب ان لا يغيب عن الاذهان ان الجيولوجيين الامريكيين كانوا قد اقتصروا في دراساتهم على المظاهر الارضية القارية ولم يعطوا اهمية للمظاهر البحرية في حين نجد ان الانكليز اهتموا بشكل كبير بدراسة المظاهر والعمليات الجيومورفولوجية المكونة لها.

فالتر بنك. (1888 – 1924) W. Penek

يعد من اشهر الكتاب الذين عارضو فكرة ديفز الرئيسة حول الدورة الجيومورفولوجية، وهو ألماني اهتم بدراسة التعرية المائية وأثرها في تشكيل سطح الأرض. واهتم كذلك بدراسة حركة مواد سطح الأرض مدعماً ذلك برسوم توضيحية عرضها في كتابه (التحليل الجيومورفولوجي لظواهر سطح الأرض) عام 1924، واعتقد بأن التعاقب الذي جاء به ديفز لمراحل الدورة الجيومورفولوجية لا يكون شائعاً، وسيتم تفصيل هذا الموضوع ضمن الافكار الجيومورفولوجية.

داتون. (1841 – 1921) .Datton

أكدّ على الدورة التحاتية لظواهر سطح الأرض، وإنها عرضة للتلاشي بفعل عوامل التعرية التي عدّها المرحلة النهائية لتطور الظاهرة الأرضية.

وليم موريس ديفز. (1850 – 1934) .W. M. Davis

يعد استاذ الجغرافيا الطبيعية في جامعة هارفارد، وليم موريس ديفز W. M. Davis شخصية علمية مهمة، ساهمت بشكل خاص في اغناء علم الجيومورفولوجيا. وهو جيولوجي امريكي عمل في التدريس في جامعة كامبردج واكسفورد وبرلين وباريس، وقد نشر بحوثاً كثيرة حول مشاكل جيومورفولوجية متعددة، من الاثار التي يكونها الجليد الى الجزر المرجانية الى الصحاري واشكالها الارضية، وعلى الرغم من ان فكرة دورة التعرية ليست من ابتكاراته الخاصة الا انه استخدم هذه الفكرة وطور شكلاً خاصاً لكل مرحلة فيها، وعلى الرغم من مرور الفترة الزمنية الطويلة بعد ديفز فأن اراءه ما زالت تشكل القلب النابض للدراسات الجيومورفولوجية في الوقت الحاضر، اذ استطاع الاستفادة من آراء سابقية ليبلور منهجاً علمياً لعلم شكل الأرض هو المنهج الوصفي الإيضاحي القائم على الوصف التوضيحي لأصل المظهر الأرضي. بنى ديفز منهجه على ثلاثة عناصر (البنية – العملية – المرحلة).

1. البنية Structure.

يقصد بها نظام بناء الطبقات والصخور اي الكتلة الأرضية الجيولوجية الأولية كنهوض أرضي أولي تطورت منها تضاريس سطح الأرض.

2. العملية Process.

هي مجمل العمليات التي تعمل مجتمعة في تغيير سطح الأرض ما بين عمليات هدم وبناء، أي العمليات الخارجية والتي تتمثل بالعمليات التي تشكل مظاهر سطح الارض سواء كانت عمليات تعرية او تجوية، والعمليات الداخلية كالحركات البطيئة من حركات الثني او الطي والحركات الصدعية والحركات السريعة كالبراكين والزلازل.

3. مرحلة التطور Stage of development.

الفترة العمرية (الزمنية) التي بلغتها العملية الجيومورفية. كان اهتمام ديفز منصباً على التطور المرحلي للظاهرة الأرضية الذي يبدأ من مرحلة الشباب ثم النضج والشيخوخة والتلاشي بفعل العمليات الهدمية (تجوية وتعرية) التي تؤدي بتضاريس الأرض إلى الانخفاض والتلاشي وتكوين السهل التحاتي (Peneplain) القاع الصفصف. المراحل الثلاثة الآنفة الذكر متداخلة مع بعضها ولا يوجد حدود فاصلة بينهما اطلق ديفز عليها (الدورة التحاتية الكاملة) (A complete Cycle). وتسمى أحياناً باسمه (الدورة الجيومورفولوجية الديفيزية).

نقد آراء وليم مويس ديفز :

بالرغم من بحوثه الكثيرة التي تجاوزت (**300 بحث**) وتنقله بين جامعات أمريكا وأوربا ويعد مؤسس علم شكل الأرض الحديث إلاّ أن دراساته لم تسلم من النقد وخاصة من قبل زميله فالتربنك Walter Penk وهي كالآتي:

1. اقتصرت دراسات ديفز على البنية الأرضية المسيطر عليها تكتونياً ويرجع ذلك إلى كونه جيولوجياً.

2. أهمل ديفز تأثير العوامل الجيومورفولوجية السطحية بشكل عام والتبدلات المناخية بشكل خاص أثناء فترة البليوستوسين.

3. اعتمد ديفز التطور الحيوي (شباب– نضج – شيخوخة). لدراسة أشكال سطح الأرض. هذا التشبيه غير ممكن لأن الطبيعة في مظاهرها لا تتصف بالنسقية بل تخضع لقوى ميتافيزيقية (ما وراء الطبيعة) تتحكم فيها مثل حركات تكتونية سريعة (زلازل – براكين)، تبدلات مناخية شاملة استثنائية. تدخلات بشرية مثل بناء السدود وغيرها. جميعها تؤثر في الدورة التحاتية وتخرجها من طور النضج إلى الشباب أو من طور الشيخوخة إلى الشباب والعكس.

استجاب ديفز لهذه الانتقادات و اعتبر الدورة التحاتية هي دورة نموذجية ومنها تتطور دورات ثانوية كالدورة التحاتية الناقصة ودورة تحاتية مركبة ومضاعفة. ويمكن تلخيص الاتجاهات الحديثة في علم الجيومورفولوجي في مجموعة نقاط رئيسة كما مبين ادناه.

2. الاتجاهات ووسائل البحث الحديثة في الدراسات الجيومورفولوجية.

ظهرت في الآونة الاخيرة اتجاهات ووسائل حديثة في البحوث و الدراسات الجيومورفولوجية ويمكن ايجازها فيما يأتي:

1. ميل علم الجيومورفولوجيا للاقتراب من علم الجيولوجيا اكثر من الجغرافيا الطبيعية.

وهذا ما اوضحته الدراسات الحديثة، ولاسيما في الولايات المتحدة الامريكية دراسات العلماء تريكار وكيليه Tricart and Cailleux عام 1972 وكوربل Corbel عام 1966 وستينر Steiner عام 1965 وشورلي Chorley عام 1957 وستراخوف Srakhoy عام 1957 وغيرهم من العلماء، اذ اكدت بانه على الرغم من ان العالم وليم موريس دافيز كان يعلن دائماً بأن مظاهر سطح الارض ماهي الا نتيجة للعلاقات المتبادلة بين اثر كل من التركيب الجيولوجي والبنية وعوامل التعرية والزمن الذي تتكون فيه المظاهر، الا ان بطبيعة كونه جيولوجياً فقد عني بدراسة مظاهر السطح التركيبية، مثل دراسة الحافات الصخرية والجروف البحرية والمدرجات الصخرية، وحتى عند دراسة دافيز للمظاهر والمدرجات النهرية عني كذلك بدراسة اثر التركيب الجيولوجي في تكوين تلك المظاهر ولم يهتم بمدى تغير اشكال كل منها تحت ظروف مناخية مختلفة، اضف الى ذلك ان الاشكال التوضيحية التي فسر بها دافيز نظريته عن الدورة التحاتية، اظهرت الارض وكأنها جرداء خالية من اي غطاء نباتي، وقد اغفل اثر هذا العامل الاخير في تشكيل مظاهر سطح الارض وفي سرعة او بطء عوامل التعرية.

وعلى الرغم مـن ان دافيز اكد بان السهل التحاتي الذي يتكـون فـي نهاية الدورة التحاتية، يلزم لتكونه ملايين السنين، الا انه اهمل اثر التغيرات المناخية خلال هذه الفترة الطويلة من الزمن، وما نتج عنها عوامل تعرية مختلفة تعمل على تشكيل سطح الارض بدرجات يتفاوت مداها من فترة الى اخرى.

2. زيادة الاهتمام بالدراسات الجيومورفولوجية الاقليمية وتطورها.

تبنى هذا الاتجاه عناصر المناخ الحالي ودورها في تكوين مظاهر سطح الأرض. أصحاب هذا الاتجاه تبنوا آراء وليم ديفز وعالجوا ما فيها من ضعف إذ كان تركيزه على البنية الأرضية فقط، وليعيد هذا الاتجاه علم شكل الأرض إلى الفلسفة الجغرافية. أول من تبنى هذا الاتجاه الفرنسي دي مارتون (De Marton, 1940) درس تشكيل مظاهر سطح الأرض تحت ظروف المناخ المداري الحار الرطب.

وظهرت دراسات لتقسيم العالم إلى أقاليم مورفومناخية أبرزها دراسات بلتير 1950 وليوبولد وزملاؤه 1964 اذ اعتمدا على المعدل السنوي لكل من درجة الحرارة والأمطار، وتأثيرهما على فعل التجوية والتعرية في مناطق سطح الأرض المختلفة. اذ تهدف الى:-

أ- دراسة اقليم معين من سطح الارض.

ب- تمييز المظاهر الجيومورفولوجية.

ت- تفسير التوزيع الجغرافي للمظاهر الجيومورفولوجية.

ث- تتبع نشأتها ومراحل تطورها.

ج- تقسيم الاقاليم الجيومورفولوجية الى اقاليم ثانوية، من حيث الخصائص والمميزات.

3. الاتجاه نحو ابراز الاهمية النفعية للدراسة الجيومورفولوجية.

والاقرار المتزايد بضرورة المفاهيم الجيومورفولوجية في التطبيق العملي في بعض الحقول مثل جيولوجية المياه الباطنية وعلم التربة والهندسة الجيولوجية.

قد برز هذا الاتجاه بقوة واتسع نطاق المهتمين به نتيجة لاشتغال فئات علمية متنوعة من الجيولوجيين والمهندسين والكيميائيين والزراعين والهيدرولوجيين والمشتغلين بعلوم البحار والعلوم العسكرية، في مجال الجيومورفولوجي، واهتمام كل هؤلاء بدراسة اشكال مظاهر سطح الارض وتحديد مدى الانتفاع منها، في ميادين مختلفة كالجيولوجيا الاقتصادية والهيدرولوجيا التطبيقية والجيولوجيا الهندسية.

يتضح من ذلك اتضاح اهمية القيمة العلمية والعملية للدراسات الجيومورفولوجية باتجاه دراسة العوامل الجيومورفولوجية التي تتحكم في اختيار مواقع الخزانات والسدود المائية، والنطاقات التعدينية وامتدادها، وفي البحث عن البترول والمياه الجوفية، وفي إنشاء الطرق واختيار مواقع المطارات، وفي الطوبوغرافيا العسكرية.

4. بزوغ المرحلة الكمية والتجريبية في الدراسات الجيومورفولوجية، اي التأكيد على الاهتمام المتزايد بالدراسات الرياضية او الكمية Quantitative Approach في علم الجيومورفولوجية.

واجهت الدراسة الجيومورفولوجية الوصفية في النصف الثاني من القرن العشرين، نقداً شديداً من بعض الباحثين والكُتاب الذين اهتموا بدراسة العوامل الجغرافية دراسة تفصيلية قبل الإشارة الى اية نتائج خاصة بأصل المظاهر الجيومورفولوجية المختلفة وتكوينها ونشأتها واعمارها، وتبعاً آراء هذه المجموعة الأخيرة من الكُتاب، فانه يصبح من الصعب تتبع اصل مظهر جيومورفولوجي ما او تحديد عمره طالما ان العوامل الجغرافية المختلفة التي ادت الى تكوينها لم تدرس بعد دراسة علمية وافية بعد، هذا فضلاً عن ان الدراسة الجيومورفولوجية الوصفية تتأثر ماهيتها تبعاً لمدى خبرة الباحث نفسه عند القيام بالعمل الحقلي.

كما قد توصف مزايا بعض المظاهر الجيومورفولوجية وتحديد نشأتها وتطورها وفقاً لما يعتقده الباحث ان يكون بدلاً من الواقع فعلاً، ومن ثم فقد اعترض بعض الباحثين على اتباع مناهج الدراسة الوصفية، ورجحوا ان هذا الوصف يجب الا يعتمد على خبرة الباحث في الحقل فقط، بل لا بد وان يعتمد كذلك على نتائج الدراسة الرياضية الكمية ولأثر فعل كل من عوامل التعرية المختلفة في الحقل، هذه الدراسة تعرف باسم الدراسة الرياضية التحليلية Statistical Analysis Or Morphometric Analysis.

يؤكد هذا الاتجاه على القياسات الحقلية والاستعانة بالقوانين الرياضية والإحصائية ومعلومات مستمدة من العلوم الطبيعية والكيمياء في تفسير الظاهرة الأرضية بدلاً من الوصف الكيفي الذي كان سائداً في عهد ديفز وجماعته. وباستخدام هذه المبادئ الجديدة في الدراسة الجيومورفولوجية، تصبح نتائج الدراسة علمية محددة Quantitative بدلاً من ان تكون دراسات وصفية عامة Qualitative. وقد اوضح العالم ديوري Dury .G.H. عام 1951 ان تعبير " الدراسة الرياضية " Morphometric Analysis تعبير شامل جامع يدخل ضمن معناه عدة دراسات حسابية اخرى هي:

1- دراسة العناصر التي تؤثر في تضاريس سطح الارض Geometric Analysis.
2- دراسة العلاقة بين كل من مساحة المنطقة ومنسوبها بالنسبة لسطح البحر Arithmetic.
3- دراسة انواع مظاهر سطح الارض واعداد كل مجموعة منها ومدى ابعادها بالنسبة للمساحة الكلية للمنطقة التي تتمثل فيها تلك المظاهر Volumetric Analysis.

4- دراسة انحدارات سطح الارض Clinometric Analysis.

اوضح ديوري .Dury G.H ان من يتبع المنهج الرياضي في الدراسة الجيومورفولوجية، قد يستنبط معلوماته من اي من هذه الدراسات المختلفة او كلها معاً.

ومن اهم الابحاث الجيومورفولوجية الرياضية التي اجريت في النصف الثاني من هذا القرن، هي تلك التي قامت بنشرها هيئة البحوث العلمية والهندسية التابعة للقوات العسكرية للولايات المتحدة، وقد اختصت هذه الابحاث بدراسة تحليلية لعناصر سطح الارض ولا سيما في المناطق الصحراوية لأمريكا الشمالية، ويتزعم هذا المنهج في امريكا العالم استريلر .Staraher A.N الذي يعد حقيقة مؤسس المنهج الرياضي الحديث في علم الجيومورفولوجيا، ومن مؤيديه العالم روبرت هورتون Horton R.H الذي ظهرت ابحاثه منذ عام 1941. اما في انكلترا فمن اشهر مؤيدي المنهج الرياضي في الدراسة الجيومورفولوجية كل من ديوري .Dury G.H وشورلي وكارسون وكيركبي اما في المانيا فأنصار المنهج الرياضي في الدراسة الجيومورفولوجية كل من العالم شيدجر وجربر وشرجول وفيشر. واقترح الباحثون عدة معادلات توضح العلاقة المتبادلة بين اثر فعل عوامل التعرية ومظاهر سطح الارض، ومن اهم العناصر التضاريسية لسطح الارض التي أشاروا اليها في دراساتهم هي:

أ- درجة تضرس سطح الارض:

ب- السطح المحلي: Local Relief. ويقصد بها

1- متوسط منسوب اجزاء المنطقة بالنسبة لمستوى سطح البحر

2- متوسط البعد الرأسي بين اعلى منسوب للمناطق الجبلية المرتفعة واقل منسوب للمناطق السهلية المنخفضة في الإقليم بالنسبة لمستوى سطح البحر.

ت- معدل ارتفاع المنطقة: Elevation – relief ratio.

ث- متوسط انحدار سطح المنطقة: Average Slope.

ومهما يكن من اهمية الدراسة الرياضية الكمية في علم الجيومورفولوجيا، فإنه ينبغي الا تطغي النواحي الرياضية والطبيعية والكيماوية على هذا العلم، وعندئذ يفقد قيمته كعلم دراسة الاشكال الارضية.

5. تزايد الاهتمام بالمنهج الديناميكي في دراسة المظاهر الجيومورفولوجية.

يرتكز قدر كبير من الدراسة الجيومورفولوجية المعاصرة على المنهج الديناميكي، اي دراسة كيفية تأدية العمليات الجيومورفولوجية عملها، واستخدام العديد من الوسائل التجريبية الحديثة لهذا الغرض، وقد اصبحت العملية التي وضعها ديفنر في الوقت الحاضر، الشغل الشاغل للجيومورفولوجيين المحدثين باعتبارها دعامة من دعائم الفهم الجيومورفولوجي السليم للمظهر التضاريسي، واخذت دراستها تتزايد بتركيز وتعمق بوسائل غاية في التعقيد، وتُلخص المراحل الخاصة بدراسة العملية الجيومورفولوجية بعدة خطوات.

أ- وصف لخصائص المظاهر التي نجمت عن العملية.

ب- دراسة طريقتها الفعلية.

ت- فهم العملية واثرها على المظهر الجيومورفولوجي من حيث نشأتها وتطورها، ومما لاشك فيه ان هذا الفهم يؤول بدوره الى الخطوة اللاحقة، وهي.

ث- الكشف عن الاثار المستقبلية للعملية الجيومورفولوجية.

ج- يصبح محتملاً امكانية السيطرة على العملية الجيومورفولوجية.

ولتوضيح ذلك، يمكن عرض نموذج يطبق عليه هذا النموذج او الاتجاه من الدراسة الجيومورفولوجية، فمناطق المنحدرات الجبلية في المناطق الرطبة تتعرض لعمليات التعرية، ويزداد ذلك او ينقص طبقاً لمدى فاعلية عوامل التعرية بالمنطقة، ولطبيعة التكوين الصخري لتلك المنحدرات، ويمكن دراسة ذلك في الحقل مباشرةً، وهو يشير الى طبيعة عمليات التعرية، اما المعلومات التي تقدمها الخريطة او البيانات عن طريق الصور الفوتوغرافية فيمكن ان تدلنا على معدل النحت، ومن ثم فإن العمليات المسببة للنحت يمكن دراستها في الطبيعة، فالأمطار يمكن قياسها وعمليات نقل الفتات الصخري او الانزلاقات على طول خط المنحدر. ومنْ ما تقدم اعلاه سيعطي حصيلة ضخمة من

البيانات، وعندئذ يمكن تحليل البيانات بالوسائل الاحصائية، كما يمكن التوصل الى معرفة العلاقة بين المتغيرات الهامة المتصل منها بخاصة المظاهر الجيومورفولوجية، والعمليات التي تقوم بتشكيل تلك الخاصية. كما ان الاسس الطبيعية المسببة لهذه العلاقات يمكن البحث عنها نظرياً، وكذلك يمكن التوصل اليها بواسطة التجارب التي يمكن فيها استخدام المجسمات، وعليه يمكن ربط نتائج المشاهدات الحقلية بالنتائج النظرية تليها عملية تصحيح النتائج النظرية على ضوء المشاهد الحقلية، وبهذا يمكن فهم سبب عملية التعرية (النحت) والعوامل التي تعتمد عليها، والتطور في مسار المنحدر مستقبلاً يمكن تبنيه في ضوء النتائج التي وضحت هذا بافتراض ثبات العوامل التي تعتمد عليها عملية التطور والتغير.

وهنا لابد ان تكون عملية التنبؤ بالتغيرات المستقبلية دقيقة بشرط تأسيسها على بيانات مؤكدة، سواء من المشاهدة الحقلية او التحليلات النظرية، وفي ظل هذه الظروف يصبح بالإمكان تقدير متطلبات وسائل السيطرة على عملية النحت، سواء في الموقع نفسه او في المناطق المجاورة. ونتيجة اتباع هذا الاسلوب في الدراسة الجيومورفولوجية المعاصرة، وجد الجيومورفولوجي نفسه امام حصيلة رقمية هائلة بسبب استخدام اجهزة عديدة ومتنوعة الاستعمال، فهناك اجهزة لقياس ابعاد المظاهر الجيومورفولوجية الثابتة، وكذلك لقياس العمليات التي تعمل في هذه المظاهر. وعلى الرغم من هذا الاسلوب يلقي الضوء على التقدير شبه السليم للعملية الجيومورفولوجية، وما يمكن ان يترتب عليها الا ان هناك بعض المثالب او العيوب التي يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار، والتي تتلخص بعدم دقة البيانات المستحصلة، وعد امكانية ملاحظة كل المظاهر كل الوقت، واختصار الدراسة على فترة جيولوجية قصيرة لا يمكن ان تكون ممثلة لتغيرات طويلة المدى.

ونظراً لصعوبة السيطرة على التجارب في الطبيعة، وصعوبة تحليل البيانات المستنبطة من مشاهد تلك التجارب، استخدمت النماذج ذات مقياس الرسم لحل بعض المشكلات، وعلى الرغم من فداحة تكاليف تلك النماذج سواء في تصميمها او تشغيلها، فإن لها اهميتها في تقدير العلاقات الاساسية بين المتغيرات المختلفة.

6. استخدام التقنيات المتمثلة في الاستشعار عن بعد(**RS**) ونظم المعلومات الجغرافية (**G.I.S**) في الدراسات الجيومورفولوجية الحديثة في الوقت الحاضر.

تُعد التقنيات الجغرافية الحديثة انتقاله مهمه في الدراسات الجغرافية بشكل عام والدراسات الجيومورفولوجية بشكل خاص نحو تقليل الجهد، الكلفة ،الوقت، كذلك الدقة العالية في تقديم البيانات، اذ يعد الاستشعار عن بعد مصدراً مهماً ورئيس للبيانات، اذ يقدم كم هائل من البيانات الدقيقة التي يسهل التعامل معها باستخدام البرامج الخاصة بالاستشعار عن بعد. اذ تكاد تنعدم نسبة الخطأ فيها بالاعتماد على مهارة المستخدم لهذه البرامج والمختص في الدراسات الجيومورفولوجية. اذ يمكن خزنها والرجوع اليها وتعديلها لما تقتضي الحاجه، وكذلك امكانية عمل مقارنات بين فترات زمنية سابقة ولاحقة وكشف التغيرات الحاصلة ومعرفة اسباب تلك التغيرات ووضع الحلول المناسبة.

اما نظم المعلومات الجغرافية (G.I.S) فيُعد من التقنيات الجغرافية المهمة لما يتمتع به من قدره كبيرة في ادخال البيانات ومعالجتها وتحليلها وتنضيدها وترتبها والوصول الى النتائج عالية الدقة يمكن اعتمدها في اتخاذ القرارات الصائبة في الوقت والمكان المناسبين للدراسات الجيومورفولوجية، مثلاً تحديد الانحدارات ودرجاتها واتجاهاتها ومقدار معدل الانحدار، وكذلك تحديد مقدار التعرية الريحية والمائية، وتوزيع مظاهر سطح الارض وتحديد خطوط تقسيم المياه وغيره من الامور الجيومورفولوجية التطبيقية والوصفية.

3. المفاهيم الاساسية في علم شكل سطح الارض، للعالم الامريكي وليم ثورنبري W.D.Thornbury عام 1958

لا بد لنا قبل ان نتعمق في دراسة الجيومورفولوجيا من ان نلقي الضوء على المفاهيم الاساسية التي يحتويها هذا العلم، اذ تعد هذه المفاهيم بمثابة اوليات هذا العلم والحقائق التي لابد من استيعابها من قبل من يقوم بدراسة الموضوع، وقد لخص العالم ثورنبري W.D.Thornbury هذه المفاهيم في عشرة نقاط رئيسة، وحدد العملية الجيومورفولوجية والتي تبدأ وتحدث وتكتمل بفعل عوامل جيومورفولوجية معينة تؤدي إلى تغيير أشكال سطح الأرض من حيث التغير ضمن مدى زمني جيولوجي معين, حددها بأنها تسير على صورة الأفكار التالية:

1. إن كل العمليات والقوانين الطبيعية التي تعمل ألان هي نفسها قد عملت خلال الأزمنة والعصور الجيولوجية, إلا انه ليس من الضروري أن يكون عملها بنفس الشدة الحالية دائما, اذ أن أي وادي لا يوجد شك بأنه يشق مجراه حاليا مثل ما كان يشقه في الزمن الماضي, وان الاختلاف فقط هو في الشدة والذي قد يكون سببه التغيرات المناخية على سطح الأرض، اي ان العمليات الجيومورفولوجية سواء كانت عمليات خارجية او عمليات داخلية هي نفسها التي تحدث في الوقت الحاضر كانت تحدث في الزمن الجيولوجي السابق، لكن تتباين شدتها من مكان الى اخر ومن زمان الى اخر اي باختلاف الزمكان.

2- تؤدي العمليات الجيومورفولوجية دورها بمعدلات متباينة. لهذا السبب تمتلك الارض تضاريسها، اذ ترتبط تضاريس سطح الأرض إلى حد كبير مع اختلاف سرعة العمليات الجيومورفولوجية، أن أحد أسباب تباين مقدار نحت سطح الأرض هو تباين طبيعة الصخور المكونة لها, مثلا الصخر الجيري اسهل من الجرانيت, والمناطق المرتفعة قاعدتها صلبة والمنخفضة كالسهول صخورها لينة. أي أن درجة مقاومة الصخر هي التي تؤدي إلى تباين النحت, ولكن يبقى اختلاف عناصر الحرارة أو الرطوبة والغطاء النباتي السبب الرئيسي في اختلاف شدة العمليات الجيومورفولوجية من فترة لأخرى, وهذا معناه وجود الاختلاف من مكان لأخر حتى على نطاق ضيق.

3- تترك العمليات الجيومورفولوجية آثارها الواضحة والمميزة على أشكال اليابسة وتقوم كل عملية جيومورفولوجية بتطوير أشكال اليابس الخاصة بها. ولذا لكل مظهر من مظاهر الأرض صفات مميزة تعود إلى طبيعة العملية التي أظهرت هذا الشكل. فالسهول أشكال كونتها الأنهار. ولكون كل عملية جيومورفولوجية تعمل على انفراد في تكوين معالم أرضية متميزة فانه بالإمكان تصنيف أشكال اليابسة على أساس نشأتها. ولذا يصبح تفسير وجود شكل معين سهل على المتخصصين في هذا العلم, وحتى انه يمكنهم توقع وجود أشكال أخرى بناء على علاقة ونشأة هذه الأشكال, حيث مثلا تعود معظم مظاهر الأرض إلى تغيرات مناخية حدثت في زمن البلايوستوسين.

4- تنتج عن العمليات الجيومورفولوجية تعاقب مرتب للأشكال الارضية. اي يظهر تعاقب منظم الأشكال اليابس عندما تعمل عوامل تعرية مختلفة على سطح الأرض, و تعني هذه الفكرة ان الاشكال الارضية تتطور ضمن ما يعرف بالدورة الجيومورفولوجية التي اعتقد بها ديفز Davis. ابتداء من مرحلة النشوء ثم الشباب والنضج فالشيخوخة. ومن الواضح ان مرحلة النشوء لا تكون واضحة في كثير من المظاهر، ذلك لان عملية تكوين الاشكال تكون بطيئة الى درجة تستطيع معها عوامل التعرية ان تغير من الخطوط الاساسية لذلك الشكل قبل ان يتكامل وضعه الخارجي. فيما عدا بعض الاشكال الارضية التي يتصف تكونها بالسرعة مثل ما يحدث عند تكون بعض التلال البركانية الناتجة عن ثورات سريعة. ويوجد تطور متعاقب ومنتظم لأشكال الأرض حسب اعتقاد المتخصصين, ورغم أن ديفز هو الذي وضع فكرة مرور الأشكال الأرضية بمراحل الشباب والنضج والشيخوخة, إلا أن هذا لا يعني وجود دورة حقيقية في الطبيعة, ولكن يبقى وجود تطور منظم ومتعاقب وليس من الضروري وجود تماثل في مراحل وخصائص طبوغرافية كل إقليم. كما يختلف الزمن, حيث أن وجود منطقتين متشابهتين في مراحل تطورهما لا يعني انهما استغرقتا نفس الفترة الزمنية. ومن هنا لا بد من تتبع دورات تطور كل إقليم أو شكل على انفراد للوصول إلي تطوره الحقيقي.

5- أن التطور الجيومورفولوجي المعقد اكثر شيوعيا من بسيطة – أي التطور البسيط منه, يعني بالتطور الجيومورفولوجي البسيط ان مظهراً ارضيا معيناً يتعرض لتأثير عملية واحدة، ويمر خلال دورة جيومورفولوجية واحدة، فعلى سبيل المثال الكثبان الرملية تتكون بفعل عملية جيومورفولوجية واحدة، وكذلك تكون الانهار الجارية فوق جبل قبابي مسؤول عن تطوير مظاهر السطح فوقه وتنقله بذلك من مرحلة النشوء نحو الشباب ثم نحو مرحلة النضج فمرحلة الشيخوخة. غير ان مثل هذا التطور غير موجود في الطبيعة الا بنطاق محدد جداً اذ لا توجد الا جهات قليلة تؤثر عليها عملية جيومورفولوجية واحدة. اذ يحدث نوع من التداخل في تأثير عدة عمليات جيومورفولوجية رغم انه قد يمكن تمييز اثر عملية اساسية واحدة، ففي الوادي الجليدي الذي يعد نتاجاً اساسياً لعمل الجليد تقوم عوامل التجوية والمياه السطحية الجارية بدورها فيه ايضاً. , اذ انه عندما نتعمق في تفسير أشكال الأرض نجد أن التطور قد يكون نتيجة لعملية جيومورفولوجية واحدة وبناء على ذلك صنف هوربرج عام 1952 أشكال اليابسة في خمسة مجموعات كما يلي:

أ- البسيط: وهي الأشكال التي تكونت بفعل عملية (دورة) جيومورفولوجية تطغى على عمليات أخرى سابقة أن وجدت.

ب- المركب: تتعرض إلى دورتين (عمليتين) أو اكثر, ومعظم الأشكال مركبة.

جـ- أشكال تنتج عن دورة واحدة: تظهر على الأشكال أثار هذه الدورة

د- أشكال تنتج عن دورات متعددة: تحمل أثار هذه الدورات.

هـ- مجاميع الأشكال المنكشفة.

أي تطور الشكل بوجود ظروف مناخية واحدة وما صاحبها من تباين في العمليات الجيومورفولوجية السائدة, كما ان هذا النوع من الأشكال تكون خلال فترات جيولوجية سابقة وانطمر تحت كتل من الصخور وعاد وظهر بعد زوال ما كان يغطيها من صخور.

6– تعد البنية الجيولوجية عاملاً مسيطراً في تطوير الاشكال الجيومورفولوجية. تعني البنية Structure في مفهومنا شيئين اساسيين هما **نوعية الصخور ووضعية الصخور** ضمن القشرة الارضية. فالصخور كما سيتم بيان تفاصيلها في المواضيع القادمة تختلف اختلافاً كبيراً في درجة صلابتها ومقدار مقاومتها للعمليات الجيومورفية، فقد يكون منها سريع التأثر بها ويكون الاخر صلباً مقاوماً لعمليات التعرية والتآكل، كما ويتأثر البعض منها بواحد او باخر من العمليات الجيومورفية في حين يكون صلباً امام عمليات جيومورفية اخرى.

وتعني وضعية الصخور مقدار استجابتها وتأثرها بالعمليات الباطنية والتي تتمثل بالحركات الالتوائية والانكسارية والقبابية والنشاط البركاني. فالبنية التي تمثلها الصخور التي تكون سهلا ساحلياً تختلف عن البنية التي تتكون من طبقات صخرية افقية الامتداد، ويختلف ما يتكون من تضاريس فوق البنية الاولى عن التضاريس التي قد تظهر فوق الحالة الثانية رغم ان التكوين الصخري لهما قد يكون متشابهاً ويمكن ان يحدث الشي نفسه فوق البنية الانكسارية والالتوائية والقبابية والمعقدة والبركانية.

ولكل بنية من البنيات مجموعة من التضاريس المتعلقة بها بحيث يمكن من خلال دراسة تلك الاشكال الارضية التي تحتويها بنية التوائية تماماً عن التضاريس التي تظهر فوق سهل ساحلي رغم ان التضاريس في كلتا الحالتين قد نتجت من عملية جيومورفية واحدة ويقع كلتاهما في مرحلة واحدة من الدورة الجيومورفية وقد ساعدت هذه العلاقة الوثيقة بين البنية والتضاريس المرتبطة بها على الكشف على نوعية البنية والتوقع بما تحتويه صخورها من مواد معدنية وموارد اقتصادية اخرى.

7– ترجع نشأة معظم مظاهر السطح الى عصر البلايوستوسين، وقليل منها يرجع الى الزمن الجيولوجي الثالث، والاشكال الاخرى نادراً ما نجدها ترجع الى الزمن الكامبري. اي إن قليلا من طبوغرافية الأرض اقدم من الزمن الجيولوجي الثالث في تاريخ تواجدها ولا يتجاوز قدم غالبيتها عصر البلايوستوسين, ولقد قدر أشلي (Ashly) بان 90% من سطح اليابس في الوقت الحاضر تكون بعد الزمن الثالث وإن 99 % من هذه الأشكال تطور بعد عصر الميوسين. وليس بالضرورة أن تكون هذه التقديرات صحيحة إلا أنها تبقى فكرة مقبولة لدى المتخصصين.

8- لا يمكن تفسير وجود تضاريسنا الحالية دون تصور دقيق لتأثير التغيرات الجيولوجية والمناخية التي حدثت خلال البلايوستوسين. اي لا يمكن تفسير المعالم التضاريسية تفسيرا صحيحا دون أن تقدر التغيرات المناخية والجيولوجية المتعددة التي حدثت خلال البلايوستوسين تقديرا كاملا, حيث أن معظم المظاهر الطبوغرافية في العالم نشأت في فترة حديثة وان التغيرات المناخية والجيولوجية التي حدثت في البلايوستوسين تركت أثارا واضحة على الوضع الطبوغرافي الحالي لان البلايوستوسين تميز بوجود فترات مطرية وبغزارة شديدة.

9- لفهم الاهمية المتباينة لمختلف العمليات الجيومورفولوجية لابد من معرفة لمناخات العالم. اي لا يمكن الفصل بين العمليات الجيومورفولوجية الظاهرية عن عوامل المناخ، اذ هناك تأثير كبيراً للمناخ على تلك العمليات، فالتجوية والتعرية تؤثر في الصخور بعوامل المناخ نفسها كالحرارة والرطوبة والامطار والرياح، فضلا عن تأثير المناخ على تكوين الجليد والثلاجات وسيطرتها على كمية وحركة الجريان السطحي للمياه. وهنا نركز على فهم عناصر المناخ، ولا سيما الحرارة والأمطار والتبخر وسرعة الرياح والتجمد والتي تؤثر جميعها بشكل مباشر أو غير مباشر في العمليات الجيومورفولوجية لأثر المناخ حتى الوقت الحاضر.

10- رغم ان الجيومورفولوجيا تهتم بدراسة مظاهر الارض الحالية، الا انها تصل فائدتها من خلال توسعها التاريخي. مع إن اهتمام الجيومورفولوجيا ينصب بالدرجة الأولى على معالم سطح الأرض الحالية, ألا إن هذه الدراسة والاهتمام تبلغ ذروة فائدتها إذا توسعنا بدراسة معالم السطح من الناحية التاريخية, حيث توجد أشكال أرضية تعود لحقب جيولوجية سابقة, لذا لا بد من الرجوع لها, وهذا يسمى بالجيومورفولوجيا القديمة (Pala geomorphology). اذ يوصلنا للتعرف على أشكال أرضية نتجت بفعل عمليات لا تعمل في الوقت الحاضر.

4. دراسة وجيزة عن الكرة الارضية.

النظريات القديمة والحديثة التي تفسر توزيع اليابس والماء

لقد ظل توزع اليابس والماء, على سطح الأرض، إلى جانب المظاهر التضاريسية الكبرى، لغزاً يحير العلماء، إذ كانت مظاهر سطح الأرض حتى بدايـــة القرن الثامن عشر الميلادي تفسر بأنها كوارث Catastrophism. وكان كثير مـن الناس فـــي أوربـــا، يعتقدون أن طوفان سيدنا نوح (عليه السلام) Biblical Flood كان له ألأثر ألأكبر في تشكيل سطح ألأرض. وتمادى هذا التفكير حتى طغى على علوم ألأرض فعدت مظاهر ذلك السطح، بأنها نتاج سلسله من الكوارث؛ وما التاريخ الطبيعي للأرض إلا سلسلة من التغيرات المفاجئة، يفصل بينها فترات من الركود. وظلت هذه الفكرة سائدة حتى منتصف القرن التاسع عشر الميلادي، حين حلت محلها فكرة الاتساق والتجانس Uniformitarionism في أساس التماثلية Uniformatrian Principle. وكانت تلك طريقة جديدة في التحليل، انبثقت من افكار العالم الاسكتلندي جيمس هاتون James Hatton, عام 1785, وهي تقول: إن الحاضر هو مفتاح الماضي. وتعني هذه الفكرة بالنسبة إلى علوم ألأرض , أن القوى والعمليات المؤثرة في سطح ألأرض، سواء البطيئة والسريعة، هي القوى والعمليات نفسها، التي شكلت سطح الأرض، خلال العصور الجيولوجية، (نظرية الصفائح التكتونية) وقد شهد تطور الفكر العلمي في نشأة الأحواض المحيطية العديد من النظريات التي حاولت تفسير توزيع اليابس والماء، وتكوين الأحواض المحيطية وهي كالآتي :

اولاً. النظريات القديمة:

1. النظرية الهرمية Tetrahedral Hypothesis.

تعد هذه النظرية من أولى المحاولات, التي وجدت بعض القبول, في وقتها, لتفسير تكون الأحواض المحيطية, وتوزع اليابس والماء إما صاحب هذه النظرية فهو الباحث البريطاني, لوذيان جرينLothian Green , الذي تقدم بها عام 1875, واقترح صاحب هذه النظرية, بأن الأرض تأخذ شكل هرم ثلاثي, رأسه في الجنوب, وقاعدته في الشمال. وتشغل القارات اركان الهرم وحافاته البارزة، في حين تشغل المحيطات جوانبه المسطحة، ولأن هذه النظرية فسرت الشكل العام، الذي تأخذه معظم القارات التي تبدو على شكل مثلثات رؤوسها في الجنوب وقواعدها في الشمال، ولاسيما أفريقيا

والأمريكيتين، فقد لاقت قبول لدى الباحثين، عند ظهورها. زادها قبولاً أنها تتوافق مع أحدى النظريات الهندسية المعروفة، التي تقول ان النسبة بين مساحة قشرة أي جسم وحجمه، تنخفض إلى حدها الأدنى إذا كان الجسم كروياً. وعند تناقص حجم الجسم فإن شكله يأخذ في التغير، للمحافظة على مساحة قشرته، وتتغير تبعا لذلك النسبة بين مساحة قشرته وحجم جسمه وآخر شكلٍ، يمكن أن يتحول إلية لضمان أكبر نسبة بينهما هو الهرم الثلاثي, وقد اعتقد أصحاب هذه النظرية أن الأرض في بداية تكونها بردت وتقلص باطنها مما أدى إلى تشكل قشرتها بشكل الهرم الثلاثي ,كانت القارات على حافاته البارزة، وشغل الماء أسطحه المنخفضة، وقد استشهد أصحاب النظرية، لتأييد نظريتهم بالشواهد ألأتيه :

أ- المسطحات اليابسة, تأخذ شكل مثلثات مختلفة المساحة، رؤوسها نحو الجنوب ولاسيما أمريكا الشمالية، وأمريكا الجنوبية، وأفريقيا، واوراسيا.

