

## Hoạt động biến chất và chế độ địa động lực

Phan Trường Thị. Khoa Địa chất,  
 Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (ĐHQGHN).

### Giới thiệu

Hoạt động biến chất là những quá trình xảy ra ngay trong vỏ Trái Đất nên liên quan chặt chẽ với các chế độ động lực của vỏ. Đương nhiên, hoạt động này không tách khỏi bản chất của manti nằm dưới vỏ và có sự khác biệt cơ bản giữa hoạt động biến chất trong phạm vi vỏ đại dương và vỏ lục địa. Trong bảng 1 trình bày mối quan hệ giữa các kiểu cấu trúc vỏ Trái Đất và chế độ địa động lực.

**Bảng 1.** Các kiến trúc vỏ Trái Đất và chế độ địa động lực.

Kiểu vỏ	Lục địa				Chuyển tiếp	
Tiền Cambri	Các khối đại lục Tiền Cambri (khối nền cổ)				Di chỉ các cung đảo Tiền Cambri	
Phanerozoic	*Cấu trúc vòng của đá magma kiềm *Ổng nổ kimberlit	*Các dãy núi: Caledonid Hercynid Mesozoid Alpinid * Các đới xiết trượt	Các bồn Rift nội lục trước và sau cung núi lửa. kéo tách	Cung đảo núi lửa	Trụ cơi núi (với turbidit) đại ophiolit	
Chế độ địa động lực	Hot - Spot (Điểm nóng)	*Tạo núi do xô húc * Tạo núi do căng giãn	*Căng giãn *Trượt bằng	Hút chìm		
Vỏ đại dương						
Tiền Cambri	Di chỉ đại dương (đai đá lục và ophiolit Tiền Cambri)					
Phanerozoic	Vực sâu	Đảo núi lửa	Sống núi ngầm, bồn kéo tách	Bình nguyên		
Chế độ địa động lực	Hút chìm	Hot-Spot (Điểm nóng)	Căng giãn và trôi lục địa, Đứt gãy sườn sống núi			

Liên quan với các chế độ địa động lực của vỏ những hoạt động biến chất được phân loại theo bảng 2. Tùy theo đặc điểm thạch học và chế độ địa động lực kèm theo có thể phân biệt 3 kiểu biến chất – áp suất thấp, áp suất trung bình và áp suất cao. Tùy thuộc vào diện phân bố và đặc điểm địa chất có thể phân biệt biến chất bình diện khu vực, biến chất theo các đại động lực, biến chất theo vòm động lực.

### Các kiểu biến chất trong đại dương

Trên hình là sơ đồ biến chất với hai trục biến thiên và nhiệt độ, trên đó phân biệt vị trí của các tương biến chất. Trong đại dương, các trầm tích và đá phun trào cũng như ngay trong phần vỏ đại

dương nằm dưới chúng với sự xuất hiện các yếu tố biến chất nói trên có thể xảy ra các kiểu biến chất sau đây:

- Biến chất nhiệt dịch
- Biến chất khu vực áp suất trung bình

**Bảng 2.** Các kiểu hoạt động biến chất và chế độ địa động lực.

Kiểu biến chất	Biến chất bình diện khu vực	Biến chất theo các đại động lực	Biến chất theo vòm động lực
Áp suất trung bình	I- Biến chất khu vực - siêu biến chất: sự hình thành các vỏ lục địa Tiền Cambri. II- Biến chất dọc theo sống núi đại dương.	I- Đại mylonit - gneiss - migmatit dọc theo các đới xiết trượt II- Đại phân đới biến chất tuyến tính theo các đới chồm nghịch	Biến chất phân đới đồng tâm (core complex of metamorphism)
Áp suất cao		Đại các đá phiến xanh (glaucophan) và đá phiến trắng (talc - kyanit) - eclogit của đới hút chìm.	
Áp suất thấp	I- Đại đá phiến lục tuổi Tiền Cambri II- Biến chất chôn vùi tương zeolit, prenit - pumpelit trong các bồn trũng Kainozoic		Biến chất tiếp xúc và trao đổi biến chất

### Biến chất nhiệt dịch (Sống núi giữa đại dương)

- Basalt nằm dưới đáy đại dương, dưới lớp trầm tích bờ rời, nằm kề với sống núi giữa đại dương, những núi lửa ngầm trong mảng đại dương chịu tác dụng của dòng nhiệt dịch với nhiệt độ có thể đạt trên 1.000°C. Bằng chứng của quá trình này là những tụ khoáng kim loại (thường là sắt và mangan) tạo thành lớp phủ dày đến vài mét khi quan sát mặt cắt ngang qua sống núi đại dương. Hệ thống nhiệt dịch đó thoát đầu là nước biển tuần hoàn trong các khe nứt, đới dập vỡ của lớp basalt rồi được nung nhờ nhiệt độ của magma.

