

## Биогеохимично изследване на ландшафтите в планината Огражден

Румен Пенин, Димитър Желев, Таня Стоилкова  
Софийски университет „Св. Климент Охридски”, бул. „Цар Освободител” 15  
e-mail: [rpenin@abv.bg](mailto:rpenin@abv.bg), [dimitar.zhelev@gmail.com](mailto:dimitar.zhelev@gmail.com), [tstoilkova@gea.uni-sofia.bg](mailto:tstoilkova@gea.uni-sofia.bg)

**Абстракт:** Докладът разглежда биогеохимичните особености на ландшафтите в планината Огражден (Югозападна България) по примера на образци от избрани растителни видове (благун, корков дъб, ракивица, орлова папрат, подъбиче, усойниче, еньовче, върбовка, жълт равнец и др.). Образците са събрани по време на теренни ландшафтни изследвания през лятото на 2015 г. и са анализирани в лабораториите на Софийския университет през същата година. Анализирани са съдържанията на химичните елементи Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Cr и Ni. Извършено е сравнение спрямо местния почвеногеохимичен фон и резултатите са съпоставени спрямо сходни изследвания в България и чужбина. При интерпретацията на получените резултати е използван коефициент на биологично поглъщане Ах.

**Ключови думи:** биогеохимия, ландшафти, растителни видове, планина, коефициент на биологично поглъщане, геохимичен спектър.

### Увод

Предмет на биогеохимията са процесите на миграция и масообмен на химичните елементи между живите организми и окръжаващата ги среда. Поради това пред тази относително млада наука стоят за разрешаване редица важни задачи за разкриване на връзката между ландшафтните компоненти, за цикличността на биогеохимичните процеси и редица конкретни екологични аспекти на живата природа. Геохимията на ландшафтите и биогеохимията са тясно свързани, както в теоретичен, така и в практически аспект. Те отдавна са намерили мястото си в системата на естествените науки.

Важна част на биогеохимичните проучвания са свързани с миграцията на тежките метали и техните съединения в природните системи и в частност в ландшафтите. Комплексният подход на геохимията на ландшафтите и биогеохимията позволява с най-голяма достоверност да се характеризира поведението на микроелементите в различните ландшафти – естествено запазени и антропогенни в определена степен. Този подход и резултати от него са разработени и получени, усъвършенствани и приложени от редица учени (Перельман, 1955, 1975; Ковда, 1985; Перельман, Касимов, 1999; Глазовская, 1964, 1988; Алексеенко, 2000; Ковалевский, 1991; Башкин, Касимов, 2004; Добровольский, 2009; Norrish, 1975; и др.).

Биогеохимичната специализация на растителните видове е сред приоритетните проучвания. Тя е свързана с наследственото затвърждаване на определено съдържание на химични елементи в живите растения под геохимичното влияние на екологичните условия през периода на видообразуване. С постепенното изменение на биосферата тази специализация е изпитала еволюционна изменчивост (Бойченко и др., 1972; Добровольский, 1998).

Факторите, обуславящи поглъщането на химични елементи и съединения от растенията и формиращи химичния им състав при нормални (фонови) и аномални (техногенни, рудогенни) съдържания в хранителната среда, съществено се различават. Особено важна е диференциращата роля на ландшафтно-геохимичните условия на миграция на елементите (окислително-редукционни, алкално-киселинни условия, степен на минерализация, състав на почвените води и др.). Всичко това води до систематична биогеохимична специализация на растенията по семейства, родове и видове (Брукс, 1986; Айвазян, Касимов, 1979; Касимов, 1980 др.; Ландшафтно-геохимические..., 1989). Биогеохимичната специализация и диференциация на растенията се отчита при избора на видове - индикатори на замърсяване на околната среда - една важна практическа насоченост на биогеохимичните изследвания.

Трябва да се има предвид, че концентрациите на един и същ елемент в отделните тъкани и органи на един организъм не са еднакви. Химичният състав на живите организми се колебае и от сезоните и възрастта им, което е особено важно при провеждането на теренни биогеохимични и ландшафтно-геохимични проучвания. В редица случаи концентрациите на микроелементи може да превишават кларка на елемента десетки и стотици пъти, което е обяснимо от физиологична гледна точка, тъй като те играят важна роля във функционирането на организма (Hughes, Lepp, Phipps, 1980; Касимов, 1980; Юркевич, 1988; Биоиндикация..., 1988; Аржанова, Ельпатовский, 1990; Перельман, Касимов, 1999; Техногенез..., 2003; Алексеенко, 2011 и др.).

