جامعة الانبار

كلية التربية للعلوم الإنسانية

القسم العلمي: الجغرافية

المرحلة الدراسية: الثالثة

المادة: امريكا الشمالية

محاضرات مادة: جغرافية الزراعة

1. مفهوم الجغرافية

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. G. Gillbort. (1843 – 1918)

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. W. Penek (1888 – 1924)

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 من ان دافيز اكد بان السهل التحاتي الذي يتكون في 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 من 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 جرين Lothian 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:

آولاً- 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 (Russell 1877 – 1957) 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

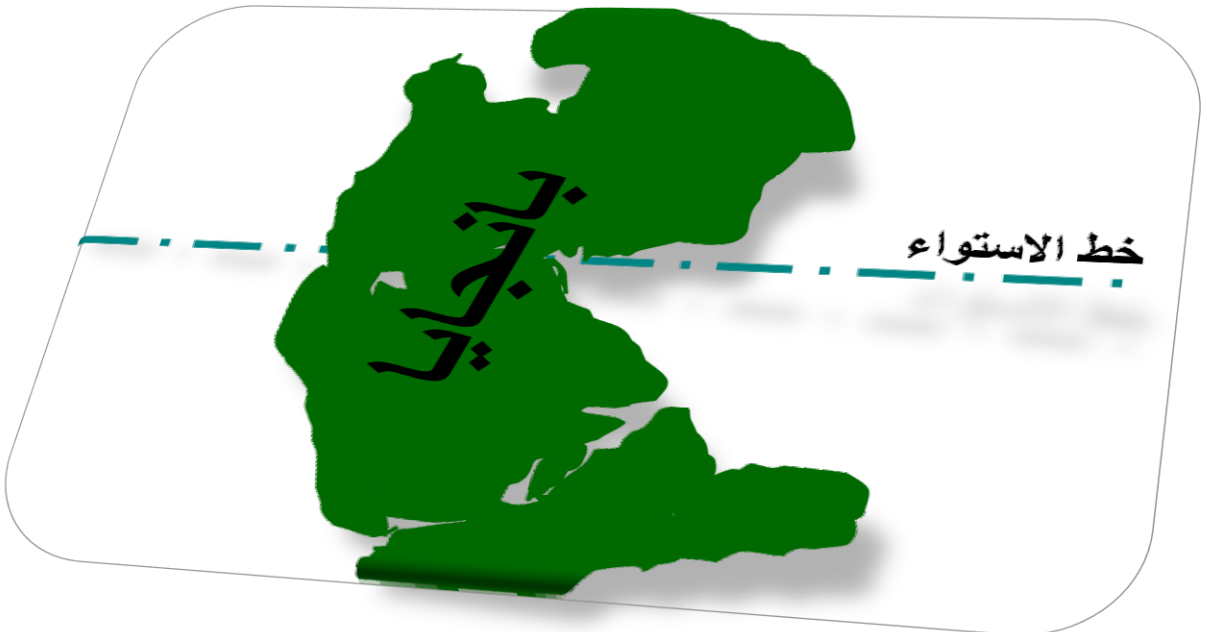
طبيعة قشرة الارض وظواهرها فضلاً عما اضافته اعمال استكشاف قيعان المحيطات ولاسيما المحيط الاطلسي والتي بدأت في الاربعينيات من القرن العشرين فقد اكتشفت سلسلة المرتفعات المغمورة الممتدة في وسط قاع المحيط الاطلسي بين الشمال والجنوب بموازاة ساحلي الشرقي والغربي وقد اطلق عليها حيد منتصف الاطلسي Ridge Atlantic 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.

