

BẢN CHẤT VÀ NGUỒN GỐC KẾT VÓN CỦA CÁC THÀNH TẠO LATERIT Ở VIỆT NAM

NGUYỄN VĂN PHỔ¹, ĐỖ CẢNH DƯƠNG²,
NGUYỄN VĂN LÂM³, NGUYỄN THỊ THANH THẢO³

¹*Viện Địa chất, Viện KH&CN VN, Chùa Láng, Hà Nội;*

²*Văn phòng Chính phủ, Ba Đình, Hà Nội;*

³*Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Đông Ngạc, Từ Liêm, Hà Nội*

Tóm tắt: Kết quả nghiên cứu các mặt cắt laterit ở nhiều vùng tại Việt Nam bằng các kỹ thuật hiện đại đã cho phép đưa ra các nhận định về bản chất nguồn gốc của quá trình laterit hóa. Các thành tạo laterit chủ yếu được hình thành ở phần trên vỏ phong hóa, nơi tích tụ thứ sinh của kaolinit có độ lỗ hổng cao. Tại đây các oxit, hydroxit sắt và nhôm lấp đầy lỗ hổng, hay thay thế một phần sét. Sự tập trung này là do quá trình rửa lựa các nguyên tố Si, kiềm và kiềm-thổ xảy ra ở đới trên thấm xuống đới dưới. Bởi vậy, ở phần trên cùng của mặt cắt phong hóa thường là vật chất màu đỏ hay nâu đỏ, gắn kết yếu, có cấu tạo hạt mịn, bao gồm các tổ hợp vi hạt của kaolinit, oxit-hydroxit sắt và/hoặc nhôm. Quá trình này xảy ra theo cơ chế thay thế biểu sinh; kết quả dẫn tới sự phân dị địa hóa trong mặt cắt phong hóa, tạo nên các đới có thành phần và cấu tạo khác nhau.

MỞ ĐẦU

Các sản phẩm phong hóa triệt để nhất là các thành tạo laterit, hình thành ở nhiều nơi trên lãnh thổ nước ta và các nước khác thuộc vành đai khí hậu nhiệt đới. Hiện đã có nhiều công trình nghiên cứu về quá trình thành tạo laterit. Nhìn chung, các nhà nghiên cứu đều cho rằng các thành tạo này hình thành do quá trình hóa-lý tích lũy các oxit-hydroxit sắt và nhôm, đồng thời mang đi silic và các nguyên tố kiềm, kiềm-thổ. Sau đó, các thành phần này lại tiếp tục bị oxy hóa, tạo nên tích tụ các hạt vật chất sắt mịn khó tan. Quá trình gắn kết và hydrat hóa tiếp theo tạo nên hạt kết vón cứng chắc, hay có sự liên kết các hạt thành các khối lỗ rỗng có cấu tạo tổ ong, mà trong các hốc có thể chứa chất liệu sét. Đó chính là quá trình laterit hóa. Tuy nhiên, bản chất địa hóa của quá trình này và nguồn gốc thực thụ của các thành tạo laterit thì vẫn còn nhiều điều chưa được làm rõ và có những quan điểm khác nhau. Trong bài báo này, dựa trên những tài liệu nghiên cứu laterit ở nhiều vùng khác nhau, chúng tôi đưa ra một số nhận định về bản chất của quá trình hình thành các kết vón laterit trên quan điểm thay thế trao đổi biểu sinh giữa các thành phần sắt và kaolinit.

I. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các kết quả nghiên cứu hàng loạt các mặt cắt laterit trong nhiều năm của các tác giả và đồng nghiệp đã cho thấy, sự thành tạo các kiểu laterit chủ yếu chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như: đá mẹ, địa hình và khí hậu địa phương. Các yếu tố cơ bản này cũng đã được bàn tới trên nhiều văn liệu khác nhau [1-4, 8, 9]. Tuy nhiên, việc xác định chúng trong không gian theo thời gian tại hiện trường là điều rất khó, bởi vậy lượng thông tin có giá trị nhất thu nhận được là nhờ nghiên cứu chi tiết nhiều mặt cắt laterit hoàn chỉnh (các mặt cắt laterit), từ đá gốc chưa bị phong hóa cho tới lớp bị phong hóa mạnh trên dạng địa hình đặc trưng bởi các đồi bát úp dốc thoải, điều kiện nước thoát chậm. Mặt cắt laterit trên các đá khác nhau ở các khu vực khác nhau cũng đã được nghiên cứu để có thể hiểu rõ được quá trình laterit hóa cơ bản.

Cũng cần lưu ý là các mặt cắt phong hóa có sự gián đoạn cơ-lý học, như bóc mòn hay bổ sung thêm vật liệu mang đến, đều bị bỏ qua không được nghiên cứu, nhằm để loại bỏ những ảnh hưởng không mang bản chất phong hóa. Nhiều mặt cắt đã gặp có chứa các thành tạo giàu sắt, nhưng khó có thể giải thích bằng các quá trình laterit hóa thông thường, cũng không được đề cập ở đây. Nếu chúng có những dấu hiệu của sự tái tạo, vận chuyển và lắng đọng, thì chúng không thể được xếp vào laterit, mà là các trầm tích laterit. Sự có mặt của tập hợp laterit phức tạp được nhóm thành các laterit ngoại lai, các thành tạo giả laterit, hay các tướng đá có nguồn gốc laterit. Chúng chỉ liên quan tới việc nghiên cứu ở quy mô khu vực, nhưng không đóng góp gì cho việc hiểu biết chung về quá trình laterit hóa.

