

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH SINH ĐỊA HÓA TRONG HỆ THỐNG “THÂM THỰC VẬT - VẬT RƠI RỤNG - ĐẤT” TẠI RỪNG NHIỆT ĐỚI THUỘC VƯỜN QUỐC GIA BIDOUP-NÚI BÀ

GORBUNOV R. V. ^(1,3,4), LEBEDEV YA. O. ^(2,3,4), PHẠM CẨM NHUNG ^(1,4),
DRYGVAL A. V. ^(2,3,4), GORBUNOVA T. YU. ^(1,3,4), KUZNETSOV A. N. ^(3,4),
KUZNETSOVA S. P. ^(3,4), NGUYỄN ĐĂNG HỘI ⁽³⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nghiên cứu các quá trình địa hóa - một trong những phương thức di chuyển dòng loạt của các nguyên tố là nhiệm vụ có tính cấp thiết để hiểu biết được chức năng của hệ thống “thâm thực vật - vật rơi rụng - đất” và sinh quyển nói chung. Tại vùng núi, các quá trình thành tạo đất có những đặc điểm độc đáo và phức tạp do quá trình tái phân bố lại vật chất. Ở Việt Nam, vấn đề di chuyển sinh địa hóa của các nguyên tố trong đất và thực vật còn ít được nghiên cứu. Chưa có công trình nào trình bày một cách toàn diện về mối quan hệ qua lại của các quá trình đang diễn ra liên tục, các quy luật nhân-quả phát sinh trong hệ thống “thâm thực vật - vật rơi rụng - đất”, chưa có nghiên cứu đầy đủ về sự di chuyển sinh địa hóa của các nguyên tố, bao gồm cả việc xác định hàm lượng của các nguyên tố trong đất và thực vật, đánh giá mức độ xâm nhập của các nguyên tố, đặc biệt là đối với các vùng núi và rừng tự nhiên.

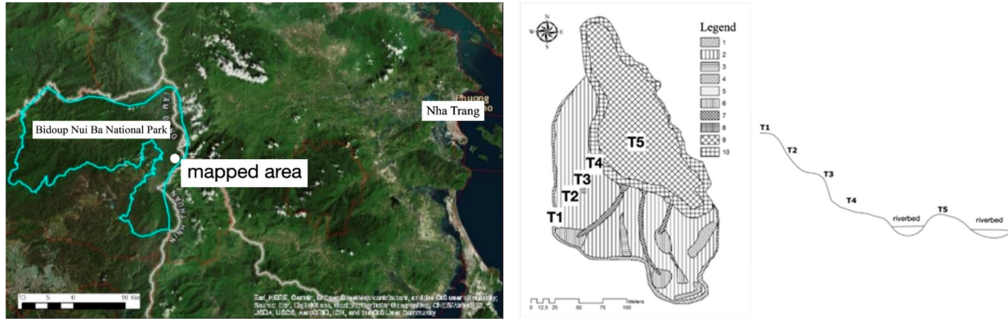
Mục tiêu của bài báo này là nghiên cứu quá trình tái phân bố lại vật chất trong cảnh quan thông qua việc tính toán ảnh hưởng của sinh khối thực vật chết. Xem xét các thành phần và quá trình di chuyển sinh địa hóa của vật chất, vị trí và vai trò của các nguyên tố vi lượng và đất hiếm trong đó. Nghiên cứu quá trình di chuyển sinh địa hóa của từng nguyên tố (gồm cả kim loại nặng). Làm rõ đặc điểm và quy luật biến đổi hàm lượng của các nguyên tố vi lượng trong hệ thống “thâm thực vật - vật rơi rụng - đất” vào mùa khô và mùa mưa ở Vườn Quốc gia Bidoup-Núi Bà (miền Trung Việt Nam) tại các trạng thái cảnh quan khác nhau: tự thành, bán tích tụ và tích tụ.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

Để nghiên cứu sự di chuyển địa hóa đã tiến hành phân tích quá trình tái phân bố lại vật chất trong cảnh quan thông qua việc tính toán ảnh hưởng của sinh khối thực vật chết. Tại các khu vực chìa khóa trong phạm vi nghiên cứu, các phẫu diện đất phù hợp với các yếu tố của địa hình cấu trúc bóc mòn đã được thiết lập (Hình 1).

Tại những vị trí đặt phẫu diện đất tiến hành thu thập thực vật rơi rụng để sau đó tro hóa. Chuẩn bị mẫu được thực hiện trong điều kiện phòng thí nghiệm: các mẫu được hong khô ở nhiệt độ phòng, tách thực vật rơi rụng thành các phần nhỏ, nghiền và cân các phần nhỏ, sử dụng các chén sứ để tro hóa trong lò nung bằng phương pháp tro hóa khô [1]. Thực hiện lặp lại hai lần để thu tro. Mẫu tro vật rơi rụng, mẫu thực vật và mẫu đất được chuẩn bị cho việc xác định tổng hàm lượng các nguyên tố sau đó chiết xuất bằng HNO₃ 1N theo Hướng dẫn xác định kim loại nặng trong đất nông nghiệp và sản phẩm cây trồng [2]. theo Hướng dẫn xác định kim loại nặng

Xác định các nguyên tố và kim loại nặng trong các mẫu đã thu được thực hiện theo phương pháp quang phổ phát xạ plasma bằng máy PlasmaQuant MS Elite S-NR: 11-6000ST043 tại Trung tâm Khoa học và Giáo dục “Phép đo Quang phổ và Sắc ký”, Viện Sinh học biển miền Nam mang tên A.O. Kovalevsky, Viện Hàn lâm khoa học Nga.