Ландшафтно-геохимичните и биогеохимичните изследвания в страната ни имат над половинвековна история и дават представа и възможности за сравняване на концентрациите на редица химични елементи и съединения с подобни проучвания по света. Направените от нас изследвания в различни райони на страната и съседни балкански райони в различни периоди от време дават възможност за сравнение и изводи по отношение на изследвания в планината Огражден (Пенин, 1992, 1997, 2000; Пенин, Гиков, 1999; Пенин, Желев, Стоилкова, 2013; Penin, Stoilkova, 2010 и др.).

## Методи и теренно проучване

Изследването разглежда биогеохимичните особености на ландшафтите в планината Огражден (Югозападна България) по примера на избрани растителни образци (благун, корков дъб, раkitовица, орлова папрат, подбъчиче, усойниче, еньовче, върбовка, жълт равнец и др.). Взети са проби за биогеохимичен анализ от характерни растителни видове, както и от някои видове, които са били интродуцирани в местните ландшафти (корков дъб). Растителните образци са събрани по време на теренни ландшафтни изследвания през лятото на 2015 г. и са анализирани в лабораториите на Софийския университет през същата година. Анализирани са съдържанията на химичните елементи Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Cr и Ni. Извършено е сравнение спрямо местния почвено-геохимичен фон и резултатите са съпоставени със сходни изследвания в България и чужбина.

При интерпретацията на получените резултати е използван коефициент на биологично поглъщане  $A_x = I_x/n_x$  (известен още в литературата и като Кбп), представляващ отношението на съдържанието на микроелемента в зола на растението ( $I_x$ ), към неговото съдържание в скалата или почвата ( $n_x$ ), и практически характеризиращ интензивността на поглъщане на елемента от растението. При изготвянето на геохимичните спектри на микроелементите в компонентите на ландшафта се използват стойностите на коефициента КК (кларк на концентрация), представляващ отношението между съдържанието на даден елемент в конкретен природен обект към кларка на същия елемент в литосферата, както и обратната величина – КР (кларк на разсейване), характеризираща степента на разсейване на елементите в геохимичната система при  $КК < 1$ . Изследването е част от цялостно ландшафтно проучване на планината.

## Анализ и интерпретация на получените резултати

В табл. 1 е представен списъкът на растителни видове и получените резултати за съдържанията на изследваните микроелементи Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Cr и Ni в проучените растителни проби. Това позволява да се направят конкретни биогеохимични изводи за съответните ландшафти. Извършено е сравнение спрямо местния почвено-геохимичен фон и резултатите са съпоставени със сходни изследвания в България и чужбина (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Пенин, 2014).

За разкриване на степента на концентрация и натрупване на тежките метали в растенията е изчислен коефициентът на биологично поглъщане  $A_x$  за отделните растителни видове и интегрални тревни проби, от една страна, по отношение на конкретния почвен тип, на който растат съответните видове, а от друга, по отношение на почвено-геохимичния фон на страната. Получените стойности за  $A_x$  са отразени в табл. 2 и 3.

Концентрациите на микроелемента **никел** в проучените растителни видове показва най-високи стойности, както за общото съдържание (mg/kg), така и по отношение на КК. Получените резултати показват повишени концентрации на елемента по отношение както на почвения фон на страната, така и по отношение на почвите на планината (фиг. 1). Редица автори разглеждат значението на никела за метаболизма на растенията и вероятността той да има важна роля за тяхното развитие и растеж (Mengel, Kirkby, 1978; Mishra, Kar, 1974). Усвояването и концентрирането на този тежък метал в растителните видове варира в широки граници и зависи в голяма степен от наличието му в различни форми в почвите, както и от рН на почвата и почвените разтвори. Елементът, като цяло, лесно се извлича от почвите и достига в растителните тъкани стойности, необходими на растението за неговото нормално функциониране. Разбира се, за отделните видове това количество варира (Halstead, Finn, MacLean, 1969; Berrow, Burrigge, 1979; Welch, Cary, 1975). В настоящото изследване стойностите на общо съдържание на никел достигат в растителната покривка 126,35 mg/kg. Това превишава повече от 2 пъти неговите кларкови концентрации и е почти три пъти повече в сравнение с почвите на планината (44,79 mg/kg).

