

CO₂

CO₂ CO₂ CO₂ CO₂ CO₂ CO₂
CO₂ CO₂ CO₂ CO₂ CO₂



HỘI THẢO CHUYÊN ĐỀ

Nguồn gốc khí CO₂, các phương pháp nghiên cứu
và ứng dụng tại một số bể trầm tích trên thềm lục địa Việt Nam

TS. Nguyễn Thị Minh Hồng

Nội dung

1. Nguồn gốc khí CO₂

- Nguồn gốc hữu cơ
- Nguồn gốc vô cơ

2. Phương pháp nghiên cứu

- Đồng vị bền
- Mô hình trưởng thành nhiệt

3. Khí CO₂ ở các bể trầm tích Việt Nam

- Bể Sông Hồng
- Bể Phú Khánh
- Bể Mã Lay Thổ Chu
- Bể Nam Côn Sơn



Nguồn gốc khí CO₂

Nguồn gốc hữu cơ

Hoạt động vi sinh vật

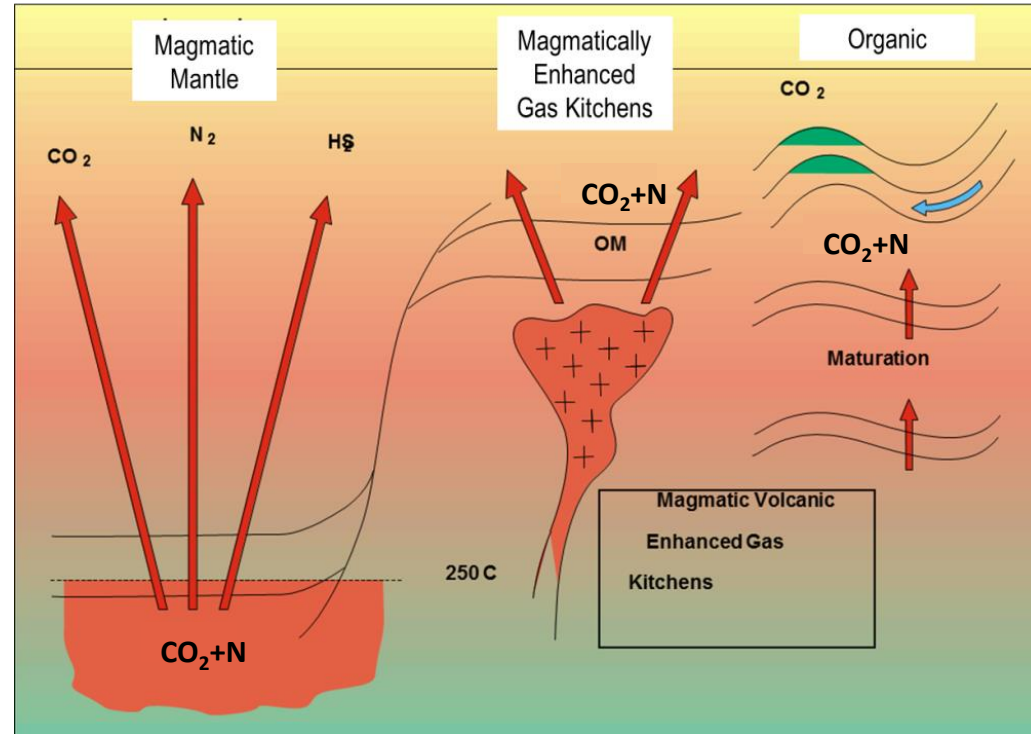
Bẻ gãy kerogen

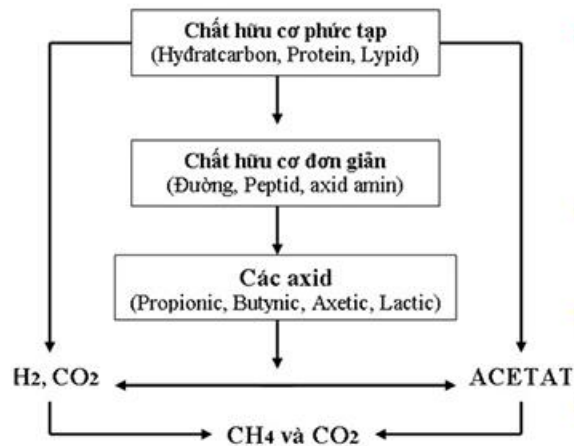
Nguồn gốc vô cơ

Phân hủy carbonate

Các hoạt động núi lửa, biến chất

Phản ứng trong tầng chứa





Giai đoạn lên men
(Phân giải chất hữu cơ
phức tạp thành các
chất hữu cơ đơn giản)

Giai đoạn Axit hóa

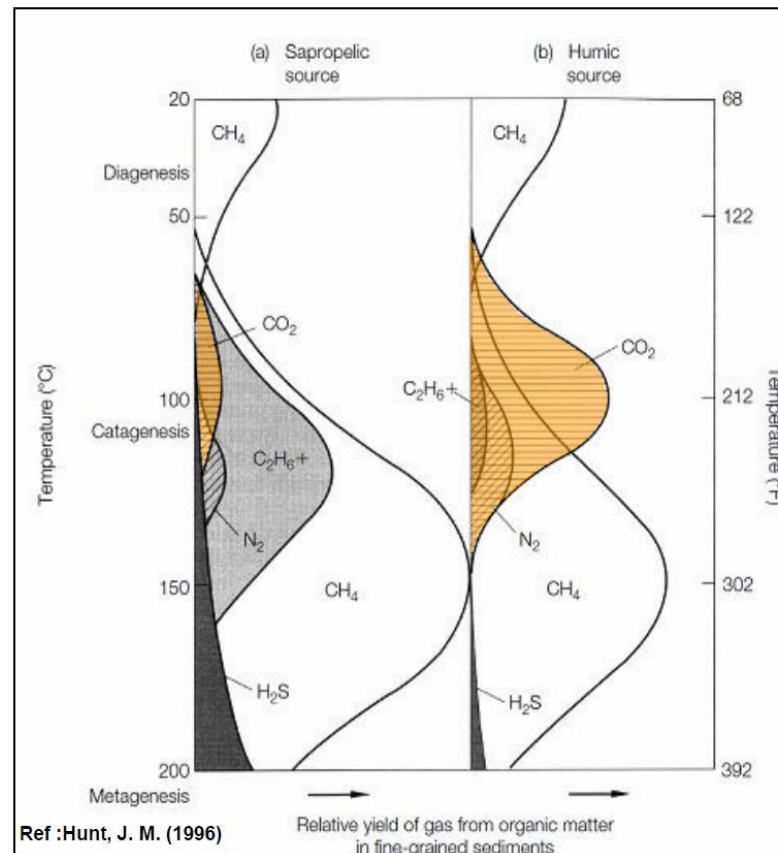
Giai đoạn Axetat hóa

Giai đoạn metan hóa



Nguồn gốc hữu cơ: bể gãy kerogen

- Khí CO₂ được hình thành từ quá trình khử C nhiệt của vật chất hữu cơ diễn ra trong quá trình diagenesis và catagenesis, hầu như kết thúc ở cuối giai đoạn cửa sổ tạo dầu
- VCHC lục địa đóng góp chủ yếu nguồn CO₂ hữu cơ

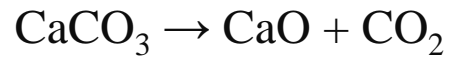


(Hunt, J. M., 1996)



Nguồn gốc vô cơ: hoạt động núi lửa

- Khí CO₂ được hình thành khi dòng magma nhiệt độ cao gặp đá carbonate, dẫn đến sự phân hủy carbonate, xảy ra ở nhiệt độ cao (840-850°C)



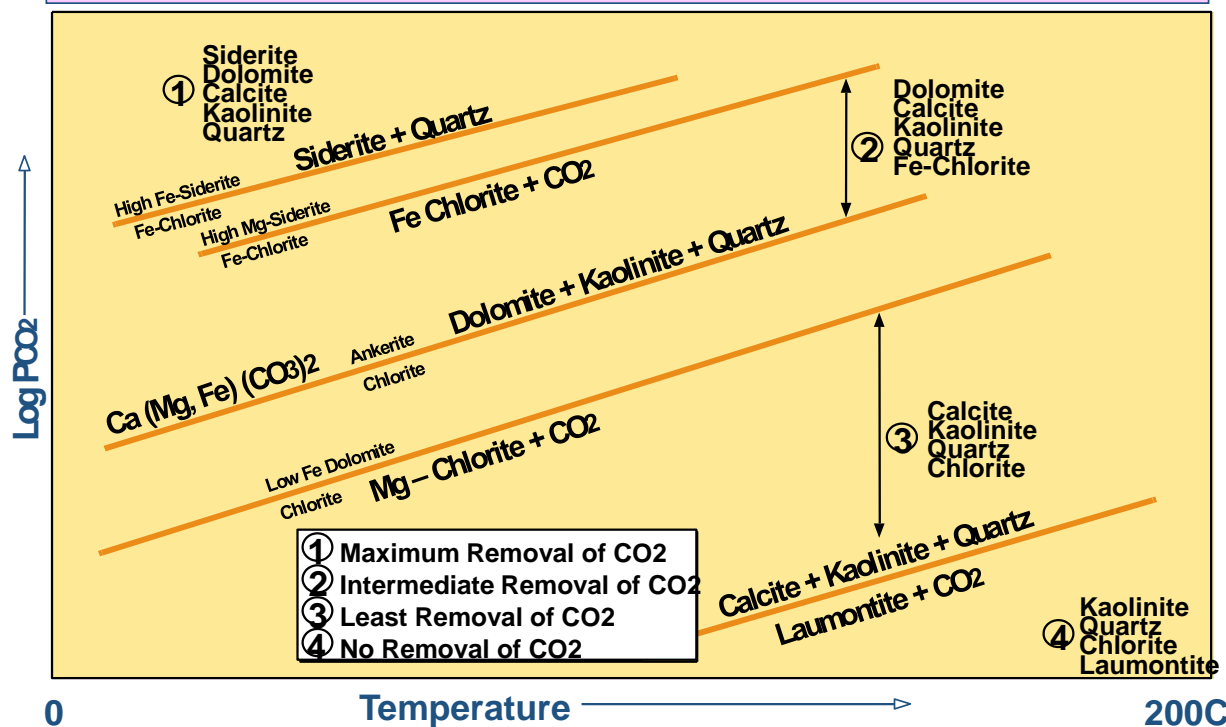
- Khí CO₂ là một trong những thành phần bay hơi lớn nhất từ manti, có thể được giải phóng ra ngoài bề mặt qua sự phun trào núi lửa hoặc qua đứt gãy



Nguồn gốc vô cơ: phân hủy carbonate

1. Siderite + Quartz + Kaolinite = Chlorite + CO_2
2. Dolomite + Quartz + Kaolinite = Chlorite + Calcite + CO_2
3. Calcite + Kaolinite + Quartz = Laumontite + CO_2

Diagenetic Decomposition of Carbonates in Siliciclastic Rocks



(Cathles & Schoell, 2007)

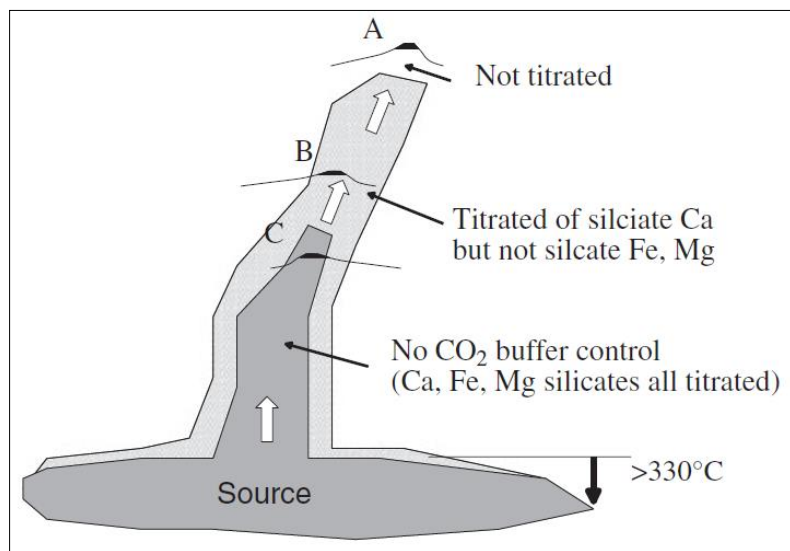
Trong các bể trầm tích có mặt CaCO_3 , FeCO_3 , MgCO_3 , khí CO_2 được hình thành từ các phản ứng của kaolinit và carbonate

Nhiệt độ: $>100^\circ\text{C}$ và đạt cân bằng ở khoảng 160°C

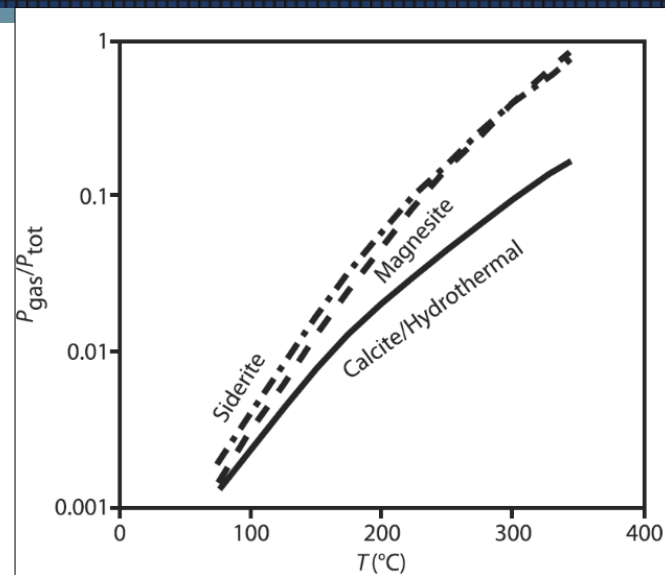


Nguồn gốc vô cơ: phân hủy carbonate

- Khi P_{CO_2} lớn hơn P_{pore} , pha khí giàu CO_2 được tách ra, di cư lên tầng trên (xảy ra ở nhiệt độ $>330^\circ\text{C}$ trong bể trầm tích)



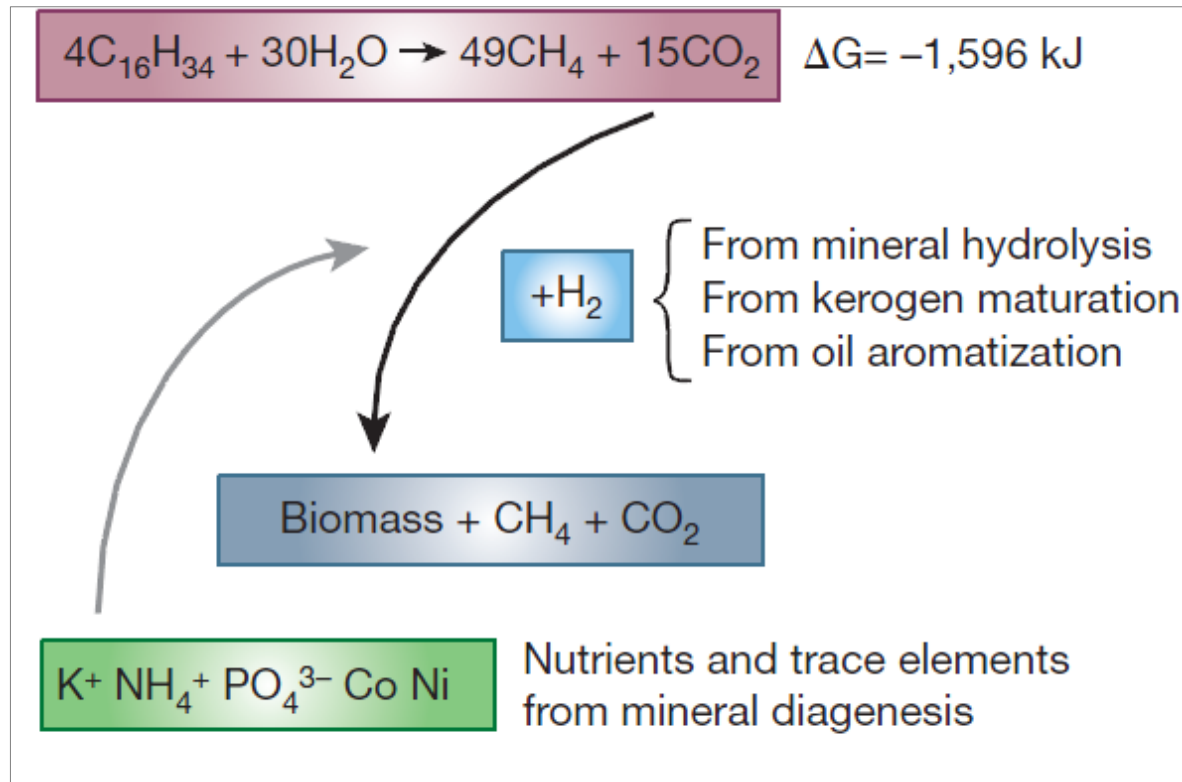
(Cathles & Schoell, 2007)



- Khí giàu CO_2 di cư lên trên, hòa tan, làm tăng mật độ CO_2 trong pore fluid lên trên mức cân bằng với các khoáng vật trầm tích \Rightarrow phản ứng ngược lại: làm kết tủa CaCO_3 , FeCO_3 , MgCO_3 .
- Xảy ra trong quá trình di cư



Nguồn gốc vô cơ: các phản ứng trong tầng chứa



- Ở nhiệt độ đến 80°C, dầu khí ở tầng chứa gần bề mặt thường bị phân hủy sinh học, trong điều kiện thiếu sulphat sinh ra khí CO_2
- Thường <10% tổng thể tích khí

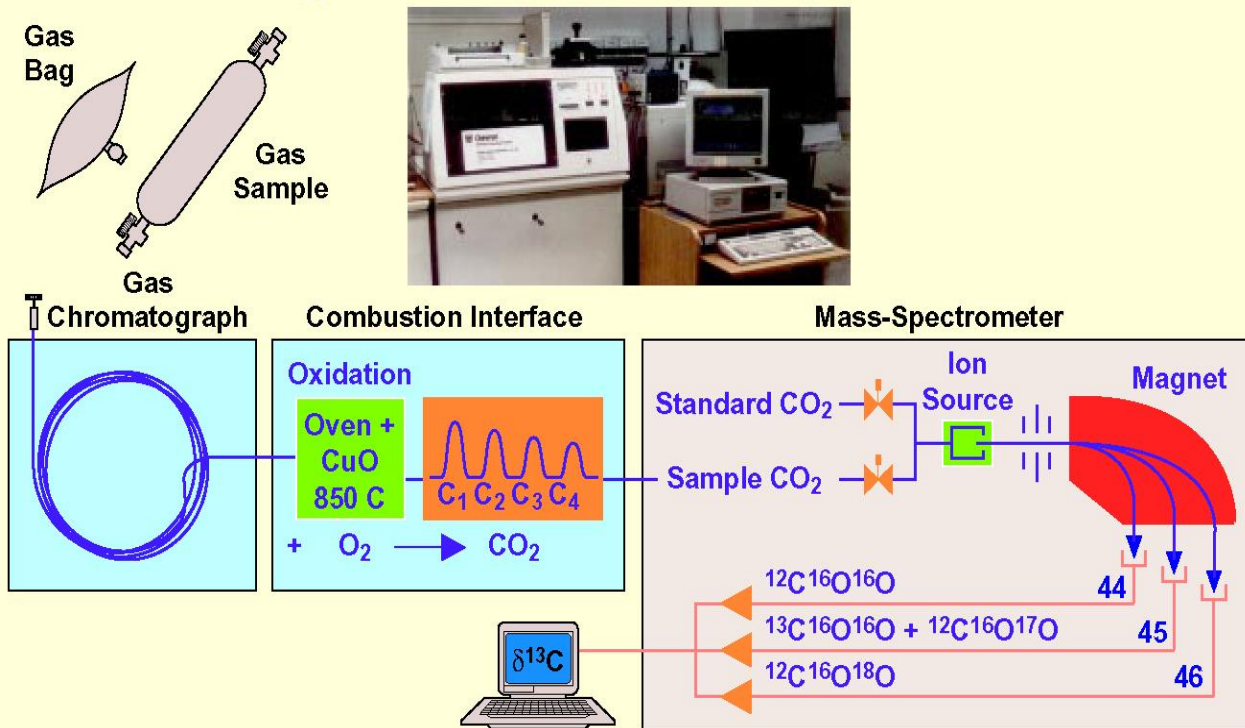
(Ian M. Head, 2003)



Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp Đồng vị bền

Measuring Carbon Isotopes in Natural Gases



Principle of isotope analyses of natural gases with the CSIA technology. The on-line combination of gas chromatography and mass-spectrometer eliminates separate sample preparation steps. This is the technique suitable for mud gas analyses on a drilling rig.

