



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phong hóa ở lưu vực sông Ba, Nam Trung Bộ trên nghiên cứu tổ hợp khoáng vật sét

Phạm Như Sang*, Khương Thế Hùng, Tạ Thị Toán, Phan Thị Thanh Hiền, Đỗ Mạnh An, Bùi Thanh Tịnh

Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 31/07/2019
Chấp nhận 10/9/2019
Đăng online 31/10/2019

Từ khóa:

Phong hóa hóa học,
Phong hóa vật lý,
Khoáng vật sét,
Lưu vực sông Ba,
Gió mùa Đông Á.

TÓM TẮT

Khoáng vật sét trong đá trầm tích Miocen và trầm tích sông được thu thập từ lưu vực sông Ba thuộc khu vực Nam Trung Bộ, Việt Nam, dùng để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phong hóa trong Miocen và thời điểm hiện tại ở khu vực nghiên cứu. Kết quả phân tích cho thấy, trong các đá trầm tích Miocen có nguồn gốc từ đá andesit và ryolit có chứa smectit cao (trung bình 72%) với kaolinit trung bình (24%), trong khi đá trầm tích Miocen có nguồn gốc từ đá felsic lại điển hình bằng kaolinit cao (65%) với smectit trung bình (25%). Các trầm tích sông (trầm tích hiện đại) được đặc trưng bởi hàm lượng smectit (43%) và kaolinit (37%) trung bình. Kết quả phân tích sự hình thành, đặc điểm phân bố điển hình của tổ hợp khoáng sét trong lưu vực sông Ba có thể do sự xuất hiện phổ biến của các đá xâm nhập felsic và đá phun trào cùng với hoạt động kiến tạo nâng lên yếu ớt và khí hậu nhiệt đới gió mùa Đông Á trong thời kỳ Miocen và trong thời điểm hiện tại. Điều này cho thấy rằng, thành phần thạch học của đá và điều kiện gió mùa Đông Á là những yếu tố quan trọng kiểm soát quá trình phong hóa, trong khi đó yếu tố kiến tạo chỉ đóng vai trò thứ yếu ở lưu vực sông Ba.

© 2019 Trường Đại học - Địa chất. Tất cả các quyền được đảm bảo.

1. Đặt vấn đề

Khoáng vật sét là sản phẩm của quá trình phong hóa vật lý và phong hóa hóa học từ các loại đá trên bề mặt trái đất. Quá trình này có liên quan mật thiết với các yếu tố điều kiện khí hậu, thành phần thạch học của đá và các hoạt động kiến tạo (Chamley, 1989). Các sản phẩm phong hóa từ đá aluminosilicat được sử dụng rộng rãi để đánh giá

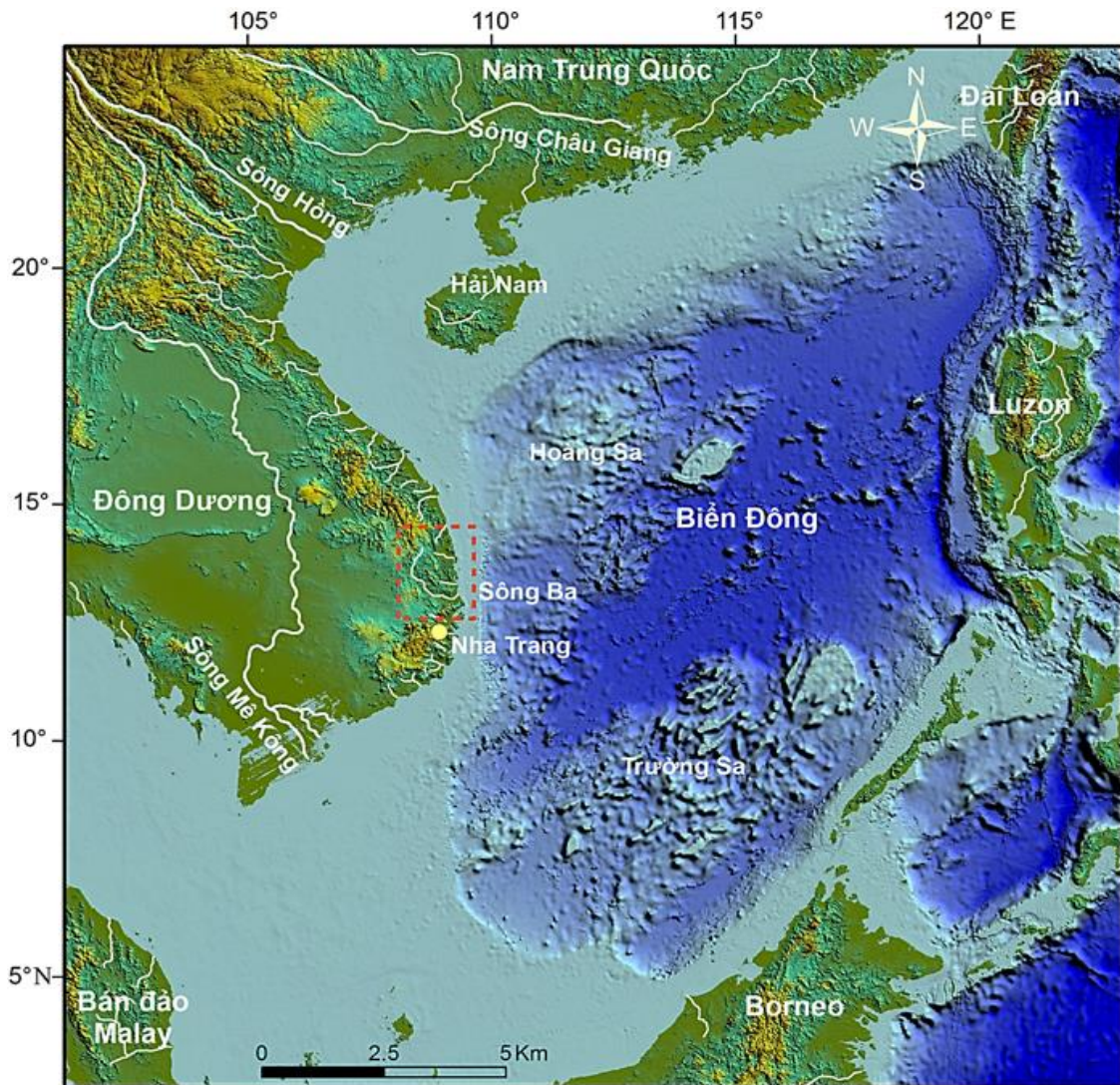
ơ chế của quá trình phong hóa (Colin et al., 2006; Liu et al., 2007). Những sản phẩm phong hóa này được vận chuyển, lắng đọng tại các lưu vực sông và trở thành nơi lưu giữ các thông tin về quá trình phong hóa của các đá có trước theo dòng lịch sử địa chất. Nghiên cứu về các trầm tích sông có thể góp phần hiểu biết hơn về sự biến đổi của đá gốc trên bề mặt trái đất. Bên cạnh đó, cơ chế của quá trình phong hóa ở các lưu vực sông gần biển có liên quan chặt chẽ đến sự biến đổi của trầm tích

*Tác giả liên hệ.

