

Chương 4

CÁC QUÁ TRÌNH ĐỊA CHẤT ĐỘNG LỰC TRÊN LÃNH THỔ VIỆT NAM

Sự phát triển của các quá trình địa chất động lực hoàn toàn phụ thuộc vào cấu trúc, tính chất của MTĐC, các yếu tố vật lý và địa lý. Lãnh thổ Việt Nam có cấu trúc địa chất đa dạng, phức tạp, các yếu tố địa lý, vật lý cũng phong phú nên phát triển rất mạnh các quá trình địa chất động lực khác nhau.

4.1. PHONG HÓA FERLIT Ở LÃNH THỔ ĐỒI NÚI VIỆT NAM

Theo quan điểm Địa chất công trình, vỏ phong hóa là phần trên cùng vỏ Trái Đất mà các thành tạo đá đã bị biến đổi ở mức độ khác nhau do tác động của các tác nhân phong hóa và có ảnh hưởng đến môi trường địa chất, mô hình kinh tế, xây dựng công trình, sự phát sinh phát triển các quá trình địa chất động lực công trình khác.

Tuy nhiên cho đến nay ranh giới dưới của vỏ phong hóa có sự khác nhau giữa các lĩnh vực khoa học và kinh tế khác nhau. Các nhà thổ nhưỡng xem ranh giới dưới của vỏ phong hóa là đáy của tầng tàn sườn tích hoặc ranh giới của đới phong hóa triệt để nhất, còn các nhà địa chất, nhất là địa chất công trình và xây dựng xem ranh giới dưới của vỏ phong hóa là đới đá tảng. Tức là đới đá bắt đầu phong hóa nhẹ đến trung bình. Các nhà khoa học đều có nhận định chung, càng xuống sâu mức độ biến đổi của đá càng giảm và sự giảm đó có tính phân đới. Do khả năng thâm nhập xuống sâu của các tác nhân phong hóa không giống nhau và càng xuống sâu càng giảm.

Ở vùng nhiệt đới ẩm, hoạt động của các tác nhân phong hóa nhất là tác nhân phong hóa hóa học rất mạnh và trong quá trình phong hóa các kim loại kiềm: Na, K. Kiềm thổ: Ca, Mg hầu như bị rửa trôi hoàn toàn. Silic đôi khi bị rửa trôi phần lớn còn Al và Fe lại được tích lũy tương đối trong vỏ phong hóa. Quá trình phong hóa vùng nhiệt đới ẩm tích lũy Al và Fe được gọi là quá trình feralit hóa (hay là quá trình phong hóa feralit). Để đặc trưng cho mức độ phong hóa feralit, người ta thường dùng hệ số feralit hóa F:

$$F = \frac{\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{F_{\text{Si}}}{1 + F_{\text{Fe}}} \quad (4.1)$$

F_{Si} : là chỉ số giải thoát Silic.

F_{Fe} : chỉ số tích lũy sắt, phong hóa càng cao F_{Fe} càng lớn.

SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 : là hàm lượng của các nguyên tố Si, Al, Fe xác định từ các hạt sét (<0,002mm) và là hàm lượng mol của các oxit (là hàm lượng phần % của oxit/phần tử lượng của oxit). Ví dụ: hàm lượng mol $\text{Al}_2\text{O}_3 = 54/102 = 0,53$; hàm lượng mol $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 112/160 = 0,70$

Hệ số feralit hóa được sử dụng để phân loại địa hóa định lượng vỏ phong hóa.

4.1.1. Điều kiện phát triển quá trình phong hóa

a. Các yếu tố khí hậu và quá trình địa lý

- Các yếu tố khí hậu

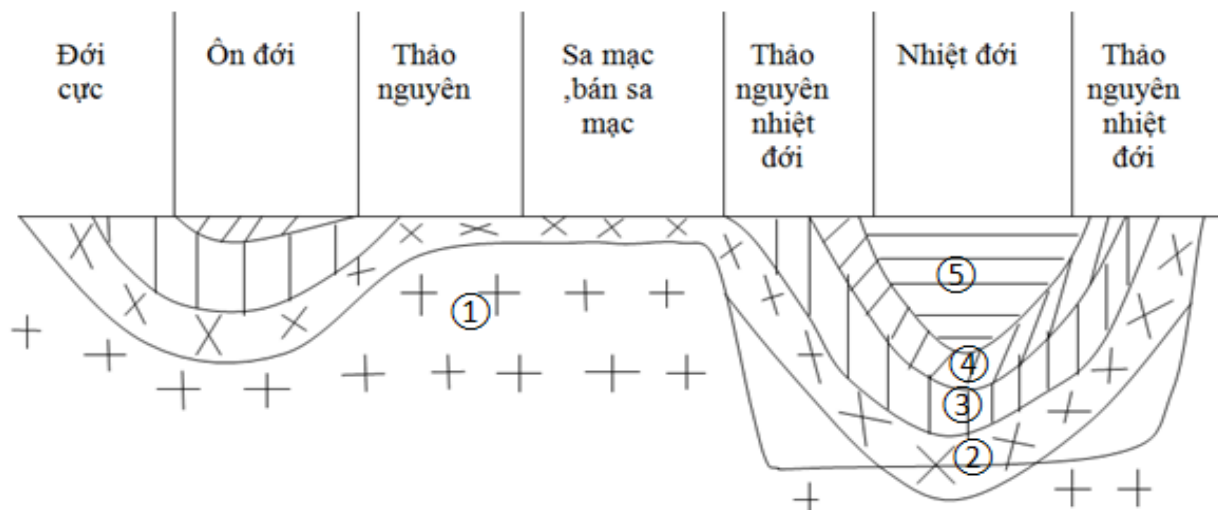
Nhiệt độ: là yếu tố có ảnh hưởng đến quá trình phong hóa. Thực nghiệm cho thấy rằng nhiệt độ dương càng cao càng tạo thuận lợi cho các phản ứng hóa học xảy ra nghĩa là phong hóa hóa học vững mạnh. Ở vùng nhiệt đới hàm lượng ion H^+ cao gấp 6 lần hàm lượng ion H^+ vùng ôn đới do bị nhiệt độ không khí cao hơn.

Mưa: dạng mưa và lượng mưa, cường độ mưa có ảnh hưởng lớn đến quá trình phong hóa. Mưa nước có ảnh hưởng lớn hơn mưa tuyết. Ngoài ra mưa phân bố đồng đều trong năm với lượng vừa phải càng hỗ trợ quá trình phong hóa hơn mưa với cường độ lớn trong mùa mưa và không mưa vào mùa khô.

Bay hơi: cũng là một yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phong hóa hóa học. Bay hơi lớn sẽ hạn chế quá trình phong hóa.

- Ảnh hưởng của môi trường địa lý hiện tại

Vị trí địa lý hiện tại là một quá trình tổng hợp đối với quá trình phong hóa. Và tùy thuộc vào vị trí địa lý mà đặc điểm phong hóa khác nhau. Chẳng hạn vùng đới cực có nhiệt độ trung bình năm nhỏ hơn $3^{\circ}C$ thường chủ yếu là âm. Lượng mưa tuyết nhỏ hơn 200mm/năm. Bay hơi không đáng kể.



1: Đới đá tươi; 2: Đới đá vụn; 3: Đới đất sét không ổn định (Monmorilonit); 4: Đới đất sét ổn định (Kaolinit); 5: Đới đất đỏ (Laterit)

Hình 4.1. Sơ đồ quan hệ vỏ phong hóa với các địa đới

Do nhiệt độ âm nước đóng băng nên gây ra phá vỡ vụn đá do đó vùng đới cực chỉ có đầm. Đới ôn đới có nhiệt độ trung bình năm từ $5 - 15^{\circ}C$. Lượng mưa nước và mưa tuyết từ 200-1200mm/năm. Lượng bay hơi 200-700/năm. Do cường độ nhiệt ẩm thuận lợi hơn đới cực nên phong hóa ở đây phát triển với bề dày tương đối lớn bao gồm

đới vữa vụn, đới khoáng vật sét không ổn định và đới khoáng vật sét ổn định. Vùng khí hậu thảo nguyên có lượng mưa chủ yếu là mưa nước từ 200 - 1500mm/năm, bay hơi lớn đến 1000mm/năm; nhiệt độ trung bình từ 10 - 30°C.

Nền nhiệt ẩm không ổn định do đó quá trình phong hóa xảy ra với sự hình thành đới vữa vụn, đới khoáng vật sét không ổn định ở vùng thảo nguyên và đới vữa vụn, đới khoáng vật sét không ổn định, đới khoáng vật sét ổn định ở đới thảo nguyên nhiệt đới. Vùng sa mạc và bán sa mạc có lượng mưa thấp < 200mm/năm, lượng bay hơi vượt xa lượng mưa. Nhiệt độ trung bình năm 20 - 35°C và biên độ dao động ngày đêm từ 50 - 60°C. Do chế độ ẩm không thuận lợi nên ở đây chủ yếu phát triển phong hóa vật lý, với sự hình thành đới vữa vụn dày.