© Chevron Petroleum Technology Co.

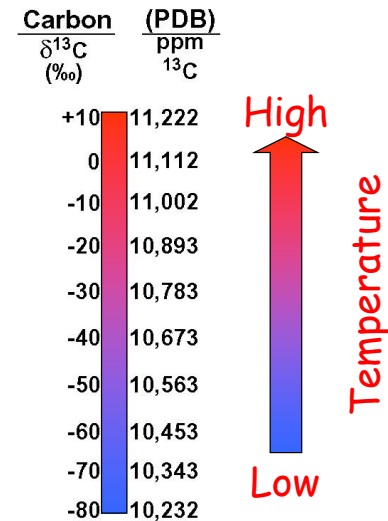
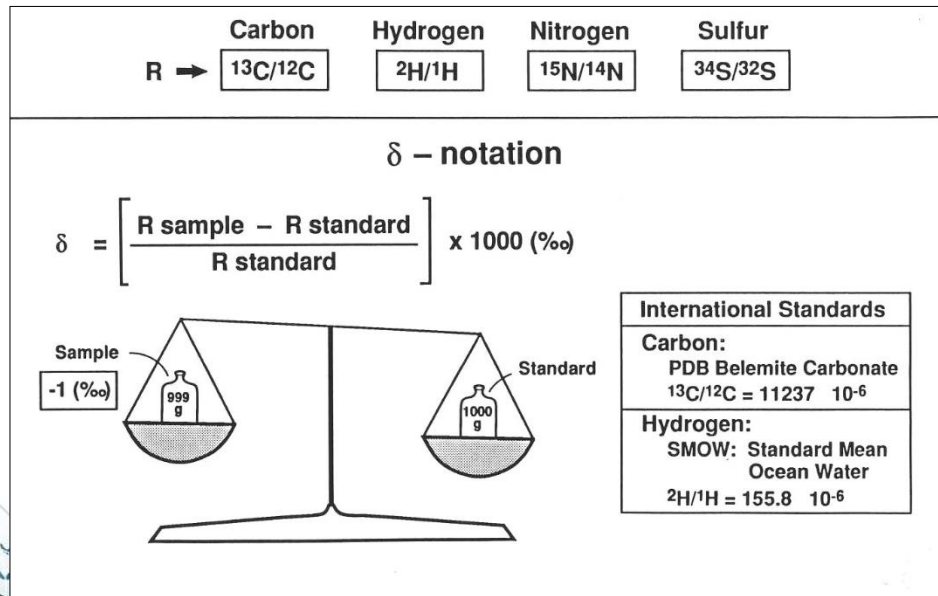
97-00398s Mud Gas Isotope Analysis While Drilling Fig. 5



Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp Đồng vị bền

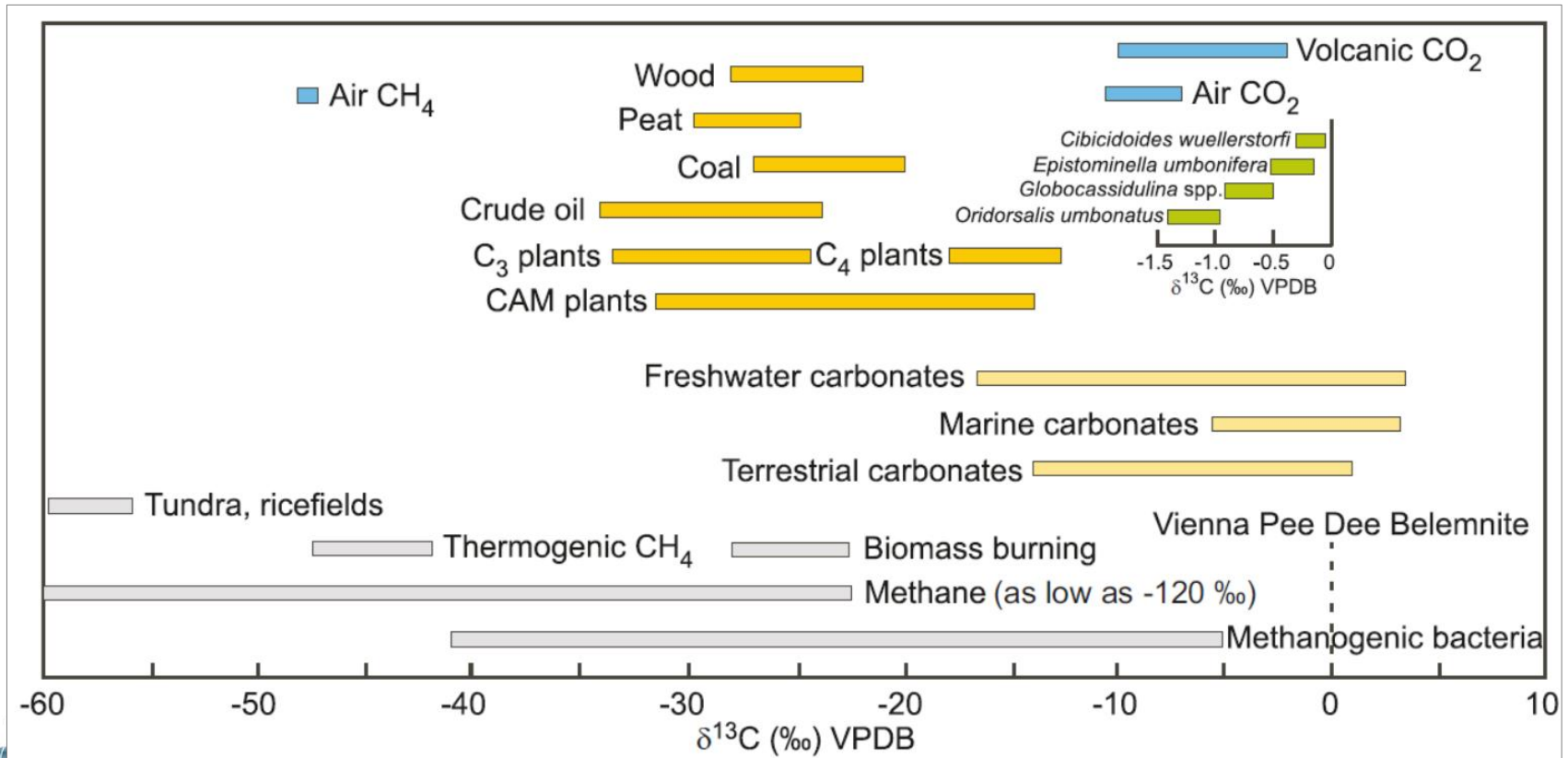
- Liên kết $^{12}\text{C}-^{12}\text{C}$ dễ bị bẻ gãy hơn $^{12}\text{C}-^{13}\text{C}$ (kinetic isotope effect), ^{12}C phản ứng nhanh hơn, phân tử chứa ^{12}C di chuyển nhanh hơn phân tử chứa ^{13}C , hiệu ứng này quan trọng với những phân tử nhỏ như CH_4 và CO_2
- So sánh tỉ số đồng vị $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ của CO_2 với tỉ số đồng vị chuẩn (hóa thạch belemnite trong hệ tầng Peedee ở Nam Carolina – PDB).



Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp Đồng vị bền

Giá trị đồng vị $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ theo các nguồn gốc khác nhau



(modified from Schidlowski & Aharon 1992; Wefer & Berger 1991)



Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp Đồng vị bền

❖ Manti sinh ra He với thành phần ^3He nhiều hơn so với He trong vỏ trái đất => tỉ số $^3\text{He}/^4\text{He}$ lớn hơn

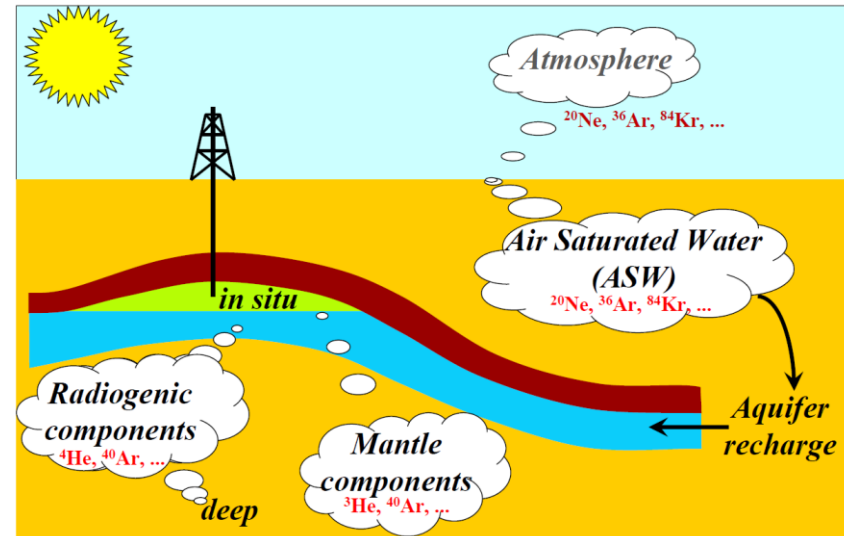
$R/R_a < 1$: CO_2 từ vỏ trái đất

$R/R_a > 1$: CO_2 từ magma

Trong đó: R = tỉ số $^3\text{He}/^4\text{He}$ của mẫu

R_a = tỉ số $^3\text{He}/^4\text{He}$ của không khí ($1,4 \times 10^{-6}$)

❖ Tỉ số $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$, $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ và $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ cũng được sử dụng để chỉ định nguồn gốc manti



(from Ballentine and O'Nions, 1994, modified)

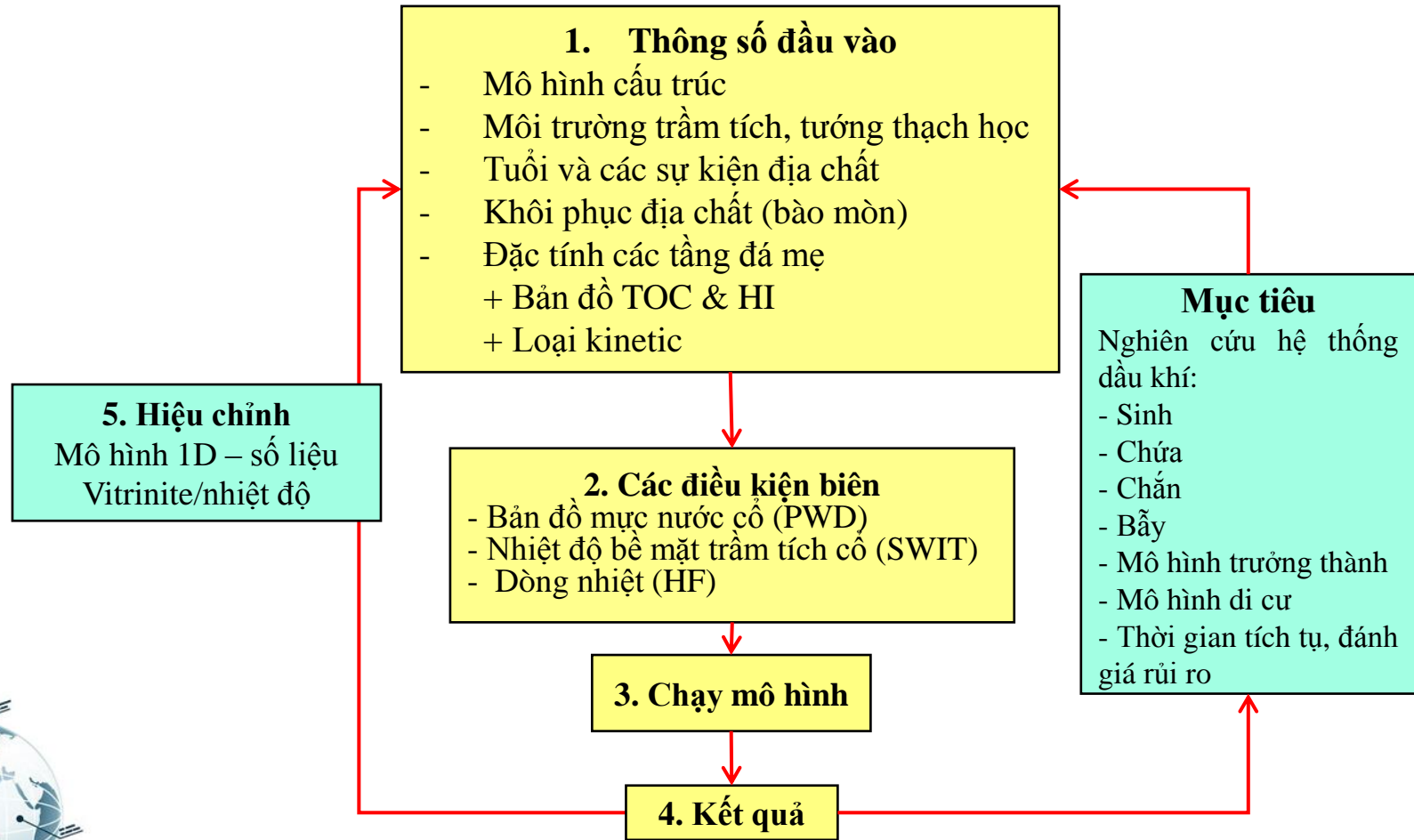
	^4He	^{20}Ne	^{36}Ar	^{84}Kr	^{132}Xe	R/R _a	$^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$	$^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$
Atmosphere (ppm)	5.24	16.5	31.4	0.65	0.023	1	9.8	0.029	295.5
ASW (20°C, fresh water) $\mu\text{Mol}/\text{m}^3$	2.04	7.67	47.8	1.83	0.039	1	9.8	0.029	295.5
MORB mantle	36,600	1.04	1	0.029	0.004	8	12.5-13.8	0.06-0.063	40,000
Continental crust	-	-	-	-	-	0.02	0.08-0.1	0.4-0.52	3,000



Phương pháp nghiên cứu

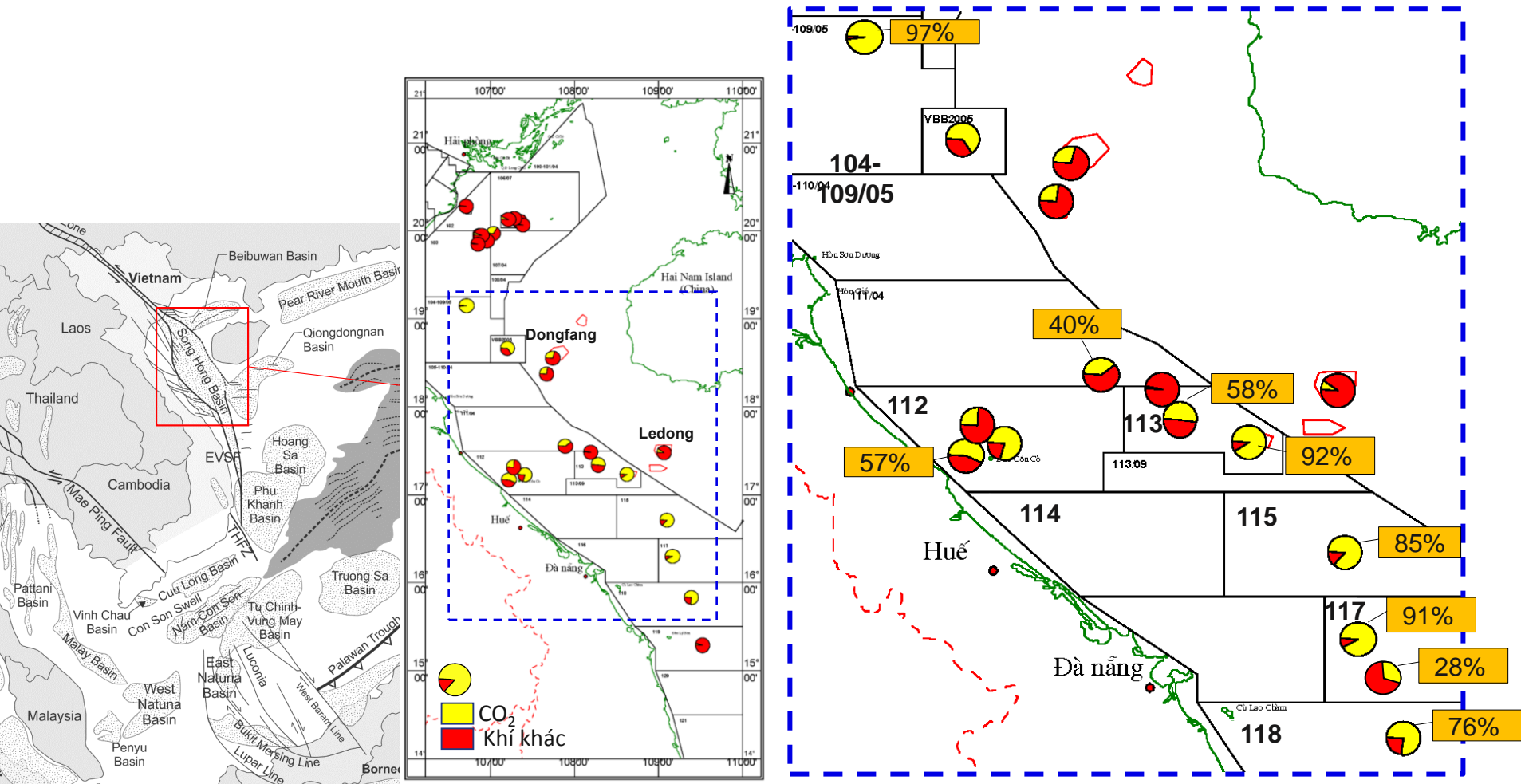
Phương pháp xây dựng mô hình trường thành nhiệt

