

الفصل الثاني عشر

تطبيقات جيوفيزيائية لحركات الألواح

*Geophysics Applied to Plate Tectonics

1.12 مقدمة Introduction:

من أواسط القرن العشرين، ازدادت المعرفة حول الظواهر الطبيعية للأرض، خاصة المعرفة حول تركيب وتطور القشرة الأرضية، وذلك نتيجة للاكتشافات الهامة من دراسات مقياس الأعماق، الميزومية، المغناطيسية، الجاذبية والإنسياب الحرارى. وقد أدت هذه الاكتشافات إلى قبول عام لنظرية إزاحة القارات ومهدت الطريقة لسفسطة أكثر ومفهوم ثورى لتباعد الأرضية البحرية (شرحت فى المغناطيسية القديمة سابقا).

الغرض من هذا الفصل، عرض مختصر لدور الاكتشافات الجيوفيزيائية الحديثة فى تحويل مفاهيم لحركات الكرة الأرضية إلى نظرية موحدة لحركات الألواح، والتي أمدت برؤيا قيمة لميكانيكية تطور وإعادة القشرة الأرضية.

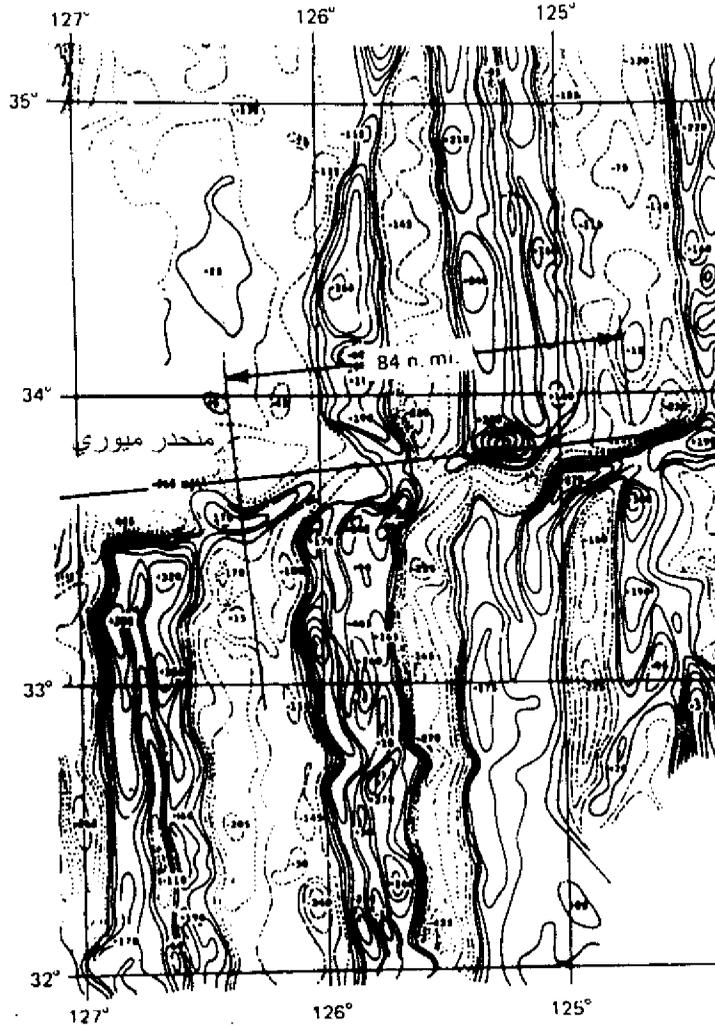
2.12 العناصر الأساسية لحركات الألواح Basic Elements of Plate Tectonics:

تطور مفهوم حركات الألواح من افتراضات تباعد الأرضية البحرية، بالإشتراك مع فكرة أول إقتراح ولسون 1965 J.T. Welson لنوع حديث "فالق متحول (مضربى الإزاحة)*".

1.2.12 فوالق متحولة (مضربية الإزاحة) Transform Faults:

هذه الفوالق ظاهرة لافتة للنظر فى عدد من الأماكن المقابلة للتواءات والأخاديد المحيطية حيث تلاحظ على طول مناطق الشقوق والتي رصدت بواسطة مسوحات المغناطيسية فى شرق المحيط الباسيفيكي حيث تشير لمقابلات كبيرة لنموذج شاذة المغناطيسية كما هو واضح فى شكل (1-12) على منطقة شق مندوكينو Mendocino حيث كان أكثر المقابلات كبيرا والذي بلغ أكثر من 1000 كم. خاصة وأن هذه المتقابلات أصبحت لغزا يلاحظ وذلك لمصاحبتها لإزاحة قصبة كبيرة المقياس تبدو لنهاية قطع مفاجئ على طول امتداده.

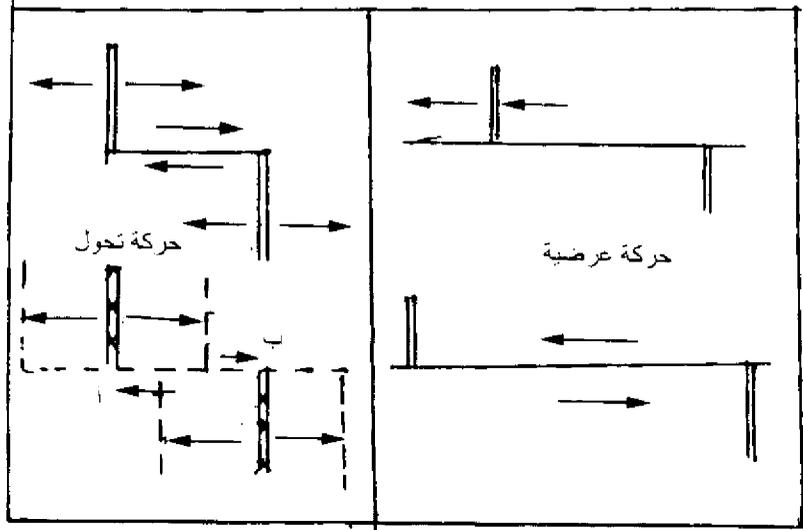
* هو الذى على طولته تقف الإزاحة فجأة أو تحول شكلها.