ب- تتركز المحيطات في النصف الجنوبي، ويشغل اليابس معظم النصف الشمالي .

ج- كل مسطح يابس، مهما كانت مساحته يقابله مسطح مائي، على الجهة الأخرى من الأرض ولا يشذ عن هذه القاعدة سوى موضعين على الأرض: احدهما في جنوب الأرجنتين يقابله على الجهة الأخرى جزء من شمال الصين، والأخر في جزء من شبه الجزيرة الأيبيرية تقابله على الآخر جزيرة نيوزيلندا. وعلى الرغم من القبول المبدئي الذي حظيت به النظرية الهرمية ألا أن اعتراضات جوهرية وجهت اليها من أهمها:

آولأ- تعارضها مع بعض الحقائق الجيولوجية الخاصة بتوازن القشرة الأرضية .

ثانيا- تجاهلها لآثر دوران الأرض حول نفسها.

وقد أسهمت هذه الاعتراضات إضافة إلى التقدم العلمي وظهور نظريات اخرى، في التخلي عن تلك النظرية والاهتمام بها، أو أدت محاولة تعديلها. وممن حاول تعديل بعض أفكار هذه النظرية الباحث البريطاني لابورث Lapworth, اذ قال إن الأرض حين بردت تجعدت قشرتها تجعداً عشوائياً ولم تأخذ شكلاً هندسياً معيناً. ويرى العالم الفرنسي زولاسSollas , ان تكوين الأحواض المحيطية الناتج من تجعد سطح الأرض، كان سببه اختلاف الضغط الجوي الواقع على السطح من مكان إلى أخر عند بداية تكون الأرض قبل ان تتصلب قشرتها.

2. نظرية انسلاخ القمر.

في محاولة لتفسير نشأة الأحواض المحيطية تقدم تشارلز دارون Charles Darwin, عام 1878 بنظرية انسلاخ القمر من الأرض. وقد لقيت نظريته قبول واسعاً، في بداية الأمر. وازداد قبولها بين الفلكين أصحاب نظرية النجوم التوأمية Binary Star Theory, ولاسيما الفلكي الأمريكي راسيل 1957 – 1877) Russell) صاحب نظريــة التطور النجمي او الأنشطار ألنجمي Stellar Evolution, وقد ايده كل من ليتلتون Lyttleton, وروس جن Ross Gunn, وبانرجي Banerge, وفيشر Fissher, ويرى هؤلاء الفلكيون أن من المألوف وجود مجموعات من الاجرام السماوية Clusters Star, التي يدور بعضها حول بعض في فلك واحد والتي تطورت في الوقت نفسه من أصل واحد. ومألوف لديهم كذلك ان يتبع كل من كواكب المجموعة الشمسية أقمار صغيرة وقد يكون معظمها منشطراً في الاصل عن الكوكب الأم. لذا فقد ايد هؤلاء الفلكيون نظرية دارون القائلة بانشطار القمر عن الأرض وكانوا يرون إن القمر الذي يؤثر في حركة المد والجزر لمياه المحيطات في الوقت الحاضر، له علاقة وثيقة بتكون المحيطات على سطح الأرض. وقد انفصل عنها نتيجة لعملية جذب تعرضت لها شبيه بتلك العملية التي أسفرت عن تكون كواكب المجموعة الشمسية وقد اقتطع القمر من الارض في المنطقة التي يشغلها اليوم حوض المحيط الهادي وأصبح تابعا لها يدور حولها مثلما تدور كواكب المجموعة الشمسية حول الشمس. وقد أجريت حسابات كثيرة لتقدير قطر القمر، وعرض المحيط الهادي تدعيماً للنظرية واثباتا لصحتها ومن الشواهد التي أوردت لتأييد النظرية الشواهد التالية:

أ- أن حوض المحيط الهادي خلافاً للمحيطين الآخرين يأخذ شكلاً دائريا ولاسيما داخل المنحدر القاري من ما يلي البحر .

ب- إن قاع المحيط الهادي, خلافاً للمحيطات الأخرى, تغطيه طبقة صخرية من البازلت, مركبة من السليكا والمغنيسيوم, سيما Sima , في حين تمتد فوق هذه الطبقة, طبقة اخرى من الصخور الجانبية, المركبة مـن السليكا الألمنيوم, سيال Sial, فوق الجزء الأكبر من قاعي المحيطين الآخرين الأطلسي والهندي.

ج- إن أبعاد المحيط الهادي, توافق تماماً الحسابات الفلكية لأبعاد القمر, بشكله المستدير, الذي يمكنه أن يملأ الفراغ الذي تشغله مياه المحيط الهادي حالياً بطبقة صخرية, سمكها60كيلو متراً.

ويقول أصحاب هذه النظرية إن عملية انسلاخ القمر من الأرض أدت إلى تكوين حوض المحيط الهادي. كما نجم عن حركات التصدع والتشقق العظمى في قشرة الأرض, التي صاحبتها, والتي أعقبتها, تكسر القشرة الأرضية .وأسفرت حركة دوران الأرض حول نفسها, ودورانها حول الشمس, عن اتساع هذه الصدوع , مما نتج منه, في النهاية, تكوين الأحواض المحيطية. ووفقاً لهذه النظرية, فأن الأحواض المحيطية, بشكلها الحالي, تكونت خلال مراحل تكوين الأرض الأولى. أي أنها تكونت قبل أكثر من 4 بلايين سنة. لكن هذه النظرية, واجهت عدة انتقادات, من أهمها:

أ- أعظم سمك للقشرة القارية التي تزعم النظرية انتزاعها بين اليابسين, الآسيوي والأمريكي, لتكوين حوض المحيط الهادي لا يتجاوز 45 كيلومتراً, في حين تقول بانتزاع طبقة صخرية بسمك 60 كيلومتراً, لتكوين القمر بحجمه الحالي.

ب- كثافة القمر البالغة 3,34 جرامات, في كل سنتيمتر مكعب تتجاوز كثيراً كثافة صخور السيال, المكونة للقارات, والتي لا تتجاوز كثافتها 2,7جرام/ سم3.

وللخروج من هذين الاعتراضين قال مؤيدو النظرية إن الكتلة الصخرية التي انسلخت من الأرض وتكون منها القمر, لم تكن من صخور السيال فقط بل ضمت إليها كذلك, جزءاً من طبقة السيما التي تحتها. وهذا الجزء, يغطي فارق السمك يؤدي رفع متوسط كثافة الصخور, لأنها أعلى كثافة من صخور السيال.

كذلك وجهت انتقادات أخرى لهذه النظرية منها ان عملية الانفصال لا يمكن ان تتم من الناحية الديناميكية والأرض في حالة صلبه, إما إذا افترضنا ان الانفصال حدث والأرض كانت في حالة لينة أو مرنة أو سائلة فان هذا لا يقبل علميا أيضا لان الجسم اللين أو المرن أو السائل يتمكن من سد الفجوة التي تترتب على عملية الانفصال.

وأما هذه الانتقادات الموجه لهذه النظرية, والتقدم العلمي الذي ترتب عليه وصول الأنسان إلى القمر, وتحليل العينات الصخرية, التي احضرها رواد الفضاء, تم رفض هذه النظرية من أساسها, إذ تبين اختلاف تركيب صخور القمر وصخور القشرة الأرضية.

3. نظرية الانكماش.

لقد ظهرت عدة نظريات تتحدث عن الأسباب التي كانت تقف وراء تفسير توزيع اليابس والماء, والتي اعتمدت في تفسيرها على عملية الانكماش التي تعرضت لها الأرض بعد انفصالها عن المجموعة الشمسية في المراحل الأولى من تكوينها, ومن هذه النظريات, نظرية الكويكبات والتي تقدم بها العالمان الأمريكيان, الجيولوجي تشمبرلن, والفلكي مولتن في عام 1904, ونظرية كوبر ونظرية الانكماش لجفريز, وتعتمد أفكار هذه النظريات بان الأرض تنكمش بعد ان تفقد حرارتها التدريجية ولذلك تتعرض إلى التقلصات والالتواءات التي ترتب عليها تكوين الشكل الحالي لتوزيع اليابس والماء.

ثانياً. لنظريات الحديثة:.

1. نظرية زحزحة القارات. ..... **2. نظرية المعابر البرية.**

3. نظرية انزلاق القارات. ..... **4. نظرية التيارات الصاعدة.**

5. نظرية انتشار قاع المحيط. ..... **6. نظرية الصفائح.**

اذ يعتقد العلماء بان الأرض قد مرت ضمن حلقات تقطيع مشابهه لما يحدث اليوم قبل تشكل قارة بنجايا اذ تحركت القارات القديمة بعيداً عن بعضها فقط لتعود وتصطدم ثانية في مواقع اخرى خلال الفترة ما بين (225 – 500) مليون سنة مضت وبدأت التشتتات الناتجة من التقطيع المبكر بالتجمع لتشكل قارة بنجايا ومن الادلة على هذا الاصطدام القاري متمثلة بجبال الاورال في الاتحاد السوفيتي (سابقاً) وسلاسل جبال الابلاشيان في امريكا الشمالية.

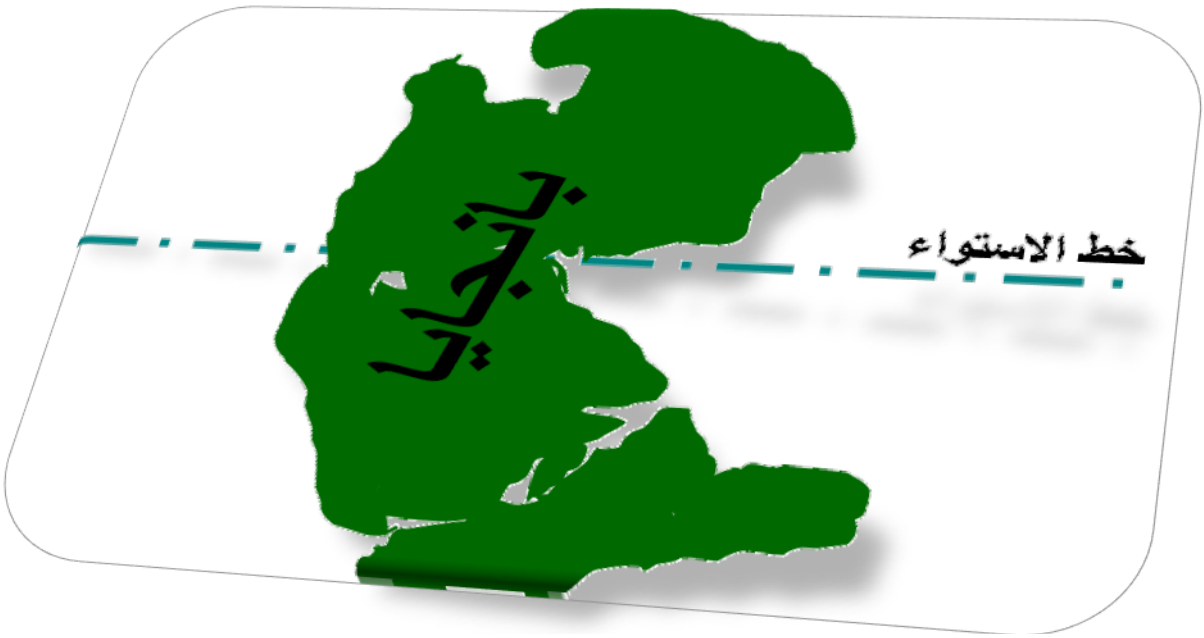
وقد وردت فكرة ان القارات تحركت خلال العصور الجيولوجية الى مواقعها الحالية في اعمال عدد الباحثين قبل وقت طويل من حلول القرن العشرين ففي عام 1596 كان ألخرائطي إبراهيم أورتيليووس Ortelius Abraham يرى ان الامريكيتين اقتطعتا من أوربا وأفريقيا بالزلازل

والفيضانات وقد اورد رأيه هذا في كتابة Thesaurus Geographic us وظهرت عدة أفكار مؤيده لأفكاره وشبيه بها, خلال القرن التاسع عشر الميلادي (نظرية الصفائح التكتونية) وفي منتصف القرن السابع عشر بدأت تظهر في أبحاث بعض الباحثين الفكرة القائلة بأن القارتين كانتا متصلتين وفي عام 1668 شاعت هذه الفكرة في فرنسا وفي عام 1858انجز انطونيو سنايدر Antonio Snider , خريطة للأميركتين ملتصقتين بأوربا وأفريقيا فضلاً عن أشارته الى تشابه الحفريات على جانبي المحيط الاطلسي وفي بداية القرن العشرين ظهرت افكار العالمين الامريكيين افرانك تايلور Frank Taylor, وهوارد بيكر Howard Baker القائلة بفرضية ارتباط قارات العالم القديم وقارات العالم الجديد وانها كانت جزاً من كتلة يابسة واحدة . وقد ايد تايلور في بحثة الذي قدمه في عام 1908 هذه الفكرة وقدم شواهد قوية على تحرك القارات ولكن الفضل في وضع هذه الافكار في اطار نظرية علمية واسعة الانتشار اثارت كثيراً من الجدل يعود الى العالم الالماني ألفريد فجنر Alfried Wegener الذي قدمها في سلسلة من الابحاث بين عامي 1912و1924 ثم جاءت نظرية تيارات الحرارة الصاعدة في وشاح الارض Convection Currents Mantle Thermal, للعالم الإنجليزي هولمز عام 1928 لتضيف محاوله جديدة الى المحاولات العلمية المتتالية لتفسير بعض حقائق طبيعة قشرة الارض وظواهرها فضلاً عما اضافته اعمال استكشاف قيعان المحيطات ولاسيما المحيط الاطلسي والتي بدأت في الاربعينيات من القرن العشرين فقد اكتشفت سلسلة المرتفعات المغمورة الممتدة في وسط قاع المحيط الاطلسي بين الشمال والجنوب بموازاة ساحلي الشرقي والغربي وقد اطلق عليها حيد منتصف الاطلسي Ridge Atlantic Mid ثم وجد إن في منتصف هذا الحيد أخدود ممتد على طول امتداده ولم يأتي عام 1960إلا وفكرة تكتونية الصفائح قد اكتمل هيكلها ورسخت في الفكر العلمي وبنيت على اساسها نظرية تكتونية الصفائح Plate Tectonics وشكلت هذه النظرية منذ الستينيات من القرن الماضي ثورة في الفكر العلمي لعلماء الأرض وكانت تهذب وتعاد صياغتها وتؤكد مع تقدم اساليب الرصد والقياس.

1. نظرية زحزحة القارات.

على الرغم من إن فجنر كتب نظريته في وقت مبكر من عام 1912 ألا انها لم تحظ باهتمام يذكر حتى ترجمة كتابه الى الإنكليزية عام 1924 فأصبحت نظريته موضوع نقاش حاد استمر حتى وفاته عام 1930 لعد جمع فجنر في اعماله التي كانت تهتم بدراسة المناخ القديم من خلال الاثار الجيولوجية الأدلة المتعددة لأثبات أن القارات كانت وحدة واحدة متصلاً بعضها ببعض مكونة قارة عظمى على سطح الأرض اطلق عليها اسم بانجايا Pangaea, وقد نشر أراءه هذه في كتابه الشهير اصل القارات والمحيطات The Origin Of Continents and Oceans, وانه كان هناك محيط واحد يحيط بتلك القارة اطلق علية اسم بانثالاسا Panthalassa, ويقول فجنر ان قارة بانجايا كانت موجوده قبل 300مليون سنة في العصر الفحمي Carboniferous Period, كما يقول انها تكسرت بعد العصر الكربوني وبدأت اجزاؤها تتزحزح تاركة بينها فراغات هي التي تشغلها المحيطات في الوقت الحاضر ويرى فجنر بأن هذه الحركة حدثت نتيجة لقوتين مختلفتين هما قوة الطرد المركزية الناتجة عن دورات الأرض التي دفعت الكتل المنكسرة نحو خط الاستواء اي نحو الشمال فتحركت بفعلها استراليا من الهند وبلاد العرب وأفريقيا وقوة المد التي تتولد نتيجة لجذب كل من الشمس والقمر للأرض التي دفعت بعض الكتل المنكسرة نحو الغرب مما ادى الى تكون الامريكيتين وقد طابق فجنر في رسمه لقارة بانجايا بين سواحل الأمريكيتين من جهة وسواحل أفريقيا وأوروبا من جهة اخرى وطابق بين سواحل استراليا وانتاركتيكا, وشبه القارة الهندية وجزيرة مدغشقر وألصقها بالساحل الشرقي الجنوبي لأفريقيا وقد أستشهد فجنر على صحة بشواهد متعددة يمكن حصرها في خمس مجموعات وهي كالأتي:

خريطة (1) العالم القديم كتلة بنجايا.



خارطة بنجايا كما تصورها فجنر قبل 225 مليون سنة في نهاية العصر البرمي.

1. تشابه السواحل المتقابلة وخاصة في جنوب المحيط الاطلسي.

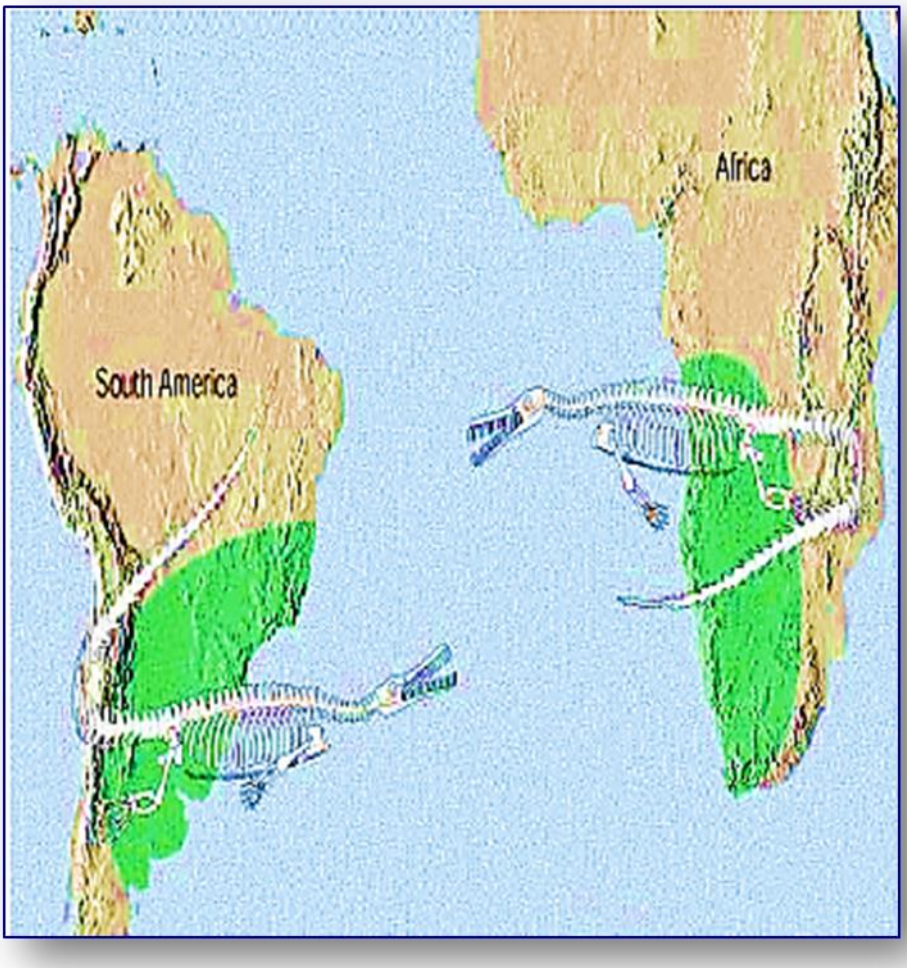
قد حاول فجنر في بداية طرحة لنظريته تطبيق سواحل غرب أفريقيا على سواحل أمريكا الجنوبية كما موضح في الخارطة (3) آلا انه واجهه كثير من المصاعب وتحت ضغط الانتقادات الشديدة الموجهة لنظريته ولأن السواحل قد تعرضت لكثير من عمليات التعرية والارساب الناجمة عن الأمواج والأنهار والتيارات البحرية على الجانبين فقد فشل فجنر في محاولته ولم ينجح في أيجاد درجة مرضية من التطابق بين خطي الساحل المتقابلين إلا انه اتجه للبحث عن أدله أخرى تؤيد نظريته.

خريطة (2) تبين تشابه السواحل.

2. تشابه الحفريات في القارات المتباعدة.

تم العثور على متحجرات من نفس النوع انتشرت على عدة قارات مختلفة وقد اقترح فجنر Wegener, بأن هذا النوع من المتحجرات انتشرت عندما كانت القارات متصلة مع بعضها وانتقل الى المواقع الحالية عندما تعرضت القارات الى الانجراف والابتعاد عن بعضها البعض وعلى سبيل المثال Glossopteris سرخس Fern وجد على قارات امريكا الجنوبية أفريقيا الهند وأستراليا أنظر الخارطة (4) أذا تم تجميع القارات مع بعضها إلى قارة بنجايا Pangaea, فأن توزيع Glossopteris, يمكن إن يفسر على منطقة جغرافية متاخمة صغيرة جدا اما توزيع النوع الآخر فأنه يمكن أيضا أن يفسر بأنه منتشر من قبل قارة بنجايا Pangaea, ثم حدث بعد ذلك، تعرضت القارة العظيمة إلى التكسر Super Continent, وتحركت القارات إلى مواقعها الحالية.

خريطة (3) تبين تشابه الحفريات (المتحجرات).

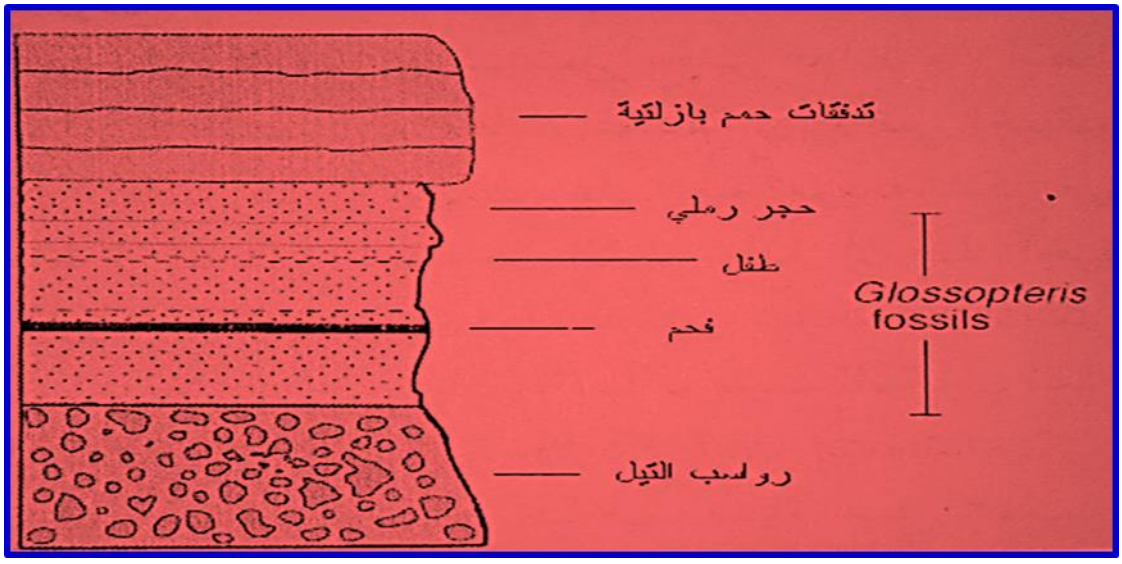


3. تشابه التركيب الصخري.

تعاقب الصخور وتشابهها بشكل بارز في كل من أمريكا الجنوبية, أفريقيا, الهند, القارة القطبية الجنوبية كما موضح في المخطط (1) وقد شرح فجنر Wegener, بأن تحدث ثلاث طبقات متشابهة في كل هذه النواحي وأن الطبقة ألأسفل (الأقدم) تدعى التليت Tillite, ويعتقد بأنها كانت عبارة عن ارسابات جليدية اما الطبقة المتوسطة فأنها متكونة من الحجر الرملي Sandstone, الطفل Shale, وطبقات من الفحم ومتحجرات نبات الجلوسوبترس Glossopteris, في الأسفل وفي الطبقات المتوسطة بينما تتكون الطبقات العليا من تدفقات من الحمم البركانية.

أن وجود ثلاث طبقات متشابهة بنفس الدرجة او الرتبة في مناطق تفصل بينها الأن مسافات بعيده ولذلك اقترح فجنر Wegener, بأن هذه الطبقات الصخرية تكونت عندما كانت القارات جميعاً جزء من قارة بنجايا Pangaea, وتكونت في مناطق صغيرة والتي تعرضت إلى التكسر لاحقاً وابتعدت عن بعضها بعض واستبعد فجنر فكرة وجود المعابر القارية مستشهدا بتماثل التركيب الصخري في السواحل المتقابلة على جانبي الاطلسي في السواحل الشرقية لأمريكا الجنوبية وأمريكا الشمالية والسواحل الغربية لأفريقيا وأوروبا وفي شبه القارة الهندية وسواحل استراليا وأنتاركتيكا هذا التشابه حاصل على سبيل المثال فـــي جبال الابلاش التي تشبـــه فـــي تركيبها جبال كرينلاند Green Land, وبعض جبال أوروبا. هذه الجبال عند وصل بعضها بعض تشكل سلسلة جبلية واحدة, لها التركيب والخصائص نفسها . والتشابه في التركيب الصخري, والتطور الجيولوجي للسلاسل الجبلية, لا يمكن لنظرية المعابر تفسيره, لاسيما أنه لا يوجد لهذه المعابر المزعومة أثر, تحت مياه المحيط.

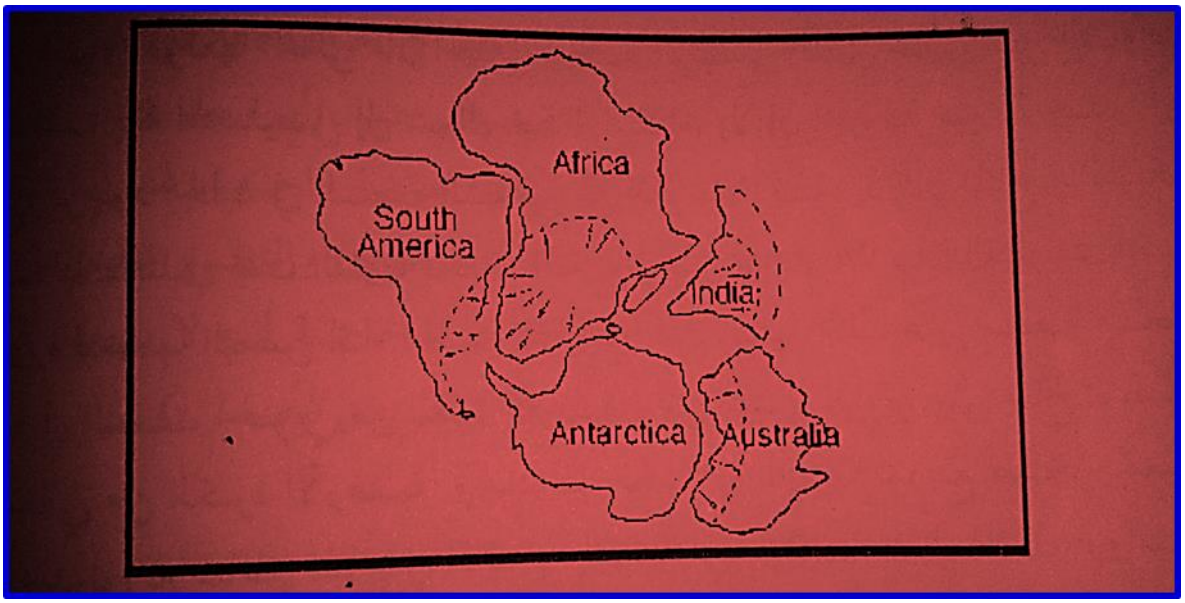
شكل توضيحي (1) للتراكيب الصخرية.



4. آثار الغطاءات الجليدية.

إن توزيع اثار الجليد Glaciations, في امريكا الجنوبية , افريقيا, الهند , استراليا , يكون افضل توضيح بأن هذه القارات كانت متصلة مع بعضها أذ غطى الجليد كل او جزء من كل هذه القارات في وقت واحد في الماضي الجيولوجي فاذا كانت القارات في موقعها الحالي فأن الحدث الجليد الرئيسي الذي غطى كل القارات سيتطلب بأنه امتد ليصل إلى شمال خط الاستواء ألا أن الجيولوجيين لم يجدو إي دليل لوجود الجليد في النصف الشمالي من الكرة الأرضية إذ كان المناخ في امريكا الشمالية دافئاً في تلك الفترة لذلك اقترح فجنر Wegener, بأن القارات كانت مجاورة بعضها البعض اثناء الحدث الجليدي لذا انتشر الجليد على منطقة صغيرة جدا في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية ومن المحتمل لم يؤثر على مناخ النصف الشمالي من الكرة الأرضية واستعمل فجنر Wegener, توزيع صخور معينة لتحديد توزيع مناطق المناخ في الماضي الجيولوجي وعلى سبيل المثال رواسب التيل, والخدوش Striations, الكثبان الرملية والشعاب المرجانية تشير إلى مناخ قطبي ومناخ صحراوي ومناخ استوائي على التوالي أن مناطق المناخ الحالية توضح كيف أن توزيع الشعاب المرجانية والصحاري والثلج الجليدي كانت تعيق موقع القطب التدويري للأرض وأستعمل فجنر Wegener, أيضاً توزيع انطقة المناخ لتحديد موقع الاقطاب في الأوقات المختلفة في الماضي الجيولوجي أذ وجد على ما يبدو بأن القطب التدويري يعمل على تغيير موقعه بشكل تدريجي ليصل الى موقعه الحالي فقط في الماضي الجيولوجي الأخير جداً أن هذه الحركة الظاهرة في موقع القطب بمرور الوقت تدعى التجول القطبي Polar Wandering, وعرض فجنر Wegener, تفسيراً بديلاً أذ اقترح بأن الاقطاب بقيت ثابتة وأن القارات هي التي غيرت مواقعها بالنسبة إلى الاقطاب. وقد استشهد فجنر بتلك الشواهد من أثار التغيرات المناخية القديمة التي شملت أثار غطاءات جليدية قديمة يرجع عمرها إلى نهاية العصر البـاليوزوي, قبل 300–250 مليون سنة في نصف ألأرض الجنوبي أن هذه الأثار تدل على أن الجليد غطى مناطق واسعة في نصف الكرة الجنوبي معظمها تقع حالياً في المناطق المدارية وتحت المدارية ولا تبعد عن خط الاستواء اكثر من 30. فهل مرت بالأرض فترة متجمدة شديدة ممتدة الغطاءات الجليدية خلالها إلى هذه المناطق القريبة من خط الاستواء؟ استبعد فجنر هذه الاحتمالية على أساس أن غطاءات واسعة من النباتات المدارية كانت تغطي النصف الشمالي من الكرة الأرضية في الوقت نفسه الذي كان الجليد فيه يغطي النصف الجنوبي . انظر الخارطة(4)

خارطة (4) انتشار الجليد كدليل على ان القارات كانت جزءا من قارة بنجايا



5. وجود مناجم الفحم.

إن استعادة فجنر احتمالية مرور الكرة الأرضية بفترة جليدية امتدت خلالها الغطاءات الجليدية خلالها إلى المناطق القريبة من خط الاستواء كان مبنياً على اساس أن غطاءات واسعه من النباتات المدارية كانت تغطي النصف الشمالي من الكرة الارضية في الوقت نفسه الذي كان الجليد فيه يغطي النصف الجنوبي وقد كونت بقايا تلك النباتات مناجم الفحم الموجودة حالياً في أمريكا الشمالية وأوروبا وسيبيريا وفي ضوء هذه الشواهد اقترح فجنر تحليلاً يجمع بين هذه الشواهد ويوضحها: فحواه أن قارات النصف الجنوبي كانت يابسا واحدا متصلاً حول القطب الجنوبي وتتصل بها من الشمال قارات النصف الشمالي وهذا يوضح الامتداد الواسع للغطاءات الجليدية إلى قارات النصف الجنوبي وذلك يجعل قارات النصف الشمالي تقع في المناطق المدارية كذلك ما يوفر الظروف الملائمة لنمو النباتات المدارية التي كونت مناجم الفحم في تلك المناطق.

واستطاع فجنر إن يفسر تكون الجبال على أساس إن الكتل اليابسة عندما اقتربت بعضها أثناء زحزحتها نشأ عن اقترابها التواء الطبقات الرسوبية الموجودة في البحار الداخلية نتيجة لضغط الكتل الزاحفة عليها ومن هذه الطبقات الملتوية تتكون السلاسل الالتوائية ومعنى هذا أن جبال الألب قد تكونت نتيجة لزحف قارة افريقيا نحو اوروبا حيث ضغطت على الطبقات الرسوبية في قاع بحر تثس الذي كان يفصل بين القارتين وكذلك الحال بالنسبة لجبال الهيمالايا والروكي والأنديز.

وقد وجهت الى النظرية عدة انتقادات لهذه النظرية منها ان انطباق الساحل الغربي لأفريقيا على الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية بالطريقة التي يراها فجنر أمر متعذر أذ يوجد فرق مقدار (15) درجة في الانفراج الواقع بين ضلعي ساحل غانة من جهة والانفراج الذي ينحصر بين ضلعي ساحل البرازيل من ناحية اخرى فضلاً عن ذلك أن القوتين التي اعتبرهما فجنر السبب في زحزحة الكتل القارية لا يكفيان وحدهما لأحداث الحركة حتى لو تضاعفت هذه القوى ملايين المرات عما هي علية في الوقت الحاضر وثمة صعوبة أخرى هي إن النظرية لا تعلل تعليلا مقبولا الطريقة التي تكون بها جبال الروكي وجبال الأنديز غرب الأمريكيتين. إن انموذج فجنر Wegener, لم يقبل من قبل كل الجيولوجيون أذ اعتقد البعض بأن التفرق بتيارات المحيط او الرياح يمكن إن يوضحا توزيع أنواع المتحجرات وفكر الجيولوجيون الاخرون بأن الاقطاب قد تتجول Wander, والقارات تبقى ثابتة وفكر العديد من الجيولوجيين بأن دليل فجنر Wegener, كان غير كافي وان العيب الاعظم على الاقل في نظر الجيولوجيين الامريكان كان قلة الألية الكافية لأنتقال القارات والجيولوجيون في ذلك الوقت كانت لديهم معلومات بما فيها الكفاية حول قوة الصخور مما دعاهم الى القول بأن الاسباب التي ذكرها فجنر لتحريك القارات مستبعدة جداً وان عمل فجنر Wegener, كان غير مقبول بشكل كبير في نصف الكرة الارضية الشمالية بينما في نصف الكرة الارضية الجنوبية عندما كان الجيولوجيون لا يعرفون بالصخور التي استعملها فجنر Wegener, لدعم فرضيته ومع ذلك فأن نظرية الانجراف القاري كان غير مقبول بشكل عام وعلى الرغم من هذه الاعتراضات فقد اكتسبت هذه النظرية انصار جدد بعد ان زعم البعض بوجود ادله واضحه تشير بأن اليابس الامريكي في حالة حركة بطيئة دائما بالفعل كذلك يقال بأن الكتلة الغربية لشبة الجزيرة العربية تتحرك شرقاً باتجاه الخليج العربي بضعة سنتمترات في العام كما ان ساحل افريقيا وامريكا الجنوبية اللذان يحدان المحيط الاطلسي الجنوبي يمكن انطباقها تمام الانطباق أذا اخذنا بنظر الاعتبار المنحدر القاري المغمور بالماء مقابل كلا

الكتلتين حتى عمق (900) حين أذ يزول الفرق وتسد الفجوة وتنطبق كتلة امريكا الجنوبية على كتلة افريقيا المقابلة دون الحاجه الى الرجوع الى ما ذكره البعض من ان عدم الانطباق سببه ان شريحه من اليابس القديم قد تخلفت وبقيت في الوسط فظهرتها المياه مكونه مانعرفة الان باسم الحافة الوسطى بالمحيط الاطلسي وقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك بأن هذه الحافة تخلو من المواد الجرانيتيه المكونة لكتل القارات وعلى الرغم من أن نظرية تزحزح القارات لم تحظ بالقبول العام من العلماء حين أذ، ألا ان شواهدها القوية وأسسها العلمية رفدت الفكر العلمي بما يمكن ايجازه في نقطتين :

1- قدمت النظرية تفسيرات علمية مقبولة, لكثير من الظواهر المشاهدة على سطح الأرض سواء في مجال الجيولوجيا, او الاحياء والنبات او المناخ القديم والحفريات. ومن امثلة ذلك, قدمت النظرية تفسيرات بتطابق السواحل المتقابلة على جانبي المحيط الاطلسي, واخرى لتشابه صخور السواحل المتقابلة, على تخوم المحيطات, وفسرت تطابق اتجاهات السلاسل الجبلية في شرق الولايات المتحدة, وجزيرة جرينلاند, اسكتلندا, وشبه الجزيرة الاسكندنافية. وفسرت كذلك تشابه حفريات نبات الجيلوسوبترس Glossopteris في كل من افريقيا وامريكا الجنوبية وأنتاركتيكا وأستراليا, وتماثل انوع الصخور في كل من سواحل البرازيل وساحل غانا كما فسرت حدوث سلاسل الجبال الالتوائية واماكن امتدادها وجنوب اوروبا.

2- أثارت جدلاً علمياً عميقاً وواسعاً بين مؤيديها ومعارضيها. وقد اثرى ذلك الجدل الحركة العلمية في حينها وادى إلى رفع مستوى الفهم العلمي لعمليات تكون الاحواض المحيطية وتوزيع اليابس والماء وكان ذلك النقاش بداية منحى جديد في التفكير العلمي في هذا المجال قاد في النهاية الى ظهور افكار جديدة, شكلت أساس نظرية تكتونية الصفائح, وهي النظرية الشائعة القبول بين العلماء اليوم في تفسير الظواهر التضاريسية الكبرى لسطح الأرض وتكون الأحواض المحيطية.

2. نظرية المعابر البرية land-bridges.