Riêng ở Việt Nam có khí hậu nhiệt đới, nhiệt độ trung bình năm từ 20 - 30°C, lượng mưa $\geq 2500 - 2700$ mm/năm, lượng bay hơi 900 - 1300mm và thấp hơn lượng mưa, khá thuận lợi đối với quá trình phong hóa nên vỏ phong hóa rất dày gồm đủ 5 đới từ đá tươi đến đới laterit.

b. Các yếu tố của điều kiện địa chất, địa hình, thủy văn

- Các yếu tố địa chất

Thành phần thạch học của đá: đá cấu tạo từ các khoáng vật khó bị phong hóa thì quá trình phong hóa diễn ra chậm chạp so với các đá cấu tạo từ khoáng vật của xi măng gắn kết dễ bị phong hóa. Ví dụ đá quartzit phong hóa yếu hơn đá bazan. Đá cấu tạo từ các khoáng vật khác nhau phong hóa nhanh hơn so với đá đơn khoáng.

Màu sắc: đá sẫm màu phong hóa nhanh hơn đá sáng màu. Ví dụ như granit biotit phong hóa nhanh hơn granit mica.

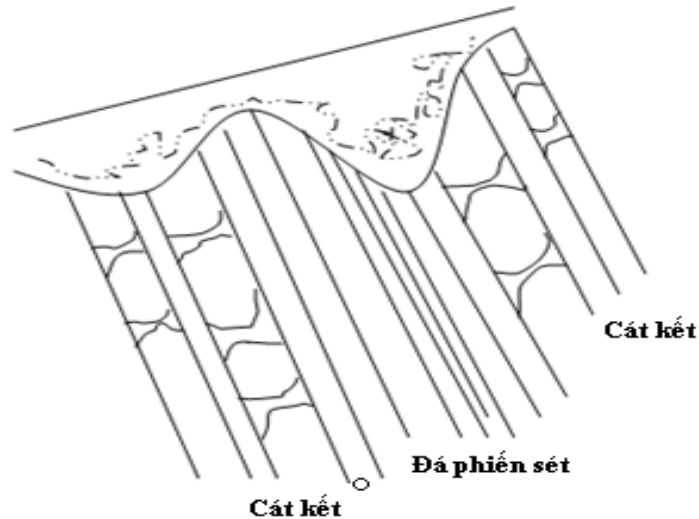
Hệ kết tinh khoáng vật: đá cấu tạo từ các khoáng vật hệ kết tinh dạng khung (thạch anh) thì phong hóa chậm hơn khoáng vật kết tinh dạng lớp (mica); dải (amphibol), đảo (olivin).

Năng lượng kết tinh (E): đá gồm các khoáng vật có năng lượng kết tinh lớn thì càng khó bị phong hóa. Năng lượng kết tinh được tính theo công thức:

$$E = \frac{h^2}{2R} \quad (4.2)$$

Với h là hóa trị của kim loại cấu tạo khoáng vật, R là bán kính ion của kim loại. Ví dụ: Đá vôi (CaCO_3) khó bị phong hóa hơn xôđa (Na_2CO_3) vì $E_{\text{Ca}} > E_{\text{Na}}$ cụ thể là: CaCO_3 : Ca có hóa trị II, $R_{\text{Ca}} = 1,08$ vì thế $E_{\text{Ca}} = 1,88$; Na_2CO_3 : Na có hóa trị I, $R_{\text{Na}} = 0,98$ vì thế $E_{\text{Na}} = 0,52$.

Mức độ kết tinh của khoáng vật: Đá kết tinh hạt lớn dễ bị phong hóa hơn đá vô định hình hoặc vi tinh. Ví dụ: Granit kết tinh hạt lớn phong hóa nhanh hơn riolit.



Hình 4.2 Mức độ phong hóa của đá cát kết và đá phiến sét

Mức độ nứt nẻ phá huỷ kiến tạo: nơi nào đá bị đứt gãy, xuyên cắt, nứt nẻ thì phong hóa nhanh, vỏ phong hóa dày.

Thế nằm của đá: đá nằm ngang thì quá trình phong hóa xảy ra đồng đều và vỏ phong hóa đồng nhất về thành phần và bề dày. Đá nằm nghiêng thì quá trình phong hóa xảy ra không đồng đều và có tính chất chọn lọc, có sự xen kẽ giữa bề dày vỏ phong hóa khác nhau của đá cứng và đá mềm yếu hơn. Ví dụ: đá cát kết phong hóa chậm hơn đá phiến sét

Vận động tân kiến tạo của lãnh thổ: tùy thuộc vào vận động nâng (hạ) kiến tạo và tốc độ nâng (hạ) kiến tạo mà bề dày vỏ phong hóa khác nhau. Nếu vận động nâng và nâng với tốc độ chậm thì vỏ phong hóa dày; ngược lại nếu nâng với tốc độ nhanh thì vỏ phong hóa mỏng hơn do xâm thực của dòng mặt bão xói vỏ phong hóa. Vận động hạ thấp có tác dụng kìm hãm tốc độ phong hóa cho đến triệt tiêu quá trình phong hóa. Vì vận động hạ thấp hoặc sụt lún thường kèm theo quá trình tích tụ và nó làm chậm trễ quá trình trao đổi nước và chống bão hòa sản phẩm phong hóa dẫn đến kìm hãm các tác dụng hóa học, các phá vỡ khoáng vật và xi măng gắn kết.

- Các yếu tố địa hình

Độ cao (tuyệt đối) địa hình: nếu địa hình có độ cao vượt trên ranh giới băng tuyết thì quá trình phong hóa yếu và chỉ là những sản phẩm đá vụn nát tương ứng khí hậu đới cực.

Còn ở Việt Nam độ cao từ 1500 - 1700m trở lên thì vỏ phong hóa có dạng vỏ phong hóa vùng ôn đới. Từ độ cao 1500 - 1000m thì khu vực này vỏ phong hóa dày, đa dạng và đặc trưng vỏ phong hóa vùng nhiệt đới ẩm. Độ cao 1000 - 100m vỏ phong hóa mỏng hơn và có dạng vỏ phong hóa thảo nguyên nhiệt đới. Độ cao < 100m (đồng bằng) phong hóa yếu, đôi nơi gặp đá ong một dạng phong hóa đặc biệt vùng nhiệt đới.

Độ dốc mặt đất: sườn dốc núi càng dốc thì vỏ phong hóa càng mỏng và thành phần hạt thô, đá tảng càng tăng.

Sườn dốc có độ dốc từ 5 - 20° là địa hình thuận lợi cho quá trình phong hóa nên vỏ phong hóa dày và thành phần hạt mịn nhiều hơn. Do một mặt nước ngầm xuống sâu nhiều hơn mặt khác cho hoạt động xâm thực của dòng chảy yếu đi. Độ dốc < 5° thì quá trình phong hóa yếu đi do nước ngầm xuống nhiều.

Mức độ phân cắt ngang: nếu sườn dốc bị phân cắt mạnh thường phân cắt 1,5 - 2km/km² thì phong hóa xảy ra yếu. Vì nước thoát nhanh không kịp ngấm xuống sâu đồng thời nước bào xói sản phẩm phong hóa.

Định hướng của sườn dốc núi: hướng của sườn dốc núi cũng ảnh hưởng đến hoạt động phong hóa. Tuy nhiên còn nhiều tranh cãi về quy luật ảnh hưởng của hướng sườn dốc. Ở Việt Nam sườn dốc núi phía Đông có vỏ phong hóa mỏng, ít ẩm ướt so với sườn đồi núi phía Tây. Vì sườn phía Đông là vùng chắn bão và chắn gió mùa Đông Bắc nên mưa nhiều hơn do đó dòng chảy mặt bào mòn đồng thời sườn phía Đông cũng là nơi chịu ánh sáng nhiều hơn do đó đã ảnh hưởng đến bề dày của vỏ phong hóa.

Đặc điểm lớp phủ thực vật: nơi nào có lớp phủ thực vật dày thì vỏ phong hóa dày. Vì nó điều tiết tăng nước ngầm xuống sâu và hạn chế hoạt động của nước mặt.

- Các yếu tố địa chất thủy văn

Thế nằm, độ pH, thành phần hóa học, độ khoáng hóa là những yếu tố địa chất thủy văn có ảnh hưởng đến quá trình phong hóa. Và chúng phụ thuộc điều kiện trao đổi nước. Nơi nào trao đổi nước mạnh thì thế nằm ở sâu, môđun dòng ngầm lớn nhưng độ pH, độ khoáng hóa của nước thấp và do đó phong hóa phát triển mạnh.

Bảng 4.1. Quan hệ giữa cường độ trao đổi nước với các đặc trưng ĐCTV

Cường độ TD nước	MĐ dòng ngầm M(l/s.km ²)	Chiều sâu tầng trữ (m)	Độ pH	Độ phong hóa (mg/l)	Hàm lượng SiO ₂ (mg/l)	Lãnh thổ đặc trưng
Rất mạnh	>10	>>10	<0	<250	<8	Núi TB Núi cao
Mạnh	5 - 10	~10	6 - 6,5	250 - 500	8 - 20	Núi thấp Cao nguyên
Trung bình	1 - 5	5 - 10	6,5 - 7	500 - 750	20 - 35	Đồi trước núi
Yếu	<1	<5	>7	>750	>35	Gò đồi Đồng bằng

Lãnh thổ Việt Nam có cấu trúc địa chất phức tạp, thành phần thạch học đa dạng và có rất nhiều loại đá với màu sắc khác nhau (trầm tích, biến chất, magma). Do nằm trong miền núi uốn nếp, hoạt động kiến tạo mạnh mẽ nên đá bị nứt nẻ, phá hủy kiến tạo

và bị chia nhỏ thành các khối đất đá, do đó tỷ diện tích bề mặt tăng lên. Hơn nữa, đặc điểm cấu trúc kiến tạo ở nước ta rất khác nhau nên ở những vùng, miền khác nhau thì đất đá không giống nhau, do đó quá trình phong hóa của các miền khác nhau lại có đặc điểm không giống nhau. Ngoài ra, địa hình lãnh thổ Việt Nam có mức độ phân cắt mạnh nên tạo điều kiện cho quá trình phong hóa xảy ra mạnh mẽ hơn.