شكل (1-12): خريطة لشذوذ شدة مجال مغناطيسي كلي، الكنتور بالجاما. إزاحات شرائح الشاذات تدل على إزاحة أفقية 153 كم على طول كسر منطقة ميوري (ماسون 1958 Mason)

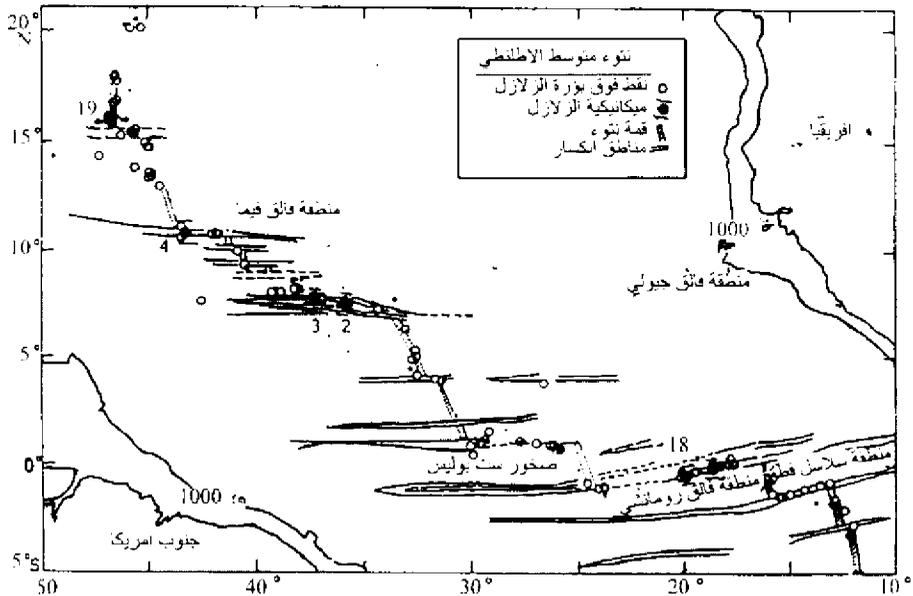
أيضا اقترح ولسون 1965 Wilson توضيح بتوسع بسيط كيف ان فوالق التحول ومضربية الإزاحة، حددت خلال نظرية نطاق تباعد أرض البحر، حيث فرض أن الشقوق التي أزاحت النتوءات المحيطية ووصلت الجزر عبارة عن سلاسل ليست فوالق مستعرضة* (trans current fault) "مضربية الإزاحة لمقياس واسع" ولكن فوالق تحول (مضرب الإزاحة) لبعض خواص مختلفة، ويوضح شكل (2-12) الفرق بينهما. في الفالق المستعرض، فإن الكتل على جانبي الفالق تتحرك في اتجاه الأسهم، لهذا، فإن الإزاحة تزداد مع الحركة العرضية كلما كان نشاط الفالق مستمر. في نتوء-نتوء فالق التحول (مضربى الإزاحة) تكون الإزاحة نشطة فقط في القطع الواقع بين النتوءات، وتبقى الإزاحة ثابتة وتكون اتجاه الحركة عكس المتوقعة بواسطة الحركة العرضية. تكون فوالق نتوء-نتوء التحول (مضربى الإزاحة) أكثر الأنواع شيوعا ولكن فوالق التحول (مضربية الإزاحة) يمكن أن توجد أيضا بين نتوء وأخدود أو بين أخدودين.

* فالق مضربى الإزاحة لمقياس واسع والذي فيه يميل سطح الفالق (دفع مستعرض) بشدة



شكل (2-12): الفرق بين نتوء-نموذج نتوء فالق (يسار) وفالق عرضي (يمين). تزيد الإزاحة مع الحركة العرضية بينما تبقى ثابتة مع حركة التحول. يستدل على قمة النتوء بواسطة قضبان متوازية

أتى دليل مؤيد لنظرية فالق التحول (مضربى الإزاحة) من علم الزلازل في طريقتين. الأولى، تصاحب فقط فوق البوارة الزلزالية مع نظام نتوء منتصف المحيط تكون محاذية على قمم النتوءات وعلى أجزاء من مناطق التشقق تبعاً للقطع أب، ليس خارج أب شكل (2-12). الثاني، من دراسة الحركة الأولى للزلازل على طول مناطق التشقق، يوجد اتجاه الحركة الأولى ليبرر ماذا يمكن توقعه على أساس تفلق تحولى (مضربى الإزاحة) مثال ذلك يوضح شكل (3-12) جزء من منتصف نتوء الأطلنطي، حيث ترى مواقع نقط فوق البوارة واتجاه الإنزلاق المعطى بواسطة دراسة الحركة الأولى للزلازل على قطاعات منطقة تشقق مستعرضة، وتكون جميع الزلازل على نظام نتوء-شق بؤر زلزالية ضحلة والتي يمكن توقعها بواسطة عملية تباعد أرضية البحار.



شكل (3-12): مواقع فوق البوارة (بوانر مفتوحة) على طول الجزء الاستوائى لنتوء منتصف الأطلنطي. ترى محطات ميكانيكية البوارة لست زلازل (الدوائر السوداء 1، 2، 3، 4، 18، 19) على مناطق الإنكسار (شرق-غرب). تشير الأسهم لإزاحة قصبية ومضرب مستوى استدلال الفالق علاوة على كل من هذه الميكانيكية (سيكس 1968 Sykes)

2.2.12 مفهوم الألواح والحركة النسبية :The Concept of Plates and Relative Motion

عمل أربع علماء ماكنز وباركر McKenzie and Parker 1967، مورجان Morgan 1968 ولى بيكون Le Pichon 1968 على قبول الصياغة النظرية وتطور مفهوم حركات الألواح.