Hình 1. Các điểm nghiên cứu chìa khóa

Trong đó, các kiểu địa hình phát triển bao gồm: 1 - sống núi; 2 - sườn núi; 3 - bề mặt của sống núi; 4 - cấu trúc bậc thềm; 5 - bề mặt tro đá; địa hình bị xói mòn; 6 - lưu vực trên bề mặt của dãy núi; 7 - khe núi; 8 - nón phóng vật; địa hình bãi bồi; 9 - ốc đảo theo mùa; 10 - lòng sông [3]

Mức độ sẵn có của các nguyên tố trong đất ở các địa hóa cảnh quan khác nhau được đánh giá bằng các thông số sinh địa hóa: hệ số hấp thụ sinh học (K_b) và hệ số di chuyển sinh hóa (K_p) theo công thức [4]:

$$K_b = P/\Pi,$$

Trong đó: P - hàm lượng tổng số của nguyên tố hóa học trong tro thực vật; Π - hàm lượng tổng số của nguyên tố hóa học trong đất tại nơi mà cây sinh trưởng.

$$\text{và } K_p = I/m,$$

Trong đó: I - hàm lượng tổng số của nguyên tố hóa học trong tro thực vật; m - hàm lượng di động của nguyên tố hóa học trong đất tại nơi mà cây sinh trưởng.

Ngoài ra, để đánh giá tổng cường độ tham gia của các nguyên tố vi lượng trong chu trình sinh học, một chỉ số về hoạt động sinh hóa theo dõi sự tham gia của các nguyên tố vi lượng trong chu trình sinh học của thực vật trong một cảnh quan cụ thể cũng được xem xét.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm lượng các nguyên tố trong tro vật rơi rụng

Thành phần vật chất của đất hình thành trong các điều kiện cảnh quan khác nhau đã được nghiên cứu. Theo đó, các khu rừng nhiệt đới trên núi trung bình có những đặc điểm nổi bật về sự di chuyển địa hóa của vật chất. Ảnh hưởng của địa hình đến sự hình thành thảm thực vật và sự thay đổi hàm lượng tro của cành và lá rụng cũng đã được xem xét.

Tùy thuộc đặc điểm của địa hình, sự thay đổi hàm lượng tro của vật rơi rụng đã được nghiên cứu. Kết quả cho thấy, hàm lượng tro của lá trong điều kiện tự thành khu vực đỉnh núi là 2,95%, khu vực tích tụ là 6,09% và khu vực bán ú nước - tích tụ là 4,75%. Hàm lượng tro của cành cũng tăng từ điều kiện tự thành (1,2%) đến khu vực tích tụ (3,93%) và bán ú nước - tích tụ (2,05%). Ở những khu vực có độ dốc lớn (điều kiện bán tích tụ), khả năng thu nhận các nguyên tố của thực vật bị giảm, dẫn đến hàm lượng tro giảm xuống 1,8% so với khu vực tự thành, có nơi đạt 2,1%.

Tiến hành phân tích hóa học của tro vật rơi rụng cho phép xác định được các nguyên tố xâm nhập vào đất tầng đất mùn do quá trình phân hủy của chúng. Phát hiện được một hàm lượng đáng kể các nguyên tố kiềm (Ca - 7%, K - 8-12%, Mg - 8-10%) và kim loại, trong đó có cả kim loại nặng (Mn - 1-2%, Al - 2-9%, Fe - 1%, Cu - 43-59%), hàm lượng Zn và Sr chiếm khoảng 0,1%; các nguyên tố (Pb, Ti, Si) của đất vàng chiếm giữ 0,01%. Về giá trị tuyệt đối, nồng độ của từng nguyên tố đạt giá trị khá cao, chẳng hạn như đồng (Cu) là 352,6 g/kg tro cành và 185,5 g/kg tro lá.

3.2. Hàm lượng kim loại trong đất

Các loại đất nghiên cứu được là đất vàng (điểm 1÷4) và đất phù sa (điểm 5). Đã xác định hàm lượng kim loại đối với tất cả các tầng đất theo cấu trúc phẫu diện (mặt cắt đứng), bao gồm các kim loại nặng (Mn, Cu, Zn, Sr, Pb), kim loại tham gia vào quá trình keo tụ của các hạt đất (Mg, K, Ca), cũng như các nguyên tố đặc thù (Al, Fe, Ti, Si) của đất vàng (Bảng 1).

Sự phân bố của nhôm (Al) có xu hướng tích lũy dần dần về số lượng trong các tầng khoáng vật từ điều kiện tự thành tới điều kiện tích tụ. Dữ liệu thu được chỉ ra rằng, quá trình tăng sinh dẫn đến sự phá hủy dần dần các loại đá chứa Al (dacit, tầng D, Al = 12 6592,3 mg/kg), kết quả là nó dần dần di chuyển vào tầng đất của các cảnh quan. Sắt (Fe) bị rửa trôi tích cực khỏi thảm rụng thực vật (tầng At) và tầng phù sa A2, đồng thời tham gia vào quá trình tích tụ axit humic trong tầng mùn (Ad, A1). Trong các tầng khoáng vật, hàm lượng Fe không thay đổi do liên quan đến thành phần thạch học của đá mẹ. Hàm lượng Titan (Ti) tăng dần theo các tầng khoáng vật từ điều kiện tự thành tới điều kiện tích tụ. Điều này cho thấy sự loại bỏ dần dần của Ti do các quá trình phát sinh.