❖ Dự báo các trũng sâu có nhiệt độ $>330^{\circ}\text{C}$ có khả năng là trũng sinh CO_2 từ phân hủy khoáng vật carbonate



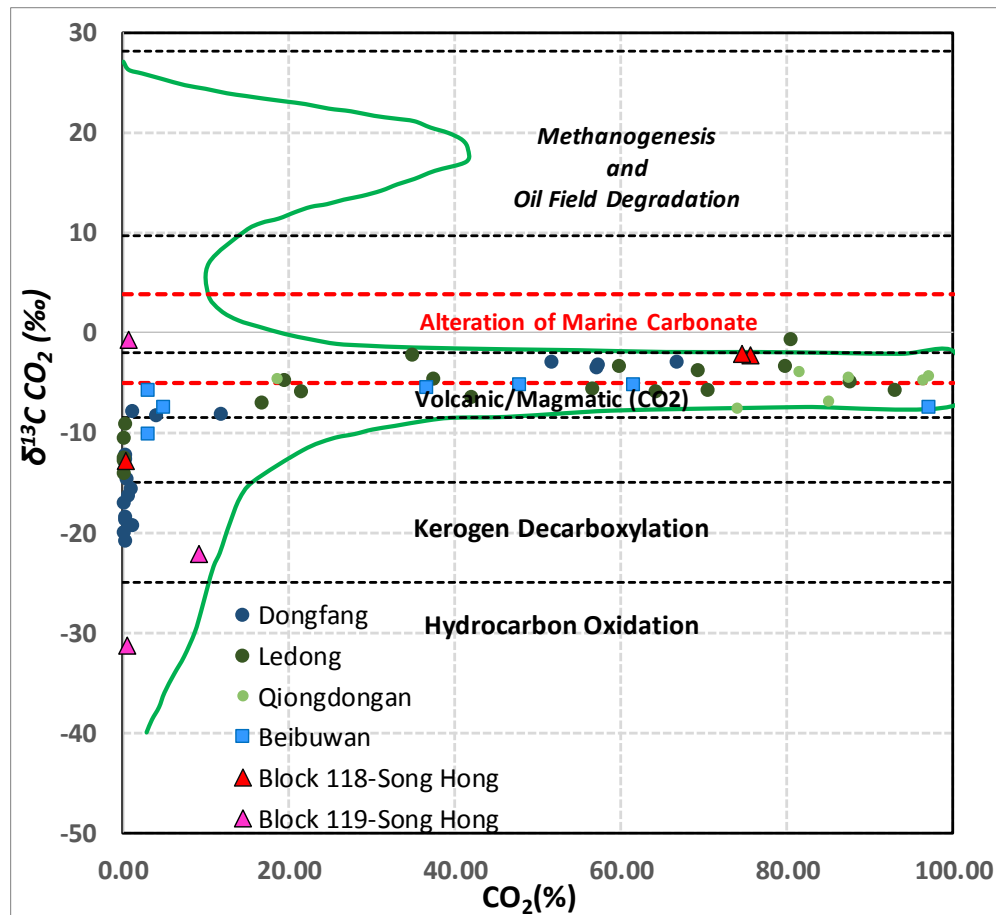
Khí CO₂ ở bề Sông Hồng

- Hàm lượng khí CO₂ cao trong các giếng khoan khu vực trung tâm đến phía nam bề Sông Hồng (dao động từ 28-97%)



Khí CO₂ ở bề Sông Hồng

- Nhóm hàm lượng khí CO₂ thấp: $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ từ -1‰ đến -31‰ : nguồn hữu cơ + vô cơ
- Nhóm hàm lượng khí CO₂ cao: $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ nặng hơn -2‰ : nguồn vô cơ dưới sâu



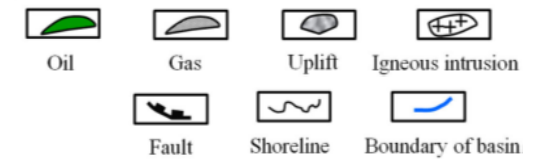
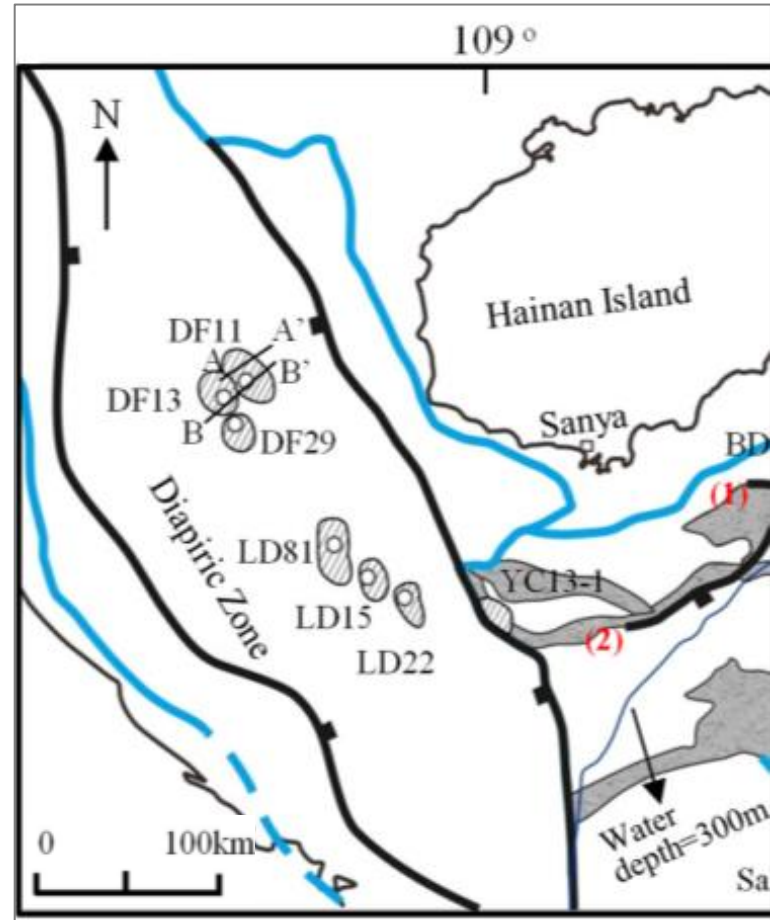
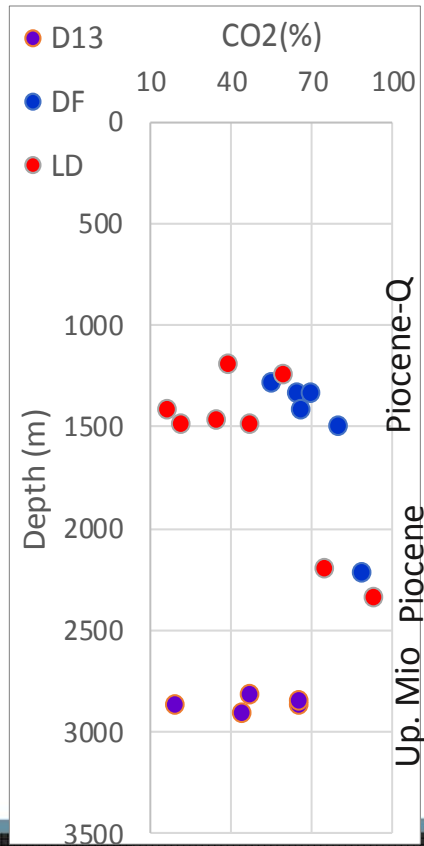
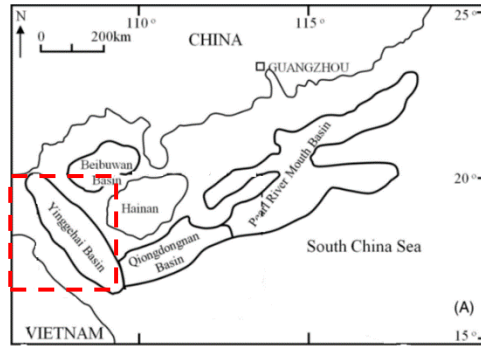
Khí CO₂ ở bề Sông Hồng

Bể Yinggehai – Trung Quốc

- Gradient địa nhiệt cao: 41-45°C/km
- Quá trình sau rift: tốc độ sụt lún và trầm tích nhanh dẫn đến dị thường áp suất, hình thành các diapir sét

Các mỏ khí:

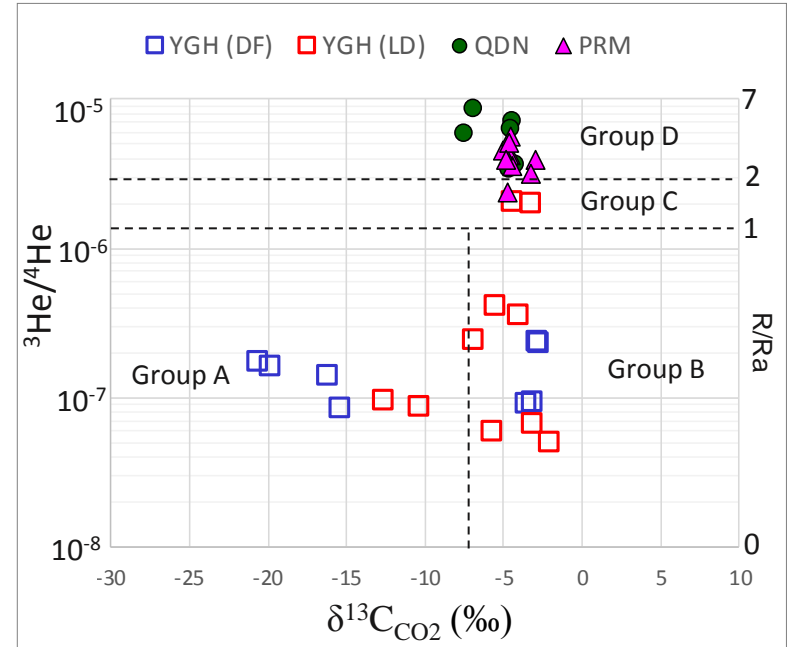
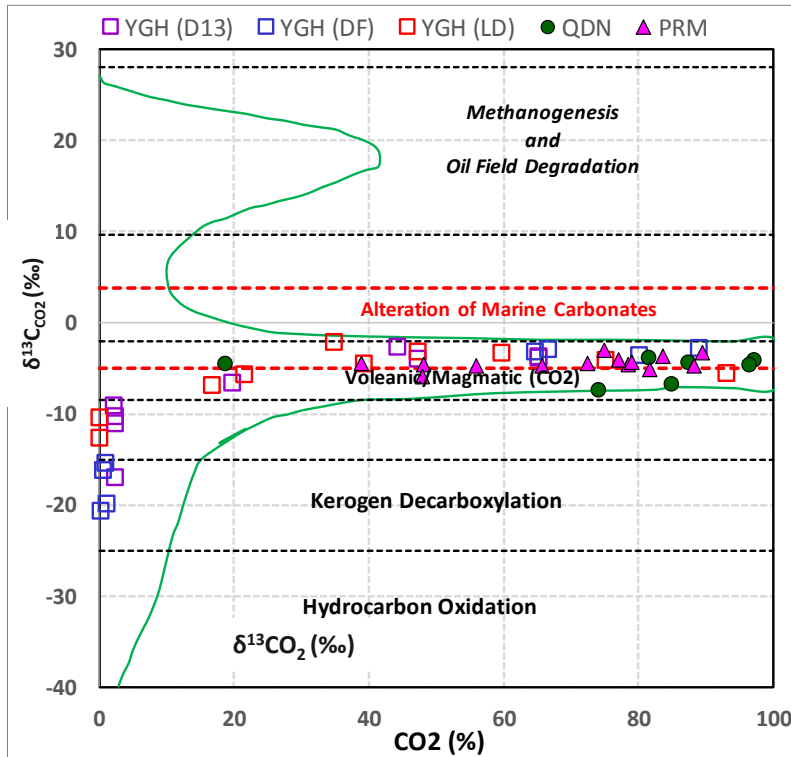
- Dongfang (DF):
Hàm lượng CO₂: 55-89%
- Ledong (LD):
Hàm lượng CO₂: 16.65-93%



(Baojia Huang et al., 2015)



Khí CO₂ ở bề Sông Hồng



(Baojia Huang et al., 2015)

Nguồn gốc CO₂:

- Group A: CO₂ hữu cơ sinh từ sự phân hủy do nhiệt của VCHC
- Group B: CO₂ vô cơ sinh từ sự phân hủy nhiệt của khoáng vật carbonate

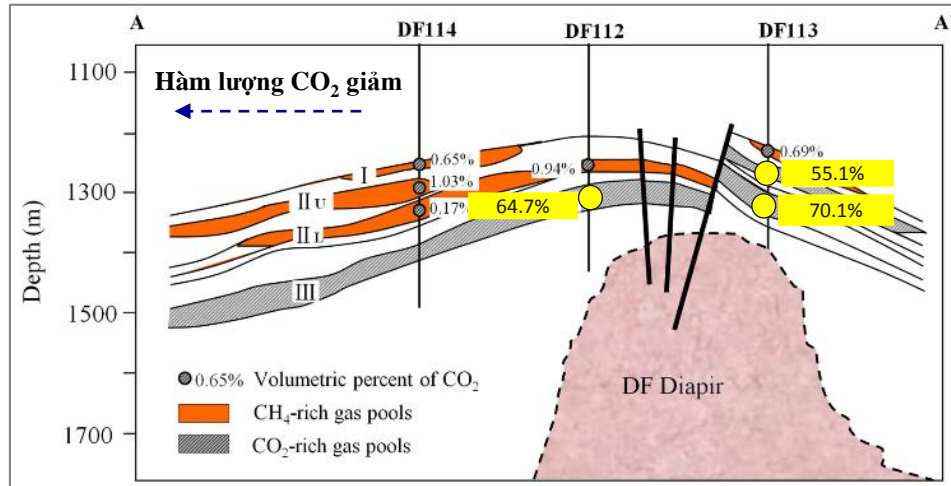
- Group C: hỗn hợp của CO₂ từ manti và vỏ trái đất
- Group D: CO₂ vô cơ từ núi lửa - magma: có tỉ số ³He/⁴He cao nhất, hàm lượng CO₂ cao, δ¹³C_{CO₂} nặng



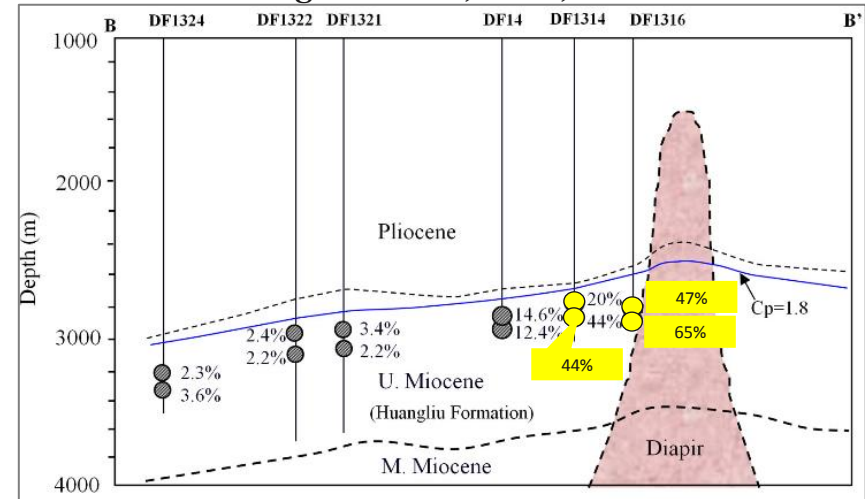
Khí CO₂ ở bề Sông Hồng

Hàm lượng CO₂ cao chủ yếu dọc theo đới diapir trung tâm và gần các đứt gãy diapir

Tầng chứa nông, đới áp suất bình thường



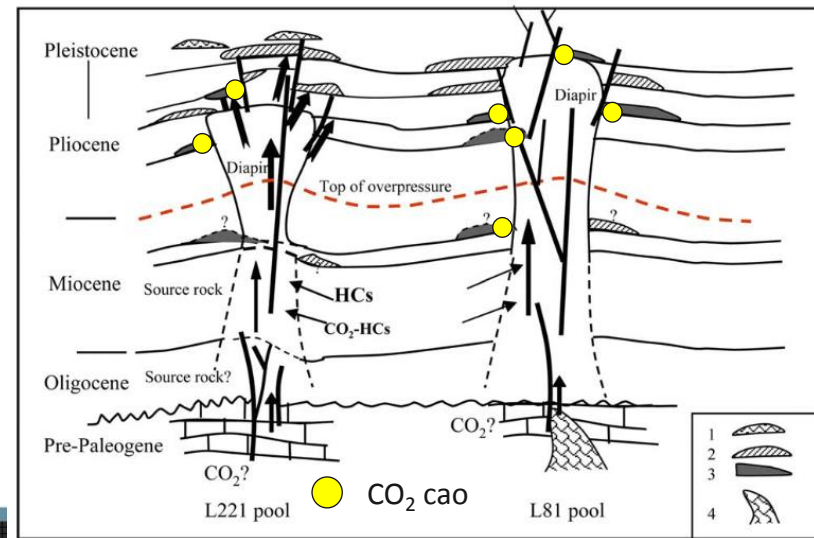
Tầng chứa sâu, đới T, P cao



(Baojia Huang et al., 2015)

