جامعة الملك سعود
كلية الآداب - قسم الجغرافيا

محاضرة رقم (3)

مدرس المقرر: أ. د. محمد بن عبدالله الصالح

masaleh@ksu.edu.sa
masaleh@windowslive.com
http://fac.ksu.edu.sa/masaleh/course/235342

الأشكال الأرضية المرتبطة بالعمليات الداخلية

تكون أشكال سطح الأرض ناتج عن نشاط نوعين من العمليات هما:

1) العمليات الداخلية endogenetic processes (العمليات الجيولوجية) في باطن الأرض.
2) والعمليات الخارجية exogenetic processes (العمليات الجيومورفولوجية) على سطح الأرض.

تحدث العمليات الداخلية بسبب قوى في باطن الأرض.

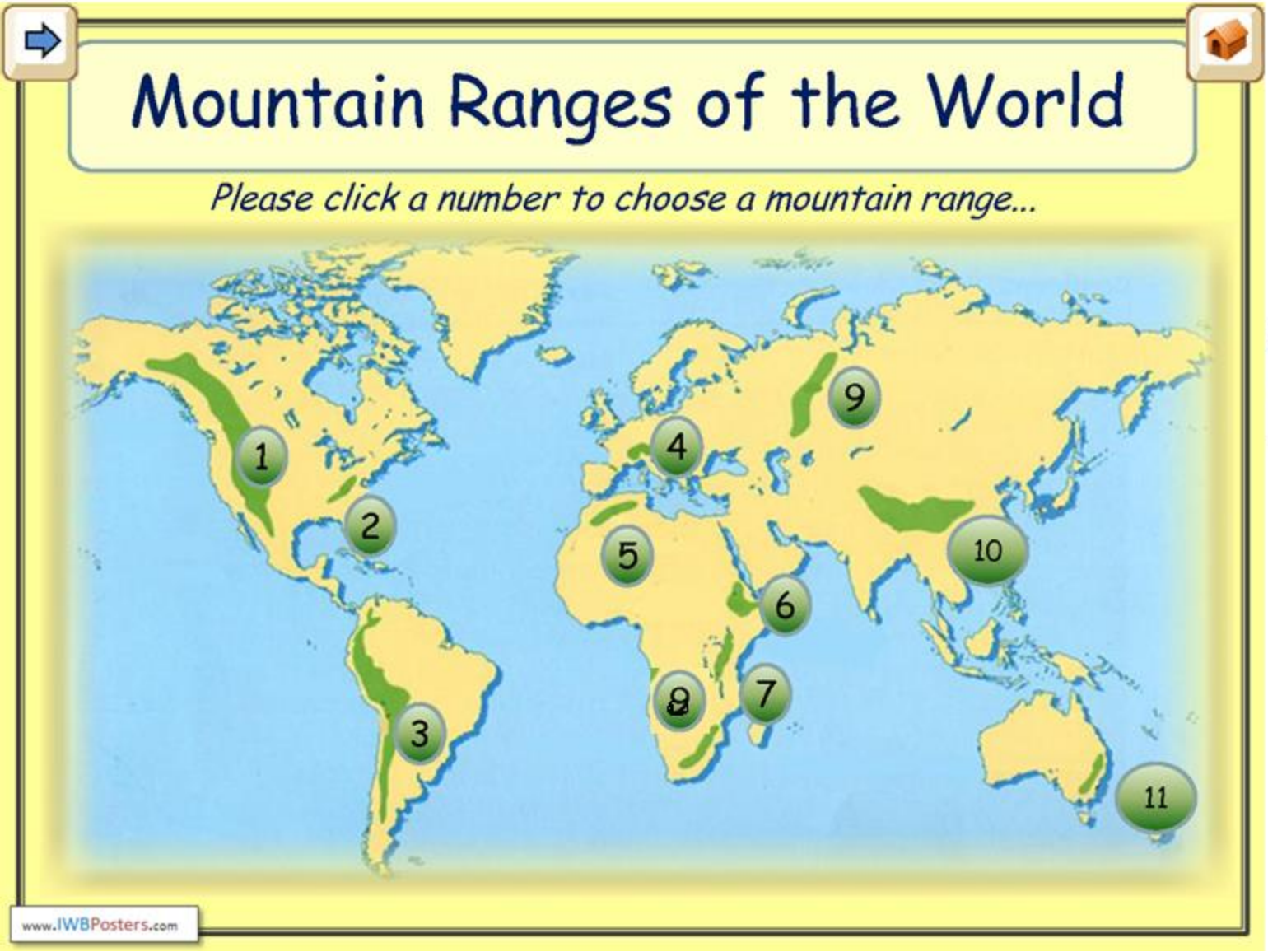
يعتقد بعض العلماء أن الطاقة الحرارية في باطن الأرض ناتجة بشكل أساسي عن النشاط الاشعاعي فيها.

هذه الطاقة تؤدي الى عمليات الرفع والامالة والثني (الطي) والتصدع للطبقات الصخرية في القشرة الأرضية،

وتؤدي هذه الطاقة أيضا الى عمليات رفع المواد الصخرية المنصهرة (الصهارة) من باطن الأرض عبر الشقوق في القشرة الأرضية لتصل الى السطح أو بالقرب منه.

- تكون حركة هذه العمليات بطيئة ومستمرة الا أن بعضها يحدث بحركات سريعة مثل الزلازل والبراكين.
- ولاشك أن العمليات الداخلية هي المسؤولة عن تكوين الأشكال الأرضية الأولية primary landforms سواء الكبير منها مثل السلاسل الجبلية التي تمتد عبر القارات أو الصدوع الصغيرة.
- من جهة أخرى، كثير من أشكال سطح الأرض مرتبط بالعمليات السطحية والتي تحدث على السطح أو بالقرب منه بسبب عوامل مختلفة في مقدمتها العوامل المناخية والهيدرولوجية.
- تتضمن العمليات الخارجية عمليات التجوية weathering وعمليات النحت erosion وعمليات النقل transportation وعمليات الترسيب sedimentation.

السلاسل الجبلية في العالم



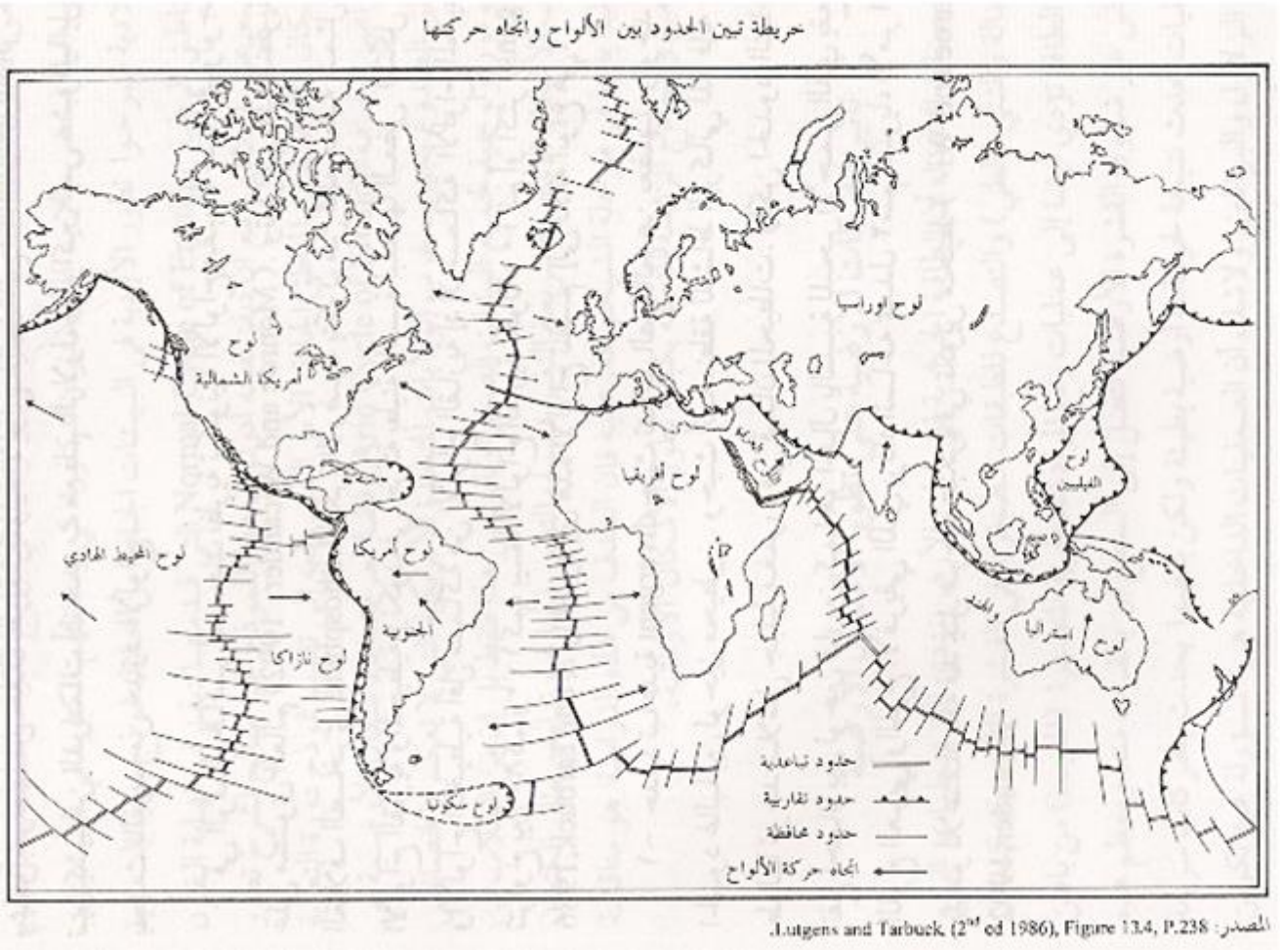
1) جبال روكي
2) جبال الابلاش
3) جبال الانديز
4) جبال الألب
5) جبال أطلس
6) مرتفعات أثيوبيا
7) جبال شرق أفريقيا
8) جبال دراكنسبرج في جنوب أفريقيا.
9) جبال أورال.
01) جبال الهملايا.
11) المرتفعات الشرقية في استراليا.