الفكرة الأساسية هي أن طبقة سطح الأرض الصلبة (ليثوسفير) تقاس من تحطيم قوى فقط نسبيا على طول خط تحرك الأحزمة الضيق. هذه الأحزمة المكونة من نتوءات وأخاديد والمترابطة بالفوالق المتحولة (مضربية الإزاحة) تقسم المحيط القارى (ليثوسفير) إلى عدد من الطبقات الصلبة، كتل زلزالية "الواح" والتي لاتعانى تحطيم داخلى كبير، تكون الحركة النسبية بين الألواح ذات أهمية خاصة، كما أن هذه الحركة هي السبب الرئيسى لنشاط تكتونية الأرض، وهناك ثلاث أنواع ممكنة من حواف الألواح:

(i) إنشاء أو تباعد الإتصالات، حيث تتكون قشرة أرضية جديدة كألواح متحركة متباعدة (قمم منتصف المحيط).

(ii) هدم أو تقارب الإتصالات، حيث تنقلص القشرة (أحزمة ثنيات جبلية جديدة) كألواح يقترب كل للآخر، أو استهلاك لوح يدفع تحت الآخر (أخاديد محيطية).

(iii) محافظة أو إتصالات قصية (أو فوالق متحولة (مضربين الإزاحة))، حيث تنزلق الألواح أفقيا سالفة كل للآخر، وتحفظ القشرة.

تستخدم هندسة حركة اللوح على الكرة الأرضية كالاتى: إذا تحركت كتلتان بعيدان عن بعضهما، فيمكن وصف حركتهما النسبية كدوران أحدهما بالنسبة للأخرى، أو دوران الكتلتين فى إتجاه معاكس. ربما يتأكد قطب التباعد أو الدوران (لا تكون مختلطة أو مضطربة مع قطب الدوران الداخلى للأرض) تبعاً لحركة فتح نتوء المحيط فى طرفين.

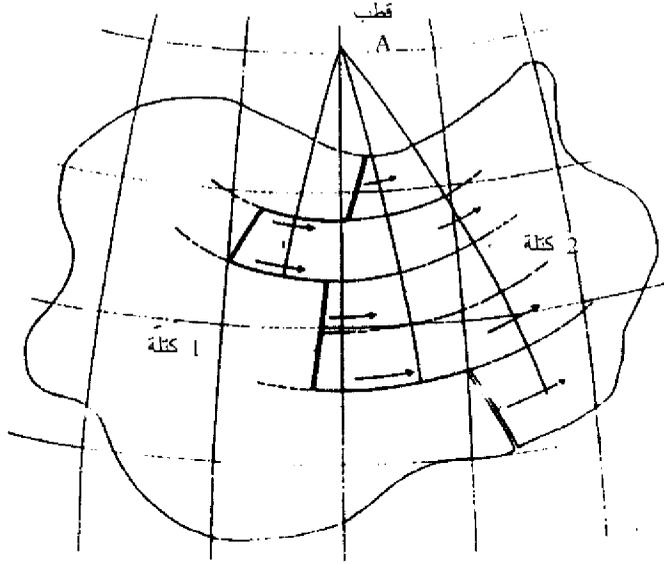
(i) حيث أن فوالق التحول (مضربين الإزاحة) التى قطعت النتوء تمثل إتجاه التباعد من محور النتوء، فإن مثل هذه الفوالق يجب أن تقع على دوائر خطوط عرضية صغيرة من مركز قطب التباعد A (شكل 4-12). من وجهة أخرى، الدوائر الكبيرة المتعامدة على فوالق مضربية التحول يجب تقاطعها عند قطب التباعد.

(ii) معدل التباعد (سرعة الحركة النسبية) عند النقطة على طول النتوء تتغير طالما جيب تمام الزاوية لخط العرض λ تتناسب لقطب التباعد A، وبذلك يكون معدل التباعد صفر عند A (حيث $\lambda = 90^\circ$) وعظمى عند مكان النتوء التى تقطع خط الإستواء المرسوم حول القطب A.

بينما يحدد معدل التباعد من تحديد أزمنة الإنعكاسات المغناطيسية (كرونولوجى) المعروفة جيدا، فإن مراكز الدوران تحدد بواسطة إحدى الطريقتين السابقتين المتوافقتين تقريبا جيدا (جدول 1-12). وقد وجد أن معدل دوران زوايا الكتل فى هذه الطريقة تكون من رتبة 10^1 أو أقل لكل مليون سنة.

3.2.12 ألواح سطح الأرض الكبيرة Major Plates of the Earth's Surface

لمواجهة نشاط تكتونية الكرة الأرضية قسم لى بيكون Le Pichon 1968 سطح الأرض إلى ستة ألواح كبيرة والتي يوجد بينها تأثيرات، وذلك من نظام سيزمية الأحزمة النشطة المحيطة بالعالم كما فى شكل (12-5). بعد ذلك ذكر أتنى عشر لوحا بعد إضافة 6 ألواح إضافية لنموذج مورجان Morgan 1971. يلاحظ التوافق القريب لحدود الألواح مع توزيع نقط المركز الزلزالية. يرى فى شكل (2-26) اتجاهات الحركات النسبية عند



شكل (12-4): علاقات هندسية ترى دوران الواح التتوءات حول (قطب التباعد) (مورجان 1968 Morgan)

جدول (12-1). أقطاب لحظية ومعدلات دوران بين أزواج مختلفة من ألواح متجاورة محددة بواسطة (لي بيكون 1968 Le Pickon) لنماذج ستة ألواح .

