

Đặc tính thạch học và biến đổi sau trầm tích ảnh hưởng đến độ rỗng và độ thấm của cát kết Oligocene, lô 15-1/05, bể Cửu Long

Đỗ Ngọc Thanh^{1,*}, Phạm Thị Duyên², Liêu Kim Phượng³



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Nghiên cứu về đặc tính thạch học và những biến đổi sau trầm tích của cát kết có ý nghĩa rất quan trọng trong việc đánh giá tầng chứa vì chúng là một trong những yếu tố có ảnh hưởng đến chất lượng của đá chứa cát kết. Nghiên cứu này trình bày đặc tính thạch học, biến đổi sau trầm tích và sự ảnh hưởng của chúng đến độ rỗng, độ thấm của cát kết tập Oligocene, lô 15-1/05, bể Cửu Long. Trên cơ sở kết quả phân tích thạch học chi tiết cho thấy hầu hết cát kết Oligocene là cát kết arkose và cát kết lithic arkose, đôi khi xen kẽ bởi cát kết feldspathic greywacke. Mức độ thành tạo đá của cát kết tăng dần theo độ sâu, chuyển từ giai đoạn tạo đá sớm (tập C) sang giai đoạn tạo đá giữa (tập D) đến giai đoạn tạo đá muộn (tập E-F). Sự biến đổi sau trầm tích ảnh hưởng mạnh đến khả năng chứa của cát kết Oligocene lô 15-1/05 chính là quá trình xi măng hoá và quá trình nén ép, nên chúng làm giảm đi độ rỗng và độ thấm của đá. Ngoài ra, sự xuất hiện của các khoáng vật sét cũng làm ảnh hưởng đến độ thấm của cát kết trong đó sét illite và hỗn hợp sét illite-smectite làm giảm độ thấm mạnh hơn những khoáng vật sét khác. Kết quả nghiên cứu cho thấy đá chứa tiềm năng của cát kết Oligocene tập E-F, lô 15-1/05 có độ chọn lọc tốt, độ mài mòn tốt, hàm lượng xi măng thấp, đặc biệt là sự vắng mặt của sét illite và hỗn hợp sét illite-smectite.

Từ khoá: Đá chứa cát kết, thạch học trầm tích, độ rỗng và độ thấm

GIỚI THIỆU

Bể Cửu Long được xem là bể chứa dầu khí lớn nhất ở thềm lục địa phía Nam Việt Nam cho đến nay (Hình 1). Dầu khí được tìm thấy chủ yếu trong cát kết Miocene, Oligocene và đá móng nứt nẻ trước Đệ Tam. Trong đó cát kết Oligocene là một trong những đối tượng chứa tiềm năng của bể. Chất lượng chứa của đá phụ thuộc chủ yếu độ rỗng và độ thấm của đá vì những yếu tố này chi phối đến khả năng chứa và sự lưu thông của dầu khí trong đá.

Độ rỗng và độ thấm của đá bị ảnh hưởng bởi kiến trúc hạt và biến đổi sau trầm tích như được nghiên cứu bởi Worden và Morad^{1,2}, và nghiên cứu về sự tương quan giữa kích thước hạt và đặc tính của đá chứa bởi Griffith³.

Nội dung nghiên cứu này trình bày về đặc tính thạch học và biến đổi sau trầm tích cũng như chất lượng chứa của cát kết Oligocene lô 15-1/05, nằm ở rìa Tây Bắc bể Cửu Long. Tập trầm tích Oligocene gồm các tập C, D, E-F⁴.

PHƯƠNG PHÁP

Phân tích thạch học lát mỏng nhằm mục đích xác định phần trăm thể tích của các khoáng vật tạo đá, vật chất đồng trầm tích (matrix), khoáng vật thứ sinh, xi măng, khoáng vật quặng, độ rỗng nhìn thấy và kiến

trúc như: độ hạt, độ tròn cạnh, độ chọn lọc, tiếp xúc hạt. Việc xác định thành phần phần trăm của các khoáng vật tạo đá, các khoáng vật thứ sinh và lỗ rỗng được dựa vào phương pháp đếm điểm của Van der Plas⁵ và Soloman & Green⁶, phân loại cát kết theo R.L.Folk⁷. Kiến trúc gồm đo kích thước hạt dưới kính của cát kết bằng cách đo theo trục dài của hạt, và đo 100 hạt cho mỗi lát mỏng và các thông số độ hạt được tính theo phương pháp thống kê của Folk và Ward⁸, phân tích độ tròn cạnh, độ chọn lọc, hình dạng hạt, cách sắp xếp và tiếp xúc hạt theo R.L.Folk, Andrews và Lewis⁹. Bài báo sử dụng một số thuật ngữ mô tả về sự trưởng thành cơ học của đá cát của R.L.Folk¹⁰.

Độ rỗng nhìn thấy được gồm lỗ rỗng nguyên sinh được thành tạo trong quá trình tạo đá và lỗ rỗng thứ sinh tạo ra do hoà tan. Độ rỗng được nhuộm màu và nhìn thấy được dưới kính hiển vi. Phần trăm độ rỗng được xác định trên lát mỏng theo phương pháp đếm điểm của Van der Plas⁵, Soloman & Green⁶.

Phương pháp phân tích X-Ray xác định thành phần khoáng vật sét và tính thành phần phần trăm bán định lượng của chúng Griffin³.

KẾT QUẢ

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

²Viện Dầu khí Việt Nam, Việt Nam

³Viện Địa lý Tài nguyên TP.HCM, Việt Nam

Liên hệ

Đỗ Ngọc Thanh, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam
Email: dngthanh@hcmus.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 25-10-2019
- Ngày chấp nhận: 25-12-2019
- Ngày đăng: 15-6-2020

DOI :10.32508/stdjns.v4i2.856



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Trích dẫn bài báo này: Thanh D N, Duyên P T, Phượng L K. **Đặc tính thạch học và biến đổi sau trầm tích ảnh hưởng đến độ rỗng và độ thấm của cát kết Oligocene, lô 15-1/05, bể Cửu Long.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 4(2):478-495.



Hình 1: Vị trí bể Cửu Long^a.

^a(Nguồn: PVER,2011)

Kết quả phân tích thạch học cát kết Oligocene, lô 15-1/05, bể Cửu Long

Kết quả phân tích thạch học của 247 mẫu vụn và mẫu lõi cát kết tập Oligocene, gồm các tập trầm tích C, D và E-F trong đó cát kết hiện diện với hàm lượng phong phú nhất. Sét kết, sét vôi kết và bột kết hiện diện với hàm lượng kém hơn cát kết. Nghiên cứu này tập trung vào các tập cát kết để xác định khả năng chứa của chúng.

Kết quả phân tích thạch học cho thấy cát kết chiếm ưu thế là cát kết sạch, chứa hàm lượng vật liệu đồng trầm tích (matrix) nhỏ hơn 15%. Cát kết được phân loại phổ biến nhất là cát kết arkose và lithic arkose, kém phổ biến hơn là cát kết feldspathic litharenite với hàm lượng thạch anh nhỏ hơn 75%. Ngoài ra, cát kết feldspathic greywacke với hàm lượng matrix > 15% chiếm số lượng ít². Độ rỗng của cát kết phân bố không đồng nhất và được bảo tồn rất kém. Độ rỗng nhìn thấy của cát kết tập C và D hầu như bị phá hủy hoàn toàn và

độ rỗng nguyên sinh của cát kết tập E&F được bảo tồn kém (0,0 - 5,3%) (Bảng 1).

TẬP C

Đá trầm tích tập này chủ yếu là cát kết, xen kẹp bột kết và sét kết. Cát kết arkose chiếm hàm lượng phổ biến và kém phổ biến hơn là cát kết feldspathic greywacke. Độ hạt thay đổi từ mịn đến trung bình với kích thước hạt phổ biến trong khoảng 0,09 - 0,5mm¹¹. Độ chọn lọc phổ biến trung bình, đôi khi kém. Độ mài tròn của các hạt vụn ở mức trung bình với hình dạng hạt phần lớn là nửa góc cạnh và nửa tròn cạnh. Trong đó, cát kết arkose có độ mài tròn tốt hơn từ bán tròn cạnh đến tròn cạnh. Độ nén ép của cát kết ở mức độ yếu, với các hạt vụn trôi nổi, không tiếp xúc. Đôi chỗ cát kết arkose bị nén ép yếu đến trung bình với các hạt vụn tiếp xúc dạng điểm và đường thẳng. Hạt vụn tạo đá chủ yếu là thạch anh, feldspar và mica được gắn kết chủ yếu bởi xi măng sét, đôi khi là xi măng calcite dạng khảm. Độ rỗng của cát kết arkose rất kém do bị phá hủy hoàn toàn bởi xi măng và độ rỗng của cát kết feldspathic greywacke bị lấp đầy bởi matrix (Hình 2).

TẬP D

Đá trầm tích tập này chủ yếu là cát kết, xen kẹp bột kết và sét kết. Kết quả phân tích thạch học lát mỏng chi tiết cho thấy cát kết arkose và lithic arkose chiếm hàm lượng phổ biến và kém phổ biến hơn là cát kết feldspathic greywacke.

