Kiến tạo các bồn trầm tích dầu khí Việt Nam

Nguyễn Trọng Tín. Hội Dầu khí Việt Nam.

Hoàng Ngọc Đang. Tổng Công ty Thăm dò Khai thác Dầu khí.

Giới thiệu

Mô hình tiến hóa các bồn trầm tích Kainozoi Biển Đông được nhiều nhà nghiên cứu xây dựng trên quan điểm kiến tạo mảng, sự xô húc của các mảng lớn – mảng Ấn Độ, mảng Australia, mảng Thái Bình Dương đến rìa Đông Nam lục địa Âu - Á, kết hợp với sự tách giãn và phát triển Biển Đông. Trường động lực đã tạo sự xoay chuyển các vi mảng, đới trượt bằng và các đứt gãy lớn dọc theo đó các bồn Kainozoi được hình thành.

Hầu hết các bồn trầm tích Kainozoi ở Việt Nam có nguồn gốc kiến tạo là các bồn rift kiểu tách giãn và xé trượt mà sự hình thành và hoạt động luôn gắn liền với chuyển động kiến tạo mảng giai đoạn Kainozoi. Chúng phân bố liền kề hoặc ở nơi giao nhau với các đới đứt gãy lớn – Sông Lô, Vĩnh Ninh, Sông Chảy, Sông Hồng, Rào Nậy, Tây Tri Tôn, Tam Kỳ - Phước Sơn, Cù Lao Xanh, Sườn dốc Đông Việt Nam, Cắt trượt Tuy Hòa, Sư Tử Đen - Phú Quý, Bạch Hổ - Rạng

Đông, Mae Ping - Sông Hậu, Sông Đồng Nai, Hồng - Mãng Cầu, Đá Chữ Thập - Đá Tây, Vũng Mây, Tây Trường Sa, Ba Chùa - Kim Long.

Sự thay đổi phương chuyển động và hướng của trường lực kiến tạo trong quá trình tương tác giữa các mảng lớn trong khu vực trong giai đoạn Kainozoi đã tạo nên tính nhịp và tính chu kỳ trong lịch sử phát triển kiến tạo - trầm tích, hoạt động magma và được đánh dấu bằng những gián đoạn khu vực được ghi nhận ở tất cả các bồn.

Lãnh thổ Việt Nam và các vùng kế cận gồm những địa khu liên hợp phức tạp có kiểu vỏ lục địa, mặc dù đã được cố kết và trở thành một nền (craton) hợp nhất với lục địa Âu - Á vào cuối Mesozoi (Jura muộn - Creta?), nhưng do hoạt động hút chìm của mảng Ấn Độ Dương ở rìa Nam cung đảo Sumatra - Java, và đặc biệt do sự tách giãn đáy và đại dương hóa Biển Đông, nên mảng lục địa rìa đông của mảng Âu - Á bị biến đổi mạnh vào Kainozoi – đó là nguyên nhân tạo sự khác biệt trong cơ chế và lịch sử hình thành các bồn trầm tích Kainozoi chứa dầu khí ở Việt Nam và những vùng kế cận.

Dù có nguồn gốc khác nhau, nhưng các bồn này đều được hình thành trên vỏ lục địa bị chia cắt, liên quan với các chuyển động trượt bằng (strike - slip), căng giãn (extension), xé trượt (pull-apart) nội mảng và có dạng địa hào, nửa địa hào với các chu kỳ trầm tích và những bất chỉnh hợp, đồng tuổi với nhau được quan sát thấy trong tất cả các bồn.

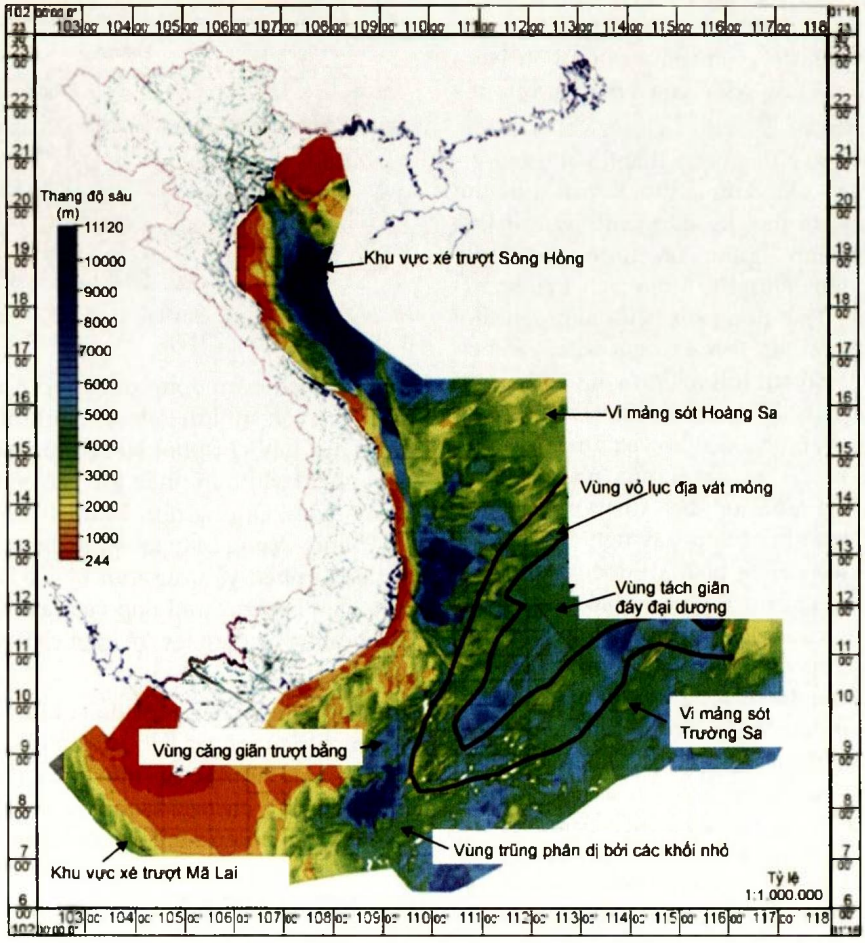
Trên cơ sở tổng hợp và xử lý các tài liệu địa chấn, từ, trọng lực, ảnh viễn thám, địa chất, địa động lực và các mô hình thành tạo Biển Đông trong bối cảnh kiến tạo khu vực, các yếu tố kiến tạo chính ở thềm lục địa và vùng biển Việt Nam có thể tích hợp và gồm các thực thể – *1*) Khu vực xé trượt Sông Hồng; *2*) Vi mảng sót Hoàng Sa; *3*) Vùng vỏ lục địa vát mỏng; *4*) Vùng tách giãn đáy đại dương; *5*) Vi mảng sót Trường Sa; *6*) Vùng trũng phân dị bởi các khối nhô; *7*) Vùng căng giãn trượt bằng [H.1].

Lịch sử phát triển địa chất

Tiến hóa kiến tạo của các bồn trầm tích Kainozoi ở Biển Đông Việt Nam có thể được chia thành ba giai đoạn chính – *1*) trước tạo rift (trước Eocen); *2*) tạo rift (Eocen - Oligocen); *3*) sau tạo rift (Miocen - Hiện nay).

Giai đoạn trước tạo rift

Trong thời kỳ 90 - 50 tr. năm trước đây lãnh thổ Việt Nam và phần lớn Đông Dương được nâng cao,



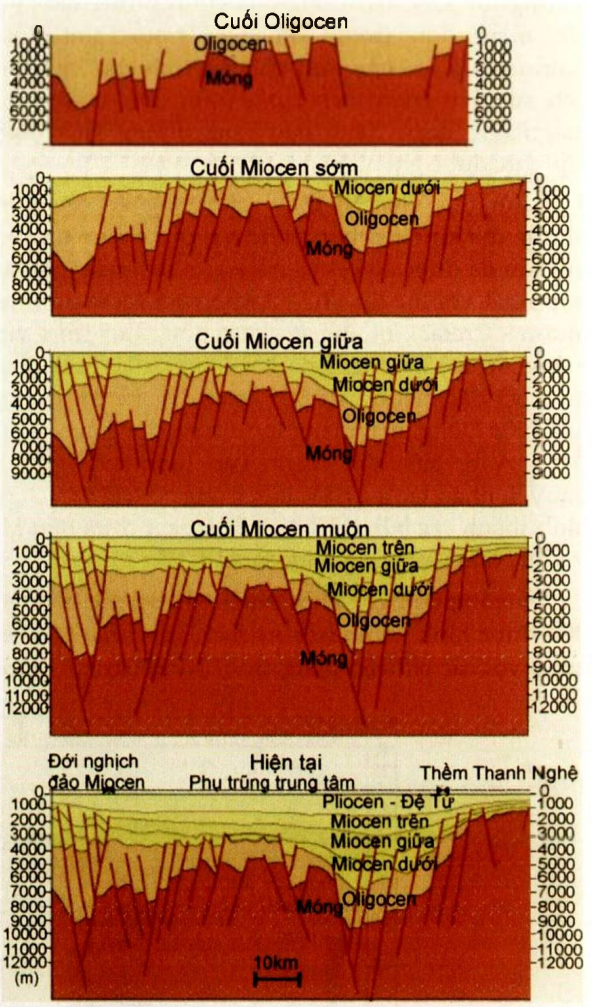
Hình 1. Sơ đồ phân vùng yếu tố kiến tạo thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).

phân dị mạnh, tạo bức tranh xen kẽ giữa các đới nhô địa lũy và các địa hào. Phần lớn Biển Đông và phần đất liền Nam Trung Bộ, Nam Bộ là thuộc phần rìa lục địa tích cực Đông Á kiểu Andes, phổ biến các thể núi lửa pluton Jura muộn - Creta. Phức hệ trước - rift đặc trưng bởi tướng lục địa chỉ có trong các trũng giữa núi, ngăn cách bằng các đứt gãy. Chuyển động kiến tạo cuối Mesozoi - đầu Kainozoi làm tái hoạt động các hệ thống đứt gãy, tạo hệ thống nứt nẻ trong đá móng của các bồn trầm tích Kainozoi và chi phối bình đồ cấu tạo trong các bồn. Cũng trong thời kỳ này, lớp vỏ phong hóa dày được hình thành trên các móng nhô granit. Đó là các tiền đề quan trọng và thuận lợi cho tích tụ dầu khí trong tầng móng ở các bồn trầm tích Kainozoi.