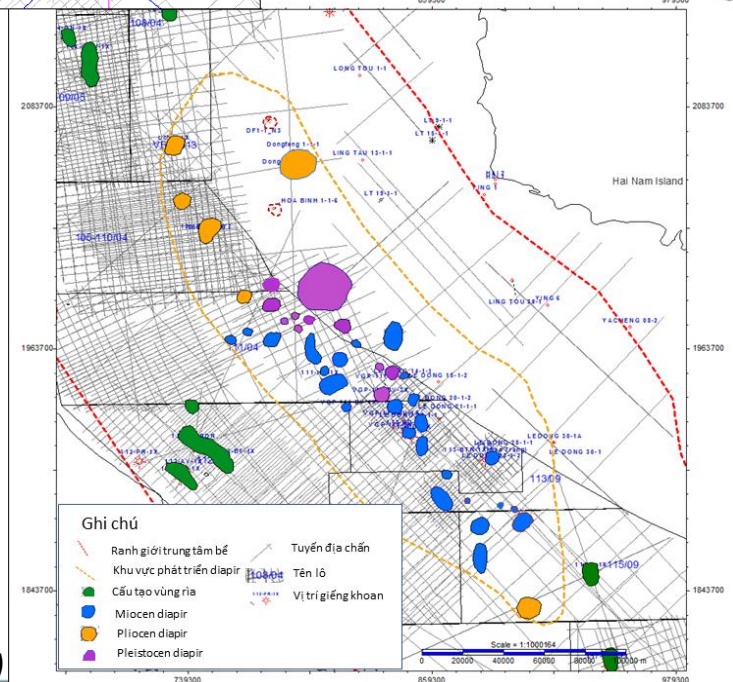
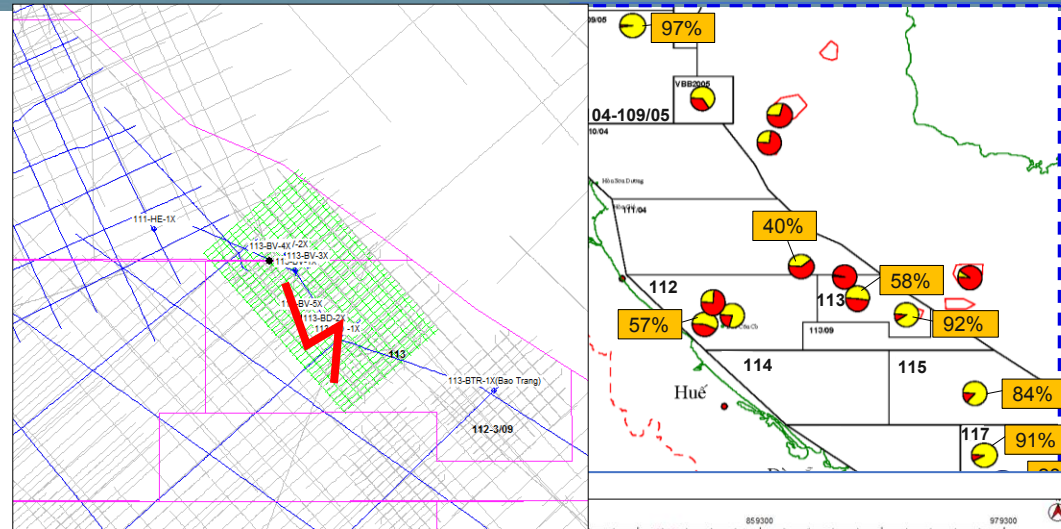
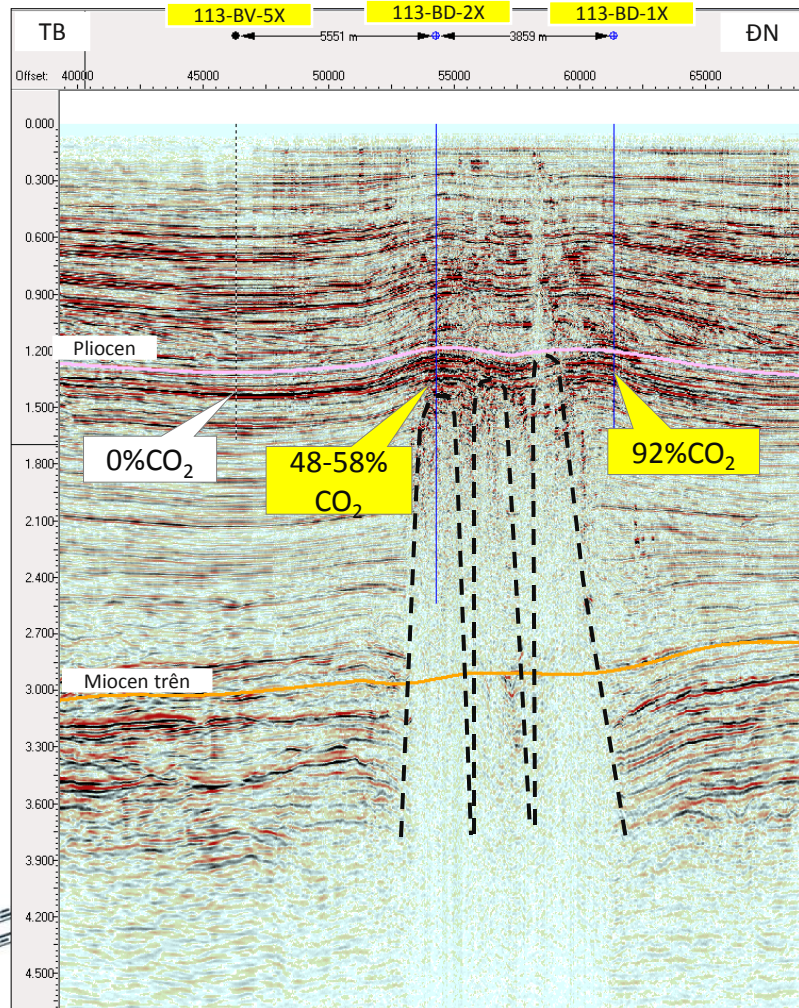
- Khí giàu CO₂ được sinh từ độ sâu 6300m (> 300°C), nấp bẫy sau pha khí HC, các đứt gãy tái hoạt động và diapir cung cấp đường di cư cho khí CO₂ lên phía trên

→ Tập trung vào các bẫy hình thành sớm và ở xa đới diapir



Khí CO₂ ở bề Sông Hồng

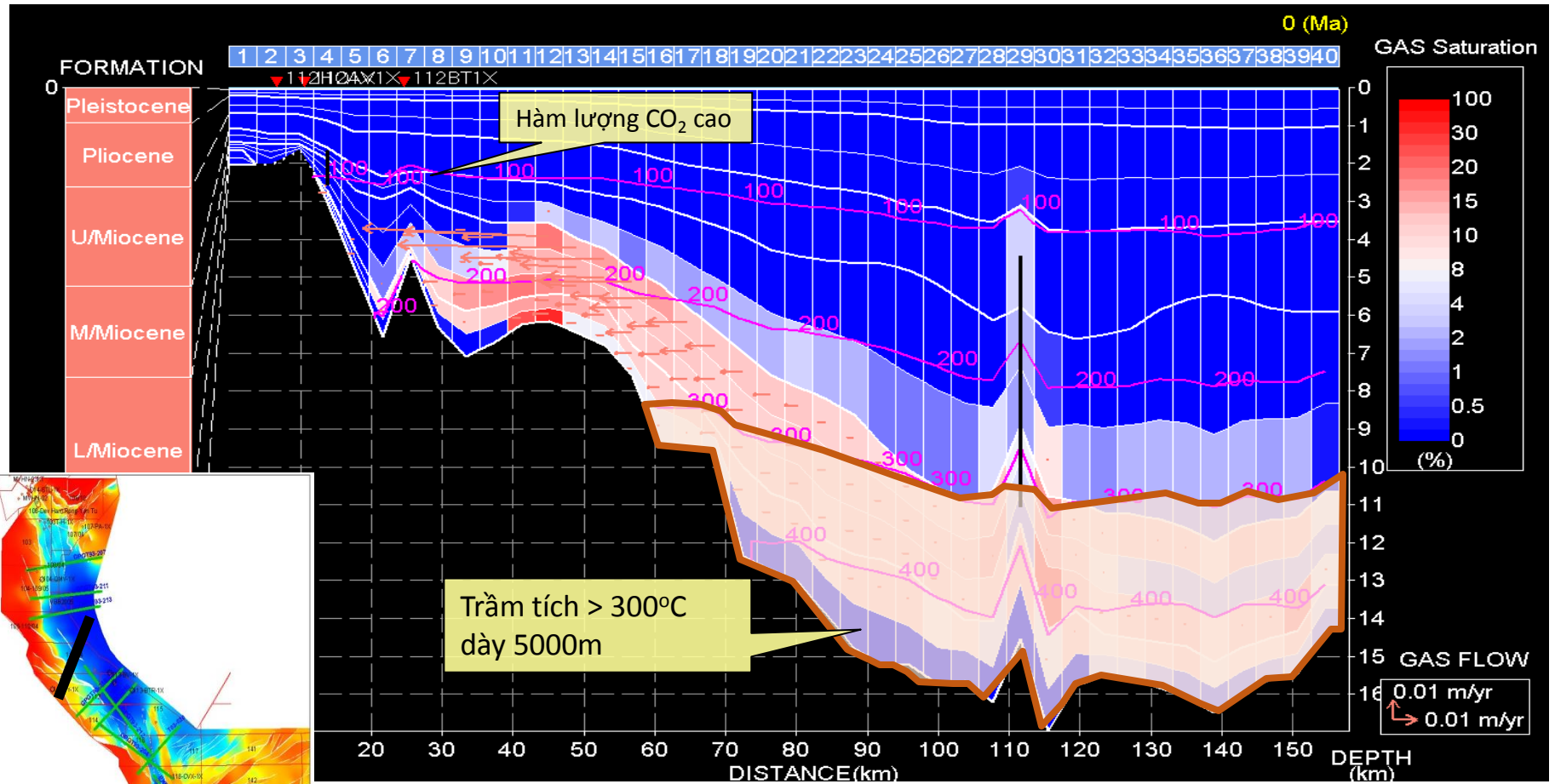
- Khu vực trung tâm: liên quan đến các diapir sét,
- Khu vực phía nam: liên quan đến các đứt gãy sâu



(VPI, 2016)

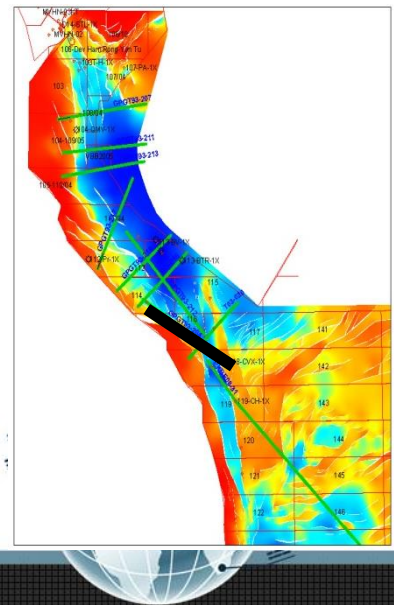
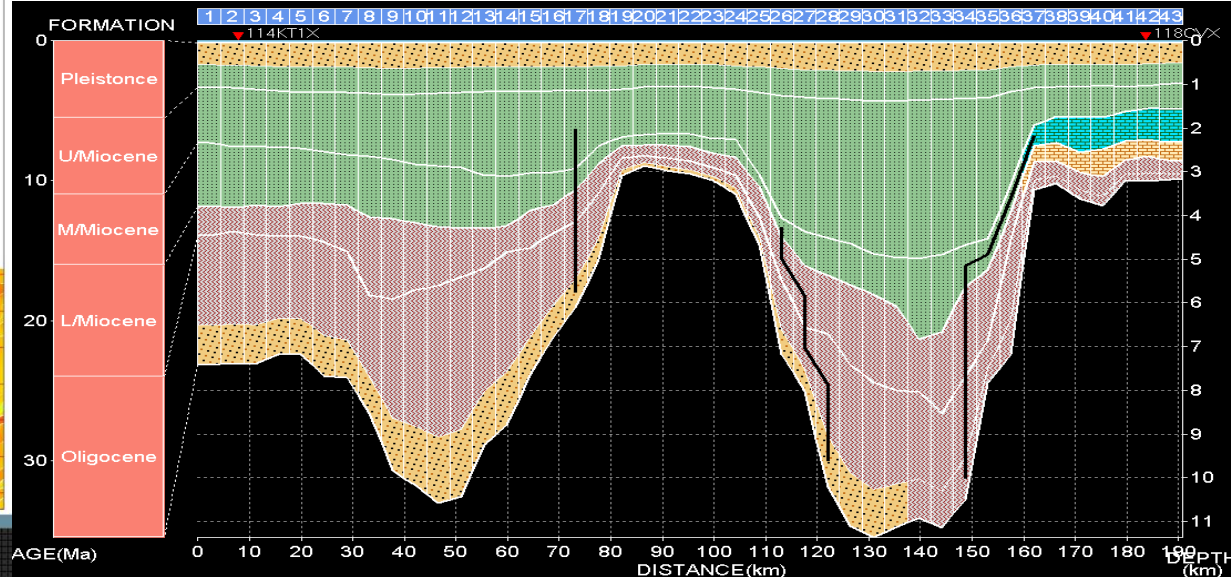
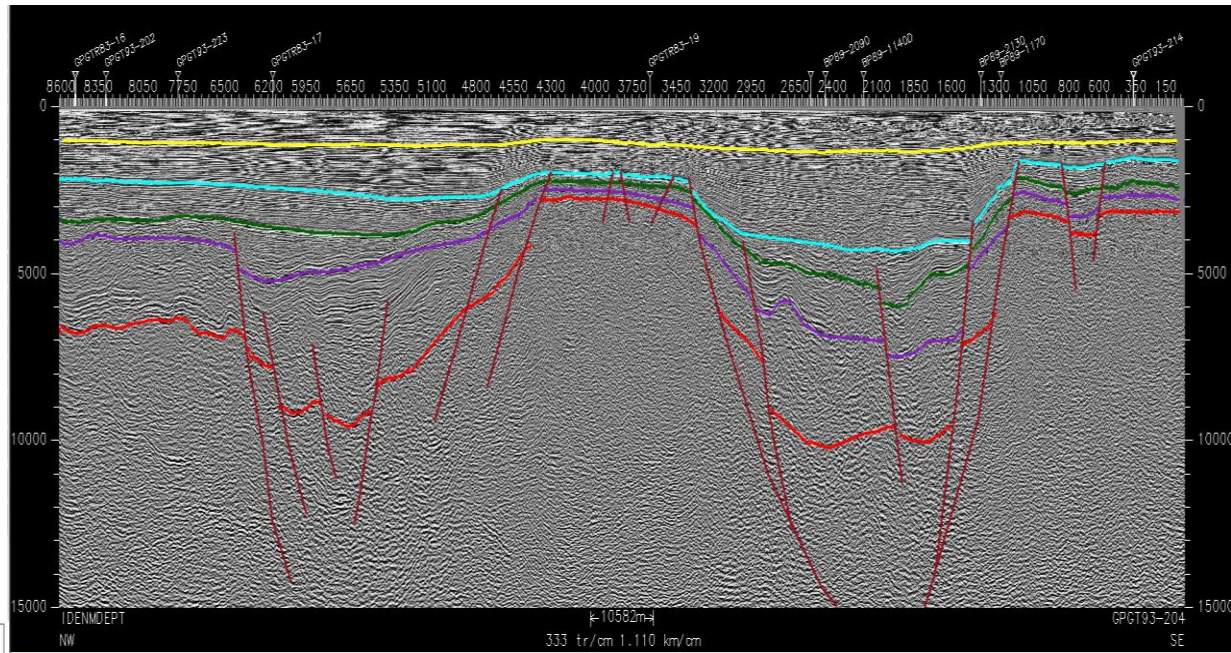
Khí CO₂ ở bề Sông Hồng

1.4HFU 1.6HFU Constant HF = 1.4HFU



(VPI, 2014)

Khí CO₂ ở bề Sông Hồng

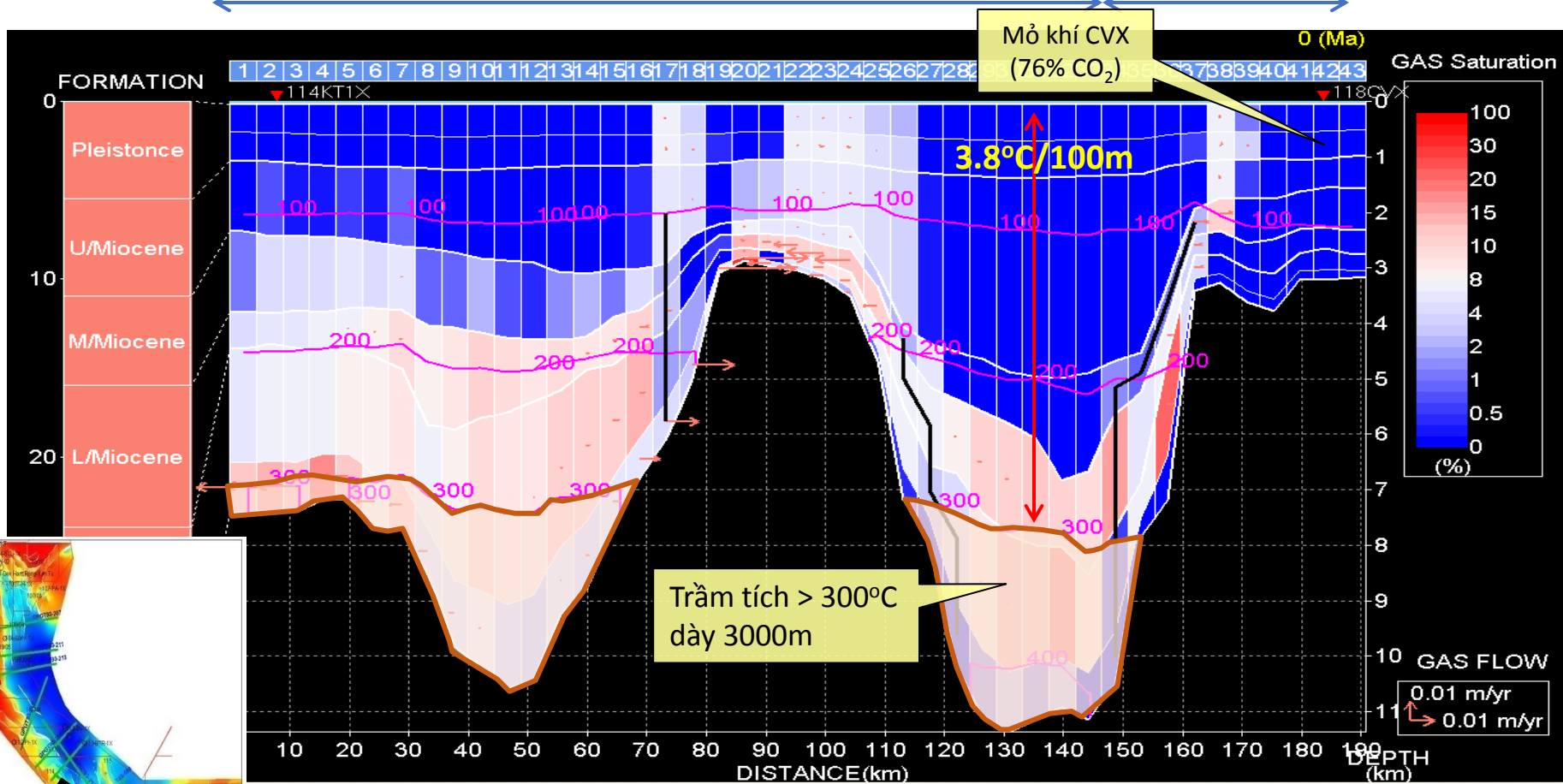


(VPI, 2014)