Sự phong phú của điều kiện nhiệt ẩm, mưa nhiều, độ ẩm lớn, nhiệt độ cao ở nước ta đã làm tăng cường các phản ứng hóa học, làm thay đổi mức độ ion hóa của nước và kết quả là làm tăng hoạt tính của nước trong đất đá. Do mưa nhiều nên sự vận động, trao đổi ion trong đá xảy ra mạnh làm hòa tan và rửa trôi mạnh. Ngoài ra, trong điều kiện nhiệt đới ẩm, lớp phủ thực vật và vi sinh vật phát triển (các sinh vật háo khí) sẽ làm tăng cường sự phân hủy, phá hủy đá. Ngoài ra, khi thực vật phát triển, một khối lượng lớn thân cây, lá cây, rễ cây thân cây bị mục nát tạo nên một lượng CO_2 đáng kể là cơ sở tạo nên axit lumic và axitcacbonic có tính phá hủy rất mạnh. Ở lãnh thổ Việt Nam từ Neogen cho đến nay cơ bản là khí hậu nhiệt đới nên quá trình phong hóa xảy ra rất mạnh, vỏ phong hóa dày

4.1.2. Vỏ phong hóa Việt Nam

Vỏ phong hóa là tập hợp các đất đá có nguồn gốc tàn tích với mức độ phong hóa khác nhau hình thành ở phần trên cùng của vỏ Trái Đất, do kết quả tái tạo trong điều kiện lục địa của các đá magma, trầm tích, biến chất, dưới tác dụng của các quá trình vật lý, hóa học, sinh hóa.

a. Đặc điểm vỏ phong hóa Việt Nam

Từ miền núi đến đồng bằng, các đá có thành phần, nguồn gốc và tuổi khác nhau. Nói chung, vỏ phong hóa ở nước ta đặc trưng sản phẩm phong hóa sét pha màu đỏ, nâu vàng, tạp màu, thành phần rất nghèo nên dễ di động, chủ yếu là kim loại kiềm, kiềm thổ, Silic và tương đối giàu sắt, nhôm. Ở một số nơi trong vỏ phong hóa, nhôm thường được làm giàu tới mức tạo quặng Bauxit.

Trong thành phần sét pha phong hóa, các khoáng vật thuộc nhóm Kaolinit, nhóm oxit sắt và oxit nhôm thường chiếm ưu thế. Quá trình phong hóa thành tạo các vỏ phong hóa có đặc điểm như trên được gọi là quá trình phong hóa laterit

b. Phân loại vỏ phong hóa Việt Nam

Phân loại vỏ phong hóa theo địa hóa: ở Việt Nam, người đầu tiên nghiên cứu có hệ thống vỏ phong hóa là V.M.Fridland (Nga), nhưng chỉ mới nghiên cứu phía Bắc lãnh thổ. Trên cơ sở đặc điểm khí hậu, chia vỏ phong hóa phía Bắc thành ba loại vỏ chính: Vỏ Alit (hàm lượng oxit nhôm > oxit sắt; vỏ Feralit (hàm lượng oxit nhôm và oxit sắt không có sự chênh lệch rõ rệt và vỏ Alferit (hàm lượng oxit nhôm < oxit sắt).

Ngoài ra, còn có vỏ Sialit (có thêm oxit silic) và vỏ Ferit Sialit, nhưng 2 loại này chỉ phát triển trong các trầm tích trẻ Đệ Tứ với thành phần chủ yếu là khoáng vật nguyên sinh và nguyên sinh ít bị biến đổi. Chuyển tiếp từ vỏ Sialit, Ferit Sialit sang vỏ Feralit có vỏ Feralit hóa. Bên cạnh đó, còn có vỏ Macgalit chứa nhiều khoáng vật nhôm

Montmorilonit; vỏ chuyển từ feralit sang macgalit gọi là vỏ Macgalit - feralit chứa cả khoáng vật Kaolinit, montmorilonit, halozit có đặc điểm, công thức hóa học và một số tính chất giống Kaolinit nhưng khả năng trao đổi ion lại giống montmorilonit. Vỏ phong hóa này thường gặp ở những chỗ trũng (đất đỏ bazan), đá vôi hoặc những trầm tích đất sét lấp nhét trong các hang động đá vôi, đá bazan chứa nhiều Ca, Mg. Khi bị phong hóa chúng bị nước cuốn trôi và chảy xuống những chỗ trũng (môi trường kiềm), lâu ngày hình thành khoáng vật montmorilonit có tính trương nở.

Kết quả nghiên cứu cho thấy một số nơi như cao nguyên Đắk Nông, Bảo Lộc, Vạn Hóa, Kon H' Nừng có mặt đới Bauxit Laterit (quặng Bauxit dạng Laterit, Bauxit là quặng hình thành từ khoáng vật Gipxit, khoáng vật của oxit nhôm). Ở miền Bắc có tập trung khoáng vật Gipxit nhưng không thành tạo được quặng Bauxit vì chưa tập trung đủ oxit nhôm để tạo quặng Bauxit, ở miền Nam quá trình phong hóa nhiệt đới triệt để hơn nên dễ thành tạo quặng Bauxit.

Phân loại vỏ phong hóa theo địa chất công trình: dựa vào những đặc điểm có ý nghĩa quan trọng đối với ĐCCT và sự hình thành nên các đặc điểm đó chính là tính phân đới của vỏ phong hóa, trong đó có đới Laterit. Để làm rõ đặc tính ĐCCT của vỏ phong hóa phải dựa vào các đặc điểm địa hóa. Mức độ thủy phân thể hiện sự trưởng thành của quá trình phong hóa và vỏ phong hóa cũng như sự hình thành khoáng vật gipxit. Đó là dấu hiệu quan trọng chứng tỏ mức độ thủy phân và sự thành tạo một khối lượng Gipxit lớn tới mức tạo quặng Bauxit (quá trình phong hóa đã thủy phân hoàn toàn). Quá trình thủy phân: $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$; H^+ có khả năng chui vào mạng tinh thể, đẩy ion kim loại kiềm, kiềm thổ làm phá vỡ cấu trúc mạng tinh thể khoáng vật. Nếu quá trình thủy phân mạnh thì quá trình phong hóa sẽ triệt để hơn và tạo ra các oxit đơn giản như oxit nhôm, oxit sắt và oxit silic. Ở miền Nam thành tạo nhiều quặng Bauxit chứng tỏ quá trình thủy phân đã xảy ra hoàn toàn. Ở các miền khác của lãnh thổ, sét pha phong hóa có thành phần là sét Kaolinit chứa Gipxit, chứng tỏ thủy phân chưa hoàn toàn. Nhìn chung, có thể chia vỏ phong hóa Việt Nam thành 2 loại chính là vỏ thủy phân hoàn toàn và vỏ thủy phân chưa hoàn toàn.

Đối với vỏ phong hóathủy phân hoàn toàn, mặt cắt đặc trưng của vỏ có chứa đới Bauxit Laterit (hay Laterit Bauxit, trong đó laterit gặp ở dạng đá ong) và thường gặp 2 kiểu mặt cắt sau:

- Kiểu 1: Mặt cắt biến đổi dần từ đá mẹ (đá tươi) sang các sản phẩm phong hóa triệt để nhất là Laterit Bauxit.

- Kiểu 2: Mặt cắt biến đổi đột ngột, các quặng Bauxit nằm trực tiếp ngay trên đá mẹ, bị phong hóa vỡ vụn, không có mặt các sản phẩm trung gian. Kiểu này liên quan trực tiếp đến sự trao đổi nước mạnh và xuất hiện ở những nơi có địa hình cao, mưa nhiều và sườn dốc. Khi mưa xuống, nước thấm vào trong đất, nhưng do sườn dốc nên các sản phẩm trung gian bị rửa trôi đi hết, chỉ còn Laterit Bauxit nằm trên đá mẹ phong hóa vỡ vụn, còn các sản phẩm sét bị trôi đi.

Vỏ phong hóathủy phân chưa hoàn toàn, đá mẹ biến đổi thành các sản phẩm sét Kaolinit chứa Gipxit, không có mặt đới Laterit Bauxit. Trong loại vỏ này chia thành 2 loại:

- Kiểu 1: Mặt cắt biến đổi dần từ đá mẹ sang các sản phẩm phong hóa sét Laterit (sét màu đỏ nâu vàng, thành phần chủ yếu là oxit sắt, nhôm, trao đổi chất). Trong mặt cắt không có đới Laterit sắt (đới đá ong). Kiểu mặt cắt này rất phổ biến và thường gặp ở những nơi điều kiện trao đổi nước bình thường. Đối với vùng cao nguyên Bazan (Tây Nguyên) loại mặt cắt này thường gặp ở những nơi có địa hình phân cắt sâu và ngang không lớn (chiều sâu phân cắt từ 2 - 10 m/km², mật độ phân cắt 0.2 - 0.8 km/km²).