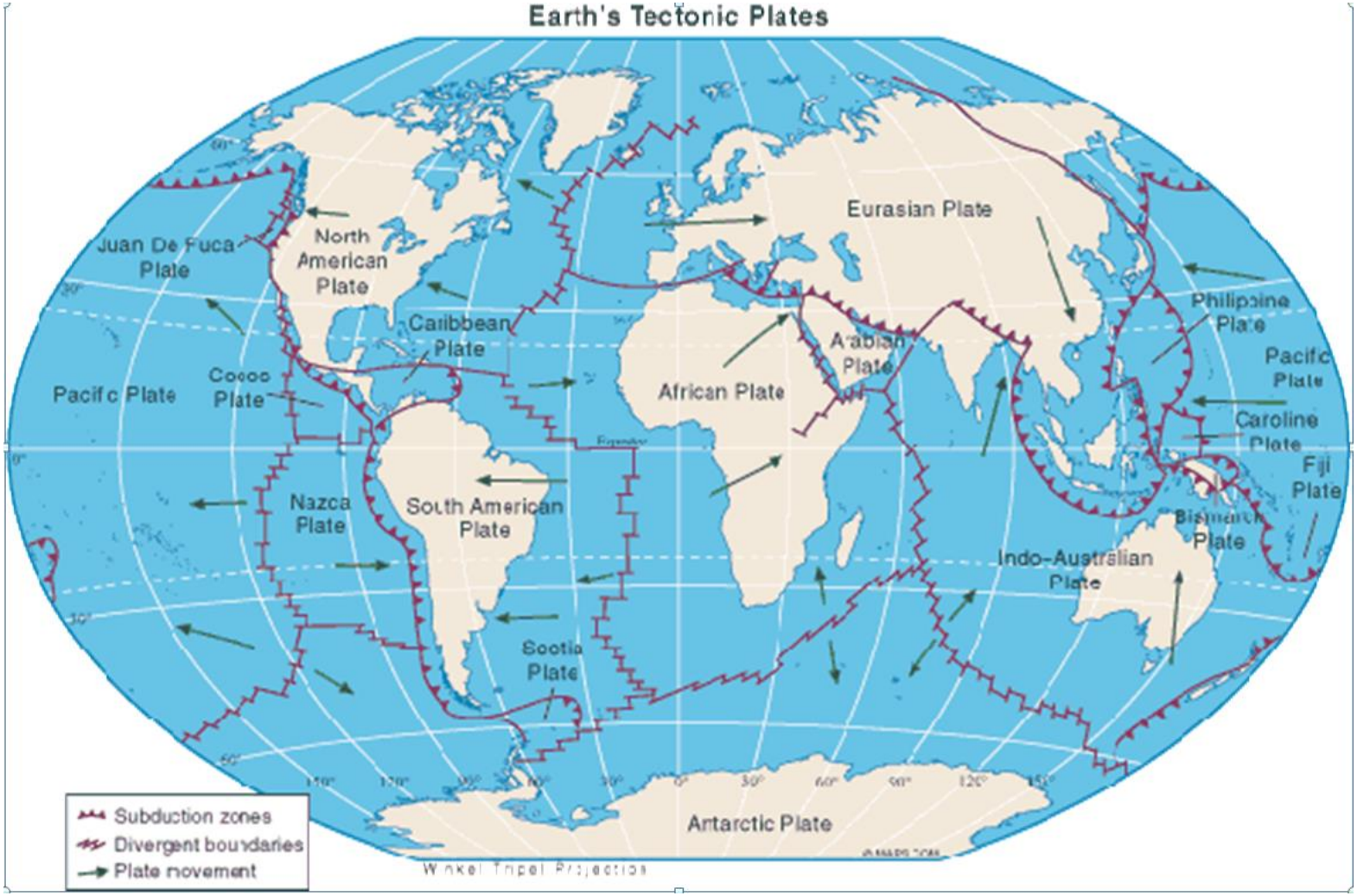
http://www.docstoc.com/docs/107800830/Mountain-Ranges-of-the-World

بعض الأشكال الأرضية ترتبط بشكل مباشر بالبناء الجيولوجي أو بالنشاط الناري.
السلاسل الجبلية التي تمتد عبر القارات مثل جبال الألب وجبال الهيمالايا وجبال الانديز وجبال اورال تعود نشأتها إلى الحركات الأرضية ويمكن شرحها من خلال نظرية تكتونية الألواح (الصفائح) plate tectonics.
كما تُبين كثير من الدراسات أن حدوث معظم الزلازل والبراكين ليس عشوائيا بل انه يحدث بالقرب من حدود الألواح.
في الوقت الحاضر أصبحت نظرية تكتونية الألواح مقبولة عند الجيولوجيين على مستوى العالم.
وتفترض هذه النظرية أن الغلاف الصخري Lithosphere للكرة الأرضية يتكون من قطع صلبة تتمثل في الألواح القارية والمحيطية وتكون في حركة بطيئة بالنسبة لبعضها البعض كما في الشكل.
الألواح المحيطية أقل سماكة من الألواح القارية إذ أن سماكة الألواح المحيطية تتراوح بين ٨٠كم و١٠٠كم، بينما الألواح القارية تكون ١٠٠كم أو أكثر.

انواع الحدود بين ألواح الغلاف الصخري للأرض

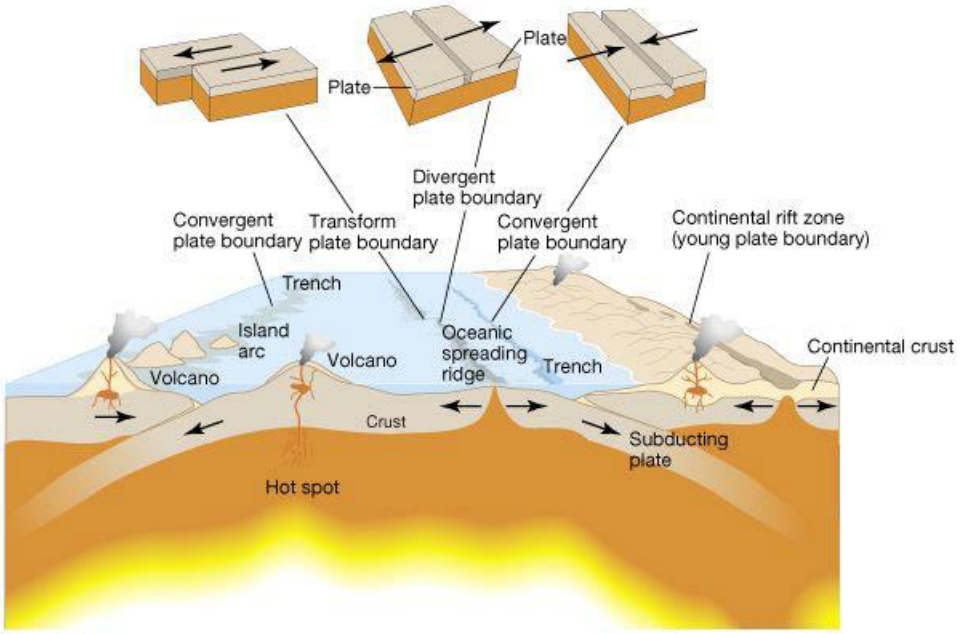
1) حدود تباعدية divergent حيث تتباعد الصفائح عن بعضها.
2) ٢) حدود تقاربية convergent حيث تتحرك الألواح باتجاه بعضها البعض.
3) حدود محافظة conservative حيث تنزلق الألواح أفقيا بمحاذاة بعضها البعض في اتجاهين متعاكسين دون زيادة أو نقصان في حجمهما مكونة ما يسمي بالصدوع المحولة Transform fault.