لقد هاجم بعض الباحثين المحاولات التي قام بها أنصار نظريات الزحزحة لتفسير التشابه في الظاهرات الجيولوجية على كلا جانبي المحيط الاطلسي هجوماً شديداً. ومن هؤلاء جريجوري Gregory, الذي لخص في بحث صدر عام 1929 آرائه الخاصة بتاريخ نشأة المحيط الاطلسي. ولقد اخذ جريجوري بوجود عدد من المعابر البرية – التي سبق إن اقترحت من وقت لأخر, والتي كانت تشغل في رأيه مكان المحيط الاطلسي– لتفسير توزيع الحفريات النباتية والحيوانية في العالمين القديم والجديد. وقال بأن المحيط الاطلسي نما عن طريق إتباع خلجان فسيحه, بواسطة عمليات هبوط متتالية حدثت في الأراضي اليابسة, تلك الخلجان التي كانت تمتد من بحر تيثسTythys, الذي يفصل بين كتل قارية شمالية واخرى جنوبية وهو في هذا يأخذ بأفكار سويس Suess, وتستند آراء جريجوري في معظمها على شواهد بايولوجية واستراتيجرافية فالتكوينات الصخرية, والحفريات النباتية والحيوانية المتماثلة على سواحل المحيط الاطلسي المتقابلة, قد اتخذها دليلاً على وجود معابر برية سالفة, وليس على حدوث زحزحة في الكتل القارية. ويعتقد جريجوري ان المحيط الاطلسي ما هو إلا محيط (حوضي) يقطع عرضياً عدة ظاهرات كسواحل الرياس Rias, الاوربية والافريقية, والالتواءات الكاليدونية في اسكتلندا واسكندیناوه. ويرى ان الانكسارات التي ادت الى هبوط الكتل القارية كانت موضعاً لنشاط بركاني عنيف لاسيما في الشرق اذ تقع حقول البازلت العظيمة في اسكتلندا وأيسلندا, وفي الجزر البركانية في الأجزاء الشرقية والوسطى من المحيط الاطلسي, كما يعتقد ان الجزر الواقعة في جنوب هذا المحيط ماهي الا بقايا لمساحات سالفة (قارة جندوانا) فجزيرة سان بول San Paul, التي تتركب من صخر البيريدوتيت Peridotite, ماهي ألا جزيرة قارية. وتشير الطبقات الديفونية وطبقات الكارو Karroo, في جزر فالك لاند Falk-land, الى اصلها القاري أيضا. وفي هذه

يعارضه الباحث فون ايرنج Von Ihering, الذي يرى تلك الجزر قد انفصلت عن امريكا الجنوبية في عصر حديث جدا وهو عصر البلايوستوسين. ويعتقد جريجوري أيضا ان جزيرة جورجيا الجنوبية South georgio, تبدو كجزء متخلف من قارة اطلسية جنوبية قديمة كان يغطيها بحر ضحل في إثناء عصر الاردوفيش. ثم ظهرت في الوجود اثناء العصر الديفوني, واستمرت ظاهرة فوق سطح البحر الى ان غمر البحر قسماً منها في الزمن الثاني. ويفترض المؤيدون لنظرية المعابر البرية هبوط واغراق الكتل القارية لتفسير نشأة الأحواض المحيطة. وهنا نجد انه لو كانت القارات تتركب من مواد سياليه (سيليكات الألمنيوم) اخف من المواد السيماوية (سيليكات المغنيسيوم) التي تتركب منها قيعان المحيطات, فأن هبوط الكتل ليبدو أمراً مستحيلاً, إلا أذا افترضنا ظروفاً معقدا يمكن أن تؤدي إلى الهبوط. وقد اقترح كل من جيفريز وهولمز وسائل معينية, تمكن لهبوط الكتل القارية من أن يحدث, دون أن يتعارض ذلك مع الآراء الحديثة الخاصة بتركيب قشرة الأرض, ولكن اقتراحاتهما لم تسلم ايضا من النقد والاعتراض. وهناك من الباحثين من يعتقد – ومنهم جريجوري– ان هناك من الحقائق الجيولوجية ما ناقض الرأي القائل بأن قشرة الأرض دائما في حالة ارتباط توازني كامل. وقد تبين من النتائج الابحاث التي قام بها ما ينس Meinesz, (1928) في قاع البحر ما يخالف الرأي الذي يقول بأن قيعان المحيطات تتركب جميعا من مادة ثقيلة متجانسة. معنى هذا ان الخلاف ما يزال موجوداً حول تركيب قيعان المحيطات ومن ثم ينفتح المجال لإمكان هبوط الكتل القارية. ويستند جريجوري في بحثة (1930) عن نشأة المحيط الهادي على نفس الآراء الخاصة بمسألة هبوط الكتل القارية, التي كانت تشغل– حسب ما يرى– معظم مساحته الحالية. وهو يتخذ من ظاهرة انتشار الصخور البركانية الحامضية, الرايوليت والوسيطة التركيب كالتراخيت, في جزر المحيط الهادي, دليلاً يدمغ الادعاء القائل بأن قاع المحيط الهادي يتركب كلياً من صخور بازلتية قاعدية كثيفة . والواقع إن عملية هبوط اليابس امر ممكن ,فهي ظاهرة نعرفها في هبوط الرواسب التي تتراكم في الأحواض البحرية الداخلية,

ونشاهدها في مناطق الاخاديد العظيمة. ولكن الاستدلال على امكانية الهبوط العامة للكتل القارية على اساس قيعان الأحواض البحرية يعد ضعيفاً, أذ أن تلك الأحواض تمثل مساحات تتراكم فيها الرواسب باستمرار, ويزداد ثقلها وضغطها على القاع مما يؤدي الى هبوطه. اما الكتل القارية او المعابر البرية فهي على النقيض من ذلك, اذ يمكن افتراض أنها تخف باستمرار نتيجة لتأثير عمليات النحت والاكتساح التي تصيبها بفعل تعرضها لعوامل التعرية. هذا ولم يتأكد بعد, الى اي حد يمكن أن نعتبر هبوط الأرض على طول خطوط الانكسارات العظيمة دليلاً على امكان هبوط الكتل القارية على نطاق واسع. فقد نستطيع تفسير الانكسارات الرأسية على طول السواحل او بعضها عن طريق مفاهيم نظريات الزحزحة ولكن الشواهد التي نراها في الحاجز المرجاني العظيم في شرق أستراليا, والانكسارات العظيمة في سواحل بيرو لتدل على حدوث حركات هبوط قوية على نطاق واسع, منها جزر مرجانية التي توجد في المحيط الهادي اذ يبلغ سمك التكوينات المرجانية بضع مئات من الامتار على الرغم من ان شعاب المرجان لا تنشأ إلا في مياه ضحلة. وقد سبق لداروين DARWIN, أن علل تكوينها عن طريق الهبوط وأيده في ذلك ديفز Davis ,واخرون كل التأييد. عدا هذا فهناك الكثير من الجزر التي هبطت واختفت ارضها تحت مياه المحيط. وتمثل نشأة المحيط الهادي مشكلة أكثر صعوبة وتعقيداً من نشأة المحيط الاطلسي. فهذا المحيط اعظم أتساعاً واوجه الشبه في التركيب الجيولوجي بين سواحلة الغربية والشرقية تعتبر قليلاً, بالنسبة لما وجدناه على سواحل المحيط الاطلسي المتقابلة. ولما كانت نظرية الزحزحة لم تتعرض لتفسير نشأته بشكلة الحالي, فأنه لم يبق ألا ان نعتبره محيطاً ثابتاً. وقد ارتأى الكثير من الباحثين أنه كان دائماً – باستثناء أجزاء من تخومه – محيطاً عظيماً شاسع المساحة. ويتفق الجميع على ان المنطقة التي تقع الى الشرق من الهند كانت ارضاً متصلة في ما مضى وكانت اقواس الجزر التي تكتنف سواحل قارة اسيا قسماً منها, وكان اليابس الأسترالي يمتد شرقاً ليضـــم جزر فيجي FIJI, وكاليدونيـا الجديـدة New Caledonia, نيوزلندا الجديـدة

New Zealand, وكلها جزر قارية. ويرى بعض الباحثين أن كتلة الامريكيتين كانت اكثر امتداداً نحو الغرب. وعن طريق هذا الافتراض يفسرون كثيراً من الظاهرات الجيولوجية الاستراتيجرافية في القسم الشمالي الغربي من امريكا الشمالية, والنطاق الانكساري الساحلي في شمال غرب بيرو.

أما جريجوري فلا يرضى بمجرد حدوث اقتضاب في الكتل القارية عن حواف المحيط الهادي, فهو يذهب الى القول بأن الشواهد الجيولوجية تشير ان هذا المحيط كانت تشغله لعدة عصور بحار داخلية منعزلة تحيط بها كتل قارية وكانت لتلك البحار في العادة امتدادات رئيسية نحو الغرب وصوب الشرق. وفي بعض الاحيان كانت تستمر في امتدادها عبر اسيا واوروبا, أو عبر أمريكا الى المحيط الاطلسي, لتكون بحراً متصلاً يفصل بين كتل قارية شمالية وأخرى جنوبية. والواقع ان ثبات المحيط الهادي بأبعاده الحالية يعتبر أمراً غير محتمل ولكن أذا استبعدنا تخومه الغربية بما فيها اقواس الجزر الاسيوية والاسترالية (حتى جزر فيجي) وجاز لنا ان نفترض حدوث انكسارات ادت الى هبوط اجزاء من السواحل الغربية الامريكية , حين أذ يمكننا أن نفترض ثبات باقي أجزاء هذا المحيط. ولكن نظرية الزحزحة – ولو انها لم تتعرض لنشأة المحيط الهادي بأبعاده الحالية بطرق مباشره – تفترض ان الكتل القارية قد تزحزحت صوب محيط عظيم قديم تتمثل بقاياه ألان في المحيط الهادي. فهذا المحيط يمثل اذاً كل ما تبقى من محيط العصر الفحمي الذي يسميه فجنر بانثالاس Panthalassa. كما افترض هولمز في نظريته الخاصة بالتيارات الصاعدة محيطاً عظيماً سماه محيط ما قبل الهادي Pre-Pacific Ocean. من هذا نرى أن لآراء جريجوري وجهاتها ولكن المشكلات البينة التي تعترض طريق امكانية هبوط الكتل القارية على نطاق واسع, والميل المتزايد بين الباحثين الى الاعتقاد في نوع أو اخر من التزحزح القاري يجعلنا نرجى الحكم على نشأة المحيط الهادي.

3. نظرية انزلاق القارات.

لقد بنى ديلي Daly, نظرية انزلاق القارات Sliding Continents, على اساس قوى الجاذبية الأرضية التي تعمل على جذب قشرة الأرض فتتحرك الكتل القارية كما لو كانت تنزلق على سطح منحدر, وهو بهذا لم يتعرض لقوى المد او لقوى اخرى يمكن ان تعمل على زحزحة القارات وينبغي هنا ان نشير الى أن ديلي لم يعرض أرائه في صور حتمية قاطعه كما فعل غيره, أذ انه يرى بأن وضع اراء وحلول نهائية للمشاكل الخاصة بظاهرات سطح الأرض أمر غير مفيد.

ويرى ديلي ان اليابس في الأزمان القديمة كان يتكون من ثلاث كتل صلبة كانت تتمركز عموما حول القطبين وحول خط الاستواء وبين هذه النطاقات الثلاثة من الكتل الصلبة كانت تقع أحواض منخفضه تشغلها بحار داخلية ففي النصف الشمالي من الكرة الارضية كان يقع بحر تيثس الذي كان يفصل بين نطاق اليابس القطبي الشمالي ونطاق اليابس الاستوائي, اما البحر الذي كان يفصل بين اليابس الاستوائي والأرض القطبية الجنوبية فلا يعرف عنه سوى القليل ويعتقد ديلي أن الكتل القارية كانت تتركز اثناء تلك الازمان الجيولوجية القديمة في نصف واحد من الكرة الأرضية أو أكثر بقليل فهو افترض ان المحيط الهادي حينئذ كان يشغل منخفضاً ضخماً واسع الأرجاء, وهو يميز بصورة مجملة وعامة بين نصفين من الكرة الأرضية آنذاك نصف يابس ويسميه بانجايا Pangaea, ونصف مائي يسميه بانثالاسا Panthalassa, كان يشغله المحيط الهادئ.

وتفترض هذه النظرية بأن القشرة الأرضية البدائية قد تكونت فوق باطن الأرض المنصهر وبسبب انخفاض حرارته وتقلصه التوت أجزاء من القشرة المتصلبة إلى أعلى وانخفضت أجزاء أخرى. فالنطاقات القارية القطبية والاستوائية تمثل في نظر ديلي ثنيات محدبة في شكل قباب, اما المحيط

الهادي والبحار الداخلية حين اذ فكانت تشغل الثنيات المقعرة أو الأحواض المنخفضة ويتبين من هذا ان الكتل القارية وقيعان البحار كانت تتكون جميعاً من قشرة أرضية واحدة متماثلة.

وبديهي ان النصف اليابس كان أكثر ارتفاعا من النصف المائي ومن ثم نشأت (منحدرات) تجاه المحيط الهادئ وصوب البحار الداخلية. وعلى الرغم من ان قشرة الأرض موصلة رديئة للحرارة إلا ان الحرارة الباطنية كانت تشع منها إلى الخارج باستمرار ولكن ببطء شديد, ولهذا فقد انكمش الباطن ليترك فراغا بينه وبين القشرة الخارجية فكان على القشرة ان تلائم نفسها مع الوضع الجديد, وهي في هذا لم تسقط فوق الباطن الأخذ من البرودة والتقلص لتتحطم ولكنها كانت تميل إلى التجعد وتحت تأثير ثقل مياه المحيط من جهة, وتحت تأثير ضغط الرواسب المتراكمة من جهة اخرى, إذ ان التكوينات التي نحتتها عوامل التعرية من الكتل القارية قد اكتسحت ثم تراكمت في أحواض البحار الداخلية وفي منخفض المحيط الهادي.

وتفترض النظرية ان قشرة الارض قد اخذت تستلم لتلك الضغوط الناجمة عن ثقل الرواسب وثقل مياه المحيط فهبطت الى اسفل اي اتجاه مركز الارض وقد نتج عن هذا الهبوط ضغوط جانبية ساعدت في حمل الكتل القارية القبابية الشكل المجاورة للأحواض البحرية والمحيطية ونشأ عن ذلك إن خف ضغط تلك الكتل القارية عما يوجد تحتها من المواد البازلتية العظيمة الحرارة فترتب على هذا ان تمددت تلك المواد وكبر حجمها ومن ثم انخفضت كثافتها فأخذت تندفع اليها مواد من المناطق المجاورة التي تعرضت للضغوط اكثر منها لتعيد اليها التوازن واذا حدث ذلك واستمر دائباً فان حجم المواد التي تقع اسفل الكتل القارية القبابية يتضخم ومن ثم يعمل على رفع تلك الكتل الى اعلى بالنسبة للمناطق المحيطة بها ويحتمل ان تكون حركة الرفع في الاطراف اسرع نوعا ما مقارنة مع المناطق التي تقع في وسط القبة وعلى أي حال فان القبة القارية ما تزال تحتفظ بشكلها وعند اطرافها توجد

رواسب الأحواض البحرية الداخلية التي نحتت واكتسحت من القبة ذاتها ويترتب على ازدياد ارتفاع القبة القارية ازدياد الضغوط على تلك الرواسب ويأتي الوقت الذي لا تستطيع فيه قشرة الارض التي تقع اسفل الرواسب ان تقاوم الضغوط باتجاه الأسفل فتتعرض للانكسار والهبوط واذا حدث هذا فان قسما كبيرا من القاعدة الصلبة التي ترتكز عليها أطراف الكتلة القارية يختفي فتحدث حركات شد عنيفة في القبة القارية فتنكسر جوانبها الى كتل ضخمة تنزلق بسبب ثقلها ببط تجاه البحار الداخلية ويترتب على انزلاقها صوب البحار ان تنضغط الرواسب المتراكمة على قيعانها فتلوي وبذلك تنشأ اولى المراحل في تكوين سلاسل الجبال أما المرحلة الثانية فتتمثل في ان الأجزاء السفلى من التكوينات الرسوبية تتعرض للحرارة الشديدة نتيجة لانكسار وهبوط قاعدتها الصلبة فتتعرض الى الانصهار وتتمدد ويكبر حجمها فيترتب عليها حدوث ضغط على الرواسب التي تقع فوقها فتؤدي الى رفعها الى الأعلى وبذلك تتم العملية الرئيسية الثانية في رفع وتكوين الجبال

ويرى ديلي ان الطبقات السفلى تتركب من مواد بازلتية شديدة الحرارة ومثل هذه المواد لا تقاوم انزلاق الكتل القارية ألا بقدر يسير وهو يرى أيضاً أن تلك المواد تتميز بخاصية الانزلاق ولما كان ديلي يعتقد أن مواد الطبقات السفلى أقل كثافة بسبب شدة حرارتها من مواد القشرة الخارجية المتصلبة فقد يحدث حينما تتكسر القبة القارية أن تندفع كتل منها الى الأسفل وتغوص في الطبقات السفلى وفي نفس الوقت نجد أن التكسر يسمح لمواد الطبقة السفلى من أن تشق لنفسها طريقاً اسفل رواسب حوض البحر الداخلي وبالتالي تعطي الفرصة لعمليات انزلاق جديدة ولما كانت كثافة مواد الرواسب المتراكمة في البحر الداخلي اقل كثافة كما يرى ديلي من مواد الطبقة السفلى فأنها لن تغوص أو تهبط فيها ومن ثم فكلما ازداد انزلاق الكتل القارية كلما ازداد الضغط على تلك الرواسب البحرية

فظلاً الى تقلص باطن الكرة الأرضية وتأثيراته على قشرة الأرض يرى ديلي أن تناقص سرعة دوران الأرض حول نفسها قد ساعد منذ البداية على تضرس سطح الأرض لكنه لم يحاول أن يتعرض لتفسير نشأة النطاقات القارية الثلاثة التي كانت تقع حول القطبين وحول خط الاستواء كما انه لم يذكر شيئاً عن كيفية نشأة البحرين الداخليين الذين كانا يفصلان بينهما وهو يعتبر مثل هذا التوزيع لليابس والماء من قبيل الافتراض والتخمين كما ان الدور الذي تلعبه عوامل التعرية في نحت الرواسب من القباب القارية واكتساحها والقائها في البحار الداخلية كما وصفه ديلي يحتاج أيضاً الى مزيد من الإيضاح والتفسير وهنا نشير الى التفسير الذي سبق ان اقترحه تشامبرلين Chamberlin, في نظرية الكويكبات ان عوامل التعرية تستطيع على المدى الطويل ان تتسبب في تراكم المواد القاعدية الثقيلة في الاحواض المنخفضة من قشرة الأرض وتترك المواد الجرانيتية الخفيفة للكتل القارية المرتفعة.

واذا صح وتأثرت هذه القارات القبابية بالطريقة التي وصفناها فأنه ينشأ عن ذلك حركات انزلاق عامة لأجزاء تلك القارات نحو المحيط الهادي ونحو البحار الدخيلة أيضا ولا شك أن نظرية ديلي بشكلها هذا تساعد في تفسير كثير من الظاهرات الرئيسية العامة لسطح الأرض فالتوزيع الحالي لنطاقات المرتفعات العظيمة يمكن تفسيره بالاستناد اليها مثال ذلك نطاق سلاسل مرتفعات الألب والهمالايا الذي نشأ بناء على هذه النظرية عن التواء رواسب بحر تيثس بسبب الضغوط التي نجمت عن انزلاق اطراف القارة القطبية الشمالية وأطراف الكتلة القارية الاستوائية المقابلة لها بينما قد تكونت المرتفعات التي تحيط بسواحل المحيط الهادي بسبب انزلاق كتل قارية صوب حوض ذلك المحيط والتواء طبقات الرسوبية التي تراكمت فوق حوافه.

ويمثل المحيط الهادي في رأي ديلي المنخفض الذي انزلقت صوبه كتل قارية فهو بشكله الحالي قد نشأ نتيجة للضغوط التي عاناها من انزلاق تلك الكتل اليه، اما المحيطات الاخرى فقد نشأة نتيجة لتكسر القارات القبابية وانزلاق اجزائها نحو البحار الداخلية تاركة في ما بينها اخاديد واسعه هي التي

تشغلها المحيطات الحالية، فالمحيط الاطلسي اخدود شاسع المساحة نشأ بسبب انزلاق كتلة الامريكيتين نحو منخفض المحيط الهادي والمحيط الهندي يمثل الاخدود الذي نشأ عن انكسار قبة القارة التي كانت تكون نطاق اليابس القطبي الجنوبي اما المحيط المتجمد الشمالي فيشغل مكان الاخدود الذي نشأ عن انكسار القارة القطبية الشمالية وانزلاق احد جوانبها نحو بحر تيثس ونزلاق الجانب الاخر صوب حوض المحيط الهادي.

ولا شك ان هذا التفسير لنشأة الاحواض المحيطية افضل بكثير من التفسير الذي ارتآه جولي أّذ ان يؤكد التناقض والاختلاف الكبير بين مختلف المحيطات وهو واضح أيضاً بالنسبة للمحيط الهادي الذي ينفرد وحده من بين المحيطات بظاهرة احاطة سلاسل المرتفعات الالتوائية بسواحله واستبعدت نظرية ديلي مسألة الهبوط الذي اشارة الية نظرية المعابر القارية لتفسير نشأة المحيطات فهي لا تفترض الهبوط ألا لأجزاء يسيره من كتل القارات

ولم يحاول ديلي كما فعل فجنر أن يصل بين سواحل المحيط الاطلسي الشرقية والغربية أذ انه يعتقد أن التفسير الذي عرضه لنشأة المحيط الاطلسي يكفي لتوضيح التشابه بين الظاهرات الجيولوجية التي توجد على جانبيه ويرى ديلي ان الحافة الغارقة التي تمتد على طول المحيط الاطلسي تمثل مكان انفصال العالم القديم عن العالم الجديد وترتبط نشأة الاقواس الجزرية عند سواحل شرقي اسيا بعملية زحف اول انزلاق تلك القارة صوب المحيط الهادي. وامام هذه الاقواس نجد منخفضات عميقة نشأت بسبب ضغط الاقواس الجزرية وهبوط الأرض امامها استجابة لتلك الضغوط

واذا صح القول بأن الكتل اليابسة التي اقترحها ديلي بأنها كانت على شكل قبابي فأن الاستناد إلى قوى الجاذبية كعامل يؤدي الى تحريكها وانزلاقها ليبدو معقولاً كما انه يبدو أكثر احتمالاً من قوى المد التي اقترحها فجنر وجولي كعوامل ساهمت في زحزحة القارات (جودة,1992,ص 58-65)

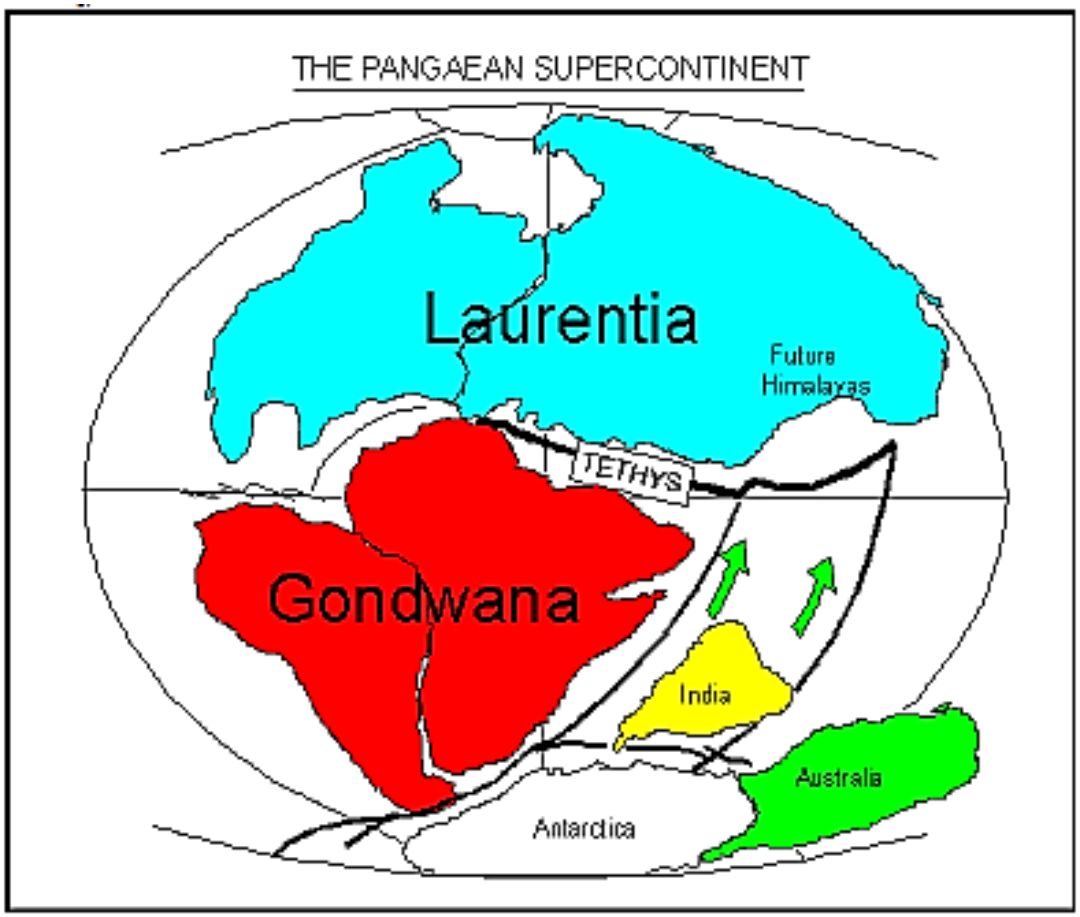
4. نظرية التيارات الصاعدة لهولمز 1928.

لم تكن الشواهد الجيولوجية الكثيرة كافية لأقناع جمهور العلماء بأن حدوث التزحزح كما أوردته في نظرية تزحزح القارات هو امر ممكن فكان لابد من البحث عن حلول وتفسيرات للاعتراضات التي واجهتها النظرية. والسبب الرئيسي المقبول لحركة هذه الصفائح هو التوزيع غير المتساوي للحرارة في باطن الأرض الذي يترتب علية خلايا حاملة كبيرة داخل الصهارة أذ ان الكتل الحارة ذات الكثافة القليلة للصهارة السفلية ترتفع ببطء شديد في الاخاديد البحرية وعندما تنتشر المادة لاحقاً فتصبح اكثر كثافة وتبدأ بالغور رجوعاً الى الصهارة لتسخن مره اخرى ويلاحظ بأن الصخور لا تحتاج الى الوصول الى درجة الانصهار لكي تتدفق فمن الممكن أن تتحول الى اشكال مختلفة فقط مثل تحولها الى معدن صلب حار وعلية فأن الصخور يمكنها الحركة عندما تتعرض للحرارة والاجهاد لفترة طويلة (Lutgens & Tarbuck.P.254) وهذا ما أقترحه العالم الانجليزي أرثر هولمز في عام 1928 بأن التيارات الحرارية الصاعدة Thermal Convections, في طبقة الوشاح تحت القشرة الأرضية مبعثها حرارة الباطن الشديدة، وأن الأرض تستطيع أن تعوض حرارتها التي تفقدها بالإشعاع عن طريق الإشعاع الراديومي الذي ينتج عن وجود معدن الراديوم في صخور باطن الأرض كما ان مناطق التحام طبقة السيال بطبقة السيما تتولد عنهما حرارة راديومية ينتج عنها تحول صخور هذه الأجزاء الى حالة منصهرة مما يترتب على ذلك تكون تيارات صاعدة وأخرى هابطة يمكن أن تؤدي الى تحريك هذه القشرة ورأى ان قوة الاحتكاك بين تيارات الصهير في الوشاح وقشرة الأرض قد باعدت بين جزئي قارة بانجايا أذ أن التيارات الصاعدة في طبقة الوشاح عند خط الاستواء عندما تصدم القشرة من الأسفل تنقسم الى قسمين :احدهما يتجه شمالاً والاخر يتجه جنوباً وقد اسفرت قوة احتكاك هذه التيارات عن انكسار قارة بانجايا الى قسمين شمالي وجنوبي وبداية تباعد احدهما عن الاخر حدث قبل نحو 135 مليون سنة في الزمن الثاني Mesosoic, وتكون بينهما بحر اطلق عليه بحر تيثس

Tethys, كان يمتد في العروض الاستوائية والمدارية وقد اطلق على القارة الجنوبية اسم جندوانالاند Gondwanaland, وعلى القارة الشمالية اسم لوراسيا Laurasia, وتكونت في تلك الفترة الشعاب المرجانية في قاع بحر تيثس التي توجد شواهدها اليوم في سلاسل الألب الأوربية كما ازدهرت فلورا النباتات المدارية في جنوب لوراسيا ووسطها وغطت فلورا النباتات القطبية جنوب جندوانالاند ووسطها ويقول هولمز أذا أن سطح الكرة الأرضية كانت تشغلة قارتان عظيمتان هما لوراسيا وجندوانا اللتان يفصل بينهما بحر تيثس ويحيط بهما محيط واسع في نهاية الزمن الجيولوجي الثاني في فترة الكريتاسي قبل قرابة 135 مليون سنة ويرى هولمز أن التيارات الصاعدة تسببت كذلك بتكسر هاتين القارتين فتكسرت جندوانا الى عدة اجزاء هي التي تشكل اليوم قارات: افريقيا, وامريكا الجنوبية, واستراليا, وانتاركتيكا, وشبه القارة الهندية وادى تكوين جنوب الاطلسي قبل نحو 120 مليون سنة الى انفصال افريقيا عن امريكا الجنوبية وقد دفعت التيارات الصاعدة افريقيا نحو الشمال لتقترب من قارة اوروبا دافعه الرواسب المتراكمة في قاع بحر تيثس امامها لتلتوي مكونة سلاسل الجبال الالتوائية في جنوب اوروبا (جبال الألب) وفي غرب اسيا جبال (زاجروس) و(طوروس) وقبل نحو 65 مليون سنة كان توزيع اليابس والماء قريبا من توزيعها الحالي وأن لم تكن الهند قد التحمت بأسيا بعد وقد ادى التحامها بها وضغطها عليها التواء جبال الهملايا وبابتعادها عن انتاركتيكا تكون المحيط الهندي حسب رأي هولمز كان تحرك قارة استراليا ناتجاً من شدة التيارات الصاعدة تحتها وعدم وجود عقبة تقف امامها وتحول من دفعها بعيداً من جهة اخرى وقد اسفر عن تكون السلاسل الجبلية في شرقها اما البحر المتجمد الشمالي والجزء الشمالي من المحيط الاطلسي فقد تكونا نتيجة تكسر لوراسيا وتباعد اجزائها وقد تسبب تحرك امريكا الشمالية نحو الغرب بتكون سلاسل جبال الروكي الالتوائية في غرب القارة اضافة الى حوضي المحيط الاطلسي الشمالي والبحر المتجمد الشمالي يتضح أذا أن هذه النظرية تدعم الفكرة الاساسية في نظرية تزحزح القارات وتؤيد فكرة وجود يابس قديم واحد انقسم الى

القارات الحالية وان القارات تزحزحت عبر الزمن الى اماكنها الحالية ولكن النظرية تضيف بعداً جديداً في شرح القوة الدافعة الى التزحزح المحرك للقارات لقد وضع هولمز أسس الفكر الحديث لنظرية الصفائح التكتونية بإشارته الى فكرة التباعد Divergence, وفكرة الهبوط او الاندساس Subduction, وفي الوقت الذي كتب فيه اراءه لم تكن تلك الآراء سوى افكار وتوقعات لسد الخلل في نظرية التزحزح وكانت تفتقر الى شواهد مؤيده تمنحها قيمة علمية وتحظى باهتمام العلماء. ينظر خريطة (5).

خريطة (5) تبين انقسام قارة بنجايا.



5. نظرية انتشار قاع المحيط Sea Floor Spreading.

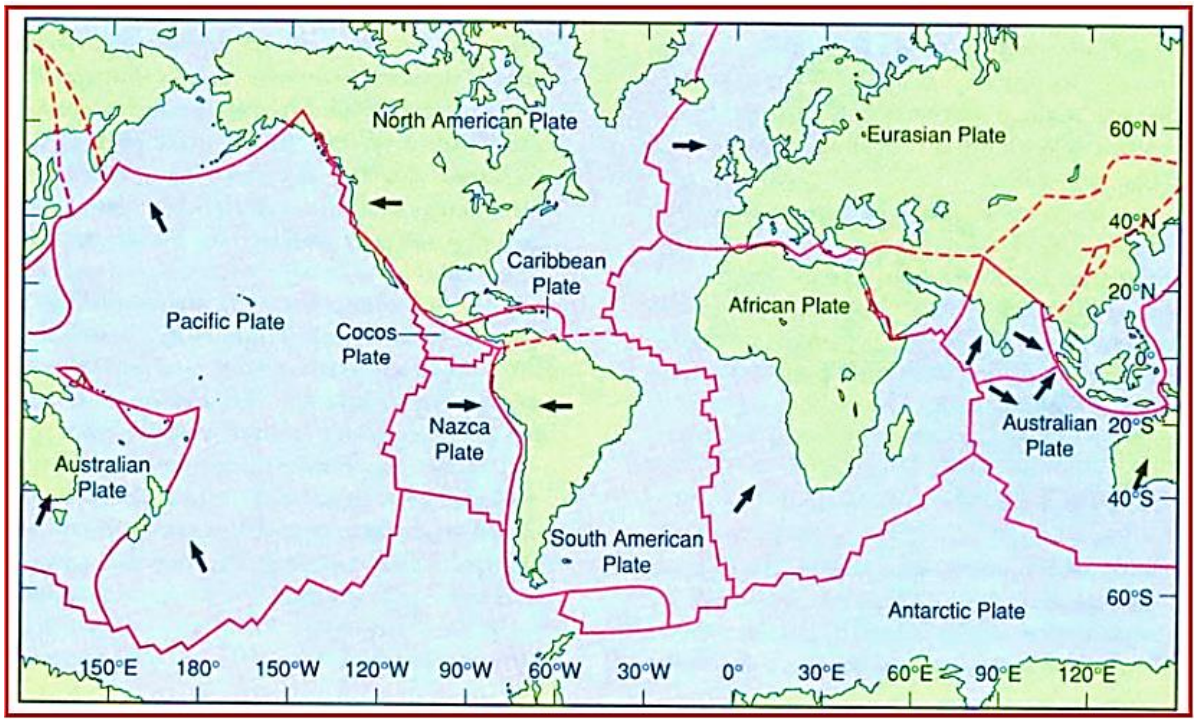
أقترح هاري هيس في عام 1962 وهو مختص في علم الأرض تفسيراً لنظام زحزحة القارات على مستوى العالم أذ قال بأن قاع المحيط الجديد متكون من شق في حافة منتصف المحيط Mid-Ocean Ridges, أذ ان قاع المحيط والصخور الواقعة تحته تكونت بواسطة الحمم البركانية الذائبة التي ارتفعت من مستويات عميقة وأقترح هيس بأن قاع المحيط تحرك بشكل جانبي بعيد عن الحافة وهبط الى خندق محيطي على طول الهامش القاري والخندق Trench, هو عبارة عن وادي يتميز بحوائط شديدة الانحدار يقع على قاع البحر مجاوراً للهامش القاري وعلى سبيل المثال تكونت قشرة المحيط من ارتفاع الجانب الشرقي من المحيط الهادي حافة محيطية في الجزء الشرقي من المحيط الهادي هبطت في خندق مجاور لجبال الانديز على الجانب الغربي لقارة امريكا الجنوبية في انموذج هيس تقوم تيارات الحمل بدفع قاع المحيط من حافة منتصف المحيط Mid-Ocean Ridge, الى الخندق وربما تساعد تيارت الحمل أيضاً على تحريك القارات وفي الوقت الذي صاغ به هيس فرضيته اقترح روبرت ديتز Robert Dietz, بشكل مستقل أنموذج مماثل اطلق عليه انتشار قاع المحيط Sea FlooR Spreading, وقد اضاف روبرت ديتز Robert Dietz, في نموذجه هذا اضافة مهمه أذ افترض بأن السطح المنزلق كان في قاعدة طبقة اليثوسفير Lithosphere, وليس في قاعدة القشرة. لقد نجح كل من هيس وديتز في الوقت الذي فشل به فيجنر في اعطاء التفسير العلمي لزحزحة القارات أذ ان القارات لا يعتقد بأنها تشتق من القشرة المحيطية ولكنها اعتبرت جزء من الصفائح التي تتحرك على طبقة الاسثينوسفير اللدنة الناعمة أذ توصل العلماء لاحقاً الى ان القوة الدافعة وتيارات الحمل هي التي تحرك تلك الصفائح وان التقدم التقني والدراسات التفصيلية عن قاع المحيط كلاهما غير متوفر اثناء وقت فيجنر مما فسح المجال امام هيس وديتز لأقتراح الفرضيات الجديدة (Introduction To Plate Tectonics.Part8,)

6. نظرية الصفائح Plate Tectonics.

أن الفرضيات الجديدة التي ظهرت في بداية الستينات من القرن العشرين وضحت عدة ملاحظات محيرة ولم يبقى إلا تأليف تلك الملاحظات والخروج بنظرية جديدة توضح نظام زحزحة القارات على مستوى العالم بشكل يستند إلى أسس علمية متفق عليها وقد بدأ التأليف فعلا لتلك الملاحظات في عام 1965 عندما قدم **توز ويلسون** Tuzo Wilson, تعبير صفيحة Plate, لقطع مكسورة تمثل طبقة اليثوسفير للكرة الأرضية وأقترح **جيسن مورغان** Jason Morgan, في عام 1967 بأن سطح الأرض يشمل (12 صفيحة) وتتحرك هذه الصفائح بشكل نسبي احدهما باتجاه الأخر وبعد شهرين نشر **زفير لوبيشون** Xavier Le Pihon, بحثاً وضح من خلاله موقع الصفائح ونوع حدودها واتجاهات الحركة لهذه الحدود أذا يمكن القول بأن أنموذج تكتونية الصفائح Plate Tectonic Model, تم اختباره بصرامة منذ منتصف الستينات مـن القرن العشرين وان اختبار هـذا الأنموذج بنجاح بطرق عديدة أدى الـى ولادة نظريـة تكتونية الصفائح التي تعد مقبولة تقريباً مـن كل المختصين فـي علم الأرض (The Birth Of Plate Tectonis.Part11).

تنص نظرية الأطباق او الصفائح التكتونية على أن القشرة الأرضية هي ليست كتلة واحدة متصلة مع بعضها، كما تفترض نظرية الأحواض الترسيبية القديمة نظرية الجيوسنكلاين (Geosyncline) ، بل هي عبارة عن مجموعة من الكتل الصخرية المحطمة التي تشبه مجموعة من الأطباق المقلوبة الموضوعة على سطح كرة، وميزة هذه الأطباق أنها متحركة وليست ثابتة. اذ تُقسم القشرة الأرضية في وقتنا الحالي وفق هذه النظرية إلى عدد من الصفائح (Plates) المتفاوتة الأبعاد، و تشير النظرية بأن طبقة اليثوسفير تتكسر لتشمل (7) صفائح كبيرة وبحدود (14) صفيحة صغيرة ويتراوح سمك الصفائح المحيطية بين (50–100) كيلومتر بينما يتراوح سمك الصفائح القارية بين (100–250) كيلومتر، وبما ان هذه الصفائح في حالة حركة مستمرة فهي في حالة تغير مستمر في الشكل والحجم إذ أنها تتحرك بمعدلات سرعة مختلفة في المقدار ولاتجاه، ينظر الخريطة (6).

خريطة(6) مواقع الصفائح او الاطباق في الكرة الارضية.



Duxbury, Alyn C., and Alison B. Duxbury, 1997: (An Introduction to the world's Oceans). Wm. C. Brown Publishers, Fifth Edition, P.504.