معدل الدوران (7-10 درجة/سنة)	خط طول	خط عرض	الزوج اللوحى والمعاملات المستخدمة
3.7	غرب 37 غرب 32	شمال 58 شمال 69	جنوب الأطلنطى (أمريكا - أفريقيا) خط مضرب لـ 18 منطقة تشققات 9 معدلات تباعد
6.0	غرب 47	شمال 35	شمال الباسيفيكي (أمريكا - باسيفيك) خط مضرب لـ 32 منطقة تشققات
4.0	شرق 21	شمال 26	المحيط الهندي (أفريقيا - الهند) خط مضرب لـ 5 مناطق تشققات
2.8	شرق 102	شمال 78	المحيط الأركنتيكي (أمريكا - إيوراسيا) خط مضرب لـ 4 مناطق تشققات
10.8	شرق 118 شرق 123	شمال 70 جنوب 68	جنوب الباسيفيكي (انتراكيا - ساسيفيك) خط مضرب لـ 6 مناطق تشققات 11 معدل تباعد

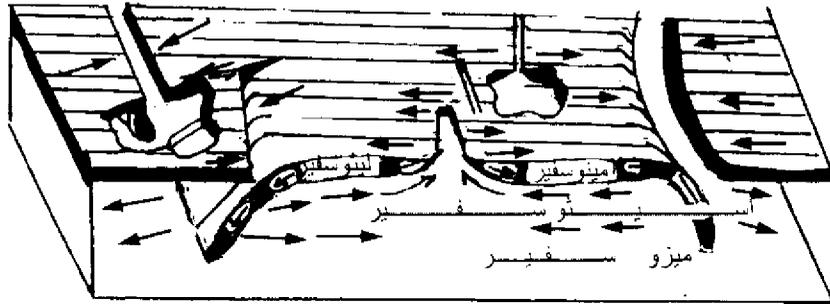
يرى فى شكل (2-26) اتجاهات الحركات النسبية عند نقط قليلة. يقع معدل الحركات النسبية بين 1، 10 سم/سنة، ولذلك تعطى معدل تباعد من 0.5-5 سم/سنة لكل جانب نتوء. بواسطة معدل التباعد، يعرف نصف معدل التباعد للوحين، ويفرض أن التباعد له تماثل جانبي والذي أويده بواسطة تسجيلات تباعد أرضية المحيط.

* القيم المصححة لأقطاب الدوران ومعدلات الدوران موضوعة على أساس نماذج إثني عشر لوحا المعطاه

عند أى معدل تدل هذه الأشكال على أن الألواح رفيعة بالمقارنة لأبعادها الأفقية. مثل هذه الألواح يجب أن تكون أسفل امتداد طبقي لين وقابل للسحب والتطريق إذا تحركت بدون تمزق أو انفصال.

يوضح شكل (6-12) شكل هندسي تخطيطي كتلي للظواهر الأساسية لحركة الألواح، حيث يرى هذا الشكل الهندسي حركة الألواح بعيدا عن نتوءات منتصف المحيط وتتحرك أسفل الأريثيوسفير عند الجزر القوسية. أمد البرهان المعضد لانحدار ألواح الليثوسفير بواسطة حدوث بؤرات زلزالية عميقة على طول نطاق بنوف Benioff المائل شكل (2-27). يرى الإنسياب العائد المعادل لحركة الإتجاه السفلي للليثوسفير فى الأستينوسفير بارتفاع عند قمم النتوءات. الآن، من الإنسب أن مصطلحات "الأنحراف القارى" تباعد قاع المحيطات تكون غير ملائمة فى الألواح النموذجية المفردة الشاملة لكلا من القشرة المحيطية والقارية، بالرغم أن قليل منها يكون كلية محيطيا.

حيث أن سمك القشرة المحيطية حوالى 35 كم، بينما سمك الألواح حوالى 100 كم أو أكثر، لذلك تمتطى القارات كمسافرة على الألواح. تحيب هذه الحقيقة على أحد الإعتراضات التقليدية للإنحراف القارى، التى تسمى، الصعوبة الميكانيكية لطريقة حرث القارة عبر نتوء أرضية المحيط الصلبة. تتحرك القارات والمحيطات تبعا لوجهة نظر حركة الألواح كأجزاء بنفس صلابة الألواح. مع ذلك تفرض ضوابط هامة معينة على حركة الألواح للقارات والمحيطات غير المتشابهة. تدل الحدود الضيقة المعرفة بالأخاديد ومناطق الزلازل المائلة المنحدرة بعيدا عن الأخاديد على أن القشرة المحيطية تبدد بسهولة بواسطة السحب، ربما بسبب رفعها نسبيا وكثافتها



شكل (6-12): شكل هندسي كتلي يوضح تخطيطيا ترتيب شكل ودور الليثوسفير (طبقة شد) فى ترجمة التكتونية العالمية الحديثة. تدل الأسهم أعلى الليثوسفير على الحركات النسبية للكتل المتجاورة. وتمثل الأسهم فى الأستينوسفير الإنسياب المتعادل المحتمل فى تجاوب حركة الإتجاه السفلية لقطع الليثوسفير (إساكس وآخرين 1968 Isacks et al)

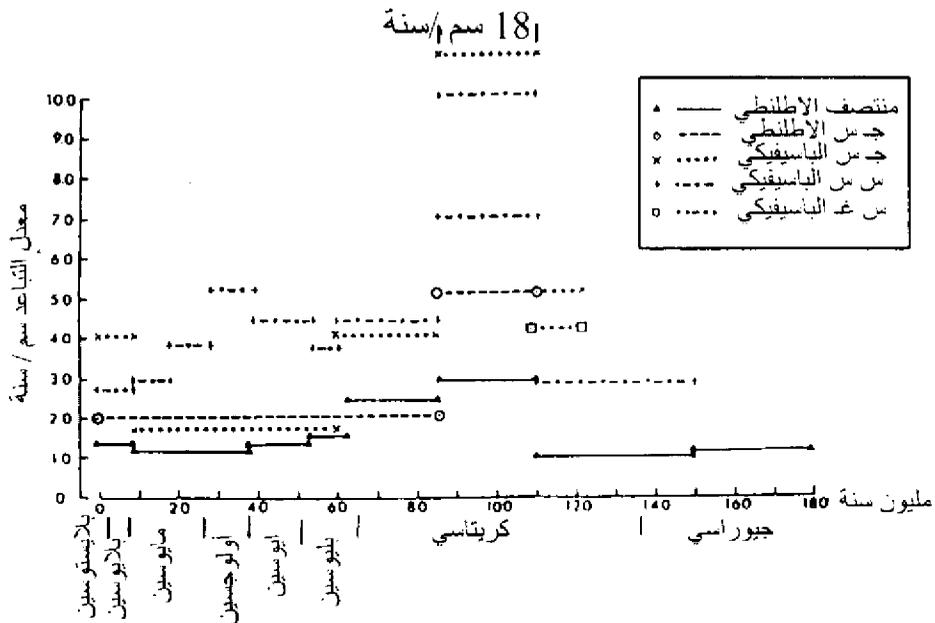
العالية. من وجهة أخرى، تظهر مناطق داخلية القارات السيزمية المصاحبة مع سلاسل الجبال تحطم تضاعطى عبر مساحات شاسعة، والتى فيها ضمنا تكون القشرة القارية صلبة للاستنفاد لأنها سميكة نسبيا وخفيفة.