Sau khi mô tả tại thực địa, các mẫu của các đới phong hóa được thu thập và được nghiên cứu bằng phương pháp kính hiển vi quang học sau khi đã tẩm nhựa thông, nhiễu xạ tia X (XRD), kính hiển vi điện tử quét (SEM), cùng với các phân tích hóa và đo độ pH của nước. Tất cả các phép phân tích được thực hiện tại các Phòng Phân tích Hóa-quang phổ, Viện Địa chất, Viện KH&CN VN và Phòng Phân tích Viện Dầu khí Việt Nam.

II. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Đặc điểm các kiểu thành tạo laterit ở Việt Nam

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu thành phần hóa học và thành phần khoáng vật tại mặt cắt phong hóa đã cho thấy một quy luật chung, là khoáng vật nguyên sinh của đá thường không bị hòa tan hết (hòa tan không thuận lợi), mà chuyển thành khoáng vật thứ sinh bền vững hơn trong điều kiện phong hóa mạnh. Các nguyên tố trong các khoáng vật của đá gốc được giải phóng và thể hiện các phản ứng khác nhau trong dung dịch nước. Các nguyên tố Na, K, Mg và Ca không phản ứng với các nguyên tố khác và di chuyển vào nước luân lưu. Quá trình hòa tan ban đầu có ưu thế nổi trội do độ axit của nước cao (độ pH thấp). Lượng phần trăm khá lớn của Si hòa tan bị mang đi, nhưng phần khác lại phản ứng với Al hòa tan và tạo ra khoáng vật sét kaolinit. Hydroxit nhôm - gibbsit được thành tạo, nếu hàm lượng của Si hòa tan rất thấp do sự rửa trôi rất mạnh (trong khuôn khổ bài báo này, không bàn về sự thành tạo bauxit laterit; vấn đề này có bài riêng). Fe hòa tan phản ứng mạnh với các ion hydroxyl để hình thành goethit và hematite, mà sau khi bị oxy hóa tạo ra màu nâu đỏ của laterit. Như vậy, quá trình chủ đạo thành tạo laterit là sự làm giàu tại chỗ (hay tương đối) của sắt và nhôm, nhờ có sự mang đi của silic, kiềm và kiềm-thô. Biến đổi hóa học này tùy thuộc vào thành phần khoáng vật với sự thành tạo goethit, hematit, kaolinit và gibbsit. Các khoáng vật này cùng với thạch anh tàn dư tạo ra đới laterit [1].

Laterit không những được hình thành trên các đá giàu oxit sắt và nhôm mà cả trên các đá giàu silic nữa [3]. Cơ chế chung là oxit sắt bị hydrat hóa có khả năng hòa tan, FeO hòa tan vào nước và bị rửa trôi khỏi đá mẹ cùng với oxit nhôm đi vào vỏ phong hóa. Tiếp đó quá trình oxy hóa xảy ra đối với oxit chứa sắt tạo nên oxit sắt III (Fe_2O_3) không tan và lắng đọng lại dưới dạng các hạt mịn. Sự tập trung các oxit bắt đầu xảy ra và nó chỉ có thể do tích tụ tàn dư tại chỗ hay do dung dịch vận chuyển và lắng đọng hóa học. Sự tập trung này tăng lên do độ ẩm mất đi, dẫn đến sự hình thành các kết hạch mềm bở trong đất đi cùng với sự lắng đọng. Quá trình này và sự kết cứng tiếp theo của các kết hạch sẽ tạo ra quá trình phát triển kết hạch.

Sự có mặt của các oxit sắt và nhôm với silic, kaolinit và các khoáng vật sét khác tạo cho laterit có màu đỏ son, nâu vàng, nâu đỏ, trong đó màu đỏ là màu chủ đạo do oxit sắt tạo nên. Tùy thuộc vào mức độ phát triển kết hạch mà các tính chất vật lý của laterit có thể bị biến đổi và tạo nên các biến thể khác nhau. Hệ thống phân loại các biến thể này được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp các kiểu mặt cắt laterit ở Việt Nam

Giai đoạn phát triển	Kiểu laterit	Đặc điểm cơ bản	Cách gọi tương tự trong văn liệu
Chưa trưởng thành (trẻ)	Laterit rời rạc	Đất đồi có chứa vật liệu laterit. Các oxy-hydroxit có lẫn vật chất đất. Các kết hạch chưa kết cứng, nhưng có chiều hướng phát triển thành kết hạch	Đất laterit, sét chứa laterit
Trưởng thành	Laterit kết vón	Các kết vón rắn chắc dưới dạng các hạt riêng lẻ	Laterit hạt đậu, laterit vón đầu ruồi
	Laterit đá ong	Các kết vón phát triển tạo nên cấu tạo lỗ hổng, trong đó lấp đầy các vật liệu sét.	Laterit đá ong, laterit sắt, đá sắt có lỗ hổng, laterit dạng tế bào
	Laterit kết cứng	Lớp laterit cứng chắc dạng khối và tầng.	Kết hạch sắt, đá sắt, lớp vỏ laterit, laterit kết khối
Quá trưởng thành	Laterit tái trầm tích	Có thể là kết vón, tổ ong hay khối rắn chắc nhưng đã bị phá hủy, bóc mòn lớp đã có trước hay ở dạng cuội kết.	