Giai đoạn tạo rift

Vào khoảng 50 - 45 tr. năm trước đây, tức là giữa Paleocen - Eocen sự xô húc giữa mảng Ấn Độ và mảng Âu - Á đã dẫn đến rìa lục địa phía nam bị rút ngắn, đại dương Neotethys bị hút chìm dưới rìa nam lục địa Âu - Á. Quá trình xô húc này đã làm hoạt động lại các đới đứt gãy sâu hoạt động trước đó, đồng thời thúc trồi mảng Đông Dương trôi về phía đông nam, tạo các bồn trầm tích dọc theo các đới cắt trượt. Giai đoạn tạo rift này có thể đã bắt đầu từ Paleocen, kết thúc chủ yếu vào cuối Oligocen, nhưng đôi nơi hiện tượng sụt rift còn được ghi nhận đến cuối Miocen giữa như ở phần phía đông bồn Nam Côn Sơn và trũng Vũng Mây của bồn Tư Chính - Vũng Mây [H.2].

Có tác giả phân giai đoạn này thành hai thời kỳ – *a*) thời kỳ Paleocen - Oligocen là thời kỳ rift thực thụ (true rift) hay còn gọi thời kỳ đồng rift (syn-rift) và *b*) thời kỳ Miocen sớm - giữa, còn được gọi thời kỳ phát triển rift muộn. Phức hệ trầm tích Paleocen - Oligocen được xác định đồng rift liên quan đến thời kỳ sụt rift thực thụ trong lịch sử phát triển các bồn trầm tích Kainozoi. Sự sụt lún nhanh với tốc độ vượt trội bù lắng trầm tích đã tạo điều kiện cho sự phát triển và duy trì lâu dài điều kiện hồ và đầm lầy phong phú vật chất hữu cơ bị chôn vùi nhanh. Cuối Oligocen, sự xô húc giữa lục địa Australia và cung đảo Sunda đã tạo trường nén ép, gây nghịch đảo kiến tạo dưới dạng chuyển động phân dị dọc các đứt gãy thuận, kết thúc pha tạo rift thực thụ, hình thành bất chỉnh hợp khu vực cuối Oligocen trong các bồn "nội nền" (intracratonic) rìa vi mảng Đông Dương. Sự tách giãn tạo vỏ đại dương Biển Đông, đặc biệt ở phần tây nam, cùng với hoạt động trượt dọc đới đứt gãy Sườn dốc Đông Việt Nam đã làm phức tạp hóa cấu trúc bồn Kainozoi ở Biển Đông. Trong Miocen sớm sự sụt rift hầu như chấm dứt trong tất cả các bồn trước và sau cung đảo Sumatra, Đông Java, Nam Borneo. Ở các bồn nội lục trên miền cấu trúc Đông Dương sự sụt rift vẫn tiếp tục nhưng cường độ yếu đi, tương ứng thời kỳ phát triển rift muộn trong các bồn này. Chuyển động kiến tạo trong Miocen sớm còn được đặc trưng bởi cao trào mới tách giãn đáy và tiếp tục mở rộng Biển Đông do nguội nhiệt, kèm dâng cao mực nước đại dương, đã gây hiện tượng biển tiến trên tất cả các bồn Paleogen hình thành ven Biển Đông.



Hình 2. Mặt cắt cổ cấu tạo tuyến S21, bồn Nam Côn Sơn (L.Đ. Công *và nnk.*, 2013).

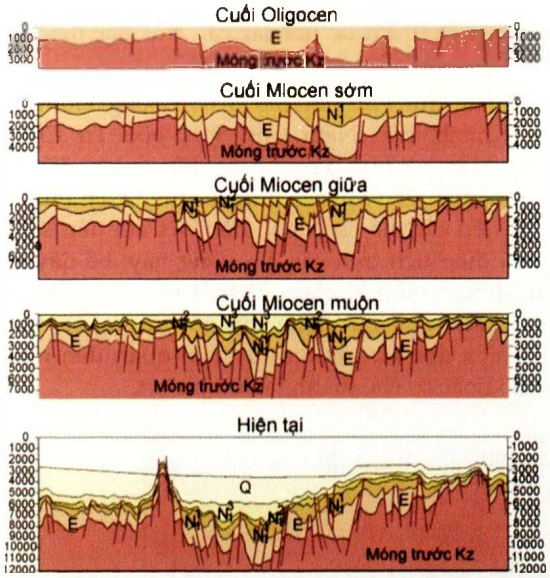
Diện tích trầm đọng được mở rộng ra ngoài ranh giới các miền sụt lún Paleogen, nhưng cường độ hoạt động đứt gãy chi phối sự sụt lún yếu đi. Điều kiện biển phát triển trên phần lớn các bồn rìa đông của vi mảng Đông Dương như Phú Khánh, Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây tạo phức hệ trầm tích carbonat, san hô ám tiêu và từng thời kỳ lấn sâu vào trong các bồn Sông Hồng, Cửu Long và Mã Lai - Thổ Chu, hình thành phức hệ đầm lầy, rẻ quạt châu thổ và biển nông ven bờ [H.3].

Ở Bồn Phú Khánh tốc độ sụt lún được bù lắng do nguồn cung cấp vật liệu từ địa khối Kontum bị bóc mòn, đã tạo những tập trầm tích alluvi lấn tiến trên các đầm rộng lớn ven biển. Hệ châu thổ lấn tiến này còn phát triển tiếp sang Miocen giữa.

Giai đoạn sau tạo rift

Trong giai đoạn này chuyển động sụt rift dạng địa hào và nửa địa hào chấm dứt để chuyển sang chế độ

sụt bồn (sag phase regime) trên hầu hết các bồn trầm tích Kainozoi hình thành trước đó. Đến đầu Miocen muộn xuất hiện pha tăng nhiệt ngắn của vỏ Trái Đất ở Biển Đông và vùng kế cận, cùng với sự gia tăng tốc độ trượt bằng dọc các đứt gãy chính Sông Hồng và Ba Chùa đã gây nghịch đảo kiến tạo trong hầu hết các bồn trầm tích Kainozoi ven Biển Đông và tạo bất chỉnh hợp khu vực Miocen muộn [H.4].



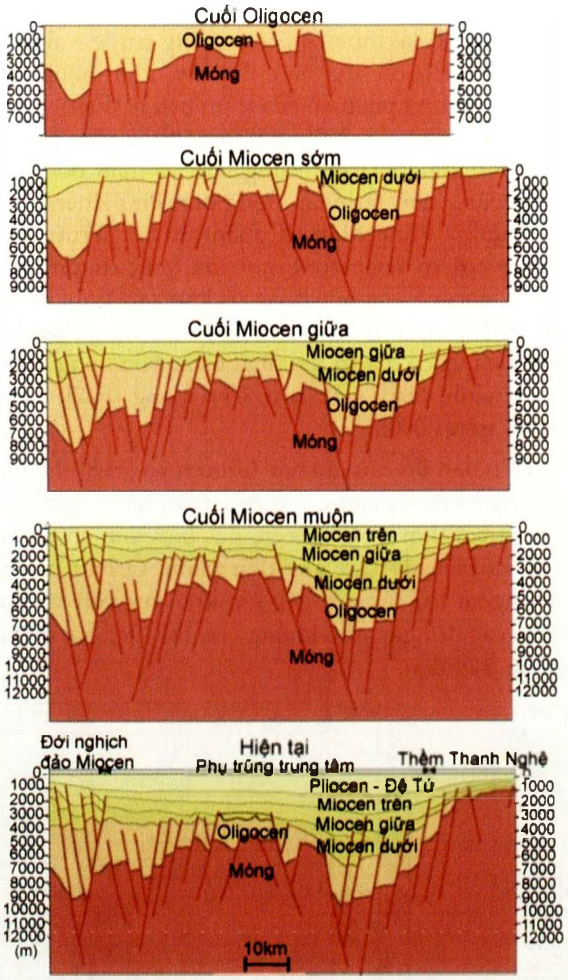
Hình 3. Mặt cắt cổ cấu tạo tuyến STC06-45 bồn Tư Chính - Vũng Mây (L.Đ. Công *và nnk.*, 2013).

Ở Việt Nam, hiện tượng nghịch đảo kiến tạo Miocen muộn thể hiện rõ nhất ở bồn Sông Hồng, đặc biệt ở phần bắc của bồn này và ở bồn Nam Côn Sơn. Ở nhiều nơi, các nếp uốn nghịch đảo bị cắt cụt bởi bất chỉnh hợp khu vực Miocen - Pliocen. Sự lún chìm của Biển Đông và cao trào biển tiến khu vực trên rìa nam khối Đông Dương đó tạo phức hệ sét biển và đá vôi san hô ám tiêu Miocen giữa - muộn, phức hệ sét bùn biển sâu và các turbidit Pliocen phổ biến hầu hết trong các bồn Kainozoi ven rìa Biển Đông, trong các bồn nội lục, phát triển các trầm tích lục nguyên biển nông, ven bờ.

Đặc điểm cấu tạo và đứt gãy

Kết quả minh giải và liên kết tài liệu địa chấn, địa vật lý giếng khoan ở tất cả các bồn trầm tích đã xây dựng được bộ bản đồ cấu tạo tỷ lệ 1:1.000.000 theo các mặt phản xạ chính – bề mặt móng trước Kainozoi, nóc trầm tích Oligocen, nóc trầm tích Miocen dưới, nóc trầm tích Miocen giữa, nóc trầm tích Miocen và bộ bản đồ đẳng dày giữa các tầng phản xạ đó với tỷ lệ tương ứng.

Trên bản đồ cấu tạo bề mặt móng trước Kainozoi thể hiện các đới nâng chính cũng như các địa hào, địa lũy, các hệ thống đứt gãy, có xu thế phát triển kế thừa bình đồ cấu trúc trước Kainozoi theo tài liệu trọng lực [H.5].



Hình 4. Mặt cắt cổ cấu tạo tuyến GPGT 93-200 bồn Sông Hồng (N.T. Dậu *và nnk.*, 2012).