5.2.12 إعادة بناء الألواح القديمة Paleophate Reconstructions:

إبتداء من البيانات الحاضرة عن معدل دوران الأقطاب، يكون من الممكن الرجوع لخلفية الزمن الجيولوجى للإشارة لأماكن الألواح النسبية. أمتداد هذه الخلفية موضوع غالبا على أساس معدل الحسابات واتجاهات الأبعاد التى حصل عليها بواسطة تحليل أشكال شاذات المغناطيسية المرصودة للزمن القديم فى محيطات مختلفة (شكل (7-12)).

يرى شكل (12-8) مثال إعادة مثل هذا البناء لفتحة شمال الأطلنطي. تشير الأسهم لإتجاهات حركة قارتي أفريقيا وأوروبا النسبية بالنسبة لأمريكا الشمالية. من الواضح من خطوط الإنسياب لدوران أقطاب أوروبا-أمريكا الشمالية وأفريقيا-أمريكا الشمالية مختلفة. كذلك يلاحظ أن التغيرات في إتجاه التباعد يبدو حدوثه منذ حوالي 60 مليون سنة. تشير الخطوط المشرطة لأمن ذو بال: (1) تباعد أفريقيا وشمال أمريكا غالبا بين 80-180 مليون سنة، بعد ذلك مثل معدل التباعد، (2) تباعد أوروبا عن أمريكا الشمالية غالبا في آخر 80 مليون سنة وتشمل مرحلتى حركة الجرين لاند Green land (الأسهم المزدوجة شكل 12-8). عامة، توافقت إعادة الحركة جيدا مع الملائمة الهندسية للقارات عبر الأتلاتك شكل (12-9).

وحيث أن تسجيل الشاذة المغناطيسية لتباعد أرضية المحيط ترجع خلفيا لأزمة الجوراس فقط (~160 مليون سنة)، لذلك لا يمكن استخدام تباعد أرضية المحيط لإعادة بناء تاريخ لوحى متقدم. ولكن إذا أريد تاريخ لوحى متقدم، يعاد لفترات متقدمة موضوعة أساسا على مطابقة أقطاب المغناطيسية القديمة وتجمعات صخرية معينة (تجمعات بداية تكتونية) التى تميز الحدود أو تركيبات داخلية لنوعية اللوح المراد تاريخه. وهذا يؤدى لأخذ فكرة بسيطة عن أن أحزمة جبال عديدة لها مناطق من أوفبوليت Ophiolite معقدة التى فسرت على أنها تمثل



شكل (12-7): معدل التباعد فى المحيط الأطلنطي والباسيفيكي حصل عليه من تحليلات خطوط شاذات المغناطيسية. يلاحظ زيادة علامة معدل التباعد لجميع الأنظمة عند 85-110 مليون سنة قبل الميلاد (لارسون وپتمان Larson and Pitman 1972) مع مراجعة مقياس الزمن لهرتزليير وآخرين Heirtzler et al 1968، هذه المعدلات رجعت أيضا فى السنين الحديثة



شكل (8-12): إعادة تركيب تباعد أرضية المحيط لشمال المحيط الأطلنطي (بتمان وتلواني 1972 pitman and Talwani) تمثل القارات السوداء الأماكن الحاضرة، تدل الأماكن الأولية بواسطة أزمنة بمليون من السنوات ترى الأسهم الطويلة مرحلتين لحركة الجرينلاند

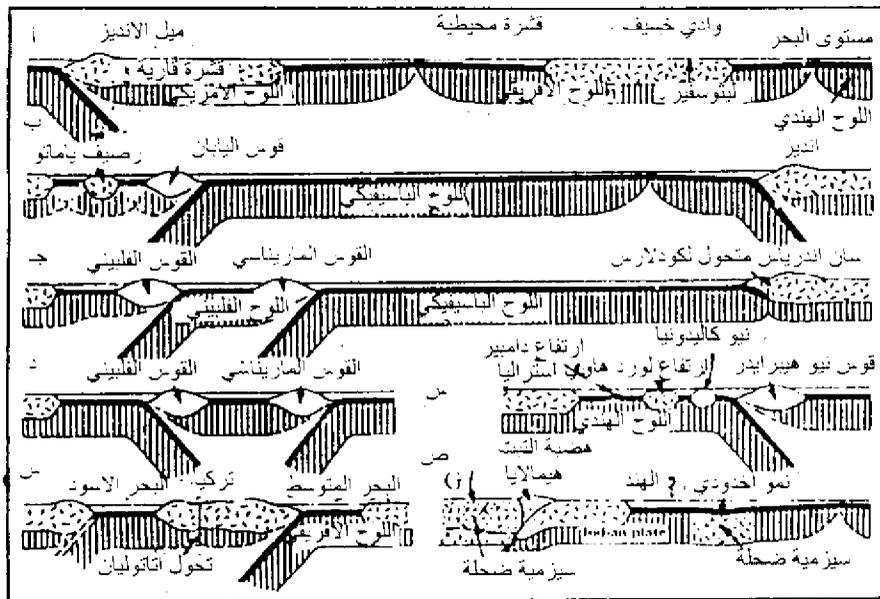


شكل (9-12): تلازم القارات حول الأطلنطي حصل عليها بواسطة تناسب المربعات الدنيا عند خط عمق 500 قياس بحري (القياس البحري Fathom = 6 قدم = 1.982 متر) تمثل المساحات الغامقة تناسب خاطئ (بيولارد وآخرين Bullard et al 1965)