Khí CO₂ ở bề Sông Hồng

Constant HF = 1.6HFU

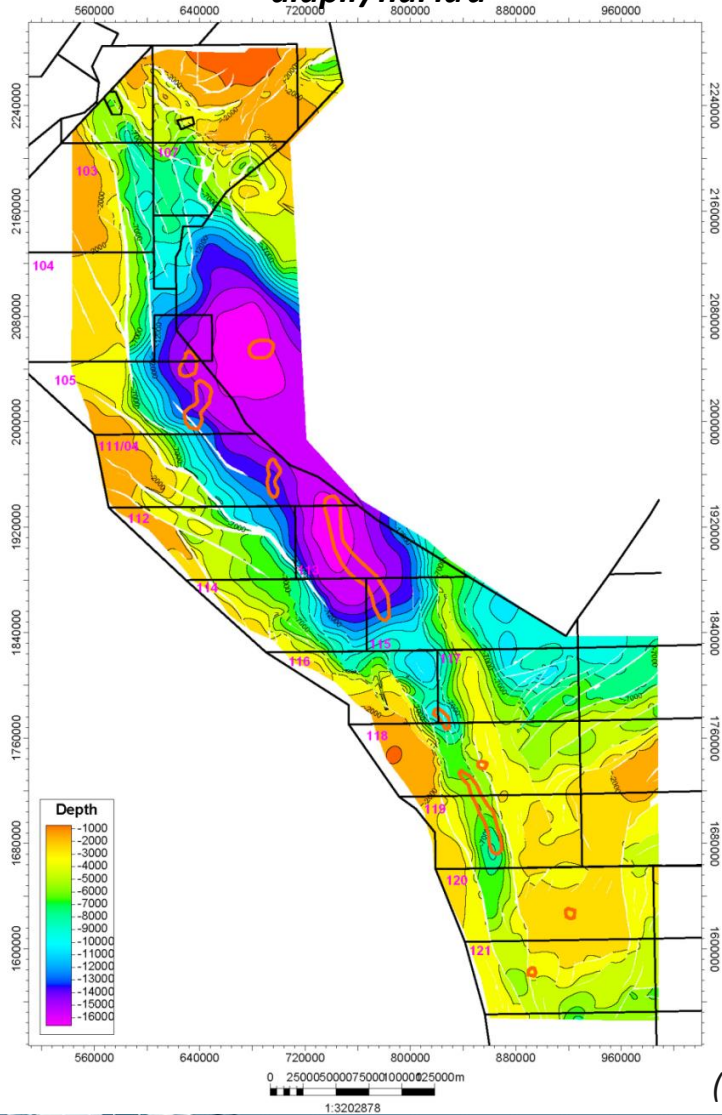
1.5HFU



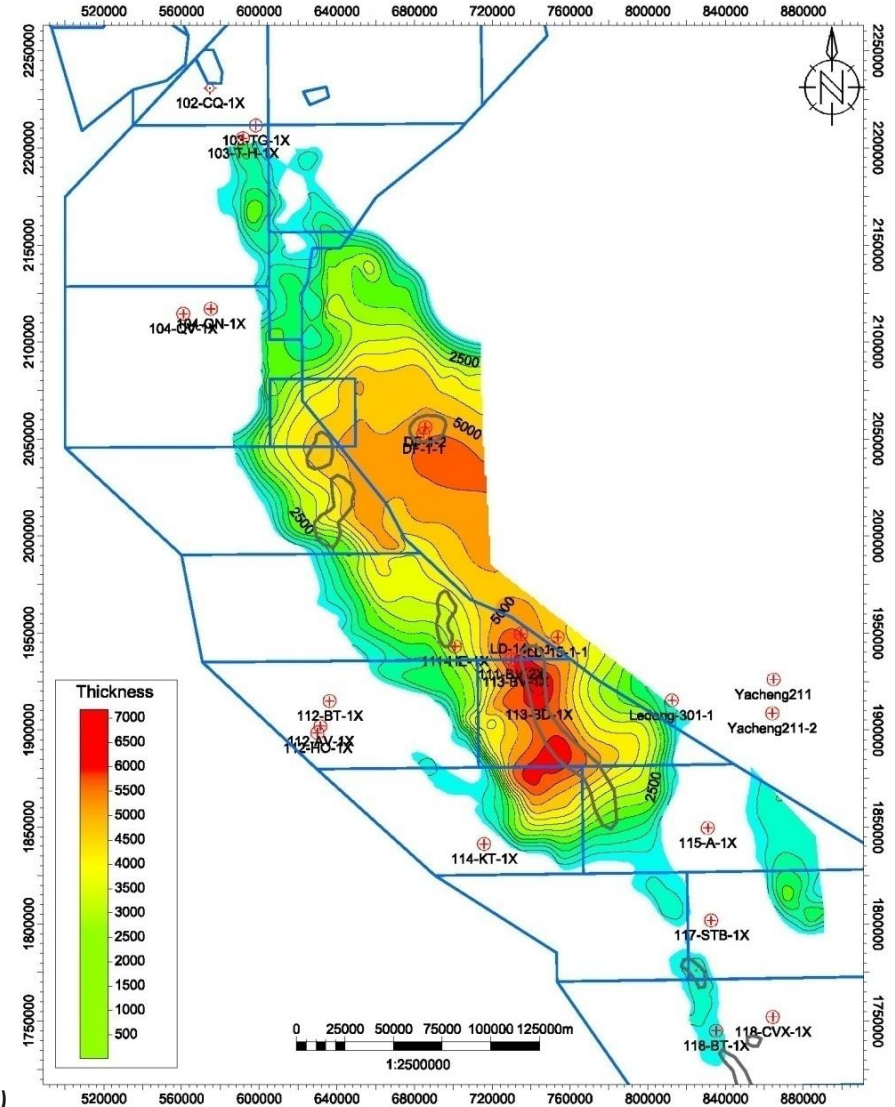
(VPI, 2014)

Khí CO₂ ở bề Sông Hồng

Bản đồ đẳng sâu móng và phân bố diapir/núi lửa

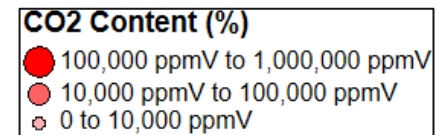
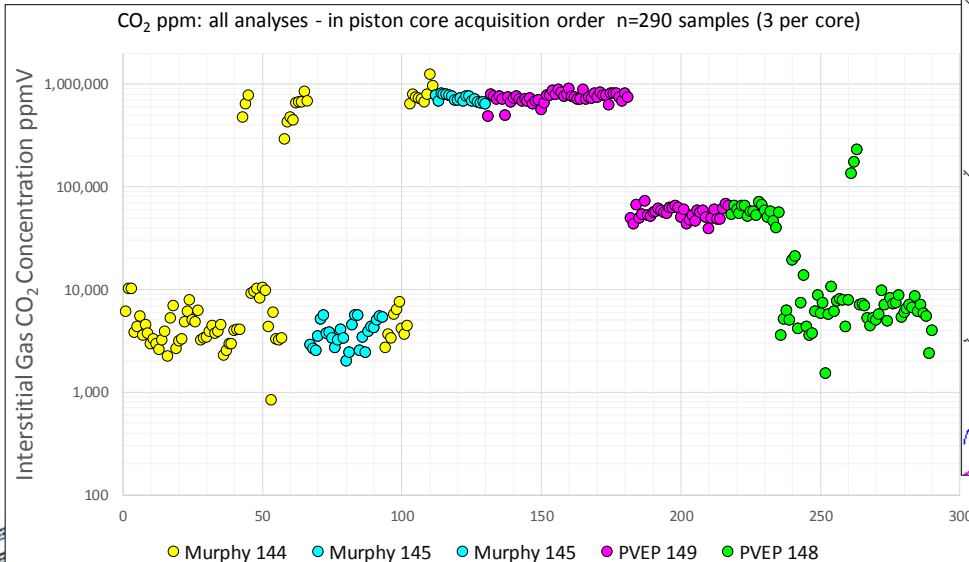
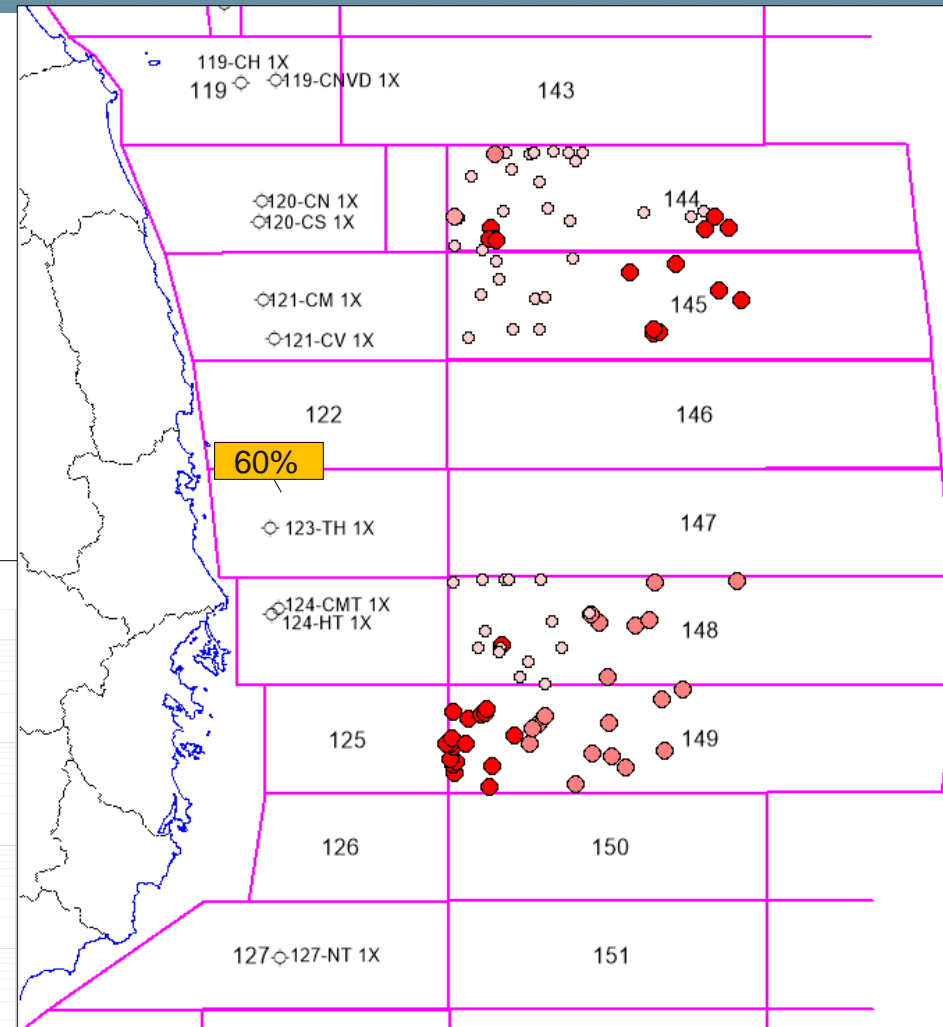


Bản đồ đẳng dày của trầm tích đạt > 300°C bề Sông Hồng



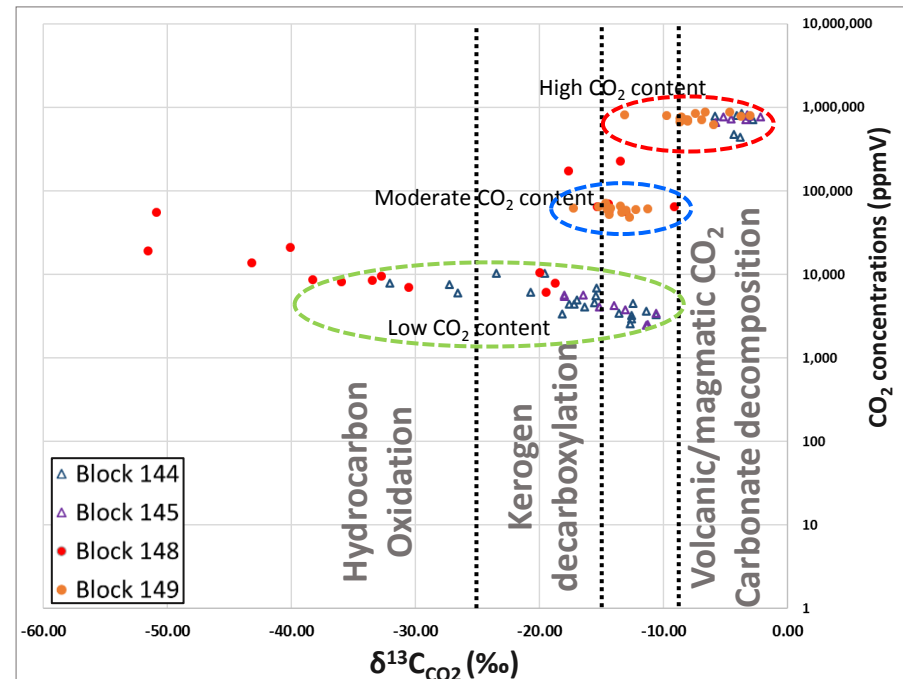
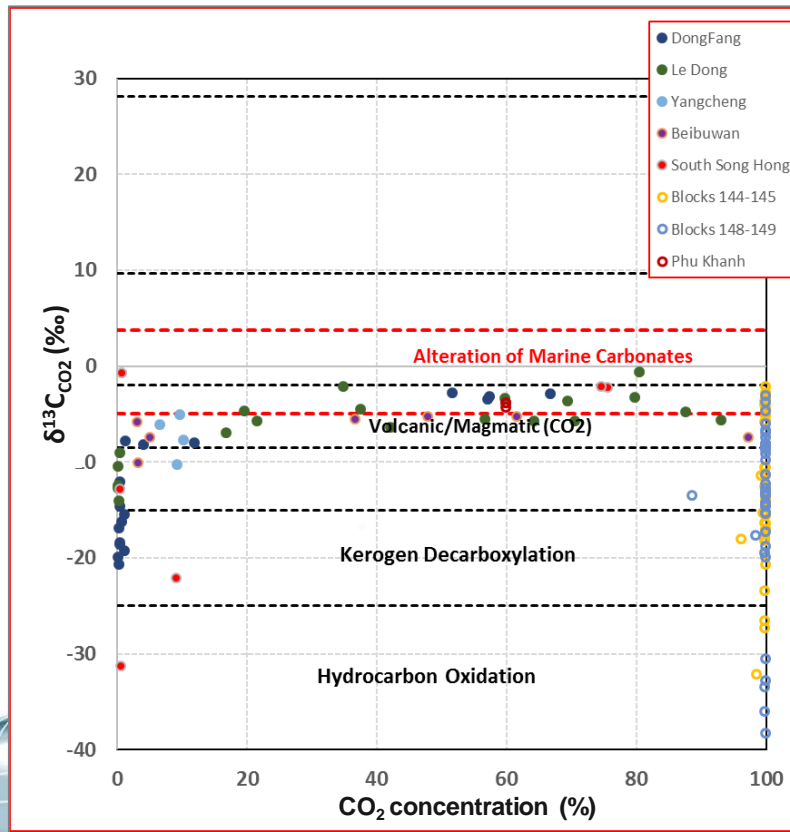
Khí CO₂ ở bể Phú Khánh

- 124-CMT-1X: không có CO₂
- 123-TH-1X: 8.5-14%, 60%
- Mẫu bề mặt: 290 mẫu khí ở lô 144-145 & 148-149
- Hàm lượng CO₂ thay đổi từ 1.000ppmV đến > 1.000.000ppmV