Để tìm hiểu bản chất địa hóa của quá trình laterit, trước hết ta xét tới mặt cắt laterit điển hình có chứa đá ong

Lớp đá ong có thể lộ ra trên mặt cũng có thể nằm dưới lớp cùi ở độ sâu chừng 50-100 cm. (Hình 1). Người dân địa phương thường khai thác, sau đó để trong không khí để có đủ độ rắn chắc làm vật liệu xây dựng. Cấu tạo của đá ong gồm hai bộ phận chính là khung xương và ruột sét loang lỗ nằm trong khung (Hình 2).

Theo chiều thẳng đứng, màu sắc thay đổi từ nâu vàng, nâu đỏ ở phần dưới chuyển lên nâu đen ở phần trên mặt cắt. Độ cứng của khung cũng tăng dần. Phần không gian bên trong khung là sét loang lỗ, sẫm màu. Tỷ lệ giữa phần khung và phần ruột sét dao động từ 1,0 đến 1,5 và tỷ lệ này tăng từ dưới lên trên mặt cắt. Kết quả phân tích roengen cho thấy, trong đá ong có 3 nhóm khoáng vật chính sau:

1. Nhóm khoáng vật oxit sắt gồm:

- Goethit: $\alpha\text{-FeOOH}$.
- Lepidocrocit: $\gamma\text{-FeOOH}$ (hay syn - FeOOH).
- Hematit: Fe_2O_3 .

2. Nhóm khoáng vật sét gồm:

- Kaolinit: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
- Chlorit: $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

3. Silicagen.

Thành phần khoáng vật của đá ong điển hình được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Một số thành phần khoáng vật chính của đá ong nguyên khai ở Thạch Thát, Hà Nội

STT	Tên khoáng vật	Hàm lượng (%)
-----	----------------	---------------

1	Goethit - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	45
2	Hematit - $\alpha \text{Fe}_2\text{O}_3$	8
3	Lepidocrocit - $\text{FeO} \cdot \text{OH}$	7
4	Kaolinit - $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	19
5	Chlorit - $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	6
6	Mica - $[(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \cdot \text{K}$	5
7	Thạch anh - SiO_2	5

Phân tích các hợp phần của đá ong dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM), có thể thấy những khác biệt rõ nét: phần ruột chủ yếu là kaolinit (Hình 3). Trong nền kaolinit dạng vảy có chứa một số khoáng vật tàn dư (thạch anh, muscovite, ...). Phần vỏ chủ yếu là các khoáng vật oxit-hydroxit sắt với các tinh thể nhỏ nằm xen kẽ với kaolinit dạng vảy (Hình 4).

Kết hợp các kết quả phân tích thành phần và cấu tạo, có thể thấy sự khác biệt về thành phần giữa vỏ và ruột đá ong chủ yếu là thành phần của vỏ có hàm lượng các oxit sắt tăng lên đáng kể dưới dạng các khoáng vật goethit và hematit. Nghiên cứu sự biến đổi thành phần hóa học trong mặt cắt laterit cho thấy sự chuyển hóa của đá thành laterit xảy ra từ từ và được biểu thị bởi sự tăng cao hàm lượng sắt và giảm hàm lượng silic theo từng bước trong mặt cắt laterit trên đá mẹ.

Có thể thấy các sản phẩm phong hóa giai đoạn đầu là các đá bị kaolinit hóa rất mạnh, kể cả khi vẫn thể hiện cấu tạo đá mẹ cũng không được gọi là laterit. Chúng được gọi là saprolit, trong đó sắt và nhôm không được tập trung mạnh như trong laterit. Đối trung chuyển giữa saprolit sang laterit thực thụ chính là đới sét loang lổ (Hình 1).

Sự tích tụ tuyệt đối của sắt được bàn tới không phải là quá trình cơ bản của sự thành tạo laterit trên quy mô lớn, mà nó xảy ra ở quy mô nhỏ. Sự thành tạo các kết vón, kết hạch sắt trong đới laterit đòi hỏi sự di chuyển của sắt ít nhất là hàng cm và dm. Sự rửa trôi mạnh hơn từ trên xuống trong mặt cắt hoặc thậm chí từ đỉnh đến sườn đồi có thể xảy ra dưới các điều kiện axit và khử (trị số pH và Eh thấp) trong nước tĩnh mà không phải được thực hiện dưới điều kiện rửa lũa mạnh [1, 5].

2. Cơ chế thành tạo các vi cấu tạo kết vón

Kết quả nghiên cứu các lát mỏng từ mặt cắt laterit cho thấy, sự thành tạo kết vón được thể hiện ở một số giai đoạn được đặc trưng bởi cội nguồn khoáng vật và cấu tạo hoặc bởi các gián đoạn, thể hiện bởi sự tập trung chất liệu trên vật chất sét nền. Các giai đoạn được biểu thị bởi cường độ tập trung vật chất sắt hay bởi mức độ phân dị vật chất sắt trong vật chất sét nền. Do đó, sự chuyển hóa diễn ra từ các tập trung phân dị yếu (tập trung đầu tiên) thông qua tập trung phân dị trung bình (hình thành kết hạch), tập trung phân dị mạnh (kết hạch hoàn hảo và hạt đậu hay đá ong).