قطع من القشرة المحيطية القديمة والستار العلوى والمعروف وضعها التكتونى. وإذا كان كذلك، فإن مناطق الأوليوليت القديم تشير لمناطق اختفاء أرضية المحيط، مثل التى فى نطاق الألب Alpine – هيمالايا Himalayan. لذلك يظن أن جبال اليورال Ural تكونت بواسطة خط الباليوزوى المتأخر القريب بين أوروبا وسيبيريا، ومنطقة طيه أبلاشيان Applachian – كالدونيان Caledonian بواسطة التقارب للأطلنطى القديم.

6.2.12 نماذج تكتونية ألواح نشوء الجبال Plate Tectonic Models of Orogeny:

فى العشرات السنين الأخيرة وجهت مجهودات كثيرة لإتجاه تطبيقات تكتونية الألواح لتوضيح دورات نشوء الجبال التى أدت لتكوين أحزمة جبالية مختلفة. أقترح ديوى وبرد Dewey & Bird 1970 إمكانية أربع أنواع من تفاعل بين حواف القارات والمحيطات. يعطى شكل (10-12) أمثلة حاضرة اليوم لكل من هذه الحالات الأربعة:



شكل (10-12): قطاع تخطيطى يرى بعض العلاقات المفروضة بين المحيطات، جزر قوسيه والقارات عبر مناطق مسحوبة (ديوى وبرد Dewey and Bird 1970)

- i- تصادم أرضية محيطية مع قارة Ocean floor-continent collision: تكون بهذا التصادم حزام جبل كوردلران (أنديز) Cordilleran (Andes) بواسطة دفع سفلى من لوح الباسيفيك الشرقى (نازكا Zazca) أسفل اللوح الجنوبى الأمريكى (أ، ب). توضح إزدواجية نظام السحب فى الباسيفيك الغربى (ج، د) استهلاك اللوح الفلبينى تحت الحافة اليورسيوايه Eursian.
- ii- تصادم أرضية محيطية مع جزيرة قوسيه Ocean floor-island arc collision: على طول حافتها الغربية فإن اللوح الباسيفيكى يهبط أسفل قوس اليابان (ب).
- iii- تصادم قارى مع جزيرة قوسية Continent island arc collision: يمثل هذا اقتراب القارة الاسترالية (جزء من اللوح الهندى) من نطاق هبوط هيردس الحديث (New Hebrides).

iv- تصادم قارى -قارى Continent-continent collision: يمثل هذا الدفع السفلى للوح الأفريقي اسفل تركيا، أناتوليا Turkey Anatolia (س) وتصادم اللوح الهندى مع الأيورسياوى لتكون جبال الهمالايا وهضبة التبت (ص) برغم أن كثير من التفاصيل باقية خارج العمل، فإن القطاع التخطيطى شكل -10 (12 يعطى إدراك للعمليات الأصلية التى حدثت عند حواف الألواح.

7.2.12 نشوء الجبال بواسطة تجمع لوحى دقيق: Orogenesis by Microplate Accretion:

عرف الجيولوجيين لسنوات وجود كثير من أجسام دخيلة (غريبة) فى تجمعات كتلية فى حزام جبال الألب- هيمالايا Alpine-Himalaya حديثا، عرفت أيضا أعداد كبيرة من أجسام دخيلة فى أحزمة جبال حول الباسيفيكي (Circum Pacific). يتوقع أولا أن هذه الأجسام (عمامة تشير كأنها تربة) تكونت عندما كانت الحفريات أو تجمعات الصخور مختلفة الدلالة عن المناطق المجاورة.

يعتبر شمال غرب أمريكا حزام تراكمى هائل من التربة (كونى وآخرين 1980 Coney et al)، (جونيز وآخرين 1982 Jones et al)، حيث انتقلت كثير من التربة عبر مسافات كبيرة قبل إتمام شكلها الحاضر. تم تقدير حركتها العرضية ودوراتها خلال وبعد التصادم من قياسات المغناطيسية القديمة. تربة ورائجاليا (Warangellia) مثال خاص لافت للنظر. ترى الصخور التى حصل عليها من جزيرة فانكوفر Vancouver فى كولومبيا البريطانية بكندا British Columbia-Canada ومن جبال ورائجاليا - ألaska Wrangellia-Alaska أن عينات صخور كلا الموقعين (مفصولين الآن بحوالى 555 كم) تكونا أصلا بالقرب من خط الإستواء فى زمن الترياسى.

إقترح شامبيرليا ولامبرت 1985 Chamberlain and Lambert، على أساس القياسات الحديثة للمغناطيسية القديمة ودلائل الجيولوجيا الحفيلة لعلاقة التربة الدخيلة فى غرب كورديليرا الكندى (Canadian Cordillera) وجود قارة دقيقة كورديليرا (Cordillera) والتى تصادمت مع راسخ* أمريكا الشمالية منذ حوالى 100 مليون سنة لتكون أولا جبال ماكينزى Mackenzie ثم جبال روكى Rockies.