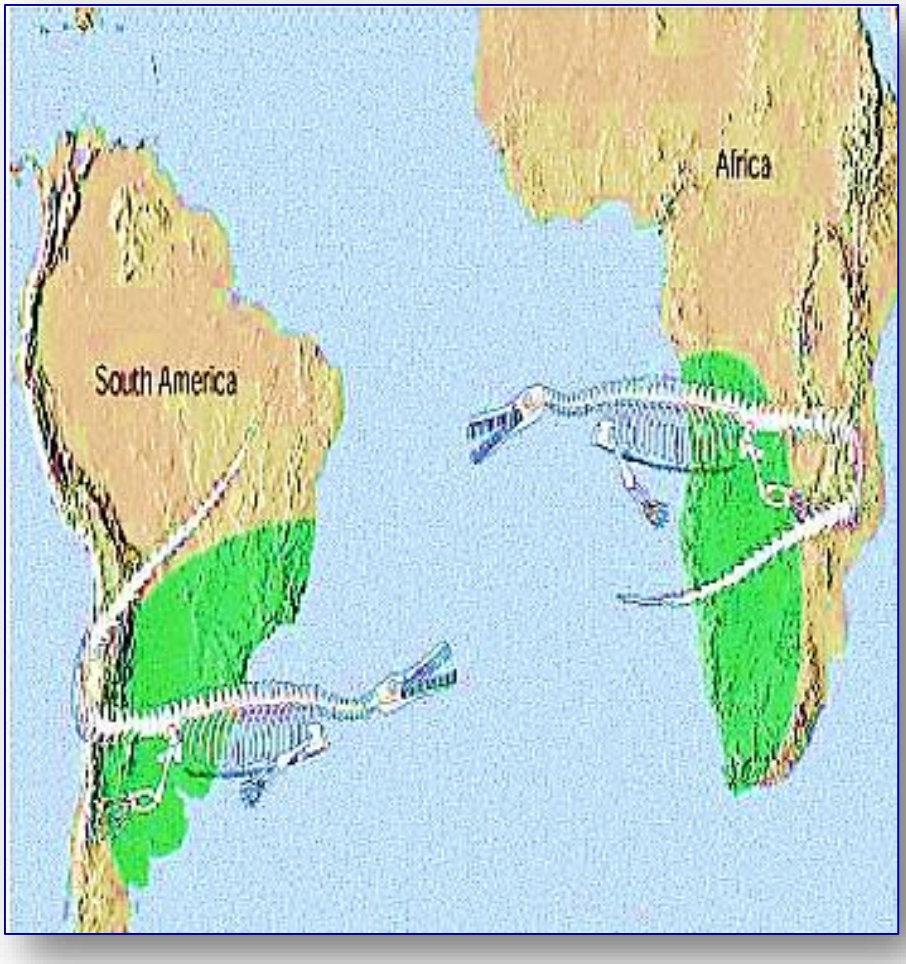
قد حاول فجنر في بداية طرحة لنظريته تطبيق سواحل غرب أفريقيا على سواحل أمريكا الجنوبية كما موضح في الخارطة (3) آلا انه واجهه كثير من المصاعب وتحت ضغط الانتقادات الشديدة الموجهة لنظريته ولأن السواحل قد تعرضت لكثير من عمليات التعرية والارساب الناجمة عن الأمواج والأنهار والتيارات البحرية على الجانبين فقد 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).