E - mail: phamnhusang@humg.edu.vn

dưới đáy đại dương (Liu et al., 2004; Colin et al., 2010; Clift et al., 2014). Do đó, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện dựa trên các trầm tích sông để đánh giá các quá trình phong hóa nhằm góp phần giải quyết những vấn đề về vỏ phong hóa trên lục địa và những nghiên cứu xa hơn về sự tác động qua lại giữa lục địa và đại dương. Điển hình của các nghiên cứu quanh khu vực Biển Đông có thể kể đến như lưu vực sông Châu Giang ở Nam Trung Hoa, sông Hồng, sông Mê Kông và sông Giành ở bán đảo Đông Dương (Liu et al., 2007; Jonell et al., 2016), những lưu vực sông ở đảo Hải Nam, Đài Loan, Luzon Philippines, bán đảo Malay, Borneo và Sumatra (Selvaraj và Chen, 2006; Wang et al., 2011; Liu et al., 2008, 2009, 2012; Hu et al., 2014). Ở Việt Nam có hệ thống sông ngòi khá phát triển với các lưu vực sông lớn như sông Mê Kông ở miền

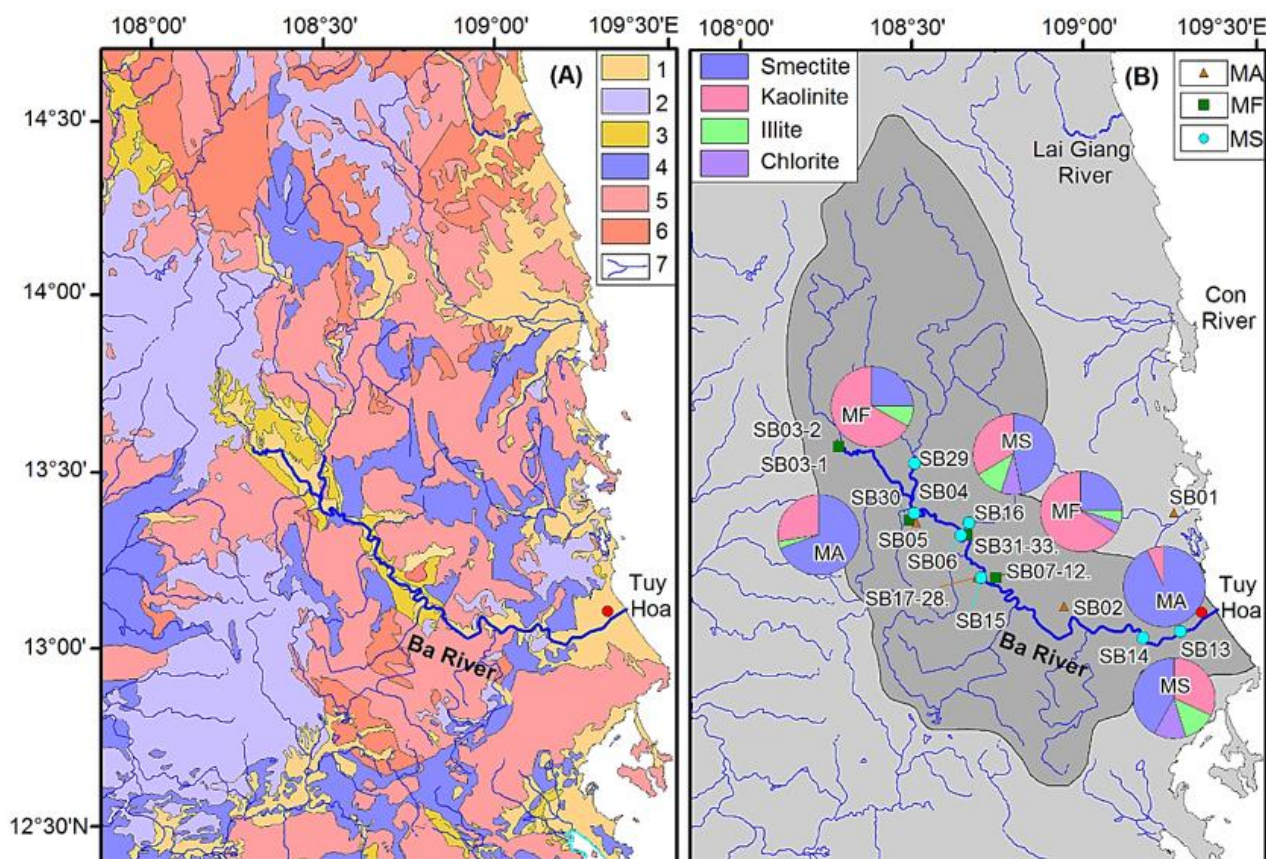
Nam, sông Hồng ở miền Bắc và các lưu vực sông nhỏ hơn ở miền Trung như sông Ba, sông Đồng Nai, sông Hàn,... Các sông lớn như sông Mê Kông và sông Hồng đã được nhiều nhà địa chất quan tâm nghiên cứu, tuy nhiên những nghiên cứu các sông nhỏ ở miền Trung còn khá hạn chế. Nhìn chung, các con sông ở miền Trung Việt Nam được đặc trưng bởi lưu vực sông hẹp và dốc. Theo nghiên cứu của Schimanski và Stattegger (2005) thì đây là nguồn cung cấp chủ yếu vật liệu trầm tích cho thềm lục địa miền Trung Việt Nam. Do đó, các lưu vực sông ở miền Trung Việt Nam là nơi có ý nghĩa quan trọng để đánh giá cơ chế quá trình phong hóa của các đá gốc trên lục địa và môi trường trầm tích trên thềm lục địa miền Trung cũng như môi trường cổ khí hậu liên quan.