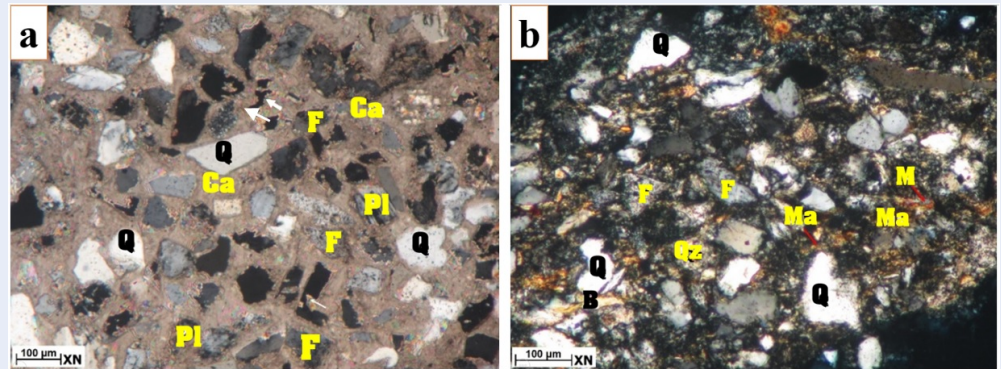
Độ hạt của cát kết arkose và lithic arkose phổ biến là cát hạt mịn đến trung với kích thước hạt phổ biến thay đổi trong khoảng 0,063 - 0,5 mm. Trong khi đó, cát kết feldspathic greywacke phổ biến là cát hạt rất mịn – mịn với kích thước hạt phổ biến thay đổi trong khoảng 0,063 - 0,25 mm. Độ chọn lọc của cát kết arkose và lithic arkose phổ biến trung bình - tốt, đôi khi kém. Cát kết feldspathic greywacke có độ chọn lọc phổ biến từ kém đến rất kém, đôi khi trung bình. Độ mài tròn của các hạt vụn ở mức trung bình với hình dạng hạt phần lớn là nửa góc cạnh và nửa tròn cạnh. Tuy nhiên, độ mài tròn của các hạt vụn ở cát kết feldspathic greywacke kém hơn so với cát kết arkose và lithic arkose. Độ nén ép của cát kết ở mức độ từ yếu đến trung bình, với các hạt vụn chủ yếu tiếp xúc dạng điểm và đường thẳng. Hạt vụn tạo đá chủ yếu là thạch anh, feldspar và mica được gắn kết chủ yếu bởi xi măng sét và carbonate. Độ rỗng của đá rất kém do bị lấp đầy bởi các khoáng vật sét matrix và các khoáng vật thứ sinh như kaolinite (Hình 3).

TẬP E VÀ F

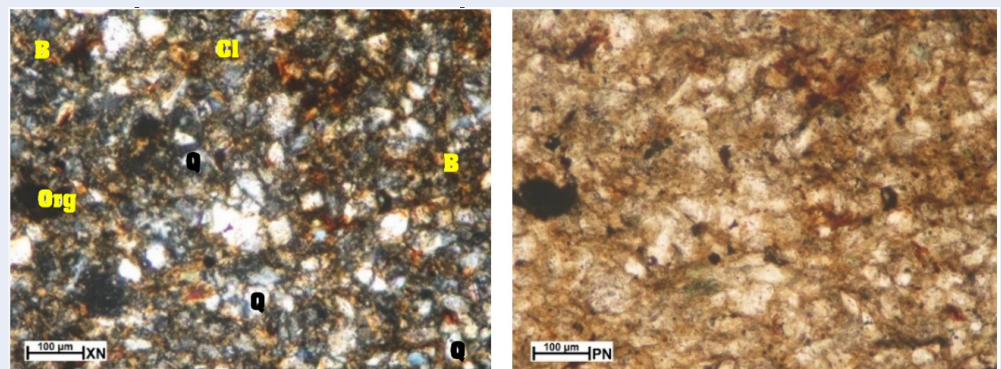
Đá trầm tích này chủ yếu là cát kết, xen kẹp với các lớp sét kết, sét vôi và sét bột kết. Cát kết phân loại là

arkose và lithic arkose chiếm hàm lượng phổ biến và kém phổ biến hơn là cát kết feldspathic greywacke và cát kết feldspathic litharenite.

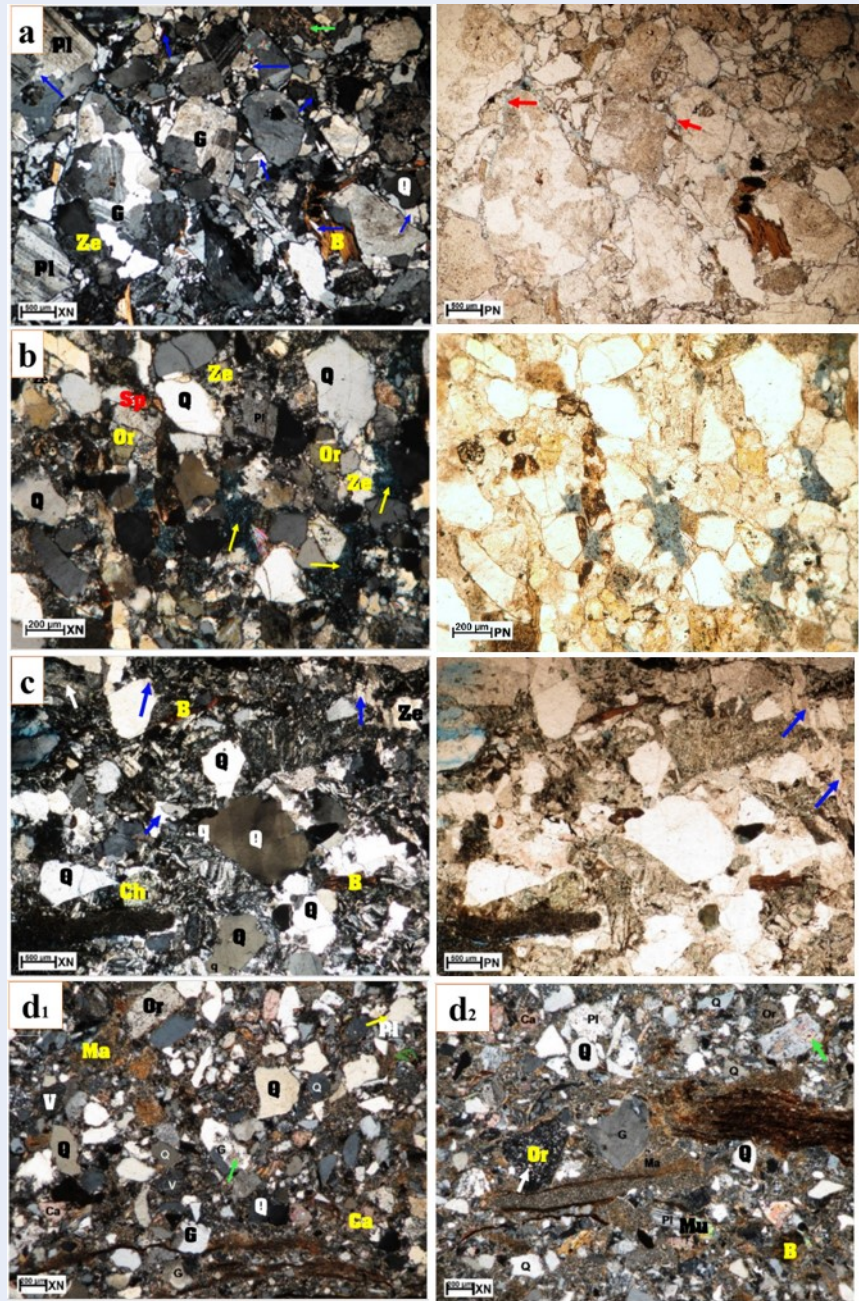
Độ hạt của cát kết arkose và lithic arkose thay đổi từ cát hạt mịn đến thô với kích thước hạt phổ biến thay đổi trong khoảng 0,125 - 1,0 mm. Trong khi cát kết feldspathic greywacke phổ biến là cát hạt mịn đến trung với kích thước hạt phổ biến thay đổi trong khoảng 0,125 - 0,5 mm, đôi khi xen kẹp một vài lớp cát hạt thô. Cát kết feldspathic litharenite phổ biến là cát hạt thô với kích thước hạt trung bình thay đổi trong khoảng 0,60 - 0,79 mm. Độ chọn lọc của cát kết arkose và lithic arkose phổ biến từ trung bình đến trung bình-tốt, đôi khi kém. Trong khi cát kết feldspathic greywacke có độ chọn lọc kém đôi khi trung bình-tốt. Cát kết feldspathic litharenite có độ chọn lọc phổ biến từ trung bình đến kém. Độ mài tròn của các hạt vụn ở mức kém đến trung bình với hình dạng hạt phần lớn là góc cạnh, nửa góc cạnh và nửa tròn cạnh. Trong đó, độ mài tròn của cát kết arkose và lithic arkose hạt thô tốt hơn so với các loại cát kết feldspathic greywacke và feldspathic litharenite, phổ biến từ bán góc cạnh đến tròn cạnh. Độ nén ép của cát kết ở mức độ trung bình, với kiểu tiếp xúc giữa các hạt chủ yếu là tiếp xúc dạng đường thẳng; đôi khi nén ép hơi mạnh và bị hòa tan, với các hạt vụn tiếp xúc dạng đường cong và đường khâu. Hạt vụn tạo đá chủ yếu là thạch anh, feldspar và mica được gắn kết chủ yếu bởi xi măng sét và carbonate. Ngoài ra, có sự xuất hiện phổ biến của zeolite trong cát kết arkose, lithic arkose và feldspathic litharenite với hàm lượng không đồng nhất thay đổi từ 0,0 - 31,0%, trung bình 12,0% (Hình 4).