- Kiểu 2: đặc trưng bởi sự có mặt của đới Laterit sắt và ít gặp hơn so với kiểu 1. Nó thường xuất hiện ở những nơi có điều kiện trao đổi nước yếu, địa hình thấp, mực nước gần mặt đất hoặc ở những nơi có điều kiện thấm rỉ nước dưới đất ra chân sườn dốc, điều kiện thủy lực trao đổi nước và phản ứng oxi hóa khử biến đổi mạnh theo mùa.

Trong quá trình phong hóa oxit sắt bị phân giải rất sớm, do đó không thể dựa vào oxit sắt mà phải dựa vào oxit nhôm để xem xét quá trình phong hóa có triệt để hay không triệt để.

c. Quy luật phân bố vỏ phong hóa ở Việt Nam

Đặc điểm của vỏ phong hóa ở nước ta biến đổi mạnh theo vĩ độ và đai cao:

- Theo vĩ độ có thể nhận thấy rõ mức độ thủy phân ở phía Bắc chưa hoàn toàn, còn phía Nam thì vỏ phong hóathủy phân hoàn toàn trong phụ đới khí hậu nhiệt đới không có mùa đông, mùa khô thể hiện rõ rệt. Vỏ phong hóa này thường phân bố ở nơi cao nhất có cường độ (5 - 30m/km²) và mật độ phân cắt lớn (0.8 - 1.6 km/km²). Những địa điểm có Bauxit như Bảo Lộc, Đắk Nông, Măng đen, Bầu cạn... đều là những nơi có cường độ trao đổi nước mạnh, lượng mưa lớn thường biến đổi từ 2400 - 3200mm và lớn hơn và thường trùng với các khoảnh phân thủy, khoảnh phân thủy được giới hạn bởi sườn dốc cao (nơi có sự trao đổi nước mạnh, các sản phẩm được giải phóng ra trong quá trình phong hóa như oxit kiềm, kiềm thổ, SiO₂... bị nước thoát nhanh kéo theo làm cho môi trường trở thành axit, sau đó phân hủy tạo oxit đơn giản). Những điểm mà Bauxit có hàm lượng công nghiệp, có thể khai thác ở độ cao 900 - 1100m. Đối với vỏ thủy phân chưa hoàn toàn phân bố ở cả phía Bắc lẫn phía Nam.

- Theo đai cao có thể thấy đặc điểm của vỏ phong hóa biến đổi rõ rệt. Thật vậy, ở vùng đồi, cao nguyên vỏ phong hóa thường dày nhất và tạo ra các sản phẩm phong hóa Kaolinit. Do ở những vùng này dao động mực nước theo mùa lớn nên vỏ phân hóa dày, quá trình oxi hóa mạnh, mực nước hạ thấp trong mùa khô nên đất háo khí và sản phẩm phong hóa có màu da cam, vàng, tạp màu. Ở những vùng núi cao có sườn dốc và địa hình phân cắt sâu, chiều dày vỏ phong hóa giảm. Do địa hình dốc nên xói mòn, rửa trôi thường xảy ra mạnh, cùng với mực nước dao động theo mùa thấp nên chiều dày vỏ phong hóa và màu sắc của sản phẩm phong hóa giảm. Sắc đỏ giảm, sắc vàng và trắng tăng lên. Bởi vì khi lên trên các phần núi cao, rừng phát triển mạnh, độ ẩm cao nên đất

khá ẩm thuộc môi trường khử nên không có sản phẩm màu đỏ, không có đá ong do sườn rất dốc, quá trình phong hóa yếu. Ngoài ra, do giảm nhiệt độ theo độ cao, lượng mưa và độ ẩm không khí cũng tăng làm tăng cường quá trình xâm thực và bào mòn bề mặt, giảm mức độ phân hủy các hợp chất hữu cơ. Ở các rừng trên núi cao, cây cối rậm rạp, mây mù nhiều nên vỏ phong hóa chuyển dần sang vỏ alit, tức là lượng oxit sắt ít và gần bằng lượng oxit nhôm. Tại các vùng đồng bằng thấp quá trình trao đổi nước khó khăn, nếu là vùng tập trung, ứ đọng nước thì trong đất đá gần bề mặt là môi trường kiềm nên thừa các nguyên tử kiềm, kiềm thổ nên các vùng này thường hình thành một số khoáng vật thuộc nhóm monmorionit và hydromica. Trong trầm tích đồng bằng sông Hồng, sông Cửu Long có nhiều khoáng vật monmorionit là do có sự tập trung nhiều kiềm, kiềm thổ để tạo nên đất sét Bentonit. Một số nơi ở Tây Nguyên, trong trầm tích hồ của Neogen cũng có đất sét Bentonit. Vỏ phong hóa ở vùng thấp có thể gặp trong trầm tích trẻ như: đồng bằng Hà Nội gặp vỏ phong hóa tương đối rõ trong hệ tầng Vĩnh Phúc là trầm tích loại sét loang lổ, có lẫn oxit sắt chưa cứng lắm, chiều dày từ 1÷2m, mức độ tập trung sắt chưa cao, do đó sét chưa có màu đỏ mà chỉ loang lổ. Còn một số nơi trong trầm tích Holocen cũng có một số lớp phong hóa màu vàng. Miền Đông Nam Bộ gặp vỏ phong hóa trong trầm tích $N_2-Q_1^1$ hệ tầng Bà Miêu, trong trầm tích Q_1^2 hệ tầng Củ Chi và trong trầm tích Q_1^3 hệ tầng Mộc Hóa (tương đương với hệ tầng Vĩnh Phúc - Hà Nội) nên mật độ tập trung sắt cao hơn. Ở miền Bắc, các kết vôn sắt cứng hơn, có nơi tập trung gần như quặng sắt.

4.1.3. Phân đới thẳng đứng vỏ phong hóa Việt Nam theo địa chất công trình

Đất đá trong vỏ phong hóa không đồng nhất về thành phần hóa học, khoáng vật, đặc điểm cấu trúc, cấu tạo, trạng thái và tính chất cơ lý v.v... Để đánh giá đúng và khai thác hợp lý vỏ phong hóa theo ĐCCT, phải phân đới theo chiều thẳng đứng vỏ phong hóa, tức là phải phân chia vỏ phong hóa theo một số đới.

a. Nguyên tắc phân đới

Để có thể đạt được mục đích theo ĐCCT, việc khai thác vỏ phong hóa cần phải theo các nguyên tắc sau:

1. Tính chất cơ lý và đặc điểm ĐCCT của đất đá trong đới phong hóa phải tương đối giống nhau, giữa đới này và đới kia phải có sự phân biệt rõ rệt.
2. Tên các đới đất đá phải tương đối phù hợp với sự phân loại đất đá trong ĐCCT, để khi gọi tên là có thể nhận biết sơ bộ loại đất đá.
3. Việc phân chia các đới phải thể hiện được đặc điểm phân hóa và cấu trúc mặt cắt vỏ phong hóa nhiệt đới ẩm ở Việt Nam.
4. Các đới đất đá được phân chia phải có dấu hiệu dễ nhận biết, dễ phân biệt.
5. Để làm rõ được sự hình thành các đặc tính ĐCCT của đất đá trong mỗi đới, khi phân đới phải xét tới thành phần khoáng vật, đặc điểm kiến trúc cấu tạo, dạng liên kết kiến trúc của đất đá cũng như các quá trình chủ yếu xảy ra ở mỗi đới và các đặc điểm địa hóa.

Dựa vào các nguyên tắc nêu trên, có thể phân đới vỏ phong hóa theo thứ tự từ dưới lên trên như sau:

I. Đới đá nứt nẻ (phong hóa nhẹ): đới này đất đá hầu như vẫn giữ được đặc điểm của đá tươi nhưng mức độ nứt nẻ tăng lên, trên bề mặt khe nứt có những vết bám của oxit sắt, độ bền vẫn giống như đá tươi nhưng độ bền của khối đá bắt đầu giảm, tính thấm tăng.

II. Đới đá phân khối (phong hóa trung bình): đá bị nứt nẻ mạnh tạo thành những khối, tảng, độ bền khối đá giảm rõ rệt, tính thấm tăng lên mạnh

III. Đới sét hóa (Litoma): bị phong hóa mạnh, phần lớn khoáng vật nguyên sinh đã bị biến đổi thành khoáng vật sét, đá chưa biến đổi hoàn toàn thành sét, những đặc điểm về kiến trúc, cấu tạo của đá mẹ vẫn được bảo toàn. Do tác dụng rửa trôi mạnh nên đá trở nên xốp nhẹ, thường có màu sáng hơn so với màu đá tươi, các đá đó có thể bóp vụn. Khi khoan hoặc đào đều bị phá hủy và biến thành cát, cát pha, sét pha, trong đó còn lẫn nhiều dăm cục, đá phong hóa yếu hay chưa phong hóa, đó là kết quả phong hóa bóc vỏ cầu (phong hóa đi từ ngoài vào qua các khe nứt). Hàm lượng các cục đá sót biến đổi 30÷70%, trong một số trường hợp có thể chia thành hai phụ đới: Phụ đới dưới IIIA là dăm - sét (dăm nhiều hơn sét) và phụ đới trên IIIB là sét - dăm (sét nhiều hơn dăm).

IV. Đới đất phân tán: đới này các khoáng vật nguyên sinh đã bị phong hóa hoàn toàn và biến đổi thành khoáng vật sét tạo ra các sản phẩm phong hóa sét. Có thể chia đới IV thành hai phụ đới: phụ đới dưới IVA là sét; phụ đới trên IVB là sét - laterit.