Табл. 1. Съдържание на микроелементи в изследваните растения (зола) от планината Огражден и в почвения субстрат, от който са събрани (mg/kg)

№	Растение/почвен субстрат	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1	Орлова папрат ( <i>Pteridium aquilinum</i> )	43,68	120,89	44,70	171,68	5,08	2,03	3,05
	В кафява горска почва ( <i>Cambisols</i> )	13,00	41,16	46,57	314,09	7,58	1,08	17,33
2	Разнотревие (подножие на Огражден)	21,26	135,91	31,43	894,97	22,19	3,70	0,00
	В канелена горска почва ( <i>Luvisols</i> )	15,11	199,11	34,67	251,56	49,78	0,89	29,33
3	Обикновено усойниче ( <i>Echium vulgare</i> )	21,34	51,66	40,43	235,85	52,79	0,00	0,00
	В планинско-ливадна почва ( <i>Umbrosols</i> )	23,85	52,48	72,52	382,63	129,77	0,95	51,53
4	Жълт равнец ( <i>Achillea clypeolata</i> )	84,10	201,37	54,49	768,78	84,10	0,00	0,00
	В канелена горска почва ( <i>Luvisols</i> )	14,53	46,50	38,75	351,68	22,28	15,50	31,97
5	Еньовче ( <i>Galium sp.</i> )	42,16	199,47	27,76	642,61	186,10	3,08	0,00
	В канелена горска почва ( <i>Luvisols</i> )	15,11	199,11	34,67	251,56	49,78	0,89	29,33
6	Разнотревие (склон на Огражден)	30,48	93,46	36,57	687,73	80,25	0,00	0,00
	В кафява горска почва ( <i>Cambisols</i> )	13,00	41,16	46,57	314,09	7,58	1,08	17,33

7	Благун ( <i>Quercus frainetto</i> )	60,16	144,38	47,12	4321,24	64,17	2,01	0,00
	В канелена горска почва ( <i>Luvisols</i> )	12,80	29,86	50,13	311,43	76,79	8,53	21,33
8	Разнотревие (вр. Маркови кладенци)	51,06	184,97	10,60	562,62	20,23	0,00	0,00
	В планинско-ливадна почва ( <i>Umbrosols</i> )	18,34	189,23	45,38	347,56	24,14	4,83	39,58
9	Върбовка ( <i>Epilobium angustifolium</i> )	73,11	286,35	12,19	744,31	354,39	0,00	0,00
	В канелена горска почва ( <i>Luvisols</i> )	19,69	45,60	34,20	312,95	39,38	5,18	37,31
10	Корков дъб - кора ( <i>Quercus suber</i> )	61,42	40,10	9,38	858,22	493,09	0,00	0,00
	Върху ранкер ( <i>Leptosols</i> )	28,91	223,55	12,53	410,48	39,51	4,82	74,20
11	Корков дъб - листа ( <i>Quercus suber</i> )	56,85	272,87	0,00	2439,28	64,08	0,00	0,00
	В ранкер ( <i>Leptosols</i> )	28,91	223,55	12,53	410,48	39,51	4,82	74,20
12	Подъбиче ( <i>Teucrium polium</i> )	43,48	109,64	0,00	182,42	383,74	0,00	0,00
	В делувиална почва ( <i>Colluvisols</i> )	21,78	222,79	32,68	486,19	58,42	12,87	44,56
13	Корков дъб - листа ( <i>Quercus suber</i> )	132,59	360,65	0,00	4919,12	96,79	2,65	0,00
	В канелена горска почва ( <i>Luvisols</i> )	15,11	199,11	34,67	251,56	49,78	0,89	29,33
	Магарешки бодил							
14	( <i>Onopordum acanthium</i> )	109,81	129,13	8,13	217,59	49,82	0,00	0,00
	В делувиална почва ( <i>Colluvisols</i> )	21,78	222,79	32,68	486,19	58,42	12,87	44,56
15	Напръстник ( <i>Digitalis sp.</i> )	82,52	288,24	0,00	266,16	46,49	0,00	0,00
	В ранкер ( <i>Leptosols</i> )	28,91	223,55	12,53	410,48	39,51	4,82	74,20
16	Ракитовица ( <i>Tamarix ramosissima</i> )	106,31	230,88	16,11	464,99	18,26	0,00	0,00
	В алувиална почва ( <i>Fluvisols</i> )	19,48	57,40	15,38	398,73	33,83	5,13	47,15

Табл. 2. Коефициент на биологично поглъщане ( $A_x$ ) за различни растителни видове спрямо почвения субстрат, от който са събрани растителните образци

