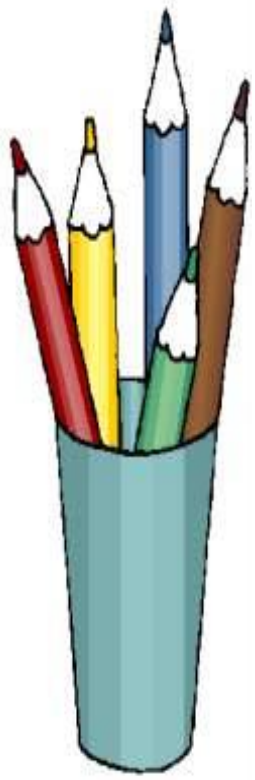
الفصل الثالث

النظريات الحديثة التي تفسر توزيع اليابس والماء (تكتونية الصفائح والانجراف القاري)

جامعة البصرة – كلية التربية للبنات – قسم الجغرافية

المرحلة الأولى – الدراسة الصباحية والمسائية

للعام الدراسي ٢٠٢٥ – ٢٠٢٦



إعداد المحاضرة من قبل:

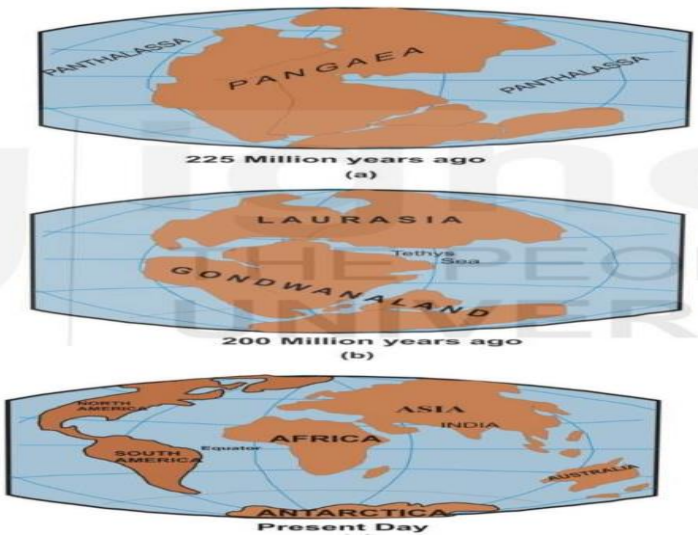
م.م زينب صائب الجمالي

النظريات الحديثة التي تفسر توزيع اليابس والماء (تكتونية الصفائح والانجراف القاري)

١- نظرية زحزحة القارات:

ألفريد لوثار فيجنر(١٨٨٠-١٩٣٠) عالم أرصاد جوية ومناخ وجيوفيزيائي ألماني يُنسب إليه الفضل في تطوير فرضية زحزحة القارات رسميًا. فقد جمع البيانات من الدراسات السابقة التي أجريت على انجراف القارات كما استنتج من الجيولوجيا وعلم الحفريات وعلم المناخ القديم وجغرافية الحيوان والجيوفيزياء ليقترح رسميًا فرضية زحزحة القارات في عام ١٩١٢. كانت فرضيته مفهومًا علميًا مبتكرًا تم تطويره في الأعوام ١٩٠٨-١٩١٢ والمعروف شعبيًا باسم فرضية زحزحة القارات لفجنر. وقد نشر هذه الفرضية في كتابه "أصل القارات والمحيطات" الذي ظهرت منه أربع طبعات خلال الفترة من ١٩١٥ إلى ١٩٢٨.وتنص هذه النظرية لفجنر على أن القارات الموجودة على الأرض كانت متصلة ببعضها البعض في نقطة زمنية واحدة وتشكل قارة عظمى. بعد ذلك، انفصلت إلى قارات مختلفة، وتحركت، وأخيرًا، وصلت إلى موقعها الحالي. أدرك فيجنر أنه بحلول عصر الحياة القديمة المتأخرة، كانت جميع القارات قد تجمعت في قارة عظمى وأطلق عليها اسم بانجيا (بمعنى "كل الأراضي" باللغة اليونانية) وكانت بانجيا محاطة بمحيط كبير، أطلق عليه اسم "بانثالاسا" (بمعنى "كل المحيطات"). علاوة على ذلك، اقترح أن بانجيا انفصلت، أولاً إلى قارتين عظميين أصغر مثل لوراسيا وجندوانالاند خلال العصر الجوراسي، ثم بحلول نهاية العصر الطباشيري، بدأت القارات في التحرك إلى مواقعها الحالية كما نرى اليوم (الشكل). يُعرف الجزء الشمالي من بانجيا باسم لوراسيا مزيج من تتكون قارة بانجيا من قارات شمالية مثل أوروبا وأمريكا الشمالية وآسيا باستثناء الهند. ويطلق على الجزء الجنوبي من قارة بانجيا اسم غوندوانالاند ويتكون من أمريكا الجنوبية وأفريقيا والقارة القطبية الجنوبية وأستراليا والهند ومدغشقر. ويفصل بين هاتين القارتين العظيمتين بحر على شكل إسفين يُعرف باسم "بحر تيثيس" (الشكل١). ومن المهم أن نلاحظ أن نظرية زحزحة القارات التي وضعها فيجنر تبدأ من عصر الحياة القديمة المتأخر ولم يصف زحزحة القارات قبل ذلك. ومع ذلك، فهذا لا يعني أن القارات لم تنجرف قبل عصر الحياة القديمة المتأخر.