Bảng 1. Hàm lượng một số nguyên tố trong tầng đất VQG Bidoup-Núi Bà mùa mưa

Điểm 1 (T1)								
Tầng đất	Na mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Ca mg/kg	Si mg/kg	P mg/kg	S mg/kg	Cl mg/kg
At	244,9	377,5	284,2	160,2	1617,7	969,4	462,4	915,2
A1	279,5	385,8	80,7	71,0	6463,7	649,0	1354,4	43 255,2
A2	130,8	144,7	88,1	53,6	7706,1	702,5	N/A	7723,3
B	195,8	734,2	164,3	87,2	7490,4	557,1	5809,2	2286,7
C	14,03	1903,6	194,2	56,8	7786,1	777,6	1910,8	1278,3
Tầng đất	Al mg/kg	Fe mg/kg	Ti mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Sr mg/kg	Pb mg/kg
At	6652	1575	28,5	21,8	36,9	18,7	9,5	10,0
A1	10 401	1381	170,1	38,9	17,6	4,3	3,0	9,3
A2	11 475	2180	185,3	19,3	24,3	7,4	2,7	15,3
B	41 029	33 751	135,9	20,3	31,1	18,0	4,0	36,2
C	24 643	35 252	151,6	24,4	46,3	23,0	3,6	44,2

Điểm 2 (T2)								
Tầng đất	Na mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Ca mg/kg	Si mg/kg	P mg/kg	S mg/kg	Cl mg/kg
At	266,0	357,1	120,7	100,0	1896,2	922,5	2992,1	797,2
A1	165,9	76,2	49,4	85,4	2676,9	723,5	3342,4	566,5
AeB	155,8	105,7	98,5	77,2	7780,5	776,2	1850,1	542,0
BC	124,2	142,5	146,8	66,9	7185,5	617,1	4247,2	604,8
Tầng đất	Al mg/kg	Fe mg/kg	Ti mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Sr mg/kg	Pb mg/kg
At	13 673	9933	173,8	25,0	28,3	43,7	4,3	8,2
A1	22 658	13 734	206,8	23,7	21,1	6,9	2,2	3,7
AeB	38 452	25 008	283,8	25,5	18,9	14,2	2,5	8,2
Bc	52 757	54 777	356,0	26,9	27,5	20,0	3,2	11,2
Điểm 3 (T3)								
Tầng đất	Na mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Ca mg/kg	Si mg/kg	P mg/kg	S mg/kg	Cl mg/kg
Ad	135,4	389,8	245,1	74,3	7413,5	990,2	3898,4	430,8
AeB	120,9	446,1	1238,0	54,4	5840,5	1006,8	8507,5	317,3
C1	131,8	292,7	681,7	51,5	6287,2	1066,3	10 586,4	338,2
C2	132,1	387,0	5173,8	61,7	4668,0	1197,5	10 008,4	286,0
D	N/A	170,3	42 069,9	N/A	1674,5	N/A	N/A	N/A
Tầng đất	Al mg/kg	Fe mg/kg	Ti mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Sr mg/kg	Pb mg/kg
Ad	46 214	32 661	435,6	26,6	30,9	11,3	2,9	15,3
AeB	68 525	58 005	742,5	85,8	44,2	21,6	4,0	23,2
C1	59 108	78 482	867,6	155,3	48,1	23,2	10,7	32,0
C2	66 544	77 573	1520,4	624,7	52,7	55,1	5,4	33,0
D	126 592	108 559	1798,4	1232,8	40,7	174,1	7,1	5,9
Điểm 4 (T4)								
Tầng đất	Na mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Ca mg/kg	Si mg/kg	P mg/kg	S mg/kg	Cl mg/kg
Ad	168,5	699,7	1044,7	174,3	7423,4	812,5	2540,7	287,3
A	415,8	789,3	1021,8	284,8	6425,8	654,1	1219,5	22 955,2
A(e)B	150,9	558,4	932,9	124,2	7317,6	659,2	2851,1	255,6
B	383,2	886,8	993,3	179,8	5953,2	1118,1	2861,3	408,1
BG	321,6	1245,4	1228,1	184,5	6499,9	593,2	3917,1	253,4
G	273,5	1173,9	1139,8	183,6	5979,7	632,8	2977,5	271,7

Tầng đất	Al mg/kg	Fe mg/kg	Ti mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Sr mg/kg	Pb mg/kg
Ad	35 649	28 414	584,7	169,4	25,0	117,7	7,8	32,7
A	32 893	27 664	575,6	138,6	26,6	66,7	8,2	32,9
A(e)B	35 205	26 918	598,8	107,9	23,3	64,9	5,4	33,6
B	33 682	28 311	618,0	125,2	42,6	93,5	5,9	36,8
BG	39 553	29 283	555,2	113,3	29,3	81,1	7,0	34,2
G	30 706	18 282	470,8	102,7	26,0	59,5	6,3	28,2
Điểm 5 (T5)								
Tầng đất	Na mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	Ca mg/kg	Si mg/kg	P mg/kg	S mg/kg	Cl mg/kg
Ad	194,1	940,8	957,0	139,0	5857,8	744,9	1733,9	3864,3
A	153,8	442,5	965,5	103,6	6157,0	749,1	18,5	1159,5
B1	149,5	439,1	1085,9	109,6	6202,5	573,1	3030,4	705,4
B2	201,1	418,3	1218,0	177,8	6126,5	679,6	2206,1	397,9
BC	3346,6	327,8	448,1	167,2	6337,4	630,8	1867,7	374,8
Tầng đất	Al mg/kg	Fe mg/kg	Ti mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Sr mg/kg	Pb mg/kg
Ad	29 248	23 693	497,2	231,2	26,6	59,4	6,2	39,1
A	33 610	27 611	532,7	146,5	20,7	54,8	5,0	34,0
B1	38 334	31 801	567,9	190,0	28,4	68,4	5,2	39,9
B2	45 323	31 029	601,7	329,5	39,0	74,3	10,0	44,2
BC	41 260	30 828	599,2	115,6	29,9	43,1	7,9	29,2