فى المقابل بغرب أمريكا الشمالية، يعتقد بواسطة كثيرين أن عدد كبير من تجمعات أرضية فى سلسلة الألب-هيمالايا Alpine-Himalaya كانت فئاتات والتى جاءت من بداية قارة جوندوانا Gondwana (جبلى 1977 Gealy، ليث 1982 Leith). انفصال أشياء كثيرة من جندوانا (Gondwana) والتصادم مع طول كتلة أرضية ايروسيان (Euroasian) قبل الكسر، أدى هذا لتكوين الهند، استراليا، أفريقيا وأمريكا الجنوبية. فى كل مكان تام لسلسلة الألب. هيمالايا، يوجد تربة قارية عديدة، تتراوح فى الحجم من شبه قارية كالهند إلى قطع صغيرة كما فى تركيا والبلقان (Balkans) وإيطاليا.

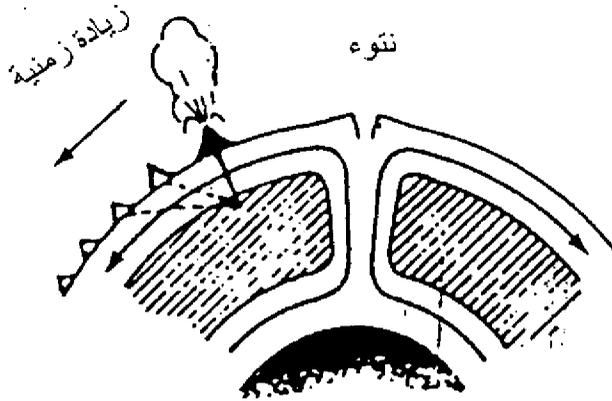
8.2.12 البقع الحارة وحركات الألواح المطلقة: Hot Spots and Absolute Plate Motions:

فسرت نظرية تكتونية الألواح موقع ومسبب أغلب الزلازل والبراكين، ونشاط بناية الجبال، جميعهم مصاحبين مع حواف الألواح. ربما، يوجد عدة إستثناءات لافتة للنظر مثل حدوث أنشطة تكتونية بعيدة عن

* جزء من القشرة الأرضية يشمل أجزاء قارية ومحيطية.

حواف الألواح. المثال الملاحظ هو سلسلة جزر هاوى Hawaiian حيث حلق الإمتداد البركاني سلسلة جبال بالقرب من مركز أحد أكبر الألواح. يمكن حدوث مثل هذه الظاهرة "منتصف اللوح" أيضا في مناطق قارية، كدلالة بواسطة الأحواض القارية ونطاقات نشاط زلزالي. مثال ذلك، يوجد في الولايات المتحدة نطاق زلزالي كبير مركز بالقرب من نيومادريد New Madrid ربما، تعتبر هذه وظواهر أخرى تقريبا تناسب صغير للنشاط التكتوني الأرضي (الكرة الأرضية) ولكن لا يكون بواسطة معاني لايعتد بها وتكون من الصعوبة استبعادها كمحليا.

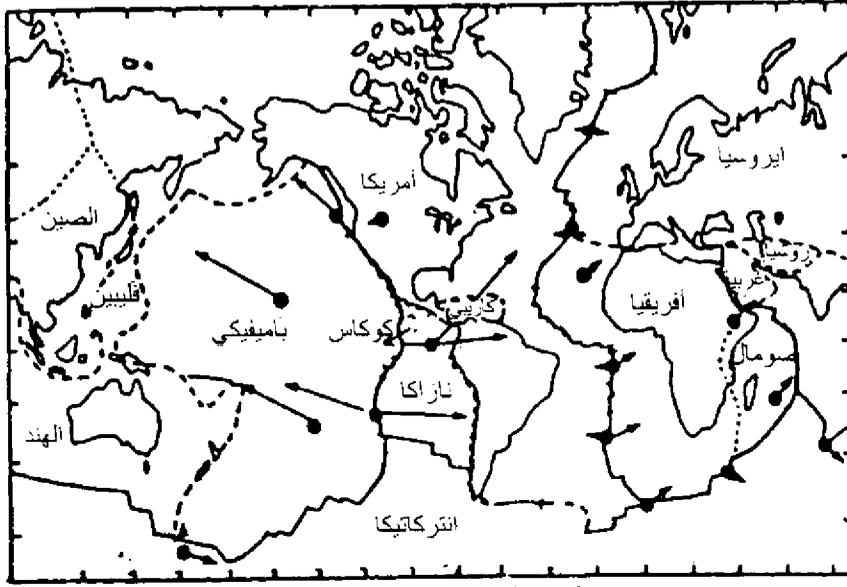
أعزى ولسون 1963 Wilson جزر هاوى البركانية لارتفاع من الماجما من بقعة حارة ثابتة تقريبا في الستار العلوي. وأدت حركة إتجاه الغرب من لوح الباسيفيكي عبر مصدر الماجما في تكوين سلسلة الجزر والتي أصبحت تقريبا أقدم من الشرق للغرب



شكل (11-12): مخطط لنموذج لتكوين جزر سلسلة هاوى بواسطة حركة لوح عبر منطقة مستقرة حراريا (ويلسون 1963)

في الحقيقة، إذا كان مصدر الماجما ثابت (بالنسبة لصلابة وعمق الستار)، فإن طول وعمر سلسلة الجزر يجب أن تعطى الحركة المطلقة للوح. عندما تحدث مثل هذه البقعة الحارة تكون على نتوء تباعد نشط، مثل أيسلاند Iceland، وهي سلسلة جزر بركانية أو جبال بحرية تكونت على كلا جانبي النتوء بسبب الحركة الجانبية للألواح كل عن الآخر.

فيما بعد طور مورجان 1972 Morgan اساس استخدام هذه البقع كمرجع إطار عالمي ووضح أن السرعات (المطلقة) لحركات الألواح خلال السينوزوي تحدد كما في شكل (12-12). هذه الحركات المطلقة تكون في تبعية مع الحركات النسبية الكافية بين الألواح الكبيرة، وخلال حالة الحدود المتقاربة التي فيها تكون البقع الساخنة المفترضة ثابتة بالنسبة كل للآخر وإلى الستار. تبعا لولسون 1973 Wilson، فإن أعداد كبيرة من البقع الحارة ميزت بواسطة البركانية، إنسياب حرارى كبير، تقب (نتوء قشرية أرضية وتعبيرات سطحية لمتغيرات أشكال ريشية مرتفعة في الستار. أخذ مرجان Morgan هذه الفكرة كخطوة مساعدة مع تمعنه بأن البقع الساخنة حفظت بواسطة نوعا من التفجير المحلى لمواد التسار في أشكال ريشية ومن الممكن أن تمد حرارة الحمل الريشية القوة البدائية لحركة الألواح.