№	Растение	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1	Орлова папрат ( <i>Pteridium aquilinum</i> )	3,36	2,94	0,96	0,55	0,67	1,88	0,18
2	Разнотревие (подножие на Огражден)	1,41	0,68	0,91	3,56	0,45	4,16	0,00
3	Обикновено усойниче ( <i>Echium vulgare</i> )	0,89	0,98	0,56	0,62	0,41	0,00	0,00
4	Жълт равнец ( <i>Achillea clypeolata</i> )	1,75	4,20	1,14	16,02	1,75	0,00	0,00
5	Еньовче ( <i>Galium sp.</i> )	2,79	1,00	0,80	2,55	3,74	3,47	0,00
6	Разнотревие (склон на Огражден)	2,34	2,27	0,79	2,19	10,59	0,00	0,00
7	Благун ( <i>Quercus frainetto</i> )	4,70	4,83	0,94	13,88	0,84	0,24	0,00
8	Разнотревие (вр. Маркови кладенци)	2,78	0,98	0,23	1,62	0,84	0,00	0,00
9	Върбовка ( <i>Epilobium angustifolium</i> )	3,71	6,28	0,36	2,38	9,00	0,00	0,00
10	Корков дъб - кора ( <i>Quercus suber</i> )	2,12	0,18	0,75	2,09	12,48	0,00	0,00
11	Корков дъб - листа ( <i>Quercus suber</i> ) – върху ранкер	1,97	1,22	0,00	5,94	1,62	0,00	0,00
12	Подъбиче ( <i>Teucrium polium</i> )	2,00	0,49	0,00	0,38	6,57	0,00	0,00
13	Корков дъб - листа ( <i>Quercus suber</i> ) – върху канелена горска почва	8,77	1,81	0,00	19,55	1,94	2,98	0,00
14	Магарешки бодил ( <i>Onopordum acanthium</i> )	5,04	0,58	0,25	0,45	0,85	0,00	0,00
15	Напръстник ( <i>Digitalis sp.</i> )	2,85	1,29	0,00	0,65	1,18	0,00	0,00
16	Ракитовица ( <i>Tamarix ramosissima</i> )	5,46	4,02	1,05	1,17	0,54	0,00	0,00

На фиг. 1 ясно се открояват концентрациите на елемента никел в сравнение с другите два обекта – почвения фон на страната и почвите на Огражден. За възможността този елемент да се натрупва в отделните тъкани на растенията е показателен фактът, че в кората на проучения интродуциран вид корков дъб, растящ върху ранкер, концентрациите на елемента достигат 493,09 mg/kg, а в листата - 64,08 mg/kg. В листата на същия вид, но растящ върху канелена горска почва концентрациите му достигат 96,79 mg/kg. Във втория почвен тип концентрацията на елемента е по-висока и това в известна степен доказва връзката между съдържанията на никел в почвата и листата на проучения вид. От отделните видове с по-високи съдържания на никел са подъбичето (*Teucrium polium*) - 383,74 mg/kg, върбовката (*Epilobium angustifolium*) - 354,39 mg/kg, еньовчето (*Galium sp.*) - 186,10 mg/kg и др.

Коефициентът на биологично поглъщане Ах по отношение на почвения тип, върху който вирее видът, варира в широки стойности за никела - от 0,41 за обикновеното усойниче (*Echium vulgare*) до 12,48 за проучената проба на кората на корковия дъб (*Quercus suber*). Подобни концентрации са установени и в биогеохимични изследвания на никела за други райони на страната (Пенин, 2014; Пенин, Желев, 2015; Желев 2016).

Редица растителни видове имат определена толерантност към Zn и способността да го поглъщат и натрупват в зависимост от съдържанието му в почвите. Средното съдържание на този елемент в почвите от района на Огражден е 103 mg/kg, което превишава съдържанието му в литосферата, почвите на света и на страната. Получените концентрации за цинка превишават и съдържанията от почвите във фоновите територии у нас (Пенин, 2003). Естествено е като цяло да се очакват повишени съдържания и в растителната покривка на планината. Известни са редица примери за представители на различни родове, които се явяват дори индикатори за повишени съдържания на цинк в околната среда.

Видовете, които имат афинитет към натрупване на този елемент, в много случаи не показват симптоми на токсикоза и вероятно отслабват действието му или по пътя на метаболитната адаптация и комплексобразуване, или по пътя на ограничаване на присъствието на Zn в клетките на растението, а в трети случай е възможно елементът да преминава в неразтворими форми в част от тъканите (Петрунина, 1974).