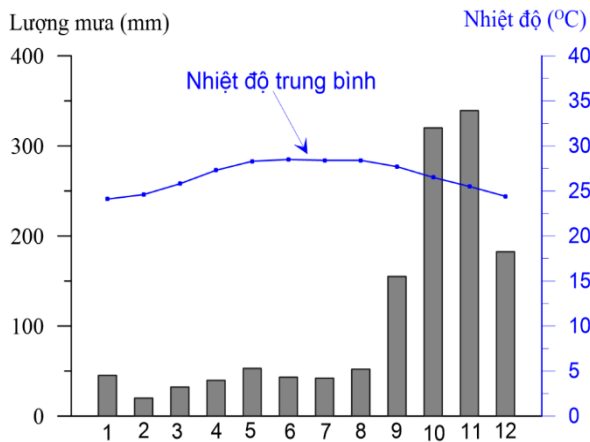
Hình 1. Vị trí lưu vực sông Ba ở Nam Trung Bộ, Việt Nam.

Ở khu vực Nam Trung Bộ, sông Ba là con sông lớn nhất với diện tích thoát nước khoảng 14x10³ km² và chiều dài 390 km (Hình 1, 2). Sông Ba cung cấp lượng trầm tích lơ lửng khoảng 1106 tấn/năm cho Biển Đông (Milliman and Farnsworth, 2011). Phần thượng lưu của lưu vực sông Ba nằm chủ yếu trên vùng Tây Nguyên, bao gồm một loạt các cao nguyên tiếp giáp với độ cao trung bình khoảng 800 m. Thành phần thạch học của lưu vực bao gồm chủ yếu là đá biến chất, đá magma xâm nhập và phun trào, đá trầm tích chiếm lượng nhỏ (Hình 2A). Các đá biến chất có thành phần khác nhau và chúng được xếp vào tuổi Akei đến Proterozoi (Trần Văn Trị, Vũ Khúc, 2009). Các thành tạo xâm nhập chủ yếu là granit, granodiorit và diorit được xếp vào tuổi Paleozoi sớm đến Mesozoi (Trần Đức Lương, Nguyễn Xuân Bao, 1988; Nam, 1998; Lan, et al., 2003; Nakano et al., 2007; Lepvrier et al.,

2008). Các đá phun trào tuổi Trias sớm và kỷ Kreta phủ rộng rãi khu vực nghiên cứu, bao gồm chủ yếu là ryolit, dacit, andesit và felsit (Nam et al., 2001). Đá trầm tích Miocen xuất hiện hạn chế dọc theo sông Ba trong Miocen giữa và muộn, chúng có chứa đá cuội, đá silic, đá sét và than (Nielsen et al., 2007; Hình. 2A). Đá bazan bao phủ khu vực này có tuổi Neogen-Đệ tứ (Hoang and Flower, 1998; Carter et al., 2000; Hoang et al., 2013). Trầm tích Holocen phân bố chủ yếu dọc theo sông và bờ biển. Lưu vực sông Ba được đặc trưng bởi khí hậu nhiệt đới gió mùa Đông Á, với 2 mùa khô và mùa mưa rõ rệt. Sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa ở Nha Trang được lấy từ dữ liệu khí hậu thế giới với lượng mưa trung bình hàng năm là 1300 mm (Hình 3). Mùa mưa kéo dài từ tháng 9 đến tháng 12 với lượng mưa trung bình hàng tháng là 249 mm (gần 75%) và nhiệt độ 26,0°C.



Hình 2. (A) Sơ đồ địa chất lưu vực sông Ba, Nam Trung Bộ, Việt Nam được chỉnh sửa từ bản đồ địa chất 1:500.000 (Trần Đức Lương, Nguyễn Xuân Bao, 1988). 1. Trầm tích Holocen; 2. Đá basal tuổi Neogen - Đệ Tứ; 3. Đá trầm tích tuổi Miocen; 4. Đá phun trào tuổi Mesozoi; 5. Đá xâm nhập felsit tuổi Paleo - Mesozoi; 6. Đá biến chất tuổi tiền Cambrian; 7. Sông. (B) Vị trí mẫu sử dụng trong nghiên cứu, hàm lượng trung bình của các khoáng vật sét, lưu vực sông Ba được thể hiện bằng màu xám. MA. Mẫu đá trầm tích Miocen chứa nhiều andesit và ryolit; MF. Mẫu đá trầm tích Miocen chứa nhiều felsit; MS. Mẫu trầm tích sông.



Hình 3. Lượng mưa và nhiệt độ trung bình ở thành phố Nha Trang từ năm 1898 đến năm 1990 (<http://www.worldclimate.com>).

Mùa khô được đặc trưng bằng lượng mưa thấp (trung bình hàng tháng ~ 41 mm, gần 25%) với nhiệt độ không thay đổi nhiều (trung bình hàng tháng 26,9°C) giữa tháng 1 và tháng 8.

Trong nghiên cứu này, tổ hợp khoáng vật sét của đá trầm tích Miocen và trầm tích sông được thu thập từ lưu vực sông Ba ở khu vực Nam Trung Bộ để đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phong hóa trong Miocen và thời điểm hiện tại.

2. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

27 mẫu đá trầm tích được thu thập từ đá trầm tích Miocen (hệ tầng Sông Ba) và chúng được chia thành hai loại: mẫu đá trầm tích Miocen andesit (thành phần chủ yếu có nguồn gốc từ đá phun trào andesit và ryolit-MA) và mẫu đá trầm tích Miocen felsic (thành phần chủ yếu có nguồn gốc từ đá xâm nhập felsic-MF) (Bảng 1, Hình 2B). 07 mẫu trầm tích sông (MS) được thu thập tại các địa điểm khác nhau dọc theo sông Ba để đại diện cho các trầm tích của lưu vực này (Bảng 1, Hình 2B). Trong số đó, hai mẫu (SB13 và SB14) từ phần thấp hơn của kênh chính đại diện cho các thành phần trung lưu của trầm tích sông Ba; trong khi ba mẫu (SB04, SB06 và SB15) từ kênh chính và hai mẫu khác (SB16 và SB29) từ nhánh của phạm vi trung lưu đại diện cho môi trường trung lưu của lưu vực sông Ba. Khoáng vật sét được phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ tia X - XRD (X-ray diffraction) cho tất cả các mẫu đá trầm tích và trầm tích sông tại Phòng thí nghiệm của Trường Đại học Đồng Tế, Thượng Hải, Trung Quốc.