Trong đới IVA là những sản phẩm sét màu vàng xám, xám vàng, đỏm, đất ẩm - dẻo và tương đối xốp. Nhiều trường hợp trong đất vẫn còn giữ những đặc điểm kiến trúc của đá mẹ.

Bảng 4.2. Thành phần khoáng vật chính của một số loại đá mẹ

STT	Thành phần khoáng vật chính	Đá mẹ
1	Gotit, Monmorilonit	Siêu bazơ
2	Gotit, Kaolinit	Bazan
3	Gotit, thạch anh, Kaolinit	Đá axit và các đá tương đương

Phụ đới IVB là các sản phẩm màu đỏ với mức độ đỏ có thể khác nhau, đất ít ẩm hơn so với phụ đới IVA và giàu oxit sắt, oxit nhôm. Thành phần khoáng vật chủ yếu là Kaolinit, gotit, gipxit. Trong đất thường chứa hàm lượng nhỏ cát kết vôn oxit sắt thủy phân chưa hoàn toàn, khi bão hòa nước trong đất thường có tính lún ướt (thường xảy ra đối với đất tàn tích của đá magma, biến chất mạnh).

V. Đới xi măng hóa laterit: trong đới này đất đá bị xi măng hóa bởi các oxit sắt và oxit nhôm tạo ra dạng đặc biệt là đất đá xi măng hóa laterit. Đới V có thể chia làm 2 phụ đới: Phụ đới dưới VA là laterit nhôm và phụ đới trên VB là laterit sắt. Tuy vậy, chỉ có thể phân 2 phụ đới ở vỏ thủy phân hoàn toàn, còn ở vỏ thủy phân chưa hoàn toàn chỉ có một phụ đới laterit sắt.

Phụ đới VA thường cấu tạo bởi các mảnh dăm, cát kết hạch biến đổi 50 ÷ 80%. Các mảnh này lẫn với đất màu nâu đỏ và có hình dạng rất khác nhau: dạng cầu, vỏ cầu hoặc mảnh vỡ, nhiều nhất là dạng củ gừng. Kích thước dăm từ 1 đến 20-30cm và có thể lớn hơn. Thành phần khoáng vật chính là gipxit ngoài ra còn có oxit sắt, Kaolinit.

Phụ đới VB là các thành tạo có nhiều lỗ hổng và bị rắn cứng khi lộ trên mặt đất. Phụ đới này cấu tạo từ cát kết vôn, các mảnh oxit sắt gắn kết lại thành dạng đá ong. Thành phần chính là gotit, hematit, một số loại ít hơn là Kaolinit, gipxit.

VI. Đới thổ nhưỡng: gồm các thành tạo loại sét, màu đỏ, nâu đỏ, nâu vàng. Phần trên cùng do lẫn nhiều tàn tích, sinh vật và tác dụng của các axit hữu cơ nên đất thường màu vàng, xám vàng, xám nâu. Thành phần khoáng vật chính là Kaolinit, gipxit, gotit và xét về tính chất đới này tương đối giống phụ đới IVB (sét Laterit). Thực tế nghiên cứu cho thấy, tùy theo kiểu mặt cắt của vỏ phong hóa thủy phân hoàn toàn hoặc chưa hoàn toàn mà vỏ phong hóa có thể thiếu đi một hoặc vài đới. Chẳng hạn như kiểu mặt cắt của vỏ phong hóa hoàn toàn không có vỏ laterit nhôm, còn kiểu mặt cắt của vỏ phong hóa thủy phân chưa hoàn toàn thì không có vỏ laterit sắt.

Bảng 4.3. Phân đới vỏ phong hóa trong xây dựng từ trên mặt đất xuống

Đới phong hóa		Đặc điểm thạch học, cấu trúc trạng thái và các đặc trưng địa kỹ thuật, khả năng khai đào.	Kiến nghị sử dụng và xử lý nền công trình.
Tên gọi	Kí hiệu		
Phong hóa hoàn toàn	C _w	Đá phong hóa mảnh liệt thành dăm vụn màu đỏ, vàng, loang lổ. $V_p < 0,5\text{km/s}$, $K \leq 10^{-8} - 10^{-4}\text{cm/s}$. Đất có tính dẻo dính có thể khai đào bằng cuốc xẻng.	Có thể sử dụng làm nền, đập đất, nền các công trình xây dựng khác, làm vật liệu xây dựng cần bóc bỏ khi xây đập đá đổ, đập bê tông.
Mạnh trung bình	I _{WA}	Đá nứt nẻ thành tảng, bề mặt khe nứt bị biến đổi, độ bền kháng nén của đá $R_n < 50\text{kG/cm}^2$; $V_p = 0,5 - 1,8\text{km/s}$. RQD ~ 0, hệ số thấm $k = 10^{-5} - 10^{-3}\text{cm/s}$ có thể dùng cuốc chim khai đào đôi khi phải nổ mìn.	Làm nền, làm vật liệu xây dựng cho đập đất, đập đá đổ thấp, các công trình xây dựng khác cần bóc bỏ hoặc xử lý đối với đập đá đổ cao, đập bê tông.
	I _{WB}	Đá nứt nẻ thành tảng lớn, cường độ kháng nén R_n từ 50 - 300kg/cm ² , $V_p = 1 - 2,5\text{km/s}$, RQD = 10%, $K = 10^{-5} - 10^{-3}\text{cm/s}$, $q = 0,5 - 0.75\text{l/phút.m}$ (lượng mất nước). Búa đập mạnh mới vỡ.	Sử dụng làm đập đất, đập giá đỡ, kèm theo xử lý chống thấm làm vật liệu xây dựng, làm nền các công trình khác cần bóc bỏ đối với đập bê tông.

		Cuốc chim, xẻng khó đào đôi khi yêu cầu phải nổ mìn.	
Phong hóa nhẹ	II _{WA}	Đá nứt nẻ yếu $R_n = 300 - 600 \text{ kg/cm}^2$, $V_p = 2 - 4,5 \text{ km/s}$, $RQD = 10 - 50\%$.	Sử dụng làm nền, kèm theo chống thấm cho đập đất, đập đá đổ, đập bê tông, đá cứng yêu cầu làm nền, môi trường, vật liệu xây dựng cho các công trình khác.
	II _{WB}	Đá gần tươi, vi khe nứt, $R_n > 600 \text{ kg/cm}^2$, $V_p 4,5 - 6 \text{ km/s}$, $RQD = 50 - 80\%$, $K = 10^{-5} - 10^{-4} \text{ cm/s}$, $q \leq 0,01 - 0,05 \text{ l/phút.m}$	Sử dụng để làm nền môi trường, vật liệu xây dựng cho các loại và các công trình xây dựng khác.

Theo Nguyễn Thanh, khi phân đới vỏ phong hóa phục vụ xây dựng các công trình phải dựa vào đặc điểm biến đổi thành phần khoáng hóa, màu sắc, kiến trúc cấu tạo của đá và các đặc trưng địa kỹ thuật chủ yếu của đá như: độ bền kháng nén R_n , vận tốc truyền sóng dọc trục V_p , chỉ số phân hạng đá RQD, hệ số thấm K, lượng mất nước đơn vị và mức độ khó dễ trong thi công, khai đào đá (bảng 6.4).

Trên quan điểm địa hóa định lượng thì tiêu chí phân đới vỏ phong hóa dựa vào chỉ số feralit hóa F, chỉ số tích lũy sắt F_{Fe} , từ đó phân ra các phụ đới và gọi tên vỏ phong hóa (bảng 6.5).

Bảng 4.4. Phân đới phụ đới và loại vỏ phong hóa theo quan điểm địa hóa

Nguyễn Thanh				F.S. Martin, H.C. Doyne	
Phụ đới, loại vỏ phong hóa			Tổ hợp các khoáng vật chủ yếu, màu sắc	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	Tên gọi
F	F_{Fe}	Phụ đới, loại vỏ PH			
< 1	> 1	Feralit (Laterit)	Khoáng vật oxit Fe nhiều hơn khoáng vật oxit Al ít hơn có Kaolinit. Màu đỏ sẫm, nâu đỏ.	< 1,33	Lateri
	< 0,5	Alit (Bôxit)	Khoáng vật oxit Al nhiều hơn khoáng vật oxit Fe ít hơn có Kaolinit. Loang lổ (trắng đỏ).		
	0,5-1,0	Feroalit	Các khoáng vật oxit Al và oxit Fe tương đương nhau, ít hơn có Kaolinit.		

1,0 - 2,5	0,5- 1,0	SiFeralit (SiFeAl)	Khoáng vật họ Kaolinit, khoáng vật oxit Fe, oxit Al gần tương đương nhau. Màu nâu, đỏ, vàng...	1,33 - 2.0	Dạng Laterit
2,51 - 4,0	0,5- 0,25	Ferosialit (FeSiAl)	Họ Kaolinit và các khoáng vật sét tương đương, ít hơn có các khoáng vật oxit Fe, màu đỏ vàng.	> 2	Không Laterit
4,01 - 5,50	≤ 0,25	Sialit (SiAl)	Khoáng vật sét đa khoáng chủ yếu, không ổn định, ít hơn có hydromica, Kaolinit. Màu vàng, xám, trắng, loang lổ.		