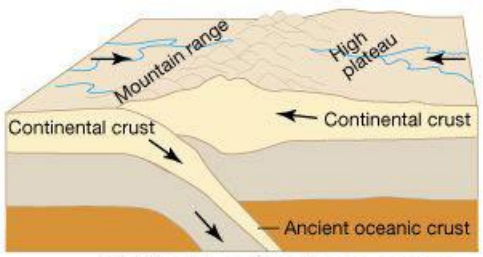



Earth's Tectonic Plates
Juan De Fuca Plate
North American Plate
Eurasian Plate
Philippine Plate
Caribbean Plate
Arabian Plate
Pacific Plate
Cocos Plate
Pacific Plate
African Plate
Caroline Plate
Fiji Plate
Nazca Plate
South American Plate
Bismarck Plate
Indo-Australian Plate
Scotia Plate
Antarctic Plate
Subduction zones
Divergent boundaries
Plate movement
Winkel Tripel Projection

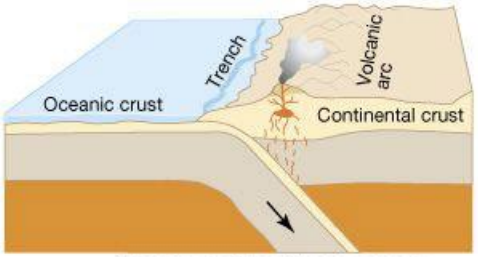
انواع الحدود بين ألواح الغلاف الصخري للأرض

1) حدود تباعدية divergent حيث تتباعد الصفائح عن بعضها.
2) 2) حدود تقاربية convergent حيث تتحرك الألواح باتجاه بعضها البعض.
3) حدود محافظة conservative حيث تنزلق الألواح أفقيا بمحاذاة بعضها البعض في اتجاهين متعاكسين دون زيادة أو نقصان في حجمهما مكونة ما يسمي بالصدوع المحولة Transform fault.

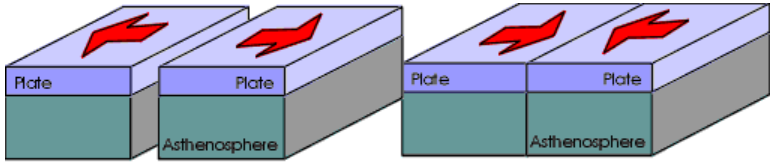




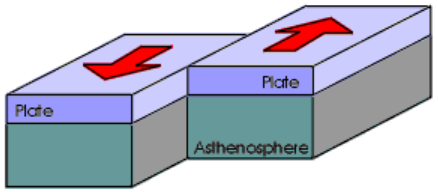
Continental-continental convergence



Oceanic-continental convergence



Divergent Convergent



Transform

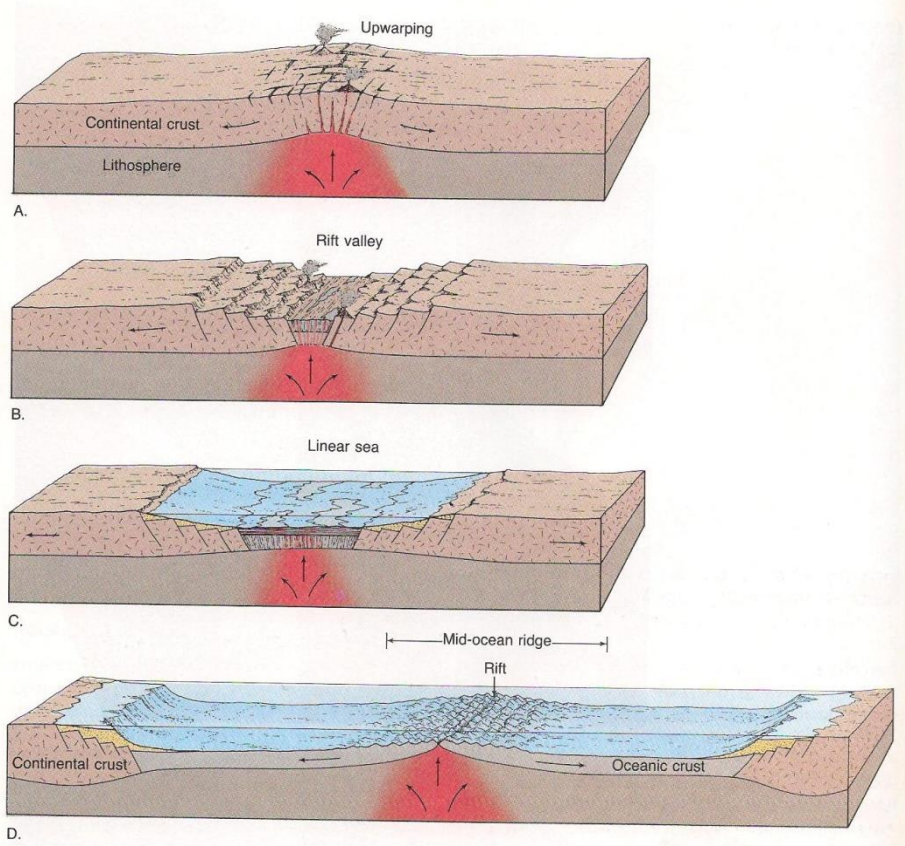


FIGURE 13.6 **A.** Rising magma upwarps the crust, causing numerous cracks in the rigid lithosphere. **B.** As the crust is pulled apart, large slabs of rock sink, generating a rift zone. **C.** Further spreading generates a narrow sea. **D.** Eventually, an expansive ocean basin and ridge system are created.

(١) **حدود بناءة** constructive margins ، وهي حدود تبتعد فيها الألواح بعضها عن بعض (**حدود متباعدة** divergent margins) . وتنبثق على طول هذه الحدود المادة الصخرية من الوشاح لتكوين قيعان المحيطات . وبذلك تزداد مادة الألواح على طول هذه الحدود كلما تباعدت الألواح بعضها عن بعض ، كما هو مبين في الشكل ٥ ــ ٤١ .

ويتميز النشاط البركاني الذي يوجد على هذه الحدود بانبثاق **لابة قاعدية** basic lava تشبه في تركيبها المعدني تركيب **الوشاح** . وتسمى هذه اللابة التي تنتشر في كثير من الأحيان على قاع المحيطات «**أوفيوليت**» Ophiolites . وتتسع قيعان المحيطات بانبثاق هذه **الصهارة** التي تأتي من الوشاح أثناء حركة تباعد الألواح بعضها عن بعض . وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة **انتشار قاع البحار** sea floor spreading ، وتعد ركناً من أركان نظرية تكتونية الألواح .

وترتفع القشرة المحيطية أحيانا في بعض المناطق التي تعرضت لحركات أرضية قوية قرب سطح الأرض ، ولاسيما في مناطق **الحدود الهدامة** التي سنتناولها في الجزء القادم من هذه الفقرة .

ومن أشهر المناطق التي يمكن أن تدرس فيها القشرة المحيطية في مكاشف على سطح الأرض جزيرة **قبرص** في **البحر الأبيض المتوسط** وسلسلة **جبال عمان** في جنوب شرق **الجزيرة العربية** .

وتعتبر الحدود البناءة للألواح أماكن تكوين للقشرة الأرضية ، ولذلك تسمى أحيانا «**المنبع**» source (أي منبع تزويد للمادة المكونة للقشرة المحيطية) . وتنتشر هذه الحدود في معظم الحالات بين لوحين محيطيين ، وتتكوّن على طولها سلاسل جبلية مغمورة في قيعان المحيطات ومتكونة من المادة البازلتية المنبثقة من **الوشاح** . وتسمى هذه السلاسل الجبلية **الحيود الوسط ــ محيطية** mid-oceanic ridges ، وأشهرها **الحيد وسط ــ الأطلنطي** Mid-Atlantic ridge . وتكون هذه الحيود متأثرة بصدوع عادية عديدة واسعة الانتشار ، تمتد موازية للحدود الواقعة بين اللوحين (وهي أيضاً عمودية على اتجاه حركة **الألواح المتباعدة**) . وأحياناً تظهر بعض القمم البركانية للحيود الوسط ــ محيطية على سطح البحر مكونة جزراً ، وأشهر هذه الجزر وأكبرها جزيرة **أيسلاندا** Iceland التي تقع على امتداد الجزء الشمالي للحيد وسط ــ الأطلنطي . وأحياناً تقع الحدود البناءة بين لوحين قاريين ، ومن أشهر الأمثلة لهذه الحالة وأبرزها **البحر الأحمر** الذي يقع بين **اللوح الافريقي واللوح العربي** ، وهو يمثل مرحلة مبكرة في تكوين محيط بين كتلتين قاريتين .