3. Kết quả

Các mẫu đá trầm tích Miocen andesit (MA) chứa smectit cao (59÷97%, trung bình 70%), kaolinit trung bình (1÷37%, trung bình 26%), và illit thấp (0÷9%, trung bình 4%) (Bảng 1; Hình 2B). Các mẫu đá trầm tích Miocen felsic (MF) được đại diện bởi kaolinit cao (49÷78%, trung bình 65%) và smectit vừa phải (2÷48%, trung bình 25%), với illit thấp (2÷18%, trung bình 7%) và clorit hiếm (0÷16%, trung bình 3%) (Bảng 1; Hình 2B). Các mẫu trầm tích sông (MS) chứa smectit (32÷56%, trung bình 43%) và kaolinit vừa phải (23÷43%, trung bình 37%), với illit (8÷14%, trung bình 11%) và clorit thấp (0÷12%, trung bình 9%) (Bảng 1; Hình 2B). Tinh thể smectit cho thấy các giá trị thấp trong tất cả các mẫu đá trầm tích Miocen andesit (0,72÷1,21°Δ2θ), các mẫu đá trầm tích Miocen felsic (0,31÷1,80°Δ2θ) và các mẫu trầm tích sông (1,01÷1,16°Δ2θ) (Bảng 1).

4. Thảo luận

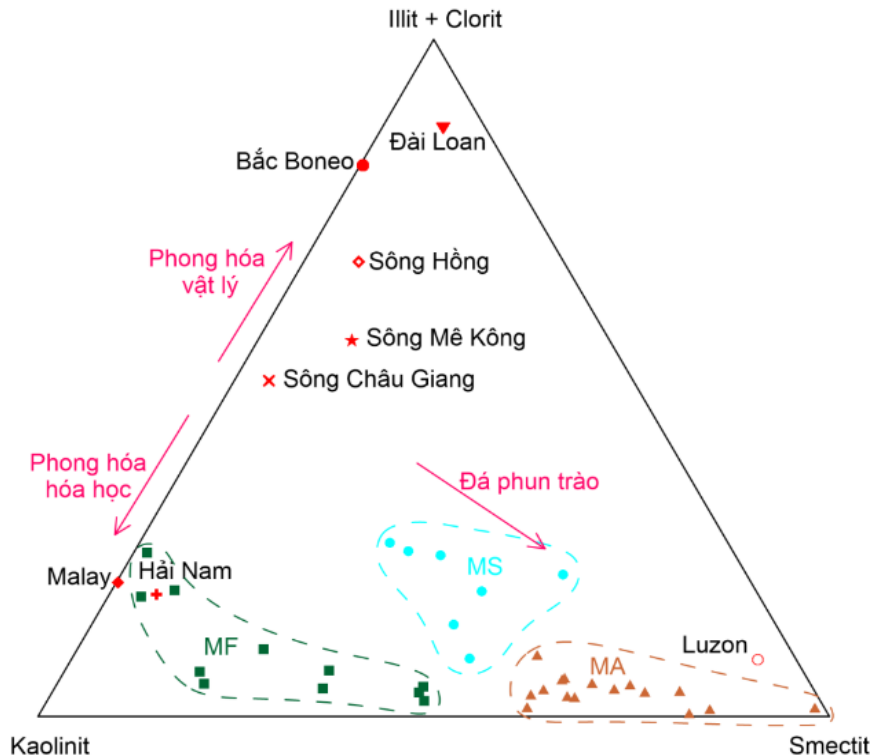
Sự hình thành khoáng sét trong lưu vực sông thường liên quan chặt chẽ đến cơ chế của quá trình phong hóa, chúng bị chi phối mạnh mẽ bởi các điều kiện khí hậu thông qua nhiệt độ và lượng mưa, thành phần thạch học của đá và hoạt động kiến tạo (Chamley, 1989; Liu et al., 2007). Quá trình phong hóa hóa học làm thay đổi thành phần của đá gốc bằng cách thủy phân các khoáng chất và tạo ra khoáng vật sét thứ sinh. Smectit và kaolinit là hai khoáng vật điển hình trong các sản phẩm phong hóa này. Smectit thường liên quan đến phong hóa hóa học của đá phun trào, đây là loại đá bị phong hóa nhanh hơn hầu hết các loại đá khác trong điều kiện khí hậu ẩm và ấm (Bluth and Kump, 1994; Dessert et al., 2001). Trong sản phẩm phong hóa của đá phun trào thường chứa hàm lượng smectit cao, dễ dàng hình thành trên các vật liệu cơ bản như các loại đá giàu Fe-Mg, và trên các vật liệu ryolit (Chamley, 1989). Giống như phần trung lưu và vùng hạ lưu của lưu vực sông Mê Kông và các sông ở Luzon trong vùng khí hậu nhiệt đới (Liu and et al, 2004, 2009), nơi đá phun trào chiếm ưu thế, smectit được hình thành phổ biến (Hình 4). Sự hình thành kaolinit đại diện cho quá trình thủy phân mạnh trong điều kiện khí hậu ẩm và ấm (Chamley, 1989). Kaolinit có thể dễ dàng được sinh ra bởi đá gốc có chứa các khoáng vật giàu nguyên tố kiềm (ví dụ: granit, granodiorit và ryolit) (Chamley, 1989). Điển hình như lưu vực

Bảng 1. Vị trí lấy mẫu và thành phần khoáng vật sét trong mẫu đá trầm tích Miocen và mẫu trầm tích lưu vực sông Ba.