شكل(١) قارة بنجايا وقارات العالم بعد تكسر القارة القديمة



خرائط توضح انجراف القارات من بانجيا إلى الوقت الحاضر:
أ) قارة بانجيا العظمى ؛ ب) بدأت بانجيا في التفكك إلى لوراسيا وجوندوانا منذ حوالي ٢٠٠ مليون سنة؛
ج) تفتتت في النهاية إلى القارات كما نعرفها اليوم.

اقترحت فرضية زحزحة القارات أن القارات قد نُحِتت من بانجيا وانتقلت عدة آلاف من الكيلومترات من مواقعها الأصلية. وهذا يثير استفسارين أولاً، لماذا انكسرت القارات في العصر البرمي، ولماذا لم يحدث ذلك بعد أو قبل العصر البرمي وثانياً، هل كانت القوة التي انكسرت بها بانجيا تتطلب قدرًا كبيرًا من الطاقة وانجراف القارات على قاع المحيط أو ببساطة آلية انكسار وزحزحة القارات. قبل فيجنر، كانت هناك آليات مثل الفيضانات والزلازل وما إلى ذلك وهناك بعض الادلة عن انجراف القارات ومنها.

أ. لغز الصور المقطوعة القارية:

شك فيجنر في أن القارات ربما كانت متصلة ذات يوم عندما لاحظ التشابه الملحوظ بين الخطوط الساحلية على الجانبين المتقابلين للمحيط الأطلسي. ومع ذلك، تحدى علماء آخرون على الأرض على الفور استخدام فيجنر للخطوط الساحلية الحالية لربط هذه القارات معًا.(أتكا أرنيركا أناستا).

وزعم هؤلاء المعارضون بشكل صحيح أن خطوط الشواطئ تتغير باستمرار بفعل تعرية الأمواج وعمليات الترسيب. وحتى لو حدث نزوح قاري، فإن التوافق الجيد اليوم لن يكون مرجحاً. وقد قرر العلماء في وقت لاحق أن التقريب الأفضل كثيراً للحد الخارجي للقارة هو الحافة البحرية لجرفها القاري، الذي يقع مغموراً بالمياه على بعد بضع مئات من الأمتار تحت مستوى سطح البحر. وفي أوائل ستينيات القرن العشرين، قام السير إدوارد بولارد واثنان من زملائه بإعداد خريطة تجمع بين حواف الجرف القاري لأميركا الجنوبية وأفريقيا على عمق نحو ٩٠٠ متر (٣٠٠٠ قدم). وكان التوافق المذهل الذي تم الحصول عليه أكثر دقة مما توقعه هؤلاء الباحثون.

ب. أنواع الصخور والخصائص الجيولوجية:

اكتشف فيجنر أن الصخور على جانبي المحيط الأطلسي متطابقة من حيث النوع والعمر. كما قام بمطابقة سلاسل الجبال التي لها نفس أنواع الصخور والهياكل والأعمار، والتي كانت الآن على جانبي المحيط الأطلسي المتقابلين. على سبيل المثال، كانت جبال الأبلاش في شرق الولايات المتحدة وكندا تشبه سلاسل الجبال في شرق جرينلاند وأيرلندا وبريطانيا العظمى والنرويج. وخلص فيجنر إلى أنها تشكل سلسلة جبلية واحدة انفصلت مع انجراف القارات.