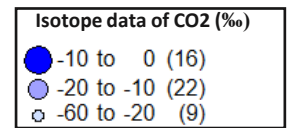
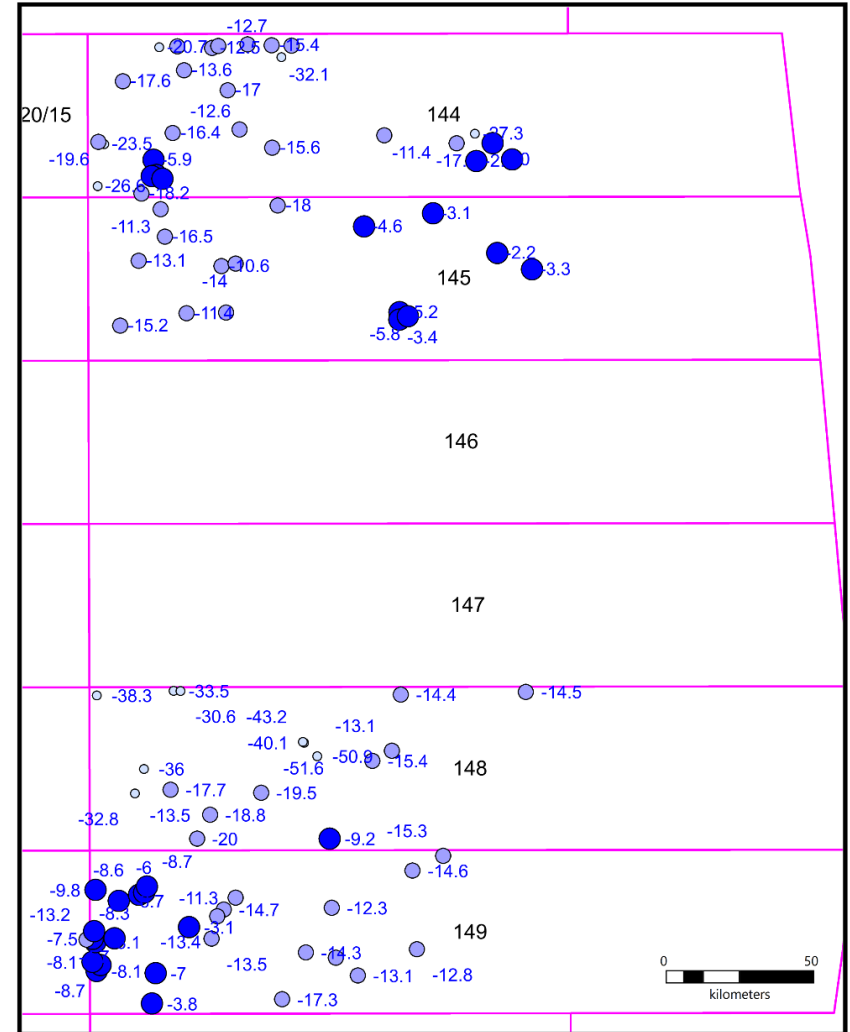
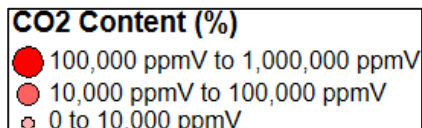
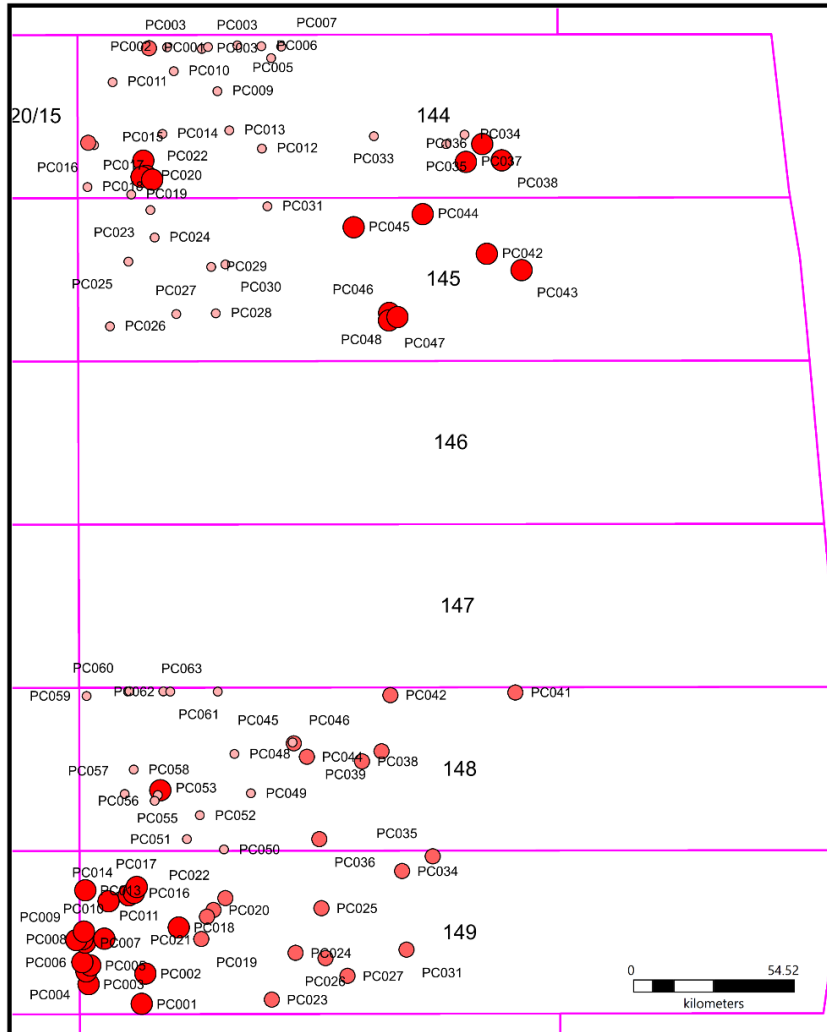


Khí CO₂ ở bể Phú Khánh

- Nhóm hàm lượng CO₂ thấp: (<10.000ppmV): $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ nhẹ từ -32,1 ‰ đến -11,3 ‰: nguồn gốc hữu cơ từ phân hủy nhiệt của kerogen hoặc hoạt động của vi sinh vật
- Nhóm hàm lượng CO₂ trung bình: (100.000ppmV>CO₂>10.000ppmV): $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ chủ yếu từ -17,3 ‰ đến -9,2 ‰: cả nguồn gốc hữu cơ và vô cơ
- Nhóm hàm lượng CO₂ cao: (CO₂>100.000ppmV): $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ chủ yếu từ -13,2 ‰ đến -2,2 ‰: chủ yếu là nguồn gốc vô cơ



Khí CO₂ ở bể Phú Khánh

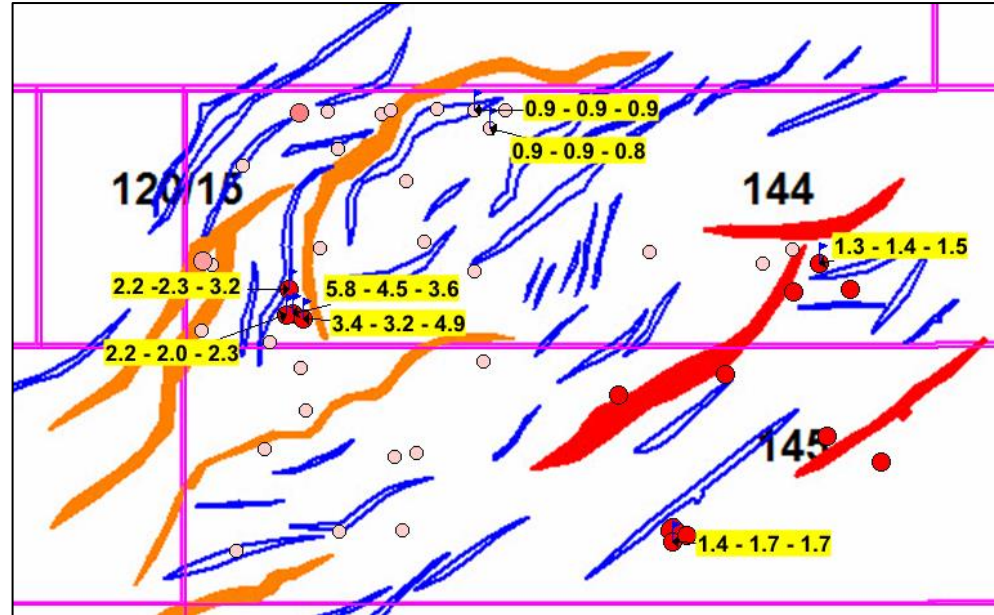
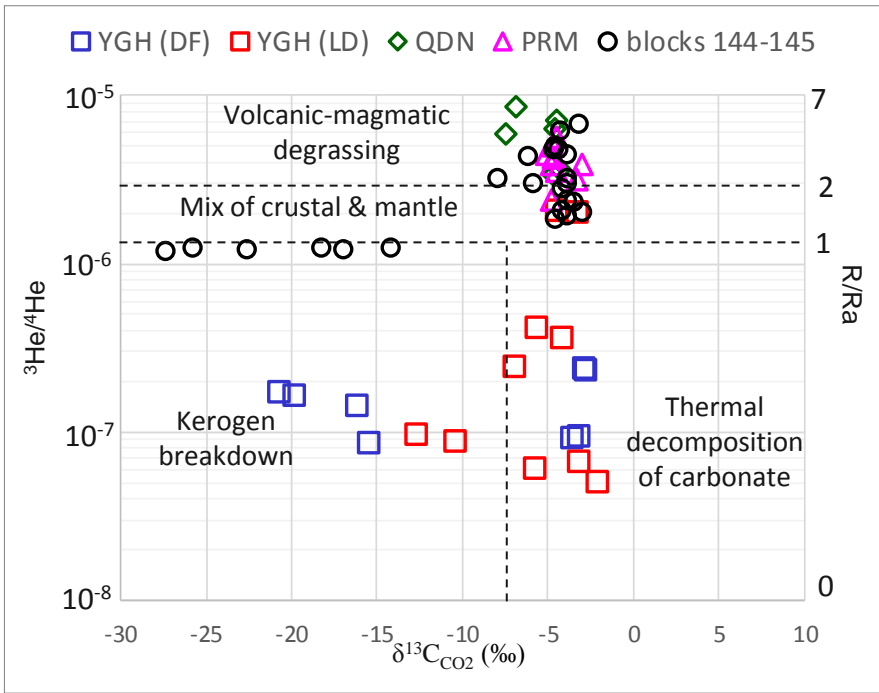


Khí CO₂ ở bể Phú Khánh

- Giá trị ³He/⁴He được đo ở lô 144-145
- Tỷ số R/Ra > 1 ở các điểm có hàm lượng CO₂ cao nguồn gốc vô cơ
=> CO₂ nguồn gốc núi lửa

R: ³He/⁴He ở mẫu
Ra: ³He/⁴He trong không khí = 1,4x10⁻⁶

(Mamyrin & Tolstikin, 1984)



(VPI, 2017)

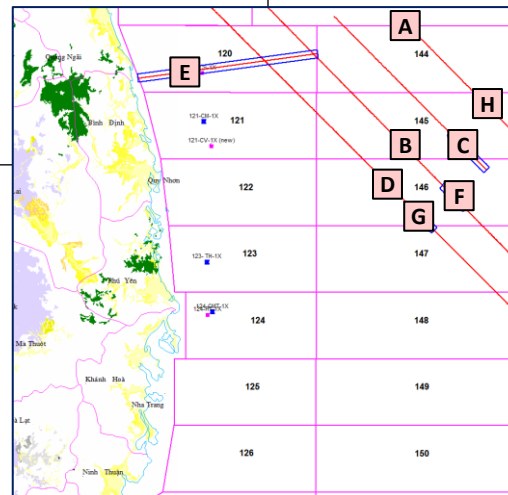
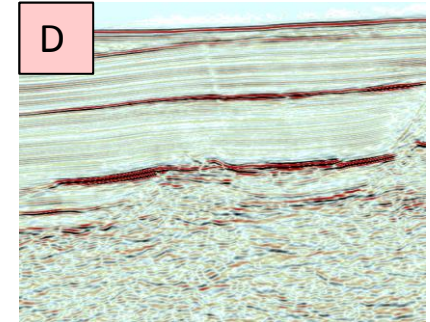
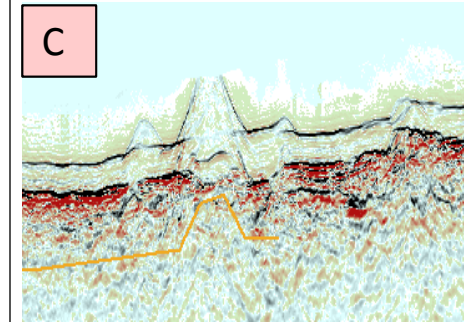
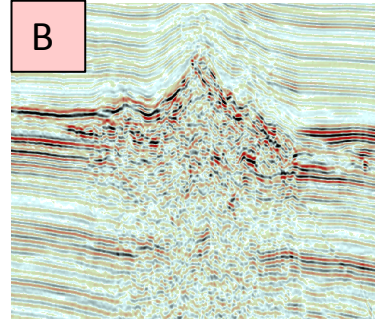
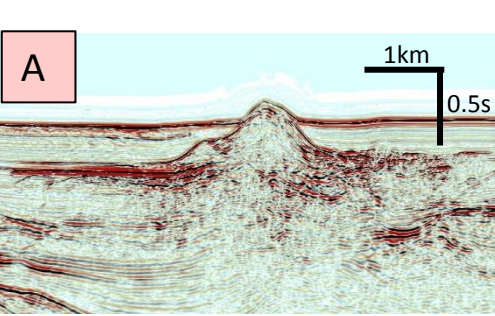
- Faults reach to mantle
- Faults throw: > 2 second
- Faults throw: 1 to 2 second
- Faults throw: < 1 second



Hoạt động núi lửa ở bể Phú Khánh

Volcanoes/Vent complexes

Extrusive

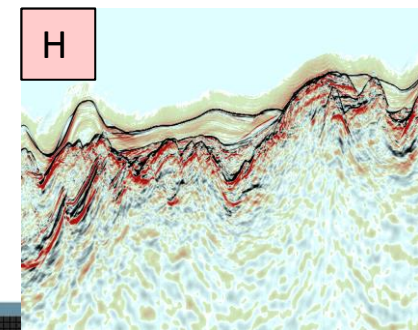
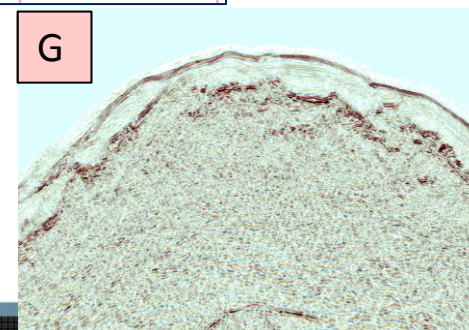
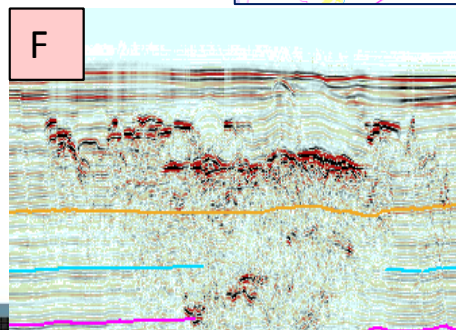
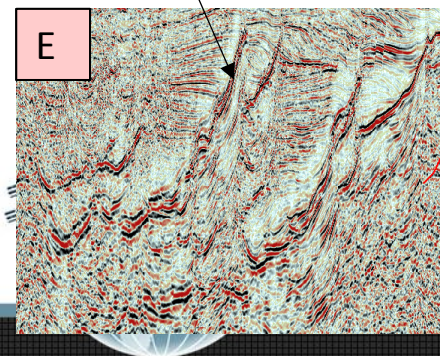


(VPI, 2017)

Fault plane sills

Sills

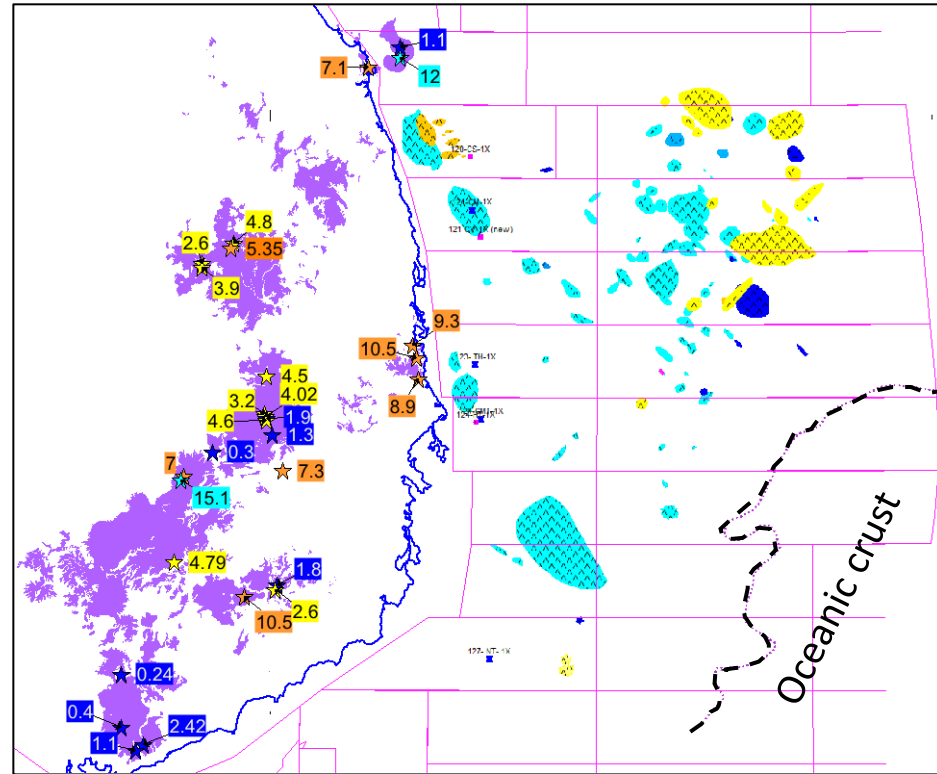
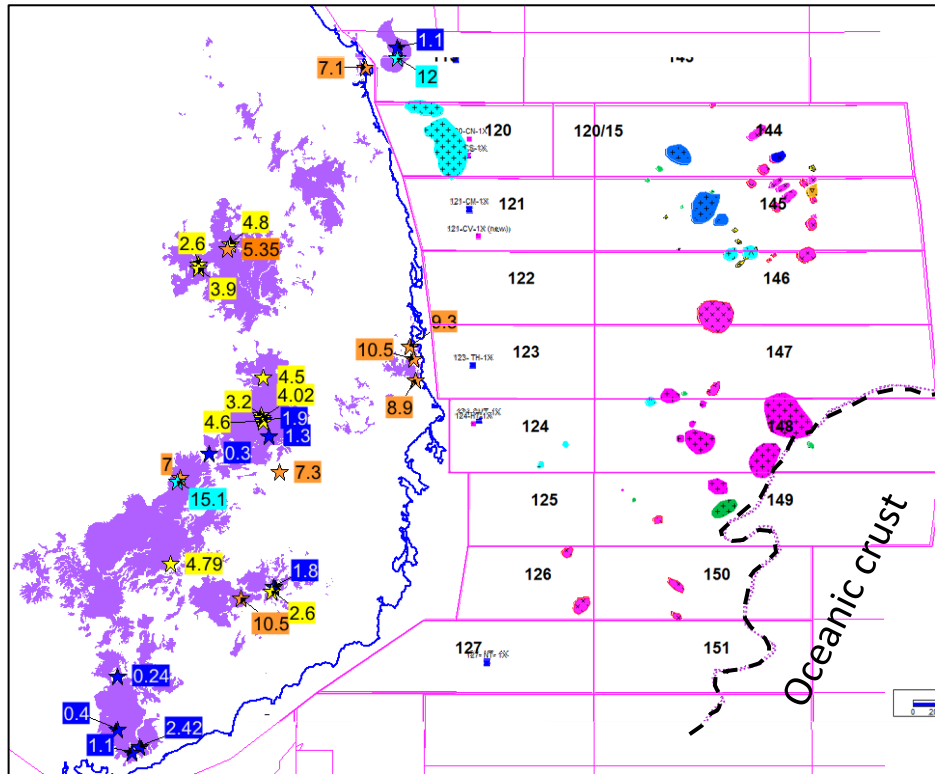
Basement igneous bodies