TT	Mẫu	Vị trí	Vĩ độ (N)	Kinh độ (E)	Smectit, (%)	Illit, (%)	Clorit, (%)	Kaolinit, (%)	Tinh thể smectit, ($^{\circ}\Delta 2\theta$)
Mẫu trầm tích đá Miocen andesit (MA)									
1	SB01	Phú Mỹ	13 $^{\circ}$ 21.354'	109 $^{\circ}$ 13.117'	82	0	0	17	1.01
2	SB02	Kiến Thiết	13 $^{\circ}$ 05.971'	108 $^{\circ}$ 52.828'	97	1	0	1	0.88
3	SB03-2	Đèo Chư Se	13 $^{\circ}$ 36.531'	108 $^{\circ}$ 14.896'	61	1	0	37	0.72
4	SB05	Cầu Cây Sung	13 $^{\circ}$ 20.866'	108 $^{\circ}$ 28.784'	84	1	0	15	0.75
5	SB17	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	72	5	0	23	0.89
6	SB18	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	64	6	0	31	0.90
7	SB19	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	63	5	0	31	1.08
8	SB20	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	71	4	0	25	0.88
9	SB21	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	79	4	0	17	0.94
10	SB22	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	59	9	0	32	0.99
11	SB23	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	68	5	0	28	0.96
12	SB24	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	75	4	0	21	0.97
13	SB25	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	61	3	0	36	1.21
14	SB26	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	62	4	0	34	1.07
15	SB27	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	65	3	0	32	1.11
16	SB28	Cầu Phú Cần	13 $^{\circ}$ 11.085'	108 $^{\circ}$ 39.297'	66	3	0	31	1.17
Mẫu đá trầm tích Miocen felsic (MF)									
17	SB03-1	Đèo Chư Se	13 $^{\circ}$ 36.531'	108 $^{\circ}$ 14.896'	48	2	0	50	0.85
18	SB07	Phủ Túc	13 $^{\circ}$ 10.925'	108 $^{\circ}$ 42.000'	2	9	16	75	0.61
19	SB08	Phủ Túc	13 $^{\circ}$ 10.925'	108 $^{\circ}$ 42.000'	17	7	0	76	1.70
20	SB09	Phủ Túc	13 $^{\circ}$ 10.925'	108 $^{\circ}$ 42.000'	19	5	0	77	1.46
21	SB010	Phủ Túc	13 $^{\circ}$ 10.925'	108 $^{\circ}$ 42.000'	33	7	0	60	0.96
22	SB011	Phủ Túc	13 $^{\circ}$ 10.925'	108 $^{\circ}$ 42.000'	34	4	0	62	1.30
23	SB012	Phủ Túc	13 $^{\circ}$ 10.925'	108 $^{\circ}$ 42.000'	46	4	0	50	0.97
24	SB030	Cầu Cây Sung	13 $^{\circ}$ 20.884'	108 $^{\circ}$ 27.644'	4	18	0	78	0.31
25	SB031	Quỳnh Phụ	13 $^{\circ}$ 17.965'	108 $^{\circ}$ 37.111'	8	6	13	74	0.67
26	SB032	Quỳnh Phụ	13 $^{\circ}$ 17.965'	108 $^{\circ}$ 37.111'	46	4	0	49	1.80
27	SB033	Quỳnh Phụ	13 $^{\circ}$ 17.965'	108 $^{\circ}$ 37.111'	24	10	0	66	0.94
Mẫu đá trầm tích sông (MS)									
28	SB4	Buôn Hiao	13 $^{\circ}$ 22.266'	108 $^{\circ}$ 27.907'	46	8	6	41	1.16
29	SB6	Buôn Toat	13 $^{\circ}$ 18.332'	108 $^{\circ}$ 35.922'	47	10	8	35	1.01
30	SB13	Đình Thọ	13 $^{\circ}$ 01.431'	109 $^{\circ}$ 13.761'	35	12	12	41	1.14
31	SB14	Hoa Huổi	13 $^{\circ}$ 00.308'	109 $^{\circ}$ 07.036'	32	14	12	43	1.01
32	SB15	Phủ Cần	13 $^{\circ}$ 11.139'	108 $^{\circ}$ 39.378'	50	9	0	41	1.11
33	SB16	Phủ Túc	13 $^{\circ}$ 20.056'	108 $^{\circ}$ 37.782'	56	11	10	23	1.07
34	SB29	Kim Tân	13 $^{\circ}$ 30.711'	108 $^{\circ}$ 28.140'	39	13	11	37	1.03

sông Châu Giang trong điều kiện khí hậu cận nhiệt đới, bán đảo Malay trong điều kiện khí hậu nhiệt đới và đảo Hải Nam trong điều kiện khí hậu nhiệt đới chứa nhiều đá xâm nhập felsic và/hoặc đá phun trào felsic và kaolinit xuất hiện với hàm lượng cao trong sản phẩm phong hóa (Liu et al., 2007, 2012, 2016; Hình 4). Phong hóa vật lý dẫn đến sự phá vỡ đá gốc, giai đoạn đầu của quá trình phong hóa hóa học, quá trình thủy phân xảy ra yếu

có thể tạo thành các khoáng vật như illit và clorit. Phong hóa vật lý mạnh trong khi phong hóa hóa học yếu xảy ra trong điều kiện khí hậu tương đối lạnh và khô, hoặc có điều kiện kiến tạo nâng trôi mạnh mẽ tạo điều kiện cho xói mòn phát triển vì vậy hạn chế quá trình phong hóa hóa học mạnh (Chamley, 1989). Đặc trưng này có thể thấy ở giàu nguyên tố kiềm (ví dụ: granit, granodiorit và ryolit) (Chamley, 1989). Điển hình như lưu vực



Hình 4. Biểu đồ tập hợp khoáng vật sét của đá trầm tích Miocen andesit (MA), đá trầm tích Miocen felsic (MF) và trầm tích sông (MS) trong lưu vực sông Ba. Hàm lượng trung bình khoáng vật sét ở sông Mê Kông, sông Hồng, sông Châu Giang (Liu et al., 2007), sông ở Đài Loan (Liu et al., 2008), sông ở Luzon (Liu et al., 2009), sông ở phía bắc Boneo và bán đảo Malay (Liu et al., 2012) và sông ở đảo Hải Nam (Liu et al., 2016).

phần thượng lưu của các lưu vực sông Mê Kông và sông Hồng trong khí hậu cận nhiệt đới và kiến tạo nâng trồi mạnh mẽ, các con sông ở Đài Loan và phía Bắc Borneo trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nhưng lại có kiến tạo nâng trồi mạnh (Liu et al., 2004, 2007, 2008, 2012), nơi mà đá gốc sản sinh ra nhiều illit và clorit.