ج. مطابقة الحفريات عبر المحيطات

لقد علم فيجنر أن أغلب علماء الحفريات (العلماء الذين يدرسون البقايا المتحجرة للكائنات الحية القديمة) كانوا متفقين على أن هناك حاجة إلى نوع ما من الارتباط بالأرض لتفسير وجود أشكال حياة مماثلة من العصر الوسيط على كتل أرضية منفصلة على نطاق واسع. وكما أن أشكال الحياة الحديثة الأصلية في أمريكا الشمالية مختلفة تمامًا عن تلك الموجودة في إفريقيا وأستراليا، فإن الكائنات الحية في القارات المنفصلة على نطاق واسع

خلال العصر الوسيط كان من المفترض أن تكون مختلفة تمامًا. وفيما يلي بعض الكائنات الحية التي يمكن العثور على حفرياتها في عدة قارات.

ج .المناخات القديمة

وبما أن ألفريد فيجنر كان طالباً في مجال مناخات العالم، فقد اشتبه في أن البيانات المناخية القديمة (باليو = قديم، مناخ = مناخ) قد تدعم أيضاً فكرة القارات المتحركة.وقد علم أن الأدلة على فترة جليدية تعود إلى أواخر العصر الباليوزوي قد اكتُشِفَت في جنوب أفريقيا وأميركا الجنوبية وأستراليا والهند. وهذا يعني أنه قبل نحو ٣٠٠ مليون سنة، كانت الصفائح الجليدية الضخمة تغطي أجزاء واسعة من نصف الكرة الجنوبي فضلاً عن الهند.

الاعتراضات على نظرية الزحزحة

١- كان أحد الاعتراضات الرئيسية على فرضية فيجنر نابعاً من عجزه عن تحديد آلية معقولة لانجراف القارات. فقد اقترح فيجنر أن قوى الجاذبية للقمر والشمس التي تنتج المد والجزر على الأرض قادرة أيضاً على تحريك القارات تدريجياً عبر الكرة الأرضية. ولكن الفيزيائي البارز هارولد جيفريز رد على هذا الاعتراض بشكل صحيح بأن قوى المد والجزر القوية بما يكفي لتحريك قارات الأرض كانت لتؤدي إلى توقف دوران كوكبنا، وهو ما لم يحدث بالطبع.

٢- كما اقترح فيجنر بشكل غير صحيح أن القارات الأكبر والأكثر صلابة اخترقت القشرة المحيطية الرقيقة، تمامًا كما تخترق كاسحات الجليد. ومع ذلك، لم يكن هناك أي دليل يشير إلى أن قاع المحيط كان ضعيفًا بما يكفي للسماح بمرور القارات دون تشوه القارات بشكل ملحوظ في هذه العملية.

ولكن لماذا لم يتمكن فيجنر من قلب الآراء العلمية الراسخة في عصره؟ كان السبب الرئيسي وراء ذلك هو أن فرضية الانجراف التي طرحها فيجنر، على الرغم من صحتها، كانت تحتوي على بعض التفاصيل غير الصحيحة. على سبيل المثال، لا تخترق القارات قاع المحيط، وطاقة المد والجزر أضعف كثيراً من أن تتسبب في تحرك القارات. وعلاوة على ذلك، لكي تحظى أي نظرية علمية شاملة بقبول واسع النطاق، فلابد وأن تصمد أمام الاختبارات الحاسمة من جميع مجالات العلوم. وعلى الرغم من المساهمة العظيمة التي قدمها فيجنر في فهمنا للأرض، فإن كل الأدلة لم تدعم فرضية الانجراف القاري كما اقترحها.

٢- نظرية الصفائح التكتونية:

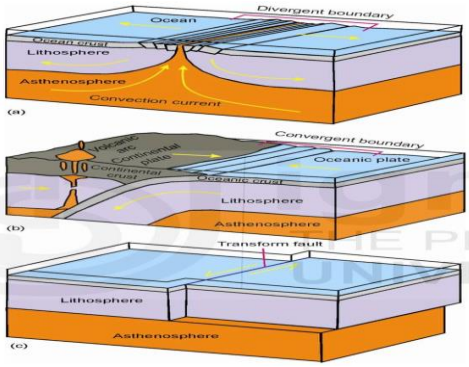
على الرغم من أن فرضية فيجنر حول الصفائح القارية كانت نظرية الانجراف مدعومة بالعديد من الأدلة، لكنها لم تستطع تفسير القوى المسؤولة عن انجراف القارات بشكل صحيح. يمكن تفسير آلية الانجراف القاري بشكل صحيح من خلال نظرية الصفائح التكتونية. تدرس نظرية الصفائح التكتونية دور تيارات الحمل الحراري في انجراف القارات، ولكن ليس بالطريقة التي اقترحها هولمز. تفترض هذه النظرية أن الكرة الأرضية تتكون من كتل صلبة تسمى "صفائح" تتكون من الغلاف الصخري الذي يطفو ويتحرك على طول تيارات الحمل الحراري فوق الغلاف المرن. الفرق الرئيسي بين نظرية الانجراف القاري وتكتونيات الصفائح هو أن الأولى تفترض الحركة داخل الغلاف الصخري نفسه، أي بين القارات والمحيطات بينما تتحدث الثانية عن الحركة الكلية للغلاف