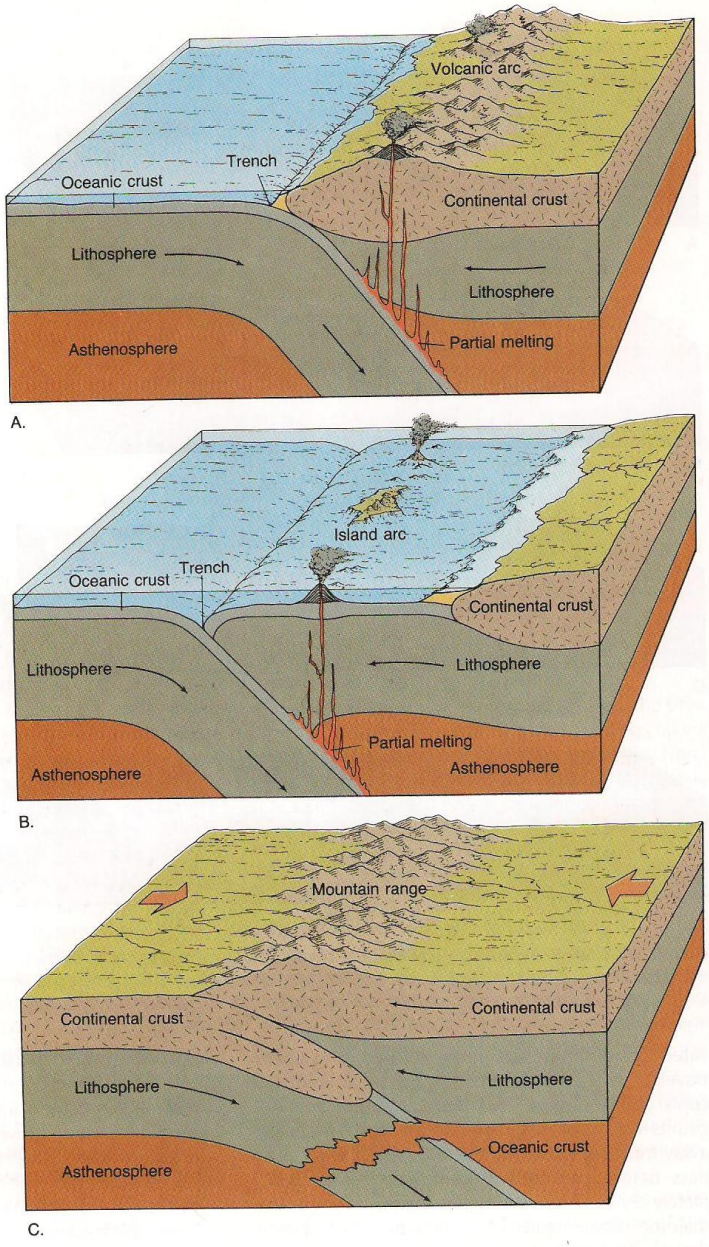


FIGURE 13.7 Zones of plate convergence. **A.** Oceanic-continental. **B.** Oceanic-oceanic. **C.** Continental-continental.

(٢) النوع الثاني من الحدود هو **الحدود الهدامة** destructive margins ، وهي **حدود تقترب فيها الألواح بعضها من بعض** convergent margins . وينزلق في هذه الحدود لوح تحت اللوح الآخر ، ثم يصل اللوح المنزلق إلى الوشاح ليذوب في الأعماق . وبهذه الطريقة تتهدم المادة الصخرية المكونة للقشرة . وأحياناً تسمى هذه الحدود أيضاً «**بالبالوعة**» sink ، لأنها أمكنة ابتلاع للمادة الصخرية في باطن الأرض .

وتقابل في كثير من الأحيان في اللوح الواحد الحدودُ الهدامة حدوداً بناءة كما هو مبين في الشكل ٥ ــ ٣٦ ، بحيث إن المادة الصخرية للألواح التي تذوب في الحدود الهدامة (البالوعة) تتكافأ مع كمية المادة التي تضاف إلى الألواح في **الحدود البناءة** (المنبع) . ولكن لهذه الظاهرة شذوذ ، **فاللوح الافريقي** مثلاً له حدود بناءة (**الحيد وسط ــ الأطلنطي** في الغرب **وحيد كارلزبرج** Carlsberg ridge في الشرق) على طرفيه . ويمكن هنا التساؤل : هل تزداد في هذه الحالة دائرة محيط الكرة الأرضية نتيجة لزيادة المادة المكونة للقشرة في منطقة اللوح الافريقي . . ؟

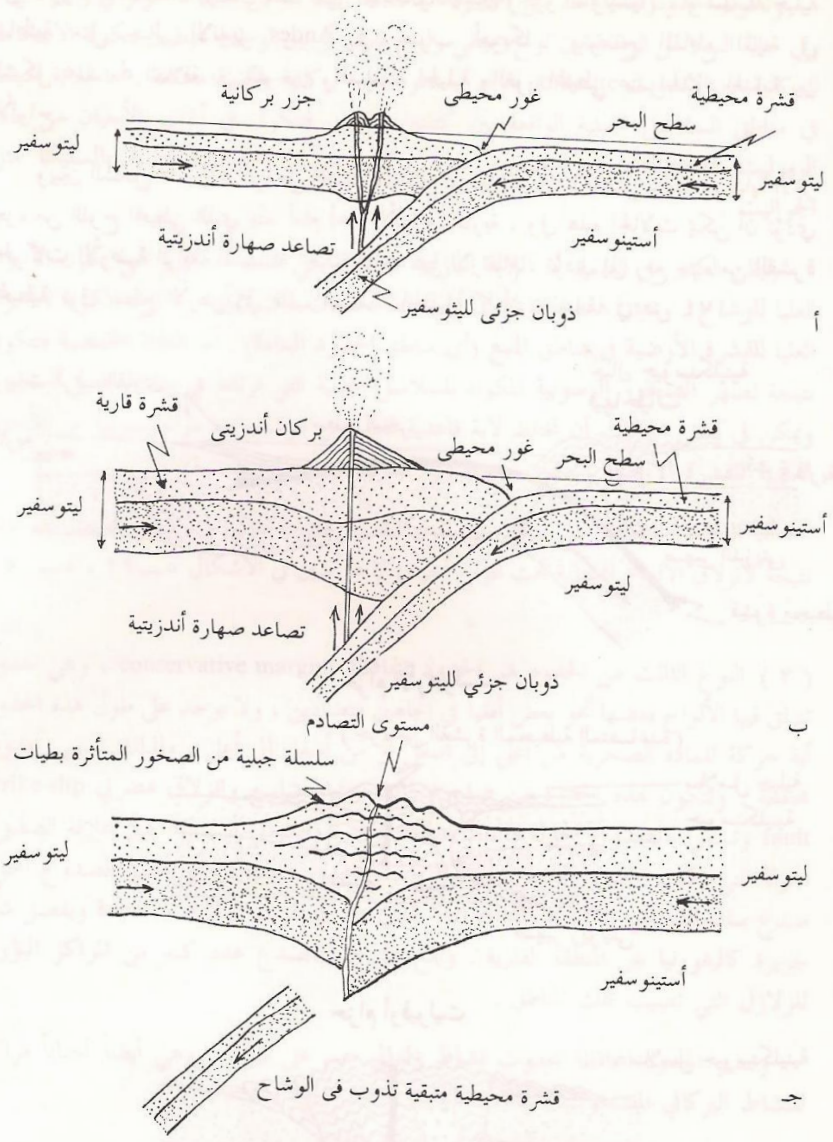
هناك احتمال كبير أن دائرة محيط الكرة الأرضية لم يزد زيادة تستحق الذكر أثناء التاريخ الجيولوجي . ولذلك فيجب أن تتكافأ كمية المادة الصخرية التي تغذي قيعان المحيطات أثناء عملية انتشار قاع البحار في منطقتي الحيد وسط ــ الأطلنطي وحيد كارلزبرج بالاضافة إلى المادة المنبثقة في منطقة **الحيد الباسفيكي الشرقي** مع كميات المادة التي تذوب في الوشاح في

مناطق **غور بيرو وشيلي** ومناطق الأغوار المحيطية الواقعة في غرب **المحيط الهادي** ، والتي تكون حدوداً هدامة . وبذلك يُلاحَظ أن هناك دورة من المادة الصخرية التي تكون الألواح المحيطية تبدأ بانبثاق للمادة في مناطق المنبع (الحدود البناءة) وتنتهي بذوبان مادة الألواح المحيطية في مناطق البالوعة (الحدود الهدامة) .