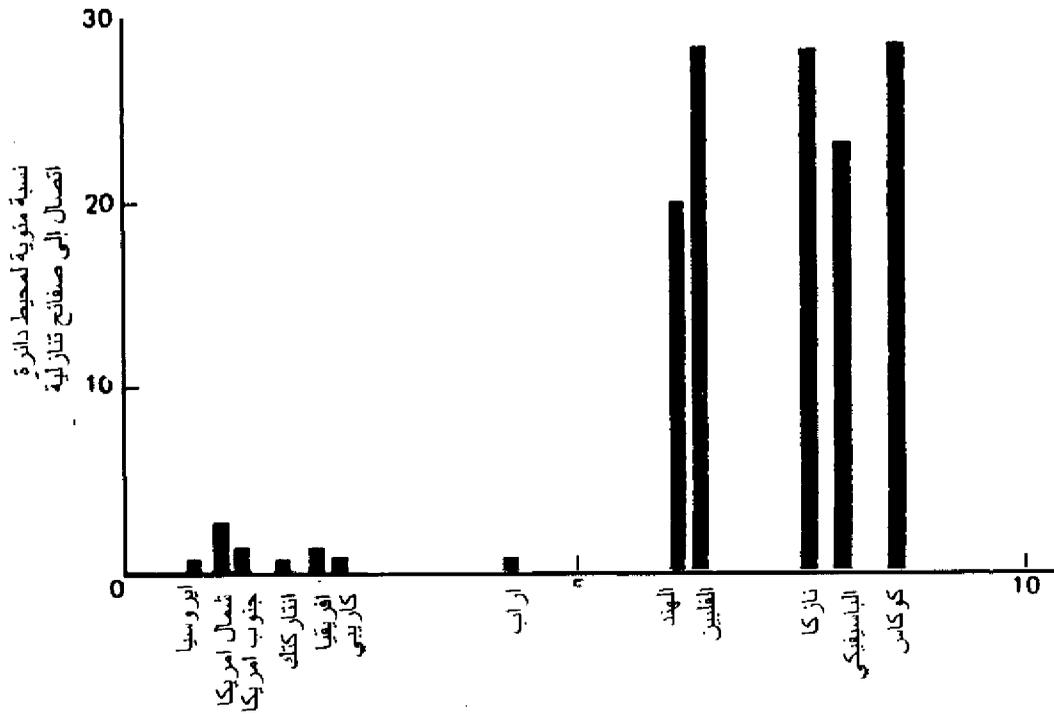
شكل (12-12): حركات حاضرة للألواح الكبيرة عبر إطار مناطق حرارية ثابتة (مورجان 1972 Morgan)

9.2.12 دفع ميكانيكيات حركة الألواح :Driving Mechanisms for Plate Motions

يستمر السبب الأساسي لحركة الألواح باق كموضوع تأمل برغم الدلالات الكبيرة في مجال تكتونية الألواح. عامة، عندما يوجد وفرة من البيانات في بحث النظرية، فإن هذا يؤدي لتقدم الإقتراضات. عموماً، اقترح نوعين من القوة، (1) قوى الحواف المؤثرة عند حواف اللوح، (2) القوى الأساسية المؤثرة عند داخل قاعدة اللوح. يشمل النوع الأول تأثير قوة دفع نطاقات التباعد حيث تدفع الألواح على حدة بواسطة أندساس مواد جديدة، وقوة سحب الصفيحة في نطاقات السحب حيث يسحب التكتاف النسبي الصفحي السفلي اللوح خلفه شكل (12-13). يكون النوع الثاني من القوة هي الإجهاد بواسطة تيارات الحمل أسفل القشرة الأرضية.

توجد دلالة هامة من الجاذبية والزلزالية حول الدفع بواسطة ضغط النتوء عند نتوءات متوسطات المحيطات وبواسطة سحب صفائح عند الأحاديد العميقة، ولكن هذه الدلالة تعتبر مقارنة قليلة المعرفة حول القوى الأساسية المصاحبة مع تيارات الحمل في الستار العلوي. إذا تحركت تيارات حمل الستار أسرع من اللوح الذي يعلوها، عندئذ سوف يؤثر سحب جهد اللزوجة بواسطة حركة الستار السريعة لدفع حركة اللوح. في المقابل إذا تحرك اللوح أسرع من الستار سيؤثر سحب اللزوجة المسبب بواسطة اختلاف الحركة لمقاومة حركة اللوح. ظاهرياً، لا يوجد نقصان لقوى الضغط الممكنة، ولكن يكون الشئ المحير للمشكلة. أي من القوى الفوقية (الزائدة) تكون أكثر سيادة من الأخريات؟

النموذج البسيط من تيارات الحمل الحرارية داخل الستار (10-5) تكون مع نزوح القارات أو أرضية المحيط إزدواج مباشر لجوانب الطيات العلوية لحجيرات تيارات الحمل تحتها، ويكون التوافق صعباً مع ملاحظة نموذج لحركات الألواح الحالية. مثال ذلك، يكون من الصعب مواجهة كيفية كلا من إرتفاع وهبوط جوانب تيارات الحمل، التي تزاح فجأة بواسطة فوالق متغيرة (متحولة). الشكل الهندسي للنتوء-خنوءات فوالق التحول في



شكل (12-14): النسبة المئوية لألواح محيطية دائرية متصلة لإتجاه سفلى صفانحي مقابل السرعة المطلقة للألواح (فورسيث ويودا 1975 Forsyth and Uyeda)