Hình 2: Ảnh lát mỏng thạch học của giếng khoan AN-1X, cát kết tập C. (a) Cát kết arkose, (b) Cát kết feldspathic greywacke. Thành phần hạt vụn chủ yếu là thạch anh (Q), K-feldspar (F), it plagioclase (Pl), mica (B, M), mảnh đá quartzite (Qz). Lỗ rỗng giữa các hạt bị xi măng calcite (Ca) dạng khảm lấp đầy Hình 2(a). Lỗ rỗng bị lấp đầy bởi matrix, gồm phần lớn là khoáng vật sét và vật chất hữu cơ Hình 2(b)



Hình 3: Ảnh lát mỏng thạch học mẫu vụn cát kết arkose, giếng khoan MD-3X, tập D. Mảnh vụn khoáng chủ yếu là thạch anh đơn tinh thể (Q), và một lượng đáng kể mica với chủ yếu là biotite (B) nằm xen kẽ giữa các hạt vụn. Đá chứa các khoáng sét đồng trầm tích (Cl) và một ít vật chất hữu cơ (Org). Độ rỗng của đá rất kém



Hình 4: Ảnh lát mỏng thạch học của cát kết tập E và F. (a) Cát kết arkose; (b) Cát kết lithic arkose; (c) Cát kết feldspathic litharenite; (d1 và d2) Cát kết feldspathic greywacke; Thành phần chính là thạch anh (Q), plagioclase (Pl), orthoclase (Or), biotite (B) và mảnh đá granite (G), mảnh đá núi lửa (V). Độ rỗng được lấp đầy bởi các khoáng vật thứ sinh như khoáng vật sét (mũi tên vàng), calcite (Ca, mũi tên xanh lá) và zeolite (Ze, mũi tên xanh dương), sericite (mũi tên trắng). Sự hòa tan tạo các khe nứt (mũi tên đỏ) đã làm cho độ rỗng thứ sinh tăng lên.

Bảng 1: Kết quả tổng hợp thành phần thạch học cát kết tập Oligocene 4 giếng khoan MD-1X, MD-3X, AN-1X, AN-3X, lô 15-1/05, bể Cửu Long

Tập			C				D				E																					
Bề dày tập			2350-2730				2610-3520				2970-4420																					
Phân loại đá			Feldspathic greywacke		Arkose		Feldspathic greywacke		Arkose/Lithic arkose		Feldspathic greywacke		Arkose & Lithic arkose		Feldspathic litharenite																	
Kiến trúc	Kích thước hạt	Độ chọn lọc	F		F/VF-M		F/VF		M-F/VF		F&C/M-VF		M-C/F&VF		C																	
			M		M/M-G & P		M-P		M&M-G/ G-P		P&M/M-G		M/P&M-G&G		M/P																	
			SA-SR		SA-SR/R		SA-SR		SA-SR		A-SA-SR		A-SA-SR/SA-SR-R		A-SA-SR																	
Thành phần khoáng vật (%)	Mảnh vụn đá và sinh vật	Thạch anh	F-P		P-L&F-P/F		P-L/F-P		P-L/F-P		F-P/L & F-P		P-L/C & L-C		P-L/C																	
			41,7		40-43,3		37,6		24,7-44,0		38,9		37,7-40,0		35,4		28,3-42,7															
			17,0		14,3-19,7		16,8		9,3-22,7		11,2		8,3-15,3		18,4		7,3-26,3															
khoáng			Plagioclase		6,0		5,0-7,0		8,5		4,0-12,7		9,4		5,0-13,3		11,9		8,0-17,0		10,9		5,7-17,7		12,3		3,7-38,0		7,0		5,7-9,7	
vật (%)			Mica		1,7		0,0-3,3		1,0		Tr-2,0		2,8		1,7-3,3		1,4		Tr-3,0		1,9		0,3-6,7		2,5		Tr-14,7		0,8		0,3-1,3	
Mảnh vụn đá và sinh vật			Granite				1,1		Tr-3,0		0,7		0-1,0		4,7		0-11,7		2,0		Tr-5,3		8,9		Tr-68,7		3,6		2,7-4,7			
Mảnh núi lửa			2,4		1,0-3,7		0,0		Tr		2,8		2,0-3,7		1,5		Tr-4,0		6,4		0-11,7		6,9		0,7-22,7		24,9		21,3-27,0			
Chert			1,0		0,0-2,0		0,5		Rải rác-2,0		0,0		0,4		Rải rác-2,0		0,5		Rải rác-1,3		1,0		Tr-3,7		1,0		Tr-2,0					

Continued on next page

Table 1 continued

	Schist			0,4	Rải rác-1,7	0,0	Tr	0,3	Tr-2,0	0,8	Tr-3,0	0,7	Tr-3,7	1,0	0,7-1,7
	Quartzite			0,1	Rải rác-0,7	0,1	0-0,3	1,1	Tr-2,7	0,7	0-2,3	0,8	Tr-3,0	1,1	0-2,0
	Carbonate			0,3	Rải rác-2,0					0,6	Rải rác-3,3	0,1	4,7 (AN-1X)		
Matrix	Các khoáng vật sét	26,0	21,0-31,0	4,9	Rải rác-11,7	23,9	16,7-36,0	4,0	Tr-6,0	24,9	17,7-41,3	1,0	Rải rác-13,7	3,8	0-6,0
	Vật chất hữu cơ			0,5	Sporadic				Tr-1,3			0,5			
	Khoáng vật khác											0,3	4,3 (AN-1X)	2,0	6,0
Khoáng vật phụ	Epidote			0,2	Rải rác					0,7	Tr-2,7	0,5	Tr-2,7	0,9	0,7-1,0
	Kaolinite			3,0	Rải rác-8,7	3,2	0-6,7	2,3	Rải rác-9,3	0,2	2,3 (AN-1X)	0,2	7,0 (MD-1X, 3X)		
Xi măng và các khoáng vật thứ sinh	Các khoáng vật sét khác	2,4	0,0-4,7	3,5	Rải rác-9,3			7,8	2,7-11,3	0,6	Rải rác-3,7	2,7	Tr-11,3	3,4	2,3-5,0
	Chlorite			12,0	Tr-41,7			1,8	Tr-3,7	1,2	Rải rác-4,0	1,4	Tr-6,0	1,1	0,3-2,0
	Calcite	0,9	0,0-1,7	7,2	Rải rác-48,0	1,6	0-3,0	2,8	Tr-8,0	2,9	0-9,3	4,1	Tr-37,3	1,0	0,7-1,3

Continued on next page

Table 1 continued

Siderite			0,6		Rải rác-2,3	2,4	0-5,3	2,1		Rải rác-5,0		0,2	Rải rác-6,7			
Zeolite									4,3	4-11,7 (AN-3X)		12,0	Tr-31,0	15,1	6,0-30,0	
Albite												0,0	3,0 (MD-1X, AN-1X)			
Glauconite					0,2	0,7			0,7	Tr		0,0	0,7 (AN-1X)			
Thạch anh								1,7	Tr-3,0	1,3	0-2,7	2,4	Tr-7,0	2,7	2,0-3,3	
Khoáng vật quặng	1,2	1,0-1,3	1,0	Tr-3,0	2,8	2,3-3,0	1,7	1,0-2,7	1,0	Tr-3,3		1,3	Tr-13,7	0,9	0,7-1,0	
Độ rộng nhìn thấy							Tr	Tr	Tr	Tr		0,6	Tr-5,3 (AN-3X)	0,3	Tr-1,0	
									0,1	Tr-1,7 (AN-3X)		0,5	Tr-3,0 (AN-3X)	1,5	0,7-2,7	
Khe nứt									0,6	Tr-4,3 (AN-3X)		0,2	Tr-5,0 (AN-3X)	0,4	Tr-1,3	

Tr: Vết

Kích thước hạt: VF: Rất mịn, F: Mịn, M: Trung, C: Thô.

Độ chọn lọc: P: Kém, M: Trung bình, M-G: Trung bình-tốt, G: Tốt.

Độ mài tròn: A: Góc cạnh, SA: Nửa góc cạnh, SR: Nửa tròn cạnh, R: Tròn cạnh.

Tiếp xúc hạt: F: Không tiếp xúc, P: Dạng điểm, L: Dạng đường thẳng, C: Dạng đường cong, S: Dạng đường khâu.

Kết quả phân tích phân tích nhiễu xạ tia X (XRD)

Kết quả phân tích 160 mẫu XRD cho khoáng vật sét của cát kết Oligocene, lô 15-1/05. Trong đó 22 mẫu cát kết tập C, 17 mẫu cát kết tập D, và 121 mẫu cát kết tập E và F. Kết quả được trình bày trong **Bảng 2**.