От друга страна, е важно в какви отношения влиза този важен микроелемент с другите тежки метали при съответните почвено-геохимични условия. Коефициентът на биологично поглъщане за Zn по отношение на почвения субстрат достига стойности от 0,18 за кората на корковия дъб (*Quercus suber*) до 6,28 за листната маса на върбовката (*Epilobium angustifolium*). Останалите видове натрупват в една или друга степен този елемент и като цяло той присъства в растенията в по-високи концентрации в сравнение с някои други елементи, като хрома и кобалта.

Табл. 3. Коефициент на биологично поглъщане (Ах) за различни растителни видове спрямо почвено-геохимичния фон на България

№	Растение	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1	Орлова папрат ( <i>Pteridium aquilinum</i> )	1,82	1,80	1,79	0,25	0,16	0,13	0,05
2	Разнотревие (подножие на Огражден)	0,89	2,03	1,26	1,29	0,69	0,23	0,00
3	Обикновено усойниче ( <i>Echium vulgare</i> )	0,89	0,77	1,62	0,34	1,65	0,00	0,00
4	Жълт равнец ( <i>Achillea clypeolata</i> )	3,50	3,01	2,18	1,11	2,63	0,00	0,00
5	Еньовче ( <i>Galium sp.</i> )	1,76	2,98	1,11	0,92	5,82	0,19	0,00
6	Разнотревие (склон на Огражден)	1,27	1,39	1,46	0,99	2,51	0,00	0,00
7	Благун ( <i>Quercus frainetto</i> )	2,51	2,15	1,88	6,22	2,01	0,13	0,00
8	Разнотревие (вр. Маркови кладенци)	2,13	2,76	0,42	0,81	0,63	0,00	0,00
9	Върбовка ( <i>Epilobium angustifolium</i> )	3,05	4,27	0,49	1,07	11,07	0,00	0,00
10	Корков дъб - кора ( <i>Quercus suber</i> )	2,56	0,60	0,38	1,23	15,41	0,00	0,00
11	Корков дъб - листа ( <i>Quercus suber</i> ) – върху ранкер	2,37	4,07	0,00	3,51	2,00	0,00	0,00
12	Подъбиче ( <i>Teucrium polium</i> )	1,81	1,64	0,00	0,26	11,99	0,00	0,00
13	Корков дъб - листа ( <i>Quercus suber</i> ) – върху канелена горска почва	5,52	5,38	0,00	7,08	3,02	0,17	0,00
14	Магарешки бодил ( <i>Onopordum acanthium</i> )	4,58	1,93	0,33	0,31	1,56	0,00	0,00
15	Напръстник ( <i>Digitalis sp.</i> )	3,44	4,30	0,00	0,38	1,45	0,00	0,00
16	Ракитовица ( <i>Tamarix ramosissima</i> )	4,43	3,45	0,64	0,67	0,57	0,00	0,00

**Медта** е микроелемент, който може да бъде концентриран във високи стойности в отделни растителни видове. Известно е, че натрупването на този елемент в тъканите на растенията зависи преди всичко от нивото му на съдържание в хранителните разтвори и почвите.

При медта се наблюдават твърде широки граници на вариране на стойности на концентрации в растенията: от 132,59 mg/kg, за листната маса на корковия дъб (*Quercus suber*), растящ върху канелена горска почва, до 21,26 mg/kg за интегралната тревна проба от подножието на планината, взета от район с канелена горска почва. По-високи концентрации се наблюдават в пробите от магарешки бодил (*Onopordum acanthium*) - 109,81 mg/kg, раkitовица (*Tamarix ramosissima*) - 106,31 mg/kg и напръстник (*Digitalis sp.*) - 82,52 mg/kg. Коефициентът на биологично поглъщане Ах за медта спрямо почвите, на които растат растенията, варира и има максимални стойности за листата на корков дъб – 8,77.

Съдържанията на Си в местните почви са относително ниски в сравнение с почвите на света и на България и достигат средно 19,9 mg/kg. Разбира се, всеки растителен вид има в една или друга степен способност да натрупва мед – микроелемент, важен за жизнените функции на растенията. В проучванията на съдържанията на зола на растения от различни региони на света концентрациите на Си варират от 10 до 1500 mg/kg (Shacklette, Erdman, Harms, 1978).