Các hệ thống đứt gãy Sông Lô, Vĩnh Ninh, Sông Hồng, Rào Nậy, Tây Tri Tôn khống chế lịch sử hình thành và quy mô phân bố của bồn trầm tích Sông Hồng. Hệ thống đứt gãy Sườn Dốc Đông Việt Nam, Cù Lao Xanh, Nam Hải Nam, Cắt Trượt Tuy Hòa khống chế quá trình phát triển ranh giới các bồn Phú Khánh và Hoàng Sa. Các hệ thống đứt gãy Hồng - Tây Măng Cầu, Sông Đồng Nai, Sông Hậu, Phúc Nguyên - Phúc Tần, Đá Lát - Đá Chữ Thập, Bãi Cỏ Rong khống chế quá trình thành tạo và phát triển cũng như quy mô của các bồn Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây và Trường Sa. Các hệ thống đứt gãy Maeping - Sông Hậu, Rồng - Bạch Hổ - Rạng Đông, Sư Tử Đen - Sư Tử Nâu. Điều này giữ vai trò chủ đạo trong lịch sử hình thành và phát triển bồn Cửu Long. Đối với bồn Mã Lai - Thổ Chu, hệ thống đứt gãy Ba Chùa - Kim Long, Thổ Chu - Phú Quốc chi phối quá trình thành tạo các đơn vị cấu tạo của bồn. Các khối nâng của móng trước Kainozoi lần đầu tiên được xác định và làm rõ – các cấu tạo nâng Tri Tôn, Khánh Hòa, Phúc Nguyên - Phúc Tần, Đá Lát là giới hạn phân bố của các bồn trầm tích Phú Khánh, Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây.

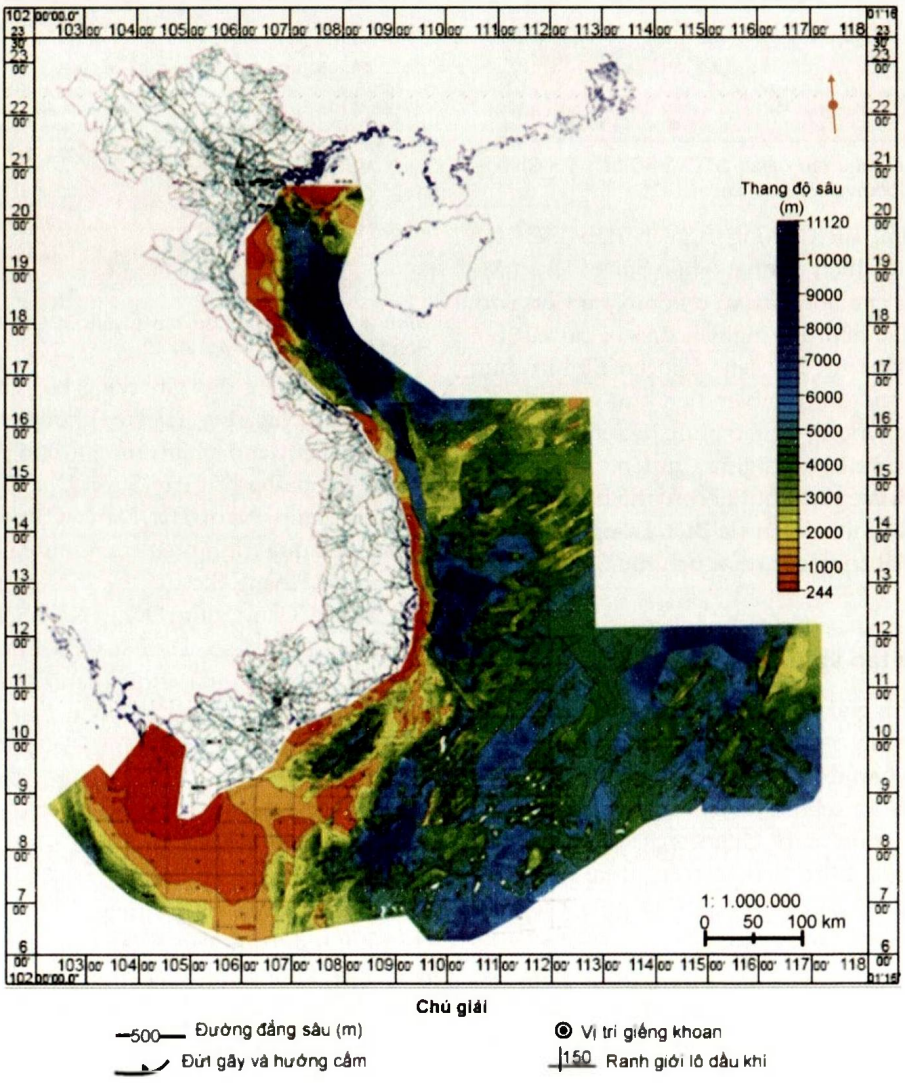
Trên bản đồ cấu tạo nóc Oligocen [H.6] thể hiện sự phát triển kế thừa cấu trúc móng trước Kainozoi, rõ nét nhất ở các địa hào, địa lũy, khối nâng. Tuy nhiên, phạm vi phân bố của trầm tích bị thiếu vắng ở nhiều khu vực, đặc biệt tại những phần phía tây của thềm lục địa. Ở Trũng trung tâm và nam bồn Sông Hồng cũng như tại phần đông bồn Phú Khánh, bồn Tư Chính - Vũng Mây và phần tây bồn Trường Sa, những nơi có hoạt động núi lửa hoặc diapir, trầm tích Oligocen vắng mặt hoặc rất khó xác định. Bề dày trầm tích Oligocen thay đổi khá lớn ở trong từng bồn trầm tích và có giá trị lớn nhất ở các bồn Sông Hồng, Phú Khánh, Nam Côn Sơn, Cửu Long [H.7], có thể đạt tới trên 1.000m.

Trên bản đồ cấu tạo nóc Miocen hạ [H.8] thể hiện mức độ phân dị của các đơn vị cấu tạo ít phức tạp hơn so với thời kỳ Oligocen, đặc biệt tính chất phân khối và biên độ đứt gãy đều giảm. Ở hầu hết các bồn, ngoại trừ các đứt gãy lớn khu vực còn tái hoạt động, các đứt gãy nhỏ không còn thể hiện rõ, một số lớn đã triệt tiêu.

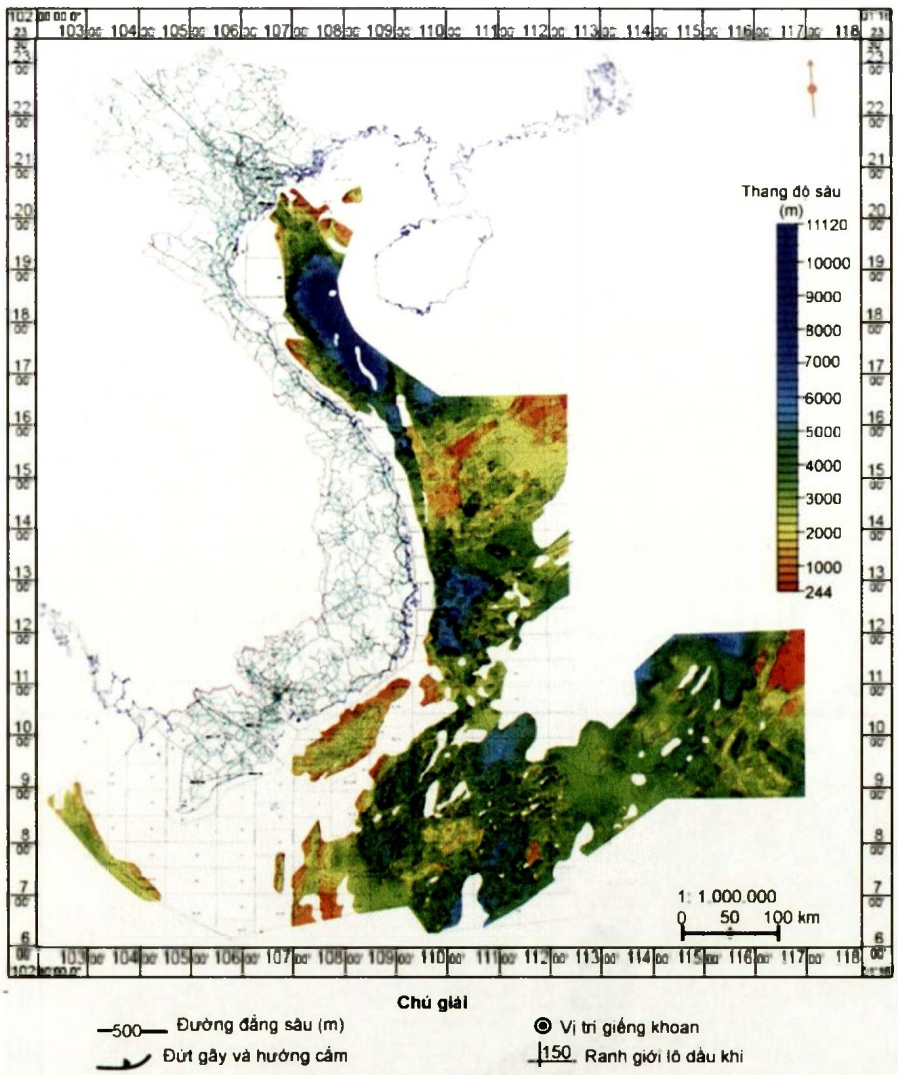
Nếu so sánh bình đồ cấu trúc của bồn trầm tích Miocen dưới so với bồn trầm tích Oligocen có thể nhận thấy tính đẳng thước cũng như quy mô của các địa hào, địa lũy giảm đi rõ rệt, đặc biệt ở bồn Cửu Long, bồn Sông Hồng và bồn Phú Khánh [H.9]. Điều này được lý giải bởi sự thay đổi của môi trường trầm tích, nguồn cung cấp vật liệu cũng như đảo trục sụt lún của các bồn trong Miocen hạ.

Bản đồ cấu tạo nóc Miocen trung [H.10] cho thấy tính chất đẳng thước của các cấu trúc bậc thấp giảm đi rõ rệt.