TẬP C

Kết quả phân tích XRD cho khoáng vật sét trong đó sét kaolinite hiện diện dồi dào nhất từ 20,9 - 54,8%, trung bình 40,6%; chlorite hiện diện với hàm lượng ít hơn so với kaolinite từ 12,0 - 31,6%, trung bình 23,4%; illite từ 9,3 - 34,9%, trung bình 18,2%; smectite có hàm lượng cao từ 0,0 - 35,7%, trung bình 14,5%. Tổ hợp sét illite-smectite hiện diện rất ít từ 1,3% - 5,9%, trung bình 3,4% (**Bảng 2**).

Nhìn chung, cát kết tập C có hàm lượng sét kaolinite chiếm ưu thế nhất, kém hơn là sét chlorite; sét loại illite và tổ hợp sét illite-smectite chiếm hàm lượng thấp trong khi sét smectite lại chiếm hàm lượng cao.

TẬP D

Kết quả phân tích XRD cho khoáng vật sét trong đó sét kaolinite hiện diện phong phú từ 7,3 - 46,7%, trung bình 25,9%; chlorite hiện diện với hàm lượng nhiều hơn so với kaolinite từ 18,3 - 84,0%, trung bình 35,4%; illite từ 2,5 - 41,0%, trung bình 23,1%; smectite từ 0,0 - 19,7%, trung bình 3,0%. Tổ hợp sét illite-smectite từ 1,5% - 27,4%, trung bình 12,7% (**Bảng 2**). Hàm lượng kaolinite và chlorite chiếm ưu thế nhất; hàm lượng sét illite và tổ hợp sét illite-smectite có xu hướng tăng cao trong khi sét loại smectite có xu hướng giảm một cách đáng kể theo độ sâu chôn vùi.

TẬP E VÀ F

Khoáng vật sét kaolinite hiện diện không đồng nhất từ 0,0 - 42,7%, trung bình 11,5%; chlorite hiện diện rất phong phú từ 6,5 - 100%, trung bình 45,1%; illite từ 0,0 - 70,5%, trung bình 33,8%; smectite vắng mặt hoàn toàn. Tổ hợp sét illite-smectite hiện diện tương đối phong phú từ 0,0% - 43,3%, trung bình 9,5% (**Bảng 2**). Trong tập E và F, hàm lượng kaolinite đã giảm đi một cách đáng kể và gần như vắng mặt ở độ sâu lớn hơn 3890 m; Hàm lượng sét illite và tổ hợp sét illite-smectite tăng cao một cách đáng kể theo độ sâu chôn vùi trong khi đó, sét smectite vắng mặt hoàn toàn trong thành phần của cát kết tập này.

Biến đổi sau trầm tích của cát kết Oligocene lô 15-1/05, bể Cửu Long

Kết quả phân tích lát mỏng thạch học và kết quả phân tích XRD của cát kết Oligocene cho thấy cát kết chịu

ảnh hưởng của quá trình xi măng hóa và nén ép cơ học tăng dần theo độ sâu chôn vùi. Ngoài ra, sự thành tạo đá của cát kết chuyển dần từ giai đoạn tạo đá sớm đến giai đoạn tạo đá muộn trong quá trình biến đổi sau trầm tích¹².

Theo độ sâu chôn vùi, cát kết Oligocene chịu sự nén ép cơ học từ yếu đến mạnh. Ở phần trên của tầng Oligocene cát kết chịu nén ép cơ học yếu đến trung bình với các hạt không tiếp xúc hoặc tiếp xúc dạng điểm và dạng đường thẳng (tập C và tập D). Ở phần dưới của tầng cát kết Oligocene (tập E và F), độ nén ép của cát kết ở mức độ trung bình, với kiểu tiếp xúc giữa các hạt chủ yếu là tiếp xúc dạng đường thẳng; đôi khi nén ép hơi mạnh và bị hòa tan, với các hạt vụn tiếp xúc dạng đường cong và đường khâu.

Khoáng vật thứ sinh và xi măng thành tạo trong quá trình biến đổi sau trầm tích hiện diện như: Sự kết tủa của khoáng vật quặng/pyrite và sự kết tinh của các khoáng vật carbonate ở dạng xi măng khâu và dạng lấp đầy vào lỗ rỗng. Bên cạnh đó, sét kaolinite chiếm tỷ lệ lớn nhất trong tổng thành phần của khoáng vật sét ở tập C và tập D có khuynh hướng giảm dần theo độ sâu. Theo độ sâu chôn vùi và nhiệt độ gia tăng, sét smectite chuyển sang tổ hợp sét illite-smectite, hàm lượng tổ hợp sét illite-smectite tăng lên khi hàm lượng sét smectite giảm đi ở tập C và tập D. Tổ hợp sét illite-smectite có khuynh hướng chuyển dần sang sét illite, chúng giảm đi đáng kể theo độ sâu trong khi hàm lượng sét illite tăng lên ở tập E&F. Ngoài ra, sự xuất hiện của các khoáng vật thứ sinh như zeolite, calcite rất dồi dào cho thấy cát kết phần dưới tầng Oligocene đã bị biến đổi sau trầm tích mạnh.

Các đặc điểm nêu trên cho thấy mức độ biến đổi sau trầm tích của cát kết tầng Oligocene tăng dần theo độ sâu, chuyển từ giai đoạn tạo đá sớm (tập C) sang giai đoạn tạo đá giữa (tập D) đến giai đoạn tạo đá muộn (tập E-F).

Ảnh hưởng của kiến trúc và biến đổi sau trầm tích đến độ rỗng và độ thấm của cát kết Oligocene, lô 15-1/05, bể Cửu Long

Độ rỗng và độ thấm của cát kết Oligocene, lô 15 - 1/05 là hệ quả của sự tác động hỗn hợp các yếu tố bắt đầu từ khi vật liệu lắng đọng đến giai đoạn biến đổi sau trầm tích. Nghiên cứu tập trung vào mối liên hệ của yếu tố kiến trúc và biến đổi sau trầm tích với độ rỗng và độ thấm của cát kết.

Kết quả phân tích thạch học lát mỏng, cho thấy độ rỗng nhìn thấy của cát kết feldspathic greywacke không đáng kể, cát kết feldspathic litharenite có số lượng mẫu ít do vậy nghiên cứu này chủ yếu đánh giá trên cơ sở cát kết arkose và lithic arkose.