Лабораторните анализи показват, че микроелементът **хром** се съдържа в най-ниски количества в растителните проби, на границите на чувствителността на апарата. Съдържанието на хром в растенията зависи преди всичко от подвижните форми на елемента в почвите (изследването ни е свързано с общото съдържание на този елемент в почвите и растителната покривка). Независимо от това хромът трудно се усвоява от растенията и неговата достъпност за тях е ограничена (Mertz, 1969; Mertz и др., 1974). Освен това по-високи концентрации на микроелемента се наблюдават в корените на растенията, а не в листата им, а най-ниски в зърната (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Нашето проучване е свързано предимно с установяване на концентрациите на микроелементите в листата на растителните видове. Най-вероятно това е причината за много ниското натрупване в тях на елемента хром (табл. 1). Коефициентът на биологично поглъщане Ах по отношение на почвите, върху които расте проученият вид - орловата папрат (*Pteridium aquilinum*), е със стойност 0,18. Подобни ниски съдържания на хром са установени и за други райони на страната (Пенин, 2014).

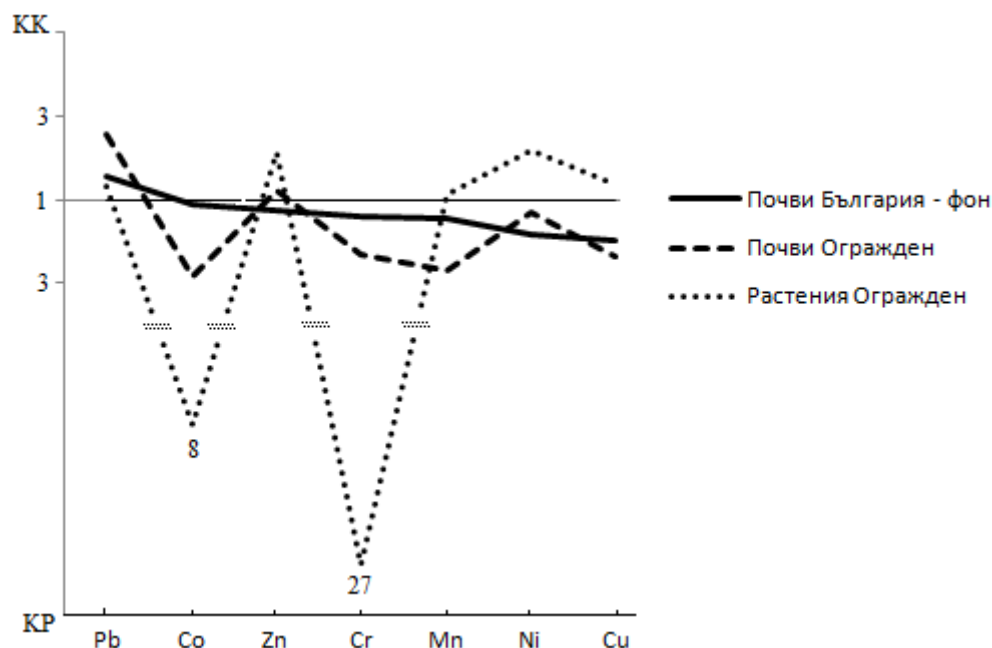
Останалите микроелементи – **Mn** и **Pb**, имат относително ниски стойности на общо съдържание и концентрации в растителните проби. Оловото има най-високо общо съдържание в жълтия равнец (*Achillea clypeolata*) – 54,5 mg/kg, а манганът - в листата на корковия дъб (*Quercus suber*), растящ върху канелените горски почви - 4919 mg/kg, и в листата на друг вид дъб - благун (*Quercus frainetto*), растящ върху същия тип почви - 4321 mg/kg. И двата елемента имат различни стойности на коефициента на биологично натрупване Ах за отделните растителни видове (табл. 2 и 3).

Получените и осреднени резултати за съдържанията на микроелементите в почвите и растителните проби от ландшафтите на планината Огражден са представени в табл. 4, като резултатите от нея са използвани за съставяне на геохимичен спектър (фиг. 1).

Табл. 4. Средно съдържание на микроелементи в растенията и почвите на Огражден, в почвите на България – фон и в литосферата

Съдържание	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Литосфера <sup>1</sup>	47,00	83,00	16,00	1000,00	58,00	18,00	83,00
Растения Огражден	63,77	178,12	21,18	1148,60	126,35	0,84	0,19
Почви Огражден	19,88	103,00	40,84	370,63	44,79	6,34	36,04
Почви България – фон <sup>2</sup>	24,00	67,00	25,00	695,00	32,00	16,00	60,00

<sup>1</sup> По Виноградов, 1962; <sup>2</sup> По Пенин, 2003.