Nhiều khu vực nổi cao ở bồn Sông Hồng, bồn Phú Khánh, bồn Nam Côn Sơn, bồn Tư Chính - Vũng Mây và bồn Trường Sa liên quan đến hoạt động nghịch đảo Miocen giữa, có điều kiện thuận lợi phát triển các thể carbonat, đặc biệt ám tiêu san hô. Nhiều diện tích trên các đới nâng này, bề dày trầm tích Miocen giữa bị giảm và một số nơi bị bào mòn cắt cụt [H.11]. Hoạt động đứt gãy xương cá, tỏa tia xuất hiện dọc rìa các địa lũy liên quan đến nén ép cục bộ hoặc cơ chế thành tạo diapir sét.



Hình 5. Bản đồ cấu tạo bề mặt móng trước Kainozoi thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).



Hình 6. Bản đồ cấu tạo nóc Oligocen thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).

Trên bản đồ cấu tạo nóc Miocen thượng [H.12] thể hiện tính chất bình ổn về cấu trúc và hoạt động đứt gãy yếu hơn nhiều so với các giai đoạn trước. Các bồn trũng được mở rộng, ranh giới giữa các bồn nhiều nơi bị xóa nhòa, khởi đầu cho sự thành tạo thềm lục địa hiện đại.

Bề dày trầm tích khá ổn định trên hầu hết diện tích của thềm lục địa và vùng biển trừ khu vực trung tâm Bồn Sông Hồng, phần phía đông bồn Nam Côn Sơn, trũng Vũng Mây của bồn Tư Chính - Vũng Mây [H.13]. Hoạt động kiến tạo nghịch đảo do nén ép cục bộ quan sát được rõ hơn ở phần bắc bồn Sông Hồng và mang tính kế thừa giai đoạn trước. Tại các đới nâng ở bồn Tư Chính - Vũng Mây, bồn Trường Sa, bồn Hoàng Sa phát triển trầm tích carbonat, chủ yếu là ám tiêu san hô, một số nơi phát triển lên tận đáy biển.

Hoạt động magma phun trào và diapir

Hoạt động phun trào núi lửa quan sát thấy trên mặt cắt địa chấn ở một vài nơi là một đặc điểm của các khu vực Hoàng Sa, Trường Sa và Tư Chính - Vũng Mây. Thực tế các thể phun trào cũng đã gặp tại bồn Cửu Long và Nam Côn Sơn, nhưng ít phổ biến, chúng chỉ là những lớp xen, hoặc xuyên cắt các trầm tích Oligocen và Miocen, có diện phân bố hẹp. Trên nhiều mặt cắt địa chấn các cột magma có chân từ móng trồi lộ trên đáy biển hoặc phân bố trên các thể cổ hơn. Theo tuyến 192b các cột magma trải rộng đến vài km. Về thành phần vật chất, chưa có giếng khoan nào kiểm nghiệm, ngoài GK PV-94-2X với đá phun trào là riolit, tuf, andesit... Hoạt động diapir sét được phát hiện trong quá trình thăm dò dầu khí ở phần nam trũng trung tâm bồn Sông Hồng xảy ra từ Miocen giữa - muộn đến Pliocen sớm. Nhiều vỉa chứa khí hydrocarbon đã được xác minh liên quan đến các thể diapir sét này, đặc biệt ở lô 113.

Phân vùng kiến tạo

Kết quả phân tích cấu trúc Kainozoi trên cơ sở minh giải và liên kết tài liệu địa chấn, tài liệu giếng khoan, đồng thời kế thừa bình đồ cấu tạo trước Kainozoi theo tài liệu từ và trọng lực đã xác định và phân chia được các đơn vị kiến tạo bậc I, bậc II của

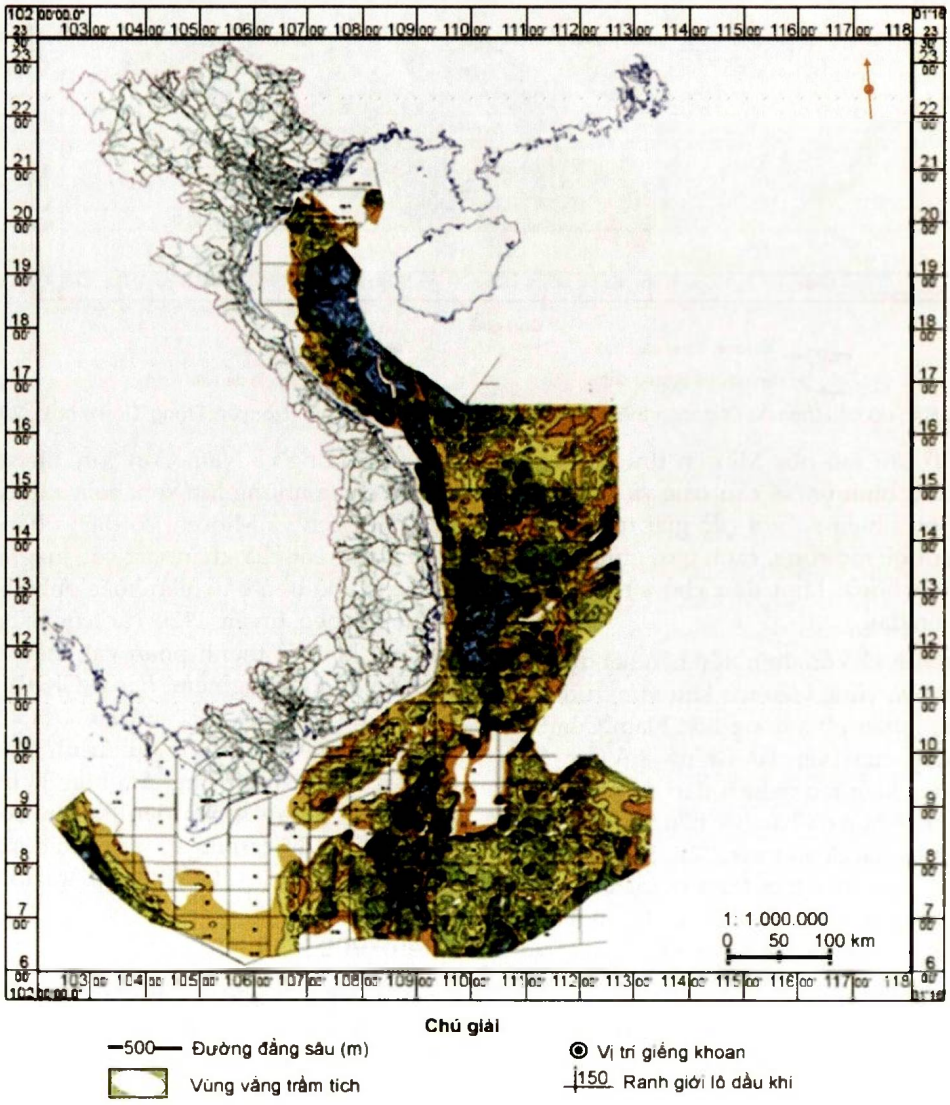
các bồn trầm tích Kainozoi trên thềm lục địa và vùng biển Việt Nam [H.14].

Bồn trầm tích Sông Hồng với năm đơn vị kiến tạo bậc II

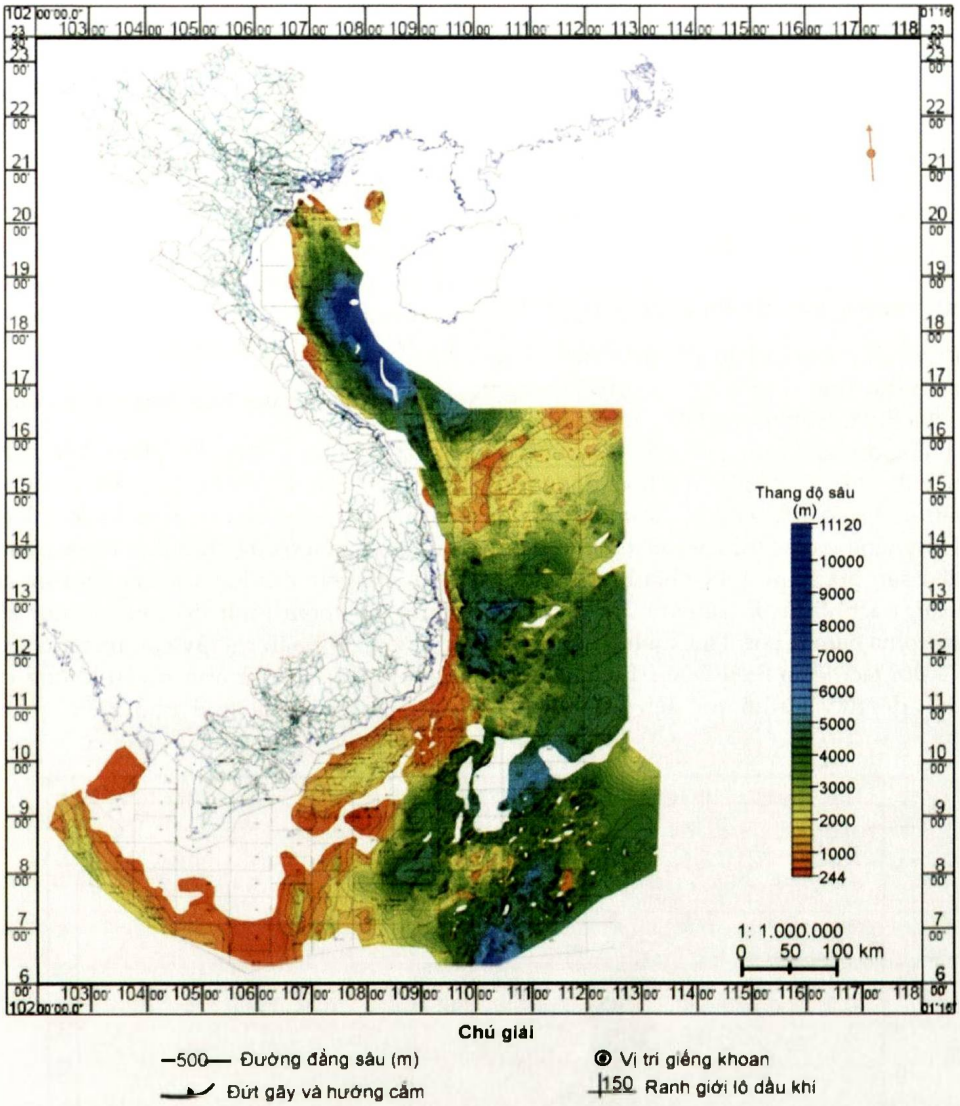
Phụ bồn Bạch Long Vĩ là phần đông bắc của bồn, có cấu trúc địa hào, địa lũy và các hệ thống đứt gãy chủ yếu theo hướng ĐB - TN, ở một số nơi là hướng tây, có sự giao thoa giữa hai hướng cấu trúc ĐB - TN và TB - ĐN. Tính chất phức tạp về cấu trúc do ảnh hưởng của hoạt động nghịch đảo vào cuối Oligocen, kết hợp với chuyển động khối tảng trong thời kỳ đồng rift. Về phía đông - đông bắc, phụ bồn tiếp tục kéo dài vào bồn Tây Leizhou (Tây Lôi Châu). Về phía bắc, phụ bồn được giới hạn bởi đơn nghiêng Hạ Long. Về phía tây và tây nam, ranh giới của phụ bồn là hệ thống đứt gãy Vĩnh Ninh - Sông Lô. Bề dày trầm tích Kainozoi ở phụ bồn thay đổi từ vài trăm đến 4.500m.