Bảng 2: Kết quả phân tích XRD cho hợp phần sét của cát kết Oligocene ló 15-1/05

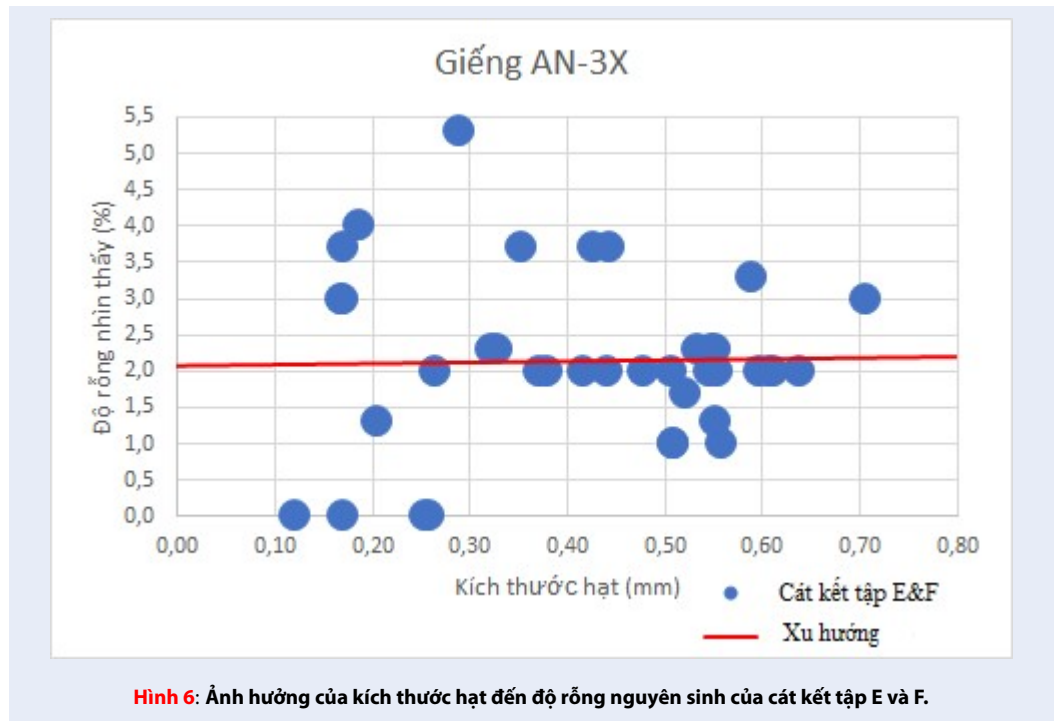
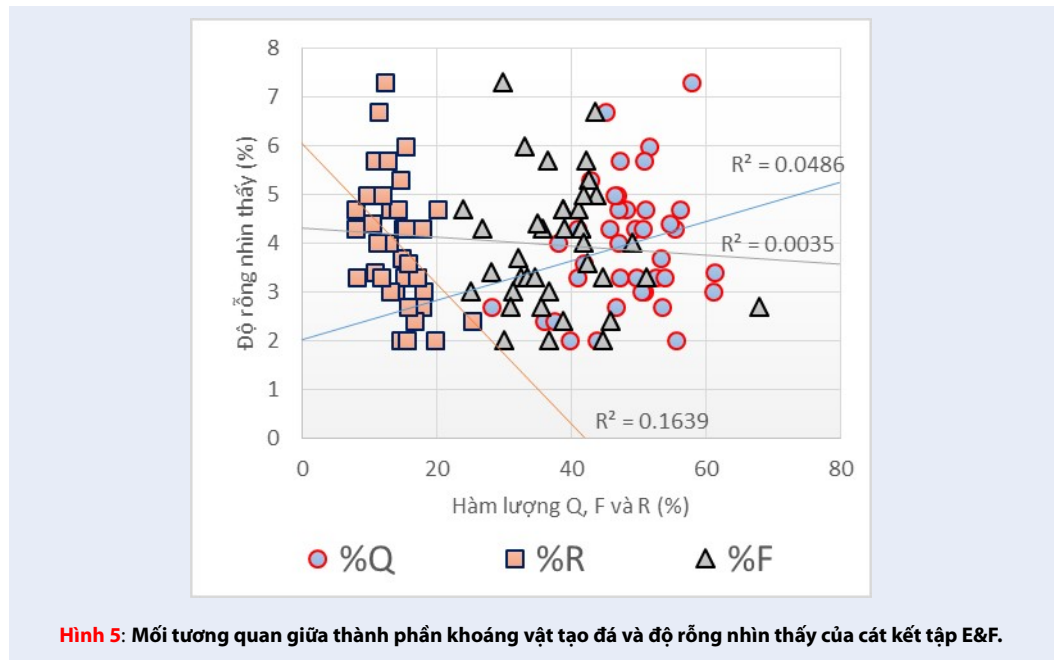
Tập	Khoảng giá trị	Phần trăm bán định lượng của hợp phần sét (%)				
		Kaolinite	Chlorite	Illite	Smectite	Illite-Smectite
C	Nhỏ nhất-lớn nhất	20,9 - 54,8	12,0 - 31,6	9,3 - 34,9	0,0 - 35,7	1,3 - 5,9
	Trung bình	40,6	23,4	18,2	14,5	3,4
D	Nhỏ nhất-lớn nhất	7,3 - 46,7	18,3 - 84,0	2,5 - 41,0	0,0 - 19,7	1,5 - 27,4
	Trung bình	25,9	35,4	23,1	3,0	12,7
E-F	Nhỏ nhất-lớn nhất	0,0 - 42,7	6,5 -100,0	0,0 -70,5	0	0,0 - 43,3
	Trung bình	11,5	45,1	33,8	0	9,5

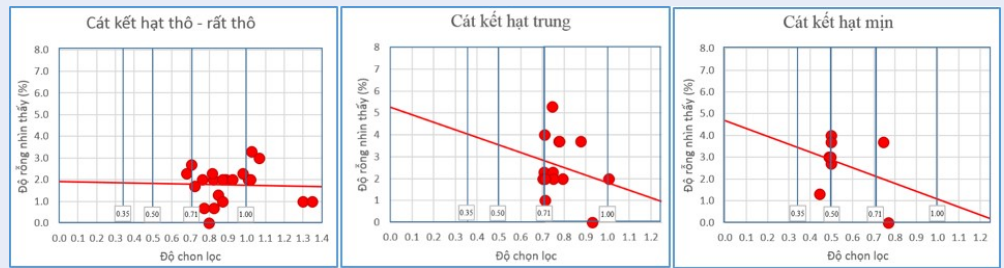
Thành phần khoáng vật chính có ảnh hưởng đến độ rỗng của cát kết tầng Oligocene. Theo đó, độ rỗng có khuynh hướng tăng lên khi hàm lượng thạch anh tăng và ngược lại, độ rỗng giảm đi khi hàm lượng khoáng vật feldspar và mảnh đá tăng (Hình 5). Tuy nhiên, ảnh hưởng của kiến trúc lên độ rỗng của cát kết Oligocene rõ rệt hơn so với thành phần khoáng vật chính. Với kích thước hạt phổ biến thay đổi trong khoảng 0,1 - 0,8mm, độ rỗng dao động trong khoảng từ 0,0 - 5,3% có khuynh hướng tăng nhẹ theo sự tăng lên của kích thước hạt (Hình 6). Điều này là phù hợp vì thông thường cát kết hạt thô có không gian rỗng cũng như đường kính các hòng lỗ rỗng lớn hơn cát kết hạt mịn. Nhìn chung, độ rỗng có khuynh hướng tăng đối với cát kết có độ chọn lọc tốt. Tuy nhiên, theo thống kê các mẫu cát kết trong nghiên cứu này thì với nhóm kích thước hạt vụn khác nhau có sự chênh lệch về mức độ ảnh hưởng của độ chọn lọc lên độ rỗng. Đối với cát kết hạt thô, độ chọn lọc không ảnh hưởng nhiều đến độ rỗng. Trong khi đối với cát kết hạt mịn đến trung, độ rỗng tăng nhanh theo hướng độ chọn lọc tốt của hạt vụn (Hình 7). Như vậy, xét trên cơ sở kiến trúc hạt thì cát kết tập C và tập D có độ rỗng không đáng kể do sự chiếm ưu thế của cát kết có kích thước hạt nhỏ hơn và độ chọn lọc kém hơn so với tập E và F.

Trong quá trình chôn vùi và biến đổi sau trầm tích của cát kết Oligocene, ảnh hưởng của quá trình xi măng hoá đến độ rỗng và độ thấm rất phức tạp. Sự ảnh hưởng này phụ thuộc bởi mức độ xi măng hoá, loại xi măng và khoáng vật thứ sinh. Kết quả phân tích cho thấy khi hàm lượng xi măng và khoáng vật thứ sinh tăng cao, độ rỗng của cát kết Oligocene có xu hướng giảm mạnh (Hình 8). Ngoài ra, khi hàm lượng kaolinite cao thì độ rỗng nhìn thấy gần như không có. Điều này được giải thích do hình thái tinh thể, tập tính kết tinh cũng như cách sắp xếp của khoáng vật kaolinite trong không gian rỗng. Các tinh thể kaolinite riêng biệt có dạng tấm mỏng, thường lấp đầy từng phần hoặc toàn bộ lỗ rỗng giữa hạt¹³. Ở tập C và D,

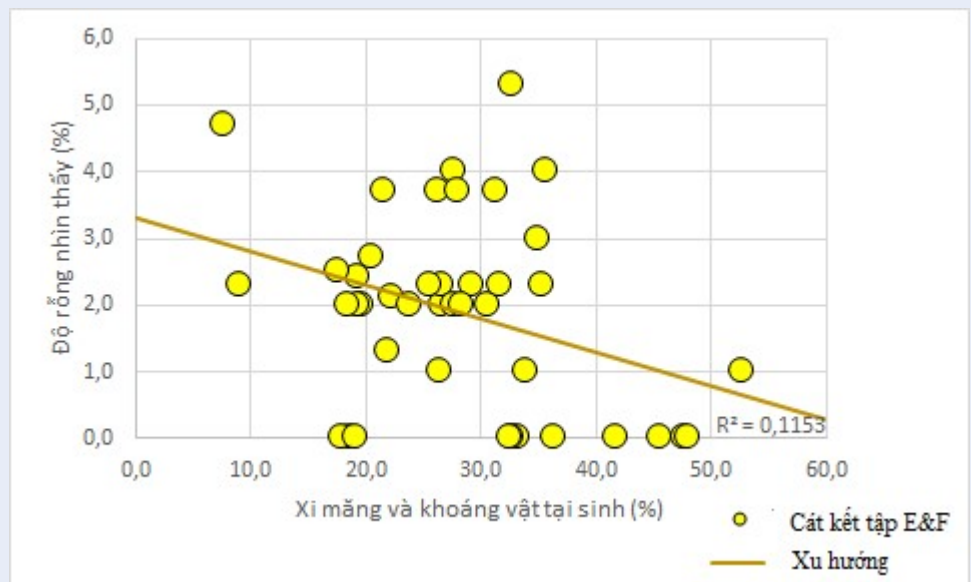
hàm lượng kaolinite của cát kết từ dạng vết đến 9,3%, trung bình từ 2,3%-3,0% cao hơn nhiều so với tập E-F (trung bình 0,2%) nhưng độ rỗng thì ngược lại với hàm lượng này (Bảng 3). Bên cạnh đó, độ thấm của cát kết Oligocene bị ảnh hưởng nhiều bởi các khoáng vật sét, độ thấm giảm mạnh khi hàm lượng sét tăng cao (Hình 9). Độ thấm có xu hướng giảm mạnh nhất khi cát kết giàu các khoáng vật sét illite và tổ hợp sét illite-smectite (Hình 10). Bởi vì tinh thể illite-smectite, illite có dạng sợi và dạng dải băng mỏng khi lấp vào lỗ rỗng, hòng lỗ rỗng như là các tấm chắn, thanh chắn cản trở rất lớn đến sự lưu thông của chất lưu¹⁴. Sự xuất hiện của khoáng vật zeolite trong tập E và F làm ảnh hưởng tiêu cực đến lỗ rỗng của tập cát kết này (Hình 11). Độ rỗng của cát kết hạt mịn giảm nhanh hơn so với cát kết hạt thô khi có sự tăng lên của hàm lượng zeolite. Điều này được giải thích bởi vì cát kết hạt mịn có kích thước lỗ rỗng nhỏ hơn nên quá trình xi măng hoá và nén ép làm mất độ rỗng nhanh hơn và kéo theo kích thước các hòng lỗ rỗng bị giảm nhiều hơn.