اما لأطباق او الصفائح الرئيسة فهي: صفيحة الهادي (Plate Pacific)، صفيحة أوراسيا (Plate Eurasian)، صفيحة أمريكا الشمالية (Plate American North)، صفيحة أمريكا الجنوبية (Plate American South)، الصفيحة الأفريقية (Plate African)، الصفيحة الاسترالية (Plate Australian)، صفيحة القارة القطبية الجنوبية .(Antarctic Plate)

في حين يوجد عدد من الأطباق او الصفائح الثانوية وهي: الصفيحة الفلبينية (plate Philippine)، الصفيحة العربية (Plate Arabian)، صفيحة الكاريبي (plate Caribbean)، صفيحة نازكا (Plate Nazca)، صفيحة القوقاز (Plate Cocos)، صفيحة الهند (Plate Indian)، وعدد آخر من الصفائح التي لم تحدد ابعادها.

احدثت هذه النظرية ثورة كبيرة في فروع علوم الأرض المختلفة فقد مكنت العلماء من تفسير كثير من الظواهر مثل توزع احزمة الزلازل واحزمة الجبال في العالم وفتح وغلق المحيطات ونطق التمعدن وهلاك الكائنات عبر الزمن الأرضي وغير ذلك فيما يلي اسماء الصفائح الرئيسية والثانوية كما موضحة في الجدول (1).

جدول (1) الصفائح الرئيسية والثانوية لنظرية الصفائح التكتونية

تسلسل	الصفائح الرئيسة	الصفائح الثانوية
.1	صفيحة الهادي.	صفيحة الفلبين.
.2	صفيحة اوراسيا.	الصفيحة العربية.
.3	صفيحة امريكا الشمالية.	صفيحة الكاريبي.
.4	صفيحة امريكا الجنوبية.	صفيحة نازكا.
.5	صفيحة افريقيا.	صفيحة القوقاز.
.6	صفيحة استراليا.	صفيحة الهند.
.7	صفيحة القارة القطبية الجنوبية.	عدد اخر من الصفائح التي لم تحدد ابعادها

المصدر: امير محمد خلف، بالاعتماد على. واثق غازي، نظرية الاطباق التكتونية، بحث منشور، كلية العلوم، جامعة البصرة، العراق،ص1.

2.2. 6. 1. موقع حدود الصفائح Location of Plate Boundaries.

تشير مناطق توزيع الزلازل والبراكين الى مناطق الضعف الجيولوجي في الأرض وما يترتب عليها من اضطرابات في مثل هذه المناطق وتساعد أيضا على تحديد مكان حافات الصفائح أذ أن مناطق الزلازل موزعة في الاحزمة الخطية الضيقة التي تحيط بالأرض البعض من هذه الأحزمة تكون زلزال ضحلة فقد تتراوح أعماقها بين (0–20ميل ؛ 0–35كيلومتر), مثل حافة منتصف الأطلسي والحافة الشرقية من المحيط الهادي. على النقيض من ذلك. وهناك زلازل تتراوح أعماقها من ضحلة إلى متوسطة إذ تتراوح أعماقها بين (20–45ميل ؛ 30–70كيلومتر) وزلازل عميقة تتراوح أعماقها بين (45–450ميل ؛ 70–700كيلومتر) تقع في الأحزمة الأخرى مثل غرب أمريكا الجنوبية وجنوب وسط أسيا. أما البراكين فأنها توزع أيضا في الأحزمة الطويلة التي تحيط بالأرض وخير مثال على ذلك خط البراكين الذي يدور اغلب المحيط الهادي هذا الحزام المعروف بالحلقة النارية لأنها موقع الانفجارات البركانية المتكررة، أن توزيع الزلازل والبراكين تتزامنان على الأغلب في مواقعها وخير مثال على ذلك حلقة النار ويعتقد الجيولوجيون بأن تلك المناطق من النشاط الجيولوجي الكثيف بالإشارة الى الزلازل والبراكين او بناء الجبال تؤشر الحدود بين صفائح طبقة اليثوسفير أذ إن توزيع الزلازل والبراكين تحدد السلاسل الجبلية و7 صحون كبيرة و20 صحن اصغر إن صفيحتي نازكا وجوان دي فوكا تتضمن طبقة ليثوسفير محيطية فقط إما صحن المحيط الهادي فأنه في الغالب يمثل طبقة ليثوسفير محيطية فقط شريحة صغيرة لطبقة ليثوسفير قارية في جنوب كاليفورنيا وباجا المكسيك Baja Mexico, اغلب الصفائح الاخرى تشمل كلاهما طبقة ليثوسفير محيطية وقارية (Location of Plate Boundaries.Part12).

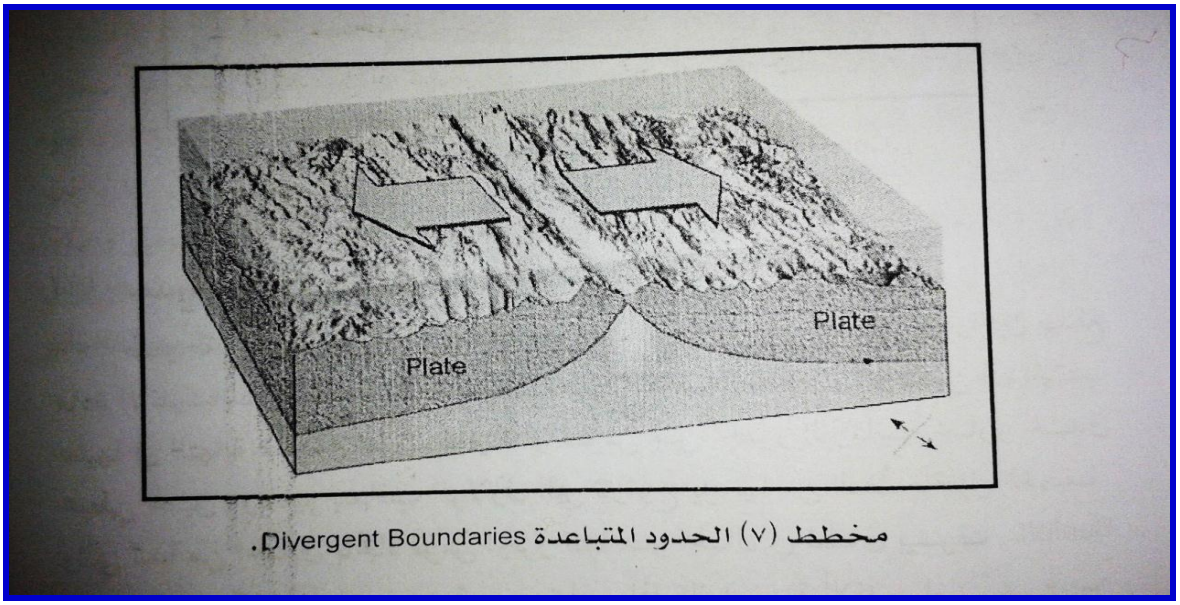
2. أنواع الحدود Type of Boundaries.

إن صفائح التكتونية تتفاعل بطرق مختلفة مع بعضها البعض الآخر وتتحرك عبر طبقة الاسثينوسفير Asthenosphere, وبالتالي يترتب على هذا التفاعل نشوء انظمة مختلفة من البراكين والزلازل والجبال وفي ما يلي أنواع الحدود :

1. الحدود المتباعدة Divergent Boundaries.

تبتعد الصفائح بعضها عن البعض الاخر وتخلق بيئة متوترة تتميز بالزلازل ذات البؤرة الضحلة والبراكين ويترتب على ذلك تحرر الضغط ذوبان جزئي للوشاح Mantle, خروج الحمم البركانية البازلتية الذائبة إذ يترتب على ارتفاع هذه الحمم البركانية الذائبة للسطح تشكيل قشرة محيطية جديدة حدوث حافات محيطية في القشرة المحيطية ووديان الصدوع في القشرة القارية إن وديان الصدوع القارية قد تفيض في النهاية لتشكيل حوض محيط جديد انظر مخطط (7).

مخطط يبين الحدود المتباعدة.

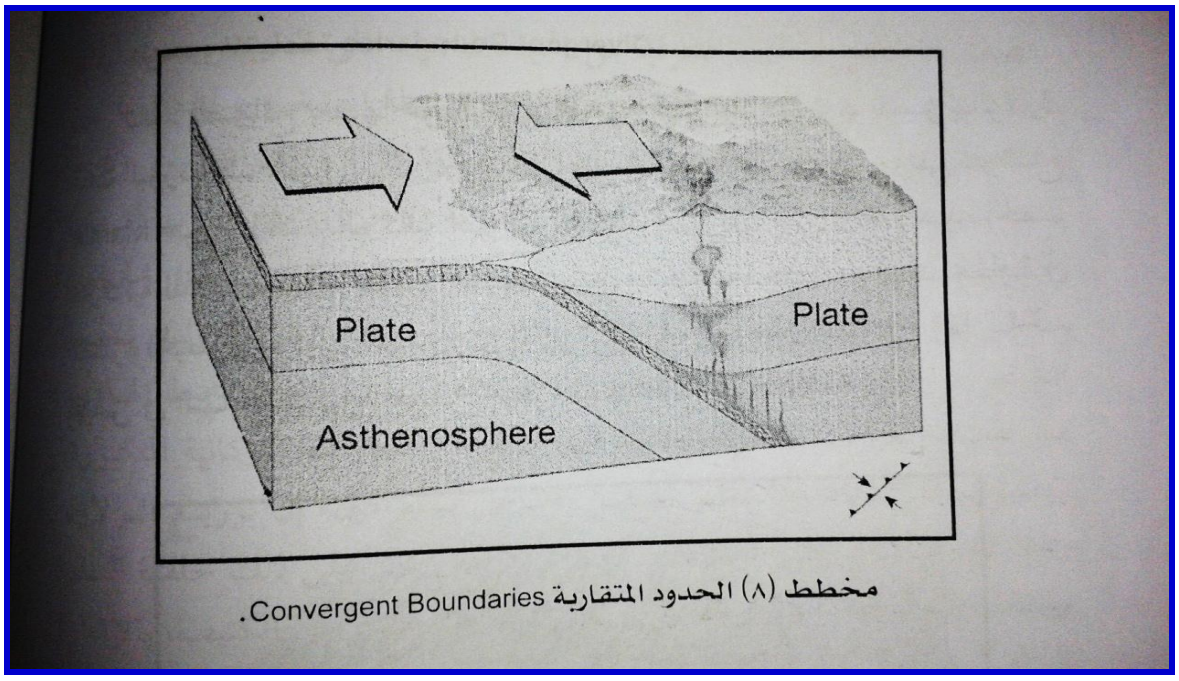


مخطط (٧) الحدود المتباعدة Divergent Boundaries.

2. الحدود المتقاربة Convergent Boundaries.

فـــي هذا النوع مـــن الحدود تتحرك الصفائح باتجاه بعضها بعض الآخر مما يترتب عليها خلق بيئات منضغطة تتميز بالتشوه deformation, والتحول metamorphism, والبراكين volcanism, وبناء الجبال mountain building, والنشاط الزلزالي seismicity وترسبات معدنية مهمة انظر المخطط (8).

مخطط يبين الحدود المتقاربة.



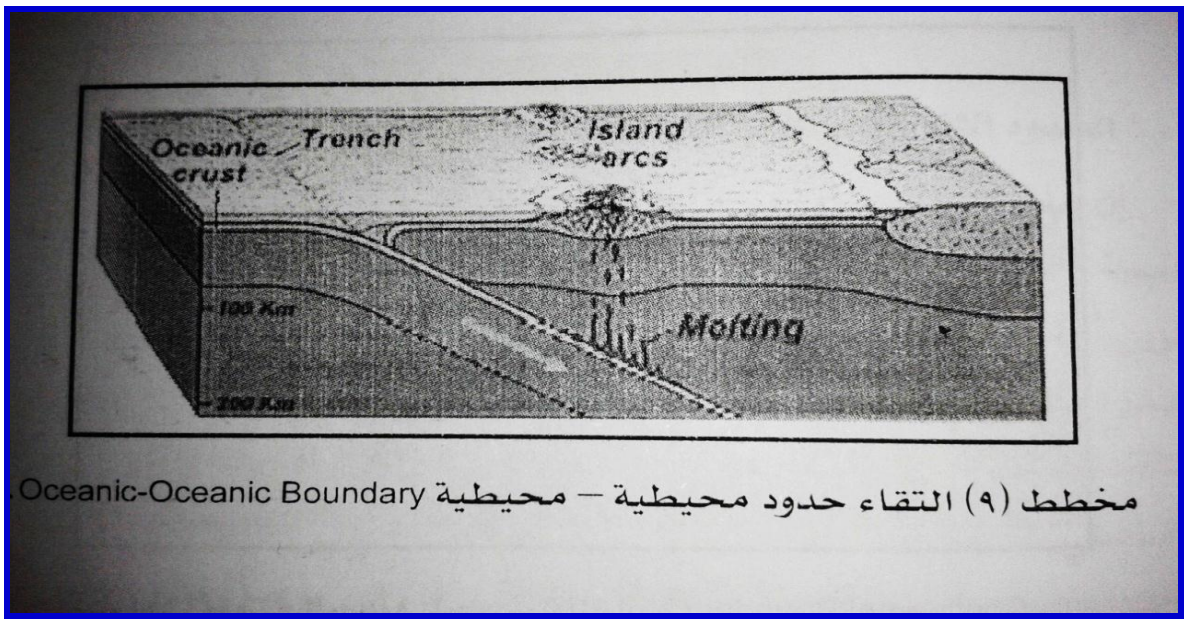
مخطط (٨) الحدود المتقاربة Convergent Boundaries.

وهناك ثلاثة أنواع من الحدود المتقاربة:

أ- حدود محيطية Oceanic–Oceanic Boundary.

صفيحة واحدة تندس Subducted تحت صفيحة أخرى, وتبدأ البراكين بدفع مادة الانديسايت من قاع المحيط لطرحها على الصفيحة الأخرى, ويمكن أن يترتب عليها في النهاية سلسلة جزر بركانية أو قوس من الجزر البركانية مجاور لخندق محيطي عميق. وتتميز بتعاقب الزلازل التي تتراوح بؤرتها من الضحلة إلى العميقة. والتي تبدأ من الخندق باتجاه قوس الجزر كما هو الحال في نطاق بينوف Benioff Zone وقد يشكل أيضا حوض قوسي خلفي إذ كانت نسبة الاندساس أسرع من الحركة الأمامية لاجتياز الصفيحة. انظر المخطط (9).

مخطط يبين الحدود المحيطية.

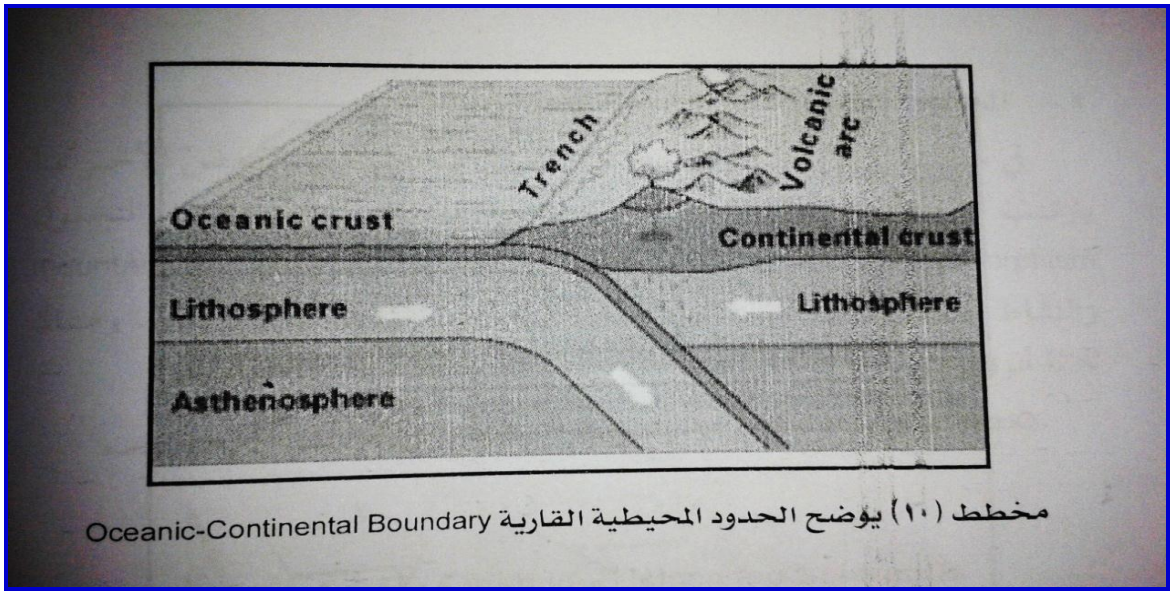


مخطط (٩) التقاء حدود محيطية – محيطية Oceanic-Oceanic Boundary

ب- حدود محيطية قارية Oceanic–Continental Boundary.

وتتمثل هذه الحدود بطرح صفيحة محيطية كثيفة تحت صفيحة قارية اخف, مما يترتب علية حدوث خندق محيطي عميق على حافة القارة, وان حوالي نصف رواسب المحيط تنحدر مع الصفيحة المندسة بينما النصف الآخر يتراكم مقابل القارة, الصفيحة المندسة والرواسب تذوب جزئيا لتنتج حمم بركانية من الاندسايت andesitic أو الصوان granitic وتنتج سلاسل جبلية بركانية على القارات تدعى بالأقواس البركانية والكتل الصخرية الضخمة volcanic arcs and batholiths جزء من الصفيحة المحيطية يمكن ان يتكسر ويندفع فوق القارة أثناء الاندساس, مما يترتب علية انكشاف الصخور العميقة جدا (القشرة المحيطية, ورواسب قاع البحر ومادة الوشاح الصخري Mantle) على السطح, ويتميز هذا النوع من الحدود بالزلازل ذات البؤرة التي تتراوح بين الضحلة إلى المتوسطة مع ندرة في الزلازل العميقة انظر المخطط (10)

مخطط يبين الحدود المحيطية القارية.

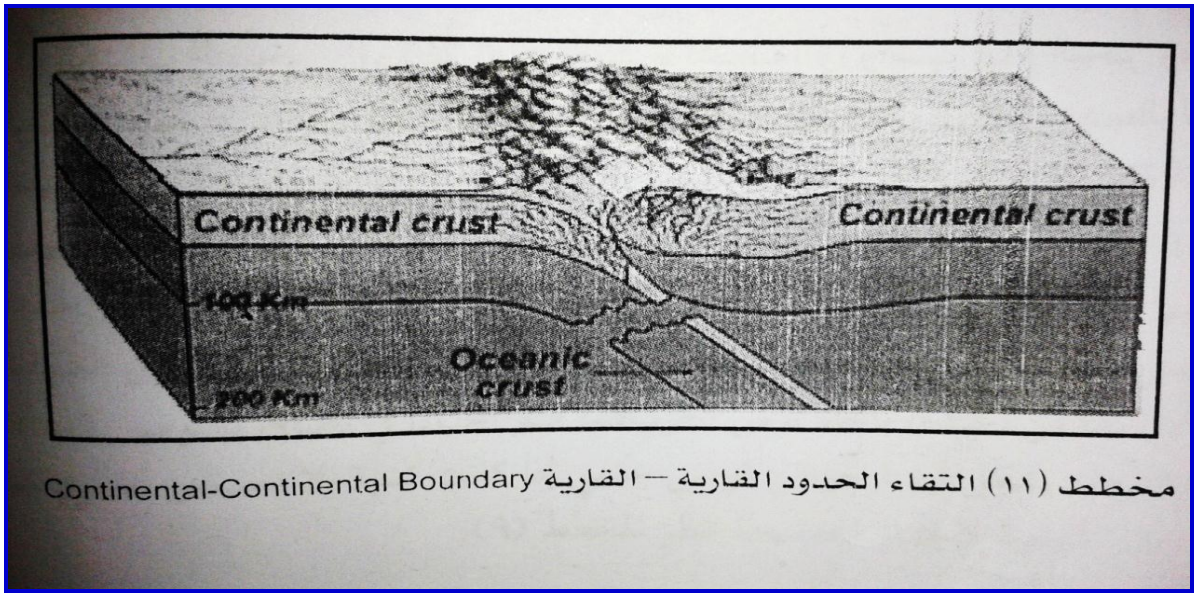


مخطط (١٠) يوضح الحدود المحيطية القارية Oceanic-Continental Boundary

ج- الحدود القارية - القارية Continental–Continental Boundary.

في هذا النوع من الحدود تلتقي صفيحة قارية مع صفيحة قارية أخرى وفي هذه الحالة لا تستطيع القشرة القارية من الاندساس, مما يترتب على ذلك بان الصخور تتراكم وتتعرض إلى الانطواء وتتكسر إلى أنظمة جبلية معقدة عالية جدا, ويتميز هذا النوع من الحدود بالزلازل الضحلة بينما الزلازل المتوسطة تكون نادرة, إما البراكين فلا وجود لها في هذه الحدود. انظر المخطط (11).

مخطط يبين الحدود القارية القارية.

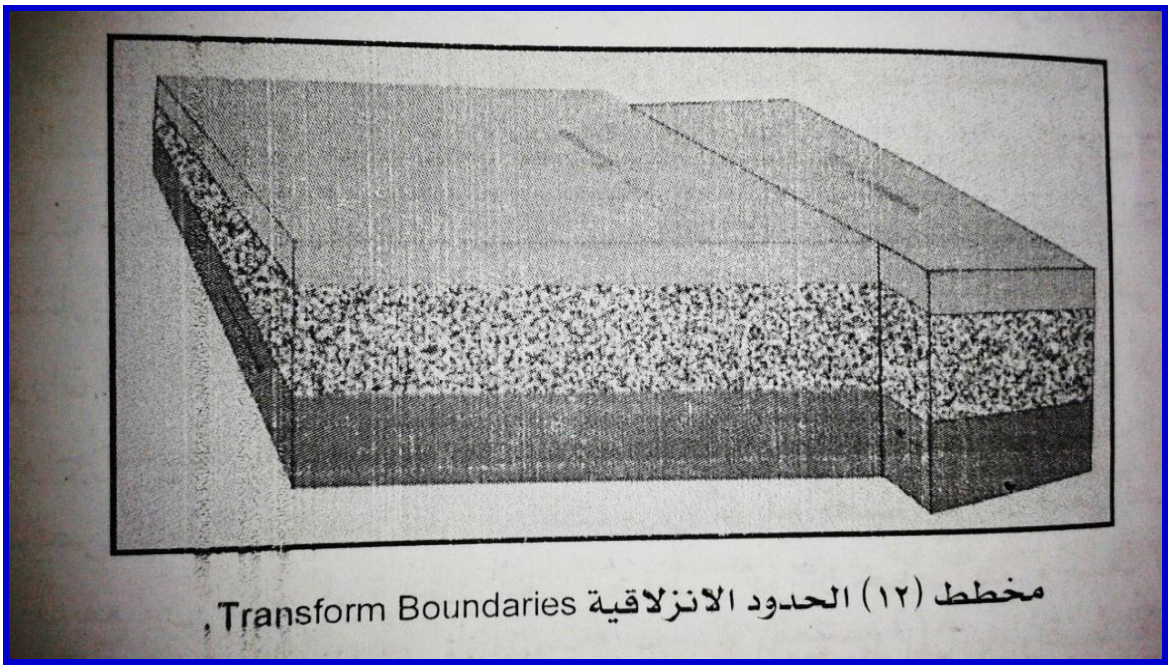


مخطط (١١) التقاء الحدود القارية – القارية Continental-Continental Boundary

3. الحدود الانزلاقية. Transform Boundaries.

إن هذا النوع من الحدود هو عبارة عن حركة صفيحة بشكل جانبي على صفيحة أخرى, بقص إجهاد بشكل كبير مع طبقة الليثوسفير مع عدم حدوث تكوين أو تحطم لكلا الصفائح المنزلقة, ويتميز هذا النوع من الحدود بوجود الصدوع التي توازي اتجاه حركة الصفيحة , والزلازل الضحلة , وصخور محطمة بكثافة, وعدم وجود النشاط البركاني, قص الحركة يمكن أن ينتج كلا من الإجهاد التضاغطي compressional stressوالإجهاد التوتري tensional stress اذ تنحني الصدوع، الصدوع الانزلاقية تحدث على الأرض يوصل قطع الحافة المحيطية وتزود الآلية التي فيها القشرة يمكن أن تحمل إلى مناطق الاندساس subduction (Plate Tectonics). انظر المخطط (12).

مخطط يبين الحدود الانزلاقية.



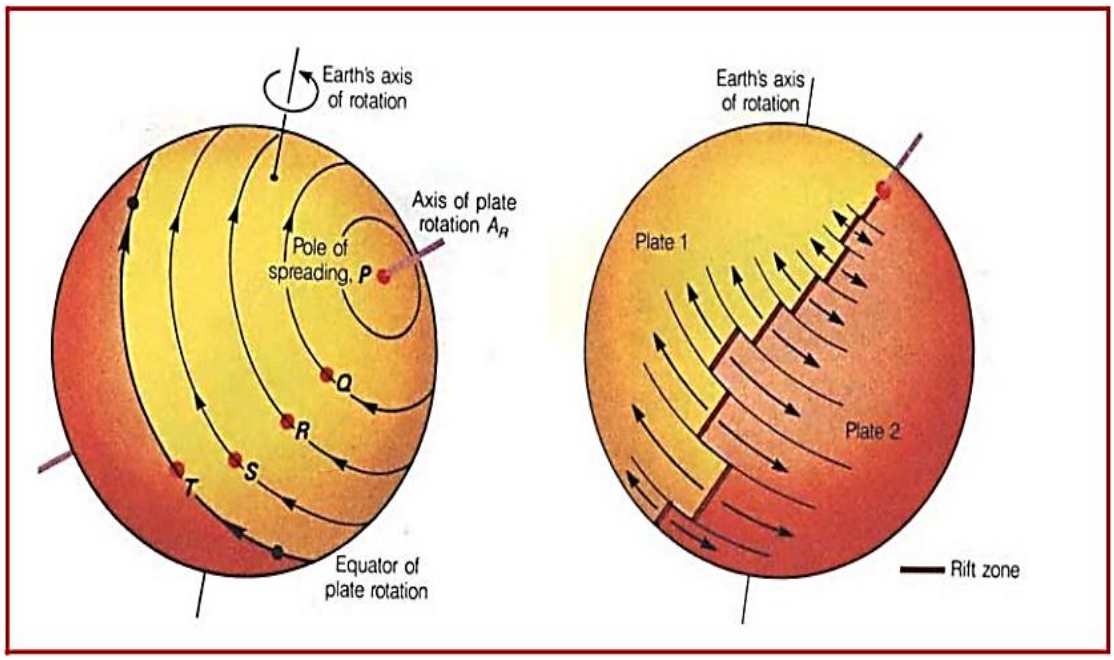
مخطط (١٢) الحدود الانزلاقية Transform Boundaries,

طبيعة حركة الصفائح.

لما كانت الأطباق صلبة اي انها تتحرك ككتلة واحده على ارض كروية فقدا يعني أنها يجب أن توصف كحركة دورانية على امتداد دوائر وحول محور يسمى بمحور الدوران(Axis of Plate Rotation "Ar) يمر من مركز الكرة الأرضة وتمثل نقطة تقاطع هذا المحور مع سطح الأرض قطب ألانتشار أو الدوران (Pole of Spreading or rotation) للصفيحة ويمكن اعتبار خطوط الدوران خطوط عرض(Line Of Latitude) تمتد قيمة نصف قطرها من صفر عند قطب دوران الصفائح حتى تصل أقصى قيمة لها عند خط استواء الدوران لذلك فأنه من الأفضل تمثيل حركة الصفائح عن طريق السرعة الزاوية (Angular Velocity)والتي تتراوح قيمتها من سرعة الصفر عند القطب وحتى (90°) عند خط استواء الدوران بعض الحقائق المهمة حول حركة الصفائح على الكرة الأرضية يمكن توضيحها من خلال الشكل (1) الحقيقة الأولى تتمثل بكون كل نقطة على الصفيحة تتحرك بسرعة مختلفة عن الأخرى اعتمادا على قربيها او بعدها من قطب الدوران (الشكل – أ) أذ أن اقل سرعة تكـــون عند قطب الدوران وأكبرهـــا عند حافـــة الصفيحة والذي يسمـــى بخـــط استواء الدوران (Equator of rotation) السرعة عند قطب الدوران صفر بسبب كونها نقطة ثابتة على الكرة وتزداد كلما اقتربنا من خط استواء الدوران أو حافة الصفيحة والحقيقة الثانية تتمثل بكون صدوع التحول (Transform Faults) تكون موازية لخطوط العرض التي يمكن رسمها حول قطب الدوران، (الشكل–ب) لذلك يمكن استخدام هذه الصدوع لتحديد موقع قطب الدوران لكل صفيحة إذ إن الأعمدة المرسومة على مماسات منحنيات أو دوائر صدوع التحول تتقاطع عند قطب الدوران أما الحواجز الانتشارية (Spreading Ridges) فهي تراكيب خطية تكون عادة عامودية على قطب الدوران أي إنها تقطع خطوط العرض للصفيحة كما إن أسرع توسع أو انتشار للحواجز المحيطية أو أسرع تصادم في الخنادق المحيطية يحدث بعيدا عن قطب الدوران ويتناقص كلما اقتربنا منه ليس من الضروري أن يقع قطب الدوران ضمن الطبق بل انه قد يقع بين طبقين أو في طبق أخر له قطب دوران خاص به وتختلف أقطاب الانتشار بالنسبة للمحيطات المختلفة فبالنسبة للمحيط الهادي والمحيط الأطلسي الجنوبي فأنهما يبدوان قريبين من الأقطاب المغناطيسية بالقرب من كرينلاند وفي القارة القطبية الجنوبية بالقرب من استراليا في حين أن الانتشار في المحيط الهندي يعود الى أزواج مختلفة من الأقطاب التي يمكن أن توجد شمال أفريقيا وشمال نيوزلندا وتشير جميع الدلائل إلى أن معظم محاور الانتشار أن لم يكن جميعها هي نفسها في حالة حركة مستمرة وهذا يعني أن أقطابها متغيرة .

يتبين أن الصفائح تدور حول محور الانتشار الذي يقطع سطح الكرة في نقطة تدعى قطب الانتشار. الصفائح دائمة تتحرك بصورة موازية لصدوع التحول على طول دوائر العرض وعامودية على محور الانتشار.

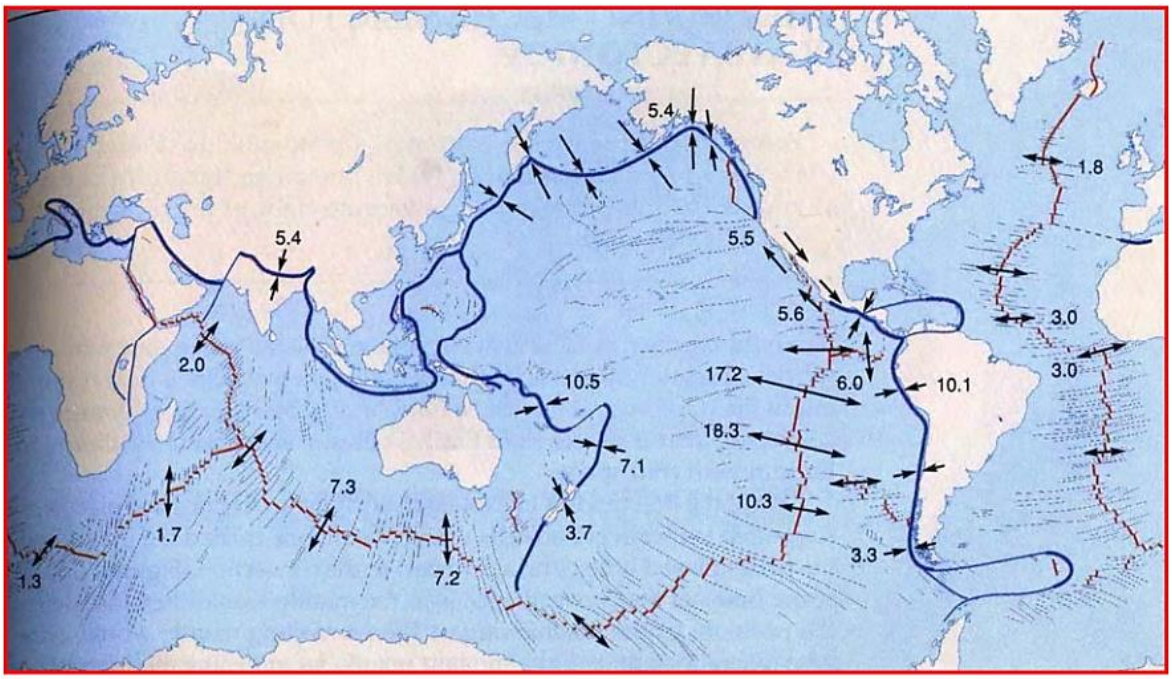
الشكل التوضيحي يبين حركة الأطباق على الكرة الارضية،



سرعة حركة الصفائح.

يظهر من الخارطة رقم (7) بأن الصفائح تتحرك بسرع مختلفة عن بعضها وبمعدل يتراوح من (1-18) سنتمتر بالسنة. فكل من الصفائح , الهادي, ونازكا, ,القوقاز, الهندي . تتحرك بمعدل سرعة اكبر من أمريكا الشمالية وأفريقيا واوراسيا والقارة القطبية الجنوبية. الصفائح ذات السرع العالية هي تلك التي يكون الجزء الاكبر منها غائرا, اما الصفائح ذات السرع الإبطئ فهي الصفائح التي تنقصها الحافات الغائرة او التي تغطيها الكتل القارية. هذه العلاقة فسرت من قبل بعض الجيولوجيين كدليل على أن الصفائح التكتونية هي جزء من نظام انتقال الحرارة داخل الأرض وبأن حركة الصفائح تكون نتيجة لغطس الطبق الكثيف والبارد داخل غلاف الجبة لقد تم حساب سرعة حركة الصفائح باستخدام طريقتين رئيسيتين هما:

شكل توضيحي يبين السرع النسبية واتجاهات حركة الأطباق،



1. طريقة المقياس الزمني للطباقية المغناطيسية.

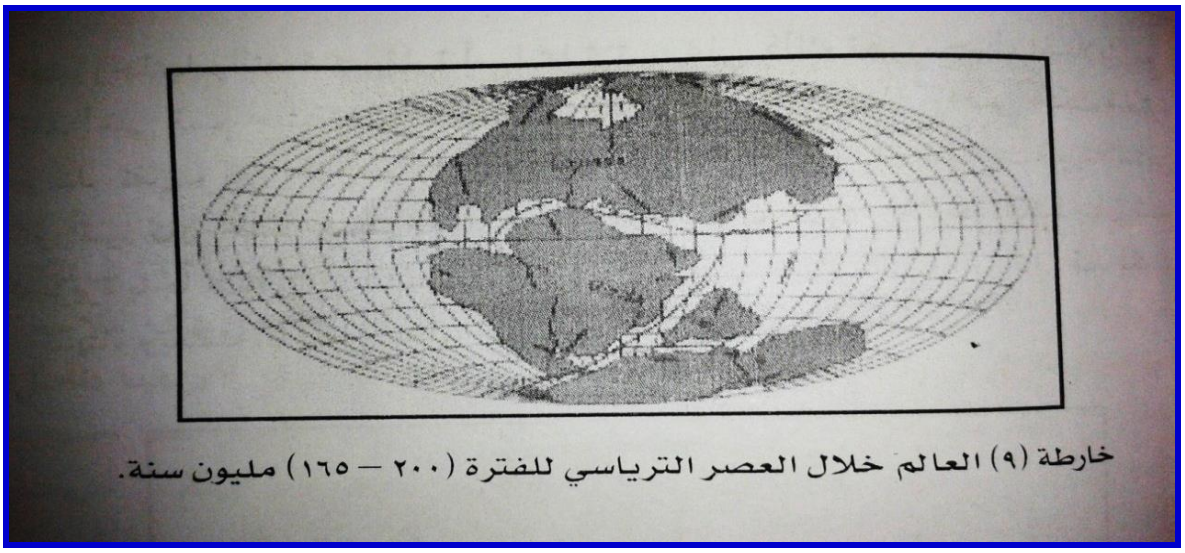
سرعة حركة الصفيحة ما نسبة إلى صفيحة أخرى يمكن حسابها بواسطة بيانات الانقلابات المغناطيسية على قاع المحيط, وذلك باستخدام المقياس الزمني للطابقية المغناطيسية (Time Scale of Magnetic Stratigraphy) النظام الزمني هو تذبذب الحقل المغناطيسي الأرضي فخلال المليوني سنة الأخيرة تغير الحقل المغناطيسي الأرضي بين القطبية الاعتيادية (Normal Polarity) متمثلة بالقطبية الأرضية في الوقت الحالي وبين القطبية المعكوسة (Reverse Polarity) التي يكون فيها موقع القطب الشمالي بدل القطب الجنوبي . تغير الحقل المغناطيسي من القطبية الاعتيادية إلى المعكوسة وبالعكس يكون بفترات غير منتظمة وبعضها يكون قصيراً بحدود (20000) سنة ولآخر يكون أطول من (10) ملايين سنة . نمط هذه الساعة الغير منتظمة (irregularly ticking clock) تكون معروفة ومقسمة بواسطة التأريخ الاشعاعي (Radiometric Dates) لذلك فأن نمط الانقلاب المغناطيسي في الصخور على قاع المحيط يمكن إن تستخدم لتقييم خطوط الزمن المغناطيسية المسماة خطوط تساوي الزمن (isochrones) التي تكون مشابه لاستخدام حلقات النمو في جذوع الشجار (Tree Rings) وبالتالي يمكن ايجاد عمر الصخور على قاع المحيط نمط الانقلابات المغناطيسية تترك أثرها على صخور قاع المحيط وبالتالي يمكن حساب سرعة حركة الصفائح من خلالها. كما هو مبين في الخارطة (12) فأن خطوط الزمن

المغناطيسي تكون متناظرة على جانبي الحاجز المحيطي الذي أدى إلي تكونها. المسافة بين محور الحاجز المحيطي إلى إي من خطوط تساوي الزمن تبين كمية أو مقدار بناء قاع المحيط خلال فترة من الزمن. لذلك كلما كانت المسافة بين خطوط تساوي الزمن كبيرة كلما كانت حركة الصفائح سريعة.

2. طريقة الأقمار الصناعية وأشعة الليزر The Satellites And Lasers.