Đơn nghiêng Thanh Nghệ là phần tây bắc của bồn có cấu trúc địa chất khá bình ổn và nghiêng dần từ tây sang đông. Giới hạn của đơn nghiêng về phía đông và phía bắc là đứt gãy Sông Hồng, phía Nam là đứt gãy Rào Nậy, còn phía tây là đất liền. Bề dày trầm tích Kainozoi ở đơn nghiêng này thay đổi từ vài trăm mét đến 2.500m.

Trũng Trung tâm chiếm hầu hết diện tích của bồn kéo dài từ phía tây bắc là miền Võng Hà Nội xuống phía nam là đới nâng Tri Tôn và trũng Quảng Ngãi, có hình thái cấu trúc dạng hình bình hành liên quan đến cơ chế thành tạo kéo tách của hệ thống đứt gãy Sông Hồng. Ở phần phía bắc của trũng có đới nâng nghịch đảo vào cuối Miocen theo hướng TB - ĐN, trên đới nâng này có nhiều cấu tạo dạng nửa vòm kề đứt gãy đã phát hiện tích tụ khí. Ở phần phía nam của trũng có các cấu trúc diapir sét tuổi Miocen - Pliocen, đi kèm các bẫy liên quan chứa khí. Ranh giới phía đông của trũng là đơn nghiêng Tây Hải Nam, phía đông bắc là phụ bồn Bạch Long Vĩ, phía



Hình 7. Bản đồ đẳng dày trầm tích Oligocen thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).



Hình 8. Bản đồ cấu tạo nóc Miocen dưới thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).

tây bắc là miền Võng Hà Nội và đơn nghiêng Thanh Nghệ, phía tây nam là phụ bồn Huế, phía nam là trũng Quảng Ngãi và thềm Đà Nẵng. Bề dày trầm tích Kainozoi ở trũng này đạt tới hơn 12.000m.

Phụ bồn Huế nằm ở phía tây nam của bồn có cấu trúc địa hào, địa lũy xen kẽ theo phương TB - ĐN. Trên các địa lũy, một số giếng khoan đã phát hiện dầu khí trong đá móng nứt nẻ cũng như trong trầm tích Oligocen, Miocen. Ranh giới phía đông của phụ bồn là trũng trung tâm, phía bắc là đơn nghiêng Thanh Nghệ, phía tây là đất liền, phía nam là thềm Đà Nẵng. Bề dày trầm tích Kainozoi ở đây thay đổi từ vài trăm mét đến 5.000m.

Thềm Đà Nẵng là phần cuối về phía tây nam của bồn Sông Hồng, có bình đồ cấu tạo khá ổn định, nghiêng dần từ tây sang đông, ít bị phân cắt bởi hoạt động đứt gãy. Ranh giới phía đông của thềm là trũng Quảng Ngãi, phía bắc là phụ bồn Huế, phía tây là đất liền, phía nam là bồn Phú Khánh. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến 1.800m.

Địa hào Quảng Ngãi có cấu trúc dạng địa hào dài và hẹp theo phương TB - ĐN, bị khống chế bởi hai hệ thống đứt gãy có biên độ dịch chuyển lớn cùng phương. Trong phạm vi của trũng, rất khó quan sát được các cấu trúc nếp uốn. Ranh giới phía đông của trũng là Đới nâng Tri Tôn, phía bắc là trũng Trung tâm, phía tây là thềm Đà Nẵng và phía nam là Bồn Phú Khánh. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến 7.000m.

Bồn Hoàng Sa với hai đơn vị kiến tạo bậc II

Đới nâng Hoàng Sa có cấu trúc dạng khối tảng bị ảnh hưởng của hoạt động núi lửa và hoạt động đứt gãy chủ yếu theo phương ĐB - TN, trùng với trục tách giãn Biển Đông. Tại đây có nhiều đảo nổi và bãi đá ngầm, một số nơi phát triển thể carbonat dạng thềm và dạng ám tiêu san hô. Ranh giới phía bắc của đới nâng là trũng Yacheng, phía bắc và tây là trũng Đông Bắc Tri Tôn và đới nâng Tri Tôn, phía nam là đới phân dị Hoàng Sa và phía đông là đới tách giãn Biển Đông. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi – 0m - 3.000m.

Đới phân dị Hoàng Sa có cấu trúc xen kẽ địa hào, địa lũy bị khống chế bởi các đứt gãy có phương ĐB - TN. Trên các địa lũy và khối nâng có thể có các thể carbonat dạng thềm và dạng ám tiêu san hô. Ranh giới phía bắc của đới phân dị là đới nâng Hoàng Sa và trũng Đông Bắc Tri Tôn, phía tây là đới nâng Tri Tôn, phía nam là bồn Phú Khánh và phía đông là đới tách giãn Biển Đông. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 7.000m.

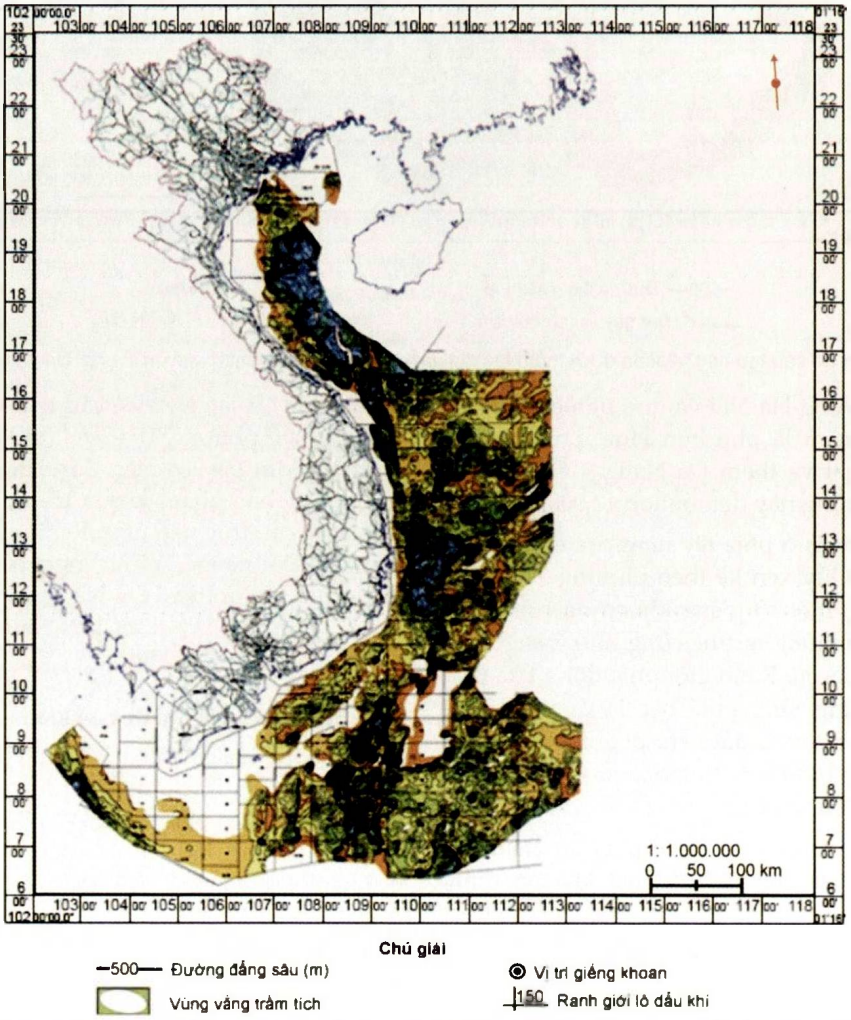
Bồn Phú Khánh với hai đơn vị kiến tạo bậc II

Đới nâng Khánh Hòa chiếm hầu hết diện tích phía đông của bồn, có cấu trúc khối tảng dạng bậc thang, xen kẽ địa hào địa lũy theo phương ĐB - TN, bị khống chế bởi các hệ thống đứt gãy cùng phương. Ở phần bắc của đới nâng này thể hiện sự có mặt của hoạt động núi lửa và nằm trên vùng vỏ Trái Đất bị vát mỏng. Trên phần nam của đới nâng có các thể carbonat dạng thềm và dạng ám tiêu san hô. Ranh giới phía bắc của đới nâng là bồn Hoàng Sa, phía tây là trũng Phú Yên và đới nâng Phan Rang, phía nam là bồn Tư Chính-Vũng Mây và phía đông là đới tách giãn Biển Đông. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến 4.000m.