Thượng lưu của lưu vực sông Ba nằm trên một loạt các cao nguyên tiếp giáp, nơi lớp phủ phong hóa phát triển mạnh mẽ. Khu vực này được đặc trưng bởi hoạt động kiến tạo nâng trồi tương đối yếu trong giai đoạn từ Miocen đến Đệ tứ (Lan et al., 2003; Lepvrier et al., 2008). Những điều này cho thấy các đá gốc ở lưu vực sông Ba đã không bị xói mòn đáng kể trong giai đoạn này. Ngoài ra, khu vực này có khí hậu nhiệt đới gió mùa Đông Á với lượng mưa lớn trong các tháng từ 9÷12 và nhiệt độ ẩm áp trong suốt cả năm (Hình 3). Theo Wei and et al. (2006), khí hậu gió mùa Đông Á trong thời kỳ Miocen có nhiệt độ ẩm hơn so với thời điểm hiện tại. Do đó, điều kiện về hình thái, hoạt động kiến tạo và khí hậu trong Miocen và thời

điểm hiện tại cho phép phát triển chủ yếu quá trình phong hóa hóa học trong lưu vực sông Ba, dẫn đến sự gia tăng các khoáng sét thứ sinh (ví dụ, smectit và kaolinit).

Hàm lượng smectit trong các mẫu đá trầm tích Miocen có sự biến đổi theo thành phần thạch học đá gốc và nguồn gốc trầm tích, hàm lượng smectite cao trong các trầm tích có chứa nhiều andesit và ryolit (70%), thấp trong mẫu đá trầm tích chứa nhiều felsic (25%), trầm tích nguồn gốc sông có hàm lượng smectite trung bình (43%) (Hình 2B và 4). Sự xuất hiện phong phú của đá phun trào Mesozoi và đá bazan Neogen-Đệ tứ trong lưu vực sông Ba có thể bị phong hóa để hình thành chủ yếu smectit cho đá trầm tích Miocen và trầm tích sông. Các mẫu của ở khu vực này thể hiện các giá trị thấp của các tinh thể smectit ($0,31-1,80^\circ\Delta 2\theta$, trung bình $1,03^\circ\Delta 2\theta$) (Bảng 1), cho thấy smectit kết tinh khá tốt đến rất tốt (Ehrmann et al., 2005). Theo Chamley (1989) smectit xuất phát từ các đá phun trào có thể tạo ra tinh thể smectit tốt đến rất tốt.

Như vậy, smectit trong lưu vực sông Ba được hình thành chủ yếu từ các đá phun trào trong điều kiện khí hậu nóng ẩm. Sự phân bố rộng rãi của đá phun trào cùng với hoạt động kiến tạo nâng trồi yếu ớt và điều kiện khí hậu ẩm áp trong Miocen và Đệ tứ có thể là lý do dẫn đến hàm lượng smectit cao trong trầm tích lưu vực sông Ba.

Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng kaolinit cao trong các mẫu đá trầm tích Miocen có chứa thành phần chủ yếu từ đá felsic (65%), thấp trong mẫu đá trầm tích Miocen có thành phần từ đá andesit và ryolit (26%), trung bình trong các mẫu trầm tích sông (37%) (Hình 2B và 4). Lưu vực sông Ba chứa đá xâm nhập felsic phổ biến như granodiorit, granit và đá phun trào felsic như ryolit, dacit và felsit (Hình 2A), có thể là đá gốc tiềm năng để sản sinh ra kaolinit cao trong các sản phẩm phong hóa. Sự kết hợp của điều kiện khí hậu và môi trường địa chất tạo điều kiện cho các quá trình phong hóa hóa học phát triển ở khu vực này. Do đó, khu vực nghiên cứu có đầy đủ các điều kiện khí hậu (khí hậu ẩm và ấm), hoạt động kiến tạo nâng trồi yếu ớt và đá gốc giàu các nguyên tố kim loại Al, kiềm để tạo ra kaolinit trong đá trầm tích Miocen và trầm tích sông ở lưu vực sông Ba.

Trong tất cả các mẫu nghiên cứu (bao gồm trầm tích Miocen và các mẫu trầm tích sông) đều thể hiện hàm lượng illit và clorit thấp (Hình 2B và 4). Như đã nói trên, trong suốt Miocen và Đệ Tứ khu vực nghiên cứu có khí hậu ẩm, ấm thuận lợi cho quá trình phong hóa xảy ra. Vì vậy sự phát triển hạn chế vật liệu illite và chlorite có thể được giải thích là do hoạt động kiến tạo nâng trồi yếu, hoạt động phong hóa hóa học mạnh mẽ đã làm giảm mạnh quá trình phong hóa vật lý, hạn chế sự hình thành illit và clorit trong đá trầm tích Miocen và trầm tích sông ở lưu vực sông Ba. Do đó, sự có mặt của illit và clorit với hàm lượng thấp trong tất cả các mẫu có khả năng liên quan đến sự xói mòn vật lý yếu ở lưu vực sông Ba trong thời kỳ Miocen và thời điểm hiện tại.

Bán đảo Đông Dương là nơi cung cấp một lượng lớn trầm tích cho Biển Đông bởi lưu vực các con sông lớn như sông Mê Kông, sông Hồng và các sông nhỏ ở miền Trung Việt Nam (Liu et al., 2007, 2016; Milliman and Farmsworth, 2011), đặc biệt là phần thềm lục địa Việt Nam và phía Tây Biển Đông. Sự phân bố khoáng sét ở lưu vực sông Ba cho thấy có sự khác biệt với thành phần tổ hợp khoáng vật sét từ các sông Mê Kông và sông Hồng

(Hình 4). Sông Ba đặc trưng bằng hàm lượng smectit (43%) và kaolinit (37%) trung bình, trong khi hàm lượng illit (11%) và clorit (9%) thấp. Ở sông Mê Kông và sông Hồng, tập hợp khoáng vật sét chứa chủ yếu là illit (35÷43%), với kaolinit và clorit ở mức trung bình (24÷28%) và smectit thấp (6÷11%) (Liu et al., 2007). Kết quả nghiên cứu này có lẽ là một kênh thông tin quan trọng để cung cấp cho các nghiên cứu xác định nguồn gốc trầm tích ở thềm lục địa Việt Nam cũng như phía tây Biển Đông và các nghiên cứu xa hơn về môi trường cổ địa lý trong tương lai.