Sự tập trung chất liệu tăng dần lên được thể hiện bằng kích thước vĩ mô trên Hình 5 và có thể mô tả như sau:

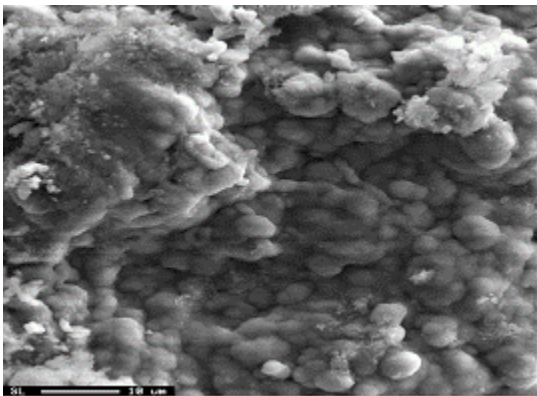
1. Sự tập trung vật chất sắt ban đầu thể hiện ở sự vận chuyển hướng tâm đơn thuần của các nguyên tố và sự tái lắng đọng của chúng bên trong chất liệu nền, mà không có những biến đổi đáng kể về khoáng vật và cấu tạo. Ranh giới các kết vón mờ nhạt và từ từ (Hình 5 A).



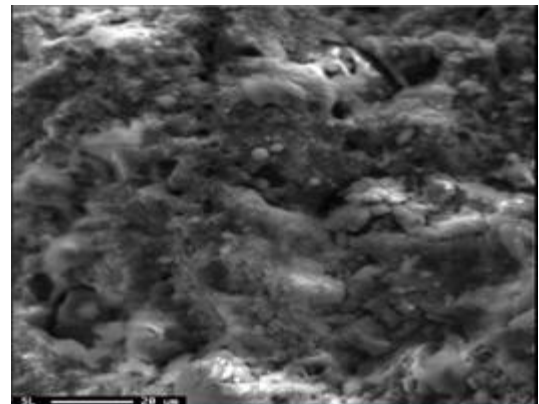
Hình 1. Mặt cắt laterit điển hình trên các đá sét. Có thể thấy đới sét loang lổ ở phía dưới, tiếp lên trên chuyển thành laterit mềm và trên cùng là lớp vỏ sắt phủ.



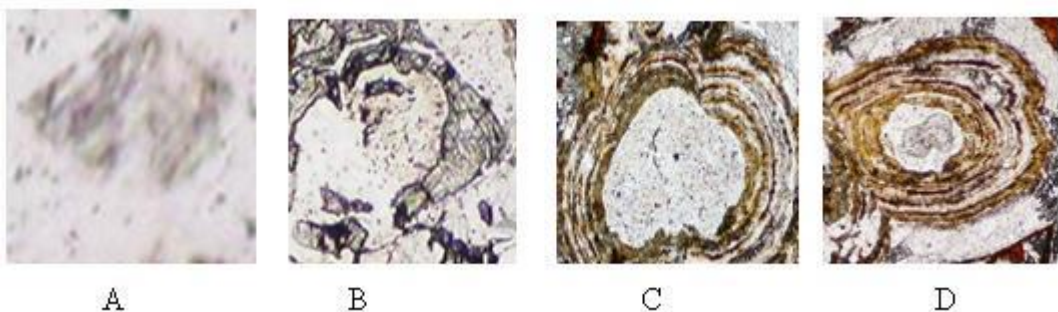
Hình 2. Cấu tạo của đá ong bao gồm phần vỏ và phần ruột. Phần vỏ gồm nhiều oxit sắt có màu nâu đậm hơn còn phần ruột sáng màu có chứa nhiều kaolinit.



Hình 3. Ảnh vi cấu tạo của phần ruột sét đã ong dưới kính hiển vi điện tử quét SEM (các tinh thể kaolinit có chứa các hạt khoáng vật tàn dư).



Hình 4. Ảnh vi cấu tạo của khung xương đá ong dưới kính hiển vi điện tử quét SEM (các tinh thể goethit xen lẫn với kaolinit).



Hình 5. Các giai đoạn thành tạo kết vón quan sát dưới kính hiển vi. A: Sự tập trung kết vón ban đầu trên nền sét phong hóa. B: Kết vón bắt đầu hình thành, vật chất nền bị thay thế bởi các thành tạo biểu sinh. C: Kết vón hoàn chỉnh, các hạt sét nền phong hóa định hướng lại do bị nén ép. D: Kết hạch dạng hạt đậu, vỏ dạng lớp phát triển nhờ tiêu hao phân vật chất bên trong kết hạch.