Trong điều kiện tự định hình, silic (Si) tích tụ trong tầng A1-A2 được đặc trưng bởi rào cản sét hấp phụ, dẫn đến tích tụ đáng kể toàn bộ các nguyên tố, không kể Si. Sự gia tăng hàm lượng Si là đặc trưng của tầng tàn tích ở đất vàng và tầng bồi tích nói chung. Định của nồng độ cũng có liên quan đến rào cản cơ học ở ranh giới của các tầng A1-A2 và AeB/B. Hàm lượng magie (Mg) tăng từ điều kiện tự định hình đến điều kiện tích tụ. Mg có một số đỉnh tích tụ liên quan đến rào cản cơ học (tầng AeB) khi gia nhập từ các tầng mùn và liên kết với hàm lượng trong đá mẹ (dacit). Nồng độ kali (K) giảm dần từ tầng mùn đến tầng khoáng vật. Do đó, hàm lượng của nó có sự dao động nhỏ từ tầng mùn (xâm nhập từ vật rơi rụng) đến tầng khoáng vật (theo hướng di chuyển tích cực). K có thể cho thấy sự hình thành các rào cản sét hấp phụ vì tốc độ di chuyển của nó chậm lại trong đất có thành phần cơ giới nặng (tầng AeB, điểm T3), trong khi ở tầng bồi tích thì ngược lại, tốc độ của nó có thể nhanh hơn (tầng A2, điểm T1). Trong đất có thành phần cơ giới nặng, Ca có thể tích tụ do sự hình thành rào cản sét hấp phụ (tầng A1, AeB tại điểm 2 và 3). Cũng ghi nhận được Ca ở tầng At và Ad tương quan với sự thay đổi định lượng về hàm lượng tro của vật rơi rụng từ điều kiện tự thành sang điều kiện tích tụ và bán ú nước, điều này xác nhận nguồn gốc sinh học của nó trong quá trình di chuyển của đất.

Trong nghiên cứu, tất cả các nguyên tố kim loại nặng (Mn, Cu, Zn, Sr, Pb) đều có xu hướng tăng hàm lượng theo điều kiện cảnh quan: từ thành đến tích tụ và bán ú nước. Tuy nhiên, sai lệch của phân bố này cho thấy sự hình thành các rào cản địa hóa hoặc tính chất lưỡng tính của một số kim loại nặng (ví dụ như Zn và Mn). Nồng độ Mn đạt đỉnh được ghi nhận ở tầng A1 (điểm T1). Sau đó Mn bị rửa trôi khỏi mặt cắt phẫu diện đất. Sự gia tăng nồng độ Mn trong các tầng khoáng vật chứng tỏ Mn là một phần của đá hình thành đất. Sự tích lũy khá cao của Cu trong các tầng At và Ad cho thấy nó xâm nhập vào đất từ thảm rụng thực vật. Ghi nhận hàm lượng Cu cao tại điểm nghiên cứu T3. Điều này là do nguyên tố Cu có trong thành phần của đá mẹ, các quá trình siêu sinh đá mẹ dẫn đến sự di chuyển của nguyên tố. Nồng độ định lượng Zn có xu hướng gia tăng theo điều kiện cảnh quan từ tự thành đến tích tụ. Zn thâm nhập mạnh từ thảm rụng thực vật. Sự phân bố của Zn, có tính đến các đặc tính lưỡng tính của nó, cho thấy sự hình thành của một số rào cản địa hóa có nguồn gốc khác nhau: trong các tầng mùn (A1 điểm T1, A, AB điểm T4) - do sự hình thành các rào cản cơ học; ở ranh giới của tầng B1-B2 (điểm T5) - do sự hình thành của rào cản hydroxit hấp thụ.

Sự thay đổi của hàm lượng Sr theo điều kiện cảnh quan từ thành tới tích tụ và bán ú nước tương quan với sự thay đổi chỉ số hàm lượng định lượng tro của thảm rụng thực vật. Điều này cho thấy sự xâm nhập của Sr vào các tầng mùn từ thảm rụng thực vật. Pb xâm nhập vào đất cũng từ thảm rụng thực vật (tích tụ ở tầng B, điểm T1). Ngoài ra, trong tầng A2, nồng độ của tro đã giảm đáng kể, điều này cho thấy mối quan hệ của nó với phần đất mịn (do nó bị loại bỏ khỏi tầng đất này). Sự tích tụ Pb ở tầng C1 (điểm T3) xảy ra do sự hình thành của một rào cản cơ học ở ranh giới với tầng C2.

3.3. Hàm lượng nguyên tố vi lượng và sự di chuyển của chúng trong đất

Một nhiệm vụ riêng biệt của nghiên cứu là xác định một số nguyên tố vi lượng (bao gồm cả kim loại đất hiếm), có hàm lượng không đáng kể trong thảm thực vật và đất cũng là một dấu hiệu tốt để xác định sự di chuyển của các nguyên tố trong hệ thống "thảm thực vật - vật rơi rụng - đất". Việc nghiên cứu sự di chuyển của các nguyên tố vi lượng và kim loại đất hiếm gặp khó khăn do nồng độ của chúng trong tự nhiên thấp. Để giải quyết vấn đề này, đã so sánh trị số Clark của các nguyên tố trong vỏ trái đất theo Vinogradov [5] với hàm lượng của các nguyên tố này trong đất tại khu vực nghiên cứu. Tổng cộng có 28 nguyên tố đã được phân tích. Hàm lượng của các nguyên tố này có liên quan trực tiếp đến đặc điểm địa chất của khu vực nghiên cứu, do đó chúng tôi đã thực hiện so sánh dữ liệu thu được ở hai đối tượng sơn văn là sườn núi cao trung bình của Trạm sinh thái cảnh quan và đỉnh núi Hòn Giao ở gần đó.