ويمكن أن توجد الحدود الهدامة بين لوحين محيطين (مثل الحدود الممثلة بمنطقة **غور تونجا** في جنوب المحيط الهادي) . وفي مثل هذه الحدود يمكن معرفة اللوح الذي يذوب طرفه في الوشاح بتحديد اتجاه ميل **نطاق بنيوف** كما هو مبين في الشكل ٥ ــ ٢٩ . وأيضاً توجد **الحدود الهدامة** أحياناً بين **لوح قاري ولوح محيطي** (مثل الحدود الممثلة **بغور بيرو وشيلي** الذي يقع غرب **أمريكا**) . وتبين الدراسات على نطاق بنيوف في هذه المناطق أن اللوح المحيطي هو الذي يذوب في مثل هذه الحالات تحت اللوح القاري . وفي المثال المذكور أعلاه ، وجد العلماء أن **لوح نازكا** Nazca Plate المحيطي يذوب تحت **لوح أمريكا** القاري . وذلك يبين أن الألواح القارية ثابتة جداً وأن مكوناتها الصخرية لا تساهم في دورة المادة التي تنتقل من **الوشاح إلى القشرة المحيطية** وبالعكس . ويبين ذلك أيضاً أن القشرة المحيطية هي وحدها التي تساهم في هذه الدورة . وهناك نوع ثالث من الحدود الهدامة هي الحدود التي يتقارب فيها لوحان قاريان أحدهما من الآخر . وتتكون هذه الحدود عندما **تصطدم قارتان** continents collision . ومن أشهر هذه الحدود منطقة جبال **الهيمالايا** التي ارتفعت بسبب تصادم **الهند بآسيا** في أثناء **الميوسين** . وأيضاً تعتبر **السلاسل الجبلية الألبية** Alpine chains الممتدة من الغرب إلى الشرق ، من جبال **البيرنيه والأطلس المغربية** عبر **البحر الأبيض المتوسط** حتى تصل إلى شمال **الصين** قرب الشواطىء الشرقية **لآسيا** حدودا هدامة واقعة بين كتلتين قاريتين . وتحتوي هذه المجموعة من السلاسل الجبلية المنتشرة من الغرب إلى الشرق جبال الهيمالايا (انظر الشكل ٥ ــ ٣٤) .

وهناك أدلة على حدوث تصادمات بين القارات عدة مرات أثناء التاريخ الجيولوجي للكرة الأرضية فيظن الكثير من العلماء أن القارات تكونت نتيجة تجمع ألواح قارية أي بعملية **تجمع قاري** continental accretion . ومثال ذلك **قارة بانجيا** Pangea (**أم القارات**) التي كانت موجودة أثناء **البرمي** (انظر الشكل ٥ ــ ٤٨) . فتكونت هذه القارة نتيجة لتجمع عدة ألواح قارية . وجبال **السلسلة الكاليدونية** التي تقع في **البلاد الاسكندنافية وانجلترا** (انظر الشكل ٥ ــ ٤٧) وجبال **الأورال** التي تفصل **أوربا** عن **آسيا** هي مناطق التحام للأطراف الشمالية لقارة **بانجيا** . وهناك أدلة أيضاً على حدوث تصادمات بين القارات أثناء حقب **ما قبل الكمبري** ، فيظن بعضهم أن سلسلة جبال الحجاز وسلسلة جبال البحر الأحمر أماكن لارتطام قارتين الواحدة بالأخرى منذ أكثر من ألفي مليون عام .

وهنا يمكن ملاحظة أن المناطق التي يتقابل فيها لوحان ، أحدهما قاري والثاني محيطي ، وتوجد بها **أغوار بحرية** عميقة توازيها سلاسل جبلية يمكن أن تكوِّن سلسلة من الجزر أو **قوساً من الجزر** islands arc (ومثال ذلك جزر **اليابان والفيليبين** وجزر **اندونيسيا**) ، او **سلسلة جبلية شاطئية** مثل جبال **الانديز** Andes في جنوب **أمريكا** . وتوضح المقاطع المبينة في



شكل ٥ ــ ٥٠ مقاطع رأسية تبين العلاقة بين المكونات المختلفة للأنواع الثلاثة من الحدود الهدامة .

(أ) حدود بين لوحين محيطين .

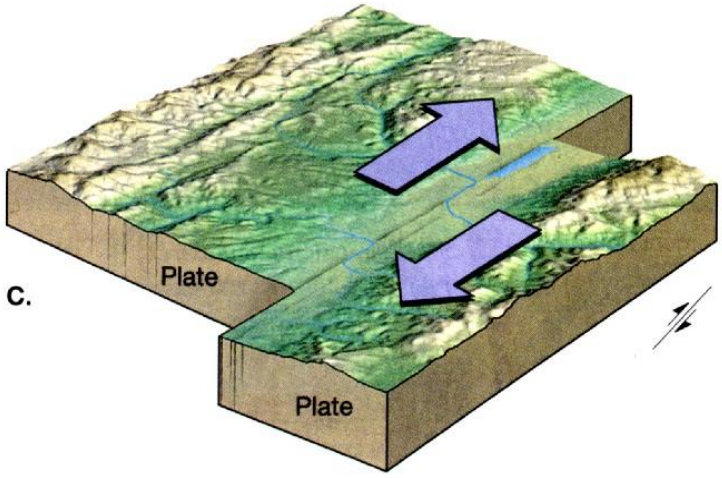
(ب) حدود بين لوح محيطي ولوح قاري .

(جـ) حدود بين لوحين قاريين .

(From Flint & Sk

(٣) النوع الثالث من الحدود هو **الحدود المحافظة** conservative margins ، وهي حدود تنزلق فيها الألواح بعضها نحو بعض أفقياً في اتجاهين متضادين ، ولا يوجد على طول هذه الحدود أية حركة للمادة الصخرية من أعلى إلى أسفل أو من أسفل إلى أعلى ، ولذلك تسمى حدوداً محافظة . وتتكون هذه الحدود من **صدوع** ذات انتشار شاسع **وانزلاق مضربي** strike-slip fault وتسمى **بالصدوع المحولة** transform faults . والشكل ٥ــ٥٢ يبين علاقة الصدوع المحولة التي تكوّن الحدود المحافظة بين الألواح ــ بالحدود البناءة . ومن أشهر الصدوع المحولة صدع **سان اندرياس** San Andreas fault الذي يمتد في غرب **الولايات المتحدة** ويفصل شبه جزيرة **كاليفورنيا** عن المنطقة القارية . ويقع على هذا الصدع عدد كبير من **المراكز البؤرية للزلازل** التي تصيب تلك المناطق .

وتتميز الحدود المحافظة بحدوث **نشاط زلزالي** مهم على طولها . وهي أيضاً أحياناً مراكز **للنشاط البركاني** المصحوب بانبثاقات قاعدية .



٥ ــ ٧ ــ ٢ المناطق الواقعة وسط الألواح

تكون المناطق الواقعة وسط الألواح المحيطية مناطق خالية نسبياً من **النشاط التكتوني** . ولا توجد فيها تراكيب جيولوجية بارزة . ولكن هناك بعض الاستثناءات لهذه القاعدة ، فتقع جزر **هاواي** مثلا وسط **لوح المحيط الهادي** وهي **جزر بركانية** (انظر شكل ٥ــ٣١) .