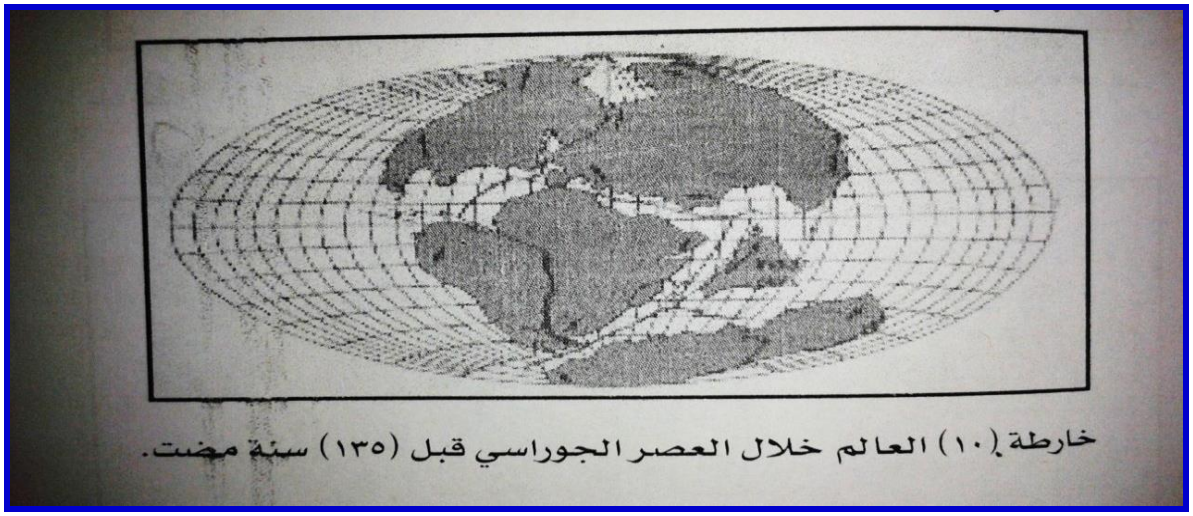
حزمة ضيقة من الضوء تصدر من الأرض بشكل حزمة ليزرية باتجاه مدار معروف لقمر صناعي. يعود الضوء إلى الأرض مره اخرى ويحسب الزمن الذهاب والاياب . هذه الطريقة تسمح بحساب موقع اشعة الليزر بدقة تصل الى سنتمتر. اذا تم حساب مواقع عدد من المحطات على عدد من الصفائح فأن حساب المسافة بين الصفائح يصبح ممكناً أيضا , وبالتالي يمكن حساب سرعة واتجاهات حركة الصفائح بأخذ موقع عدد من المحطات خلال فترات زمنية متعاقبة، واخيرا سلط كل من روبرت ديتز Robert Dietz وجون هولدين Gohn Holden الضوء على تفاصيل الحركة الاجمالية للقارات خلال (500) مليون سنة الماضية باستنتاج أو استقراء حركة الصفائح باستخدام الأدلة التي تشير الى هذه الحركة خلال العصور الجيولوجية التي مرت بها الأرض ومن هذه الادلة على سبيل المثال أتجاه تراكيب البراكين تهاجر الى الخلف على الصفائح المتحركة وتوزيع وحركة الصدوع المتحولة, والمغناطيسية القديمة , وتمكنوا من اعادة هيكلية قارة بنجايا كما موضح بالخارطة (8) وقد ساعدهم باستخدام تقنية التاريخ الراديو متري بتأسيس هيكل وقتي للشكل والتكسرات النهائية لقارة بنجايا والمواقع الساكنة نسبيا للبقع الحارة التي ساعدت بمرور الوقت على تثبيت مواقع القارات، وقد أشاروا بأن قارة بنجايا بدأت بالتكسر بحدود (200) مليون سنة مضت كما موضح في الخارطة (9) إذ يتضح هناك صدعان قاما ببدء التصدع وأن منطقة التصدع بين أمريكا الشمالية وأفريقيا ولدت تدفقا هائلا من البازلت الذي يعود الى العصر الترياسي الذي يمكن مشاهدته حاليا على طول الساحل الشرقي للولايات المتحدة, أن التاريخ الراديو متري لهذا البازلت يؤشر حدوث التصدع بين حوالي

(165–200) مليون سنة مضت وأن هذا التاريخ يمكن أن يستخدم بداية تكون هذا المقطع من شمال الأطلسي وأن الصدع الذي تكون في الجزء الجنوبي من جندوانا تطور على شكل حرف(y) الذي ترتب علية إرسال الهند برحلة باتجاه الشمال وبالمثل شطر أمريكا الشمالية–أفريقيا من استراليا وأنتاركيتكا



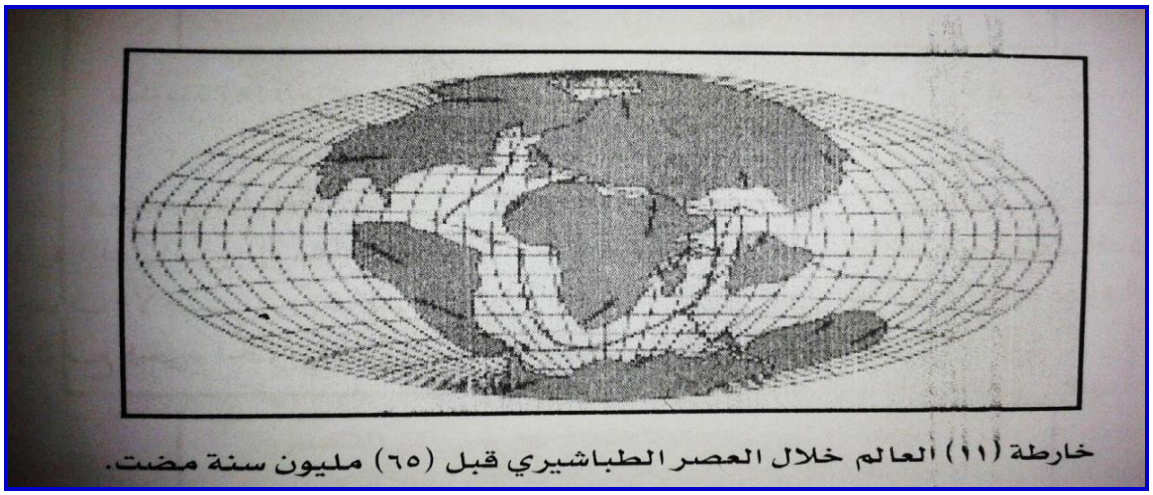
خارطة (٩) العالم خلال العصر الترياسي للفترة (٢٠٠ — ١٦٥) مليون سنة.

ويتضح من الخارطة (10) موقع القارات قبل (135) مليون سنة مضت في فترة الجواراسي إذ بدأت أفريقيا وجنوب أمريكا بالابتعاد عن بعضهما لتكوين جنوب الأطلسي, وتشاهد الهند في منتصف الرحلة وهي بطريقها باتجاه قارة اسيا وتوسع الجزء الجنوبي من شمال الاطلسي بشكل ملفت للنظر.



خارطة (١٠) العالم خلال العصر الجوراسي قبل (١٣٥) سنة مضت.

وفي نهاية الفترة الطباشيرية Cretaceous Period قبل حوالي (65) مليون سنة مضت، انفصلت مدغشقر من أفريقيا واندمجت جنوب الاطلسي كمحيط متكامل كما موضح في الخارطة (11) وقبل (45) مليون سنة مضت اكملت الهند رحلتها والتصقت بقارة أسيا مما ترتب على ذلك تكون جبال الهملايا التي تعد اعلى قمم جبلية على سطح الكرة الأرضية على طول أراضي التبت العالية وعند المقارنة بين خارطة (11) والخارطة (12) يتضح بأن انفصال كرينالاند من اوراسيا كان حدثا جديد العهد في تاريخ الجيولوجي. ويلاحظ أيضا بأن شبه جزيرة باجا Baga Peninsula, وخليج كاليفورنيا Gulf of California, قد تكونا حديثا ويعتقد أن يكون ذلك قبل عشرة ملايين سنة مضت.



خارطة (١١) العالم خلال العصر الطباشيري قبل (٦٥) مليون سنة مضت.

أو بعد قيام روبرت ديتز Robert Dietz, وجون هوليدين John Holden بالرسم معا للأحداث التي جرت قبل حوالي (500) مليون سنة وأنتجت الشكل الحالي للقارات قاما بخطوة مستقبلية واستكملا توقعاتهم لما يمكن أن تكون علية القارات في المستقبل على ضوء حركة الصفائح الحالية والشكل الذي يمكن أن تكون علية القارات بعد (50) مليون سنة. من ألان إذ يمكن ملاحظة تغيرات مهمة في أفريقيا إذ يندمج بحر جديد مثل الجزء الشرقي لأفريقيا داخل القارة الأفريقية وفي أمريكا الشمالية نرى شبة جزيرة باجا وجزء من جنوب كاليفورنيا والتي تقع غرب صدع سان أندرياس انزلقت عبر صفيحة أمريكا الشمالية فاذا حدثت هذه الهجرة باتجاه الشمال كما هو متوقع فأن لوس أنجلس وسان فرانسيسكو سيعبران بعضهما البعض إن هذه التوقعات المستقبلية لشكل الأرض مهمة وعلية يجب إن تستعرض بتأني العديد من الافتراضات التي ينبغي إن تكون صحيحة حتى تكون هذه التوقعات واقعية ومع ذلك فأن مثل هذه الأنواع من التغيرات في الشكل القاري ستحدث ولكن على مدى ملايين من السنين اللاحقة .

4. تقسيم الزمن الجيولوجي

جدول رقم (2)

الحقب	العصر	الحركات التكتونية
الزمن الرابع (الكواتيرنري) QUATERNARY	الحديث (هولوسين) Holocene	
	البلايوستوسين Pleistocene	
الزمن الثالث (الكاينزوي) CENOZOIC	البليوسين Pliocene	الحركة الالبية Alpine
	الميوسين Miocene	
	الاوليجوسين Oligocene	
	الايوسين Eocene	
	الباليوسين Paleocene	
الزمن الثاني (الميزوزوي) MESOZOIC	الكريتاسي Cretaceous	
	الجوارسي Jurassic	
	الترياسي Triassic	
الزمن الأول (الباليوزوي) PALEOZOIC	البرمي Permian	الحركة الهرسينية Hercynian
	الفحمي Carboniferous	
	الديفوني Devonian	الحركة الكاليدونية Caledonian
	السيلوري Silurian	
	الاردوفيشي Ordovician	
	الكمبري Camberian	
الزمن ما قبل الكمبري	البروترزوي Proterozoic	الحركة الكارينية Charnian
	الاوزوي – الاراكي Archaeozoic (Eozoic)	

- م.م. امير محمد خلف عبد الدليمي، قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الانبار، 2015. . بالاعتماد على: فاتنة ياسين الشعال، وامين الطربوش، الجيولوجيا العامة للجغرافيين، دمشق، سوريا، 2007.

5. الصخور

من الضروري جداً معرفة بعض الشي عن تكوين وبنية الغلاف الصخري حتى نستطيع ان نتفهم طريقة تكوين التضاريس والاشكال الارضية المختلفة،.

ان معلوماتنا ماتزال قليلة عن الغلاف الصخري من خلال الدراسة المباشرة له، فمن المعلوم ان الانسان يعرف الشي الكثير عن المعادن والصخور التي يتمكن من الاتصال بها غير ان هذه لا تؤلف الا جزءاً ضئيلاً من موارد الارض. وقد وجد العلماء بعض الاثار فوق قمة افرست تدل على ان هذه المنطقة كانت في وقت من الاوقات دون مستوى سطح البحر، وقامت بعض العمليات الجيولوجية بكشف طبقات سميكة من الغلاف الصخري للعيان وامكن بذلك دارستها كما هو الحال في منطقة الخانق العظيم لنهر كلورادو في الولايات المتحدة الامريكية. وكذلك امكن من خلال المناجم العميقة ان نتعرف على جوانب اخرى من مكونات الغلاف الصخري كما في افريقيا الجنوبية اذ يزيد عمق بعض المناجم عن 2895 متر. ويزيد عمق بعض آبار النفط (البترول) عن4570 متراً. ويمكن التعرف بوساطة فحص مخلفات الحفر في تلك الابار على طبيعة الصخور في تلك الاعماق. وقد امكن الوصول في الاتحاد السوفياتي الى عمق يقرب من 10000متر. غير ان ما انكشف من صخور للإنسان لا يمكن مقارنته بنصف قطر الارض الذي يبلغ 6436 كيلو متر.

تتكون القشرة الارضية من تنوع كبير للصخور ولا يسير هذا التنوع على وتيرة واحدة اذ يسود نوع من الصخور في منطقة ما ويحتل مئات بل الافاً من الكيلومترات المكعبة من القشرة الارضية في حين لا يحتل قسم آخر الا جزءاً قليلاً. وتتباين انماط الصخور في مناطق اخرى كثيراً اذ انها تحتل مساحات صغيرة وتشغل حجوماً قليلة من القشرة.

تتكون الصخور من معادن minerals وتعرف المعادن بدورها على انها وجود طبيعي لمواد غير عضوية تكون تركيباً كيمياوياً خاصاً كما ان لها تركيباً ذرياً خاصاً. وتعد المعادن من الناحية الكيماوية جميعها بانها عبارة عن مركبات compounds ويكون معظمها بلورياً. والبلورات crystals عبارة عن اشكال هندسية صلبة تكون حدود اوجهها متطابقة مع البلورات الاخرى المكونة لنفس المعدن. وتتكون المعادن عادة من اتحاد لبعض العناصر elements مع بعضها الآخر. فعلى سبيل المثال يتكون معدن الكالسايت calcite من اتحاد عناصر الكالسيوم والكاربون والاوكسجين ويتكون معدن

الدولومايت dolomite من اتحاد عناصر الكالسيوم والمغنسيوم والكاربون والاوكسجين. ويبلغ عدد المعادن المعروفة حالياً في حدود 2000 معدن غير ان حوالي 24 منها يكون القسم الاعظم من صخور القشرة الارضية. زمن اكثر المعادن شيوعاً في صخور القشرة الارضية مجموعة معادن السيليكات التي توجد في الصخور النارية عادةً وهي عبارة عن مركبات تتكون من اتحاد عنصري السيليكون الاوكسجين مع عنصر او اكثر من العناصر الفلزية. ويعد معدن الكوارتز من بين اكثر معادن السيليكات شيوعاً في الصخور.

يضم الغلاف الصخري كافة العناصر التي عرفت الى حد الان فيما عدا بعض العناصر الغازية غير انه ومن الجدول رقم (3) يتضح لنا ان عدداً صغيراً من العناصر يؤلف القسم الاعظم من صخور القشرة الارضية. وبذلك لا تساهم العناصر جميعاً في تكوين الصخور بنسبة واحدة اذ يساهم الاوكسجين لوحده بـ 46.6 % من نسبة وزن صخور القشرة الارضية ويساهم ايضاً في حدود 93.77% من حجم صخورها.

جدول رقم (3)

العناصر الرئيسة المكونة للقشرة الارضية.

ت	العنصر	الرمز الكيمياوي	نسبة الوزن المئوية	نسبة الحجم المئوية
1 .	الأوكسجين	O	46,6	93,77
2 .	السيليكون	Si	27,7	0,86
3 .	الالمنيوم	AL	8,1	0,47
4 .	الحديد	Fe	5	0,43
5 .	الكالسيوم	Ca	3,6	1,03
6 .	الصوديوم	Na	2,8	1,32
7 .	البوتاسيوم	K	2,6	1,83
9 .	المغنيسيوم	Mg	2,1	0,29

المصدر: Arthur N. Strahler , Physical Geography ;John Wiley , New york. 1975, p.365 William L.Donn . Op., p.104.

تنشأ غالبية الصخور الارضية من تجمع للمعادن سواء كانت لنفس الفصيلة المعدنية او لمعادن مختلفة اذ تعرف الاولى بالصخور المتجانسة المعادن homogenous وتعرف الثانية بالصخور المتناقصة المعادن heterogeneous ولهذا التركيب دوره في مقدار تأثر الصخور بعمليات التجوية المختلفة.

انواع الصخور.

يتفق كل المهتمين بعلم الصخور على انها تقسم الى ثلاث انواع هي الصخور النارية Igneous والصخور الرسوبية Sedimentary والصخور المتحولة Metamorphic ويصف بعض الباحثين نوعاً رابعاً من الصخور التي تضم بعض خصائص النوعين الاولين مثل الرماد البركاني ذي الاصل الناري والطبيعة الرسوبية وتعرف هذه المجموعة من الصخور بـــ Pyroclastic ويبين الجدول رقم (4 ، 5 ، 6) الانواع الرئيسة التي تنقسم اليها تلك المجموعات الثلاثة ودرجة مقاومتها لعمليات التعرية المختلفة.

جدول رقم (4)

بعض انواع الصخور النارية الرئيسة وخصائصها العامة

ت	اسم الصخر	درجة مقاومتها
1 .	البازلت	صخور مقاومة بصورة عامة الا اذا كانت محملة بمعدن الاولفين
2 .	الاندسايت	مقاوم
3 .	الربولايت	مقاوم غير انه يتحلل في بعض الاحيان
4 .	الجابرو	شديد المقاومة الا في حالة وجود مفاصل وعندما يحتوي على معدن الاولفين
5 .	الينايت	شبيه بالجابرو ولكنه عندما يفقد الكوارتز يكون ضعيفاً
6 .	الكرانيت	مقاوم ولكنه يتحطم حالاً في المناطق الجافة

المصدر: A.K. Lobeck , Geomorphology, Mc-Graw Hill, new yprk, 1939, p,40.

جدول رقم (5)

بعض انواع الصخور الرسوبية الرئيسة وخصائصها العامة

ت	اسم الصخر	درجة مقاومتها
1 .	الطينية	صخور ضعيفة
2 .	صخور الطفل	صخور ضعيفة غالباً
3 .	المارل	صخور ضعيفة جداً
4 .	الحجر الجيري	ضعيف في الاقاليم الرطبة ومقاوم في المناطق الجافة
5 .	الرمل	ضعيف في الاغلب
6 .	الحجر الرملي	مقاوم اذا كانت درجة تماسكه عالية
7 .	الحصى	مقاومتها متوسطة بسبب نفاذيته
8 .	المجمعات	مقاومة بشكل كبير

المصدر : A.K. Lobeck , Geomorphology, Mc-Graw Hill, new yprk, 1939, p,40.

جدول رقم (6)

بعض انواع الصخور المتحولة الرئيسة وخصائصها العامة

ت	اسم الصخر	درجة مقاومتها
1 .	الاردواز	ضعيف ولكنه اشد مقاومة من الحجر الجيري
2 .	الرخام	ضعيف المقاومة
3 .	الكوارتز	شديد المقاومة من المحتمل ان يكون اشد الصخور مقاومة
4 .	النايس	شديد المقاومة
5 .	الشست	شديد المقاومة

المصدر : A.K. Lobeck , Geomorphology, Mc-Graw Hill, new yprk, 1939, p,40.

سلم موهز للقساوة **(قانون الصلادة للصخور)** Mohs Scale of Hardness

جدول رقم (7)

اسم الفلز او المعدن	درجة القساوة	الملاحظات
تالك Talk	1	فلزات غير قاسية يحززها الظفر
جص Cypsum	2	ظفر اليد
كالسيت Calcite	3	قطعة نقود
فلوريت Fluorite	4	قطعة نقود
أباتيت Apatite	5	قطعة زجاج – سكين عادية
أورتوكلاز Orthoclase	6	سكين فولاذية
كوارتز Quartz	7	فلزات قاسية
توباز Topas	8	فلزات قاسية
كورونـدوم Corundum	9	فلزات قاسية
الماس Diamond	10	فلزات قاسية جداً

- م.م. أمير محمد خلف عبد الدليمي ، قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة الانبار،2015. . بالاعتماد على: فاتنة ياسين الشعال، وامين الطربوش، الجيولوجيا العامة للجغرافيين، دمشق، سوريا، 2007.

اولاً. الصخور النارية The Igneous Rocks.

تعني الصخور النارية من اسمها انها تلك التي تكونت من خلال تصلب مواد منصهرة. ويطلق على هذه الصخور احياناً اسم الصخور الاولية Primary ذلك لأنها الصخور التي اشتقت منها بقية الانواع الاخرى من الصخور بصورة مباشرة او بصورة غير مباشرة. ويمكن ان تكون صفة الصخور الاولية اكثر وضوحاً اذا سلمنا بفكرة ان الارض قد مرت في فترة من فترات تكونها في حالة انصهار كما تقول بعض النظريات او الفرضيات التي تفسر كيفية نشوء الكرة الارضية. ويعني ذلك ان القشرة الارضية المنصهرة تحولت كلياً الى صخور نارية عند تبردها. غير ان هذا التصور غير مقبول رغم انتشاره في اوساط الجيولوجيين. هذا وتؤلف الصخور النارية حوالي اربعة اخماس القشرة الارضية في الوقت الحاضر.

ورغم ان الصخور النارية هي اقدم انواع الصخور على سطح الارض فان قسم منها يمكن ان يُعد احدثها تكوناً على الارض، وذلك لان الثورات البركانية ماتزال مستمرة وتزود الارض بالمزيد من الصخور النارية. ويعتقد بوجود حوالـي 516 بركان نشط على سطح الارض فـي الوقت الحاضر علماً بان البركان يُعد نشطاً اذا كانت اخر ثورة لـه قد حصلت خلال البلايوستوسين او الفترة التي جاءت بعده.

خصائص الصخور النارية.

1 . تسود فيها صفة البلورية اذ يكون نسيجها بلورياً، لان هذه الصخور سبق وان مرت في فترة تكونها بحالة الانصهار ثم التبريد بعد ذلك.

2 . لا تحتوي على المتحجرات وذلك لأنها لا تسمح بقيام اي نوع من انواع الحياة فوقها خلال فترة تكونها نتيجة لدرجة حرارتها العالية اثناء تكونها.

3 . لا تظهر فيها صفة الطباقية اذ انها تتخذ الوضعية التي كانت عليها لحظة تحولها من صهير Magma المجما الى صخور نارية. ويشذ عن هذه القاعدة الرماد البركاني الذي قد تظهر فيه هذه الصفة عند ترسبه داخل اجسام مائية.

تصنيف الصخور النارية.

تصنف الصخور النارية تبعاً لـ1. تكوينها المعدني 2. نسيجها 3. حجم حبيباتها 4. منطقة وجودها بالنسبة الى سطح الارض. وبالنظر لاعتماد هذه الصفات على عملية تكوين الصهير وعلى عمليات تبرده لذلك من الضروري معرفة التاريخ الجيولوجي للمنطقة عند محاولة دراسة انواع الصخور النارية.

تقسم الصخور النارية الى مجموعتين رئيستين.

المجموعة الاولى: مجموعة صخور السيال. اذ تحتوي على كميات كبيرة من الكوارتز اضافة الى معدن الارثوكليس والالبايت (فلدسبار) ويكثر وجود عنصري **السيليكون والالمنيوم** في هذه المجموعة الباهتة اللون من المعادن ويُعد الكرانيت اهم امثلتها.

المجموعة الثانية: مجموعة صخور السيما Sima. تتكون من معادن الايوكايت والاولفين ومن معادن اخرى ذات الوان داكنة وغنية بعنصري **المغنسيوم والحديد**. وهى قاعدية من سيليكات المغنيسيوم وتكون منها فيما بعد صخور البازلت الذي يعد اهم امثلتها.

وقد ادى استخراج العينات من قاع المحيط والتي اظهرت قشرته الصخرية ان معظم صخور هذه القشرة تتكون من البازلت الذي يتباين لونه بين الداكن الى الاسود. ويخرج البازلت ايضاً من الحمم البركانية فوق القارات التي تأتي من مصادر بعيدة. كما في هضبتي كولومبيا في الولايات المتحدة وهضبة الدكن في الهند.

ان التصنيف الذي يعتمد على الموقع الاصلي لتكون الصخور اكثر انواع التصنيف قيمة ووضوحاً من جهة نظر الجيومورفولوجيا للأسباب التالية.

1. ينعكس اثر موقع وجود الصخور الاصلي على درجة تبلورها وخصائصها الفيزيائية والكيماوية الاخرى.

2. تلعب الطريقة التي توجد فيها الصخور النارية دوراً مهماً في تحديد نوعية التضاريس التي تنشأ عنها وهو امر مهم جداً في علم الجيومورفولوجيا.

ومن ذلك يمكن تقسيم الصخور النارية اعتماداً على موقع وجودها الاصلي في الطبيعة الى نوعين اساسياً للوصول الى تفاصيل اكثر دقة وهي:

اولاً. الصخور النارية المتداخلة (الصخور الباطنية) Intrusive Rocks.

تضم كافة الصخور النارية التي تكونت مــن تصلب المواد المنصهرة التي اندفعت خلال تكوينات القشرة الارضية الاخرى. ويتقرر شكل التداخل هذا من عاملين هما **أ. مقدار سيولة الصهير**. **ب. طبيعة التكوين الصخري الذي يندفع من ذلك الصهير**. وتعتمد درجة سيولة الصهير على مقدار درجة حرارته وكذلك على تركيبه الكيماوي. اما طبيعة التكوين الصخري فله علاقة بوضع الصخور ومقدار تعرضها للحركات الارضية المختلفة. ويطلق على الصخور النارية الباطنية اسم الصخور البلوتونية Plutonic. تتصف الصخور النارية الباطنية بانها ذوات درجات تبلور عالية بصورة عامة نظراً الى انها تبردت بشكل بطئ لعدم ملامستها لسطح الارض او الغلاف الغازي او المائي. وكلما كان موقع تصلب الصهير في مكان ابعد عن سطح الارض كلما زادت الفترة التي يحتاجها لكي يتبرد وكذلك بسبب الضغط المستقر الكبير المسلط عليه. وقد عملت عوامل التعرية والحركات الارضية على كشف اجزاء كبيرة من الصخور النارية الباطنية. فقد ادى تعرض مناطق تلك الصخور لحركات الرفع الى شدة تأثرها بعمليات التعرية وبالتالي الى انكشافها، كما في بعض المناطق التي تعرضت للتعرية الشديدة من السلاسل الجبلية مثل سلسلة سيرانيفادا في كاليفورنيا واجزاء واسعة من الانديز. وتؤلف الصخور المتداخلة حوالي نصف مساحة مناطق الدروع القديمة على كل القارات تقريباً. اذ توجد الصخور النارية الباطنية بالأوضاع التالية.

1. الباثوليث Batholith.

عبارة عن كتلة من صخور نارية ذات حجم كبير تحتل مساحة تقدر بعدة الاف من الكيلومترات المربعة احياناً. فباثوليث كولومبيا البريطانية يمتد لمسافة 1930كم طولاً وبعرض يقدر بحوالي 240كم. ويرتبط وجود الباثوليث احياناً مع محاور الالتواءات الكبرى في القشرة الارضية. يتصف السطح العلوي للباثوليث بأنه غير منتظم اذ تظهر فيه النتوءات الصخرية المندفعة بعيداً عن كتلة الباثوليث نفسه غير ان معرفتنا ماتزال غير واضحة عن وضعية القسم الاسفل من الباثوليث. ولذلك نجد انه يترك مفتوحاً عادة في المقاطع الجيولوجية التي ترسم عنه، وبالنظر الى عظمة المساحة التي يحتلها الباثوليث فان يكون محاطاً عادةً بأنواع مختلفة من الصخور اذ تحيط به صخور نارية قديمة ومتحولة ورسوبية. وتنشأ تضاريس قد يزيد ارتفاعها عن عدة مئات من الامتار عندما تستطيع عوامل التعرية ان تزيل كل الطبقات الصخرية التي تغطي الباثوليث. وتجدر الاشارة هنا الى ان الباثوليث

الذي يكون صغير الحجم بحيث تقل مساحته عن 100كم^2 يسمى الستوك Stock او البوس Boss. ولا يرتبط وجود هذه الاشكال كما في الباثوليث بنية صخرية معينة. وتتحول عند انكشافها بعمليات التعرية الى اشكال ارضية ذوات جوانب شديدة الانحدار تقترب من الحالة العمودية.

2. اللاكوليث Laccolith.

هي كتل صخرية نارية كبيرة الحجم كانت في الاصل صهيراً اندفع خلال طبقات صخرية رسوبية. وكانت قوة الاندفاع ليست بدرجة تكفي الى خروج الصهير فوق سطح الارض بشكل ثورة بركانية بل اقتصر الامر على تحدب بعض الطبقات الصخرية من خلال تغلغل واندفاع الصهير بينها. ويتصف اللاكوليث في انه لا يوجد الا ضمن تكوينات صخرية رسوبية طباقيه. كما ويتصف قسمه الاسفل بانه يميل الى الاستواء او يكون مائلاً بدرجة مشابهة لدرجة ميل الطبقات الصخرية الاصلي في حين يكون سطحه العلوي محدباً ويكون شكله عدسياً يتغذى من اسفله من مجرى واحد. وهناك انواع عديدة من اللاكوليث هي البسيط المركب. ولاكوليث شجرة الارز Ceader الذي يتكون من تعاقب دفعات الصهير بين الطبقات الصخرية الامر الذي ينتج عنه سلسلة من اللاكوليث يعلو احدهما الاخر.

ينكشف القسم الاعلى من اللاكوليث بعد قيام عمليات التعرية بإزالة ما يغطيه من تكوينات صخرية ويكون عادة بشكل قبة Dome ذات مركز يتكون من صخر ناري متبلور تحيط بها من جوانبها السفلى بقايا الطبقات الصخرية الرسوبية الاقل صلابة. ويتصف التصريف النهري المرتبط بهذا النوع من القباب بانه من نوع التصريف النهري المدور Annular لا سيما ان كانت تلك القباب في مرحلة النضج.

3.اللوبوليث Lopolith.

اجسام صخرية نارية صفائحية او عدسية كبيرة. يتقعر كل سطحها نحو الاسفل ويحدث ذلك نتيجة لتعرض الطبقات والتكوينات الواقعة اسفلها للانخفاض من جراء ثقل الصهير الذي اندفع خلالها من خلال انبوب تغذية واحد احياناً. وتكون معظم الصخور النارية التي توجد في اللوبوليثات من نوع الصخور القاعدية، واكبر لوبوليث في العالم هو Bushveld Complex الذي يحتل مساحة تقدر بحوالي 55000 كم^2 من ترانسفال ويصل سمكه الى حوالي 8كم.

4. السدود الافقية Sill or Sheet.

كتل من الصخور النارية الباطنية تشبه الطبقات اندفعت بين طبقات الصخور الرسوبية او المتحولة. ويطلق على السميكة منها اسم Sill والرقيقة اسم Sheet ويزيد سمك الاولى منها على عدة مئات من الامتار في بعض الحالات وتمتد الى كيلومترات عديدة. وتتداخل السدود الافقية مع تكوينات صخرية افقية الامتداد او حتى مائلة بدرجة من الدرجات وتؤدي الحركات الارضية الى تغيير وضعية السدود بالطريقة نفسها التي تؤثر فيها على الصخور الاخرى المتداخلة معها. وتقوم عملية التعرية بكشف السدود الافقية عندما تزيل الصخور التي تغطيها فيظهر آنذاك تأثيرها على التضاريس الموجودة في المنطقة اذ انها تحمي ما يقع تحتها من تكوينات صخرية من ان تتأثر بالتعرية بالسرعة نفسها التي تتأثر بها المناطق المجاورة غير المغطاة بها. وتتكشف السدود الافقية عند جوانب بعض الوديان النهرية اذ تزداد عليها درجة الانحدار بسبب شدة مقاومتها لعمليات التعرية النهرية والعمليات الاخرى.

5. السدود العمودية Dykes او Dikes .

تختلف السدود العمودية عن الافقية في انها ذوات امتدادات عمودية او قريبة من العمودية كما يمكن لها ان تخترق انواعاً متعددة من الصخور الاخرى. وتتباين السدود العمودية في حجمها من صغيرة في حالة العروق Veins الى ان يزيد اتساعها عن عدة مئات من الامتار ويصل طولها الى عدة كيلومترات. وتمتلئ العروق بمواد تأتي اليها من اجسام صخرية نارية مجاورة كبيرة. ويرتبط وجود السدود هذه في العادة بالمناطق التي حصل فيها اندفاع كبير للصخور الباطنية وكذلك في المناطق التي توجد فيها حركات للقشرة الارضية بنطاق واسع. ومن اشهر السدود العمودية السد الكبير Great

Dike في زامبابوي الذي يبلغ طوله حوالي 480كم واتساعه حوالي 8كم. وتتكشف السدود العمودية بوساطة عوامل التعرية فتظهر بشكل جدران صخرية صلبة شديدة الانحدار تحيط بها مناطق منخفضة تمثل التكوينات الصخرية اللينة الاخرى التي كانت تحيط بذلك السد.

6. الاعناق البركانية Volcanic Necks .

نوع آخر من الصخور النارية الباطنية. وتمثل كتل الصهير التي كانت تملأ المداخن البركانية او الممرات التي كانت الحمم البركانية تخرج منها عند الثورة البركانية، اذ يتبرد فيها ذلك الصهير بصورة بطيئة ويتصلب فيها. وتقوم عوامل التعرية بإزالة قسم كبير من مكونات المخروط البركاني الذي يحيط بها وذلك لان مواده ليست متماسكة وبذلك تتكشف لنا التكوينات النارية الباطنية بشكل اسطواني او دائري، وتعرف باسم الاعناق البركانية، وتعرف احياناً باسم السدادات Plugs وتعد الاعناق البركانية الموجودة في اقليم Auvergne في فرنسا واحدة من اهم مجاميع الاعناق البركانية في العالم.

7. الفاكوليث Phacolith .

تحتل قمم الالتواءات عادة ويمثل هو نفسه درجة تقوس الطبقة الصخرية التي يوجد فيها.

ثانياً. الصخور النارية الظاهرية Extrusive Rocks.

تضم الصخور النارية الظاهرية كل المواد التي تخرج الى سطح الارض من الفوهات البركانية على مواقع فوق القارات او على قيعان المحيطات. وتتبرد هذه المواد حال خروجها وبسرعة مكونة تضاريس مختلفة. وتتصف هذه المجموعة من الصخور النارية بان درجة بلورتها واطئة اذ انها تتكون من بلورات صغيرة لا يمكن رؤيتها الا بالميكروسكوب ولذلك تطغي عليها صفة الزجاجية وقد جاءت لها هذه الصفة من جراء تبردها السريع الناتج عن ملامستها لسطح الارض او الغلاف الجوي.

يعتمد شكل تكدس الحمم البركانية، التي تكون المادة الاساسية للصخور النارية الظاهرية، على التركيب الكيمياوي للصهير Magma وكذلك على شكل الفوهة التي تندفع منها تلك الحمم والمقذوفات البركانية وعلى مقدار شدة الثورة البركانية نفسها. وتنقسم الحمم البركانية (اللافا Lava)

الى عدة انواع حسب نسبة وجود السليكا فيها وكقاعدة عامة تطلق صفة الحامضية عليها ان كانت غنية بالسليكا ولكنها تكون قاعدية ان كانت وفيرة بأكاسيد الفلزات. ويمكن تقسيم الصخور النارية حسب نسبة وجود ثاني اوكسيد السيلكون (السيلكا) فيها الى:

1. صخور فوق القاعدية وتقل نسبة السيلكا عن 45 % من وزنها.
2. صخور نارية قاعدية Basic تتراوح نسبة السيلكا فيها 45 – 52 % من وزنها.
3. صخور متوسطة تتراوح نسبة السيلكا فيها بين 52 – 65 % من وزنها.
4. صخور حامضية Acidic وتبلغ نسبة السيلكا فيها بين 65 – 75 % من وزنها.
5. صخور فوق الحامضية. تزيد نسبة السيلكا فيها عن 75 %.

تتصف الحمم الحامضية بدرجة لزوجتها العالية وكونها سميكة القوام ولذلك تكون الاشكال التضاريسية الناتجة عنها مرتفعة عادة لأنها تتصلب بسرعة ولا تجري بعيداً عن الفوهة البركانية. وكلما زادت درجة قاعدية الحمم البركانية كلما انسابت عند خروجها الى مسافة ابعد عن الفوهة البركانية لأنها تكون خفيفة القوام عادة. اضافة الى انها لا تتصلب بسرعة ولذا تتميز الاشكال الجيومورفية الناتجة عنها بقلة ارتفاعاتها وسعة المساحات التي تشغلها مثل الهضاب والسهول البركانية والدروع. ويخرج معظم هذا النوع من الحمم اثناء ثورات شقوق واسعة. ويمكن اعتبار ثورة الشق Fissure لاكي Laki في ايسلندا الذي حدثت في عام 1793 من هذا النوع اذ ابتعدت الحمم الى مسافة 65كم من منطقة الشق نفسها. ويحدث احياناً ان تخرج هذه الحمم اثناء بعض ثورات البراكين المركزية كما في حالة بركان Nymlayira في افريقيا الوسطى في سنة 1938 اذ ظلت الحمم تخرج منه لمدة اكثر من عامين وغطت مساحة قدرها 65كم^2 بمواد بازلتية يبلغ حجمها حوالي 382000 متراً مكعباً.

هذا ويطلق على الحمم التي تخرج من الفوهات البركانية المختلفة وتسيل فوق سطح الارض اسم الطفوح البركانية Lava Flow. وهي في الاصل الصهير البركاني Magma الذي تتراوح حرارته بين 500 – 1300 م. وتتشكل الماكما في الاغلب من تسعة عناصر هي الاوكسجين والسيلكون

والالمنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والتيتانيوم. وتمثل هذه حوالي 99 % من الصهير، اما بقية العناصر وعددها 83 فأنها تؤلف الباقي.

يزداد ارتفاع الاشكال الناجمة عن خروج الطفوح البركانية من جراء تكرار حدوثها لمرات عديدة وتغطي تلك الطفوح مساحات واسعة ويبلغ سمكها عدة مئات من الامتار احياناً. ويأخذ سطحها الشكل الذي كان عليه لحظة انتقاله من الحالة السائلة (الحمم) الى الحالة الصلبة (الصخور النارية) وغالباً ما يكون مستوياً او مبروماً (ويعرف آنذاك باسم Pahoehoe).

تعد هضبة الدكن واحدة من بين اكبر الطفوح البركانية في العالم. وكذلك الحال في هضبة الحبشة وجنوب البرازيل وهضبة كولومبيا في القسم الشمالي الغربي من الولايات المتحدة. لقد استمرت الطفوح بالتراكم فوق هضبة كولومبيا لفترة طويلة وعلى مساحة تقرب من 386000 كم^2 وبسمك يبلغ معدله حوالي 800متر اذ ملئت الوديان ودفنت السلاسل الجبلية وبقيت بعض الجبال المرتفعة بمثابة جزر فوق سطح سهل بركاني مستوي الى حد كبير.

يوجد حطام الصخور النارية الناتج عن الانفجارات البركانية العنيفة بأشكال عديدة وبأحجام مختلفة. وتتصف القطع الكبيرة منها بانها مثقبة بسبب تجمع وهروب الغازات منها خلال عملية تصلبها. ويطلق على الصخور الكبيرة اسم القنابل البركانية وعلى الصغيرة منها اسم Lapilli كما ويطلق اسم الرماد البركاني Ash او الغبار البركاني على المواد ذوات الذرات الدقيقة جداً، ويكون الرماد البركاني عندما يتجمع على سطح الارض او يترسب في داخل المحيطات طبقات من الرواسب التي تتماسك بعد ذلك لتعرف باسم Tuff. وتتكون صخور المجمعات البركانية او البريشيا Breccia من اختلاط الحمم البركانية الحديثة الخروج مع بعض مكونات المخروط البركاني الذي تحطم من جراء الثورة البركانية الجديدة وتتكون البريشيا من خليط لمواد ناعمة وخشنة ذوات زوايا حادة.

ثانياً. الصخور الرسوبية The Rocks.