الصخري فوق الغلاف المرن. تتكون الصفيحة التكتونية من الغلاف الصخري بالكامل. قد تتسبب تيارات الحمل الحراري في ثلاثة أنواع من حركات الصفائح مثل الصدع المتقارب والمتباعد والمتحول (الشكل٢) تحدث الحركة المتباعدة عندما تتحرك صفيحتان بعيدًا عن بعضهما البعض وتحدث الحركة المتقاربة عندما تتحرك صفيحتان تجاه بعضهما البعض. في حالة حركة الصدع المحول، لا تتحرك الصفيحتان بعيدًا ولا تجاه بعضهما البعض، لكنهما تنزلقان بجوار بعضهما البعض

قد تتسبب تيارات الحمل الحراري في ثلاثة أنواع من حركات الصفائح مثل الصدع المتقارب والمتباعد والمتحول (الشكل٢). تحدث الحركة المتباعدة عندما تتحرك صفيحتان بعيدًا عن بعضهما البعض وتحدث الحركة المتقاربة عندما تتحرك صفيحتان تجاه بعضهما البعض. في حالة حركة الصدع المحول، لا تتحرك الصفيحتان بعيدًا ولا تجاه بعضهما البعض، لكنهما تنزلقان بجانب بعضهما البعض.

تقول نظرية الصفائح التكتونية أن القارات تنجرف بعيدًا عن هوامش الصفائح المتباعدة، والتي تقع عادةً عند التلال المحيطية الوسطى. تقع التلال المحيطية الوسطى عادةً في الأماكن التي تتحرك فيها دورتان من تيارات الحمل الحراري لأعلى وتتباعدان عندما تصلان إلى الغلاف المرن ونتيجة لذلك، تتباعد أيضًا الصفائح الليثوسفيرية العائمة فوق هذه التيارات وتجعل الجزء القاري من الصفيحة الليثوسفيرية ينجرف بعيدًا. ترتفع الصهارة الجديدة المتولدة من حجرة الصهارة الموجودة في العمق لملء الفجوة التي تطورت بسبب الحركة المتباعدة للصفيحة عند التلال المحيطية الوسطى. وبالتالي، تضاف الحمم البركانية الجديدة إلى قاع المحيط لتكوين قشرة محيطية جديدة في كلا هامشي الصفائح المتباعدة. تضاف القشرة المحيطية المتكونة حديثًا لنشر قاع المحيط. تحدث هذه العملية بطريقة تجعل أحدث القشرة الأرضية توجد دائمًا على طول التلال المحيطية الوسطى وتقع أقدم قاع للمحيط على جوانب المحيط باتجاه القارة تعمل القشرة المحيطية المتكونة حديثًا على تحريك الصفيحة بأكملها بما في ذلك الجزء القاري المرتبط بالصفيحة، بشكل متماثل بعيدًا عن مركز انتشار المحيط، أي التلال المحيطية الوسطى. ونتيجة لذلك، تنجرف القارات أيضًا بعيدًا عن التلال المحيطية الوسطى، وبالتالي، توفر أفضل آلية للانجراف القاري. يقدم المحيط الأطلسي مثالاً نموذجيًا لمثل هذا الانجراف القاري كما هو موضح في الشكل(٢).