- Nghiên cứu vỏ đại dương nhờ các mẫu đá được lấy lên từ đáy đại dương nằm kề với các đứt gãy ngang sống núi giữa đại dương hoặc gần các bờ dốc của sống núi. Những mẫu này có thành phần đá phiến lục, serpentinit và đôi khi còn gặp ca amphibolit bị ép mạnh.

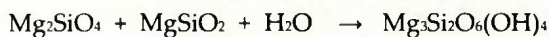
Ngoài ra, bằng nghiên cứu các thể ophiolit (vỏ đại dương cổ) bộc lộ trên bề mặt lục địa cũng quan sát thấy các đá tương tự. Điều này xác minh hoạt động biến chất nhiệt dịch xảy ra trong vỏ đại dương.

- Hoạt động biến chất nhiệt dịch dưới đáy và vỏ đại dương được nhận biết được nhờ sự xuất hiện các khoáng vật biến chất như chlorit, serpentin, smectit, illit và đôi khi gặp cả amphibol. Chúng được thành tạo theo 3 giai đoạn (Staudigel và nnk., 1981): I- Thành tạo palagonit; II- Thành tạo smectit và III- Thành tạo carbonat. Giai đoạn I và II xuất hiện khi nước biển và basalt mới phun ra giao tiếp lẫn nhau, một khối lượng lớn nước biển bị nung nóng phát sinh thành chất lưu nóng có tác dụng hóa học như dung dịch nhiệt dịch nội sinh gây biến chất ngay trong lớp 2 của vỏ đại dương. Trong hai giai đoạn đó các chất lưu ngày một cạn kiệt chất kiềm và kết thúc quá trình biến chất, có thể kéo dài trong vài triệu năm. Giai đoạn III lâu dài hơn (dưới 10 triệu năm) có thể thu hút Ca từ basalt vào trong dung dịch tuần hoàn trong vỏ đại dương, gây nên quá trình carbonat hóa ở những độ sâu ít nhất đến 500m.

- Kết quả của hoạt động biến chất là tạo nên những đá basalt màu lục biến chất đến tương đá phiến lục.

Trong tương zeolit, các đá basalt chóng biến chất thành đá spilite. Đó là basalt lục hóa: đá vẫn còn giữ nguyên kiến trúc và cấu tạo của basalt, nhưng plagioclas bị albit hóa hầu hết, Ca được thoát khỏi plagioclas tham gia thành tạo carbonat, epidot; các khoáng vật màu bị chlorit hóa, actinolit hoá. Spilit cùng với keratophyr tạo nên một tập hợp đặc trưng cho quá trình biến chất đáy đại dương. Keratophyr là đá phun trào thành phần trung tính cũng biến chất đến mức là plagioclas albit hóa, khoáng vật màu bị chlorit hóa, còn kiến trúc và cấu tạo vẫn giữ nguyên. Do đó, trong nhiều giáo trình vẫn xếp chúng vào phần mô tả các đá magma.

Đối với các đá siêu mafic thuộc lớp 4 của vỏ đại dương, nằm dưới bề mặt Moho, trong quá trình biến chất nhiệt dịch chúng có thể bị biến chất thành đá phiến serpentin hay serpentinit. Các thể ophiolit hầu hết bị biến chất thành đá phiến serpentin hay serpentinit. Có thể giải thích theo công thức sau:



Olivin Pyroxen thoi Nước Serpentin

Do vậy quá trình này có thể xếp vào biến chất nhiệt dịch theo cơ chế đã mô tả trên. Tuy nhiên, nước biển thấm đến độ sâu của lớp 4 trong vỏ đại dương là điều khó hiểu, ngoại trừ trường hợp dọc theo các đứt gãy ngang sống núi giữa đại dương. Hơn nữa đá phiến serpentin và serpentinit chỉ quan sát được trong các thể ophiolit lộ trên bề mặt Trái Đất của các lục địa, vì vậy có giả thuyết cho rằng đó là quá trình biến chất khu vực xảy ra trong các đại tạo núi của lục địa. Trong

trường hợp đó các đá basalt bị biến chất khu vực thành đá phiến lục, bị biến đổi cả kiến trúc và cấu tạo. Các basalt biến chất thành đá phiến lục có thể phân biệt dễ dàng với basalt bị lục hóa hay spilite và keratophyr thuộc quá trình biến chất nhiệt dịch của các đại dương. Ngoài ra, nghiên cứu đồng vị phóng xạ cho thấy dD chỉ thay đổi trong giới hạn hẹp từ -39 đến -66, còn <sup>18</sup>O thay đổi từ +4,7 đến + 8,7. Điều đó xác minh nước gây quá trình biến đổi olivin thành serpentin có nguồn gốc nội sinh.

Trong các thể ophiolit bên cạnh đá serpentinit còn gặp rodingit, là đá biến chất trao đổi có sự tham gia của nước và Ca được giải phóng khỏi plagioclas trong quá trình lục hoá. Đó là những thể đá có thành phần như skarn hay còn gọi là gabro granat hóa (hydrogranat).

### Biến chất khu vực áp suất trung bình

Tài liệu về biến chất khu vực của vỏ đại dương đương đại rất hiếm hoi, chỉ nhận biết nhờ các mẫu lấy từ đáy đại dương. Các mẫu đó có thành phần từ đá phiến lục đến amphibolit. Thông qua tài liệu khoan sâu ở đại dương, các đá thuộc lớp 1 và 2 của vỏ đại dương có thể nhận biết basalt và gabro bị biến chất ở tương prenit - pumpeliit và tương đá phiến lục. Như vậy biến chất khu vực có thể tạo nên tính phân đới biến chất từ thấp đến cao.

Nghiên cứu các thể ophiolit trong các đại tạo núi trên lục địa xác minh hoạt động biến chất khu vực áp suất trung bình, phân đới từ thấp (đá phiến lục) đến cao (amphibolit).

Luận giải về cơ chế gây nên quá trình biến chất khu vực này một mặt dựa theo tài liệu nghiên cứu đáy đại dương và vỏ đại dương, mặt khác đối sánh với các thể ophiolit trên lục địa. Những nghiên cứu này thống nhất nhận định đó là quá trình biến chất ngay trong vỏ đại dương, liên quan với các sống núi đại dương và các lưỡi, cột manti bên trong mảng đại dương. Về sau, chúng lại tham gia trong quá trình tạo núi với các hoạt động biến chất chông (đa biến chất) trong quá trình tạo nên vỏ lục địa. Tuy nhiên, hoạt động biến chất chông trong tạo núi chủ yếu gây biến dạng, thay đổi kiến trúc và cấu tạo nhưng vẫn bảo lưu dấu vết hoạt động biến chất trong đáy và bên trong vỏ đại dương. Ví dụ, các đá spilite - keratophyr, đá phiến serpentin và serpentinit được thành tạo trong quá trình tồn tại của vỏ đại dương. Chúng tạo nên những nê kiến tạo đôi khi xa lạ về kiểu và trình độ biến chất so với hoạt động biến chất tạo núi. Ví dụ, giữa các đá biến chất khu vực tương amphibolit lại có thể gặp những thể ophiolit chỉ bị biến chất ở tương đá phiến lục.

### Hoạt động biến chất đới hút chìm

Trên hình 1 thấy rõ sự phân bố các đường đẳng nhiệt dọc theo đới Benioff và nằm dưới cung đảo.

Qua đó có thể nhận thấy vị trí các tướng biến chất nằm phía bên trên tấm hút chìm. Các đá bị lôi kéo theo xuống đến những độ sâu khác nhau với những chế độ nhiệt độ và áp suất tương ứng. Cần lưu ý đến một số đặc điểm sau:

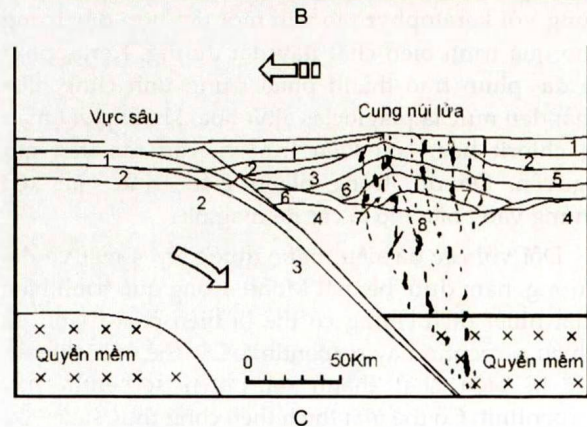
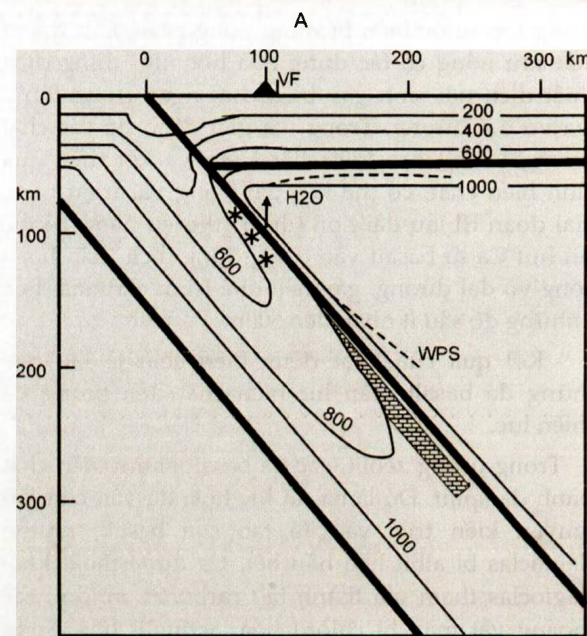
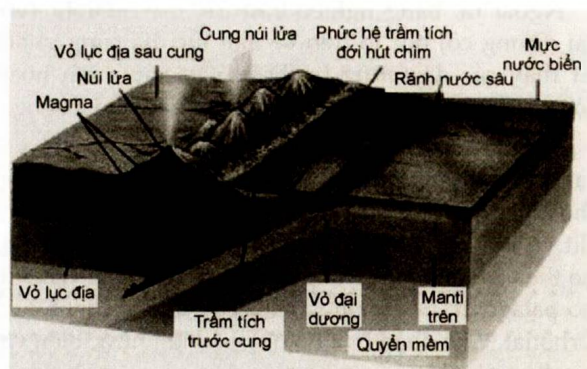
- Nằm phía trên tấm hút chìm đường đẳng nhiệt nâng cao do tấm hút chìm che chắn nhiệt độ từ manti dâng cao, điều đó làm cho phần nằm sát phía trên (vùng 3- tướng đá phiến glaucophan) có một đặc thù là nhiệt độ thì thấp nhưng áp suất rất cao do nhấn chìm đến những độ sâu lớn: biến chất áp suất cao đá phiến glaucophan.

- Nằm dưới tướng granulit và amphibolit có trường nhiệt độ cao tương đương với tướng amphibolit và granulit nhưng áp suất cao hơn (vùng số 4 trên hình 1). Đó là trường tướng eclogit, nơi do sự hút chìm các đá dưới vực sâu của đại dương có thể bị kéo theo đến tận phần sâu đến khoảng 100km vượt qua giới hạn của vỏ Trái Đất và đi vào phần trên của manti. Ở đó các đá thành phần trung tính và acid hay các trầm tích khác hầu hết bị nóng chảy và tan biến trong manti, duy chỉ có các đá thành phần mafic có thể còn sót lại trạng thái cứng và bị biến chất trong tướng eclogit. Do đó, các đá eclogit thường cộng sinh với đá kimberlit là đá magma xuất phát từ manti trên của vỏ Trái Đất.

- Tùy theo mức độ bóc mòn và lộ ra của đá thuộc đới hút chìm trong lịch sử phát triển của vỏ Trái Đất, trên bề mặt Trái Đất có thể quan sát được những đai biến chất áp suất cao ghi nhận di chỉ của một đới hút chìm đã từng tồn tại: đai đá phiến màu xanh (glaucophan). Nếu bóc lộ nông hơn thì gặp đai đá phiến glaucophan, sâu hơn thì gặp đai jadeit và đai jadeit có eclogit.