Trũng Phú Yên có sự giao thoa giữa hai hướng á kinh tuyến và ĐB - TN của hình thái cấu trúc các cấu tạo và phương của các đứt gãy. Bình đồ cấu trúc Kainozoi bị chi phối rất lớn bởi đứt gãy Sườn dốc Đông Việt Nam, hệ thống đứt gãy Cù Lao Xanh và Đới cắt trượt Tuy Hòa. Ba hệ thống đứt gãy này tạo nên cấu trúc sụt bậc rất nhanh trong trầm tích Kainozoi. Ranh giới phía bắc của trũng là bồn Hoàng Sa và đới nâng Tri Tôn, phía tây là đất liền, phía nam là đới nâng Phan Rang và phía đông là đới nâng Khánh Hòa. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến 10.000m.

Bồn Cửu Long với bốn đơn vị kiến tạo bậc II

Trũng phía Bắc chiếm phần diện tích lớn nhất của bồn có hình thái cấu trúc và phương của các hệ thống đứt gãy chính theo hướng ĐB - TN. Phần đông bắc của trũng chịu ảnh hưởng của các pha hoạt động magma núi lửa vào các thời kỳ khác nhau làm phức tạp thêm bình đồ cấu tạo nội khối cũng như khu vực. Ở phần rìa tây của trũng có một số đứt gãy hướng TB - ĐN và á vĩ tuyến khống chế và tạo nên các khối nâng và mũi nhô kiến tạo cùng phương.



Hình 9. Bản đồ đẳng dày trầm tích Miocen dưới thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).

Ranh giới phía bắc là đới nâng Phan Rang, phía tây là đất liền, phía nam là trũng, phía tây nam và phía đông là đới nâng Trung tâm. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 8.000m.

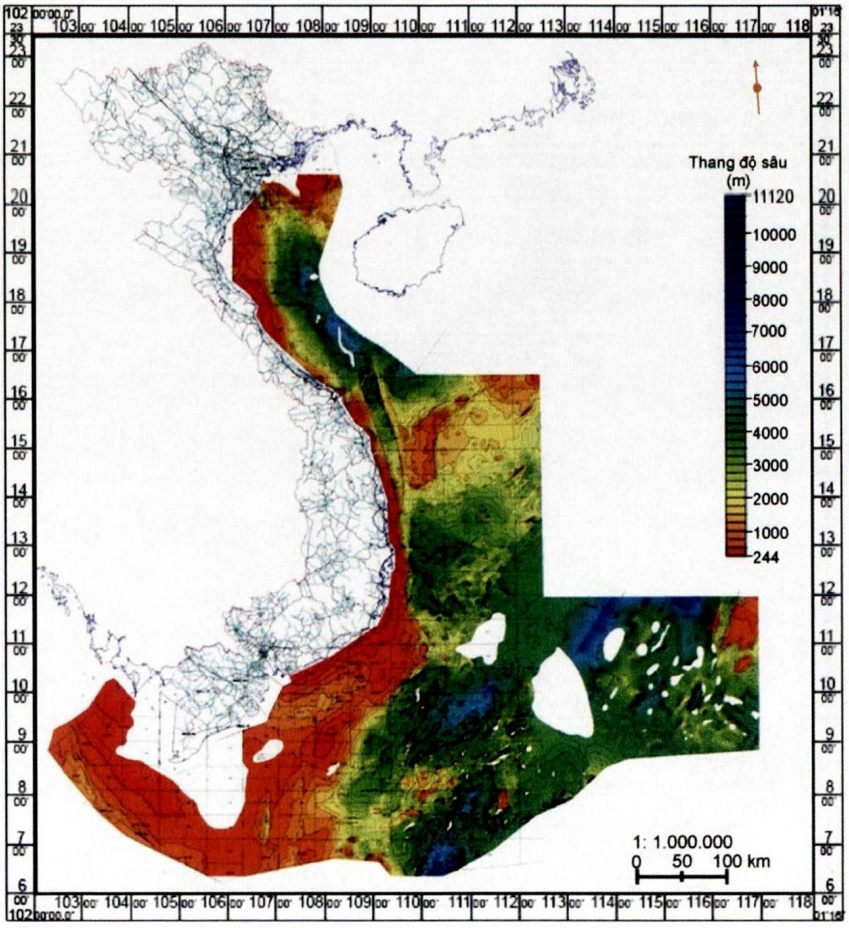
Đới nâng Trung tâm là đới nâng cổ phát triển từ móng trước Kainozoi đến Miocen giữa, kéo dài theo hướng TN - ĐB bị khống chế về hai phía bởi các hệ thống đứt gãy có biên độ lớn, cùng phương. Trên đới nâng này có nhiều cấu tạo dạng khối vòm, nửa vòm phát triển kế thừa qua các thời kỳ địa chất và hiện nay là những tích tụ dầu lớn nhất. Ranh giới bắc và tây bắc của đới nâng là trũng phía bắc, phía tây nam là trũng Tây Nam, phía nam là đới nâng Côn Sơn và phía đông, đông bắc là trũng phía đông và đới nâng Phan Rang. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 3.000m.

Trũng phía Đông có diện tích nhỏ nhất trong các đơn vị bậc II của bồn với hình thái cấu trúc chủ yếu cũng như phương của các đứt gãy theo hướng ĐB - TN. Trong trầm tích Kainozoi, mức độ biến vị và uốn nếp có cường độ không mạnh. Phần phía đông của trũng có nhiều cấu trúc mũi nhô kiến tạo kế thừa từ móng trước Kainozoi. Ranh giới phía bắc và tây của trũng là đới nâng Trung tâm, phía nam và đông là đới nâng Côn Sơn. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 5.000m.

Trũng Tây Nam chiếm phần lớn diện tích phía tây nam của bồn, có hình thái cấu trúc chủ đạo và phương của các hệ thống đứt gãy chính theo hướng á vĩ tuyến và ĐB - TN, tạo nên sự xen kẽ sụt bậc giữa các khối nâng và khối sụt với biên độ đến hàng trăm mét. Ở diện tích phía tây và nam của trũng có trầm tích núi lửa thuộc các tuổi khác nhau. Ranh giới phía bắc của trũng là trũng phía bắc; phía tây là đất liền, phía nam là đới nâng Khorat Natuna và phía đông là đới nâng Trung tâm. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 7.000m.

Bồn Nam Côn Sơn với năm đơn vị kiến tạo bậc II

Trũng phía Bắc có hình thái cấu trúc chủ đạo và phương của các đứt gãy theo hướng ĐB - TN, mức độ biến vị và uốn nếp trong trầm tích Kainozoi có cường độ trung bình. Ở phần phía tây của trũng có một số mũi nhô kiến tạo kế thừa từ móng trước Kainozoi. Ở phần phía đông phổ biến dạng cấu trúc đẳng thước chịu tác động mạnh của quá trình tách



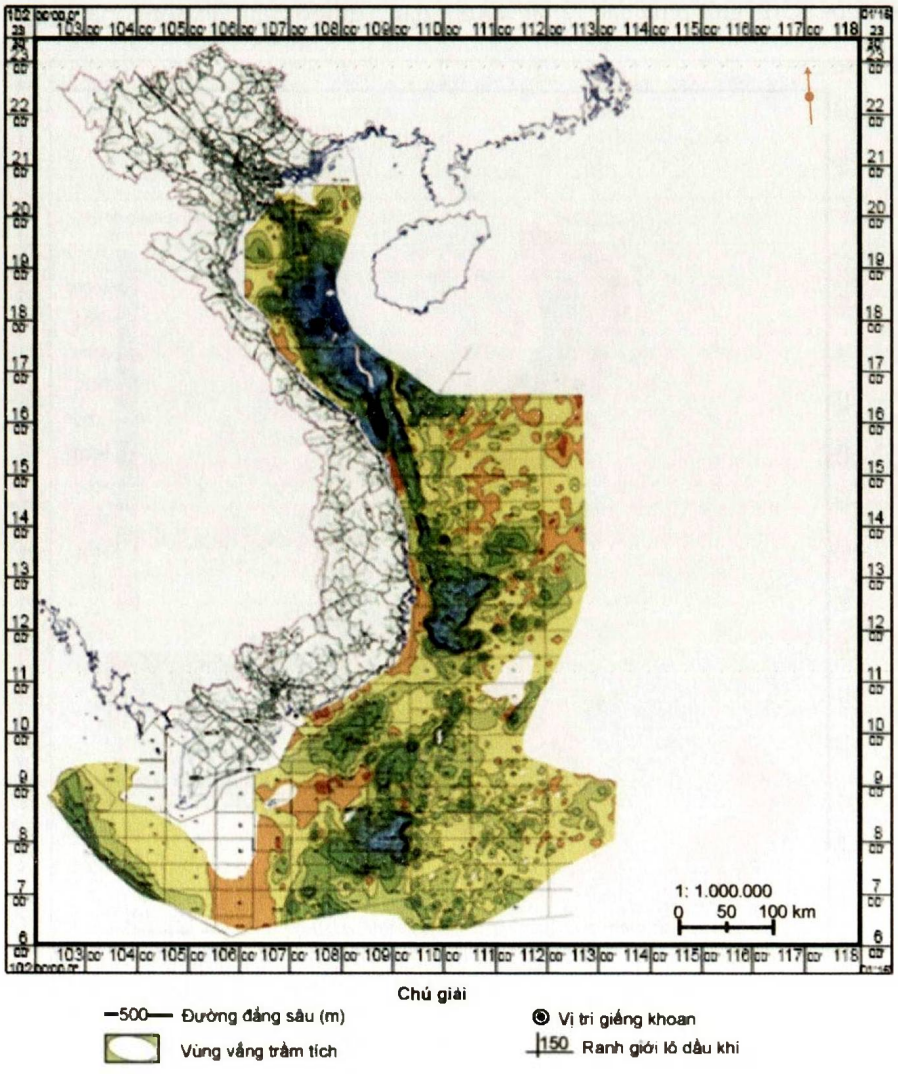
Hình 10. Bản đồ cấu tạo nóc Miocen giữa thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).

giãn Biển Đông. Ranh giới phía bắc của trũng là đới nâng Phan Rang, phía tây là đới nâng Côn Sơn, phía nam và phía đông là đới nâng Mãng Cầu - Đồng Nai và đới nâng Tư Chính - Phúc Nguyên của bồn Tư Chính - Vũng Mây. Bề dày trầm tích Kainozoi ở đây thay đổi từ vài trăm mét đến 8.000m.