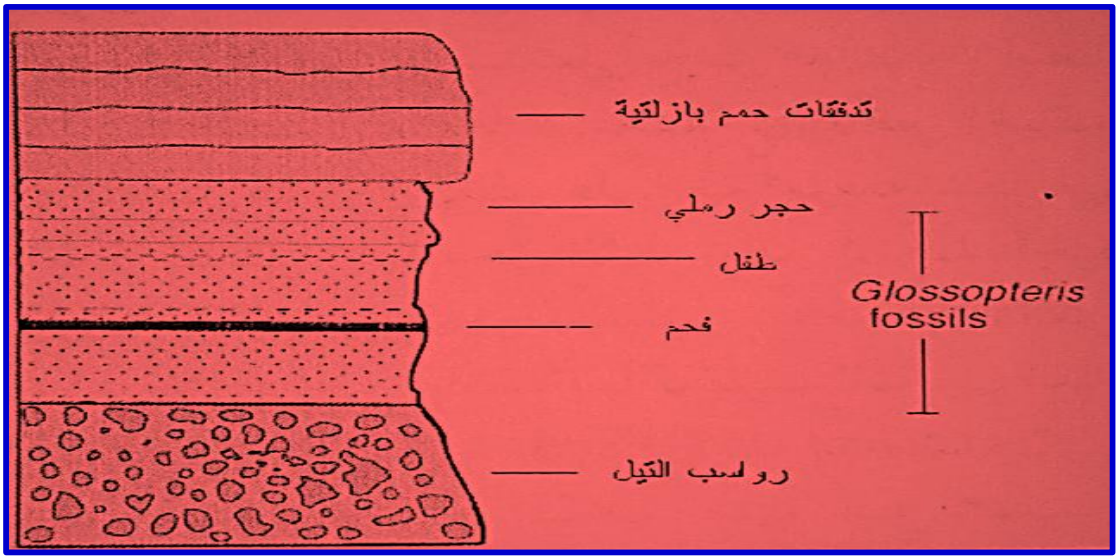
3. تشابه التركيب الصخري.

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.

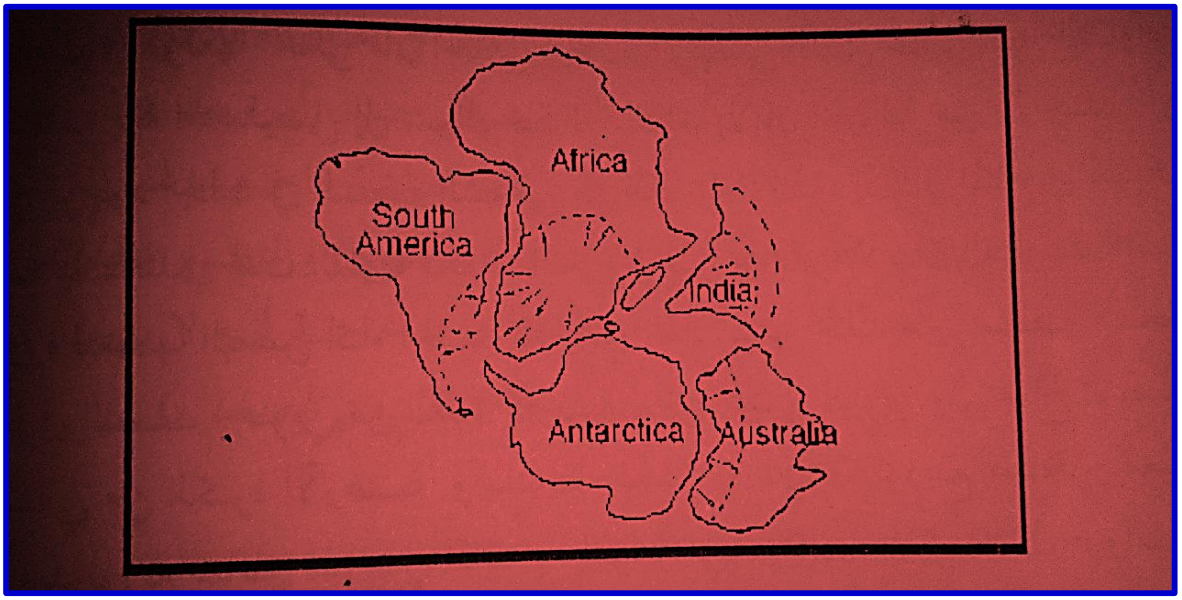


4. آثار الغطاءات الجليدية.

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 الأدلة 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 أّذ 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. ویرى 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 فـــي نظريتـــه الخاصة بالتيارات الصاعـــدة محيطاً عظيماً سماه محيط مـــا 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).