Tất cả các nguyên tố phát hiện được đều có hàm lượng đáng kể trong đất kể cả ở Trạm sinh thái cảnh quan và trên đỉnh Hòn Giao. Giá trị hàm lượng của các nguyên tố V, Co, Ni, Ge, As, Y, Mo, Cs, Ba, La, Ce, Hg, Th không vượt quá trị số Clark của nguyên tố trong vỏ trái đất (ngoại trừ Cs và Hg ở tầng mùn). Đối với một số nguyên tố đã ghi nhận được sự khác biệt về hàm lượng của chúng trong đất

nghiên cứu: V, Co, Y, Mo, La chỉ ghi nhận được ở Trạm sinh thái cảnh quan, còn trong đất ở đỉnh Hòn giao là không đáng kể. Do đó, hàm lượng vết của các nguyên tố trong đất nghiên cứu xác định được như sau: tại khu vực Trạm sinh thái cảnh quan là các nguyên tố Cr, Ga, Nb, Ru, In, Sb, Te, Yb, U và ở khu vực đỉnh Hòn Giao là các nguyên tố V, Cr, Co, Ga, Y, Nb, Mo, Ru, In, Sb, Te, La, Yb, U. Như vậy, có thể khẳng định rằng đất ở Trạm sinh thái cảnh quan được đặc trưng bởi các nguyên tố Se, Pd, Ag, Cd, Sn, Cs, Hg và Bi có hàm lượng vượt quá giá trị Clark của nguyên tố trong vỏ trái đất, còn ở đỉnh Hòn Giao chỉ phát hiện được các nguyên tố Se, Pd, Ag, Cd, Sn và Bi. Tiến hành phân tích so sánh sự phân bố của các nguyên tố vi lượng và đất hiếm cho thấy hàm lượng Se, Pd, Ag, Cd, Sn, Bi ở tất cả đất được nghiên cứu cơ bản có giá trị vượt quá hàm lượng của chúng trong vỏ trái đất.

Cần lưu ý là hàm lượng của các nguyên tố Ni, Ge, As, Ba, Ce, Hg và Th trong đất có giá trị không vượt quá trị số Clark của nguyên tố trong vỏ trái đất, tuy nhiên sự phân bố ở các tầng phía dưới của cảnh quan đã cho thấy chúng tham gia vào quá trình di chuyển ngang và dọc của vật chất. Hàm lượng vết của các nguyên tố Cr, Ga, Nb, Ru, In, Sb, Te, Yb, U cũng đã ghi nhận được ở khu vực Trạm sinh thái cảnh quan và ở đỉnh Hòn giao là các nguyên tố V, Cr, Co, Ga, Y, Nb, Mo, Ru, In, Sb, Te, Cs, La, Yb và U.

Trong quá trình phân tích từng nguyên tố, đã phát hiện đặc điểm phân bố thẳng đứng của chúng trong đất được nghiên cứu. Hàm lượng Se có thể tăng cả ở tầng mùn và tầng khoáng vật. Hàm lượng Pb phụ thuộc vào điều kiện địa chất (đỉnh Hòn Giao) và thủy văn khu vực (Trạm sinh thái cảnh quan) - đỉnh hàm lượng của nó liên quan đến hàm lượng trong thành phần đá mẹ của khu vực hoặc di chuyển theo dòng chảy của sông (giá trị tối đa ghi nhận được ở khu vực ven sông). Hàm lượng Ag nói chung có xu hướng giảm từ điều kiện tự thành đến điều kiện tích tụ và được đặc trưng bởi các đỉnh cục bộ. Hàm lượng Cd giảm dần khi chuyển từ điều kiện tự thành sang điều kiện tích tụ, đồng thời phản ánh đặc điểm địa chất của khu vực. Hàm lượng gia tăng của nó tại các tầng mùn của các mặt cắt phẫu diện đất có thể cho thấy sự thâm nhập từ thảm rưng thực vật và sự di chuyển theo chiều ngang trong các điều kiện của cảnh quan. Hàm lượng của Sn có xu hướng đa hướng: theo hướng tích tụ dần từ điều kiện cảnh quan tự thành sang điều kiện tích tụ (trạm sinh thái cảnh quan) và ngược lại, theo hướng giảm dần từ điều kiện cảnh quan tự thành sang điều kiện tích tụ (đỉnh Hòn Giao). Hàm lượng Bi trong đất tại Trạm sinh thái cảnh quan thể hiện sự di chuyển dần dần từ điều kiện cảnh quan tự thành sang điều kiện tích tụ, trong khi sự phân bố của Bi tại đỉnh Hòn Giao phản ánh các đặc điểm địa chất của khu vực.

Các nguyên tố V, Ba, La, Ce mặc dù có các đỉnh hàm lượng liên quan đến đặc điểm địa chất của khu vực, nhưng cho thấy có xu hướng tích tụ dần đến tầng khoáng vật từ điều kiện cảnh quan tự thành đến cảnh quan tích tụ và có một đỉnh hàm lượng rõ rệt ở tầng mùn. Các nguyên tố As, Se, Pd, Cd, Sn, Bi, Cs, Hg, Ni có giá trị sinh thái quan trọng đối với khu vực nghiên cứu với tư cách là các dấu hiệu chỉ thị cho ô nhiễm kim loại nặng. Cần có thêm các nghiên cứu về sự tham gia của chúng vào quá trình di chuyển sinh địa hóa.