2. Quá trình tập trung vật chất sắt tiếp theo cho thấy sự vận động theo chiều đồng tâm đơn giản tiếp theo là sự tái lắng đọng, với sự thay thế biểu sinh vật chất sắt với các hợp phần sét. Do đó, sự thay thế khoáng vật diễn ra tiếp sau là sự chồng gối một cách đơn giản của giai đoạn đầu. Ranh giới kết vón vẫn mờ nhạt, nhưng nó cho thấy rằng sự phân dị của kết hạch diễn ra tại chỗ (Hình 5 B).

3. Mức độ tập trung tăng lên tùy thuộc vào quá trình cá thể hóa khoáng vật của mỗi cấu tạo, nhờ sự khác biệt của nó trong phản ứng với nước tạo ra sự gián đoạn cấu tạo. Sự gián đoạn cấu tạo này thể hiện bởi sự định hướng lại dưới sự chèn ép của các hạt sét nền và bởi sự hình thành các hốc ven rìa (Hình 5 C).

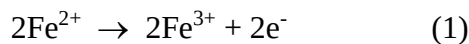
4. Kết hạch đã trải qua quá trình phát triển, hình thành các vành mỏng đồng tâm thông qua quá trình tổ chức lại và định hướng lại chất liệu kết vón, làm giảm kích cỡ kết hạch (Hình 5 D).

Sự tập trung các kết vón trong vỏ phong hóa thường hay được gọi là “sự tạo kết vón” hay “quá trình kết cứng” và được mô tả khi quá trình tách biệt đã đủ rõ và được thể hiện bởi màu sắc, cấu tạo hay thành phần khoáng vật đặc trưng của nó. Những kết hạch sắt, thường quan sát thấy ở nhiều vùng nghiên cứu, đôi khi gặp các kết hạch mangian và carbonat.

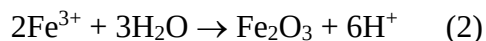
Kết quả nghiên cứu trên đã giải thích sự thành tạo các kết vón kết cứng trong nền kaolinit xảy ra nhờ sự thay thế biểu sinh giữa các tinh thể kaolinit với hematit. Do đó, nắm chắc được quá trình hình thành vón kết sắt là hiểu được sự di chuyển của sắt, quá trình lắng đọng của nó dưới dạng hematit và quá trình hòa tan của kaolinit.

Quan điểm về các kết vón sắt được thể hiện trong các công trình của Boulet, Boulet và Nahon, Nahon *et al.* [3, 4, 7], v.v.. Các tác giả này cũng chỉ rõ rằng, các hợp phần khoáng vật nguyên sinh của nền sét bị hòa tan và bị thay thế trong quá trình tích tụ hướng tâm vật liệu sét. Sự thay thế xuất hiện với sự bảo tồn thể tích ban đầu và vì thế, nó là thay thế biểu sinh. Do vậy, có thể giải thích sự sinh thành các vón kết mà không có bất kỳ một sự đồng hóa khoáng vật học nào của các vón kết với môi trường nền được kết nối tức thời.

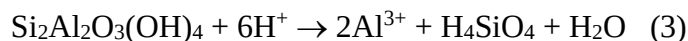
Sự di chuyển của sắt xảy ra dưới trạng thái khử do có sự biến đổi về thế oxy hóa khử (Eh) luôn tồn tại trong vỏ phong hóa. Hơn nữa, trong môi trường khử, nồng độ các ion sắt ngoài Fe^{2+} ra là không đáng kể [5]. Trong trường hợp này, nồng độ của ion sắt tổng trong dung dịch thẩm lọc hay khuếch tán có thể được xem là chỉ bao gồm Fe^{2+} . Bối cảnh này có thể biểu diễn bằng sơ đồ dưới dạng phương trình như sau:



Hematit lắng đọng từ cation Fe^{3+} hòa tan theo phản ứng sau:



Thực tế là hematit lắng đọng trong đới giàu kaolinit. Hai phương trình này biểu thị giai đoạn oxy hóa - thủy phân, được Brinkman (1979) gọi là nhiễm sắt hóa (ferrolysis). Sự nhiễm sắt hóa tùy thuộc vào quá trình hòa tan của khoáng vật sét (cụ thể là kaolinit) do các proton được giải phóng ra trong quá trình thủy phân ion Fe^{3+} ở phương trình 2 nêu trên. Sự hòa tan kaolinit có thể biểu diễn bằng phương trình như sau:



Tuy nhiên, trong các đới kaolinit lỗ hổng nhỏ, sự lắng đọng của hematit hay sản phẩm oxit sắt III bị hydrat hóa chưa kết cứng của nó thay thế cho goethit tốt hơn là trong đới lỗ hổng lớn [5].

Điều này có thể được giải thích bằng công trình của Nahon (1985) [5]. Trên thực tế, hướng di chuyển của sắt và sự lắng đọng của nó xuất hiện dưới dạng hematit được khống chế bởi kích cỡ lỗ hổng của nền sét. Hướng vận chuyển lại thường từ các lỗ hổng lớn (trong đó áp suất khí quyển cao hơn và độ hòa tan của oxy-hydroxit cũng lớn hơn) sang các lỗ hổng bé hơn (trong đó áp suất thấp hơn áp suất khí quyển). Hơn nữa, hoạt tính của nước thấm qua hay khuếch tán qua có liên quan tới kích cỡ các lỗ hổng chứa nó. Do đó, trong hệ thống lỗ hổng giữa các tinh thể kaolinit, kích cỡ các lỗ hổng là vào khoảng 30-50 Å, hoạt tính của nước trong đó thấp và sự khử nước của goethit thành hematit là quy luật tạo điều kiện thuận tiện cho quá trình lắng đọng hematit.