**Hoạt động biến chất bình diện khu vực rộng lớn**

Trên các miền khiên Tiền Cambri của vỏ Trái Đất lộ ra những hệ tầng đá biến chất thành phần khá phức tạp nhưng biến chất tương đối đều đặn trên những diện rộng. Có thể gặp các đá thuộc những tướng biến chất từ granulit, amphibolit cho đến đá phiến lục, nhưng sự chuyển đổi giữa tướng này sang tướng khác hầu như không thể theo dõi trên những diện tích hàng nghìn km<sup>2</sup>. Ví dụ các miền khiên Ấn Độ, Australia, Bắc Mỹ, Siberie (Nga), v.v... và hầu hết chúng được xác định chính xác có tuổi biến chất vào Tiền Cambri, có nơi đến mức tuổi Arkei (trên 2,5 tỷ năm tuổi đồng vị). Trên những diện lộ đó nếu thấy sự chuyển biến tướng biến chất thường liên quan đến những bất chỉnh hợp địa tầng khu vực mà phần nằm trên có tuổi trẻ hơn và trình độ biến chất thấp hơn, còn phần nằm dưới tuổi cũ hơn và trình độ biến chất cao hơn. Do đó trong những diện lộ như vậy, có thể theo dõi những hệ tầng khác tuổi nhau thì trình độ biến chất cũng khác nhau, theo xu hướng tuổi càng trẻ thì trình độ biến chất thấp hơn.



**Hình 1.** Mô hình đới hút chìm (A, C) và sự phân bố đường đẳng nhiệt (B) của đới hút chìm. Sơ đồ phân bố các tướng biến chất trong đới hút chìm: 1- tướng zeolit; 2- tướng prenit-pumpeliit; 3- tướng đá phiến xanh (glaucophan); 4- tướng eclogit; 5- tướng đá phiến lục; 6- tướng amphibolit; 7- tướng amphibolit nhiệt độ cao; 8- tướng granulit.

Trong những diện lộ đó, do trải qua quá trình phát triển lâu dài từ Tiền Cambri cho đến ngày nay, nên có thể phát hiện nhiều giai đoạn biến chất chồng gối lên nhau. Trong công tác đo vẽ bản đồ địa chất cần lưu ý đến hiện tượng này. Tướng biến chất này chồng gối lên nhau mà không quan sát thấy những bất chỉnh hợp khu vực.

Trên diện tích nước ta đã phát hiện thấy những miền phát triển đá biến chất khu vực thuộc các tương biến chất từ granulit (địa khối Kon Tum) cho đến tương amphibolit (vùng biến chất Sông Hồng - Fansipan). Phù chồng lên trên các hệ tầng đá biến chất cao với các số tuổi tuyệt đối thay đổi từ 2.500 triệu năm (vùng Ca Vịnh - Yên Bái) cho đến 900 triệu năm (vùng lưu vực Sông Hồng) là những trầm tích biến chất yếu hơn (tương đá phiến màu lục) tuổi Paleozoi. Không nghi ngờ những hệ tầng biến chất cao đó thuộc các nền Tiền Cambri. Nhưng vấn đề còn lại là những diện lộ của chúng thường bị cắt xén thành những mảnh riêng biệt diện tích nhỏ và rời rạc và cho đến nay chưa phát hiện thấy những bất chỉnh hợp khu vực. Liệu chúng có thể thuộc vào hoạt động biến chất khu vực bình diện rộng lớn tuổi Tiền Cambri hay thuộc các đại biến chất liên quan đến các đại tạo núi địa phương. Vấn đề này hãy còn đang bỏ ngỏ.