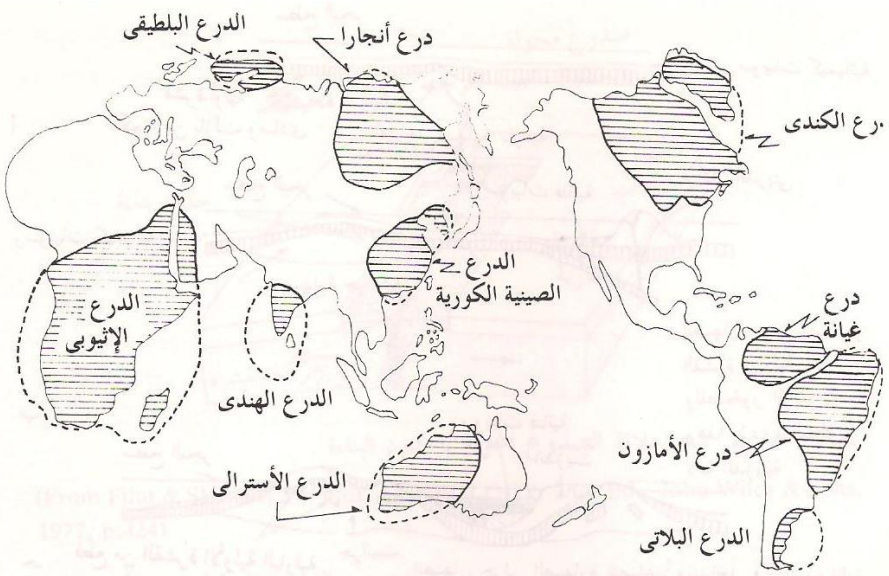
ويظن بعض العلماء أن هذه الجزر تقع فوق **نقطة ساخنة** في المناطق العليا للب الأرض (انظر شكل ٥ــ٢) . ويظن هؤلاء العلماء أن الحرارة التي تصعد من هذه النقطة خلال **الوشاح** والقشرة إلى سطح الارض هي سبب انصهار كميات من **القشرة المحيطية** ومن الجزء العلوي للوشاح ، وبذلك تتدفق المادة المنصهرة إلى السطح مكونة جزراً بركانية نتيجة لنمو **براكين درعية** هائلة .

أما المناطق الواقعة وسط **الألواح القارية** فهي أكثر تعقيدا من تلك التى في وسط مناطق **الألواح المحيطية** ، وذلك لأن الألواح القارية أقدم عمراً من الألواح المحيطية . فمادة الألواح القارية ثابتة ، ولذلك فهي تحافظ على ملامح تركيبية تكونت في مراحل مبكرة من تاريخ الأرض .

ويظن العلماء أن **القشرة القارية** للأرض تكونت نتيجة لالتحام عدد من السلاسل الجبلية التي نشأت في مناطق التقاء لوحين . وبذلك تلتصق هذه السلاسل التي تتكون من **صهارة جرانيتية وصخور متحولة** . ويبين الشكل ٥ــ٥٣ رأي الكثير من العلماء المعاصرين في طريقة تكوين **القشرة القارية** للكرة الأرضية . ففي بداية الأمر كانت هناك **قشرة محيطية** فقط ، تعلوها طبقة من **الرسوبيات الكيميائية** . ولكن بعد فترة من الزمن بدأت القشرة المحيطية تتجزأ إلى ألواح يفصل بينها **حدود بناءة وهدامة** . وتكونت على الحدود الهدامة سلاسل جبلية بركانية ترسبت حولها أول **الرسوبيات الفتاتية** التي كانت المادة الأصلية لتكوين كميات من **الصهارة الجرانيتية** (الحمضية) التي تميز الألواح القارية . وربما تكونت في بعض الحالات أيضاً كميات من المادة الجرانيتية نتيجة لانفصالها المباشر عن الصهارة القاعدية المكونة **للوشاح** . وبعد ذلك أخذت القارات تنمو أثناء التاريخ الجيولوجي نتيجة لتكوين سلاسل جبلية متتالية في مناطق مختلفة كانت تسود فيها الظروف المميزة للحدود الهدامة الواقعة بين الألواح ، حيث تؤدي الحركة المستمرة لهذه الألواح إلى التصاق الكثير من السلاسل الجبلية والكتل الجرانيتية .

وتعرف المناطق المركزية القديمة للقارات التي تكونت أثناء حقب **ما قبل الكمبري** **بالدروع** Shields . والشكل ٥ ــ ٥٤ يبين توزيع الدروع المهمة في العالم . فالدروع مناطق قارية ثابتة لها تضاريس منبسطة ومكونة من **صخور نارية ومتحولة** لم تتأثر **بالحركات الأرضية البانية للجبال** (أي التي تميز مناطق **البالوعة** بين الألواح) للعصور التي أعقبت حقب ما قبل الكمبري . فلا تقع على هذه المساحات حدود نشيطة بين الألواح . وتنتشر حول هذه الدروع في بعض الأحيان سلاسل جبلية حديثة نسبيا مثل **السلاسل الكاليدونية** Caledonian chains الممتدة عبر البلاد **الاسكندينافية وانجلترا** (انظر الشكل ٥ ــ ٤٧) . وتكونت هذه السلاسل أثناء **الباليوزوي** المبكر ، وهي تمثل مناطق التحام بين درعين (**الدرع البلطيقية**) Baltic Shield ، **والدرع اللورنتية** Laurentian shield . وهناك أيضاً **السلاسل الهرسينية** Hercynian chains التي تمتد في وسط **أوربا وفي شمال أفريقيا** وتكونت أثناء الباليوزوي المتأخر ، وهي تمثل مناطق التحام بين **قارة شمالية وقارة جنوبية** (قارة **لوراسيا** Laurasia وقارة **جوندوانا** Gondwana) . أما **السلاسل الألبية** Alpine chains فهي تمثل في غرب أوروبا مناطق انتشار **القشرة القارية** على حساب **القشرة المحيطية** . أما في شمال **الهند** فهي منطقة التحام لوحين قاريين . ويطلق اسم سلاسل ألبية على الجبال التي تكونت أثناء **حقبي الحياة الوسطى والحياة الحديثة** .

ويمكن في أحيان أخرى أن تنفصل الكتل القارية بعضها عن بعض ، كما هو مبين في الشكل ٥ ــ ٤٨ ، الذي يوضح تطور القارات الحالية التي انفصلت جميعها عن قارة أساسية تكونت نتيجة لتجمع عدد من الكتل القارية أثناء العصور الجيولوجية التي سبقت العصر **البرمي** .



شكل ٥ ــ ٥٤ توزيع **الدروع** المهمة في العالم

(Courtesy American Museum of Natural History)

الحافات الصدعية

Fault Scarps

- الحافات الصدعية من الأشكال الأرضية الرئيسية، وتعود نشأتها إلى الحركات الأرضية السريعة، حيث تتشكل مباشرة بعد حدوث الزلازل.
- الصورة في هذه الشريحة تبين حافة صدع في الاسنام بالجزائر، تشكلت بعد هزة أرضية بقوة 7,3 حدثت في 10 اكتوبر من عام 1980م.
- تتطور حافة الصدع مع الزمن بفعل العمليات الجيومورفولوجية الخارجية وتتغير خصائصها ليتشكل ما يسمى بحافة خط الصدع Fault-line.
- تكون حافة خط الصدع تابعة أو معاكسة.

FIGURE 5-1. View west along the scarp of a near-vertical fault that resulted from the magnitude 7.3 El Asnam, Algeria, earthquake of October 10, 1980. The fault scarp is on a bedding plane of folded Pliocene strata (B in line rendering) and is offset in a direction opposite to the main earthquake-producing thrust fault (A in line rendering) (Philip and Meghraoui, 1983; photo courtesy M. Meghraoui).

يسبب اختلاف الحركة الرأسية على جانب الصدوع تباين مناسيب سطح الارض وتكون ما يعرف باسم الجروف الصدعية fault scarps وقد أمكن تمييز الكثير منها بمناطق الجبال والمرتفعات ، حيث يبلغ ارتفاع بعضها مئات الامتار ، وفي معظم الاحيان يبدو أن هذه الجروف لم تتكون نتيجة لحركة واحدة ، بل لحركات متعاقبة تفصل بين نبضاتها فترات من الهدوء النسبي ، وهناك ما يدل على أن الضغوط المسببة للحركات تتلاشى حينما تتحرك الكتل الصخرية فتنزلق أو تنهض بضع عشرات من الامتار ، يعقب ذلك استقرار قد يستمر مئات أو آلاف السنين قبل أن تتراكم الضغوط فيتكرر النبض وتحدث الحركة مرة أخرى .

ببروز الجروف الصدعية تشرع عوامل النحت والازالة في اكتساح المواد من حواف وأسطح الكتل المرفوعة ، فتتراجع جوانب الجروف بعيدا عن مواضع التصدع ، وتعرف حينئذ بجروف النحت eroston scarps وفي نفس الوقت تتآكل الكتل الارضية التي نهضت فتهبط مناسيبها تدريجيا ، فاذا لم تتجدد الحركة لفترة زمنية كافية زال التباين الناجم عن الحركة السابقة وتحول سطح الكتل الى سهل نحت مستو فيه تختفي فوالق الصدوع تحت غلالات متفاوتة السمك من الرواسب ، ولا يمكن تمييزها الا من خلال مقاطع تكشف ما تحت الرواسب السطحية من بنية .