تتكون الصخور الرسوبية كما يدل اسمها من حطام الصخور القديمة وكذلك من المعادن التي تجمعت وتصلبت وترتبت بشكل طبقات. وتنتج بعض الصخور الرسوبية ايضاً من جراء عمليات

عضوية ويكون بعضها نتاجاً لترسب المعادن المباشر من المياه المحملة بالأملاح. ويتم ترسيب تلك المواد اما داخل الاجسام المائية كالمحيطات والبحار والبحيرات او فوق اليابسة نفسها. وتغطي الصخور الرسوبية اجزاء واسعة من سطح الارض اكثر من اي نوع اخر من الصخور اذ تقدر المساحة التي تغطيها الصخور الرسوبية بحوالي 75 % من مجموع سطح اليابسة وتزيد كثيراً عن ذلك فوق المحيطات ويمكن تفسير هذه الظاهرات في ان القسم الاعظم من اليابسة كانت تحت المياه في وقت من الاوقات. غير ان هناك الكثير من التكوينات الرسوبية لم تتكون تحت المياه ومثال ذلك السهول الطموية الواسعة التي تمتد لعدة مئات من الكيلومترات احياناً وكذلك المراوح الطموية التي تتكون عند قدمات السلاسل الجبلية وقد يزيد سمك هذه التكوينات عن عدة مئات من الامتار. ويمكن من خلال دراسة الصخور الرسوبية معرفة الظروف التي كانت سائدة اثناء عملية الترسيب ومعرفة فيما اذا كان الترسيب قد تم فوق اليابسة او فوق قاع محيطي ضحل او عميق اذ تعد المتحجرات والنسيج الصخري احسن مقياس على هذه التساؤلات كما ويمكن من خلال الدراسة معرفة المناخ الذي كان سائداً خلال عملية الترسيب. يمكن للصخور الرسوبية ان تحتوي على المتحجرات Fossils بمختلف انواعها سواء اكانت حيوانية او نباتية فضلاً عن ذلك فان البعض منها يحتفظ باثار تدل على اثار قطرات الامطار وشقوق الطين اذا كانت عملية الترسيب قد جرت داخل بحار ضحلة او عند مسطحات المد والشواطئ.

تغطي الصخور الرسوبية الارض بغطاء رقيق معدل سمكه 2.4 كم غير ان هذا السمك يتعاظم كثيراً فيصل الى بين 8 – 16 كم اذا اخذنا بنظر الاعتبار الصخور الاخرى المتداخلة مع الصخور الرسوبية. هذا ويكون تكوين بعض الصخور الرسوبية قديماً فقد وجدت صخور مجمعات حصوية Conglomerate في زمبابوي ويعود تاريخها الى 3.500.000 مليون سنه. وتتجمع الرواسب في كل الازمنة والفترات على اليابسة وفوق قيعان المحيطات ومانزال هذه العملية مستمرة حتى الوقت الحاضر. اذ ينقل نهر المسيسبي على سبيل المثال وكمعدل يومي حوالي 2.000.000 طن من الرواسب التي تتراكم عند دلتاه في خليج المكسيك. وقد تعرضت الارض هنا للهبوط من جراء ثقل هذه الرواسب ومن المحتمل ان تكون عملية الهبوط مساوية في معدلها الى عملية الترسيب.

انواع الرواسب التي تكون الصخور الرسوبية والصخور الناتجة عنها.

تتنوع الرواسب التي تكون الصخور الرسوبية ولكنها يمكن ان تقسم الى مجموعتين رئيسيتين هما:

1. الرواسب الحطامية الصخرية ميكانيكية النشأة.

اذ تقوم عمليات التعرية المختلفة بالتأثير ميكانيكياً على الصخور وتحولها الى حطام صخري متباين في حجم ذراته. كما يظهر ذلك من الجدول التالي:

جدول رقم (8)

الرواسب الميكانيكية النشأة

ت	اسم حبيبة الرواسب	الحجم بالمليمتر
.1	جلاميد كبيرة	اكثر من 256 مليمتر
.2	الجلاميد	256 – 64
.3	الحصى	64 – 4
.4	حصى صغيرة	4 – 2
.5	الرمل	2 – 16/1
.6	الغرين	256/1 – 16/1
.7	الطين	اقل من 256/1

تقوم عمليات جيومورفية مختلفة بنقل هذا الحطام الصخري من مكان الى آخر مثل الانهار والثلاجات والامواج والتيارات. وتتحول تلك المواد الى رواسب بحرية اذا ما نقلتها تلك العمليات الى المحيط وارسبها هناك. والى رواسب بحرية lacustraine اذا ما ارسبت داخل بحيرة من البحيرات، غير انها تصبح رواسب طموية Alluvial عندما تتم عملية الترسيب على قيعان المجاري النهرية او عند وديان الانهار. كما وتتجمع الرواسب الجليدية والتي تنقلها الرياح في اماكن معينة اخرى. وتتصف الرواسب التي تتجمع داخل الاجسام المائية بانها ذوات ترتيب طباقي في حين لا تظهر هذه الصفة في الارسابات الجليدية او التي تنقلها الرياح.

تتماسك ذرات الرواسب الميكانيكية النشأة وتتحول من ذرات مفككة الى صخور متماسكة بأساليب متعددة تعتمد على موقع تلك الرواسب وعلى حجوم ذراتها .

تعد عملية التماسك بالالتحام Cementation من بين اهم تلك الاساليب. وتسود في الرواسب ذوات الذرات الكبيرة الحجم نسبياً كالجلاميد والحصى والرمل اذ تكون مثل هذه الرواسب ذوات درجات مسامية ونفاذية عالية تسمح للماء الباطني بالبقاء فيها والانتقال بسهولة خلالها من مكان الى اخر تبعاً للضغط الهايدروستاتيكي. وبالنظر الى ما تحتويه المياه الباطنية من املاح معدنية ذائبة فأنها تقوم في العادة بترسيب بعض منها في المسامات الموجودة بين ذرات الرواسب فتعمل على التحامها وتماسكها. وتعد معادن الكلسايت والدولومايت والكوارتز واكاسيد الحديد من بين اهم المواد اللاصقة لذرات الرواسب. كما وتقوم المياه الباطنية في بعض الحالات بإذابة بعض مكونات الرواسب ثم تعود فترسبها ثانية في نقاط معينة اخرى كما في بعض صخور الكربونات.

تعد عملية التماسك بالأحكام Compaction الاسلوب الثاني المهم الذي يتم بواسطته تماسك ذرات الرواسب التي تكون هنا عادة من نوع الروسب الصغيرة الذرات مثل ذرات الغرين او الطين، اذ يؤدي استمرار عملية الترسيب الى زيادة سمك الرواسب وزيادة في ضغطها على الطبقات السفلى منها، الامر الذي يتبعه تناقص واضح في حجم المسامات التي تفصل بين ذرات الرواسب وطرد الماء الموجود داخلها احياناً، ولذلك يطلق على هذا الاسلوب في بعض الاحيان اصطلاح عملية التماسك بالتجفيف. وقد لوحظ ان الطين يحتوي على 45 % من حجمه على مسامات تتحول الى 5 % من الحجم فقط عندما يتحول الطين الى صخور الطفل Shale عند عمق حوالي 2.000 متر. ويساعد على حدوث هذا النوع من التماسك بعض الحركات الارضية التي تزيد من حالة الضغط على الرواسب. وقد يؤدي الضغط الشديد الى حدوث ظاهرة تبلور في الرواسب احياناً.

اهم انواع الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة.

1. صخور المجمعات Conglomerate

تتكون صخور المجمعات (المكتلات) من تجمع للحصى والجلاميد والرمال وربما على كميات قليلة من الطين وتحتوي الجلاميد والحصى والرمال على كميات كبيرة من الكوارتز او انها بقايا صخور قديمة تعرضت للتعرية النهرية كثيراً. وتتحول تلك الانواع من الرواسب الى صخور عندما

تتماسك ذراتها بالالتحام وتعرف بالكونكلومريت. وتكون بعض صخور المجمعات مقاومة جداً لعوامل التعرية اذا كانت مكوناتها تحتوي على نسب عالية من السيليكا. وتتصف هذه الصخور بانها مسامية وتسمح للماء بان يجري خلالها بسهولة. توجد هذه الصخور في العراق بكثرة واحسن مثال لها فيه تكوينات البختياري.

2. الصخور الرملية Sand Stones.

يتكون الرمل من حبيبات منفصلة تشبه السكر المطحون في خشونتها وتحتوي هذه الحبيبات على الكوارتز رغم انها يمكن ان تكون كلسية في بعض المناطق كما في التكوينات المرجانية. وتنشأ الصخور الرملية عندما تتماسك ذرات الرمل بطريقة الالتحام بوساطة مواد لاصقة اخرى. وتتحكم هذه الاخيرة في لون الصخور الرملية الناتجة اذ يكون اللون مائلاً الى الاحمرار عندما يكون اوكسيد الحديد هو الذي يقوم بهذه العملية اما اذا كانت المادة اللاصقة بيضاء مثل كربونات الكالسيوم فحينئذ تصبح الصخور بيضاء اللون. وتصبح الصخور الرملية شديدة المقاومة لعمليات التعرية المختلفة اذا كانت المواد اللاصقة مقاومة مثل السليكا التي تربط ذرات الكوارتز. في حين تكون الصخور الرملية في حالات اخرى ذوات مقاومة قليلة اذا كانت المواد اللاصقة ضعيفة المقاومة مثل اوكسيد الحديد وكربونات الكالسيوم. وعلى اية حال فالحجر الرملي ذو خاصية مسامية ويكون خزانات عظمى للمياه الباطنية.

3. الطفل والصخور الطينية Shale.

يمثل الطين والغرين مواد ذوات ذرات دقيقة جداً اذ لم تتصلب فتصبح صخوراً صلبة. وتكون قابليتها على امرار الماء خلالها قليلة جداً، ولذا يجري معظم الماء فوقها الامر الذي يزيد من قابلية تعرية سطوحها. وغالباً ما تتحول المناطق التي تتكون من الطين والغرين الى ارضي مضرسة Band land لا سيما في مناطق المناخ شبه الجاف. كما وتحصر هذه التكوينات الصخرية الماء الباطني فوقها وتمنعه من النفوذ الى الاسفل لذلك نجده يتجمع في التكوينات الصخرية المسامية التي تقع فوقها ويحاول الخروج من منطقة الاتصال بين الصخور الطينية والصخور التي تحتفظ بالماء اعلاه. وتعرف الصخور التي تنتج من تماسك الطين والغرين باسم صخور الطفل Shale . ويمكن في العادة فصله الى طبقات رقيقة ولذلك فان تأثيره بعوامل التعرية والتجوية يكون سريعاً. ويحدث التماسك في ذرات الغرين والطين نتيجة الى الضغط الشديد المسلط عليها من الرواسب التي تتجمع فوقها.

2. الرواسب غير الحطامية والصخور الرسوبية الناتجة عنها Non-Clastic.

تضم هذه المجموعة من الرواسب كافة المواد التي نشأت من جراء عمليات كيماوية او عضوية:

أ.الصخور الرسوبية الكيمياوية النشأة.

نعني بها الرواسب التي تكون بشكل مواد ذائبة في المياه وخاصة المياه الجوفية التي تحتوي على كميات اكبر من الاملاح مما تحتويه مياه الامطار لان هذه المياه تظل على اتصال كبير مع الصخور اضافة الى ما قد يوجد من حرارة عالية وضغط عال. ويكون تركيز ثاني اوكسيد الكربون فيها كبيراً. وتساعد كل هذه العوامل على زيادة قابلية الماء الجوفي على اذابة الصخور. تترسب المواد هذه اما بسبب التبخر او بسبب تناقص الضغط او بوساطة بعض الحيوانات التي تعيش في المياه. اما اهم الصخور الناتجة عن هذه العملية فهي الصخور الجيرية والصخور الملحية وصخور التشرت Chert والصوان Flint وكذلك صخور الدولومايت وسوف نلقي الضوء على الصخور الجيرية لأهميتها.

الصخور الجيرية Lime Stone.

تشمل الرواسب الجيرية غير المتماسكة المارل Marl او الطين الجيري الذي كان في الاصل بيكربونات ذائبة. وتتحول عند جفافها الى الصخور الكلسية Limestone التي تتكون من كربونات الكالسيوم $CaCo_3$. والدولومايت الذي هو عبارة عن كربونات الكالسيوم والمغنسيوم $Ca, Mg(Co_3)_2$. وتسمى رواسب الكربونات بصخور الدولومايت عندما تحتوي على اكثر من 50 % من معدن الدولومايت وتكون الصخور الجيرية غير مقاومة لعمليات التجوية وعمليات الاذابة التي تسود كثيراً في الاقاليم ذوات المناخ الرطب، غير انها تظهر مقاومة واضحة لعمليات التجوية في الاقاليم الجافة بدرجة قد تفوق حتى الصخور النارية التي توجد معها في الظروف المناخية نفسها. غير انه وبسبب وجود المفاصل والشقوق الكثيرة في الحجر الجيري فأننا نجده يتحطم بسرعة في المناطق الباردة من جراء تكون الجليد في داخل تلك الشقوق. و الدولومايت اقل قابلية على الاذابة من الصخور الكلسية ولذا غالباً ما يكون بشكل اجراف كبيرة وجبال.

ب. الصخور الرسوبية العضوية النشأة. وتضم هذه فصيلتين هما:

1. الصخور العضوية الحيوانية.

اذ تقوم بعض الحيوانات بتحويل الاملاح والايونات الموجودة في المياه الى مواد كلسية او سليكات او فوسفات. فالطباشير Chalk مثلاً نوع لين من الصخور الجيرية وتكون درجة مساميته

عالية ينتج من تراكم اصداف حيوانات صغيرة احادية الخلية ويكون لونه ابيضاً عادةً. وبالنظر الى درجة المسامية العالية في التكوينات الطباشيرية فان مياه الامطار الساقطة علية لا تجري فوقها وانما تغور بسرعة نحو الداخل ولذلك لا تظهر عليها اثار تعرية مائية سطحية كبيرةً. وتأتي التكوينات المرجانية ضمن هذه المجموعة من الصخور وكذلك الحجر الجيري الصدفي، والصخور العضوية السليكية والصخور العضوية الفوسفاتية.

2. الصخور العضوية النباتية.

واشهرها الفحم الحجري الذي يبدأ تكونه عادة من تجمع بقايا النباتات في المستنقعات. ويطلق على تكوينات الفحم التي تكون في بداية تحللها اسم اللبد Peat وتسمى بفحم اللكنايت عندما تمر عليها فترة زمنية اطول وتتعرض الى ضغط ثم البيتومين Bitomonus اذا زادت المدة على تعرضها للضغط. ويعد الانثراسايت اشد انواع الصخور الفحمية صلابة ويمكن اعتباره نوعاً من الصخور المتحولة. وجميع انواع الصخور الفحمية سوداء بدرجة تزداد مع زيادة الفترة التي مرت على تكونها وعلى مقدار الضغط المسلط عليها وتتطابق جميعها مع تكوينات الحجر الرملي والطفل.

ثالثاً. الصخور المتحولة Metamorphic.

يعني بها الصخور التي نتجت عن تحولات طرأت على شكل وخصائص الصخور الاصلية وجعلتها تختلف عنها. لقد استخدمت كلمة التحول لأول مرة عام 1832 من قبل ليل Lyell وكانت تعني مفاهيم عديدة. ولكن المتفق علية حالياً انها تعني التغير المعدني والتركيبي والنسيجي الذي يطرأ على صخور صلبة نتيجة للظروف الكيماوية والفيزيائية. اذ قد تتحول الصخور من شكل الى آخر او

يتغير ترتيب وتنظيم بلوراتها وقد تندمج البلورات المنفردة مع بعضها او قد تضاف مواد للصخور قادمة من مصادر اخرى.

تنحصر العوامل الرئيسة المسببة للتحول بالحرارة والضغط ووجود المحاليل. اذ ترتفع درجة حرارة الصخور اما بسبب وجود الصخور في اعماق سحيقة من الارض او نتيجة لوجودها قرب جسم ناري حار مثل الصهير. هذا وتتراوح درجات الحرارة التي يتم التحول بها بين 200 – الى اكثر من 570 درجة مئوية. وهناك مصدر آخر للحرارة التي تتحول نتيجتها الصخور آت عن الطاقة الميكانيكية المصاحبة للحركات الارضية ولا سيما تلك الحركات البانية للسلاسل الجبلية.

يأتي الضغط للصخور التي تحولت بنوعين هما الضغط المباشر الناتج عن حركات ارضية والضغط الغير مباشر ويسمى بالثابت الناتج عن ثقل الطبقات الصخرية الموجودة فوق الصخور المتحولة. وتتباين قوة الضغط الاول من مكان الى آخر في حين يكون الضغط الثاني متساوياً عند عمق معين.

تقوم المحاليل بدور مهم في عملية التحول عندما تنقل الايونات من مكان الى آخر داخل الصخرة نفسها او من صخرة الى اخرى او تقوم بنقل بعض الايونات من الصخرة نحو الخارج. ويعد الماء اكثر السوائل اهمية في نقل تلك الايونات في حين يعد غاز ثاني اوكسيد الكربون اهم الغازات في تكوين تلك المحاصيل.

انواع التحول.

يقسم التحول الى ثلاثة انواع تبعاً للظروف التي تسببه والتي ذكرت قبل قليل:

1. التحول الحراري.

يعرف باسم (التحول بالتماس) وينتج عن هذا النوع من التحول على الاغلب من تعرض الصخور الى حرارة عالية دون ان يصحب ذلك ضغط شديد. وذلك عندما يتغلغل تكوين ناري

(صهير) ضمن تكوينات صخرية اخرى. كما يحدث عندما يندفع سد عمودي Dike خلال طبقة او خلال مجموعة طبقات من الصخور الجيرية اذ يتحول الحجر الجيري المجاور لذلك السد الى الرخام بصورة كلية.

2. التحول الديناميكي.

ويسمى احياناً (الفجائي) Cataclastic، وينتج هذا التحول في الصخور بسبب الضغط المباشر الذي تتعرض له. وتتميز به الاقاليم التي تعرضت للحركات الالتوائية والانكسارية.

3. التحول الاقليمي.

يحدث هذا التحول عندما تلعب العوامل التي تؤدي الى تحول الصخور دورها فوق اقاليم ذوات مساحة كبيرة كما في منطقة نيوانكلند وولاية بنسلفانيا في الولايات المتحدة الامريكية. اذ ادت الحرارة الشديدة التي صاحبت الضغط والشد الناتج عن الحركات البانية للسلاسل الجبلية الى تحول حجر الكلس الى رخام وصخور الطفل الى الاردواز Slates وفحم البيتومين الى فحم الانثراسايت الشديد الصلابة. وكذلك فقد اصبحت الصخور النارية الموجود في مثل هذه الاقاليم ذات بلورية اكثر وضوحاً بسبب العوامل التي ادت الى ترتيب المعادن داخل تلك الصخور. ونتيجة لعمليات التحول للصخور فأنها قد تصبح اكثر مقاومة لعمليات التعرية في حين قد يصبح البعض الاخر منها اقل مقاومة لها.

اهم الصخور المتحولة.

تقسم الصخور المتحولة تبعاً لنوعية الصخور الاصلية (الصخور الام) الى نوعين هما:

اولاً. الصخور المتحولة ذوات الاصول الرسوبية.

ثانياً. الصخور المتحولة ذوات الاصول النارية.

ان اهم الصخور المتحولة ذوات الاصل الرسوبي هو الاردواز Slate واصله صخر طيني (الطفل) ويتصف بانه يتكون من صفائح رقيقة يمكن فصلها عن بعضها بسهولة. ويستخدم لذلك في اغراض مختلفة مثل السقوف وفي صنع اللوحات الطباشيرية الخاصة بالمدارس. ويعد الكوارتزايت نوعاً اخر من الصخور المتحولة ذات الاصل الرسوبي وينشأ من تحول الصخور الرملية التي تتكون في معظمها من معدن الكوارتز. وهو حجر شديد الصلابة والمقاومة. هذا ويُعد الرخام من بين اهم الصخور المتحولة ذوات الاصل الرسوبي وينشأ من جراء تعرض الصخور الكلسية للضغط الشديد والحرارة العالية وهو بلوري ومقاوم شديد لعمليات التعرية لا سيما في الاقاليم الجافة وتقل مقاومته لها في الاقاليم الرطبة. ويسود اللون الابيض في الرخام غير انه يمكن ان يوجد بالوان عديدة اخرى. ويوجد الرخام في العراق في شمالة بالدرجة الاساسية ولا سيما قرب بنجوين وكلاله.

اما اهم الصخور المتحولة ذوات الاصل الناري فهو الشيست Schist اذ يُعد هذا الصخر اكثر انواع الصخور المتحولة شيوعاً وينتج بعض الشيست من جراء تحول بعض الصخور الرسوبية ايضاً. ويأتي النايس Gneiss من بين الصخور المتحولة ذوات الاصل الناري وهو صخر مقاوم الى درجة كبيرة ويأتي بعض منه من تحول الكرانيت كما ينشأ من تحول بعض انواع الصخور الرملية.

6.مشكلات التربة :Soil problems

تعد التربة تكوين طبيعي يستجيب للمؤثرات بصورة واضحة, وهي بذلك تواجه عدة مشاكل, تؤثر سلبيا على قدرتها الإنتاجية, ويمكن حصر هذه المشاكل بالتعرية والانجراف, والتملح, والتلوث, وفقر التربة وتدهور خصوبتها, وسيتم دراسة كل مشكلة على النحو الآتي:

أولا: تعرية التربة : Soil erosion.

هي عملية إزالة جسيمات التربة عن مواضعها بواسطة عوامل التعرية المتمثلة بالماء والرياح والجليد. وسيتم التركيز على التعرية المائية والريحية باعتبار أنهما الأكثر انتشارا.

التعرية المائية :Wateriness erosion

تحدث التعرية المائية بدأ من ارتطام قطرات المطر بسطح التربة غير المكسوة بالنباتات, إذ أن الطاقة الحركية المحمولة في هذه القطرات الساقطة تؤدي إلى قفز حبيبات التربة من مكان الارتطام, ويكون قفز الحبيبات باتجاه المنحدر اكبر منه في الاتجاه المعاكس, وهذا يؤدي إلى انجراف التربة في اتجاه الانحدار. وعندما يزيد معدل سقوط المطر على معدل تشرب التربة بالماء فان هذا الفائض يتجمع على سطح التربة في اتجاه المنحدر على شكل غشاء أو صفيحة, وعندما تكون التربة عارية من النباتات فان حبيبات التربة تنجرف مع الجريان ألصفائحي بشكل متساوي أو شبه متساوي مما يفقد التربة طبقتها العلوية الغنية بالمواد العضوية والغذائية. وعندما تزداد كمية المياه الجارية على شكل صفائحي على المنحدرات أثناء العواصف المطرية تبدأ تتكون مسيلات بسيطة يكون عمق الماء فيها اكبر من المناطق المجاورة, وبالتالي تكون قدرة الماء فيها على جرف التربة اكبر. ومع تجمع المسيلات في اتجاه المنحدر تتكون أخاديد عميقة بفعل تعاظم قدرة الماء الجاري على جرف التربة, ومع تكون هذه الأخاديد تمتد عملية التعرية نحو أعلى جارفةً المياه كميات كبيرة من التربة على عمق كبير. ومع تكون الأنهار تحدث تعرية مائية وانجراف للتربة بفعل النحت الجانبي للأنهار, وعندما تنعطف الأنهار فان الجهة المقابلة للتيار المائي تتهدم تربتها في النهر وتجرف مع المياه إلى أسفل النهر. أن انجراف التربة وتعريتها بواسطة المياه تتأثر بعدة عوامل أهمها:

1. الأمطار :Rainfall.

تعتمد التعرية المائية وانجراف التربة على حجم قطرات المطر الساقطة, كما تعتمد على غزارة الأمطار. إذ انه مع زيادة حجم قطرات المطر تزداد سرعة القطرات الساقطة, وهذا يؤدي إلى زيادة في عملية الانجراف والتعرية, وذلك لان عملة ارتطام قطرات المطر بجسيمات التربة تكون أقوى, إذ أن الجاذبية الأرضية تزداد للقطرات الأكبر حجما فتزداد سرعتها تبعا لذلك. وفقا لذلك فان قطرات المطر التي يصل قطرها نحو5,2 ملم يكون تأثيرها في تعرية التربة وانجرافها أكثر من القطرات التي يصل

قطرها نحو 5 ملم, لان سرعة الأولى تكون 0,19 م / ثا, بينما تكون سرعة الثانية نحو 0,90 م / ثا. وكلما قل قطرات المطر قلت سرعتها وبالتالي قل دورها في التعرية والانجراف, ليقتصر تأثير المطر على حجم القطرات وإنما لشدة المطر وغزارته دور في ذلك, إذ انه كلما زادت شدة ألمطار وغزارتها كلما أدى ذلك إلى انجراف أقوى وتعرية أكثر, فمطر العواصف يكون دوره في الانجراف والتعرية اكبر من دور المطر الغزير جدا, وذلكَ لن قطر قطرات النوع الأول تبلغ نحو 3 ملم و حجم قطراته تبلغ 122 ملم,3 بينما يكون قطر النوع الثاني 0,1 ملم وحجم قطراته 42 ملم.3 كذلك فان المطر الغزير جدا يكون دوره في الانجراف والتعرية اكبر من دور المطر الغزير, وهذا اكبر من المطر المعتدل, وهكذا يقل التأثير والدور مع المطر الخفيف, وذلكَ لن قطر القطرات الساقطة وحجمها يقل.

2. النبت الطبيعي.

يعد النبت الطبيعي الغطاء الواقي الذي يوفر الحماية للتربة من ألمطار الساقطة, وبالتالي فهو يقلل من الانجراف والتعرية إلى ادني حد ممكن, لاسيما في المناطق المنحدرة. فالنبت الطبيعي يعمل على التقليل من سرعة قطرات المطر الساقطة باتجاه سطح التربة, وذلك عن طريق سقوطها على أوراق وأغصان ألشجار, التي تمتص قوة سقوط تلك القطرات, وبالتالي فإنها تسقط بهدوء على سطح التربة. فضال عن ذلك أن النبت الطبيعي يعمل على تماسك جسيمات التربة عن طريق ما يمده من جذور. كذلك أن النبات الطبيعي يعد بمثابة منظم طبيعي لمياه ألمطار الساقطة, فهو يجعلها تجري بصورة تدريجية, يتيح المجال لبعضها من التوغل إلى داخل التربة, على العكس من ألارض الجراء التي يجري عليها ماء المطر بكميات اكبر وبسرعة أكثر بمرات عديدة مؤدية إلى انجراف التربة وتعريتها.

3. انحدار السطح :Slope. يؤثر انحدار السطح على انجراف التربة وتعريتها عن طريق:.

أ. زاوية انحدار السطح :Slope angle.

كلما زادت زاوية انحدار السطح ازداد معدل انجراف التربة سواء عن طريق القفز بتأثير قطرات المطر الساقطة أو من طريق المياه الجارية فوق سطح التربة. فزيادة الانجراف الناتج عن قطرات المطر الساقطة يرجع إلى أن المسافة التي تقفز بها الجسيمات المتطايرة في اتجاه المنحدر تزداد مع

ازدياد زاوية الانحدار. أما زيادة انجراف التربة بالمياه الجارية مع زيادة زاوية انحدار التربة فيرجع إلى ازدياد قوة دفع الماء الجاري الذي يتناسب طرديا مع جيب زاوية الانحدار.

ب. طول المنحدر :Aslope length.

تزايد كمية الجريان السطحي كلما كان الاتجاه أسفل المنحدر, وهذا يزيد من تعرية التربة ومعدل انجرافها, لن بزيادة طول المنحدر يعني مزيد من المياه الجارية.

جـ. شكل المنحدر :Aslope shape.

هو النمط الذي تتغير به درجة الانحدار على طول المنحدر, فتكون التعرية كبيرة في المنحدرات المحدبة ,Convex اذ أن درجة الانحدار تبلغ أقصاها عند أسفل المنحدر التي تكون فيها كمية الجريان السطحي قد زادت. أما المنحدرات المقعرة Concave فيكون معدل انجراف التربة فيها اقل لان الجزء الأكثر انحداراً من المنحدر يقع في أعلى المنحدر قبل أن تزداد كمية الجريان السطحي.

4. نفاذية التربة Soil permeability.

كلما زادت نفاذية التربة كلما أدى ذلك إلى زيادة المياه النافذة في التربة على حساب المياه الجارية على سطحها, وبالتالي يعني التقليل من تعرية وانجراف التربة. والعكس صحيح أي انه كلما قلة نفاذية التربة أدى ذلك إلى زيادة المياه التي تجري على سطح التربة على حساب ما ينفذ في داخلها, وبالتالي مزيد من التعرية والانجراف.

5. حجم حبيبات التربة :Particle size.

تتأثر الجسيمات الصغيرة بالتعرية والانجراف أكثر من الجسيمات الكبيرة, وذلك لأنه كلما كبر حجم الجسيمات احتاجت إلى قوة اكبر لتعريتها وانجرافها.

6. التحام حبيبات التربة.

مع زيادة تلاحم جسيمات التربة تقل التعرية والانجراف, لأنه تحتاج ألامطار والمياه السطحية لقوة كبيرة حتى تنزع تلك الجسيمات المتلاحمة مع بعضها. في حين تزداد التعرية والانجراف في الترب ذات الجسيمات غير المتلاحمة والتي تكون سهلت الانتزاع من التربة, فهي لتتطلب من القوة التي تتطلبها الجسيمات الأولى.

7. العامل البشري.

يلعب العامل البشري دورا مهما في تعرية التربة وتسهيل عملية انجرافها, وذلك عن طريق العديد من العمليات التي يقوم بها الإنسان منها: إزالة الغطاء النباتي الطبيعي, لاسيما من الغابات, واستخدام طريقة الحراثة العمودية في المناطق المنحدرة, وزراعة المناطق الحدية أو الهامشية, كذلك استخدام الرعي الجائر الذي يحرم التربة من غطاءها الطبيعي, فضال عن زراعة التربة بأنواع من المحاصيل ربما تساهم في عملية التعرية والانجراف, فمثال بعض المحاصيل تزرع نباتاتها بشكل متقارب حيث تكون المسافة ما بين نبتة وأخرى قليلة كما في القمح والشعير وهذا يقلل من التعرية والانجراف في حين أن بعض المحاصيل تزرع نباتاتها على شكل مسافات متباعدة كالتبغ مما يفسح المجال أمام التعرية والانجراف بالحدوث.

صيانة التربة من التعرية المائية:

يمكن إتباع عدة طرق لصيانة التربة وحمايتها من التعرية المائية والانجراف منها:

1- الزراعة الكنتورية :contour farming.

الزراعة الكنتورية لم تكن ممارسة حديثة بل مارسها الفينيقيون في جميع المناطق التي كانت تحت سيطرتهم على طول البحر المتوسط, إلا أن هذه الطريقة لم تتبع في أوربا وقارات العالم الجديد إلّ في أوائل القرن العشرين, بعد أن ظهر أن الطريقة الزراعية التي كانت متبعة في أوربا وقارات العالم الجديد سببت تعرية التربة وانجرافها من المناطق المتموجة والتلالية. وفي هذا النوع من الزراعة تكون عملية حراثة التربة مع الخطوط الكنتورية, وليس بصورة عمودية, ففي الزراعة الكنتورية تكون خطوط المحراث حول الانحدار بمستوى واحد, ويعمل المحراث على حفر أخاديد مع حافات مرتفعة نسبيا على الجانبين تعمل كسدود صغيرة تحجز المياه فتعطيها الوقت الكافي للتوغل في داخل التربة وتمنعها من تكوين أخاديد طولية مع الانحدار. وتقلل هذه الطريقة من سرعة جريان الماء السطحي, وبذلك فهي تقلل من التعرية بمقدار 52% مما لو كانت الحراثة باتجاه الانحدار. كما ظهر أنها بالإمكان أن تزيد من الإنتاج الزراعي إلى أكثر من 52% للمحاصيل الزراعية ولاسيما التي تزرع على شكل صفوف مثل الذرة والقطن والبطاطس. ووجد أن هذه الطريقة تعد من أفضل الطرق لحماية تعرية التربة في ألاراضي التي يزيد معدل انحدارها على 4%

شكل –5– زراعة كنتورية في وَلية مينيسوتا آلامريكية.

2. الزراعة الشريطية :Strip farming.

تكون الزراعة في هذه الطريقة على شكل شرائط متوازنة وموازية لخطوط التسوية أو كما تسمى بالخطوط الكنتورية, وفيها لا يزرع شريطان متتابعان بمحصول واحد كما لا تتزامن عملية إعداد

ألارض للزراعة, لكي يكون الشريط الثاني حاجزا يمنع تسرب المياه التي تتجمع على الشريط الأول. وتزداد فعالية هذه الطريقة مع معدل انحدار الأرض يتراوح ما بين 4-12% في الترب الرديئة الصرف, كما تكون مؤثرة في ألاراضي التي يصل انحدارها إلى 15 % في الترب متوسطة الصرف, وألاراضي التي يصل انحدارها 02% في الترب جيدة الصرف. وفي ترب مناخ البحر المتوسط حيث ألمطار تكون على شكل زخات قوية تصلح هذه الطريقة في معدل انحدار للأرض لا يزيد على 15% في ترب جيدة الصرف ومقاومة للانجراف. ويتباين معدل عرض ألشرطة الزراعية اعتمادا على درجة ميلان الارض ومسامية التربة وكمية ونوع ألمطار الساقطة وموورست الزراعة الشريطية في وَلية فيرجينيا في ارض ذات انحدار يبلغ 1 % , وتتداور فيها زراعة الذرة والقمح والمروج, ونجحت هذه الطريقة في المحافظة على التربة من التعرية, كما تمكنت التربة من الاحتفاظ بالرطوبة, فضال عن جعل التربة الجبلية أكثر خصوبة.

شكل -4- زراعة شريطية في غرب وَلاية فيرجينيا.

المصدر: Lester E. Klimm and other, Introductory economic geography, third edition, Harcourt, brace and company, **inc , USA, 1956. P. 79.**

3. زراعة المدرجات :terracing farming.

تتبع هذه الطريقة في حال عدم فعالية الطرق السابقة في حماية التربة, فيتم عمل مدرجات للحد من شدة الانحدار والمحافظة على التربة من التعرية والانجراف وكذلك الاحتفاظ بالماء. ويتم إنشاء

مجاري لصرف المياه السطحية الفائضة عن حاجة التربة في المدرجات. وتحدد المسافة بين المدرجات وفقاً لدرجة انحدار الأرض وينبغي أن تكون متوازنة مع أطوال المدرجات التي تتراوح 099–359 م

شكل –5– زراعة المدرجات.

المصدر: زراعة المدرجات https://www.google.iq/search?q

استخدمت المدرجات على نطاق واسع في زراعة الأرز في شرق وجنوب و جنوب شرق آسيا , وكذلك في أماكن أخرى فيها فصل جفاف كما في جميع أنحاء حوض البحر المتوسط كما في كاداكيس , وكاتالونيا , حيث كانت تستخدم للكروم وأشجار الزيتون والبلوط. وفي أمريكا الجنوبية حيث جبال الانديز , استخدم المزارعين المدرجات المعروفة باسم andenes ألأكثر من ألف سنة في زراعة البطاطا, والذرة, والمحاصيل المحلية الأخرى .ويتبع في زراعة المدرجات الأنظمة المعقدة المتقدمة على مدى قرون من قبل المهندسين للحفاظ على المياه الشحيحة في الجبال. إذ استخدمت المدرجات لجعل الاستخدام الأمثل للتربة الضحلة وتوفير مياه الري للمحاصيل. والمهندسيين استخدموا نظام من القنوات لتوجيه المياه إلى الأرض الجافة وزيادة خصوبة التربة. وتم العثور على هذه مزارع المدرجات أينما وجدت القرى الجبلية في جبال الانديز .فهي قدمت لهم الطعام اللازم لدعم سكان مدن الأنكا العظيمة والمراكز الدينية مثل ماتشو بيتشو .

4. ترك ألاراضي الشديدة الانحدار لنمو الحشائش أو الغابات.

5. استخدام الدورة الزراعية للحفاظ على خصوبة التربة واستمرارية زراعتها بمحاصيل مختلفة.

التعرية الريحية : Wind erosion:

هي انتزاع ذرات التربة وجسيماتها من مواضعها بواسطة الرياح, ونقلها إلى مناطق ربما تبتعد كثيرا عن مناطقها الأصلية. ويتم النقل بثالثة طرق هي: الطريقة الأولى هي الزحف Creep أو الدحرجة ,Roll وفيها تنقل جسيمات التربة التيَ لتستطيع الرياح حملها لثقلها, ولكن بإمكانها أن تنقلها بواسطة الزحف, أو الدحرجة . والطريقة الثانية هي طريقة القفز Jump أو الوثب ,Saltation وتكون عندما تستطيع الرياح رفع تلك الجسيمات لارتفاع قدم أو أكثر, ولكن سرعان ما تسقط هذه الجسيمات على ألارض لثقلها إذَ لتستطيع الرياح من حملها لارتفاع أكثر بسبب ثقلها, وبسقوطها تصطدم بجسيمات أخرى فتؤدي إلى قفز تلك الجسيمات التي اصطدمت بها, أو أن نفس الجسيمات التي سقطت تعود مرة ثانية إلى القفز, وهكذا تستمر العملية ما دامت الرياح مستمرة في هبوبها على شكل هبات ونفخات. أما الطريقة الثالثة وهي طريقة التعلق Suspension وفيها تنقل جسيمات التربة الناعمة التي تستطيع الرياح من حملها لخفتها كذرات الغرين الناعم والطين. وعادة تنقل المواد بالطريقة الثالثة لمسافة ابعد من الطريقة الثانية والمواد المنقولة بالطريقة الثانية لمسافة ابعد من مواد الطريقة الأولى. وبذلك تعمل الرياح على نقل التربة السطحية الغنية بموادها الغذائية من عناصر معدنية ومواد عضوية إلى مناطق أخرى فتجعل التربة المتبقية منها تربة فقيرة. أو أنها تؤدي إلى تجريد مناطق معينة من تربتها نهائيا تاركة صخورها الأصلية واضحة للعيان. وفقا لذلك وبسبب تعرية الرياح وجرفها للتربة تكون المناطق التي تعرضت لها فقيرة بنباتها أو معدومة من وجود النبات.

تتأثر تعرية التربة وانجرافها بواسطة الرياح بعدة عوامل يمكن إيجازها على النحو الآتي:

1. سرعة الرياح :Wind speed. مع اشتداد سرعة الرياح تزداد قدرة الرياح على انتزاع حبيبات التربة وذراتها من جسمها, وبالتالي عملية نقلها. ومع زيادة سرعة الرياح تزداد عملية التعرية أي أن كمية الذرات المعراة من التربة تكون أكثر.

2. حجم حبيبات التربة :Particle size. كلما كانت حبيبات التربة اكبر حجما كلما قلت التعرية بسبب الرياح, وذلكَ لن الحبيبات الكبيرة تتطلب قدرة للرياح اكبر من القدرة التي تتطلبها الأحجام الصغيرة, وهذا يعني انه لتعرية الحبيبات الكبيرةَ لبد من بلوغ الرياح سرعة أكثر من سرعتها في تعرية الجسيمات الصغيرة.

3. رطوبة التربة :Soil moisture. إن اغلب الترب التي تتعرض إلى التعرية والانجراف بسبب الرياح تكون ذات رطوبة قليلة أو ترب جافة, وذلكَ لان التربة الجافة أو القليلة الرطوبة تكون ذات حبيبات غير متماسكة أو يكون تماسكها ضعيفا, لذا تكون التربة سهلة المنال من قبل الرياح, فالماء يعد احد عوامل تماسك حبيبات التربة وجذب بعضها للبعض الآخر. وهذا يفسر حدوث التعرية على أشدها في المناطق الجافة وشبه الجافة, وفي الفصول الجافة على وجه الخصوص, وقلتها في المناطق الرطبة وشبه الرطبة , وفي الفصول الرطبة في المناطق شبه الجافة.