3.4. Sự di chuyển các nguyên tố vi lượng trong hệ thống "đất-thực vật"

Các nghiên cứu được thực hiện cho phép đánh giá sự tham gia của các nguyên tố vi lượng vào quá trình di chuyển sinh địa hóa của các dòng vật chất trong hệ thống "đất-thực vật". Loài tre (thuộc họ Bambusoideae) được chọn làm nghiên cứu mẫu điển hình. Các nguyên tố được nghiên cứu tích tụ ở tre có sự khác biệt phụ thuộc cả vào hàm lượng của chúng trong đất của diện cảnh quan và các bộ phận của cây. Sự thay hàm lượng, ngoài các đặc điểm cụ thể của sự tích tụ cho thấy mức độ sẵn có khác nhau của các nguyên tố trong đất theo các điều kiện địa hóa cảnh quan. Điều này được đánh giá bằng các chỉ số sinh hóa (K_b và K_p) đặc trưng cho mỗi quan hệ trong hệ thống "đất - thực vật" (Bảng 2).

Bảng 2. Hệ số hấp thụ sinh học các nguyên tố trong lá và thân tre (K_b) và hệ số di chuyển sinh hóa (K_p) vào mùa khô và mùa mưa trong năm

		Điểm T1				Điểm T2				Điểm T3			
		Lá		Thân		Lá		Thân		Lá		Thân	
		Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa
B	K_b	0,93	0,73	0,49	0,38	1,43	1,28	0,25	0,22	0,22	24,03	0,41	13,74
	K_p	4,24	13,44	2,23	7,06	4,47	20,62	2,06	3,56	2,42	338,64	4,65	193,58
Mn	K_b	5,26	8,47	3,36	5,42	3,14	4,76	0,68	1,03	0,74	80,62	1,62	65,91
	K_p	8,06	33,05	5,15	21,14	3,44	15,20	2,49	3,29	2,86	196,54	6,29	160,67
Co	K_b	0,13	0,11	0,10	0,08	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	3,72	0,04	3,36
	K_p	1,49	0,76	1,15	0,59	0,50	0,56	0,30	0,12	0,73	15,16	1,56	13,69
Cu	K_b	0,16	1,12	0,15	1,08	0,50	2,91	0,13	0,79	0,03	4,21	0,06	7,19
	K_p	17,92	28,44	17,35	27,54	11,29	60,68	11,34	16,36	3,16	72,04	5,39	122,87
Zn	K_b	0,98	0,62	4,87	3,11	0,69	1,08	0,21	0,32	0,19	2,21	0,55	7,39
	K_p	2,65	3,08	13,23	15,39	1,06	4,96	4,29	1,48	1,05	12,44	3,00	41,48
Mo	K_b	0,02	0,70	0,01	0,37	0,04	1,38	0,01	0,34	0,01	0,72	0,01	2,06
	K_p	14,16	7,53	7,54	4,01	13,22	10,33	5,83	2,53	3,62	7,59	4,12	22,73

Cu tích tụ trội hơn trong lá, thân tre và tương ứng nó có hàm lượng cao trong đất của các diện cảnh quan được nghiên cứu. Zn và Mn có sự cạnh tranh trong quá trình tích tụ sinh học và không phụ thuộc trực tiếp vào hàm lượng của nó có trong đất. Mặc dù hàm lượng của $B > Mo$, nhưng cả hai nguyên tố này đều tích cực tích lũy trong các bộ phận của tre. Hàm lượng Co trong đất tỷ lệ nghịch với sự tích lũy của nó trong các bộ phận của tre. Sự thay đổi hàm lượng như vậy, ngoài các đặc điểm tích lũy đặc trưng còn có thể cho thấy mức độ xâm nhập của các nguyên tố vào trong đất ở các điều kiện địa hóa cảnh quan khác nhau. Điều này có thể đánh giá bằng các chỉ số sinh địa hóa (K_b và K_p) đặc trưng cho mỗi quan hệ qua lại trong hệ thống "đất-thực vật".

Hệ số hấp thụ sinh học (K_b) cho thấy khả năng hấp thụ của các nguyên tố và sự tích lũy của chúng trong các bộ phận của tre sinh trưởng ở các diện cảnh quan khác nhau. Tại diện cảnh quan tự thành, K_b của lá cao hơn K_b của thân đối với tất cả các nguyên tố, trừ Zn. Ở diện cảnh quan tàn tích, K_b của lá đối với tất cả các nguyên tố được nghiên cứu đều cao hơn K_b của thân. Vào mùa khô, ở diện cảnh quan tích tụ thì ngược lại, K_b của thân cây đối với tất cả các nguyên tố nghiên cứu cao hơn K_b của lá. Trong mùa mưa, K_b của lá cao hơn đối với B, Mn, Co và đối với Cu, Zn, Mo K_b của thân cao hơn. Đã ghi nhận giá trị K_b của lá (đối với Mn và Zn) và K_b của thân (đối với Cu) liên tục giảm từ diện cảnh quan tự thành đến diện cảnh quan tích tụ trong mùa khô. Trong mùa mưa, ghi nhận giá trị K_b của lá tre so với B, Cu và Zn tăng một cách tự nhiên từ diện cảnh quan tự thành sang diện cảnh quan tích tụ, trong khi mô hình này không được quan sát thấy đối với K_b của thân tre. Nhìn chung, tại cảnh quan tự thành, sự tích lũy ($K_b > 1$) của Mn trong lá, Mn và Zn trong thân đã được ghi nhận; tại cảnh quan tàn tích, ghi nhận B, Mn trong lá nhưng không phát hiện được sự tích tụ của các nguyên tố trong thân cây; ở cảnh quan tích tụ không thấy tích lũy Mn ở lá mà chỉ ghi nhận được ở thân cây.