اذا استمر الاستقرار فترة زمنية أطول ولم تتجدد الحركة فربما ظهرت جروف من نوع آخر وفي وضع معكوس تعرف بجروف خطوط التصدع fault linescarps تمييزا لها عن جروف التصدع الأصلية ، وأنسب الظروف لذلك أن تكون الطبقات المكونة للكتل الارضية من أنواع تتفاوت في صلابتها ومقاومتها لعمليات الحت والازالة ، فاذا فرض وكانت التكوينات التي انكشفت عند أسطح الكتل المرفوعة بعد تسويتها من أنواع أقل مقاومة بالنسبة للصخور المشكلة لأسطح الكتل الهابطة أصلا ، كان معنى ذلك سرعة زوال المواد التى يتألف منها السطح بالنسبة للكتل التي تعرضت سابقا للنهوض ، فيهبط مستواها على طول جروف خطوط التصدع ، أي أن التغيير الطوبوغرافي للسطح في هذه الحالة عكس النمط البنائي الأصلي ، وهنا قد يلتبس الامر على الباحث فيخطىء التمييز بين الجوانب الناهضة والجوانب الهابطة أصلا (شكل ١١٩) .

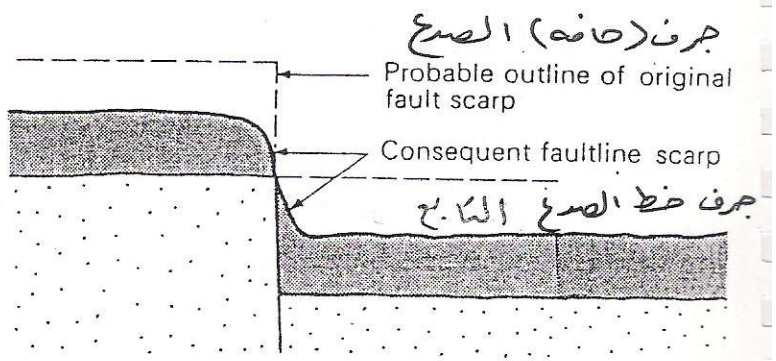


Fig. 2.12 Consequent faultline scarp

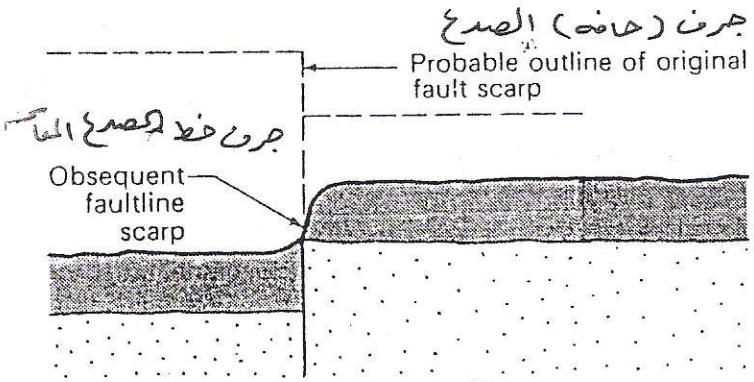
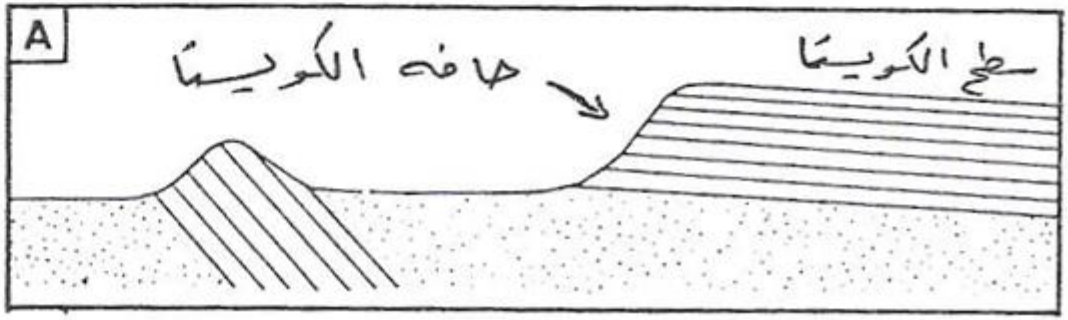


Fig. 2.13 Obsequent faultline scarp

الكويستا

- الكويستا عبارة عن جبال أو تلال تكون احدى جوانبها ذات انحدار شديد ويكون الانحدار خفيف في الجانب الآخر أقل من ٥ درجات ومثال على ذلك جبال طويق.
- تتكون الكويستا في الجزء الأعلى من الطبقات الصخرية المائلة. وعادة ما توجد الطبقات المائلة على حواف كتل صخرية قديمة تعرضت لرفع أو على حافة منخفض مقعر.
- تتطور الكويستا في الطبقات المائلة لأن هذا التركيب المائل يكشف جزء معين من سمك الطبقات التي غابا ما تحوي على صخور مختلفة المقاومة للتجوية والتعرية مثل الحجر الجيري والحجر الرملي والطفل .
- الاختلاف في مقاومة التعرية يؤدي الى تطور المجاري المائية في المناطق الضعيفة على طول الجزء المنكشف من الطبقات ولذلك تبقى الطبقات الصلبة وتشكل حواف صخرية شديدة الانحدار.



العوامل التي تحكم ارتفاع الكويستا

- يعتمد ارتفاع الكويستا على عدة عوامل أهمها:

1) سمك طبقة الصخور الأكثر مقاومة كلما زاد سمك طبقة الصخور الأكثر مقاومة كلما زاد ارتفاع الكويستا.
2) درجة مقاومة صخور الطبقات الأكثر مقاومة للتعرية، فكلما زادت مقاومة الصخور للتعرية زاد ارتفاع الكويستا.
3) زاوية انحدار طبقة الصخور الاكثر مقاومة، فكلما زاد انحدار طبقات الصخور المقاومة كلما قل ارتفاعها.

وفي المملكة العربية السعودية تنتمي الحافات الموجودة في النطاق الأوسط إلي نوع الكويستات على أساس أن درجة ميل هذه الطبقات لا تتعدى درجة واحدة في المنطقة المجاورة للدرع العربي. في حين أنه كلما اتجهنا نحو الشرق تقل درجة ميل هذه الطبقات حتى تصل إلى نحو نصف درجة (انظر باب الجيولوجيا). ولكي تتكون أي حافة لا بد من توافر شرطين أساسيين هما:

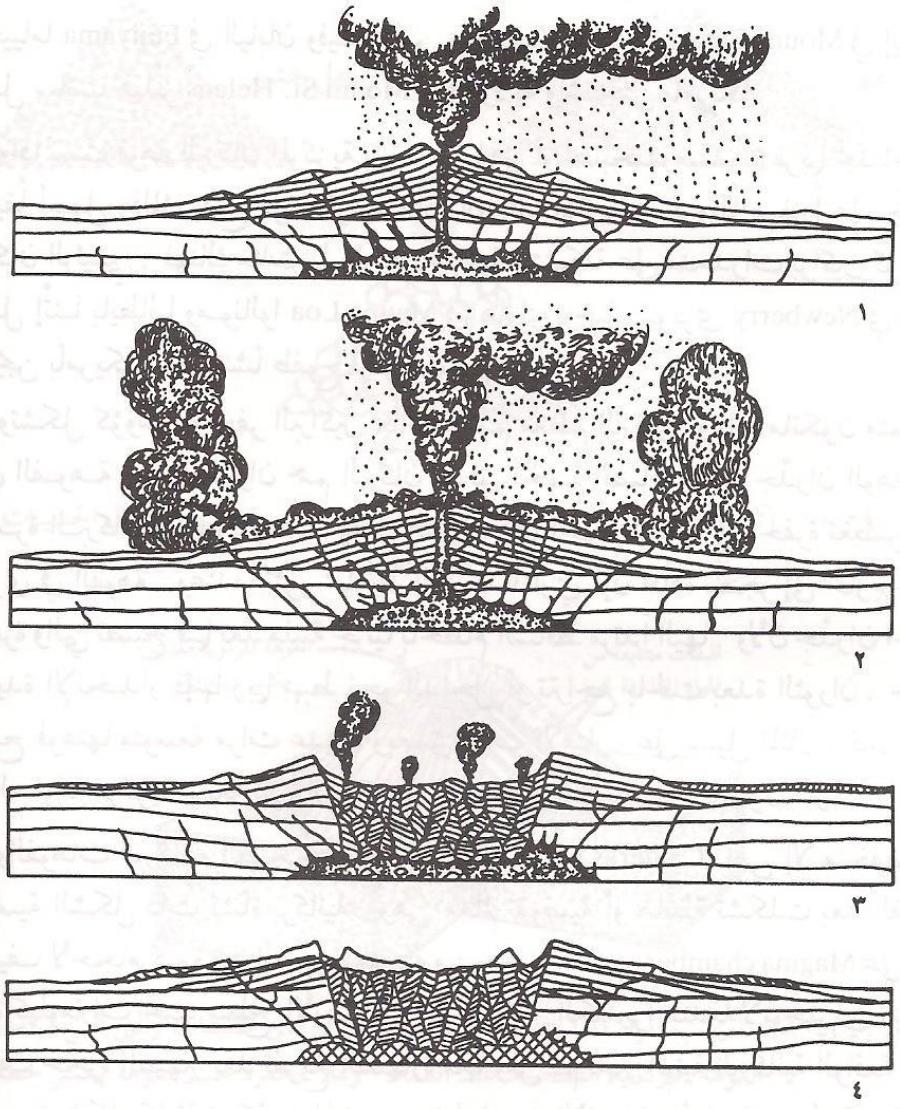
١- درجات ميل الطبقات الصخرية يجب أن تكون محدودة.