Cùng với quá trình xi măng hóa, quá trình nén ép cơ học có ảnh hưởng rất lớn trong việc làm giảm độ rỗng của cát kết Oligocene. Trên cơ sở biểu đồ David W. Houseknecht, cát kết tập C và tập D có khoảng 80% lượng mẫu tập trung ưu thế do quá trình nén ép. Biểu đồ Hình 12a và Hình 12b cho thấy có 53,6–57,2% độ rỗng nguyên sinh của cát kết bị phá hủy bởi quá trình nén ép và 42,9–46,5% độ rỗng bị mất đi do quá trình xi măng hóa. Ngược lại, cát kết tập E và F lại có khoảng 65% lượng mẫu tập trung ưu thế do quá trình xi măng hóa. Đối với nhóm mẫu có độ rỗng lớn hơn 5%, độ rỗng bị mất do quá trình xi măng hóa chiếm ưu thế rõ rệt so với quá trình nén ép. Cụ thể độ rỗng ban đầu của đá bị mất đi do quá trình nén ép chỉ chiếm 5.0% và do quá trình xi măng hóa chiếm đến 81,75%. Sự ưu thế của quá trình xi măng hóa so với quá trình nén ép giảm dần đối với nhóm mẫu có độ rỗng lớn hơn 0% đến nhỏ hơn 5% và nhất là đối với những mẫu cát





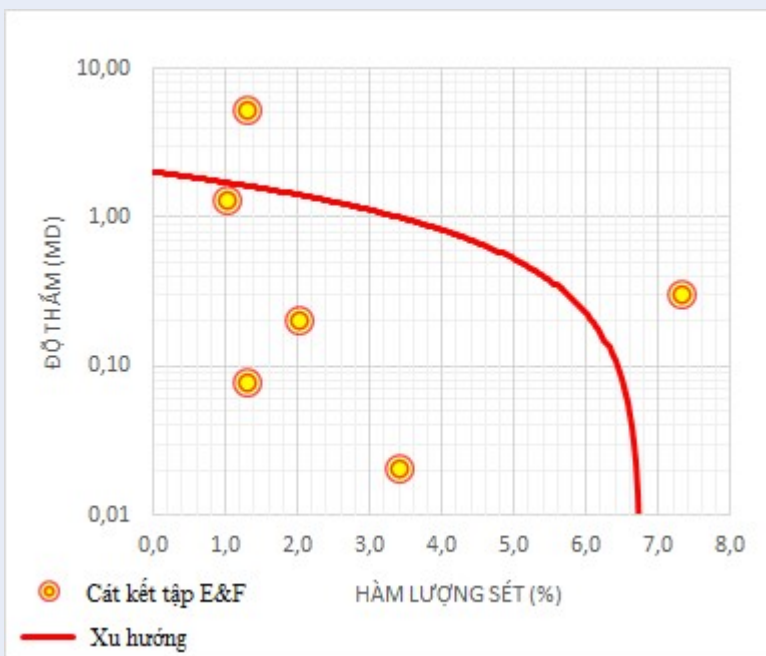
Hình 7: Mối tương quan giữa độ rỗng nguyên sinh và độ chọn lọc của cát kết tập E và F.



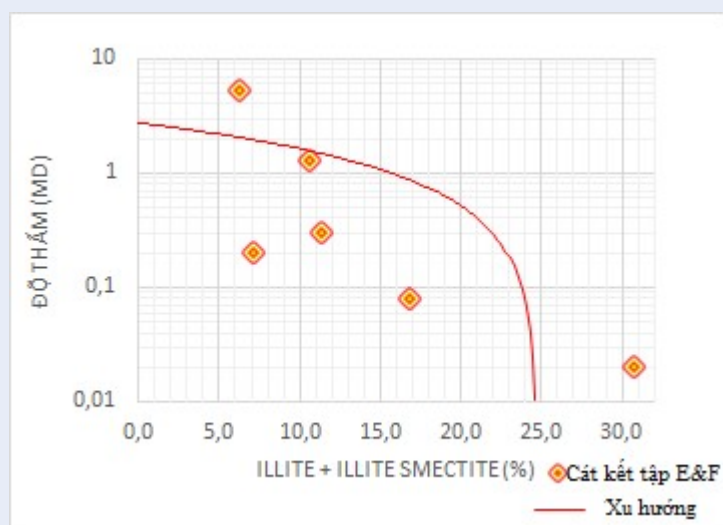
Hình 8: Ảnh hưởng của tổng hàm lượng xi măng và khoáng vật thứ sinh với độ rỗng.

Bảng 3: Tổng hợp giá trị độ rỗng theo hàm lượng của khoáng vật sét kaolinite

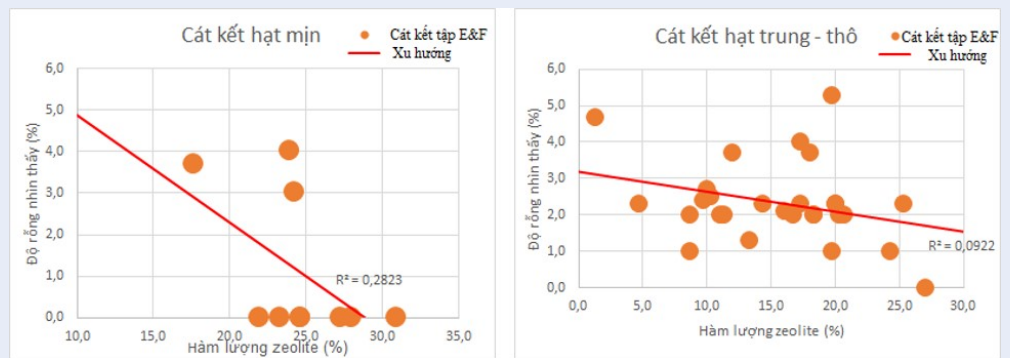
Tập	Giá trị	Kaolinite (%)	Độ rỗng nhìn thấy (%)
C	Trung bình	3,0	0
	Nhỏ nhất-lớn nhất	V-8,7	0
D	Trung bình	2,3	0
	Nhỏ nhất-lớn nhất	V-9,3	0
E và F	Trung bình	0,2	0,6
	Nhỏ nhất-lớn nhất	0,0–7,0 (MD-1X)	V-5,3 (AN-3X)



Hình 9: Mối tương quan giữa độ thấm và tổng hàm lượng khoáng vật sét.



Hình 10: Mối tương quan giữa độ thấm và tổng hàm lượng khoáng vật sét illite và tổ hợp sét illite – smectite.



Hình 11: Mối tương quan giữa độ rỗng nguyên sinh và hàm lượng khoáng vật zeolite.

kết không có độ rỗng. Theo đó, đối với những mẫu cát kết này độ rỗng ban đầu bị mất đi do quá trình nén ép là 44,4% và do quá trình xi măng hóa là 55,6% (Hình 12c). Thông thường thì càng xuống sâu mức độ nén ép càng tăng. Nhưng độ rỗng cát kết tập E và F lại tốt hơn độ rỗng của tập C và tập D có thể giải thích rằng quá trình xi măng hóa ở giai đoạn sớm của cát kết tập E và F đã làm giảm sự ảnh hưởng của quá trình nén ép cơ học lên tập này. Còn đối với cát kết tập C và D thì quá trình xi măng hóa giai đoạn sớm chưa triệt để và tạo điều kiện cho quá trình nén ép tác động mạnh mẽ đến việc làm mất hoàn toàn độ rỗng nguyên sinh.

Nói chung, sự tác động của hai yếu tố xi măng hóa và nén ép trong quá trình tạo đá đã làm giảm, mất độ rỗng của cát kết Oligocene lô 15-1/05 đáng kể. Trong đó, quá trình nén ép có ảnh hưởng tiêu cực nhất đến độ rỗng của cát kết.

Quá trình hoà tan là nguyên nhân làm tăng độ rỗng thứ sinh của đá. Nhìn chung độ rỗng thứ sinh của cát kết Oligocene có khuynh hướng tăng theo chiều sâu chôn vùi (Hình 13). Tuy nhiên mức độ hoà tan của khoáng vật không đồng nhất, sự hoà tan xảy ra chủ yếu trong cát kết tập E và F. Vì thế độ rỗng thứ sinh chỉ đóng vai trò thứ yếu trong khả năng chứa của cát kết Oligocene.