Фиг. 1. Геохимичен спектър на растителната покривка, почвите на Огражден и почвите на България – фон

От спектъра добре личи относително фоновият характер на почвите на планината в сравнение с почвите на фоновите райони от България (Пенин, 2003). В района на планината няма големи индустриални предприятия и в нейния обсег не се прилага масово химическа обработка на почвите и растителните култури. Антропогенното въздействие като цяло е слабо и техногеохимичните нарушения на околната среда имат предимно случаен характер.

По отношение на почвите на планината и почвения фон на страната растенията натрупват определена асоциация от елементи: Ni, Zn, Cu и Mn. Тези елементи, както бе отбелязано, се отличават и с по-високи коефициенти на биологично поглъщане, като за отделните микроелементи стойностите на Ах широко варират. Оловото е със стойности на КК за растителността малко по-ниски от другите два сравняеми обекта, а с по-висока степен на разсейване е кобалтът (КР=8). С най-високи стойности на разсейване е хромът, чиито ниски стойности в растителната покривка на планината бяха отбелязани и при изчисляването на коефициента на биологично натрупване Ах. И тук проличава ниската степен на захващане на този микроелемент в растителността.

### Заклучение

Получените резултати от изследването на растителната покривка на планината Огражден включват както дървесни и храстови, така и тревни видове. Анализът на резултатите позволява да се открие асоциацията от концентриращи се тежки метали, както в отделните проучени видове, така и в растителната покривка като цяло - Ni, Zn, Cu и Mn. Единствено хромът само се захваща слабо в определена степен от проучения растителен вид. В отделните видове тази асоциация варира в определени граници, което е показано чрез използването на коефициента на биологично натрупване Ах. Това от своя страна дава представа за наличието на индикаторни видове, способни да поглъщат в средна и висока степен определени микроелементи. Като такива могат да се посочат: блягун, корков дъб (както за листната маса, така и за кората), върбовка, жълт равнец, еньовче, подбиче и други видове. От биогеохимична гледна точка те могат да бъдат и разгледани като специфични биогеохимични бариери в ландшафтите от планината Огражден. Трябва да се има предвид, че изследванията са проведени в един относително фонов район на страната, където техногеохимичното въздействие е ниско. Получените резултати са част от направените от авторите биогеохимични изследвания в страната през последните няколко години. Те могат да бъдат основа за детайлни подобни проучвания от други фонове или антропогенизирани в определена степен райони у нас.