3. Sự tích tụ vật chất trong các vỏ bọc ngoài

3.1. Những biến đổi địa hóa: Sau khi lắng đọng các vật chất sắt, dưới tác động của các hạt trong huyền phù hay các nguyên tố khác trong dung dịch, các vỏ sắt hay các tinh thể có thể trải qua những biến đổi mang bản chất địa hóa. Những biến đổi này có hai kiểu: biến đổi do chia cắt, hoặc biến đổi hóa tinh thể, có liên quan tới sự mất đi hay tích tụ.

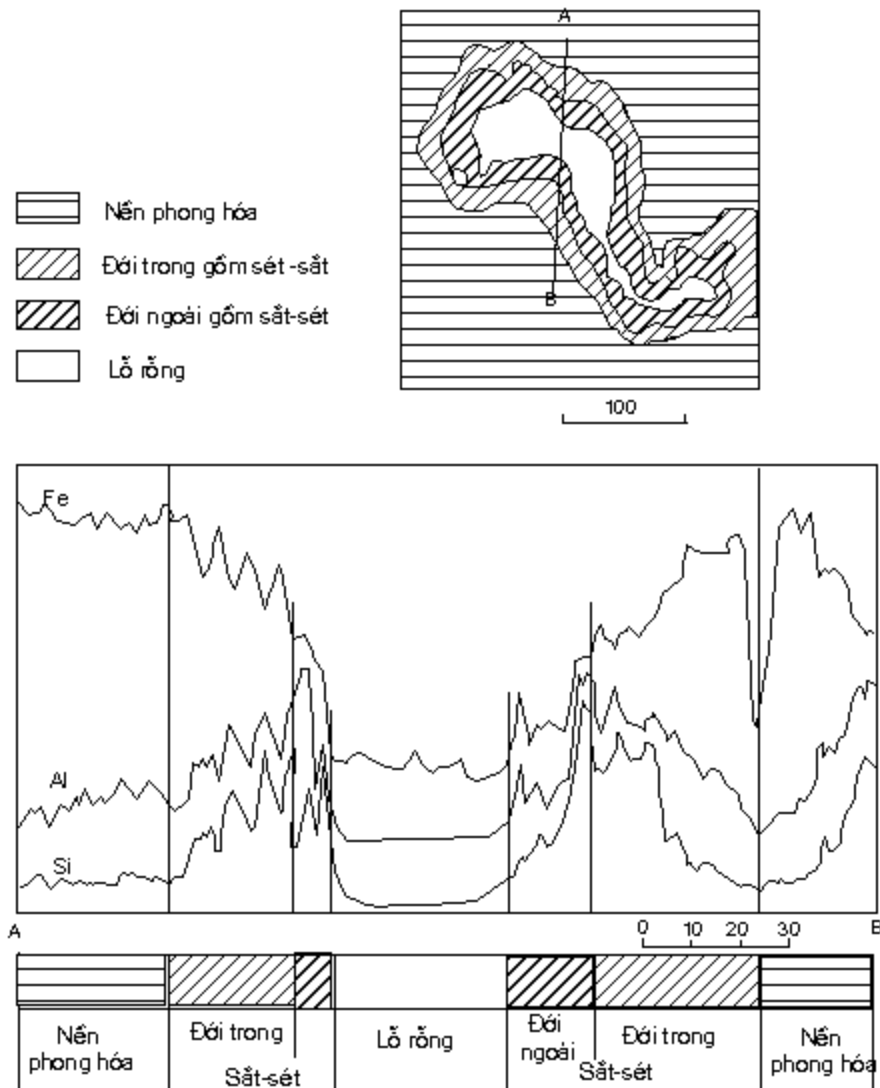
- *Biến đổi do chia cắt:* Ít nhất có một trong các nguyên tố cấu thành tách ra khỏi đới vỏ nguyên sinh và tái tập trung ở một nơi khác. Một thí dụ điển hình được miêu tả bằng các lớp phủ ngoài của các bao thể, trong đó bao gồm kaolinit, oxy-hydroxit sắt dưới dạng vô định hình hay kết tinh (goethit). Những tích tụ nền sắt-sét tương đối đồng đều về màu sắc (đỏ) và về thành phần (hàm lượng Fe_2O_3 là không đổi khoảng 12%, còn lại là SiO_2 và Al_2O_3), hoặc được phân đới, tức là phân dị thành đới bên trong có màu thẫm hơn và giàu sắt hơn; đới bên ngoài kề liền với hốc có màu sáng hơn và nghèo sắt hơn.