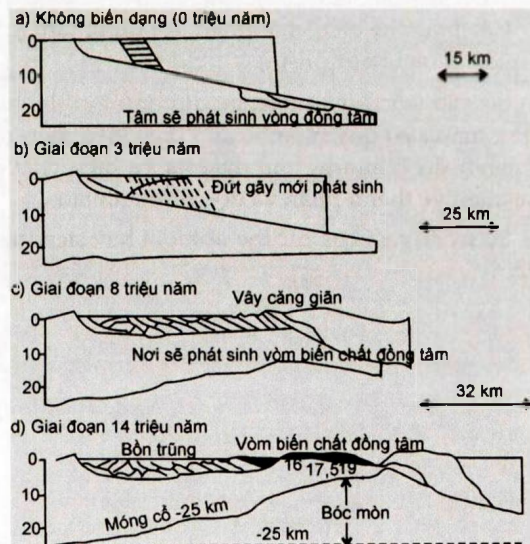
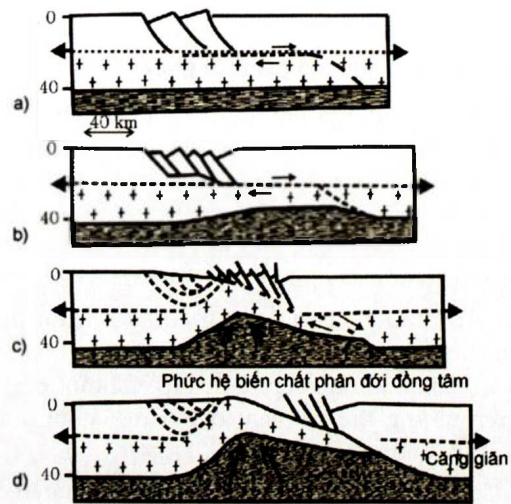
Hoạt động biến chất bình diện khu vực có lẽ liên quan với những chế độ gradient địa nhiệt đặc thù của quá khứ địa chất vào Tiền Cambri, rất cao so với gradient địa nhiệt ngày nay. Vì vậy, các đá được chìm dưới một độ sâu không đáng kể đã có thể đạt được nhiệt độ đủ gây nên biến chất. Trong mỗi một khu vực và mỗi một giai đoạn phát triển của lịch sử địa chất dựa vào nhiệt kế và áp kế địa chất có thể lập lại gradient địa nhiệt tương ứng.

**Hoạt động biến chất phân đới đồng tâm**

Hoạt động biến chất nhiệt động không những xảy ra trên bình diện khu vực rộng lớn như trình bày ở trên mà còn có thể xảy ra trên những bình diện hẹp hơn. Trên hình 5 (mục từ *Tương và đới biến chất*) là bản đồ phân đới biến chất nhiệt động học xảy ra trên vùng núi Bù Khạng (Nghệ An) với một diện tích dài khoảng 150km và bề rộng khoảng 60km, thuộc địa phận của 3 huyện Quỳnh Hợp, Quỳnh Châu và Quỳnh Phong. Trên một diện tích hẹp như vậy có thể quan sát sự biến thiên các đới biến chất từ thấp (đới chlorit - tương đá phiến lục) đến đới silimanit kèm nóng chảy từng phần (granit hóa - thuộc tương amphibolit). Tương tự, vùng núi Khâm Đức (huyện Tiên Phước, tỉnh Quảng Nam), vùng Sa Thầy (huyện Sa Thầy - tỉnh Kon Tum), vùng Nậm Xư Lư (tỉnh Lai Châu), v.v... cũng lộ ra những phức hệ đá biến chất phân đới đồng tâm. Trên thế giới các phức hệ đá biến chất phân đới đồng tâm được mô tả trong nhiều công trình (Crittenden và nnk., 1980; Lister & Davis, 1989, v.v...). Tổng hợp các tài liệu đó trong thạch luận đá biến chất đưa ra danh pháp "Phức hệ biến chất phân đới đồng tâm" (metamorphic core complexe).

Trên hình 2 là hai mô hình giải thích quá trình hình thành tạo vòm phân bố biến chất đồng tâm. Cả hai mô hình giai đoạn thành tạo vòm biến chất phân đới đồng tâm đều liên quan đến quá trình căng giãn vỏ

lục địa, làm mỏng vỏ, vòm nóng chảy tạo granit ở trung tâm. Trong các đới va chạm hai mảnh lục địa theo kiểu chòm nghịch và tiếp theo là quá trình căng giãn phần mảnh dưới của lục địa bị hút chìm trên manti của quyển mềm, một bộ phận ở mút tấm vỏ lục địa bị hút chìm khá sâu có thể đạt đến tương biến chất áp suất cao (đá phiến glaucophan). Vì vậy đôi khi quan sát thấy một riềm đá biến chất áp suất cao ven theo rìa của các vòm biến chất đồng tâm áp suất trung bình. Ví dụ vòm ở Tây Alpe (Goffe & Chopin B., 1986).



**Hình 2.** Hai mô hình khác nhau minh họa quá trình hình thành vòm biến chất phân đới đồng tâm. Hình bên dưới giải thích bằng quá trình căng giãn liên quan đến vòm nhiệt được nâng cao trong quá trình làm mỏng vỏ. Hình bên trên giải thích thoát đầu là quá trình chòm nghịch và về sau căng giãn làm mỏng vỏ kèm theo biến chất phân đới đồng tâm.