Bảng 4.5. So sánh phân đối vỏ phong hóa theo một số tiêu chuẩn

Phân đối vỏ phong hóa Việt Nam	ISRM (tiêu chuẩn Anh) (Hội cơ học đá Quốc Tế)	Tổng công ty Điện lực Việt Nam
O. Đá tươi, ít nứt nẻ	O. Đá tươi (Fresh)	II-B. Đá tương đối nguyên vẹn
I. Đá nứt nẻ, phong hóa nhẹ	I. Đá phong hóa nhẹ (Slightly)	II-A. Đá tươi, nứt nẻ
II. Đá phân khối, phong hóa trung bình	II. Đá phong hóa vừa (Moderately)	I-B. Đá phong hóa
III. Sét hóa, phong hóa mạnh	III. Đá phong hóa mạnh (Highly)	I-A ₂ . Đá phong hóa mạnh
IV. Đất phân tán, phong hóa hoàn toàn	IV. Phong hóa hoàn toàn (completely)	I-A ₁ . Phong hóa mãnh liệt
V. Xi măng hóa - Laterit	V. Đất tàn dư (Residual soil)	Sườn tàn tích (edQ)
VI. Thổ nhưỡng		

Có thể tham khảo phân đối vỏ phong hóa Việt Nam và một số tiêu chuẩn khác trên bảng 6.5; 6.6.

b. Đặc điểm của các đá có thành phần và nguồn gốc khác nhau

Kết quả của quá trình phong hóa nhiệt đới ẩm đã xảy ra các quá trình thủy phân trong các đất đá, nếu quá trình phong hóa triệt để có thể dẫn tới sự thủy phân hoàn toàn, các sản phẩm phong hóa có xu hướng đồng nhất về thành phần hóa học và thành phần khoáng vật, đều tạo thành oxit sắt, oxit nhôm và oxit silic.

Trên lãnh thổ Việt Nam, vỏ phong hóa của các đá mẹ có thành phần và nguồn gốc khác nhau nên đặc điểm của chúng cũng không giống nhau. Nếu ở điều kiện như nhau thì các đá magma dễ bị phong hóa hơn đá trầm tích và biến chất.

Trong đá magma, đá magma bazơ, siêu bazơ dễ bị phong hóa, bề dày thường lớn hơn đá magma axit. Các đới đất phân tán và đới thổ nhưỡng thường có màu đỏ đặc trưng, kết cấu xốp hơn so với vỏ phong hóa của đá axit. Các khoáng vật tạo đá và điều kiện thành tạo càng khác điều kiện hiện tại bao nhiêu thì nó càng dễ bị biến đổi, phong hóa bấy nhiêu.

Nhìn chung mức độ phong hóa của đá phụ thuộc vào độ bền của các tinh thể khoáng vật so với thành phần khoáng vật, độ bền về cấu trúc thành phần khoáng, các nguyên tố hóa học bị rửa trôi trong quá trình phong hóa. Trong các đá magma khoáng vật nào chứa nhiều sắt, nhôm hơn. Màu đỏ của sản phẩm phong hóa là do nguyên nhân gì tạo nên và sản phẩm phong hóa tại chỗ của loại đá nào xốp và độ rỗng cao hơn v.v...

Đối với vỏ phong hóa của đá trầm tích phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện thành tạo. Chẳng hạn như vỏ phong hóa của đá vôi hầu như ta không thấy vì nó bị thủy hóa hoàn toàn và sản phẩm hòa tan lại bị nước cuốn trôi xuống chân núi. Nếu đá vôi có chứa nhiều sét thì mới quan sát rõ vỏ phong hóa. Sản phẩm phong hóa từ đá vôi nhiều sét có màu vàng nâu, lỗ rỗng lớn và hợp thể to. Nếu đá vôi có chứa nhiều sắt thì sản phẩm phong hóa có màu đỏ, xốp, các oxit sắt bao quanh hợp thể rất giống đá bazan.

Vỏ phong hóa của các đá biến chất có thành phần giống với vỏ phong hóa của các đá magma và trầm tích. Các đá biến chất mạnh, tái kết tinh (đá phiến mica, gneis...) thì sản phẩm phong hóa giống đá axit. Tuy nhiên, đối với đá biến chất có cấu tạo phiến khi bị phong hóa tạo điều kiện cho các yếu tố xâm nhập sau. Đá biến chất phiến lục, phiến xerixit chủ yếu là đá sét biến chất nhẹ, vỏ phong hóa giống vỏ phong hóa của đá trầm tích cơ học. Đối với đá biến chất có thành phần cơ bản tương đối thuần khiết như đá amphibolit, thành phần chủ yếu là amphibol (giống thành phần khoáng vật của đá magma bazơ, siêu bazơ) thì vỏ phong hóa của nó có nhiều sắt màu đỏ và rất giống vỏ phong hóa của đá magma.

Bảng 4.6. Phân đới vỏ phong hóa lãnh thổ Việt Nam

Ký hiệu đới – phụ đới		Quá trình phong hóa chủ yếu	Đặc điểm địa hóa	Khoáng vật chủ yếu	Dạng liên kết kiến trúc
VI. Thổ nhưỡng		Quá trình di chuyển sét Kaolinit hóa	Ferosialit (Feralit hóa)	Kaolinit, gipxit, gotit	Ngưng keo -xi măng
V. Xi măng hóa - Laterit	V-B Laterit Fe	Oxi hóa, thủy phân hoàn toàn	Ferit	Gotit, Kaolinit, hematit, gipxit	Xi măng - kết tinh
	V-A Laterit Al		Alit	Gipxit, gotit	

IV. Đất phân tán, phong hóa hoàn toàn	IV-B Sét Laterit hóa	Thủy phân chưa hoàn toàn, rửa trôi hoàn toàn	Fero Sialit Feralit hóa	Kaolinit, nontronit (chỉ trong đá siêu bazơ), gotit, gipxit	Ngưng keo - xi măng
	IV-A Sét		Fero Sialit		
III. Sét hóa - phong hóa mạnh	III-B Sét dăm	Rửa trôi	Đa nguyên tố	Khoáng vật nguyên sinh halozit (hoặc Kaolinit), nontronit, montmorionit (trong đá bazan)	Ngưng keo (trong sét) kết tinh tàn dư
	III-A Dăm sét				
II. Đá phân khối - phong hóa trung bình		Nứt vỡ, thủy hóa mạnh	Đa nguyên tố	Khoáng vật nguyên sinh, khoáng vật sét thứ sinh, hydroxit sắt	Ngưng keo (trong sét) kết tinh
I. Đá nứt nẻ - phong hóa nhẹ		Nứt vỡ, thủy hóa yếu	Đa nguyên tố	Khoáng vật nguyên sinh	Kết tinh

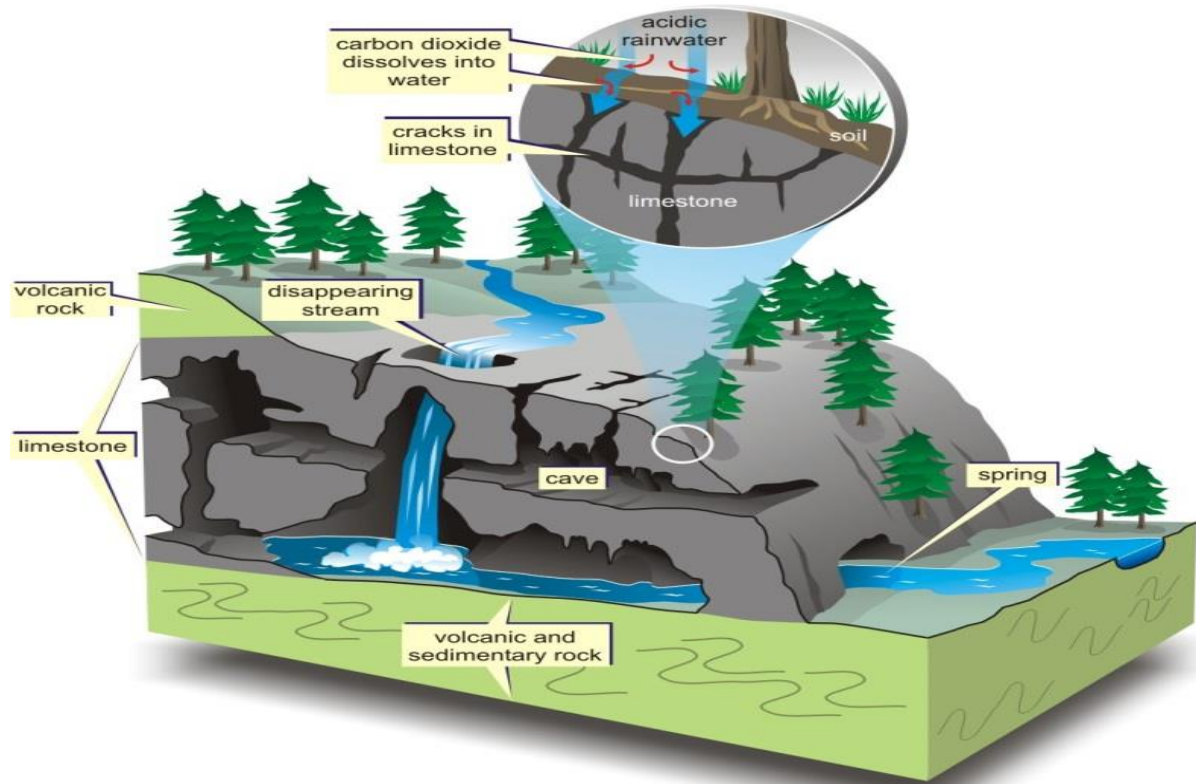
4.1.4. Ảnh hưởng quá trình phong hóa đối với ĐCCT Việt Nam

Quá trình phong hóa tạo ra nguồn vật liệu đất đắp rất lớn, làm giảm khối lượng mìn và tăng năng suất trong khai đào đất đá. Tuy vậy, quá trình này làm suy giảm độ bền, tăng tính chất biến dạng, tăng tính thấm nước của các đá nứt nẻ, đá phong hóa, làm phát sinh các quá trình địa chất động lực công trình khác đe dọa sự ổn định của công trình, đồng thời gây khó khăn trong công tác tìm kiếm, khai thác đá xây dựng.