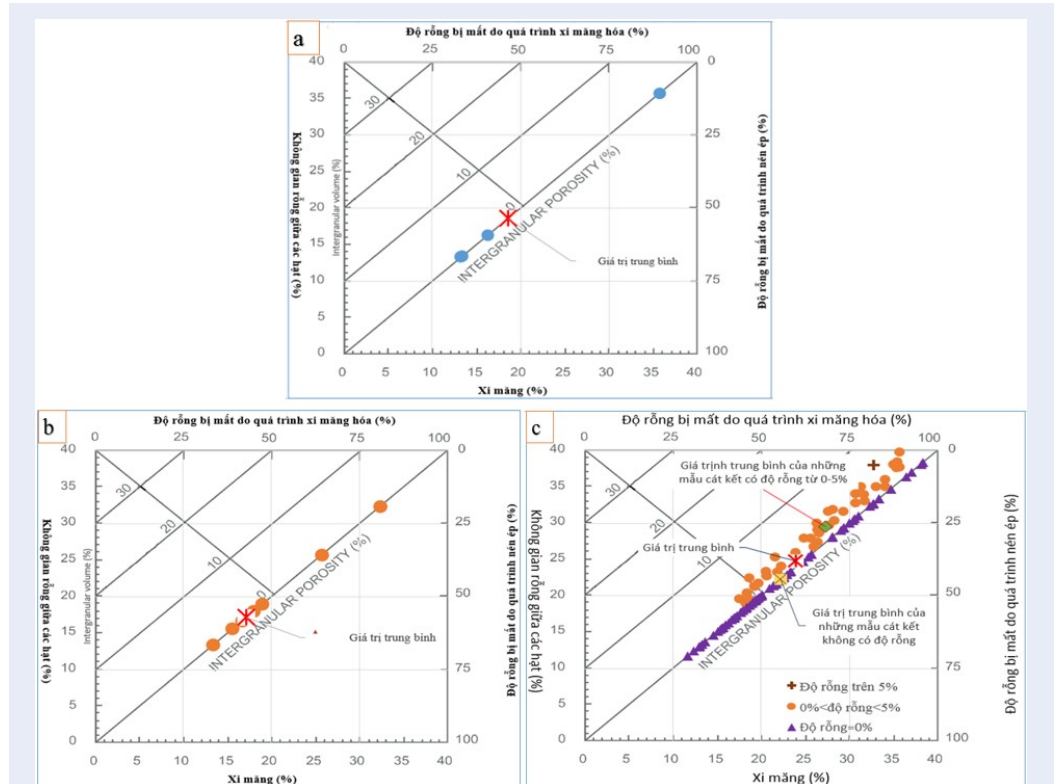
Mối liên hệ giữa độ rỗng và độ thấm rất chặt chẽ. Một yếu tố ảnh hưởng đến độ rỗng thì như hệ quả nó cũng ảnh hưởng đến độ thấm. Điều đó có nghĩa là khi độ rỗng tăng thì độ thấm cũng tăng tương ứng. Trên cơ sở kết quả phân tích độ thấm Klinkenberg, cát kết arkose và lithic arkose tập E và F cũng tuân theo quy luật này (Hình 14).

Tóm lại, độ rỗng và độ thấm của cát kết Oligocene, lô 15-1/05, bể Cửu Long là kết quả của sự tác động tổng hợp bởi nhiều yếu tố: thành phần khoáng vật tạo đá, kiến trúc hạt và những biến đổi sau quá trình

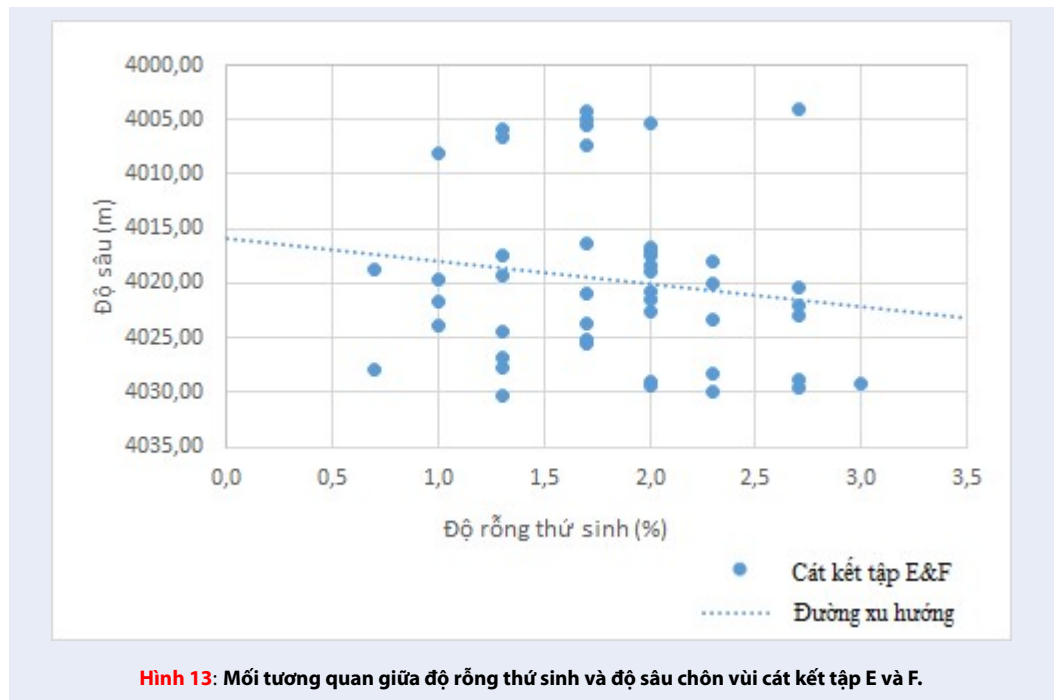
thành đá. Độ rỗng của cát kết Oligocene, lô 15-1/05 tăng theo hàm lượng thạch anh, kích thước hạt và độ chọn lọc. Ảnh hưởng đáng kể trong việc làm giảm độ rỗng và độ thấm của cát kết Oligocene là sự hiện diện với hàm lượng cao của các khoáng vật sét như zeolite, kaolinite và các khoáng vật nhóm carbonate trong quá trình tạo đá. Ngoài ra, quá trình xi măng hóa và nén ép cơ học tác động đồng thời làm giảm đáng kể độ rỗng và độ thấm của cát kết Oligocene. Bên cạnh đó, độ rỗng thứ sinh cũng tăng theo độ sâu chôn vùi tuy nhiên chỉ đóng vai trò thứ yếu trong khả năng chứa của cát kết tập này.

KẾT LUẬN

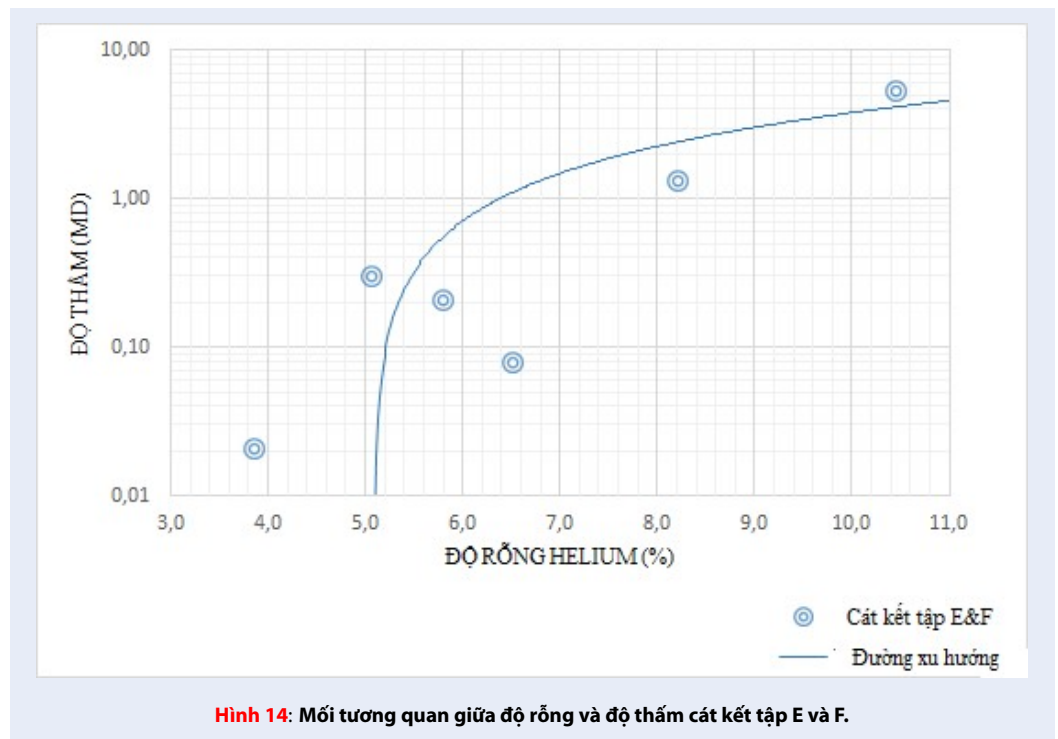
Cát kết Oligocene, lô 15-1/05, bể Cửu Long phổ biến nhất là cát kết arkose và lithic arkose có độ rỗng không đáng kể đến kém, đôi khi xen kẽ với các lớp cát kết feldspathic greywacke và cát kết feldspathic litharenite (tập E và F) có độ rỗng không đáng kể. Cát kết tập C đang trong giai đoạn tạo đá sớm với sự hiện diện của sét smectite, trong khi cát kết tập D ở giai đoạn đầu tạo đá giữa và cát kết tập E và F đã bước vào giai đoạn tạo đá giữa đến đầu giai đoạn tạo đá nâng cao với vắng mặt hoàn toàn của sét smectite và sự gia tăng hàm lượng tổ hợp sét illite-smectite. Độ rỗng và thấm của cát kết chịu ảnh hưởng tổng hợp của hai quá trình xi măng hóa và nén ép. Trong đó ảnh hưởng mạnh nhất đến độ rỗng chính là quá trình nén ép. Kích thước và độ chọn lọc của hạt vụn trong cát kết ảnh hưởng một cách đáng kể đến độ rỗng và độ thấm. Cát kết arkose và lithic arkose có kích thước hạt trung cùng với độ chọn lọc từ trung bình đến trung bình-tốt là loại đá có độ rỗng tốt nhất. Độ thấm giảm mạnh khi hàm lượng sét tăng cao, và có xu hướng giảm mạnh nhất khi cát kết giàu các khoáng vật sét illite và tổ hợp sét illite-smectite. Ngoài ra, cát kết giàu khoáng vật thứ sinh zeolite hiện diện phong phú ở tập E-F là một trong