Nói chung, mức độ tham gia của các nguyên tố trong đất có sự khác nhau theo độ ẩm mùa và điều kiện cảnh quan. Vào mùa khô, ở diện cảnh quan tự thành, sự tích lũy ($K_b > 1$) của Mn trong lá, Mn và Zn - trong thân cây được ghi nhận; trong diện cảnh quan tích tụ, ghi nhận B, Mn trong lá, nhưng trong thân không ghi nhận được sự tích lũy của các nguyên tố; ở cảnh quan tích tụ, không thấy Mn tích lũy ở lá mà chỉ tích lũy ở thân tre. Vào mùa mưa, ở các diện cảnh quan tự thành, sự tích tụ ($K_b > 1$) của Mn và Cu trong lá, Mn, Cu và Zn - trong thân cây đã được ghi nhận; tại diện cảnh quan tàn tích, ghi nhận các nguyên tố B, Mn, Cu, Zn, Mo trong lá và Mn trong thân; tại diện cảnh quan tích tụ, ghi nhận nguyên tố B, Mn, Co, Cu, Zn trong lá và tất cả các nguyên tố trong thân.

Cường độ thực tế của sự hấp thụ sinh học của các nguyên tố được biểu thị bằng hệ số di động sinh hóa. Tre, giống như nhiều loài thực vật, là chất tích tụ sinh học tích cực của B, Mn, Co, Cu, Zn, Mo di động ($K_p > 1$). K_p của lá và thân tre so với các diện cảnh quan tương ứng với giá trị K_b vào mùa mưa. Vào mùa khô, trong các diện cảnh quan tàn tích, nơi K_b và K_p của lá và thân có sự tích lũy ngược trở lại của Cu và Zn. Trong các diện cảnh quan tự thành, sự tích lũy ($K_p > 1$) của tất cả các nguyên tố trong lá và thân đã được ghi nhận; trong các diện cảnh quan tàn tích, các nguyên tố B, Mn, Cu, Zn, Mo cũng được tìm thấy trong lá và thân; tại các diện cảnh quan tích tụ, trong mùa khô ghi nhận B, Mn, Cu, Zn, Mo trong lá và tất cả các nguyên tố trong thân tre; vào mùa mưa tất cả các nguyên tố cũng được ghi nhận trong lá và thân tre. Cần lưu ý rằng, giá trị K_p của lá (đối với Mn, Zn, Mo) và K_p của thân (đối với Cu, Zn và Mo) liên tục giảm từ diện cảnh quan tự thành sang diện cảnh quan tích tụ trong mùa khô. Trong mùa mưa, giá trị K_p của lá (đối với B, Cu, Zn) liên tục tăng từ diện cảnh quan tự thành sang diện cảnh quan tích tụ.

Phân tích độ linh động sinh địa hóa của các nguyên tố (K_p) trong mùa khô và mùa mưa cho thấy sự hoạt hóa đáng kể của nó vào mùa mưa. Sự gia tăng đáng kể K_p được ghi nhận đối với Cu (1,6 - 22 lần đối với lá và thân), Mn (4 - 68 lần đối với lá và 1,3 - 25 lần đối với thân) và B (3 - 140 lần đối với lá và 1,7 - 40 lần đối với

thân cây), có thể cho thấy sự tham gia của các nguyên tố này vào một chu trình sinh địa hóa đang hoạt động với sự gia tăng độ ẩm của đất. Ngoài ra, sự gia tăng K_p đối với B xảy ra tuần tự ở lá và thân từ các diện cảnh quan tự thành đến các diện cảnh quan tích tụ và đối với Cu, K_p tăng trong lá, trong khi đối với Cu, K_p tăng trong thân; cũng như đối với Mn, K_p gia tăng trong lá và thân tre. Tính quy luật này chưa từng được ghi nhận trước đây và cần được tiếp tục nghiên cứu trong tương lai.

3.5. Ô nhiễm kim loại nặng trong đất ở khu vực VQG Bidoup-Núi Bà

Mức độ ô nhiễm đất ở VQG Bidoup-Núi Bà cũng được nghiên cứu trong các cảnh quan núi trung bình với nhiều dạng đất vàng và đất phù sa ở các khu vực trũng giữa núi. Sang mùa khô, với lượng mưa giảm dần, hàm lượng kim loại nặng trong các mẫu lấy tháng 3/2020 cao hơn đáng kể so với các mẫu lấy sau mùa mưa tháng 1/2021. Theo kết quả phân tích, các giá trị của hàm lượng kim loại nặng, ngoại trừ Cd, đều thấp hơn giá trị theo tiêu chuẩn của Việt nam, TCVN [6]. Ở đây, cần lưu ý hàm lượng Cd cao trong các mẫu của năm 2020, vượt quá giá trị tại TCVN tại các điểm T2, T4 và T5. Vì vậy, đất ở VQG Bidoup-Núi Bà xảy ra ô nhiễm Cd đặc trưng cho các đối tượng bị ô nhiễm nhân tác. Nếu không có các nghiên cứu bổ sung thì rất khó đánh giá chính xác các nguồn Cd xâm nhập vào trong đất.

4. KẾT LUẬN

- Đã làm rõ thành phần vật chất của đất hình thành trong các điều kiện cảnh quan khác nhau của rừng nhiệt đới tại vùng núi trung bình của VQG Bidoup - Núi Bà. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đối với sự hình thành thảm thực vật và sự thay đổi hàm lượng tro của cành và lá rụng.

- Đã nghiên cứu, làm rõ đặc điểm di chuyển và tích tụ theo chiều dọc và chiều ngang của các nguyên tố hóa học. Tính quy luật di chuyển địa hóa của các nguyên tố hóa học trong tất cả các cảnh quan địa hóa cơ bản: tự thành, tàn tích và tích tụ. Sự tồn tại trong đất của một số rào cản địa hóa đặc trưng của đất vàng cũng đã được ghi nhận.