4.2. QUÁ TRÌNH KARST HÓA Ở VIỆT NAM

Karst là quá trình địa động lực ngoại sinh đặc biệt, có tác động mạnh mẽ trong cải biến môi trường địa chất cũng như ảnh hưởng tiêu cực lẫn tích cực đến sự phát triển kinh tế xã hội của mỗi quốc gia, mỗi vùng lãnh thổ. Do vậy, ngay từ cuối thế kỷ 19 đã có nhiều chuyên gia, nhiều ngành khoa học chuyên sâu nghiên cứu vấn đề này....Cho đến nay đã có khá nhiều định nghĩa về Karst của các tác giả khác nhau. Trên quan điểm địa chất động lực công trình, chúng tôi cho rằng: Karst là một quá trình xảy ra khi nước trên mặt và nước dưới đất tiếp xúc với các đá có khả năng dễ bị hòa tan, khi đó nước sẽ

hòa tan (xói mòn hóa học), xâm thực (xói mòn cơ học) cuốn trôi đá dễ hòa tan và hình thành nên các dạng địa hình trên mặt cũng như các hang động ngầm rất đặc trưng.



Hình 4.3. Quá trình karst hóa

Như vậy, Karst là tổng hợp các quá trình hóa học (hòa tan) và cơ học (vận chuyển các hợp chất hòa tan) tác dụng tương hỗ lẫn nhau cùng phát triển trong một hệ thống gồm hai phụ hệ: Phụ hệ đá thấm nước và bị hòa tan bởi nước tự nhiên và phụ hệ nước có khả năng hòa tan tuần hoàn ở bên trong và trên bề mặt các đá bị hòa tan. Kết quả quá trình tương tác của các thành phần trong hệ thống làm phát sinh ở bên trong và trên bề mặt đá bị hòa tan tạo nên những lớp phủ thổ nhưỡng và các hình thái đặc biệt được gọi là Karst như: lỗ rỗng, thấm thu nước, thung lũng khép kín, các hang hốc... Quá trình này tạo nên động thái và điều kiện đặc biệt của nước dưới đất được gọi là nước Karst, tạo nên mạng thủy văn rất đặc biệt như suối cạn, hoặc sau khi mưa nước thấm hết xuống dưới. Nhìn chung, quá trình Karst tạo ra rất nhiều hợp phần tự nhiên, do đó từ Karst vừa là quá trình vừa là sản phẩm của quá trình đó.

4.2.1. Nguyên nhân gây ra quá trình Karst

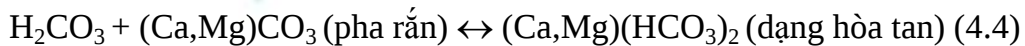
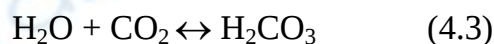
Từ trước đến nay, khi nghiên cứu quá trình Karst, rất ít tác giả đi sâu phân tích nguyên nhân gây ra quá trình động lực ngoại sinh này. Hầu hết, các tác giả chỉ đề cập đến sự hòa tan, xem tác động hòa tan như là nguyên nhân trực tiếp, duy nhất gây ra quá trình Karst và hình thành địa hình Karst ở nhiều nơi trên thế giới. Không chỉ có vậy, mà nhiều tác giả quan điểm về Karst còn chưa đầy đủ, thậm chí thiếu chính xác. Các tác giả

không nói rõ tác nhân nào hòa tan đá (nước mặt hay nước dưới đất, nước tự nhiên hay các chất lỏng khác).

Ngoài ra, nước mặt cũng như nước dưới đất cũng chỉ hòa tan đá có khả năng hòa tan và cũng chỉ có thể xảy ra trong nước có chứa lượng CO_2 ăn mòn lớn, vượt xa lượng CO_2 cân bằng. Theo chúng tôi, tác động hòa tan của nước chính là nguyên nhân bao trùm, nhưng quá trình bóc mòn Karst không chỉ do quá trình hòa tan (bóc mòn hóa học) của nước gây ra, mà còn do hoạt động xâm thực (bóc mòn cơ học) của nước chảy trên mặt và dưới đất. Do vậy, nguyên nhân trực tiếp gây ra quá trình Karst phải bao gồm tác động hòa tan và xâm thực của nước mặt, nước dưới đất đối với đá có khả năng hòa tan như dưới đây.

a. Tác dụng hòa tan của nước

Chúng ta đều biết, nước mặt cũng như nước dưới đất chỉ có tác dụng hòa tan đối với các đá có khả năng hòa tan, tuy nhiên tác dụng hòa tan chỉ xảy ra khi nước có chứa nhiều lượng CO_2 ăn mòn. Quá trình hòa tan đá vôi trong nước có chứa nhiều khí CO_2 ăn mòn xảy ra theo phương trình phản ứng thuận nghịch sau:



Trong trường hợp nước chứa hàm lượng cacbonit ăn mòn ít thì lượng axitcacbonic sẽ sinh ra ít, dẫn đến tương tác giữa nó với đá vôi (tác dụng hòa tan) bị hạn chế. Lúc đó, quá trình hòa tan đá vôi sẽ không xảy ra nếu hàm lượng khí CO_2 không vượt quá lượng khí CO_2 cân bằng. Khi lượng khí CO_2 lớn, vượt quá lượng khí CO_2 cân bằng thì hàm lượng axitcacbonic sẽ sinh ra lớn, gây hòa tan đá vôi và tạo nên bicacbonat canxi $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Ngoài ra, để quá trình hòa tan xảy ra thì bên cạnh tác dụng hòa tan của khí CO_2 , nước phải chứa ít ion pha cứng, bởi vì khi nước chứa nhiều ion pha cứng thì tạo nên môi trường quá bão hòa nên quá trình hòa tan đá vôi sẽ dừng lại. Từ nghiên cứu thực nghiệm, Xocolov D.X. đã chứng minh trong nước chứa nhiều các muối khác gốc, bước đầu sẽ làm tăng khả năng hòa tan, nhưng đến một giới hạn nào đó (tùy thuộc loại muối) thì sự gia tăng hàm lượng muối sẽ làm giảm độ hòa tan của nước.

b. Tác dụng xâm thực của nước

Ngoài tác dụng hòa tan, khi vận động nước thường tạo ra áp lực thủy động có tác dụng gây xâm thực cơ học. Nước vận động trên mặt chính là nguyên nhân gây xâm thực cơ học, tạo ra các dạng địa hình Karst như: các núi sót, các tháp Karst đỉnh nhọn, các khối núi Karst có đỉnh sắc nhọn,... Cùng với tác dụng xâm thực cơ học trên mặt, nước cũng gây ra quá trình xâm thực cơ học vào các khe nứt của đá vôi và mở rộng các khe nứt thành các hang động ngầm.

Bên cạnh các nguyên nhân trực tiếp là tác dụng hòa tan và xâm thực cơ học của nước, quá trình Karst còn bị chi phối bởi một số nguyên nhân gián tiếp khác như: các hoạt động kinh tế công trình, lượng mưa và vận động tân kiến tạo.

c. Lượng mưa

Đối với khu vực có lượng mưa càng lớn thì tốc độ của dòng chảy mặt cũng như dòng ngầm càng mạnh, dẫn đến cường độ trao đổi nước và tuần hoàn nước trong các tầng đá gần bề mặt càng lớn, do đó quá trình hòa tan và rửa lũa cũng tương ứng tăng theo, tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển quá trình Karst. Vì vậy, vào mùa mưa quá trình Karst phát triển với cường độ mạnh hơn nhiều so với mùa khô. Theo số liệu phân tích mẫu nước lấy ở Uran (Nga) cho thấy hàm lượng HCO_3^- , Ca^{++} vào mùa mưa chiếm trên 50%, còn mùa khô chỉ chiếm 2 - 3% hàm lượng các ion chứa ở trong nước Karst (Xocolov D.X).

d. Vận động tân kiến tạo

Vận động tân kiến tạo khu vực có vai trò rất lớn đối với xu thế phát triển Karst theo phương thẳng đứng và quy mô của các hình thái Karst. Trước hết, đối với khu vực bị nâng tân kiến tạo theo chế độ xen kẽ giữa các pha nâng và các pha kiến tạo bình ổn, sẽ gặp Karst phát triển theo xu hướng xuống sâu, cùng với sự hình thành các bậc hang động. Trong đó bậc hang phân bố càng cao, thì Karst có tuổi càng cổ và thường là Karst chết. Thời đoạn ngừng nghỉ (bình ổn tương đối) sau pha nâng càng kéo dài, càng có điều kiện hình thành các hang động quy mô càng lớn, thậm chí hình thành cả cao nguyên Karst rộng lớn. Kết quả nghiên cứu các đặc điểm phân bố các hang động theo phương thẳng đứng ở nước ta, cho thấy: do ảnh hưởng của vận động nâng tân kiến tạo, hang động Karst đã hình thành 5 bậc, bậc thấp nhất 0 - 4m đến bậc cao nhất 100 - 120 m (ở Đông Bắc) và 150 - 180 m (ở Tây Bắc) [3,4,7,8,9].