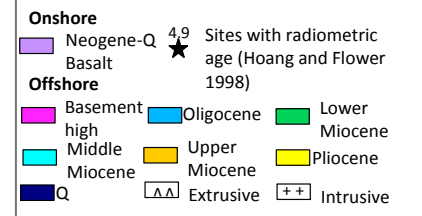
Hoạt động núi lửa ở bể Phú Khánh

Intrusive distribution

Extrusive distribution



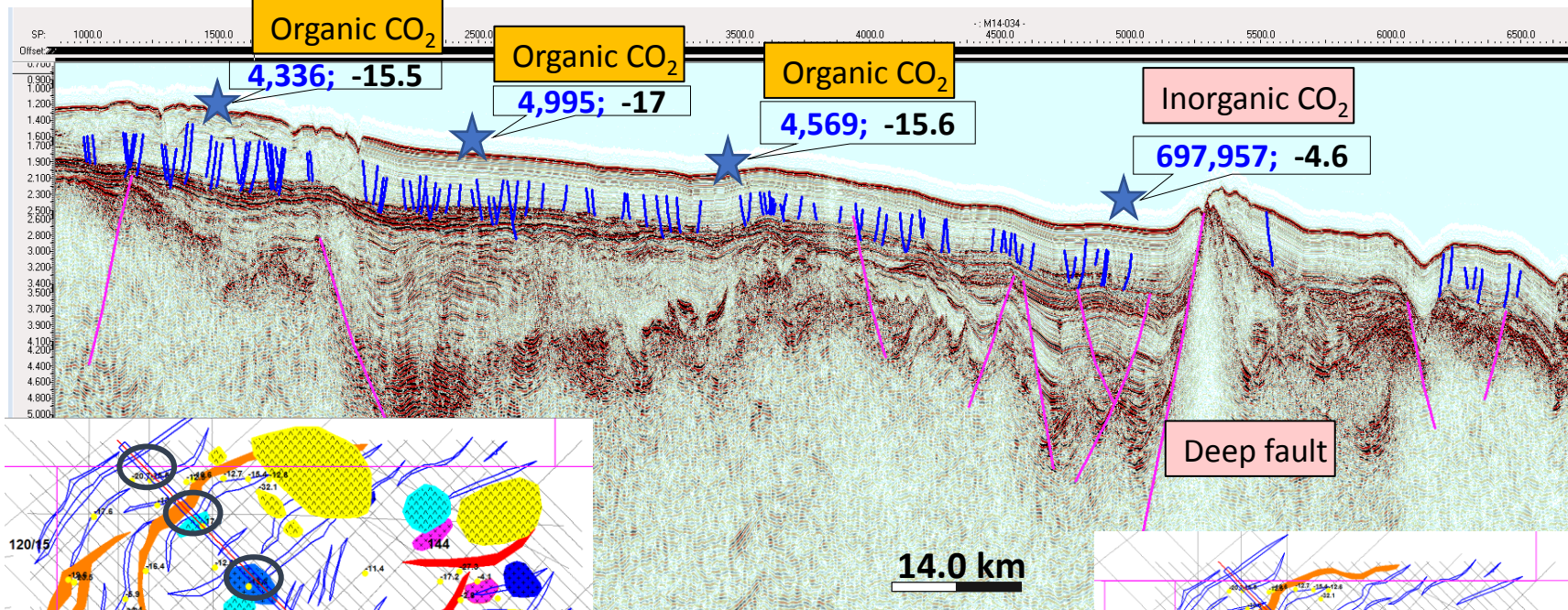
(VPI, 2017)



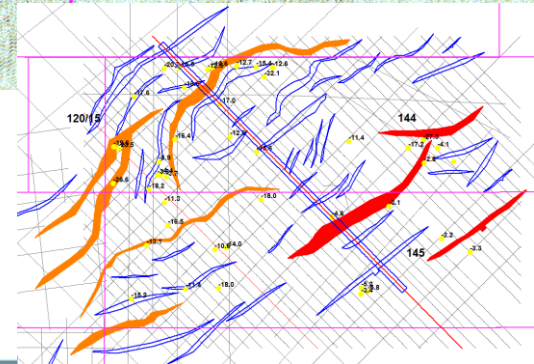
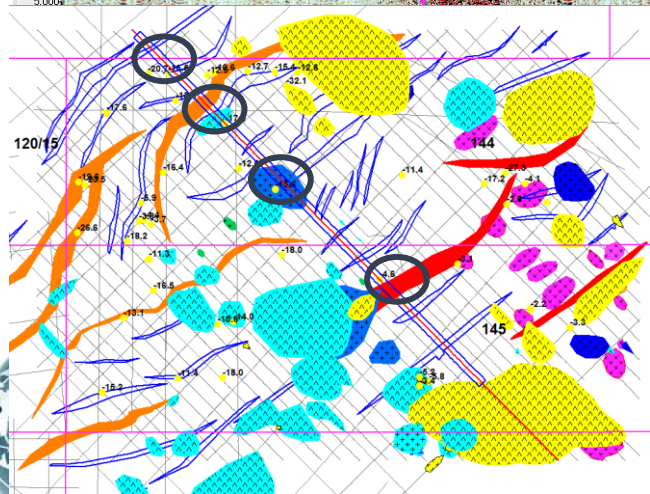
Khí CO₂ ở bề Phú Khánh

- CO₂ nguồn gốc núi lửa, hàm lượng cao ở gần núi lửa và đứt gãy lớn hoạt động muộn, lô 144-145

Close to the deep faults

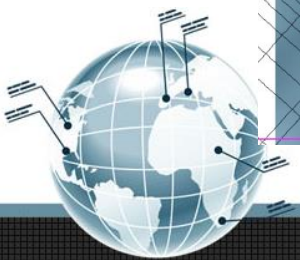
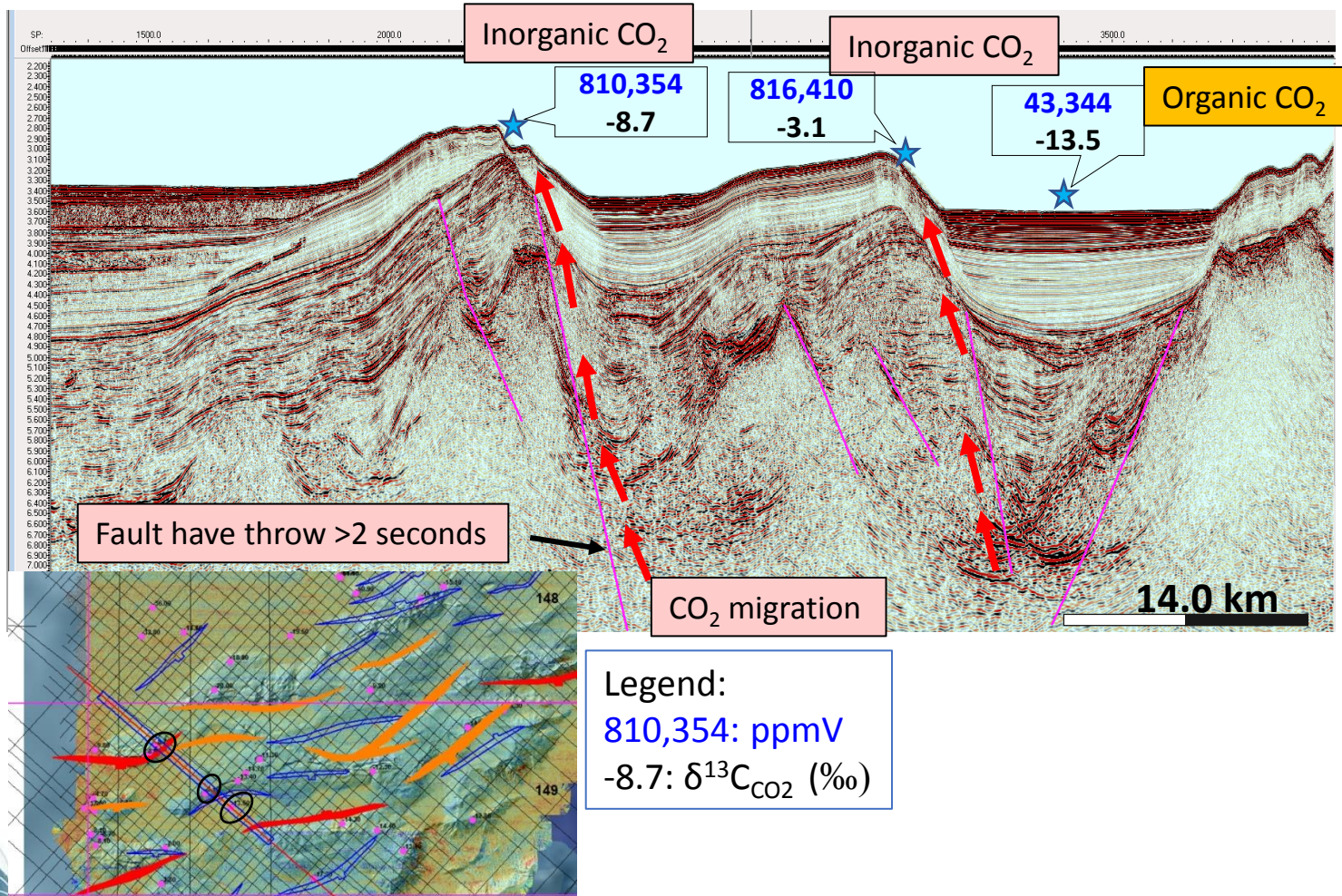


Legend:
4,336: ppmV
-15.5: $\delta^{13}C_{CO_2}$ (‰)



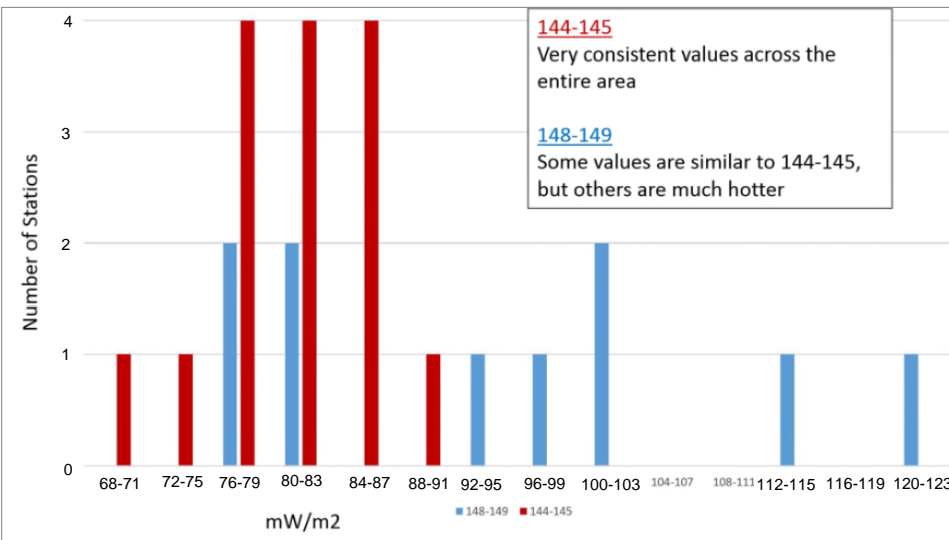
Khí CO₂ ở bể Phú Khánh

- Hàm lượng cao CO₂ nguồn gốc vô cơ ở gần các đứt gãy sâu hoạt động muộn, lô 148-149

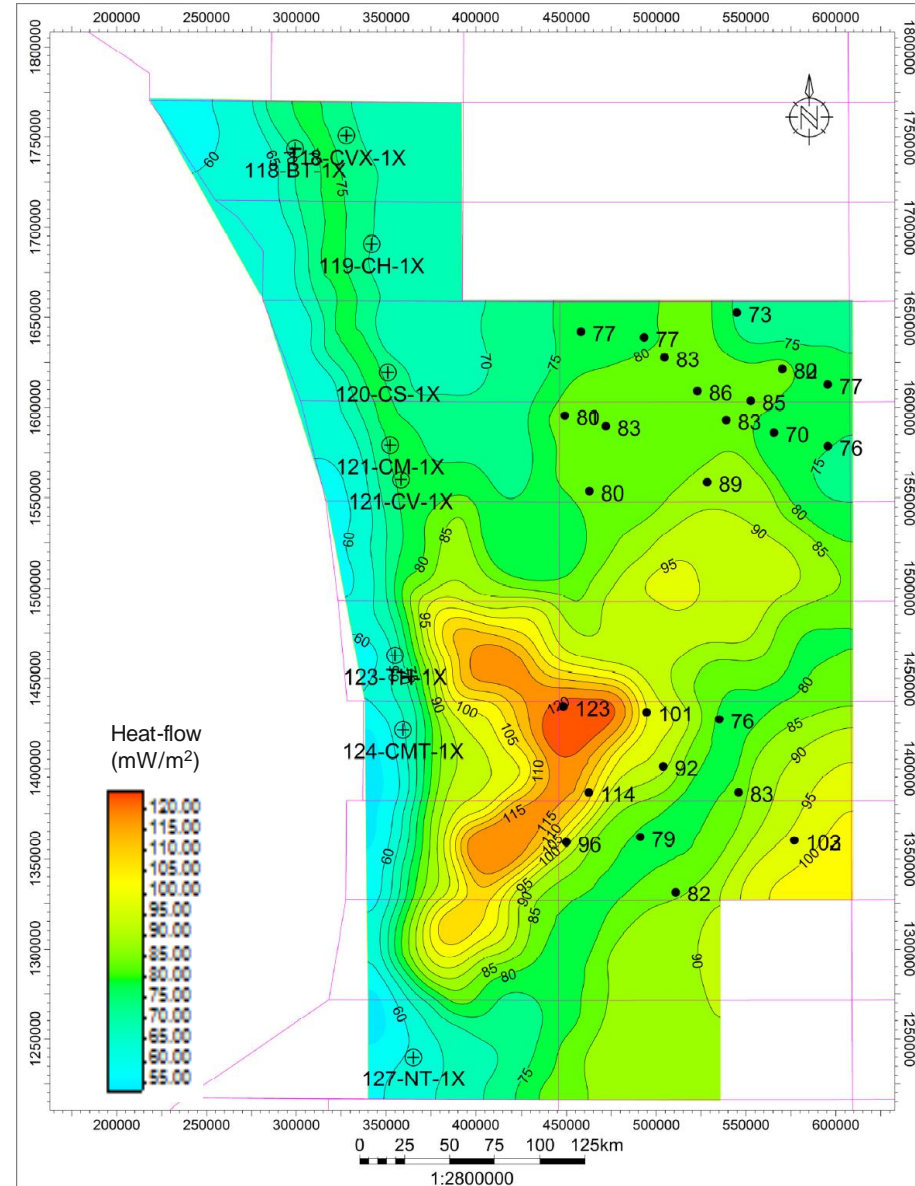


Khí CO₂ ở bể Phú Khánh

- Giá trị dòng nhiệt đo từ mẫu bề mặt ở lô 144-145 & 148-149 khá cao ($>70\text{mW/m}^2$)
- Lô 148-149 có điểm lên đến $> 90\text{mW/m}^2$, thường tập trung ở khu vực có móng nhô cao

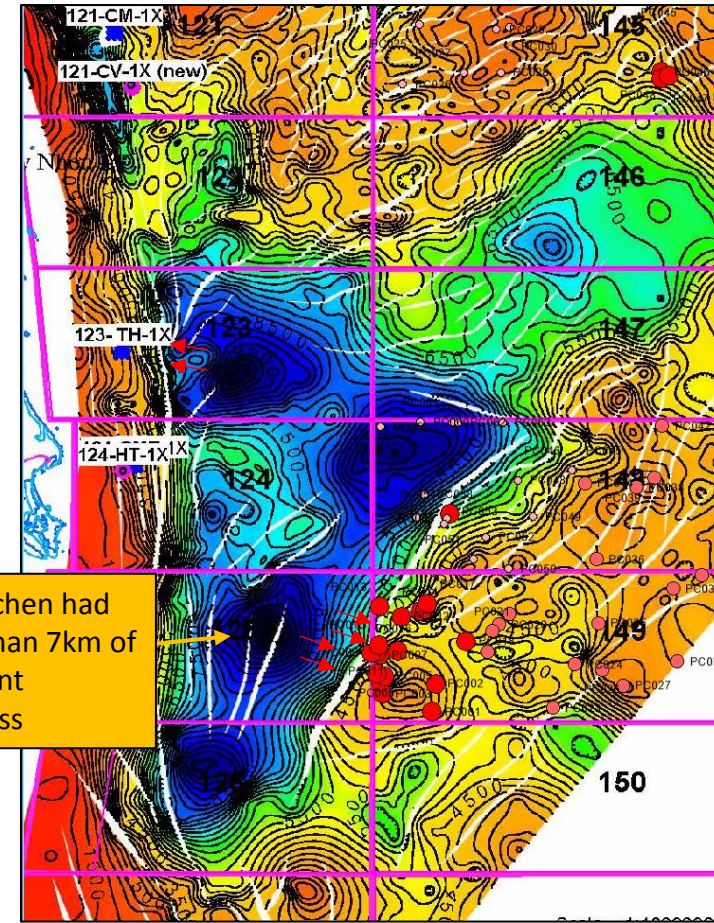
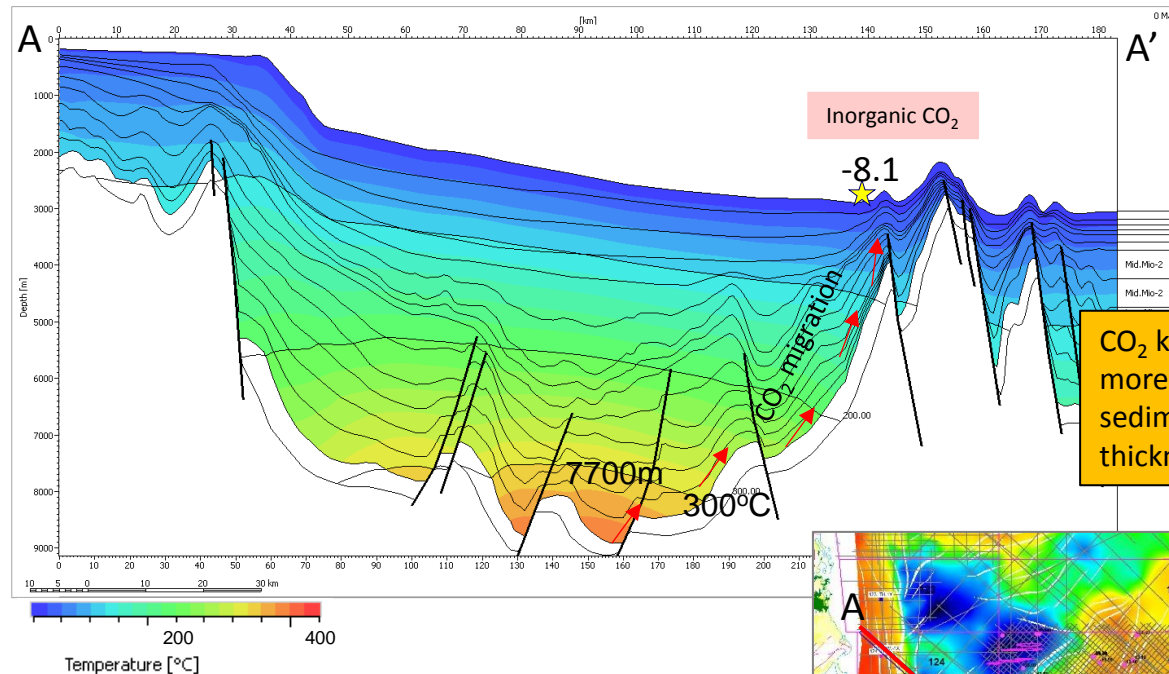