**Các đại biến chất tuyến tính (biến chất đới chòm nghịch và xiết trượt)**

Trong Vỏ Trái Đất các đới xiết trượt có vai trò như những đới khâu các địa khu (terrance) có lịch sử phát triển khác nhau. Thông thường các Mảnh Vỏ

thuộc cấp thấp hơn mảng, vì vậy chúng là những mảnh bên trong một mảng đại dương hay mảng lục địa. Lịch sử phát triển của một đới xiết trượt bắt đầu khi hai mảng va vào nhau và kết thúc sau khi đã tạo nên một dãy núi hay một cấu trúc bình ổn tương tự về quy mô với những dãy núi.

Những tiêu chí và thuật ngữ liên quan đến các đới trượt thường không đồng nhất vì các đới xiết trượt liên quan khác nhau đến các chế độ địa động lực. Chúng có thể là những đới trượt bằng (strikslip), đới chòem nghịch, v.v... nhưng có cùng những tiêu chí như sau.

#### Các tiêu chí và quy mô (cả thời gian và không gian)

1 - Hai bên đới là những địa khu có lịch sử phát triển khác nhau cho đến thời điểm xô húc bắt đầu quá trình xiết trượt. Vì vậy có thể phân biệt những vật liệu (trầm tích hay magma) trước xô húc thuộc hai địa khu khác nhau; những vật liệu lôi kéo trong quá trình xô húc và những vật liệu sau xô húc.

2 - Tùy thuộc vào bản chất của đới trượt (trượt bằng, chòem nghịch và lịch sử nối tiếp các quá trình khi căng giãn, khi nén ép phức tạp của một đới) mà tạo nên những thể vật chất đặc trưng, gồm những thể vật chất như sau.

- Các đới biến dạng và biến chất từ đôn đến dèo, có thể đạt áp suất cao.

- Các phức hệ biến chất phân đới đồng tâm (core complex of metamorphism).

- Sự xáo trộn kiểu melange quy mô lớn thể hiện những mảnh vỏ quy mô nhỏ xếp theo kiểu men rạn, các mảnh đó là những thể magma và biến chất rất khác nhau về thành phần và độ sâu thành tạo.

- Sự trôi nguội của các thể ophiolit hay siêu mafic khác.

- Phát triển tái nóng chảy quy mô lớn tạo nên những thể granito - gneis và migmatit.

- Xuất hiện những thể xâm nhập thành phần mafic và siêu mafic đánh dấu độ sâu của đới xiết trượt đến manti.

3 - Tùy thuộc vào sự kết thúc của quá trình ghép nối và quy mô của nó có thể hình thành nên: 1). Một đới, một đai tạo núi uốn nếp kéo dài hàng nghìn km với sự xuất hiện một loạt những khối granit thành phần phức tạp từ I - S. 2). Một đai melange uốn nếp hay lấp ghép theo kiểu men rạn.

#### Tài liệu tham khảo

- Coleman R.G., 1977. Ophiolites. Ancient oceanic lithosphere? Springer-Verlag. 229 pgs.
- Cox K.G., Bell J.D. and Pankhurst, 1979. The interpretation of igneous rocks. George Allen & Unwi. 450 pgs.
- Dupré B., Alligre C. J., 1980. Pb - Sr - Nd isotopic correlation and the chemistry of the North Atlantic mantle. *Nature*. 286: 17-22.
- Dupré B., Alligre C. J., 1983. Pb - Sr isotopic variations in Indian Ocean basalts and mixing phenolena. *Nature*. 303: 142-146.
- Faure G., 1977. The principles of isotope geology. *Jonh Wiley. New York*. 464 pgs.
- Le Maitre, 1976. The chemical variability of some common igneous rocks. *Journal of Petrology*. 17: 589-637.
- Pearce J. A. and J. R. Cann, 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth Plan. Sci. Lett.*, 19: 290-300.
- Ringwood A. Z., 1975. Composition and petrology of the Earth's mantle. *Mc Graw-Hill*. 618 pgs. New York.
- Streckeison A., 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Review*. 12: 1-33.
- Wilson Marjorie, 1996. Igneous Petrogenesis. *Chapman & Hall*. 465 pgs.