Hình 12: Độ rỗng nguyên sinh của cát kết bị mất do bị xi măng hóa và nén ép cơ học. (a) Tập C; (b) Tập D; (c) Tập E và F.



Hình 13: Mối tương quan giữa độ rỗng thứ sinh và độ sâu chôn vùi cát kết tập E và F.



Hình 14: Mối tương quan giữa độ rỗng và độ thấm cát kết tập E và F.

những yếu tố quan trọng làm giảm độ rỗng của cát kết tập này. Độ rỗng của cát kết hạt mịn giảm nhanh hơn so với cát kết hạt thô khi có sự tăng lên của hàm lượng zeolite.

Tất cả các yếu tố này đều có ảnh hưởng đến độ rỗng và độ thấm, loại cát kết có chất lượng chứa tốt nhất tầng Oligocene, lô 15-1/05 là cát kết arkose và lithic arkose tập E và F có kích thước hạt trung, độ chọn lọc từ trung bình đến trung bình-tốt, hàm lượng xi măng thấp, đặc biệt là hàm lượng thấp của sét illite và tổ hợp sét illite-smectite.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Tổng công ty Thăm dò và Khai thác Dầu khí (PVEP) đã cung cấp nguồn tài liệu cho nghiên cứu này.

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Thành Phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số: T2018-24.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

XRD: Phân tích nhiễu xạ tia X

Tr: Vết

VF: Kích thước hạt rất mịn

F: Kích thước hạt mịn

M: Kích thước hạt trung

C: Kích thước hạt thô

P: Độ chọn lọc kém

M: Độ chọn lọc trung bình

M-G: Độ chọn lọc trung bình-tốt

G: Độ chọn lọc tốt

A: Góc cạnh

SA: Nửa góc cạnh

SR: Nửa tròn cạnh

R: Tròn cạnh

F: Không tiếp xúc

P: Tiếp xúc dạng điểm

L: Tiếp xúc dạng đường thẳng

C: Tiếp xúc dạng đường cong

S: Tiếp xúc dạng đường khâu

Q: Thạch anh

Pl: Plagioclase

Or: Orthoclase

B: Biotite

G: Mảnh đá granite

V: Mảnh đá núi lửa

Ca: Calcite

Ze: Zeolite

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả cam kết không có xung đột về lợi ích liên quan đến nghiên cứu với các cơ quan/tổ chức/cá nhân tài trợ.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ:

Đỗ Ngọc Thanh – tác giả chính: Tổng hợp, viết bài, chịu trách nhiệm nội dung nghiên cứu.

Phạm Thị Duyên – thành viên tham gia: Phân tích và thống kê số liệu

Liêu Kim Phượng – thành viên tham gia: Kiểm tra và chịu trách nhiệm hàm lượng khoa học cho bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Worden RH. Dolomite cement distribution in a sandstone from core and wireline data: the Triassic fluvial Chaunoy Formation, Paris Basin, in Harvey, P.K., and Lovell, M.A., eds., Core-Log Integration. Geological Society of London Special Publication. 1998;136(15):197–211. Available from: <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1998.136.01.17>.
2. Morad S. Carbonate Cementation in Sandstones. International Association of Sedimentologists, Special Publication. 1998;26(26):1–26. Available from: <https://doi.org/10.1002/9781444304893>.
3. Griffiths JC. Grain size distribution and reservoir rock characteristics. American Association of Petroleum Geologist Bulletin. 1952;36. Available from: <https://doi.org/10.1306/3D9343EE-16B1-11D7-8645000102C1865D>.
4. Đông TL, Hải PD. Bể trầm tích Cửu Long và tài nguyên dầu khí. Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam, Hà Nội. 2005;p. 263–311.
5. Plas L, Tobi AC. A chart for judging the reliability of point counting results. Am J Sci. 1965;263:87–90. Available from: <https://doi.org/10.2475/ajs.263.1.87>.
6. Solomon M, Green R. Geol Rundsch, A chart for designing modal analysis by point counting. International Journal of Earth Science. 1966;55:844–848. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF02029658>.
7. Folk RL. Petrology of Sedimentary Rocks, Texas 78703. Hemphill Publishing Company. 1974;.
8. Folk RL, Ward WC. Brazos river bas: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology. 1957;27:3–26. Available from: <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>.
9. Folk RL, Andrews PB, Lewis DW. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. New Zealand Journal of Geology and Geophysics. 1970;p. 937–968. Available from: <https://doi.org/10.1080/00288306.1970.10418211>.
10. Folk RL. Stage of textural maturity in sedimentary rocks. Sedimentary petrology. 1951; Available from: <https://doi.org/10.2110/jsr.21.127>.
11. Wentworth CK. A scale of grade and class terms for clastic sediments. The Journal of Geology. 1922;30(5):377–392. Available from: <https://doi.org/10.1086/622910>.
12. Phuong LK. Characterization of petrography and diagenetic processes influence on porosity and permeability of Oligocene sandstone reservoir rocks, block 15-2 in Cuu Long basin. Journal of Engineering Research and Application. 2017;p. 62–73. Available from: <https://doi.org/10.9790/9622-0706076273>.
13. Dũng NV. Đặc điểm thạch học, biến đổi sau trầm tích và ảnh hưởng của chúng đến độ rỗng - thấm của đá chứa cát kết tuổi Oligocene-miocene sớm mở Sư Tử Đen, Lô 15 -1, bể Cửu Long. Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM. 2004;.
14. Houseknecht D. Assessing the Relative Importance of Compaction Processes and Cementation to Reduction of Porosity in Sandstones. AAPG Bulletin. 1987;p. 633–642. Available from: <https://doi.org/10.1306/9488787F-1704-11D7-8645000102C1865D>.

Petrographical characteristics and post-depositional alteration affecting porosity and permeability of Oligocene sandstones, block 15-1/05, Cuu Long basin

Do Ngoc Thanh^{1,*}, Pham Thi Duyen², Lieu Kim Phuong³



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Petrographical characteristics and post-depositional alteration studies of sandstones are the two important factors to reservoir rocks, which affect oil and gas storage and permeability of reservoir rocks. This study revealed petrographical characteristics, post-depositional alteration, and their influence on the porosity and permeability of Oligocene sandstones, including C, D, and E and F sequences, block 15-1/05, Cuu Long Basin. The results show that most of the sandstones were arkose, lithic arkose, and sporadically interbedded by feldspathic greywacke. The post-depositional alteration was progressively increasing following the burial depth from early diagenesis of sequence C, to intermediate diagenesis of sequence D and advanced diagenesis of sequence E and F. The post-depositional alterations significantly influenced on the porosity of the Oligocene sandstone were the cementation and mechanical compaction. They reduced the porosity and permeability of the sandstone. Additionally, authigenic clay minerals have a negative effect on permeability in which sandstones were rich illite and illite-smectite clay minerals, and the permeability tended to decrease stronger than others. Our results showed that the potential reservoir rocks of Oligocene sandstones, block 15-1/05 were sequence E and F sandstones that are in well grain sorting, well grain roundness shape, and contained a small number of cement, particularly the absence of illite and illite-smectite.

Key words: sandstone reservoir, sedimentary petrography, porosity and permeability

¹University of Science, VNU-HCM, Vietnam

²Vietnam Petroleum Institute, Vietnam

³Ho Chi Minh City Institute of Resources Geography, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

Correspondence

Do Ngoc Thanh, University of Science, VNU-HCM, Vietnam

Email: dngthan@hcmus.edu.vn

History

- Received: 25-10-2019
- Accepted: 25-12-2019
- Published: 15-6-2020

DOI : 10.32508/stdjns.v4i2.856



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Thanh D N, Duyen P T, Phuong L K. **Petrographical characteristics and post-depositional alteration affecting porosity and permeability of Oligocene sandstones, block 15-1/05, Cuu Long basin.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 4(2):478-495.