### Литература

- Айвазян, А. Д., Н. С. Касимов (1979) О геохимической специализации растений. - Вестн. МГУ, География 3, М.
- Алексеевко, В. А. (2000) Экологическая геохимия. М., Логос.
- Алексеевко, В. А. (2011) Геоботанические исследования для решения ряда экологических задач и поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Логос (Новая университетская библиотека).
- Аржанова, В. С., П. В. Елпатовский (1990) Геохимия ландшафта и техногенез. М., Наука.
- Башкин, В. Н., Н. С. Касимов (2004) Биогеохимия. М., Научный мир.
- Биоиндикация загрязнений наземных экосистем (1988) М., Мир.
- Бойченко, Е. А., Г. Н. Саенко, Т. М. Удалцова (1972) Изменений соотношений металлов и эволюция растений биосферы. Очерки современной геохимии и аналитической химии. М., Недра.
- Брукс, Р. Р. (1986) Биологические методы поисков полезных ископаемых. М., Недра, М.
- Виноградов, А. П. (1962) Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. М., Геохимия.
- Глазловская, М. А. (1964) Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М., МГУ.
- Глазловская, М. А. (1988) Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М. Высшая школа.
- Добровольский, В. В. (1998) Основы биогеохимии. М., Высшая школа.
- Добровольский, В. В. (2009) Биогеохимия мировой суши. М., Научный мир.
- Желев, Д. (2016) Съвременни ландшафти и антропогенизация в басейна на р. Сазлийка. Дисертация. СУ, ГГФ, София
- Кабата - Пендиас, А., Х. Пендиас (1989) Микроэлементы в почвах и растениях. М., Изд. Мир.
- Касимов, Н. С. (1980) Геохимия ландшафтов зон разломов. М., Изд. МГУ.
- Ковалевский, А. Л. (1991) Биогеохимия растений. Новосибирск. Наука. Ковда, 1985
- Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды (1989) М., Наука.
- Пенин, Р. (1992) Биогеохимична специализация на ландшафтите в резервата „Острица“. - Год. на СУ, том 84, книга 2 - География.
- Пенин, Р. (1997) Ръководство по геохимия на ландшафтите. С., Унив. изд. „Св. Кл. Охридски“.
- Пенин, Р., А. Гиков (1999) Фонови ландшафтно-геохимични изследвания в басейна на р. Палакария. - Год. СУ, ГГФ, т. 84, кн. 2 - География.
- Пенин, Р. (2000) Биогеохимичните и почвеногеохимичните изследвания, като основа за медикогеографски проучвания. - В: Сб. доклади от VI национален конгрес по медицинска география. С.
- Пенин, Р. (2003) Геохимията на ландшафтите - приоритетно научно направление при разкриване и решаване на екологични проблеми. - В: Юбилеен сборник 30 години катедра ЛОПС. С., Малео.
- Пенин, Р., Д. Желев, Т. Стоилкова (2013) Биогеохимични изследвания в Старозагорското поле. - В: Сб. от Юбилейна конференция посветена на 150-годишнината от рождението на акад. В. И. Вернадски. С., 14.02.2013.
- Пенин, Р. (2014) Биогеохимията и геохимията на ландшафтите в търсена на връзката между живата и нежива природа. - В: 40 години катедра ЛОПС. С., Булвест 2000.
- Пенин, Р., Д. Желев (2015) Биогеохимични изследвания в басейна на р. Сазлийка. - Год. на СУ, ГГФ, т. 107, кн. 2 - География.
- Пенин, Р., Д. Желев (2016) Геохимични проучвания на агроландшафтите в Старозагорското поле. - В: Юбилеен сборник „География и приятели“ в чест на 60-годишнината на проф. д-р В. Бояджиев. С., Парадигма
- Перельман, А. И. (1955) Очерки геохимии ландшафта. М., Географгиз.
- Перельман, А. И. (1975) Геохимия ландшафта. М., Высшая школа.
- Перельман, А. И., Н. С. Касимов (1999) Геохимия ландшафта. М., Асрея-2000.
- Петрунина, Н. С. (1974) Геохимическая экология растений в провинциях с избыточным содержанием микроэлементов (Ni, Co, Cu, Mo, Pb, Zn). - В: Труды биогеохим. Лаборатории. М., Наука.
- Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы (2003) - Тр. Биогеохимической лаборатории, т. 24, М., Наука.
- Юркевич, И. Д. и др. (1988) Биогеохимические особенности и уровни аккумуляции тяжелых металлов как показатели загрязнения лесных экосистем. - В: Биогеохимическая индикация окружающей среды. Л., Наука.



- Berrow, M. L., J. C. Buridge (1979) Sources and distribution of trace elements in soils and related crops.- In: Proc. Int. Conf. on Management and Control of Heavy Metals in Environment, CEP Consultants Ltd., Edinburg, U.K., p. 304.
- Halstead R. L., B. J. Finn, A. J. MacLean (1969) Extractability of nickel added to soils and its concentration in plants, Can. J. Soil Sci., 49.
- Hughes, M. K., N. W. Lepp, D. A. Phipps (1980) Aerial heavy metal pollution and terrestrial ecosystems. Adv. Ecol. Res., Vol. 11.
- Mengel, K., E. A. Kirkby (1978) Principles of Plants Nutrition. International Potash, Institute, Bern.
- Mishra, D., M. Kar (1978) Nickel in plant growth and metabolism. - Bot. Rev. 40, 395.
- Mertz, W. (1969) Chromium occurrence and function in biological systems, Physiol.Rev., 49, 163.
- Mertz, W., Angino, E. E., Cannon, H. L., Hambidge, K. M., Voors, A. W. (1974) Chromium in: Geochemistry and the Environment., Vol.1, Mertz W., Ed., NAS, Washington, D.C.
- Norrish, K. (1975) The geochemistry and mineralogy of trace elements. - In: Trace Elements in Soil-Plant-Animal Syst., N. Y.
- Penin, R., T. Stoilkova (2010) Landscape and biogeochemical investigations in Aton peninsula (Mount Atos). - In: 6th International Conference: Global Changes and Regional Development, 16-17 April 2010, Sofia.
- Mengel, Kirkby, 1978 -531; Mishra, Kar, 1974 – 542.
- Shacklette, H. T., J. A. Erdman, T. F. Harms (1978) Toxicity of Heavy Metals in the Environments. M. Dekker, N. Y.
- Welch R. M., E. E. Cary (1975) Concentration of chromium, nickel and vanadium in plant materials. - J. Agric. Food Chem.