(theo AJ Kullman et al., 2017)

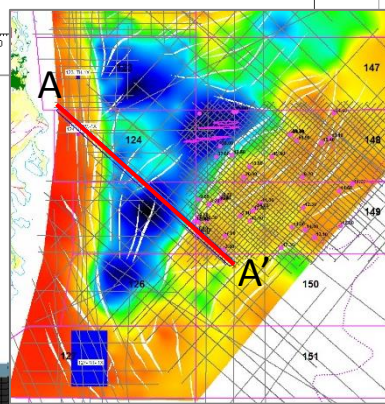


Khí CO₂ ở bể Phú Khánh

- Trầm tích đạt >300°C ở độ sâu khoảng 7700m (2500m nước biển)
- Các trũng sâu bề dày trầm tích lớn có khả năng là trũng sinh CO₂ từ phân hủy nhiệt carbonate ở lô 148-149



CO₂ kitchen had more than 7km of sediment thickness

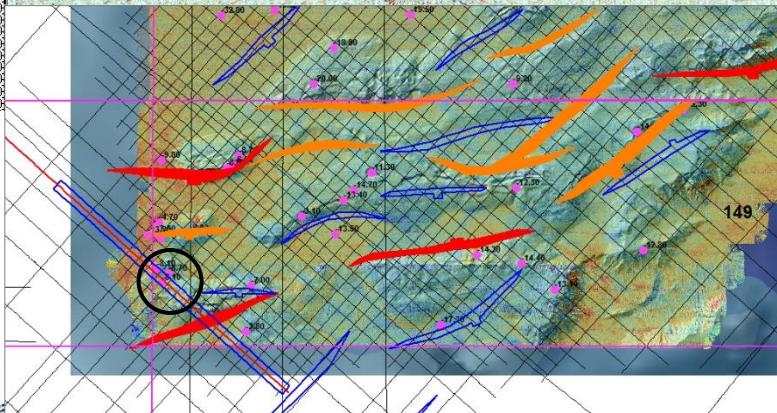
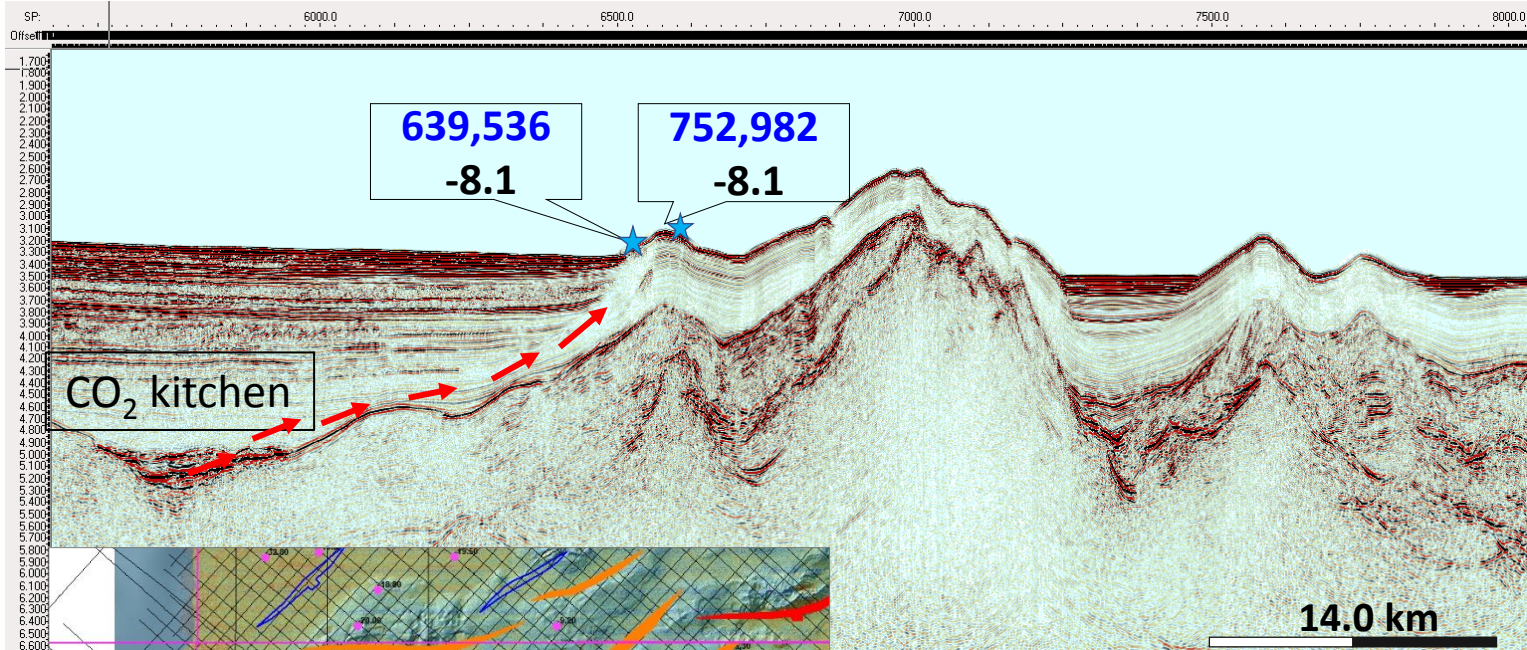


(VPI, 2017)



Khí CO₂ ở bể Phú Khánh

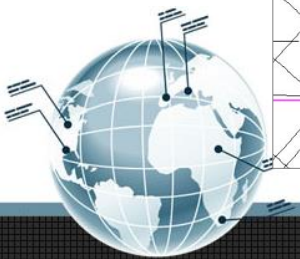
- Hàm lượng cao CO₂ nguồn gốc vô cơ có thể được sinh do phân hủy nhiệt khoáng vật carbonate và di cư từ trũng sâu, lô 148-149



Legend:

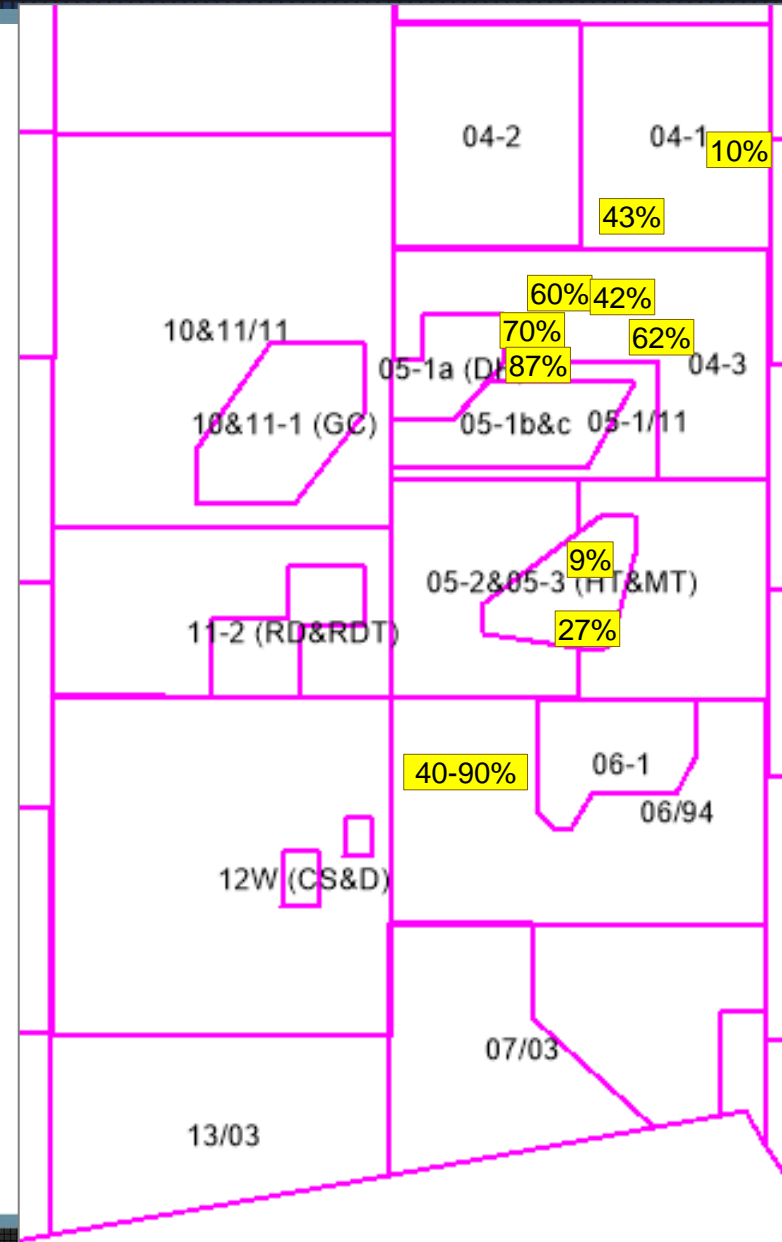
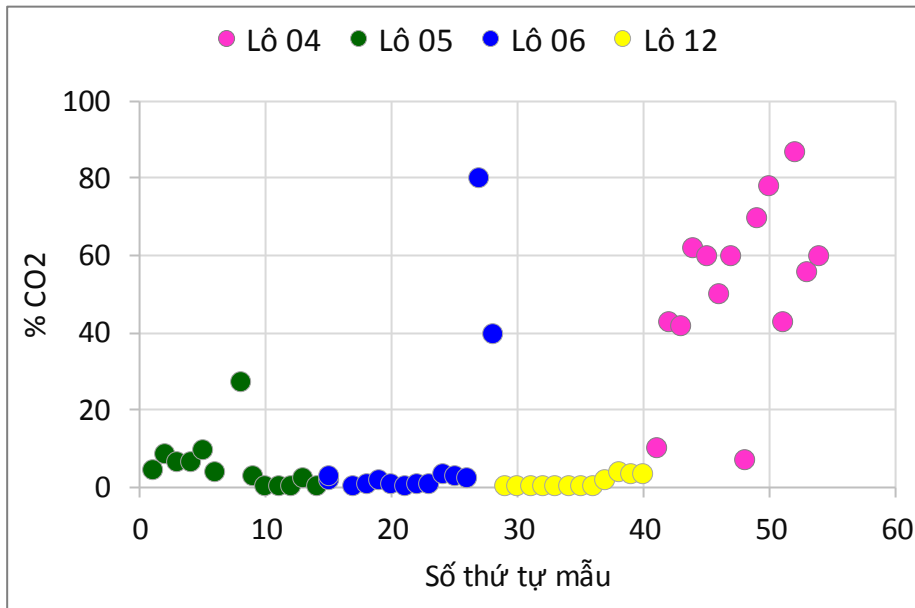
639,536: ppmV

-8.1: $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ (‰)

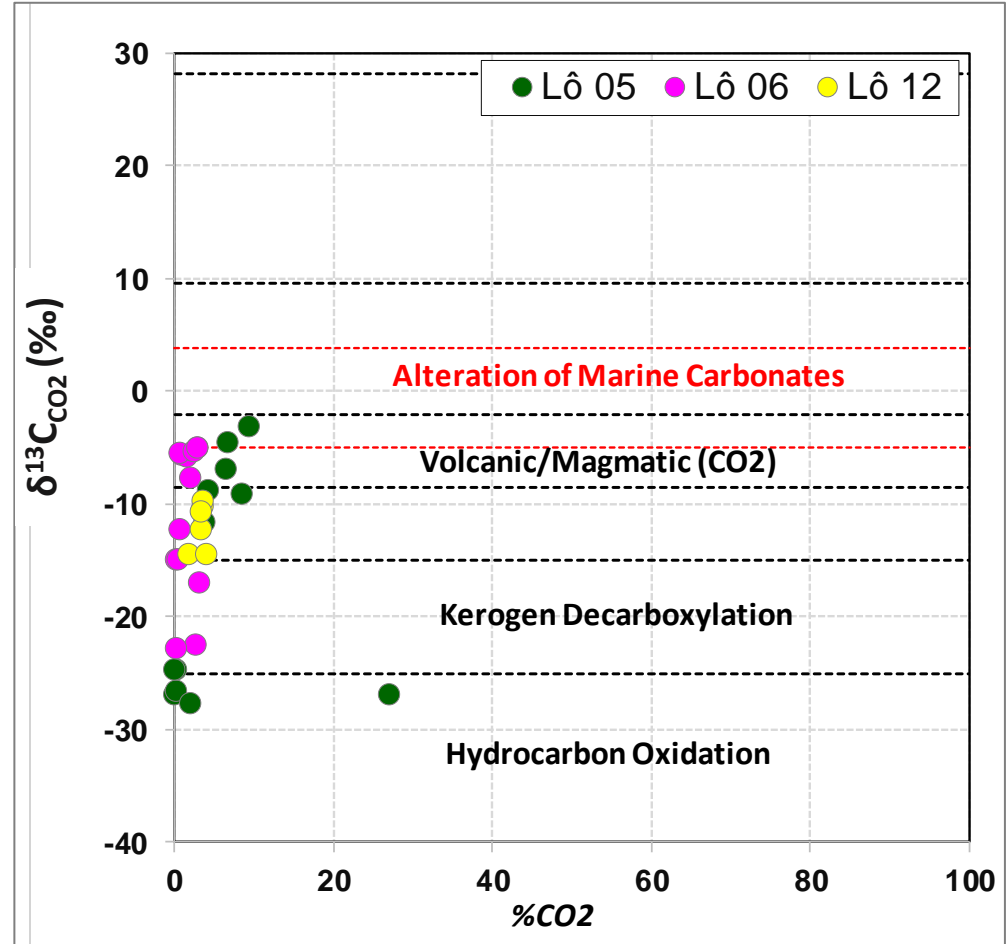
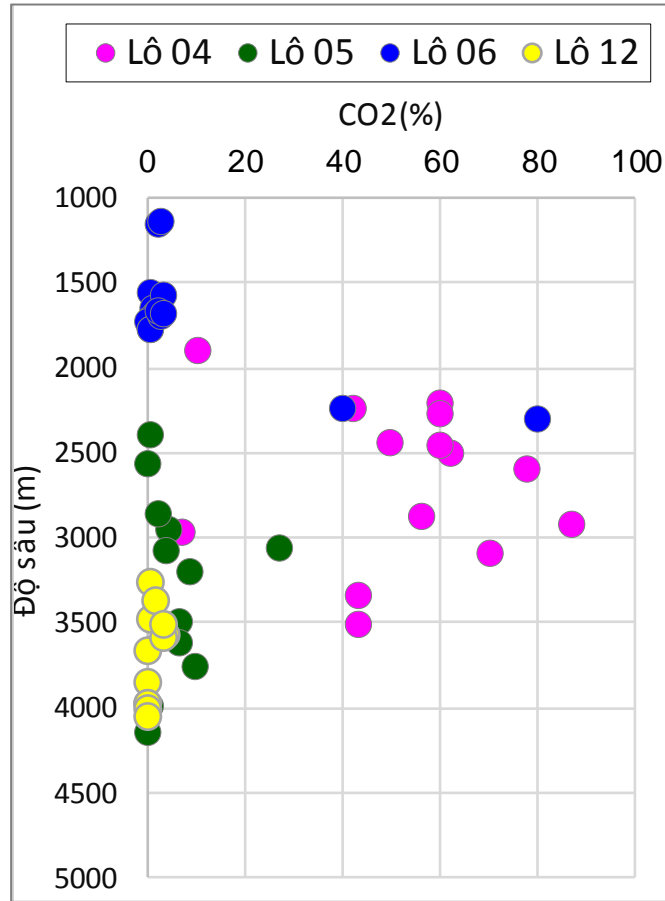


Khí CO₂ ở bể Nam Côn Sơn

- Hàm lượng khí CO₂:
 - Lô 05 và lô 12: chủ yếu <10%
 - Lô 04.3: lên đến 87%
 - Lô 06: giếng 06-HDB: từ 40-90%



Khí CO₂ ở bể Nam Côn Sơn



Kết luận

- Khí CO₂ có nguồn gốc hữu cơ và vô cơ, trong đó nguồn gốc vô cơ đóng góp hàm lượng CO₂ cao
- Nguồn gốc CO₂ được nghiên cứu chủ yếu dựa vào phân tích đồng vị bền δ¹³C của CO₂ cũng như tỉ số đồng vị các khí hiếm ³He/⁴He, ²⁰Ne/²²Ne, ²¹Ne/²²Ne và ⁴⁰Ar/³⁶Ar
- Mô hình trường thành nhiệt được sử dụng để dự đoán khu vực có khả năng là trũng sinh CO₂ (nhiệt độ >330°C)
- Tại bể Sông Hồng:
 - Khí CO₂ hàm lượng cao từ 28-97%, nguồn gốc vô cơ từ dưới sâu, được dự đoán do phân hủy nhiệt của các khoáng vật carbonate
 - Khu vực trũng Trung Tâm, hàm lượng CO₂ cao thường phân bố gần các diapir sét. Các diapir và đứt gãy sâu đóng vai trò là kênh dẫn CO₂



Kết luận

➤ Tại bể Phú Khánh

- Mẫu bề mặt lô 144-145 & 148-149 nhiều mẫu bắt gặp hàm lượng CO₂ rất cao (> 100.000ppmV).

Hoạt động núi lửa xảy ra phổ biến trong Miocen Giữa và Pliocen – Đệ Tứ, giá trị dòng nhiệt bề mặt khá cao, đặc biệt lô 148-149 lên đến > 90mW/m², tập trung ở khu vực có móng nhô cao

- Khí CO₂ có 3 nguồn gốc:
 - Nguồn gốc hữu cơ: hàm lượng CO₂ thấp, một số mẫu hàm lượng trung bình, phân bố ở xa khu vực có núi lửa và đứt gãy sâu
 - Nguồn gốc vô cơ do hoạt động núi lửa, manti: hàm lượng CO₂ cao, $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ nặng. Khu vực lô 144-145, tỉ số R/Ra>1 các mẫu này phân bố gần các đứt gãy sâu và núi lửa
 - Nguồn gốc vô cơ do phân hủy nhiệt khoáng vật carbonate: hàm lượng CO₂ cao, khu vực lô 149 các mẫu này phân bố ở rìa trũng sâu là trũng sinh CO₂



Kết luận

➤ Tại bể Nam Côn Sơn

- Khí CO₂ bắt gặp ở lô 05 và 12 với hàm lượng <10%, có cả nguồn gốc hữu cơ và vô cơ
- Khu vực lô 04 và giếng 06-HDB, hàm lượng CO₂ khá cao (lên đến 90%), tuy nhiên không có số liệu phân tích đồng vị



Kiến nghị

- Khí CO₂ được phát hiện ở nhiều giếng khoan và khu vực trên thềm lục địa Việt Nam, cần có thêm nhiều nghiên cứu và phân tích mẫu đồng vị để biết nguồn gốc và dự báo khoanh vùng rủi ro cao