- Nghiên cứu làm rõ các yếu tố có liên quan tích cực nhất đến quá trình di chuyển và tích tụ sinh địa hóa trong các mùa khác nhau của năm, đánh giá tính di động sinh địa hóa của các nguyên tố và cường độ của quá trình tích lũy sinh học của chúng do các bộ phận của loài tre sinh trưởng trong những cảnh quan, những mùa khác nhau. Ghi nhận và làm rõ những đặc điểm của sự di chuyển sinh địa hóa của các nguyên tố vi lượng trong các dạng cảnh quan phụ thuộc hệ thống "thảm thực vật - vật rơi rụng - đất" trên lãnh thổ của VQG Bidoup-Núi Bà theo mùa trong năm.

- Phân tích sự hiện diện của kim loại nặng trong đất của VQG Bidoup-Núi Bà. Các giá trị của hàm lượng kim loại nặng, ngoại trừ Cd đều trong giới hạn cho phép của TCVN hiện hành.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được thực hiện trong khuôn khổ đề tài E-1.2, nhiệm vụ: "Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và chức năng hệ sinh thái rừng đồng bằng và vùng núi (Kon Chư Răng, Bidoup - Núi Bà)", và đề án N_o 121040100327-3 của Viện Sinh học biển miền Nam, Liên bang Nga «Nghiên cứu tổ chức không gian - thời gian của các hệ sinh thái dưới nước và trên cạn nhằm xây dựng hệ thống giám sát hoạt động dựa trên dữ liệu viễn thám và công nghệ GIS».

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Горбунов Р. В., Горбунова Т. Ю., Кузнецов А. Н., Кузнецова С. П., Лебедев Я. О., Ву М., *Особенности формирования элементов радиационного баланса среднегорных тропических лесов южного Вьетнама*, Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского - природного заповедника РАН. Феодосия. «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского - природный заповедник РАН», 2019, 4(12):3-16.
2. Методическим указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства, Москва, 1992, 63с.
3. Горбунов Р. В., Кузнецов А. Н., Лебедев Я. О., Горбунова Т. Ю., Котлов И. П., Хой Н. Д., *О некоторых особенностях структуры и функционирования горных тропических лесных ландшафтов Центрального Вьетнама и необходимости создания ландшафтно-экологического стационара*, Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского - природного заповедника РАН. Феодосия. «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского - природный заповедник РАН», 2018, 3(7):52-53.
4. Авессаломова И. А., *Биогеохимия ландшафтов*, М.:Географический факультет МГУ, 2007, 162с.
5. Виноградов А. П., *Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры*, Изд. Геохимия, 1962, 7:555-571.
6. QCVN 03-TM:2015/BTNMT, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về giới hạn cho phép của một số kim loại nặng trong đất*, Hà Nội, 2015.

SUMMARY

STUDY OF BIOGEOCHEMICAL PROCESSES IN THE VEGETATION - LITTER - SOIL SYSTEM IN MOUNTAIN TROPICAL FORESTS OF BIDUP-NUIBA NATIONAL PARK

The study of geochemical processes is an urgent task for understanding the functioning of the little-studied system "vegetation-litter-soil" and the biosphere as a whole. In mountainous areas, the processes of soil formation acquire unique features and are complicated by the processes of redistribution of matter. This work introduces the results of studies of geochemical processes in 2018-2022 on the territory of the Bidoup-Nui Ba National Park (Central Vietnam) during the wet and dry seasons. The influence of the relief on the formation of plant litter and the change in the ash content of fallen branches and leaves is considered. The results of studies of vertical and horizontal migration of chemical elements in soils of mid-mountain primary tropical monsoon forests are presented. Regularities of geochemical migration of chemical elements within all types of elementary geochemical landscapes, from autonomous to accumulative, are revealed. The

existence in soils of several geochemical barriers characteristic of zheltozems has been revealed. The study made it possible to clarify the elements that are most actively involved in biogeochemical migration and accumulation in different seasons of the year, to assess the biogeochemical mobility of elements and the intensity of the processes of their biological accumulation by bamboo organs growing in different landscape conditions in the wet and dry seasons of the year. The research results make it possible to identify the features and patterns of changes in the content of trace elements in the "vegetation-litter-soil-soil" system, their biological accumulation and biogeochemical mobility during the wet and dry seasons in the Bidoup-Nui Ba National Park. The paper also presents the results of a study of soil samples for the presence of heavy metals, taken in the Bidoup-Nui Ba National Park. In the course of this study, native Cd contamination was detected in concentrations typical for objects subjected to technogenic pollution.

Keywords: *Geochemistry, migration of elements, pollution, litter, soil, Bidoup-Nui Ba, địa hóa, sự di chuyển các nguyên tố, ô nhiễm, vật rơi rụng, đất, Bidoup-Núi Bà.*

Nhận bài ngày 28 tháng 7 năm 2022

Phản biện xong ngày 22 tháng 9 năm 2022

Hoàn thiện ngày 15 tháng 10 năm 2022

- ⁽¹⁾ *Viện Sinh học biển miền Nam mang tên A.O. Kovalevsky, Viện Hàn lâm khoa học Nga, Sevastopol, Liên bang Nga*
- ⁽²⁾ *Viện Sinh học biển miền Nam mang tên A.O. Kovalevsky, Viện Hàn lâm khoa học Nga, Chi nhánh Matxcova*
- ⁽³⁾ *Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, Hà Nội, Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam*
- ⁽⁴⁾ *Viện Sinh thái và Tiến hóa mang tên A.N. Severtsov, Matxcova, Liên bang Nga*

Liên hệ: *Gorbunov R. V.*

Viện Sinh học biển miền Nam mang tên A.O. Kovalevsky, Viện Hàn lâm Khoa học Nga

Email: karadag_station@mail.ru