٢- تفاوت مقاومة الطبقات الصخرية لعامل التعرية المائية؛ أي طبقات صخرية قوية مقاومة وطبقات صخرية ضعيفة غير مقاومة.

ولو ألقينا نظرة على أنواع الطبقات الصخرية الموجودة في النطاق الأوسط من المملكة العربية السعودية لوجدنا بأنها طبقات صخرية تنتمي إلى الحجر الرملي وهي طبقات قوية أو طبقات صخرية من الحجر الجيري أياً كانت الفترة التابعة لها وهي أيضاً طبقات قوية ومقاومة، ونجد كذلك منها طبقات ضعيفة كطبقات الطفل والطين مثل طفل سُدَيْر وطفل ضُرُمَا وطفل مَرَاة وغيرها. ووجود هذا التعاقب من الطبقات القوية والضعيفة التي تميل بدرجة محدودة يوفر الشرطين الأساسين لتكون ظاهرة الحافة (الكويستا).

الفوهات البركانية

والفوهات البركانية الضخمة والمعروفة بإسم كلديرا Calderas ماهى إلا منخفضات حوضية الشكل ذات نشأة بركانية. وهي معالم تقوضية أو هابطة تشكلت بعد القذف العنيف لأحجام كبيرة من الصهارة منبعثة من حجرة الصهير Magma chamber على بعد عدة كيلومترات تحت سطح الأرض. ويتم تشكيل الكلديرا عندما لايوجد أي تدعيم لسقف حجرة الصهير بعد تفريغ الصهارة منها ومن ثم تنهار البنية البركانية الواقعة فوق الحجـرة بشكل كارثة تاركة منخفض بحائط شديد الإنحدار وأرضية مسطحة ويتراوح قطر سعتها من عدة كيلومترات إلى خمسون كيلومتر أو أكثر في بعض الأوقات، (شكلا ١٠-٣٢، ١٠-٣٣). وبعد فترة مئات آلاف من السنين تظهر صهارة جديد في حجرة الصهير المنهارة وتعيد إنتفاخها دافعة أرضية الكلديرا إلى أعلى مشكلة قبة، وربما تتكرر دورة الثـوران والهبـوط والإنبثاق والطفح . . . الخ، مشكلة بذلك مايعرف بالكلديرا المنبثقة الضخمة (شكل ١٠-٣٤)، وتعتبر هذه من بين أعظم الكوارث الطبيعية الهدامة على الأرض. وأحسن مثـال على كلديرا الإنبثاق الميته الآن كل من: كلديرا يلوستون وكلديرا الـوادي الـطويل وكلديرا فالس، وجميعهم في الـولايات المتحـدة الأمريكية، وكلديرا توبا في سومطرا بأندونيسيا. كما أن هناك بعض من الكديرا التي لاتزال نشطة مثـل كلديرا بحـيرة كريتر Crater lake في ولاية أوريجن بأمـريكا، وكلديرا كراكاتوا في أندونيسيا. وربما تكون كلديرا أوليمبوس مونس Caldera Olympus Mons على كوكب المريخ هي الأكبر والأفخم، (شكل ١-٢٧).



شكل (٣٢-١٠): يوضح مراحل إنهيار البركان ليشكل فوهة بركانية ضخمة

المرحلة الأولى: تبدأ الدورة بإنفجار معتدل من الْخَفَّاف أو الزجاج البركاني. تملأ حجرة الصهارة وتقف الصهارة عالية في القنوات أو المجاري البركانية. وبتزايد الإنفجارات والثورانات تسحب الصهارة أكثر فأكثر.

المرحلة الثانية: تخلص وتنقى الثورانات المجاري البركانية وينخفض بسرعة مستوى الصهارة في الحجرة. ينبثق الْخَفَّاف عالياً فوق المخروط أو يكنس الخفاف المتوهج على الجوانب.

المرحلة الثالثة: وبازاحة الدعامة ينهار المخروط البركاني في داخل حجرة الصهارة السفلية تاركاً وعاء واسع مشكلاً الفوهة البركانية الضخمة.

المرحلة الرابعة: بعد فترة من الهدوء تظهر مخاريط صغيرة جديدة على أرضية الفوهة البركانية الضخمة.

(عن: Birkeland and Larson, 1978).

الحرات

الحرَّة : (Lava sheet)

الحِرَار ، الحرَّات

أرض مغطاة بصخور البازلت الأسود الناشئ عن تصلب الصهير المنبثق من باطن الأرض ، خلال مناطق الضعف في القشرة الأرضية ومن فوهات البراكين ، وبعد أن يتصلب يتشقق نتيجة لتباين الظروف الحرارية في الصحراء بين الليل والنهار والشتاء والصيف مما يؤدي إلى ظهور الحرَّة في شكل صخور منثورة فوق سطح الأرض ، وقد تكون هذه الصخور مبعثرة أو متراكمة فوق بعضها تبعا للنشاط البركاني وتتابعه ، وكذلك القرب أو البعد من مركز الشقوق . وتنتشر الحرار على نطاق واسع في غربي شبه الجزيرة العربية .

ويطلق على الحرة أيضا اسم « اللاَّبة » وعنها اشتق المصطلح الأجنبي (Lava) .

وفي وسط الدرع العربي الذي تشغله أجزاء من مناطق مكّة المُكَرَّمَة والمَدينَة المَنوَّرة وحَائِل هناك أجزاء شاسعة من غطاءات اللابة البركانية المنتمية للزمنين الثالث والرابع وفي بعض الأحيان للعصور التاريخية. وقد شكلت الثورانات البركانية غطاءات ذات مساحات مختلفة تتدرج من مجرد تدفق صغير إلى هضبة بازلتية، وهي تغطي مساحة تقدر بأكثر من ١٥٠,٠٠٠ كيلومتر مربع. وعلى خلاف براكين ما قبل الكمبري في شبه الجزيرة العربية، لا تشكل البراكين الحديثة أحزمة جبلية وعرة بل أرضاً مستوية أو تلالية متوسطة التموج. وهي تشتمل على صخور قلوية من البازلت الأوليفيني بشكل رئيسي على هيئتها الأصلية لم تصبها عوامل التعرية بأية تغييرات تذكر إلا قليلاً، وهي رمادية معتمة إلى سوداء وناعمة الحبيبات [٩٣]. وتنتشر حقول اللابة بطول ساحل البحر الأحمر وعلى المرتفعات الغربية لشبه الجزيرة العربية بصورة متقطعة ناحية الشمال ابتداء من براكين اليَمَن التي تغطي مساحة تبلغ ٣٥٠٠٠ كيلومتر مربع من مرتفعات اليَمَن الجنوبية الغربية إلى جبل الدُّرُوز الذي يشكل مساحة كبيرة نسبياً في سوريا. وتمتد حقول اللابة عبر شرق الأردن إلى داخل المملكة العربية السعودية حيث تعرف بحرَّة الحرَّة أو حرة الشَّام. وهناك في المملكة عدد كبير من الحرات كبيرة الحجم نسبياً، بالإضافة إلى عدد كبير من مخاريط بركانية. وتدفقات صغيرة من اللابة، وحقول رماد بركاني، وتتراوح تواريخ بوجو K-Ar (بوتاسيوم–أرجون) –إحدى طرق التأريخ بالقياس الإشعاعي radiometric dating– للابات من ٦,٢٦ ± ٤,٣ مليون سنة إلى العصور التاريخية. وتتدرج أغلب التواريخ بين ٩٢ و ١٨ مليون سنة وبين ١٤ وأقل من مليون سنة[٩٤] (شكل:١–١٣).