Đới nâng Mãng Cầu - Đồng Nai phát triển kế thừa móng trước Kainozoi đến Pliocen, kéo dài theo hướng TN - ĐB, bị khống chế về hai phía bởi các hệ thống đứt gãy cùng phương có biên độ dịch chuyển lớn, đến hàng nghìn mét. Trên đới nâng có nhiều cấu tạo dạng khối vòm, nửa vòm là những tích tụ dầu khí lớn. Ở một số nơi có biểu hiện của hoạt động magma phun trào vào các thời kỳ khác nhau làm phức tạp bình đồ cấu trúc khu vực. Ranh giới phía bắc và tây của đới nâng là Trũng phía bắc và đới nâng Côn Sơn, phía nam và tây nam là trũng phía đông nam và đới phân dị phía tây, phía đông là đới nâng Tư Chính - Phúc Nguyên của bồn Tư Chính - Vũng Mây. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 4.000m.

Trũng Đông Nam chiếm hầu hết diện tích phía đông của Bồn Nam Côn Sơn, có hình thái cấu trúc chủ đạo và phương của các hệ thống đứt gãy theo hướng ĐB - TN và á kinh tuyến. Mức độ biến vị và uốn nếp trong trầm tích Kainozoi có cường độ khá mạnh và nhiều pha khác nhau tạo nên các dạng cấu trúc phức tạp và phong phú về thể loại. Ở phần diện tích phía nam của trũng có một số đứt gãy á vĩ tuyến kế thừa đường biên của các khối móng cổ. Ranh giới phía bắc của trũng là đới nâng Trung tâm, phía tây là đới phân dị phía tây, phía nam là trũng Đông Natuna và phía đông là bồn Tư Chính - Vũng Mây. Bề dày trầm tích Kainozoi tại đây thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 11.000m.

Đới phân dị phía tây chiếm toàn bộ diện tích phía tây của bồn Nam Côn Sơn, có hình thái cấu trúc chủ đạo và phương của các hệ thống đứt gãy theo hướng á kinh tuyến, phân cắt bình đồ cấu tạo thành các đới nâng, đới sụt có dạng đẳng thước cùng phương. Hầu hết hoạt động đứt gãy đều xảy ra nhiều pha khác nhau từ trước Kainozoi đến tận Pliocen. Đi kèm hoạt động đứt gãy này là hiện tượng magma phun trào,



Hình 11. Bản đồ đẳng dày trầm tích Miocen giữa thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).

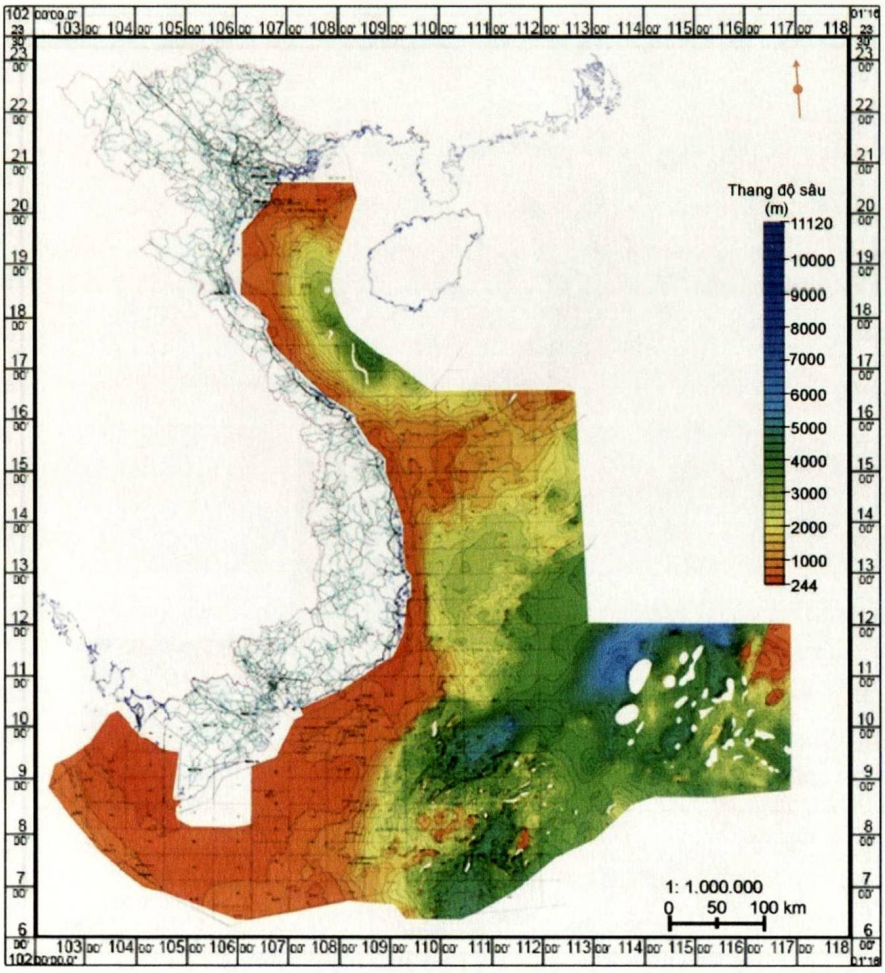
đặc biệt ở phần diện tích phía tây của đới. Ranh giới phía bắc của đới là đới nâng Côn Sơn, phía tây và nam là đới nâng Khorat Natuna, phía đông là trũng Đông Nam. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến 4.000m.

Đới nâng Khorat - Natuna chạy dài theo hướng TB-ĐN, có bề dày trầm tích nhỏ hơn 1.000m, phát triển kế thừa trên móng trước Kainozoi. Trầm tích chủ yếu là cát, sạn, bột kết, tuổi Miocen muộn, Pliocen, Đệ Tứ, hình thành trong môi trường biển nông. Đới nâng này là ranh giới phía tây và tây nam của bồn Nam Côn Sơn, ranh giới phía đông và đông bắc của bồn Mã Lai - Thổ Chu.

Bồn Tư Chính - Vũng Mây với ba đơn vị kiến tạo bậc II

Đới phân dị Đá Lát - Đá Tây chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của tách giãn Biển Đông, có phương cấu trúc cũng như đứt gãy theo hướng ĐB - TN. Trên bình đồ cấu trúc có nhiều địa hào, địa lũy xen kẽ nhau với bề rộng hẹp khác nhau nhưng bề dài khá lớn tới hàng trăm km. Ranh giới phía bắc của đới là đới tách giãn Biển Đông, phía tây là đới nâng Tư Chính - Phúc Nguyên, phía nam là trũng Vũng Mây và phía đông là trũng Đá Chữ Thập - Sông Tử Đông của Bồn Trường Sa. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến 3.500m.

Đới nâng Tư Chính - Phúc Nguyên chiếm hầu hết diện tích phía tây của bồn, có hình thái cấu trúc chủ đạo và phương của các hệ thống đứt gãy chính theo hướng ĐB - TN và á kinh tuyến. Mức độ biến vị và uốn nếp trong trầm tích Kainozoi có cường độ mạnh và chịu ảnh hưởng của nhiều pha hoạt động magma núi lửa. Trên đới nâng có nhiều cấu tạo dạng khối vòm, khối đứt gãy cùng với sự phát triển của các thể carbonat dạng nền và ám tiêu san hô. Ranh giới phía bắc và tây bắc của đới nâng là bồn Phú Khánh và đới nâng Phan Rang, phía tây là bồn Nam Côn Sơn, phía nam là trũng Vũng Mây, phía đông là đới phân dị Đá Lát - Đá Tây và đới tách giãn Biển Đông. Bề dày tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 4.000m.



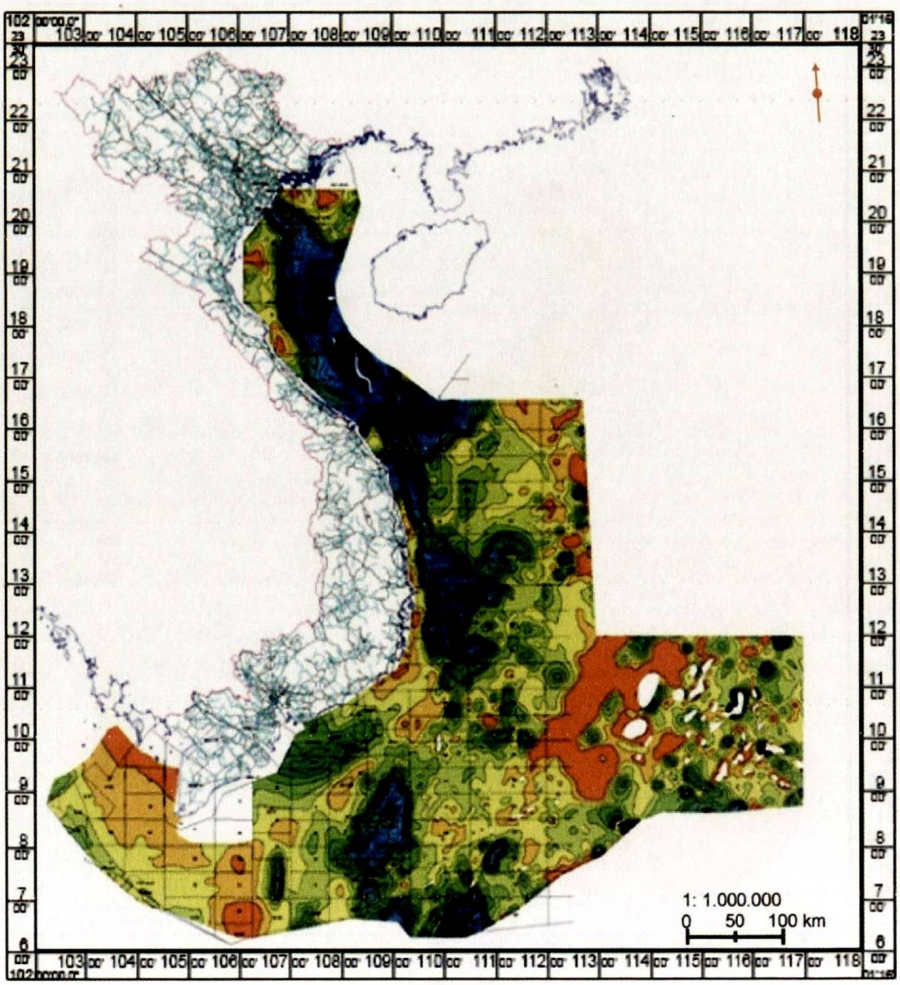
Hình 12. Bản đồ cấu tạo nóc Miocen thượng thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).