5. Kết luận

Tổ hợp khoáng vật sét trên các đá trầm tích Miocen và trầm tích sông trong lưu vực sông Ba, Nam Trung Bộ được sử dụng để đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phong hóa. Kết quả nghiên cứu có thể đưa ra những kết luận sau:

- Tập hợp khoáng sét trong các đá trầm tích Miocen andesit có chứa hàm lượng smectit cao (trung bình 70%), kaolinit trung bình (trung bình 26%) và nghèo illit (trung bình 4%). Đá trầm tích Miocen felsic đặc trưng bằng kaolinit chiếm ưu thế (trung bình 65%), smectit trung bình (trung bình 25%) và nghèo illit (trung bình 7%), clorit (trung bình 3%). Thành phần khoáng vật sét trong trầm tích sông (trầm tích hiện đại) có hàm lượng smectit (trung bình 43%) và kaolinit (trung bình 37%) ở mức vừa phải và nghèo illit (trung bình 11%) và clorit (trung bình 9%).

- Sự xuất hiện phổ biến của các loại đá xâm nhập và phun trào felsic tuổi Paleo-Mesozoi và đá bazan Neogen - Đệ tứ cùng với hoạt động nâng trồi yếu và điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa Đông Á ở lưu vực sông Ba đã giải thích cho sự hình thành phổ biến các khoáng vật sét smectit và kaolinit trong khi các khoáng vật illit và clorit có hàm lượng thấp. Nghiên cứu cũng cho thấy rằng, thành phần thạch học của đá gốc và điều kiện gió mùa Đông Á là hai yếu tố quan trọng quyết định tới quá trình phong hóa ở lưu vực sông Ba và tạo ra tổ hợp khoáng vật sét đặc trưng. Trong khi đó, điều kiện kiến tạo chỉ chiếm vai trò thứ yếu tác động đến quá trình phong hóa ở lưu vực này.

Lời cảm ơn

Để hoàn thành được bài báo này nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn giáo sư Liu Zhifei, tiến sĩ Yan Lili cùng các cán bộ phòng phân tích Trường Đại học

Đồng Tế, Trung Quốc đã giúp đỡ nhóm nghiên cứu có được kết quả phân tích mẫu đáng tin cậy. Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn sự giúp đỡ và tạo điều kiện vô cùng quý báu của các thầy cô trong Bộ môn Tìm kiếm - Thăm dò, Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, các Phòng Ban chức năng của Nhà Trường đã tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình nghiên cứu của nhóm tác giả. Kết quả nghiên cứu được sự hỗ trợ từ Đề tài nghiên cứu cấp cơ sở mã số T18-34 của Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Tài liệu tham khảo

- Bluth, G. J. S., Kump, L. R., 1994. Lithologic and climatologic controls of river chemistry. *Geochim. Cosmochim. Acta* 58, 2341-2359.
- Carter, A., Roques, D., Bristow, C. S., 2000. Denudation history of onshore central Vietnam: Constraints on the Cenozoic evolution of the western margin of the South China Sea. *Tectonophysics* 322, 265-277.
- Chamley, H., 1989. *Clay Sedimentology*. Springer. New York. (623 pp).
- Clift, P. D., Wan, S., Blusztajn, J., 2014. Reconstructing chemical weathering, physical erosion and monsoon intensity since 25 Ma in the northern South China Sea: A review of competing proxies. *Earth-Sci. Rev.* 130, 86-102.
- Colin, C., Turpin, L., Blamart, D., Frank, N., Kissel, C., Duchamp, S., 2006. Evolution of weathering patterns in the Indo-Burman Ranges over the last 280 kyr: Effects of sediment provenance on $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ratios tracer. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 7, 1-16.
- Colin, C., Siani, G., Sicre, M. A., Liu, Z., 2010. Impact of the East Asian monsoon rainfall changes on the erosion of the Mekong River basin over the past 25,000 yr. *Mar. Geol.* 271, 84-92.
- Dessert, C., Dupre, B., Francois, L.M., Schott, J., Gaillardet, J., Chakrapani, G., Bajpai, S., 2001. Erosion of Deccan Traps determined by river geochemistry: Impact on the global climate and the $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ratio of seawater. *Earth Planet. Sci. Lett.* 188, 459-474.
- Dessert, C., Dupre, B., Francois, L. M., Schott, J., Gaillardet, J., Chakrapani, G., Bajpai, S., 2001. Erosion of Deccan Traps determined by river geochemistry: impact on the global climate and the $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ratio of seawater. *Earth Planet. Sci. Lett.* 188, 459-474.
- Ehrmann, W., Setti, M., Marinoni, L., 2005. Clay minerals in Cenozoic sediments off Cape Roberts (McMurdo Sound, Antarctica) reveal palaeoclimatic history. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 229, 187-211.
- Hoang, N., Flower, M., 1998. Petrogenesis of Cenozoic Basalts from Vietnam: Implication for Origins of a "Diffuse Igneous Province." *J. Petrol.* 39, 369-395.
- Hoang, N., Flower, M. F. J., Chi, C. T., Xuan, P. T., Quy, H. V., Son, T. T., 2013. Collision-induced basalt eruptions at Pleiku and Buon Me Thuat, south-central Viet Nam. *J. Geodyn.* 69, 65-83.
- Hu, B., Li, J., Cui, R., Wei, H., Zhao, J., Li, G., Fang, X., 2014. Clay mineralogy of the riverine sediments of Hainan Island, South China Sea: Implications for weathering and provenance. *J. Asian Earth Sci.* 96, 84-92.
- Jonell, T. N., Clift, P. D., Hoang, L. V., Hoang, T., Carter, A., Wittmann, H., Böning, P., Pahnke, K., Rittenour, T., 2016. Controls on erosion patterns and sediment transport in a monsoonal, tectonically quiescent drainage, Song Gianh, central Vietnam. *Basin Res.* 29, 1-25.
- Lepvrier, C., Vuong, N. V., Maluski, H., Thi, P. T., Vu, T. V., 2008. Indosinian tectonics in Vietnam. *Comptes Rendus - Geosci.* 340, 94-111.
- Liu, J., Xiang, R., Chen, Z., Chen, M., Yan, W., Zhang, L., Chen, H., 2013. Sources, transport and deposition of surface sediments from the South China Sea. *Deep Sea Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.* 71, 92-102.
- Liu, Z., Colin, C., Trentesaux, A., Blamart, D., Bassinot, F., Siani, G., Sicre, M., 2004. Erosional history of the eastern Tibetan Plateau since 190 kyr ago: Clay mineralogical and geochemical investigations from the southwestern South China Sea. *Mar. Geol.* 209, 1-18.
- Liu, Z., Colin, C., Huang, W., Phon, L. K., Tong, S., Chen, Z., Trentesaux, A., 2007. Climatic and tectonic controls on weathering in south China and Indochina Peninsula: Clay mineralogical