Những phân tích dưới kính hiển vi điện tử cho thấy rằng kaolinit xuất hiện trong hai đới không trải qua phong hóa và hàm lượng sắt tăng lên dần từ rìa hốc vào đới bên trong (Hình 7). Sự tăng trưởng hàm lượng sắt có liên quan tới kaolinit ở đới bên ngoài và hoàn toàn độc lập với hành vi của kaolinit ở đới bên trong. Do đó, trong lớp sắt-sét phân đới này, sự phân bố lại của sắt xảy ra sau khi chúng được lắng đọng tùy thuộc vào quá trình khử sắt của đới bên ngoài liền kề với hốc và tùy thuộc vào hàm lượng của sắt đi về phía đới bên trong bao quanh vật chất nền. Đây là sự khuếch tán hướng tâm của sắt bên trong nền kaolinit. Sự vận chuyển sắt ở bên trong có thể gây nên khác biệt về thể oxy hóa - khử giữa rìa và hốc, những nơi điều kiện môi trường có tính khử hơn xuất hiện tức thời khi hốc này bão hòa nước và ranh giới tiếp xúc của nền bên trong vẫn còn ở điều kiện oxy hóa. Sự khuếch tán này của sắt khử về phía các đới có thể oxy hóa khử lớn hơn đã được ghi nhận.

- *Biến đổi hóa học tinh thể:* Sau khi lắng đọng, một số tích tụ trải qua những biến đổi đáng kể về thành phần khoáng vật của chúng. Sự biến đổi này là hàm số của bản chất dung dịch luân lưu trong hệ thống lỗ hổng. Các tập hợp này nhanh chóng nằm trong cân bằng với dung dịch. Một số hợp phần khoáng vật bị hòa tan, còn một hoặc một số pha khoáng vật khác nằm trong cân bằng với dung dịch thấm thấu mới sẽ tái lắng đọng và chiếm chỗ của chúng [5].

Trong bối cảnh đó, một hoặc một số khoáng vật đã lắng đọng có chứa một số các nguyên tố không được di dời từ môi trường của tập hợp ban đầu (thành tạo mới do tích tụ tương đối), hoặc một số khoáng vật khác đã lắng đọng mà không sử dụng bất cứ nguyên tố nào tạo nên tập hợp ban đầu (thành tạo mới do tích tụ tuyệt đối). Sự biến đổi được gọi là trừ bỏ khi nồng độ của dung dịch thấm qua tùy thuộc vào cân bằng, sự hình thành lớp vỏ mới xảy ra nhờ tích tụ tương đối các ion chủ yếu được lấy tại chỗ và không phải là từ dung dịch. Ngược lại, biến đổi được gọi là cộng thêm nếu sự hình thành vỏ mới có lấy thêm các nguyên tố từ dung dịch. Trong trường hợp này, pha

khoáng vật bị pha khác có thành phần rất khác biệt thay thế: đó là hiện tượng thay thế biểu sinh [8, 9].



Hình 7. Sự phân bố của các nguyên tố chính theo kết quả phân tích microsond qua mặt cắt các đới sắt-sét khác nhau.

III. KẾT LUẬN

1. Bản chất quá trình laterit hóa

Kết quả nghiên cứu các mặt cắt laterit cho thấy mặt cắt chủ yếu bao gồm vật chất gắn kết yếu và có độ rỗng cao. Phần trên cùng, nơi tích tụ thứ sinh của kaolinit, oxit, hydroxit sắt và nhôm lấp đầy lỗ hổng, hay thay thế một phần sét. Sự tập trung này diễn ra do quá trình rửa lũa xảy ra ở đới trên thấm xuống đới dưới. Bởi vậy, phần trên cùng của mặt cắt phong hóa thường là vật chất màu đỏ hay nâu đỏ, gắn kết yếu, với các vật chất có cấu tạo hạt mịn, bao gồm các tổ hợp vi hạt của kaolinit, oxit-hydroxit sắt và/hoặc nhôm. Đới chứa các tổ hợp vi hạt này có thể trải qua quá trình biến đổi bề mặt.

Về nguyên tắc, các đới được phân bố theo chiều thẳng đứng tùy theo điều kiện cảnh quan; mỗi đới được phát triển trên cơ sở đới nằm dưới, nhưng đồng thời cũng cung cấp những sản phẩm được giải phóng ra cho đới trên ở mức độ khác nhau [8]. Sự phân bố lại vật chất xảy ra mãnh liệt trong hai đới trên cùng, đó là đới saprolit hạt mịn và đới laterit. Hai đới này là đại diện cho mặt cắt phong hoá laterit ở nước ta.

Sự chuyển hóa giữa đới có cấu tạo hạt thô sang đới có cấu tạo vi hạt là kết quả của quá trình nhiễm sắt trong các khoáng vật sét theo cơ chế thay thế trao đổi. Quá trình này xuất phát từ việc loại bỏ dần các cation bazơ (như Ca^{2+} và Mg^{2+}) có mặt trong các lớp ghép đôi của kaolinit và các nguyên tố vết trong oxit-hydroxit sắt vô định hình. Do đó, đồng thời với quá trình khử, độ bão hòa của các phức chất có tính hấp phụ thì quá trình kết tinh các oxit và các hydroxit sắt làm giải phóng các ion Fe^{3+} vào môi trường cũng xảy ra. Các ion này bù trừ điện tích của các hạt sét bằng cách tự nhập vào bề mặt hạt sét và nhanh chóng làm cho chúng trở nên mất hoạt tính. Do đó, đới nhiễm sắt có cấu tạo vi hạt dần dần được thành tạo và đạt tới độ dày vài mét. Tổ chức cấu tạo dạng vi hạt thuận tiện cho việc thoát nước theo chiều thẳng đứng thông qua độ lỗ hổng của các hạt trung gian ở các lớp này, nhưng cũng bảo đảm cân bằng độ ẩm của đất nhờ các màng nước được giữ lại trong lỗ hổng cấu tạo của các hạt trung gian.