شكل(٢) انواع حدود الصفائح التكتونية



أ) متباعدة؛ ب) متقاربة؛ ج) صدع تحويلي. تشير الأسهم إلى اتجاه الحركة

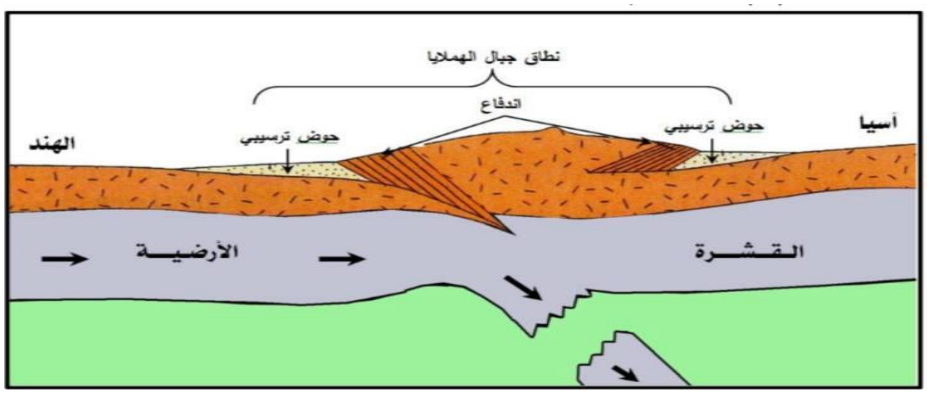
المصدر: الباحثين بالاعتماد على

http://geologylearn.blogspot.com/2016/02/what-do-we-mean-by-plate-tectonics.html

٣- نظرية التيارات الصاعدة:

جاءت هذه النظرية لتفسير سبب حركة الألواح عند فجنر بين العالم البريطاني أرثر هولمز ١٩٦٤ .A Holmes أن حركة الألواح القارية يرجع سببه لوجود مناطق ساخنة اسفل القشرة الأرضية في الجزء السفلي للوشاح) سببها تركيز العناصر المشعة فيها يتطور عنها تيارات حرارية صاعدة هي المسؤولة عن حركة الألواح باتجاهات متباينة تبعاً لاتجاهات التيارات الحرارية. تستمر الألواح في حركتها فوق طبقة السيما إلى أن تعترض طريقها عقبات أرضية صلبة ثابتة قد تكون لوح قاري أو لوح محيطي فتصطدم بها بقوة كبيرة، منطقة التصادم تتشوه وتندفع إلى الأعلى مكونة التواءات جبلية (الشكل ٣) وأبرز مثل لذلك سلاسل جبال روكي وجبال الانديز تطورت من اصطدام لوح الأمريكيتين واستراليا بلوح قاع المحيط الهادي وسلسلة جبال هملايا ارتفعت بسبب تصادم الهند بكتلة آسيا في أثناء الميوسين. وأحياناً يتقابل لوح محيطي مع لوح محيطي آخر ليكون غور محيطي مثل غور تونجا جنوب المحيط الهادي.

شكل(٣) التصادم بين لوحين قاريين وتكوين الجبال المحدبة



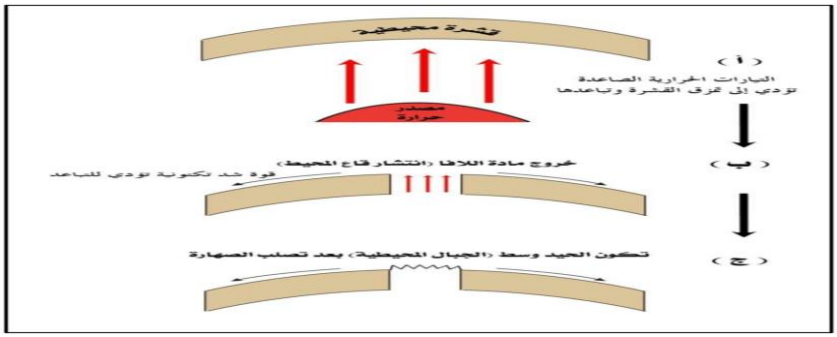
المصدر: اسباهيه يونس المحسن ، الجيومورفولوجيا اشكال سطح الارض ، قسم الجغرافية ، كلية التربية ،جامعة الموصل ،الطبعة الاولى ، العلا للطباعة والنشر ، ٢٠١٣،ص ٣٥.