Trũng Vũng Mây chiếm hầu hết diện tích phía nam của bồn, có hình thái cấu trúc chủ đạo và phương của các đứt gãy theo hướng ĐB - TN, TB - ĐN, có biên độ dịch chuyển lớn tới hàng trăm mét. Hầu hết cấu tạo có dạng khối vòm, khối đứt gãy phát triển kế thừa từ móng trước Kainozoi. Ở một số diện tích có hoạt động magma núi lửa vào các thời kỳ khác nhau làm phức tạp bình đồ cấu trúc nội khối cũng như khu vực. Ranh giới phía bắc của trũng là đới phân dị Đá Lát - Đá Tây và đới nâng Tư Chính - Phúc Nguyên, phía tây là bồn Nam Côn Sơn, phía nam và tây nam là đồng bằng Tây Luconia và bồn Đông Natuna và phía đông là bồn Trường Sa. Bề dày tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến 8.000m.

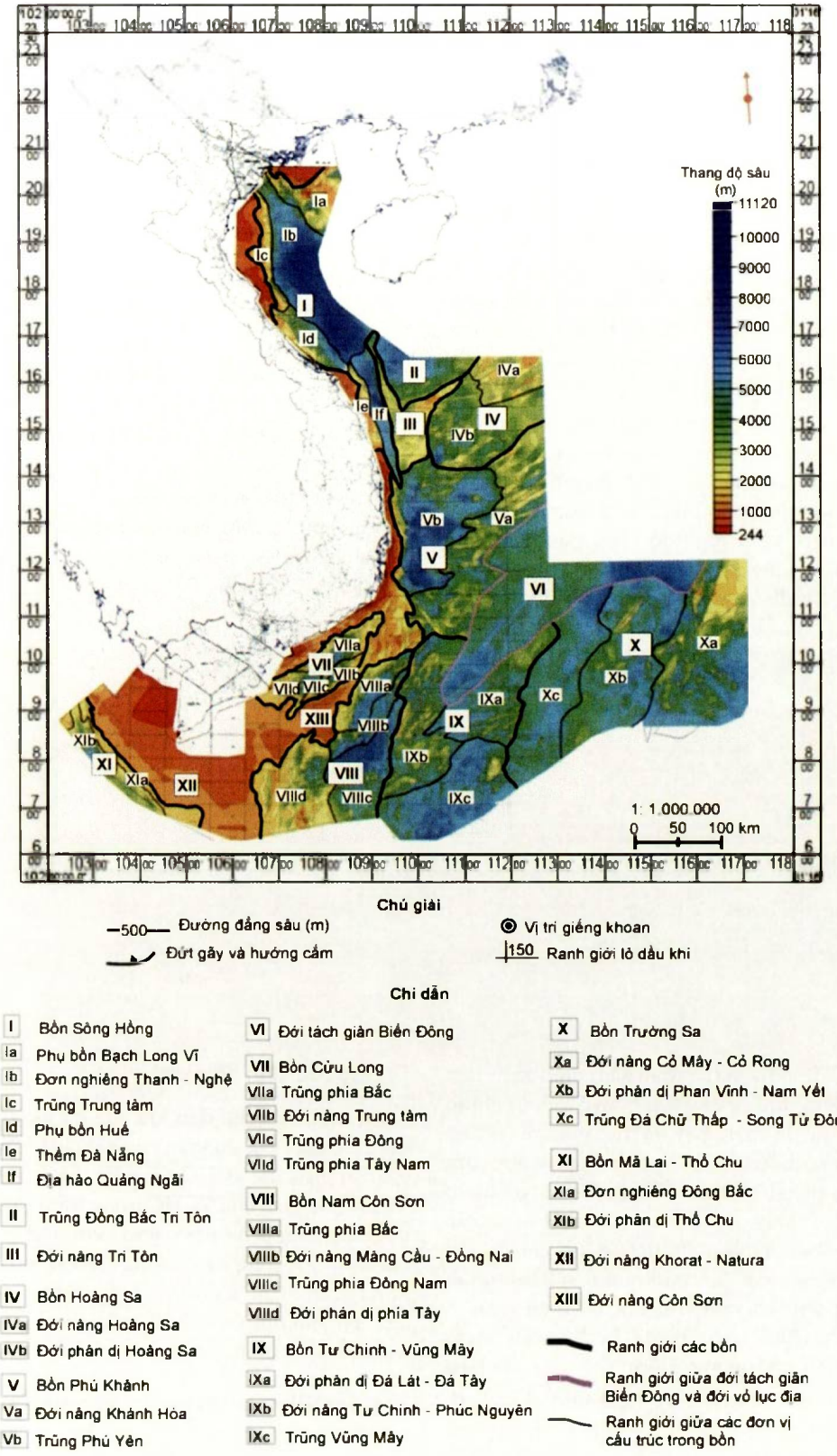
Bồn Trường Sa với ba đơn vị kiến tạo bậc II

Đới nâng Cỏ Mây - Cỏ Rong chiếm hầu hết diện tích phía đông của bồn Trường Sa, có hình thái cấu trúc và phương của các đứt gãy chính theo hướng ĐB - TN. Ở phần phía bắc của đới có nhiều địa lũy dài hàng trăm km, trên đó phát triển các thể carbonat dạng nền và ám tiêu san hô, cũng như hoạt động magma núi lửa ở một vài nơi. Ranh giới phía bắc của đới là đới tách giãn Biển Đông, phía tây là đới phân dị Phan Vinh - Nam Yết, phía nam và đông là trũng Palawan. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 7.000m.

Đới phân dị Phan Vinh - Nam Yết chiếm hầu hết diện tích trung tâm của bồn Trường Sa, có hình thái cấu trúc chủ đạo và phương của các đứt gãy theo hướng ĐB - TN và một số TB - ĐN. Ở diện tích phía bắc của đới có nhiều hoạt động magma núi lửa vào các thời kỳ khác nhau làm phức tạp bình đồ cấu trúc khu vực. Mức độ biến vị và uốn nếp trong trầm tích Kainozoi có cường độ khá mạnh. Ranh giới phía bắc của đới là đới tách giãn Biển Đông, phía tây là trũng Đá Chữ Thập - Song Tử Đông, phía nam là trũng Palawan và phía đông là đới nâng Cỏ Mây - Cỏ Rong. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến 4.500m.



Hình 13. Bản đồ đẳng dày trầm tích Miocen trên thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).



Hình 14. Bản đồ phân vùng kiến tạo các bồn trầm tích Kainozoi thềm lục địa và vùng biển Việt Nam (Nguyễn Trọng Tín *và nnk.*, 2012).

Trũng Đá Chữ Thập - Song Tử Đông chiếm toàn bộ diện tích phía tây của Bồn Trường Sa, có hình thái cấu trúc chủ đạo và phương của các đứt gãy theo hướng ĐB - TN. Mức độ biến vị và uốn nếp trong trầm tích Kainozoi có cường độ không mạnh, trừ diện tích phía tây nam. Ranh giới phía bắc của trũng là đới tách giãn Biển Đông, phía tây là đới phân dị Đá Lát - Đá Tây và trũng Vũng Mây của bồn Tư

Chính -Vũng Mây, phía nam là trũng Bắc Luconia và phía đông là đới phân dị Phan Vinh - Nam Yết. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến hơn 5.000m.

Bồn Mã Lai - Thổ Chu với hai đơn vị kiến tạo bậc II

Đơn nghiêng Đông Bắc chiếm toàn bộ diện tích rìa đông của bồn Mã Lai - Thổ Chu, có bình đồ cấu trúc thoải nghiêng, ít bị biến vị và uốn nếp. Phương của các đứt gãy chủ yếu theo hướng TB - ĐN và biên độ dịch chuyển thẳng đứng nhỏ, chỉ vài chục mét. Ranh giới phía bắc và đông là đới nâng Khorat - Natuna, phía tây và nam là đới phân dị Thổ Chu. Bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ vài trăm mét đến 2.000m.

Đới phân dị Thổ Chu có hình thái cấu trúc chủ đạo và phương của các đứt gãy theo hướng TB - ĐN, chịu tác động mạnh mẽ của hệ thống đứt gãy Ba Chùa - Kim Long. Mức độ biến vị và uốn nếp trong trầm tích Kainozoi với cường độ mạnh tạo nên hàng loạt vi địa hào, địa lũy xen kẽ nhau. Dọc theo các hệ thống đứt gãy chính, có nhiều đứt gãy kiểu xương cá, tỏa tia làm phức tạp bình đồ cấu tạo. Ranh giới phía đông và bắc của đới là đơn nghiêng Đông Bắc, phía tây và phia nam là bồn Mã Lai thực thụ. Bề dày trầm tích Kainozoi từ vài trăm mét đến hơn 4.000m.

Tài liệu tham khảo

J Fraser, S.J. Mattews & R.W. Murphy, 1997. Petroleum of Southeast Asia. *Geology Special Publication*, No. 126: 1-384.

Allen A. Phillip, 2000. Basin Analysis Principles and Applications. Second Edition. *Blackwell Publishing*. 266-327.

Cao Đình Triều, Phạm Huy Long. Kiến tạo đứt gãy lãnh thổ Việt Nam. *NXB. Khoa học & Kỹ thuật*. Hà Nội 2002. 1-60

Hall R., 1996. Cenozoic plate tetonic reconstrution of SE Asia. Petroleum geol of SE Asia, *Geol. Societety Special pub.* No. 126: 11-23.

Hutchison C., 1989. Geological Evolution of South East Asia. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 13. *Clarendon Press:* 80-210 Oxford.

Hutchison C. S., 2004. Marginal basin evolution: the southern South China Sea. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 21: 1129-1148.