4. كثافة الغطاء النباتي :Vegetation cover. تزداد تعرية التربة مع قلة الغطاء النباتي أو انعدامه, لذا أن كثير من المناطق التي يزداد فيها نشاط التعرية الريحية هي مناطق فقيرة بغطائها النباتي. بينما تقل تعرية التربة بوجود الغطاء النباتيَ لان الغطاء النباتي يعمل كغطاء طبيعي يوفر الحماية للتربة, وذلك من خلال عمله في التخفيف من سرعة الرياح, لذا ينصح في المناطق التي تتعرض إلى الرياح الشديدة السرعة بإنشاء مصدات الرياح الطبيعية, كما إن الغطاء النباتي يعمل على تماسك حبيبات التربة بجذوره, فضال عن ذلك أن الغطاء النباتي يعمل على الحفاظ على رطوبة معينة في التربة, مما يجلعها اقل عرضة للتعرية, وكذلك أن الغطاء النباتي يعمل على إضافة المادة العضوية للتربة المتمثلة بالدبال والتي من فوائدها الحفاظ على رطوبة التربة أيضا ولذلك دور في التقليل من تعرض التربة للتعرية.

5. العامل البشري Human factor. ليقل العامل البشري أهمية عن ما ذكر من عوامل مؤثرة في تعرية التربة إن لم يزد أهمية عليها, وذلك من خلال إزالة النبات الطبيعي عن طريق الإسراف في القطع لغرض الاستخدامات البشرية المختلفة, واستخدام الرعي الجائر الذي يكون بتحميل المرعى أكثر من طاقته الاستيعابية, أي عدم الموازنة ما بين عدد الحيوانات التي ترعى في المرعى وما هو متوفر من الأعشاب فعال, أو بإطلاق حيوانات الماعز في المرعى التي تعمل على قلع الأعشاب من جذورها فتعمل على تفتيت التربة وتقليل تماسكها, وكذلك زراعة ألراضي الهامشية أو الحدية ذات ألمطار القليلة والمتذبذبة, فضال عن استخدام الحراثة العميقة في الترب الجافة وشبه الجافة التي تعتمد ألمطار في زراعتها, وفي حال تأخر سقوط ألمطار أو انقطاعها فان التربة تتعرض إلى الجفاف فتكون سهلة للتعرية من قبل الرياح.

صيانة التربة من التعرية الريحية.

إن التعرية الريحية تبزر بأحسن صورها في المناطق الجافة وشبه الجافة, وبدرجة اقل في المناطق شبه الرطبة والرطبة. ولصيانة التربة من التعرية الريحيةَ لابد من اَلاهتمام بالجوانب آلاتية:

1. ترك المناطق الهامشية التي تتعرض لقلة ٱلمطار وتذبذبها كمراعي طبيعية, تعمل على تثبيت التربة.

2. المحافظة على النبات الطبيعي رغم قلته في المناطق الجافة وشبه الجافة, فهو يحد من سرعة الرياح من جهة كما يعمل على تماسك حبيبات التربة بجذوره من جهة أخرى.

3. الاهتمام بالتشجير وإنشاء اَلاسيجة النباتية) مصدات الرياح (في المناطق المعرضة إلى هبوب الرياح والتي بإمكانها أن تؤدي إلى حدوث التعرية.

4. الحد من استخدام الرعي الجائر, للحفاظ على المراعي الطبيعية وتجددها, كما ينبغي أن يأخذ بعين اَلاعتبار الموازنة ما بين قدرة المرعى وأعداد الحيوانات التي ترعى فيه.

5. عدم استخدام الحراثة العميقة في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تعتمد على ٱلمطار في الزراعة,ْ لنه في حال تأخر ٱلمطار عن السقوط أو انحباسها سرعان ما تتعرض تلك التربة المقلوبة إلى الجفاف فتفقد التربة رطوبتها وتكون مهيأة للتعرية الريحية.

6-تنظيم عملية قطع أشجار الغابات بما ينسجم ودون حصول الضرر للنباتات أو للتربة.

العوامل المؤثرة في تكوين التربة اذ يساهم في تشكيل التربة عوامل مختلفة هي:

1. المادة الأم (الصخور الأصلية.

تتمثل بالصخور المجواة وتسمى الصخور الوالدة إذ يتوقف تكوين التربة على طبيعة التكوين المعدني للصخور فالصخور الرسوبية تستجيب لعمليات التجوية وإن تتفاوت فيما بنيها من حيث الصلابة إلا أنها تهيء حطاماً صخرياً Regolith يكوّن مادة أساسية لتكوين الترب، بينما الصخور الصلبة النارية لا يمكن أن تطور ترية لاستجابتها البطيئة جداً لعمليات التجوية، ولهذا تكتسب التربة خصائصها المعدنية من الصخور التي اشتقت منها.

2. المناخ.

له دور مؤثر في نشوء وتطور التربة وخاصة عنصري الحرارة والمطر ففي المناخات الجافة حيث الأمطار قليلة ودرجات الحرارة عالية يكون تطور الترب بطيء جداً فضلاً عن فقرها بمحتواها العضوي وارتفا ع تراكيزها الملحية خاصة أملاح الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم.

اما في المناطق المطيرة فتنشط التجوية بنوعيها الفيزيائية والكيميائية فتهيأ الحطام الصخري والتربة، ومن جانب آخر تكون الترب غنية بالمادة العضوية وأحياناً أخرى تتعرض للغسل بفعل ترشيح المياه من السطح نحو داخل جسم التربة مما يساعد تطور آفاق التربة.

3. التضاريس.

عامل مهم من عوامل تكوين التربة المناطق المنحدرة والشديدة الانحدار تتميز بترب صخرية ضحلة لأن ناتج التجوية غالباً ما يتعرض للنقل ويتراكم عند قاعدة المنحدر بينما تتميز المناطق السهلية بترب سميكة لأنها تتطور من حطام صخري مستقر (جاثم) فوق صخور الأم الأصلية فضلاً على التغذية من الترب المنقولة من مناطق أخرى، وعليه تتميز المناطق المنحدرة بترب غير ناضجة قليلة السمك بينما تتميز المناطق السهلية بترب ناضجة سميكة غنية بمحتواها المعدني والعضوي.

4. العامل الحيوي.

الكائنات الحية لها دور مهم في تكوين الترب لأنها عوامل جيومورفية تهيء الحطام الصخري أولاً وفعالية الكائنات الحية خاصة الكائنات المجهرية لها دور مهم في تحلل المادة العضوية إلى مادة لزجة داكنة اللون (الدبال). وتعتمد هذه العملية على درجة حرارة التربة والرطوبة وهي التي تحدد خصوبة التربة وعليه العامل الحيوي تتباين فعاليته بتباين النطاقات المناخية يكون فعال في المناطق الحارة الرطبة والرطبة المعتدلة وتقل فعاليته في المناطق الجافة الحارة، ولها تكون الترب ذات حموضة عالية كترب البودزول وبعضها تكون قلوية قليلة الحامضية كترب المناطق الجافة.

أنـواع التـرب . تقسم الترب تبعاً لنشأتها:

1. ترب أصلية (متبقية) Residual Soil : ترب تطورت من الحطام الصخري السطحي المتبقي Residual regolithمن تجوية الصخور التي تستقر فوقها، خصائصها تعكس خصائص الصخر الأم وتكون متداخلة مع الحطام الصخري والصخور التي تحتها.

2. الترب المنقولة Transported soils : مصدرها الحطام الصخري المنقول بفعل الرياح والمياه الجارية والثلاجات وحتى الجاذبية الأرضية وأرسب في بيئة أخرى جديدة وتجوى ليكون ترب جديدة، وأحياناً ترب تشكلت وتطورت في بيئة ثم نقلت وارسبت في بيئات أخرى، وغالباً ما توجد حدود فاصلة بين هذه الترب والصخور التي ترتكز عليها وكذلك متباينة في خصائصها المعدنية. وتسمى الترب المنقولة بالترب الدخيلة لأنها أدخلت في بيئات تختلف عن بيئاتها الأولية من حيث التكوين الصخري والمناخ والخصائص الحيوية عن بيئة النشأة الأولية.

أنواع الارسابات المنقولة :

1. **إرسابات فيضية:** تتطور بفعل الفيضانات المتكررة للمياه السطحية ومنها يتكون السهل الفيضي والجزرات ضمن المجرى المائي والسداد الطبيعية والدلتا المروحية الغرينية والدلتا المصبية.

2. **إرسابات ريحية:** إرسابات يتم تعريتها من سطح الأرض بوساطة الرياح وهي جزئيات دقيقة جداً (طين – غرين) ويتم ترسيبها عندما تقل سرعة الرياح أو بسبب وصولها إلى مناطق أكثر رطوبة.

3. **إرسابات جليدية:** إرسابات منقولة ضمن كتلة الجليد المتحرك وهي في الأصل ناتج طحن وسحق الصخور ولهذا تسمى (طحين الصخور) Rook floor.

4. **إرسابات بحرية:** هي إرسابات قارية نقلت بوساطة المياه الجارية (الانهار) إلى مصباتها حيث البحر أو المحيط وفي مياه البحر تتلبد وتتجمع بفعل الملوحة ويكبر حجمها وتترسب في قاع المحيط أو البحر لتطور السهول المحيطية وغيرها من المظاهر الأرضية البحرية والمحيطية. تأسيساً لما سبق يمكن إجمال هذه الارسابات المنقولة بالمسميات التالية:

1. **إرسابات حصوية:** حبيبات خشنة تتراوح أحجامها بين (100 ملم – 2 ملم)، ومتباينة في خصائصها الشكلية تبعاً للمسافة المنقولة بها، وتتكون من معدن الكوارتز SiO_2 المقاوم للتجوية، وتكون مساهمة في بناء الهيكل العام للتربة.

2. **إرسابات رملية:** يتراوح قطرها بين (0,05 – 2 ملم) وهي متطورة من تجوية الصخور الرملية، ويكون ملمسها خشن وغير متماسكة.

3. **إرسابات غرينية:** يتراوح حجم جزيئاتها بين (0,06 – 0,002 ملم) ناعمة الملمس ومتماسكة بدرجة قليلة.

4. **إرسابات طينية:** يتراوح حجم جزيئاتها اصغر من 0,002 ملم وهي إرسابات متماسكة مع بعضها لامتلاكها خاصية اللزوجة، وتتطور من معادن ثانوية ناتجة عن التفاعلات الكيميائية لعمليات التجوية على الصخور الطينية، لهذا يعد الطين من الناحية الكيميائية (أملاح) لأحماض الالومينيوسيليكات مع بعض الميكا والحديد والكوارتز .

خصائص التربة: تقسم خصائص التربة إلى:

أولاً: الخصائص الطبيعية: سنركز على الخصائص ذات الصفة الجيومورفية، وتضم مجموعة متغيرات سنوضحها كما يلي:

1. نسجة التربة Soil Texture :

التوزيع النسبي لجزيئات الرمل والغرين والطين أنظر جدول (3) وهي تحدد خشونة التربة ويوجد ثلاث نسجات عامة هي النسجة الرملية والطينية والغرينية ويتطور منها نسجات ثانوية متباينة.

جدول (3) أقطار المفصولات الحجمية للترب / ملم

المفصولات	القطر بالمليمتر
رمل خشن جداً	2 – 1
رمل خشن	1 – 0,5
رمل متوسط	0,5 – 0,25
رمل ناعم	0,25 – 0,1
رمل ناعم جداً	0,1 – 0,05
غرين	0,05 – 0,002
طين	أقل من 0,002

تحدد النسجة المساحة السطحية للتربة والتي تتم عليها مختلف التفاعلات الحيوية والعمليات الجيومورفية ولها تأثير مهم على تماسك التربة. وعلى هذا الأساس الترب ذات النسجة الرملية مساحتها السطحية قليلة لكبر جزئيات الرمل نسبياً لهذا تكون مساحة سطحية صغيرة مقارنة بالسطوح الموجودة على نفس الوزن من جزيئات الغرين والطين.

2. تركيب التربة Soil Structure:

كيفية انتظام مفصولات التربة في مجاميع كتلية قد تكون بشكل منفرد أو متجمع أو منشوري أو عنقودي وقد تكون صفائحية أو كروية. يحدث هذا التكتل بفعل المادة اللاحمة قد تكون مادة عضوية أو أكاسيد الحديد أو كربونات الكالسيوم. وتحدد النسجة والتركيب (البنية) خاصيتان أساسيتان من خصائص التربة الطبيعية هما:

أ. المسامية Porosity :

حجم الفراغات البينية الموجودة في جسم التربة وتقاس كما يلي:

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم الفراغات في عينة التربة}}{\text{الحجم الكلي للعينة}} \times 100$$

تتحدد المسامية بطبيعة النسجة فالترب ذات النسجة الرملية تكون مساميتها عالية بينما الترب ذات النسجة الطينية والغرينية تكون ذات مسامية واطئة وأفضل أنواع الترب من حيث المسامية هي الترب المزيجية (Loom).

ب. النفاذية Permeability

قدرة التربة على إمرار الماء ضمن أجزائها ويوجد علاقة طردية بين المسامية والنفاذية كلما يكبر حجم المسامات تزداد النفاذية وكلما يقل حجم المسامات تقل النفاذية. ولهذا الترب الرملية ذات مسامية كبيرة ونفاذية عالية تتراوح نفاذيتها بين (5 – 10 إنج) في الساعة، وعليه الترب الرملية لا تحتفظ بالماء. بينما الترب الطينية والغرينية بالرغم من كثرة مساميتها إذ تتجاوز أكثر من 50% من حجمها مسامات لكنها غير نفاذة لصغر حجم مساماتها تتراوح نفاذيتها بين (0,2 – 5 إنج) في الساعة ، وعليه تكون الترب الطينية متغدقة دائماً بالماء لأنها ترب كتيمية (غير نفاذة) وغالباً ما يتطور على سطوحها السبخات الملحية.

الخصائص الكيميائية :

يتم معرفة الخصائص الكيميائية للترب عن طريق التحليل المختبري لعينات التربة، تتضمن تحليلات عديدة وسنوضح بعض منها بما يتفق وطبيعة علم الأشكال الأرضية بشكل مختصر وعدم الخوض مفصلاً لأن هذه الخصائص لها دلالات تطبيقية يتم توضيحها في علم الأشكال الأرضية التطبيقية. وإن جميع العناصر المعدنية الموجودة في الترب مصدرها أولاً الصخور الأم، وثانياً الظروف المناخية وعمليات الغسل التي تتعرض لها التربة وكذلك بعض من هذه العناصر مصدرها بشري وحيوي.

7.مفهوم المنحدرSlope :

مواقع على سطح الأرض تميل عن المستوى الأفقي بزاوية معينة تدعى بزاوية انحدار سطح الأرض، وعلى هذه المواقع تحدث العمليات الجيومورفية (تعرية وترسيب) (Finlayson، 1980).

وان لكل أرض بوجه عام نوع من الميل أو الانحدار ولكن تتفاوت شدة الانحدار وزاويته من مكان لأخر فيقال انحدار خفيف أو انحدار شديد أو انحدار فجائي. ويعبر عن الانحدار بدرجة التضرس و النسبة المئوية.

تعد الانحدارات الأرضية اكثر المظاهر الأرضية انتشاراً في الطبيعة اذ لا يوجد سطح على وجه الأرض يخلو منها وان السطوح المستوية لاوجود لها على الأرض بدلالة حركة المياه السطحية عقب التساقط المطري باتجاهات متباينة وفقاً لهذه الانحدارات.

السفح والمنحدر:

من الأمور الخطأ الشائعة أن كلمة المنحدر تكون دائماً مرادفة لكلمة السفح. في الحقيقة السفوح كلمة بها تخصيص مكاني تطلق على الأراضي المنحدرة المتواجدة ضمن الجبال فقط وتسمى بالسفوح الجبلية. أما المنحدر مصطلح اكثر شمولية فهو أي ميل في سطح الأرض عن المستوى الأفقي مهما كان هذا الميل بسيط أو شديد، ولهذا يقع سفح الجبل كمظهر طوبوغرافي ضمنياً تحت مصطلح الانحدارات الأرضية .

العوامل المتحكمة في نشوء وتطور المنحدر :

1. العوامل الجيولوجية:

تعد الصخارية من العوامل المهمة في تطور المنحدرات من خلال خصائصها المعدنية التي تحدد درجة استجابتها لعمليات التجوية والتعرية وكذلك وجود الفواصل والشقوق واسطح التطبق والتتابع الصخري ما بين طبقات صخرية صلبة وهشة كلها عوامل تساعد في عدم استقرارية المنحدر.

2. العوامل المناخية:

المناخ له دور كبير في تنشيط العمليات الجيومورفية الهدمية في المناطق الجافة وشبه الجافة تنشط عمليات التجوية الفيزيائية خاصة في الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة فتعمل على أضعاف تماسكها ويعرضها للحركة. بينما في المناخات الرطبة الباردة يكون لفعل الصقيع وتتابع التجمد والذوبان دور كبير في تطور سطوح غير مستقرة.

الرطوبة بكل مظاهرها تعمل على إذابة الكثير من المكونات المعدنية للصخور كتجوية كيميائية خاصة في الصخور الملحية والجبسية والكلسية مما يضعف تماسكها وتخضع لقوى الدافعة للحركة. **الأمطار** من خلال ترشيحها إلى التكوينات تحت السطحية للسطوح المنحدرة يؤدي إلى تكوين محاليل غروية، خاصة اذا كانت الصخور تحت السطحية صخور كتيمة مثل الطين والغرين تخلق سطوح زلقة وتسهل حركة المواد على سطح المنحدر. **الماء المحبوس** في الفراغات البينية في صخور المنحدر بعد التساقط المطري يولد ضغطاً على المنحدر يزيد من القوى الدافعة للحركة وتقلل من استقراريه المنحدر. وفي العروض العليا يؤدي انخفاض درجات الحرارة ما دون الصفر المئوي في فصل الشتاء إلى وجود طبقة من الثلج تحت السطحي على السطوح المنحدرة يتحول في الفصل الدافئ إلى ماء يطور سطوح انحداريه غير مستقرة.

3. الغطاء النباتي: للغطاء النباتي دور معقد في تأثيره على المنحدرات الأرضية من خلال.

أ. يشكل الغطاء النباتي وسادة طبيعية تخفف من وطأة سقوط الأمطار على المنحدرات فتزيد من تسرب المياه عبرها وتقلل من تأثير التعرية عليه.

ب. يسلط الغطاء النباتي وزناً إضافياً على المنحدر خاصةً اذا كان حشائش وذلك لنوعية جذورها الدقيقة والكثيرة جداً وقربها من السطح وقدرتها على الاحتفاظ بالماء تزيد من الوزن الإضافي على المنحدر. على العكس من ذلك المنحدرات المغطاة بالأشجار.

ج. عملية التحطيب على المنحدر تقلل من استقراريه المنحدر لان يرتب عليه تناقص عمليات التبخر ويزيد من رطوبة التربة فضلاً لذلك تعرض جذور الأشجار بعد قطعها إلى التعفن عدا جذور البلوط لها القدرة على إعادة الإنبات تؤدي إلى ضعف تماسك التربة ويعرضها للحركة.

4. النشاط البشري:

النشاطات البشرية في مجملها من إنشاء سكك حديد وطرق نقل وإنشاءات هندسية أخرى تسبب في تقليل جهد القص على المنحدر وزعزعة استقراره. نضوح المياه (seepage) من بحيرات الخزن وقنوات البزل والري خاصة غير المبطنة تؤدي إلى تدني استقراريه المنحدرات خاصةً الضفاف النهرية

أما بفعل ضغط الماء المحصور أو نشاط التجوية الكيميائية تؤدي إلى إضعاف قوة الصخور وتعرضها للانزلاقات الصخرية.

حركة مواد سطح الأرض على المنحدرات الأرضية :

تتطور حركة مواد سطح الأرض بفعل قوتين متضادتين **الأولى** القوى المقاومة للحركة تعمل على استقراريه المنحدر متمثلة بكتلة المنحدر وما عليها من نبات ومياه واي إنشاءات هندسية أخرى تتداخل مع بعضها لتحدد درجة تماسك المنحدر. **الثانية** القوى الدافعة للحركة متمثلة بالجاذبية الأرضية والتي تعمل على حركة المواد نحو اسفل المنحدر. عندما يكون المنحدر مستقر تكون القوى المقاومة للحركة كبيرة وعندما يكون المنحدر غير مستقر تكون القوى الدافعة للحركة هي المتفوقة.

العلاقة بين القوى المقاومة للحركة والقوى الدافعة للحركة ليست ثابتة بل تتغير مع الزمن وما يحدث من تطورات على كتلة المنحدر لهذا كل كتلة أرضية لها ميل معين يسمى ميل الاستقرار فاذا زاد ميل أي منحدر على مقدار زاوية الاستقرار تتحرك مواد المنحدر من تربة وصخور إلى اسفل المنحدر بفعل الجاذبية الأرضية والعكس صحيح. ويطلق على هذه الحركة Mass Movementأو Mass Wastingيقصد بها جميع العمليات التي تقوم بنقل مواد المنحدر بفعل الجاذبية الأرضية وليس بفعل أي عامل نقل آخر مثل المياه الجارية والرياح والثلاجات.

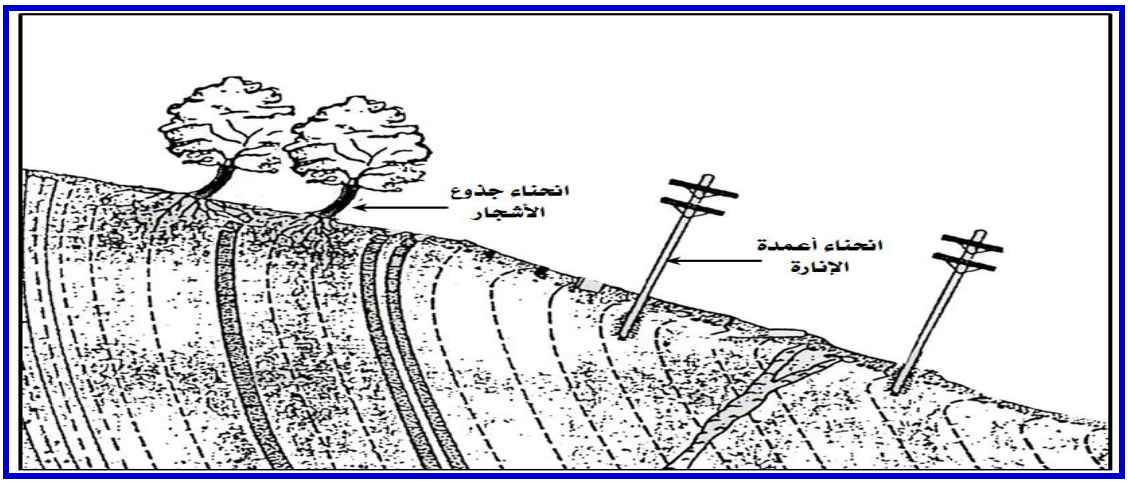
أنواع حركة مواد سطح الأرض Mass Wasting

تتنوع حركة مواد السطح تبعاً لسرعتها إلى:

أولاً: حركة مواد بطيئة

تتمثل بعمليات الزحف Creep وتكون أما على شكل زحف تربة Soil Creep أو زحف صخور Rock creep هي عملية بطيئة جداً وغير محسوسة تحدث على السفوح القليلة الانحدار والتي لايتجاوز انحدارها عن 7درجة،بفعل الجاذبية الأرضية. اذ ينتقل بوساطتها ناتج التجوية (التربة-الحطام الصخري) حتى يصل إلى مناطق اقل انحداراً فيصبح بإمكان عوامل النقل الجيومورفية بمتابعة نقلة من جديد إلى مناطق ترسيبه، نستدل على اثارها شكل(16) من انحناء اعمدة الكهرباء والأشجار والاسيجة باتجاه أسفل المنحدر.

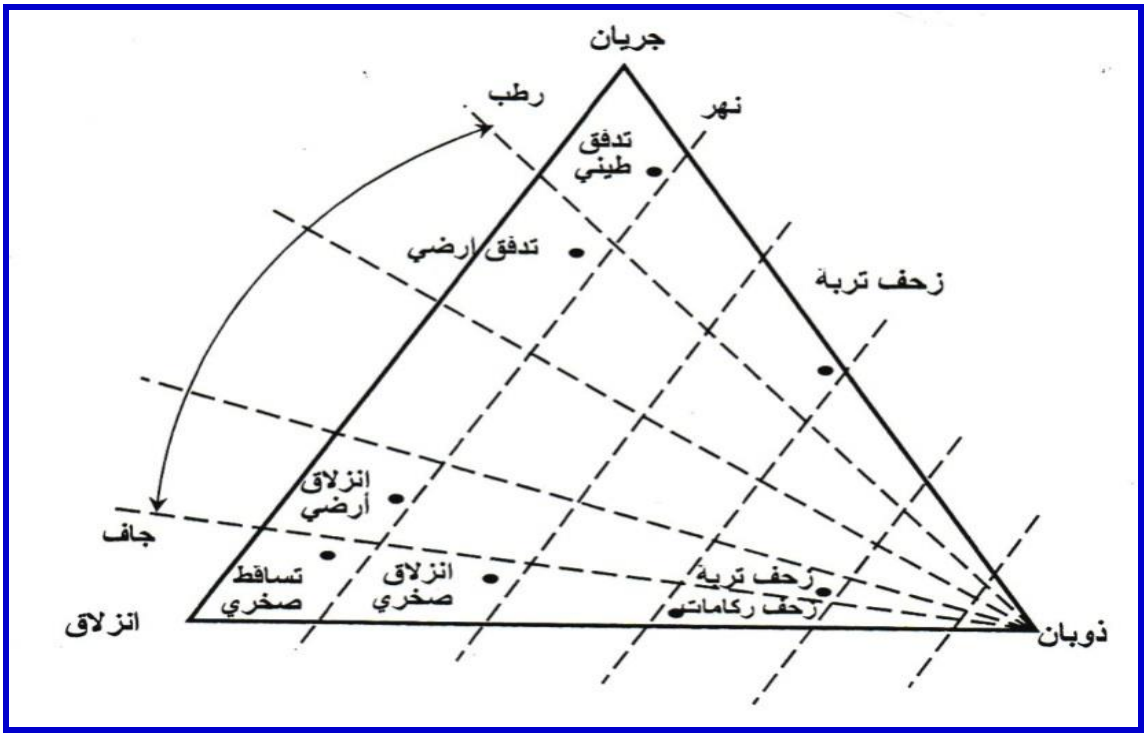
الشكل (16) مظاهر زحف التربة



ثانياً: حركة مواد سطح الأرض السريعة:

حركة تتصف بالفجائية والسرعة ويترتب عليها خسائر بشرية وأضرار مادية كثيرة من هدم مفاجئ للمنشآت الهندسية وقطع طرق النقل والسكك الحديدية وردم المستقرات البشرية وأضرار في الأراضي الزراعية.تقسم تبعاً لدرجة تشبعها بالماء وكما يتضح في الشكل (17).

الشكل (17) تصنيف حركة مواد سطح الأرض



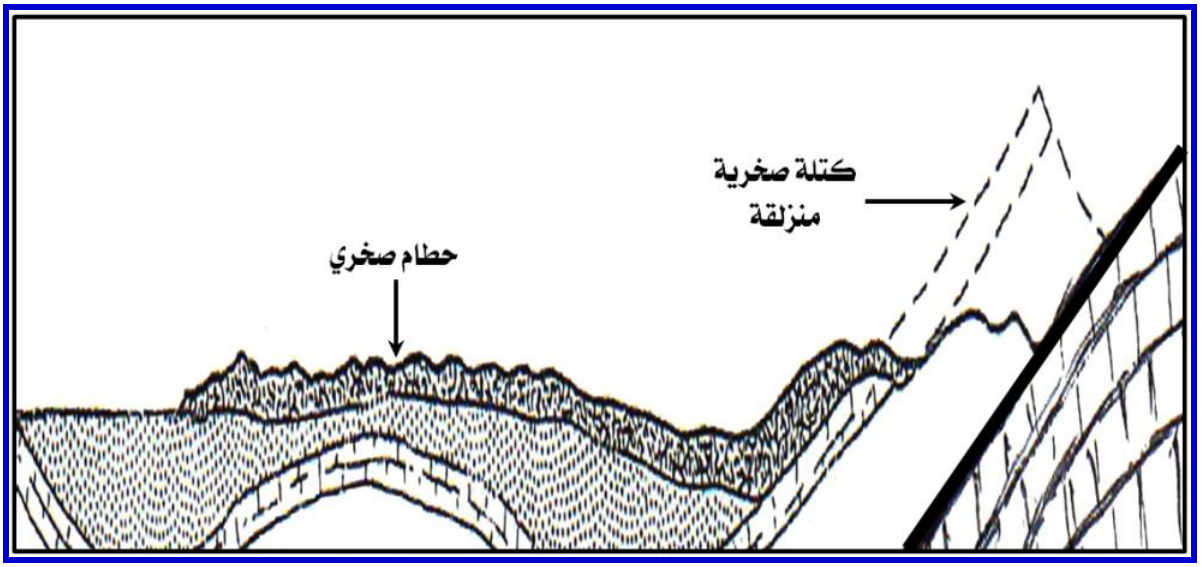
.Michael Bradshaw, Ruth Weaver, 1993, Physical Geography An Introduction to Earth Environments, London, P. 358

1. حركات سريعة غير مشبعة بالماء : تتنوع هذه الحركات تبعاً للخصائص الشكلية لسطح المنحدر إلى:

أ. الانزلاقات الصخرية:

تتطور على المنحدرات الشديدة ذات السطوح الطوبوغرافية المستقيمة. شكل (18) مع وجود صخور تتميز بمظاهر الضعف النوعي (الشقوق- الفواصل- اسطح التطبق) ترتكز على طبقات صخرية غير نفاذة كالصخور الطينية والغرينية، عمليات التجوية الفيزيائية تعمل على توسيع مظاهر الضعف، فتزيد من طاقتها الترشيحية لمياه الأمطار، الماء المترشح يولد ضغطاً داخلياً يعمل على ضعف التماسك بين الصخور والماء يضيف وزن إضافي على كتلة المنحدر مما يفقد المنحدر تماسكه ويقل استقراره ويخضع لحركة سريعة فجائية بشكل كتل صخرية منفصلة على سطوح مناطق الضعف.

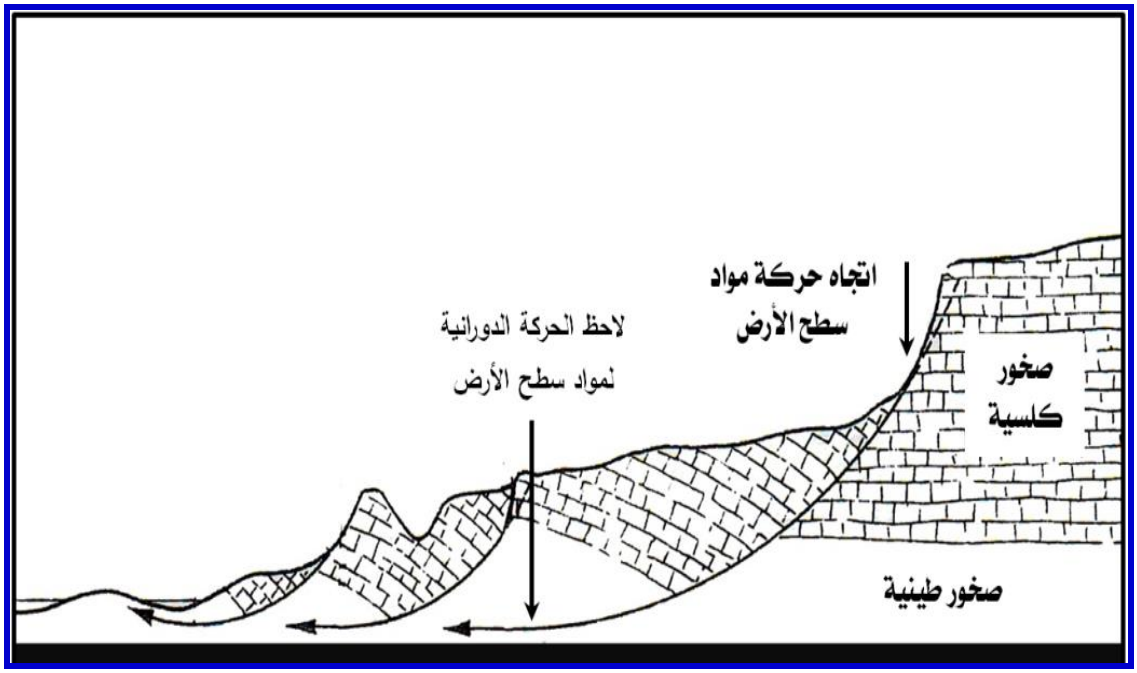
شكل (18) الانزلاقات الصخرية



ب. التدهور:

تتواجد هذه الظاهرة على المنحدرات المقعرة مع وجود التباينات الصخرية متمثلة بالصخور الصلبة ترتكز على صخور طينية وغرينيه، وبتوفر قدر معين من الرطوبة يجعلها سطوحاً غير مستقرة زلقة لا تستطيع تحمل ما يعلوها من صخور ينخفض فيها عنصر الأمان وتتحرك مواد المنحدر بشكل مواد صخرية غير متماسكة في وحدة واحدة أو سلسلة من الوحدات الصخرية ولهذا تسمى (التداعيSlump). وتكون الحركة في اتجاهين شكل(19) الأولى حركة اسفل المنحدر والثانية حركة دورانية نحو الخارج بعيدة عن جسم المنحدر.

شكل (19) التدهور (تداعي الكتل الصخرية)



جـ- التساقط الصخري :

تحدث فوق الأراضي التي يزيد انحدارها عن 32درجة وغالباً ما تكون بشكل جروف صخرية قائمة الوجه الحر للمنحدر Free face حيث تسقط الكتل الصخرية من الأجزاء العليا للمنحدر سقوطاً حراً سريعاً دون تعرضها للانزلاق أو الدحرجة على سطح المنحدر. جميع الحركات السابقة العامل الرئيسي لحدوثها هو التنوع الصخري من حيث الخصائص المعدنية والشكلية، فضلاً على عوامل مساعدة كالتساقط المطري والزلازل والنشاطات البشرية المتنوعة على المنحدر. ينتج عن هذه الحركات رسوبيات متراكمة عند قاعدة المنحدر يطلق عليها الكولوفيوم (Glluvium) وغالباً ما تتخذ شكل مخاريط ارسابية تسمى بمخاريط الهشيم(Talus Cones) وتتكون من مفتتات صخرية متباينة في أحجامها وأشكالها.

2. حركة مواد سريعة مشبعة بالماء :

أ. تدفقات التربة Solifluction :

تنتشر هذه الظاهرة في العروض العليا الباردة وعلى سطوح لا يتجاوز انحدارها بين(2-4) درجة وبفعل تتابع التجمد والذوبان وخاصة في الترب الغرينية (Silty soils، p:23: Abramson) 2002اذ تتجمد التربة شتاءً وفي فصل الصيف الدافئ يذوب الثلج المتواجد في مسامات التربة العليا وتبقى محتسبة فيها لوجود الطبقة الدائمة التجمد تحت السطحية مما يزيد من وزنها وتفقد تماسكها فتتحرك بشكل تدفقات غروية سريعة جداً تكتسح كل ما يصادفها.

ب. التدفقات الطينيةMud flow:

تحدث هذه الظاهرة على السفوح الشديدة الانحدار والمتواجدة ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة وحتى شبه الرطبة والتي تتكون من رواسب سطحية سميكة غير متماسكة اغلبها من الطين ترتكز على طبقات صخرية صلبة. وعند تشبعها بالأمطار الفصلية الغزيرة تتشبع الرسوبيات السطحية بالماء، مما يجعلها تتحرك بسرعة تحت تأثير قوى الجاذبية الأرضية مكونة لها مجرى عميق يتطور إلى السنة طينية واسعة الانتشار عند قاعدة المنحدر والأراضي السهلية المجاورة له مختلطة بهشيم صخري متباين في خصائصه الحجمية والشكلية. وغالباً ما تسبب الأخطار والتدمير لما يعترضها من مشاريع وأراضي زراعية.

الأشكال الأرضية في بيئة المنحدرات :

أولاً: الأشكال الأرضية الحتية في بيئة المنحدرات :

أ. المسارات المائية التصريفية.

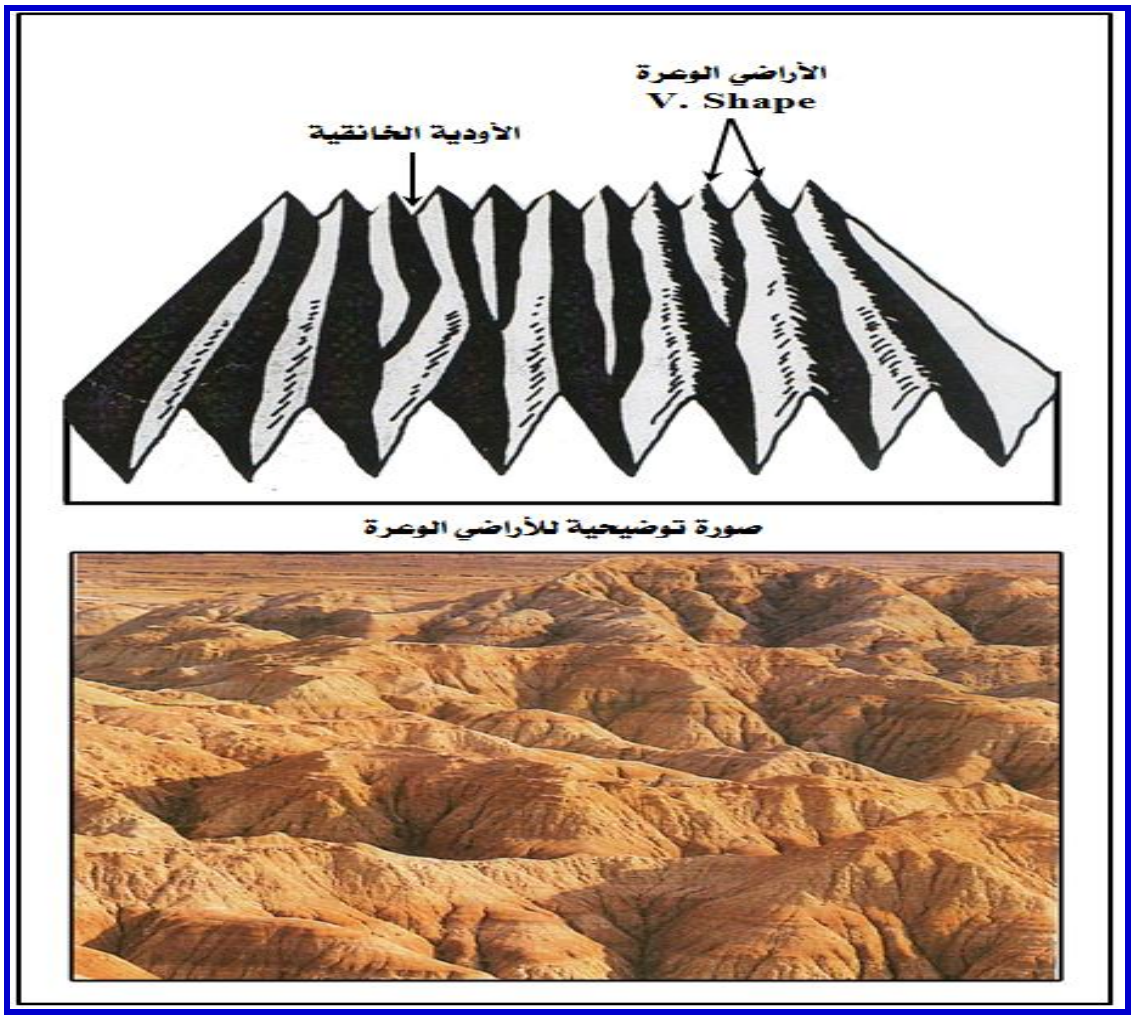
تتطور على معظم السطوح الانحدارية مسارات مائية تصريفية عقب التساقط المطري وتتباين هذه المسارات فيما بينها من مسارات مائية صغيرة Rills وقتية الجريان إلى مسارات مائية موسمية أو دائميه الجريان لتطور في النهاية شبكة الصرف المائي السطحي وتنحدر باتجاهات متباينة تبعاً لانحدار الأرض التي تتحرك عليها.