٤- نظرية انتشار قاع المحيط :

قام عالم الجيولوجيا الأمريكي هاري هيس (١٩٠٦–١٩٦٩) بدراسة دقيقة لخريطة وتضاريس التلال المحيطية الوسطى، والخصائص المغناطيسية للصخور على جانبي التلال المحيطية الوسطى، كما قام بفحص قاع المحيط في سياق فرضية الانجراف القاري. وفي عام ١٩٦٢، اقترح فكرة حول كيفية انتشار قاع البحر، عندما ترتفع الصهارة إلى سطح قاع المحيط من وشاح الأرض. تُعرف فكرته رسميًا باسم انتشار قاع البحر، والتي دعمت بشكل غير مباشر فرضية الانجراف القاري لفيجنر. لقد أثبت أن التلال العملاقة موجودة في منتصف جميع المحيطات الرئيسية وهي نتيجة للصهارة البازلتية المتولدة باستمرار من الوشاح والتي ترتفع على طول محاور التلال وتخلق قاع محيطات جديدة (أي القشرة المحيطية). يدفع قاع المحيط المتشكل حديثًا قاع المحيط المتشكل بالفعل بعيدًا عن المحور. بهذه الطريقة، تتحرك القشرة الأرضية المكونة من قيعان المحيطات والقارات وجزء من الوشاح العلوي فوق الغلاف المرن الساخن واللين الذي يقع تحتها. اعتبر هيس أن انتشار قاع البحر كان الآلية المفقودة لانزلاق القارات كما اقترح فيجنر. وفي وقت لاحق، تم دمج سلسلة من الاكتشافات في الجيولوجيا والجيوفيزياء بين عامي ١٩٥٠ و١٩٧٠ في الانجراف والفرضيات الحالية التي أعادت صياغة كامل

مخطط الجيوتكتونيات، وكان هذا البداية من مفهوم المغناطيسية القديمة وانتشار قاع البحر. وتُعرف التلال المحيطية الوسطى بأنها حدود الصفائح المتباعدة، حيث تنتشر قاع البحر عبر محور التلال عن طريق دفع الصخور البازلتية القديمة المتكونة جانبيًا عندما تأتي المواد المنصهرة إلى الأعلى من الوشاح العلوي (أي الغلاف المرن) وتنفجر عبر البراكين تتراكم المواد المنصهرة على طول حواف الحدود وتشكل تلال المحيط. أثناء الانتشار على جانبي التلال، تدفع المواد المنصهرة قاع البحر الأقدم للتحرك بعيدًا عن التلال نحو خنادق أعماق البحار البعيدة الواقعة عند الحدود المتقاربة. عند الحدود المتقاربة، ينحني قاع البحر المكون من أقدم قشرة محيطية في اتجاه لأسفل ويدفع نفسه ببطء إلى الداخل بزوايا متغيرة وهذا ما يسمى بالاندساس وأخيرًا، يتم استيعابه في الوشاح و في هذه العملية، يتمدد قاع المحيط ببطء مع التكون المتتالي للقشرة المحيطية عند التلال المحيطية الوسطى وتتباعد الحواف القارية على جانبي المحيط على سبيل المثال، أدى نمو المحيط الأطلسي إلى الانجراف بين أمريكا الشمالية وأوروبا. وبالتالي، فإن عملية إضافة مواد جديدة باستمرار (أي إنشاء قشرة محيطية جديدة) عند التلال المحيطية الوسطى التي أدت إلى توسع المحيطات وصفها هاري إتش هيس بأنها انتشار قاع البحر.

شكل(٤) انتشار قاع المحيط



المصدر: اسباهيه يونس المحسن ، الجيومورفولوجيا اشكال سطح الارض ، قسم الجغرافية ، كلية التربية ،جامعة الموصل ،الطبعة الاولى ، العلا للطباعة والنشر ، ٢٠١٣،ص٣٧.

آلية انتشار قاع المحيط

الآلية التي تدفع صعود الصهارة إلى سطح الأرض تسمى تيارات الحمل الحراري الإشعاع المتحلل تحت السطح يطلق الحرارة. ومع ارتفاع الحرارة، يرتفع الصخر المنصهر الساخن أسفل القشرةإلى الأعلى. هذا الحمل الحراري هو الذي يشكل التيارات ويدفع الصفائح التكتونية أو الليثوسفيرية إما معًا أو منفصلين. الصفائح الليثوسفيرية أو التكتونية هي جزء أو قطعة من الغلاف الصخري تتكون من قشرة قارية فقط أو قشرة محيطية فقط أو كليهما والجزء العلوي من الوشاح. ينتشر قاع البحر على طول حدود الصفائح المتباعدة، ولكنه ينكمش أيضًا على طول حدود الصفائح المتقاربة حيث يتم دفعه تحت السطح بواسطة صفيحتين تصادمتا مع بعضهما البعض وبالتالي، يتم بناء قاع البحر باستمرار في بعض الأماكن وتدميره في أماكن أخرى.