2. Sự phân dị mặt cắt laterit theo thời gian

Sự phân dị của mặt cắt laterit phụ thuộc vào 2 yếu tố chính là địa hình và biến đổi khí hậu theo mùa. Sự phá hủy các tập hợp vi hạt của đất dẫn đến việc tách kaolinit khỏi các oxit và các hydroxit sắt. Sắt tái tập trung ở khoảng cách gần dưới dạng sét loang lỗ. Quá trình này lặp đi lặp lại trong thời gian đủ dài để tạo nên sét loang lỗ ở đới của mặt cắt và từ đó các vón sắt được tách ra. Do đó, thông qua quá trình chuyển hóa theo chiều dốc thì đới sét bị thay thế bởi đới sét chứa sắt với các tích tụ và vón kết có màu đỏ, vàng đỏ hay đỏ thẫm. Tại các đới này, với điều kiện động lực theo chiều dốc hoặc theo chiều thẳng đứng thì quá trình hòa tan xuất hiện. Oxit và hydroxit sắt bị giữ lại trong môi trường hòa tan yếu ở phần trên mặt cắt và trải qua sự chuyển hóa yếu về trạng thái ion sắt. Đây là nguyên nhân gây nên sự có mặt oxit, hydroxit sắt liên quan tới quá trình làm giàu sắt của đá gốc nằm dưới vỏ phong hóa.

Ngay sau khi bị phân dị, sét loang lỗ đã trải qua quá trình tiến hóa riêng. Bề mặt đới này tiếp tục bị phá hủy bởi tác động của nước mưa chưa bão hòa và vật chất hữu cơ tồn tại trong cảnh quan thực vật ít phát triển. Kaolinit bị phân hủy nhanh hơn các oxit và hydroxit sắt. Các oxit và hydroxit này tập trung lại ở khoảng cách tương đối gần dưới dạng các vón kết sắt màu đỏ thẫm, rời rạc, chủ yếu bao gồm goethit và hematit. Quá trình phân hủy kaolinit và tập trung oxit-hydroxit sắt dưới dạng các vón kết được lặp đi lặp lại theo thời gian và hàm lượng của oxit, hydroxit sắt tăng lên càng làm cho kaolinit bị phân hủy nhiều hơn ở nơi các vón kết thành tạo. Các đới chứa các vón kết sắt dần dần phát triển ở đới trên cùng của mặt cắt phong hoá - thổ nhưỡng. Khi địa hình hạ thấp thì các vón kết sắt này tăng lên về số lượng và trở thành một lớp chứa các vón sắt gọi là lớp cuội laterit. Kaolinit bị hòa tan phân hủy ở lớp trên cùng của mặt cắt lại được tái lắng đọng dưới dạng thể hệ mới trong phần dưới của sét loang lỗ và thậm chí cả trong phần trên của đới phong hoá phía dưới. Như vậy, sét loang lỗ, đới vón kết sắt và lớp vón sắt rời rạc được phân dị ngay trên mặt cắt phong hoá. Quá trình này được gọi là ferit hóa hay laterit hoá.

VĂN LIỆU

1. **Alain B., 2003.** Caractérisation des chapeaux de fer en milieu latéritique cuirassé.
2. **Aleva G.J.J., 1994.** Laterites: Concepts, geology, morphology and chemistry. *Wageningen, 169 pp. The Netherlands.*

3. Boulet R., 1974. Toposéquence des sols tropicaux en Haute-Volta: Équilibre et déséquilibre pédobiologique. *Mém. Office. Rech. Sci. Techn. Outre-Mer*, 85, pp. 272. Paris.

4. Boulet R. et Nahon D., 1970. Observations pédologiques dans la région de Nouadibou, République Islamique de Mauritanie. *Rapp. Prov. de mission, Cent. ORSTOM. Dakar. et Lab. Géol. Fac. Sci., Dakar.*

5. Fisher W.R., Schwetmann U., 1975. The formation of hematite from amorphous Fe (III) hydroxide. *Clays. Clay Miner.*, 23 : 33-37.

6. IRD-Orstom, Characterization of gossans in iron crust-bearing lateritic environments. *IRD-Orstom, 01 BP 182, Ouagadougou, Burkina Faso.*

7. Nahon R., 1999. Introduction to the petrology of soils and chemical weathering. *A Wiley-Interscience Publ.. J. Wiley & Sons Inc..*

8. Nguyễn Văn Phổ, 1991. Vở phong hoá nhiệt đới ảm Việt Nam. *Địa chất tài nguyên, 1* : 98-105. *Viện Địa chất, Hà Nội.*

9. Nguyễn Văn Phổ, Phạm Tích Xuân, Hoàng Thị Tuyết Nga, Vũ Mạnh Long, 2007. Một số nét đặc trưng của các thành tạo laterit vùng ven rìa đồng bằng Sông Hồng. *TC Các Khoa học về TD, 29/4* : 328-332. *Hà Nội.*