ب. الأراضي الوعرة : تتطور وفق الشروط التالية:

1. انحدارات أرضية متفاوتة في درجة انحداراتها.
2. صخور متباينة في درجة استجابتها للتعرية المائية.
3. نسبة عالية من الجريان المائي السطحي المتطور من تساقط مطري غزير مع انخفاض نسبة الترشيح نحو التكوينات تحت السطحية.
4. غطاء نباتي قليل واحياناً غير موجود.

وفقاً لما سبق تكون التعرية المائية شديدة في الصخور الهشة والرسوبيات السطحية مؤدية إلى تمزق السطح بمجموعة كثيفة من المسارات التصريفية أحياناً تكون خانقيه تأخذ شكل V-Shape شكل (20) يفصلها جروف حادة مما يجعل المنطقة شديدة الوعورة لا يمكن استثمارها في اي نشاط بشري لهذا اكتسبت اسمها من ذلك الأراضي السيئة (Badland) أو الرديئة وتسمى أيضاً بأرض الكتار. يوجد الكثير من الأراضي الوعرة في جبال الوطن العربي ومنها جبال العراق وفي معظمها موروثة من عصر البليوستوسين المطير.

شكل (20) الأراضي الوعرة



ج. السفوح الصخرية :

تمثل نهاية الدورة التحاتية للمنحدرات الجبلية في الأقاليم الجافة وشبه الجافة تتطور بعملية البدمتة (التبطح) Pedimentationالتي تعمل على تعرية المنحدرات الجبلية بفعل المياه واحياناً الرياح مما يؤدي إلى التراجع الخلفي للمنحدرات الجبلية لتكون مجموعة من السهول الشريطية الملتصقة مباشرة بإقدام الجبل. ولهذا تسمى بالسهول المحفورة تحت أقدام الجبال أو البيديمنت Pediment يناظر هذا المصطلح، مصطلح Peneplain يقصد به ايضاً السهول التحاتية التي تطورت من التراجع الخلفي للمنحدرات الجبلية ويستخدم بشكل عام على السهول التي تتطور في نهاية الدورة الحتية، وتسمى العمليات الجيومورفية التي تؤدي إلى إزالة تضرس الأرض بمنحدراتهِ المختلفة وتحويله إلى قاع صفصف(سهب) Peneplain بعملية التسهب Peneplanation .

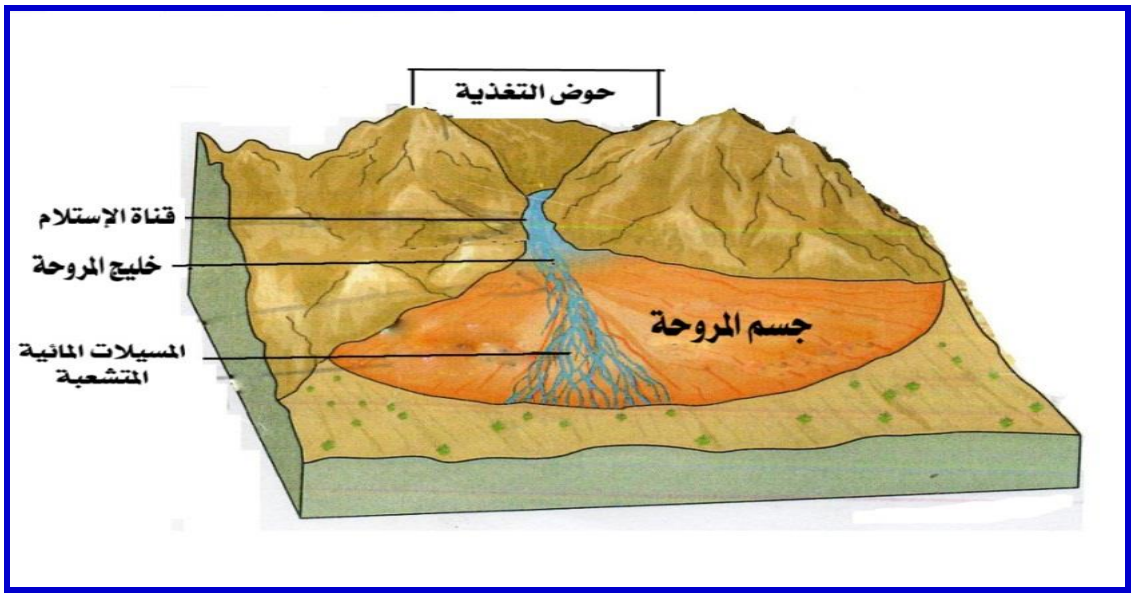
ثانياً: أشكال أرضية ترسبية :

أ. المروحة الفيضية الغرينية :

تتكون عندما تنحدر الأودية الموسمية الجريان محملة بالرواسب من السفوح الجبلية العليا إلى السهول المجاورة، وفي المنطقة الانتقالية تبدأ عملية الترسيب بسبب التغير في الانحدار (Break of slope) فتترسب الرواسب عند قدمات الجبال وتتخذ في البداية شكل مخروط (Cone) ثم يتطور باستمرار عملية الترسيب وانتشار الرواسب إلى مروحة (Fan) .

صورة (7) المروحة الغرينية.

مخطط توضيحي للمروحة الغرينية



تختلف المادة المكونة لترسبات المروحة في نسيجها من جلاميد كبيرة وحصى خشن كرأس لها إلى مواد ارسابية ناعمة في نهاياتها. وينتشر على سطحها شبكة من المجاري المائية ضحلة العمق ثنائية التشعب وغالباً ما تهجر هذه المجاري مساراتها من سيل إلى اخر تبعاً للمواسم المطرية المتعاقبة وغزارة التساقط المطري وهو مظهر مهم من مظاهر النشاط الدال على توالي عمليات التعرية والقطع لسطح المروحة، وهي من صفات المراوح النشطة الفعالة لتميزها عن المراوح البائدة التي تشكلت في عصر البليوستوسين المطير وانتهى نشاطها. وأصبحت مراكز استقرار بشري.

ب. سهول البجادا Bagada :

وتسمى كذلك البهادا (Bahada) تتطور عند التحام عدة مراوح غرينية لتكون نطاقاً رسوبياً يمتد عدة كيلومترات عند قدمات السلاسل الجبلية، وتكون سطوحها مائلة من قمة المروحة إلى قاعدتها اذ تكون ما بين(8–10درجة) قرب القدمات الجبلية لتصل إلى درجة أو اقل من ذلك عند نهاياتها. وابرز مثل لذلك السهول المروحية المتواجدة في الأجزاء الشرقية من جمهورية العراق والتي أقيمت عليها كل من مدينة بدرة وجصان ومندلي. وتتميز بكثرة وديانها المائية السطحية المنحدرة من السفوح الجبلية وتسمى(الكلالة). فضلاً لذلك تكون غنية بمياهها الجوفية لان اغلب المياه المنحدرة من السفوح العليا تنفذ وتترشح عبر الرسوبيات السطحية الخشنة المتواجدة في قمة المروحة، مما سهل استثمارها بشكل آبار يدوية ضحلة العمق.

الأنهار وأثرها في تشكيل سطح الأرض

المياه السطحية جزء من الدورة الهيدرولوجية العامة على سطح الكرة الأرضية تتطور بعد سقوط الأمطار وتشبع السطح العلوي للرسوبيات السطحية بالماء وما يزيد عن سعتها الحقلية يتطور بشكل مياه سطحية تتحرك على سطح الأرض تبعاً لانحدارها.

أشكال التدفقات المائية السطحية :

1. تدفقات مائية عشوائية (التدفقات الغطائية Sheet Flows):

تتطور عقب التساقط المطري وتتحرك بشكل أغشية مائية قليلة السمك منتشرة على حيز مكاني واسع ويتحكم في اتجاهها انحدار سطح الأرض وباستمرار التساقط المطري خاصة أثناء العواصف المطرية تتطور إلى فيضانات غطائية Sheets floods.

2. المسيلات المائية Rills :

تتطور من التدفقات المائية العشوائية يتحكم في اتجاهها الانحدار الأرضي وأحياناً تتخير المياه مظاهر الضعف الصخري كالشقوق والفواصل فتأخذها مساراً تتميز هذه المسيلات بأنها ضحلة العمق لا يتجاوز عمقها عدة سنتيمترات وبقصرها وكثرة عددها وغالباً ما تجف في موسم الجفاف وأحياناً تختفي معالمها.

3. الوديانValley:

تنشأ من المسيلات المائية بفعل عملية الاختزال الجدولي (Abstraction Valley) بعملية الاتحاد بين عدة مسيلات مائية لتكون وديانا أكثر عمقاً وطولاً وأقل عدد مع زيادة في التصريف المائي ويكون بعض منها دائمي الجريان أو متقطع والآخر موسمي، يكون لها دور مهم في تنشيط العمليات الجيومورفية من تعرية وترسيب.

4. القنوات النهرية الدائمة الجريان:

هي قنوات مائية ثابتة دائمية الجريان تطورت من التغذية المائية للأشكال المائية السابقة. إن كل تلك المسيلات المائية بأنواعها الأربعة تطور شبكة الصرف المائي السطحي للحوض المائي والخصائص الهيدرولوجية للنهر وسنعرفها كالآتي:

شبكة الصرف المائي:

انتظام المياه الجارية في شبكات متكاملة من الأودية المائية المتباينة في خصائصها الهيدرولوجية والشكلية تشكل هذه الشبكة نظام التصريف المائي (Drainage System). تتواجد الشبكة المائية في حيز مكاني يسمى حوض الصرف المائي.

حوض الصرف المائي Drainage System :

وحدة أرضية ذات خصائص مساحية وشكلية متباينة تنصرف المياه التي تسقط على هذه المساحة نحو قناة مائية مركزية قد تكون وادي وقتي أو موسمي أو دائم الجريان. لهذا يطلق عليه كذلك مصطلح حوض التغذية (Watershed) أو مناطق التغذية (Catchment area).

العوامل المؤثرة على الجريان والتصريف المائي في أحواض الأنهار والأودية الجافة:

أ – عوامل مناخية:

وتشمل ما يأتي:

1. نوع التساقط, فإذا كان مطرا يكون التأثير مباشر وسريع, اما إذا كان ثلوج فيكون متأخر وبطيء الى أن يتعرض الى الذوبان وبشكل تدريجي.
2. شدة التساقط, كلما كانت زخات المطر شديدة ارتفعت كمية التصريف وبالعكس.
3. فترة التساقط, يؤدي استمرار التساقط لفترة طويلة الى زيادة تشبع التربة ومن ثم زيادة كمية المياه الجارية التي تنقلها الأودية الفرعية او الثانوية الى الرئيسية.
4. توزيع التساقط فوق الحوض من الامطار والثلوج, فمن النادر أن يكون التوزيع متساويا فوق جميع أجزاء الحوض, فالتساقط بالقرب من المجرى الرئيسي يؤدي الى وصول المياه بسرعة وبكمية اكبر أليه لقلة الضائعات التي تتعرض لها, في حين تفقد السيول القادمة من مناطق بعيدة عن المجرى كميات كبيرة من المياه عن طريق التسرب و التبخر.
5. اتجاه حركة العاصفة المطرية, فإذا اتجهت نحو المنبع تصل المياه الى المجرى الرئيسي بشكل تدريجي ومنتظم, اما إذا كانت باتجاه المصب تصل المياه الى المجرى خلال فترة زمنية قصيرة مما ينتج عنها ارتفاع المناسيب بشكل سريع فتحدث فيضانات مفاجئة والتي يترتب عليها مخاطر كبيرة .
6. تأثير عناصر المناخ الأخرى كالحرارة والرطوبة والرياح والتي تتحكم بالتبخر.

ب– عوامل جيولوجية و طوبوغرافية:

وتتمثل بالجوانب آلاتية:

1. انحدار الارض , فكلما ازداد الانحدار ازداد التصريف وبالعكس.
2. شكل الحوض , يكون التصريف في الأحواض الدائرية والمخروطية الشكل افضل من المستطيلة لقلة المسافة التي تقطعها المياه من أطراف الحوض الى المجرى.
3. ارتفاع أطراف الحوض, يزداد التصريف في المناطق المرتفعة عما في المناطق المنخفضة او المنبسطة.
4. نوع استعمالات الارض نباتية أو عمرانية والتي تقلل من كمية التصريف .
5. نوع المكونات السطحية, فإذا كانت صماء لا تسمح بتسرب المياه فيزداد التصريف, اما التكوينات المسامية يزداد فيها التسرب ويقل التصريف, كما يكون التصريف في التكوينات الرطبة اكبر من الجافة

طاقة النهر :

إن طاقة النهر مهمة جداً في العمل الجيومورفي وتعتمد على المتغيرات التالية:

1. سرعة التيار المائي. 2. كمية التصريف. 3.الحمولة النهرية.

1- سرعة النهر:

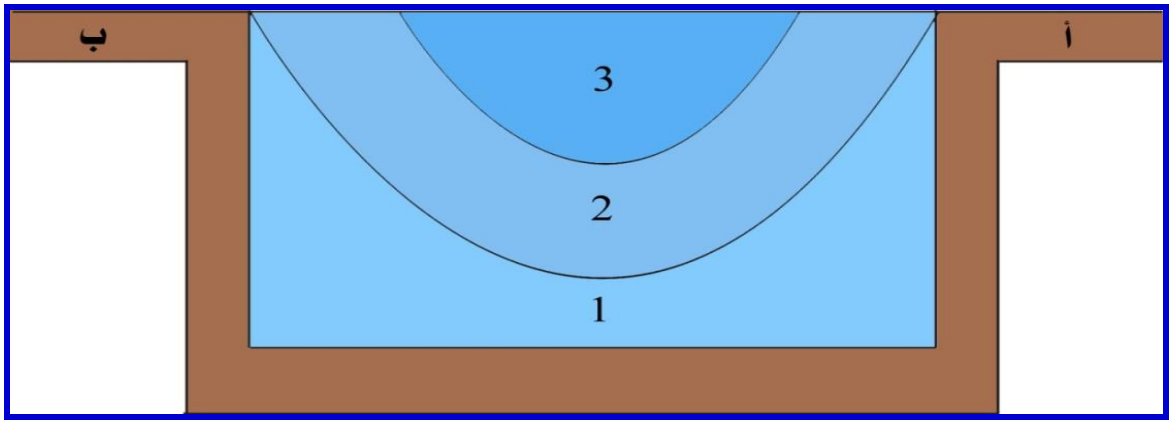
المسافة التي يقطعها التيار المائي خلال وحدة زمنية محددة وتقدر بوحدة مسافة على وحدة زمن مثلاً كم / ساعة.

تتوقف سرعة النهر على عدة متغيرات:

1. حجم المياه المارة في نقطة القياس.
2. الخصائص الشكلية للقناة المائية من حيث العمق والاستقامة.
3. انحدار القناة المائية.
4. الاحتكاك بين المياه والضفاف والقاع من جانب وبين كتلة الماء المتحركة والهواء الملامس لها.

وتبعاً لذلك تتباين سرعة التيار في المقطع العرضي تبعاً للمتغيرات الآنفة الذكر (شكل 21).

الشكل (21)مقطع عرضي للنهر يوضح سرعة التيار المائي.



1. سرعة قليلة التيار. 2. سرعة متوسطة. 3. سرعة شديدة.

1. سرعة قليلة: تكون في الأجزاء السفلى من النهر لأن النهر يصرف جزء من طاقته للتغلب على قوى الاحتكاك بين كتلة المياه المتحركة وقاع وجوانب النهر.

2. سرعة متوسطة: تتواجد ضمن كتلة المياه المتحركة لأن الطاقة التي يصرفها التيار المائي من أجل التقدم للأمام تكون اقل لتجانس الوسط الذي يتحرك به (كتلة الماء).

3. سرعة شديدة: هي أكثر أجزاء النهر سرعة، هي الجزء السطحي العلوي الذي يقع فوق جزئه العميق الوسط، لأن الماء تتحرر في سطحه العلوي من الاحتكاك من الصخور وكتلة الماء باستثناء ملامسته للهواء.

2- التصريف المائي (الايراد المائي):

كمية المياه المارة في مقطع معين ضمن المجرى المائي وتقاس بوحدة حجمية على زمن (قدم مكعب أو متر مكعب في الثانية) ويؤثر في كمية التصريف مقدار التغذية المائية الواردة للقناة المائية وكذلك شكل القناة المائية من حيث العمق والاتساع والاستقامة.

3- الحمولة النهرية:

المجموع الكلي للارسابات الموجودة في النهر ويبقى النهر فعالاً من الناحية الجيومورفية طالما له القدرة على تحريك الحمولة ضمن مجراه.

تتنوع الحمولة إلى:

أولاً: حمولة ذائبة (غير ظاهرة): حمولة ناتجة من تجوية كيميائية لصخور القاع والمجرى وجميع أراضي التغذية المائية للنهر، وتحملها المياه بشكل أيونات ذائبة (غير مرئية) لكن نستدل عليها من الفحص المختبري للمياه. وهي التي تحدد عسرة المياه وصلاحيته للاستعمالات البشرية المختلفة.

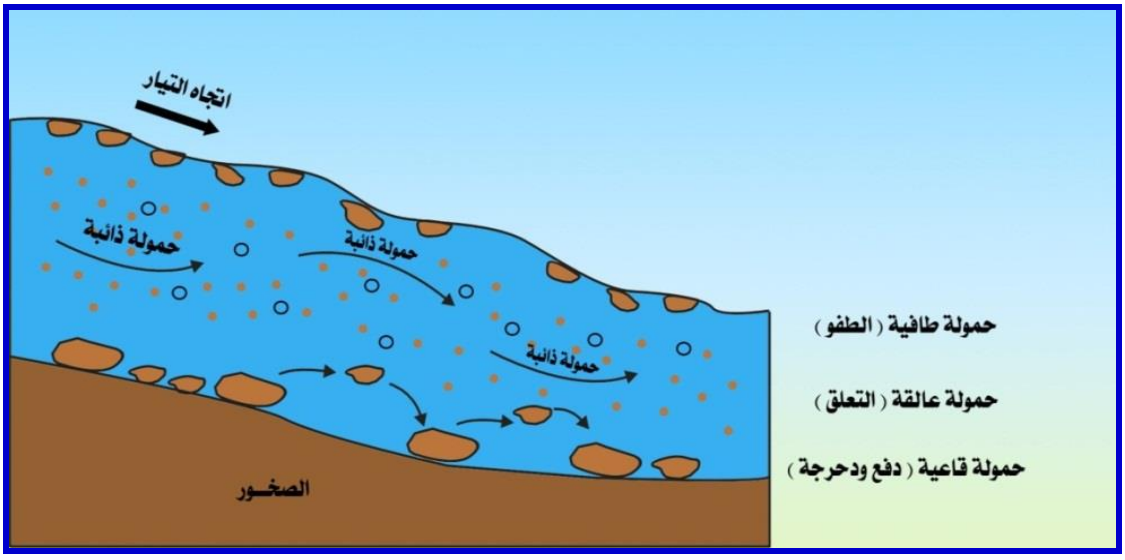
ثانياً: حمولة ظاهرية (مرئية): وتتنوع تبعاً لخصائصها الشكلية إلى:

1. حمولة طافية: تكون شوائب ونفايات وبقايا نباتات ليس لها دلالة جيومورفية لكنها تعكس طبيعة التلوث المائي للنهر.

2. حمولة عالقة: تكون جزيئاتها صغيرة جداً متمثلة بالطين والغرين وأحياناً الرمل الناعم وهي ناتج تجوية فيزيائية لصخور حوض الصرف المائي والقناة وهذه الحمولة لها دور مهم في تطور مظاهر أرضية سنوضحها في الفقرات القادمة.

3. حمولة قاعية: مواد إرسابية خشنة كبيرة الحجم متمثلة بالحصى والكتل الصخرية المتفاوتة في حجمها وشكلها والمتواجدة في قاع المجرى المائي.

شكل (22) الحمولة النهرية



كيف ينقل النهر حمولته :

ينقل النهر حمولته بالوسائل الآتية:

1. **طريقة الطفو Foalting** : ينقل بهذه الطريقة الحمولة الطافية فتبقى على سطح النهر.

2. **طريقة الذوبان:** حمولة غير ظاهرة للعيان متمثلة بالحمولة الذائبة يحملها النهر ضمن تياره وتستنفذ جزء من طاقته ابرزها الكاربونات والكبريتات والكلوريدات والأكاسيد.

3. **طريقة التعلق Suspension** : تنقل بهذه الطريقة الحمولة العالقة لصغر حجمها تبقى عالقة في مياه النهر حتى يصل إلى مصبه.

4. **طريقة الدفع والدحرجة:** تكون هذه الطريقة مجدية في الحمولة القاعية، لا يستطيع النهر أن يحملها لكبر حجمها بل يدفعها ويدحرجها على قاعه بفعل قوة الدفع الهيدروليكي للتيارات المائية خاصة أثناء الموجات التصريفية العالية في ذروة الفيضان. خلاصة لما سبق تزداد سرعة التيار المائي كلما ازدادت كمية التصريف المائي فتزداد قدرته على حمل الرسوبيات وزيادة فعاليته الجيومورفية والعكس صحيح.

أنماط التصريف حسب العامل المهيمن وكما يأتي:

يمكن ان تصنف الانهار الى عدة تصانيف تبعاً للمقياس المستخدم في ذلك. اذ تقسم الانهار استناداً الى:

اولاً . طبيعة جريان الماء في الوديان النهرية الى الاقسام التالية:

1. الانهار الدائمة الجريان. Permanent.

نعني بهذه الانهار تلك التي يستمر جريان الماء فيها طيلة العام وتسبب ظروف كثيرة حالة الجريان الدائم للأنهار منها.

ا. تكون كمية التساقط كبيرة وموزعة توزيعاً منتظماً طيلة العام. كما في انهار الاقاليم الاستوائية مثل الامازون والكونغو.

ب. ينبع النهر من بحيرة او من عدة بحيرات او يمر خلالها كما في النيل ومكنزي.

جـ. ينبع النهر من نهايات الغطاءات الجليدية او الثلاجات كما في نهري الدانوب والراين في قارة اوربا ونهر مزوري في قارة امريكا الشمالية.

د. يصبح النهر دائم الجريان اذا قام بتعميق اقسام من وادية الى ما دون مستوى الماء الباطني الدائم، الامر الذي يجعله يتغذى بكميات ثابتة من المياه الباطنية كما هو الحال في كثير من الانهار الموجودة في شمال العراق.

2. الانهار المتقطعة Intermittent.

وهي الانهار التي تنقطع عنها مصادر المياه في فترات، وتوجد هذه الانهار على الاغلب في الاقاليم التي يكون التساقط فيها فصلياً وتكون شائعة في الاقاليم شبه الجافة. تقسم هذه الانهار بدورها الى قسمين هما:

أ. **الانهار المتقطعة التي تتغذى بوساطة الينابيع**. اذ ينقطع الجريان من الانهار بسبب انها لم تقم بتعميق وديانها الى دون المستوى الدائم للماء الباطني ولذلك ينقطع تزويدها بالمياه الباطنية عندما يهبط مستوى الماء الباطني خلال الفترة الجافة من السنة.

ب. **الانهار المتقطعة التي تتغذى من الجريان السطحي المائي**. وينقطع الجريان عندما يتوقف التساقط في منطقة تغذية النهر لكونه ذا تساقط فصلي. ويصبح النهر فصلياً ايضاً اذا لم ينبع من مناطق مرتفعة تغطيها الثلوج او انه لا يمر في بحيرة او ينبع منها.

3. الانهار الوقتية Ephemeral.

تظهر هذه الانهار في المناطق الجافة وشبه الجافة، ولا يحدث اي جريان مائي فيها الا عقب سقوط الامطار على احواض ووديان تلك الانهار ويعتمد مقدار طول الفترة التي تجري فيها المياه في مثل هذه الانهار على كمية الامطار الساقطة وعلى الفترة التي استغرقتها عملية التساقط.

ثانياً. تصنيف الانهار تبعاً لنظمها:

يقصد بنظام النهر الطريقة او الاسلوب الذي تتصرف بموجبه مياه النهر، اي الفترات التي تكون فيها كمية التصريف عالية في النهر (الفيضان) والفترات التي تنخفض فيها كمية ذلك التصريف (الصيهود). اذ تصنف الانهار تبعاً لذلك الى:

1. الانهار ذوات النظام البسيط.

ترتفع مناسيب المياه في النهر وتزداد كمية التصريف في هذت النوع من النظام مرة واحدة في السنة ترتبط مع فترة التساقط الكبيرة او مع فترة زيادة التجهيز المائي من منطقة التغذية، وتنخفض كمية التصريف وتهبط المناسيب للنهر في فترة معينة اخرى من السنة تتفق مع انقطاع التساقط او تناقصه وقلة كمية التجهيز المائي من منطقة التغذية كما في نهري دجلة والفرات.

2. الانهار ذوات النظام المزدوج.

يظهر على انهار هذا النظام فترتان يرتفع فيهما منسوب المياه في النهر تحصران بينهما فترتين للمناسيب الواطئة والتصريف المائي القليل. وتعد الانهار الاستوائية مثالاً جيداً على هذه الحالة اذ توجد في المناخ الاستوائي قمتان للمطر تتفقان مع فترتي تعامد الشمس على الاقاليم الاستوائية الامر الذي يؤدي معه الى رفع مناسيب المياه في الانهار. وتنخفض تلك المناسيب في فترتي قلة المطر النسبية المحصورة بين هاتين القمتين، كما في نهري الأمزون والكونغو. ويمكن لهذه الحالة ان تحصل ايضاً الانهار التي تزود بالماء من الامطار الغزيرة في الخريف والشتاء ثم تقل الامطار بنهاية الشتاء ويقل معها التصريف النهري وتحدث زيادة ثابتة للتصريف عندما ترتفع درجات الحرارة في بداية الفصل الحار وتؤدي الى اذابة الثلوج المتجمعة في منطقة التغذية وتعد انهار جنوب اوربا التي تنبع من جبال الالب خير مثال على ذلك.

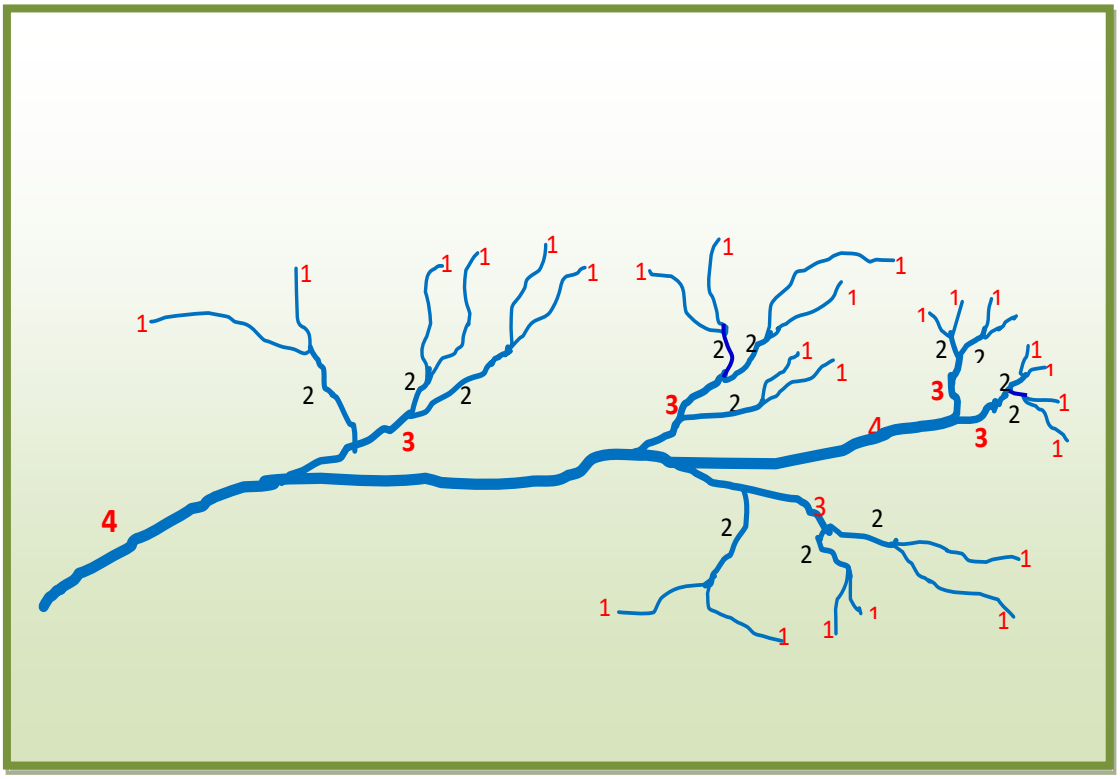
3. الانهار ذوات النظام المركب.

عندما تكون مساحة حوض النهر كبيرة جداً بحيث يمكن ان تضم انواعاً متباينة من الاقاليم المناخية او تشمل تضاريس متنوعة فان من غير المعقول ان يكون نظام الجريان في كل اجزاء النهر الذي يصرف مياه ذلك الحوض متشابهة وتتبع نظاماً واحداً ولذلك يصبح نظام الجريان مركباً فيها، وتعد انهار المسيسبي و الدانوب امثلة جيدة على ذلك. وتتصف هذه الانهار بكثرة روافدها وتباعد المسافات بين تلك الروافد.

ثالثاً. تصنيف الانهار تبعاً لمراتبها. River Orders.

كلما زادت مرتبة النهر فان من المتوقع ان تكون كمية المياه فيه كبيرة بسبب الروافد التي تغذية. و بعد عدة محاولات جرت لتصنيف الانهار تبعاً لمراتبها من لدن عدد من العلماء، يعد الدليل الذي وضعه هورتون Horton. من بين اهم وابسط تلك التصانيف التي وضعت وتم اعتمادها، اذ قام هورتون بتصنيف الانهار الى مراتب وهي كالاتي:

شكل (23) يوضح المراتب النهرية



1. انهار المرتبة الاولى، وهي الانهار التي ليست لها اية روافد.
2. انهار المرتبة الثانية، وهي الانهار التي تصب فيها انهار المرتبة الاولى فقط.
3. انهار المرتبة الثالثة، وتنشأ هذه الانهار من ارتباط الانهار التي تعود الى المرتبة الثانية وهكذا.

رابعاً. تصنيف الانهار تبعاً لنشأتها. Genetic Classification.

وتقسم تبعاً لنشأتها وطبيعة العلاقة بينها وبين ميل الطبقات الصخرية التي تجري عليها، الى عدة انواع منها ما يأتي:

أ- الانهار التابعة. وهي انهار تتبع مجاريها ميل الطبقات Consequent steam.

ب- الانهار العكسية. وهي انهار تجري باتجاه معاكس لميل الطبقات فتسمى احياناً بالمضادة.

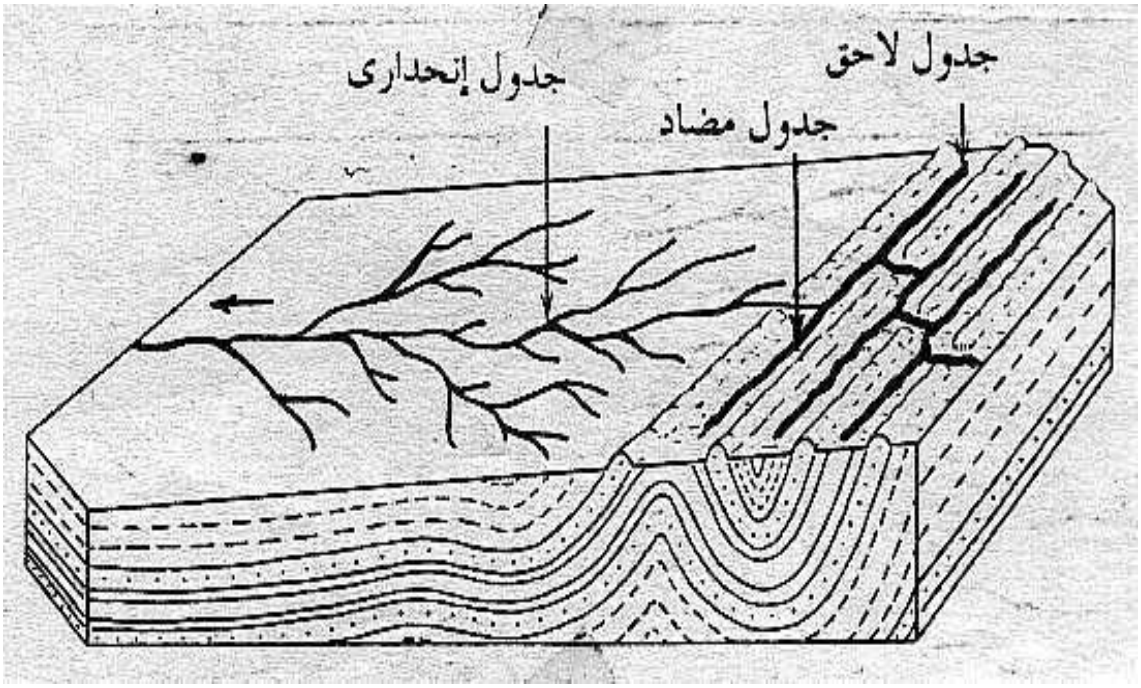
ج- الانهار التالية. وهي انهار تجري مع مضرب الطبقات او بشكل مواز لخط الظهور.

د- الانهار العشوائية. وهي انهار تجري في اتجاهات لا علاقة لها بميل الطبقات.

شكل رقم(5- 8)

أنماط التصريف حسب ميل

الطبقات



خامساً. تصنيف الانهار تبعاً لنمط التصريف. Drainage Pattern.

تتحكم طبيعة التضاريس ومكوناتها بالتصريف النهري فنتج عن ذلك ظهور أنماط متميزة في المناطق التضاريسية المختلفة الجبلية و الهضبية والمنبسطة والمنخفضة, ومنها ما يأتي:

1- التصريف الشجري:

يسود هذا النوع من التصريف في المناطق الصخرية المتجانسة التركيب والبنية, اذ تلتقي الروافد مع بعضها بزاوية حادة وتكون كثيرة وقصير الروافد ة فتأخذ شكل شجري, شكل رقم (5- 9أ).

2- التصريف المتشابك:

يظهر هذا النوع في المناطق ذات الحافات الصخرية والكويستات, حيث تكون الأنهار طولية ومتوازية وتتجه مع ميل الطبقات وتتصل بها روافد عرضية تشق مجراها في التكوينات اللينة أو الضعيفة وبزاوية قائمة, وينتشر على هذا النوع في المناطق ذات التراكيب الصخرية المتباينة الصلابة والمتضمنة صدوع وكسور وفواصل تتبعها المجاري, شكل رقم (5-9ب).

3- التصريف المستطيل:

يتكون هذا النوع في المناطق التي تحتوي على مفاصل وفوالق وصدوع التي تتبعها المجاري وتلتقي مع بعضها بزوايا قائمة وتأخذ شكلا مستطيلا, شكل رقم (5- 9ج).

4- التصريف المركزي:

تتجه بعض المجاري في جريانها نحو المخفضات الحوضية من عدة جهات مثل الأنهار التي تنحدر نحو البحيرات البركانية, شكل رقم (5- 9د).

5- التصريف المتوازي:

وهي مجاري طولية تجري بشكل متوازي وتفصل بينها مسافات متقاربة, ويوجد في المناطق الصحراوية التي تغلب عليها صفة الانبساط, شكل رقم (5-9هـ).

6- التصريف الشعاعي:

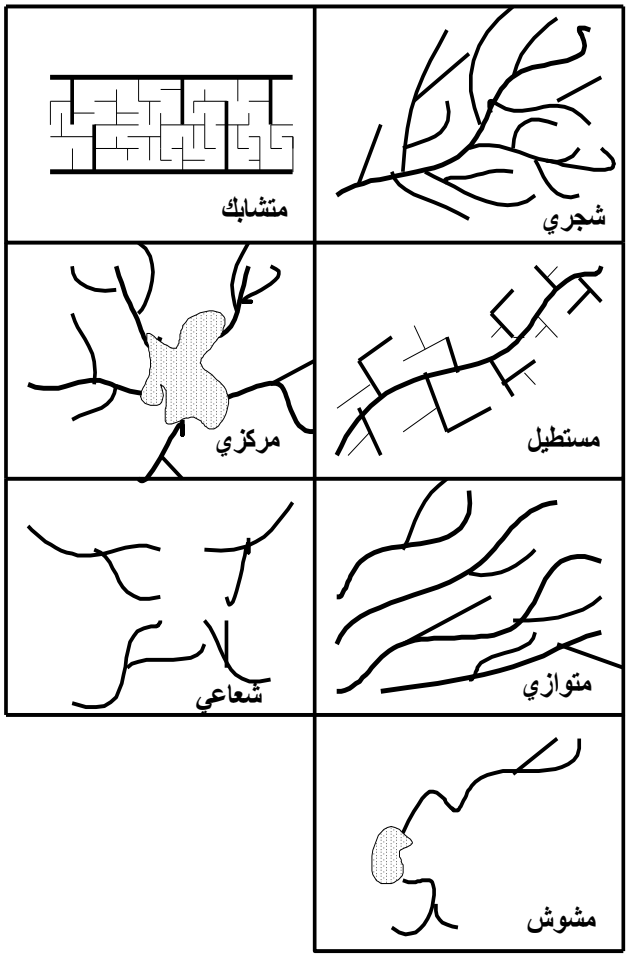
تتجه المجاري التي تنحدر من أعلى القمم الجبلية في اتجاهات عديدة متخذة شكل شعاعي, شكل رقم (5-9و).

7- التصريف المشوش:

يتكون هذا النوع في ظروف مناخية معينة حيث لا تتخذ المجاري شكل واضح وثابت ومنتظم اذ تتضمن الأجزاء العليا من تلك المجاري التواءات ويمر في مستنقعات واسعة, ويعد هذا النوع قليل الوجود وربما كان سائدا في الأزمنة الجيولوجية القديمة عندما حدثت تغيرات مناخية كبيرة, شكل رقم(5-9ز).

شكل رقم(5- 9)

أشكال التصريف حسب بنية الطبقات ونوع التضاريس



اسس الجيومورفولوجيا

مع دعائي لكم بالتوفيق والنجاح.

تدريسي المادة

الدكتور
امير محمد خلف الدليمي
كلية التربية للعلوم الانسانية/ قسم الجغرافيا

2021 – 2020

المصادر المعتمدة:

1. عبدالآله رزوقي كربل، علم الاشكال الارضية "مصدر اساسي"
2. حسن سيد احمد ابو العينين، اصول الجيومورفولوجيا "مصدر ثانوي "
3. سعد عجيل الدراجي، الجيومورفولوجي "مصدر ثانوي"
4. سعد جاسم محمد، ياسين ضاحي عواد، اساسيات علم الجيومرفولوجيا "مصدر ثانوي"