- and geochemical investigations from the Pearl, Red, and Mekong drainage basins. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 8, 1-18.
- Liu, Z., Tuo, S., Colin, C., Liu, J. T., Huang, C. Y., Selvaraj, K., Chen, C. T. A., Zhao, Y., Siringan, F. P., Boulay, S., Chen, Z., 2008. Detrital fine-grained sediment contribution from Taiwan to the northern South China Sea and its relation to regional ocean circulation. *Mar. Geol.* 255, 149-155.
- Liu, Z., Zhao, Y., Colin, C., Siringan, F. P., Wu, Q., 2009. Chemical weathering in Luzon, Philippines from clay mineralogy and major-element geochemistry of river sediments. *Appl. Geochem.* 24, 2195-2205.
- Liu, Z., Wang, H., Hantoro, W. S., Sathiamurthy, E., Colin, C., Zhao, Y., Li, J., 2012. Climatic and tectonic controls on chemical weathering in tropical Southeast Asia (Malay Peninsula, Borneo, and Sumatra). *Chem. Geol.* 291, 1-12.
- Liu, Z., Zhao, Y., Colin, C., Stattegger, K., Wiesner, M. G., Huh, C. A., Zhang, Y., Li, X., Sompongchaiyakul, P., You, C.-F., Huang, C.-Y., Liu, J.T., Siringan, F.P., Le, K.P., Sathiamurthy, E., Hantoro, W.S., Liu, J., Tuo, S., Zhao, S., Zhou, S., He, Z., Wang, Y., Bunsomboonsakul, S., Li, Y., 2016. Source-to-Sink transport processes of fluvial sediments in the South China Sea. *Earth-Sci. Rev.* 153, 238-273.
- McLennan, S. M., 1993. Weathering and Global Denudation. *J. Geol.* 101, 295-303.
- Milliman, J. D., Farnsworth, K. L., 2011. *River Discharge to the Coastal Ocean: A Global Synthesis*, Cambridge University Press, Cambridge. (382 pp).
- Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Nam, T. N., Toyoshima, T., Binh, P., Tsunogae, T., Kagami, H., 2007. Geologic and metamorphic evolution of the basement complexes in the Kontum Massif, central Vietnam. *Gondwana Res.* 12, 438-453.
- Nam, T.N., 1998. Thermotectonic events from Early Proterozoic to Miocene in the Indochina craton: Implication of K-Ar ages in Vietnam. *J. Asian Earth Sci.* 16, 475-484.
- Nam, T. N., Sano, Y., Terada, K., Toriumi, M., Quynh, P. V., Dung, L. T., 2001. First SHRIMP U-Pb zircon dating of granulites from the Kontum massif (Vietnam) and tectonothermal implications. *J. Asian Earth Sci.* 19, 77-84.
- Nielsen, L. H., Petersen, H. I., Thai, N. D., Duc, N. A., Fyhn, M. B. W., Boldreel, L. O., Tuan, H. A., Lindstrom, S., Hien, L. V., 2007. A Middle-Upper Miocene fluvial-lacustrine rift sequence in the Song Ba Rift, Vietnam: an analogue to oil-prone, small-scale continental rift basins. *Pet. Geosci.* 13, 145-168.
- Sang, P. N., Liu, Z., Stattegger, K., 2019. Weathering and erosion in central Vietnam over the Holocene and Younger Dryas: Clay mineralogy and elemental geochemistry from the Vietnam Shelf, western South China Sea. *Journal of Asian Earth Sciences* 179, 1-10.
- Schimanski, A., Stattegger, K., 2005. Deglacial and Holocene evolution of the Vietnam shelf: Stratigraphy, sediments and sea-level change. *Mar. Geol.* 214, 365-387.
- Schroeder, A., Wiesner, M. G., Liu, Z., 2015. Fluxes of clay minerals in the South China Sea. *Earth Planet. Sci. Lett.* 430, 30-42.
- Selvaraj, K., Chen, C. A., 2006. Moderate Chemical Weathering of Subtropical Taiwan: Constraints from Solid-Phase Geochemistry of Sediments and Sedimentary Rocks. *J. Geol.*
- Trần Đức Lương, Nguyễn Xuân Bao, 1988. Bản đồ địa chất Việt Nam, tỷ lệ 1:500.000. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội.
- Trần Văn Trị, Vũ Khúc, 2009. Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. *Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, Hà Nội, 390tr.
- Wang, H., Liu, Z., Edlic, S., Colin, C., L. I., J., Zhao, Y., 2011. Chemical weathering in Malay Peninsula and North Borneo: Clay mineralogy and element geochemistry of river surface sediments. *Sci. China Earth Sci.* 54, 272-282.
- Wei, G., Li, X. H., Liu, Y., Shao, L., Liang, X., 2006. Geochemical record of chemical weathering and monsoon climate change since the early Miocene in the South China Sea. *Paleoceanography* 21, 1-11.

ABSTRACT

Factors controls on weathering in the Ba River drainage basin, South Central Vietnam: Clay mineralogical investigations

Sang Nhu Pham, Hung The Khuong, Toan Thi Ta, Hien Thanh Thi Phan, An Manh Do, Tinh Thanh Bui

Faculty of Geosciences and Geoengineering, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

Clay minerals of Miocene sedimentary rock and river sediment samples were collected from the Ba River basin in Southern Central Vietnam to evaluate controlling factor on weathering in Miocene and the present time. The analysis results display that Miocene andesitic sedimentary rocks contain high smectite (average 72%) with moderate kaolinite (24%), while Miocene felsic sedimentary rocks consist of high kaolinite (65%) with moderate smectite (25%). River sediments are represented by moderate smectite (43%) and kaolinite (37%). Based on the formation and typical distribution of clay minerals in the Ba River basin can be caused by the occurrence of felsic intrusive rocks and eruptive rocks along with the weak tectonics and tropical East Asia monsoon climate during the Miocene and in the present time. This indicates that lithological composition of parent rocks and East Asian monsoon conditions are significant roles in controlling weathering process, while tectonics play only a subordinate role in the Ba River basin.