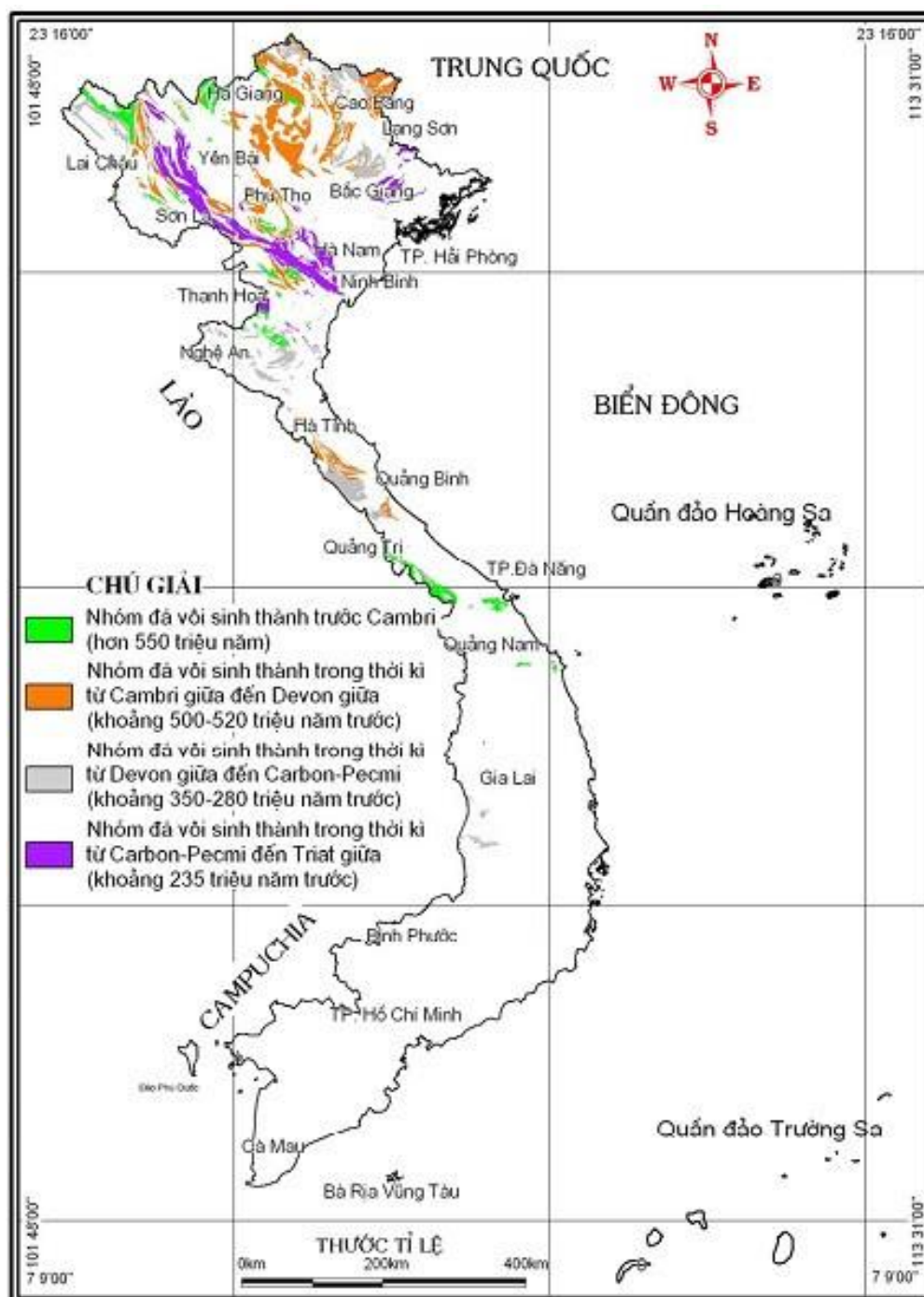
Đối với lãnh thổ bị nâng tân kiến tạo liên tục trong thời gian dài ngày, ngoài việc hình thành các bậc hang động có quy mô lớn, còn gặp các giếng Karst sâu có kích thước, hình dáng biến đổi phức tạp theo phương thẳng đứng. Ngược lại, vận động sụt lún tân kiến tạo lại tạo điều kiện cho quá trình Karst phát triển theo hướng đi lên, nên các bậc hang động thấp bị lấp nhét dần và có thể biến thành Karst chết.

e. Hoạt động kinh tế - công trình

Hầu hết các hoạt động kinh tế - công trình của con người như: xây dựng hồ chứa nước, khai thác nước dưới đất, khai đào các hố móng, các công trường khai thác lộ thiên,... cũng như thải các loại nước thải có tính ăn mòn vào môi trường tự nhiên, đã làm biến đổi môi trường địa chất, tạo điều kiện thúc đẩy quá trình Karst phát triển hoặc tái hoạt động.

4.2.2. Điều kiện phát sinh - phát triển quá trình Karst

Quá trình Karst không chỉ phụ thuộc vào các nguyên nhân, mà còn bị khống chế bởi một số điều kiện cơ bản dưới đây:



Hình 4.4. Bản đồ phân bố các thành tạo đá vôi ở Việt Nam

a. Cấu trúc địa chất

Các yếu tố địa chất có ảnh hưởng đến hoạt động Karst phải kể đến bao gồm: Thành phần khoáng hóa của đá; đặc điểm kiến trúc, cấu tạo, thể nằm của đá Karst: Đặc điểm đứt gãy, khe nứt kiến tạo và quan hệ thể nằm giữa các thành tạo Karst hóa với đá phi Karst.

Trước hết là thành phần khoáng hóa của đá, các đá có khả năng hòa tan trong nước như: muối mỏ dễ hòa tan nhất(>hơn 320 g/l), thạch cao (2,1 - 2,6 g/l), đá vôi

đolômit khó hòa tan hơn với giá trị vài trăm miligam trong một lít nước. Trong thực tế, các khoáng vật tạo đá chủ yếu bị hòa tan đều có cấu trúc tinh thể. Quá trình hòa tan đá trong nước thực chất là quá trình phá vỡ mạng tinh thể, chuyển các ion của mạng tinh thể khoáng vật vào trong nước dưới tác dụng của lực hút các ion và phân tử nước. Khả năng hòa tan của các khoáng vật trước hết phụ thuộc tổng năng lượng của mạng tinh thể của chúng, tổng năng lượng mạng tinh thể càng lớn thì khả năng hòa tan càng bé và ngược lại. Ngoài ra, khả năng bị hòa tan của các đá còn phụ thuộc vào cấu trúc tinh thể, tạp chất trong đá, nhiệt độ, áp suất của nước.



Hình 4.5. Hồ sụt lún Karst a- kích thước 20 x 25 mét ở Thanh Hóa, b- ở xã An Tường, Yên Sơn, Tuyên Quang; c- Hai hồ sụt Karst ở Hương Khê, Hà Tĩnh

Bên cạnh thành phần khoáng hóa thì đặc điểm kiến trúc, cấu tạo, thể nằm của đá Karst cũng có ảnh hưởng lớn đến địa hình và hình thái Karst. Thật vậy, điều kiện thể nằm, mức độ nứt nẻ, vỡ vụn của đá Karst quyết định khả năng xâm nhập của nước vào trong đá bị hòa tan. Những đá có khả năng hòa tan bị che phủ, ngăn cách bởi các trầm tích không có khả năng thấm nước, thì Karst phát triển yếu hay nói chung là không phát triển. Nếu trầm tích che phủ có khả năng thấm nước tốt, chiều dày nhỏ hoặc đá bị hòa tan lộ ra ngay trên mặt thì Karst phát triển dễ dàng và mạnh mẽ hơn. Đối với các đá nằm ngang thì Karst phát triển gần như đồng đều theo diện tích phân bố đá hòa tan, đối với các đá xếp nghiêng hoặc dốc đứng thì Karst phát triển xuống sâu, còn các đá có thể nằm đơn nghiêng thì Karst phát triển vừa theo phương lớp vừa theo hướng dốc.

Tiếp theo là đặc điểm đứt gãy, khe nứt kiến tạo, đặc biệt là mức độ nứt nẻ và hướng phát triển của khe nứt không những quyết định mức độ phát triển Karst, mà còn quyết định phương và hình thái Karst. Thực tiễn nghiên cứu Karst ở Việt Nam cho thấy nơi nào đá vôi bị các đứt gãy kiến tạo chia cắt và đới nứt nẻ tăng cao, nơi đó Karst sẽ phát triển mạnh với nhiều phễu, giếng, hang động Karst. Các hệ thống khe nứt, đứt gãy, đới phá hủy kiến tạo và những nơi giao nhau của chúng hình thành nên các rãnh, đường, các hành lang, hang động thông thường, có nơi hình thành các sông ngầm và các loại hình Karst khác. Ngoài ra, độ khe nứt và mức độ đập vỡ của đá cũng tạo điều kiện dễ dàng cho sự thâm nhập, vận động của nước dưới đất, tăng cường khả năng hòa tan và tạo nên những hang hốc có quy mô lớn.

Cuối cùng là quan hệ thể nằm giữa các thành tạo Karst hóa với phi Karst, thông thường khu vực nào có khối đá Karst xuất lộ, thì nơi đó Karst phát triển và ngược lại.