

БИОГЕОХИМИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЛАНДШАФТИТЕ В ЮЖЕН ПИРИН

*Атанас Китев*¹

В статията се разглеждат биогеохимичните особености на ландшафтите в Южен Пирин (Югозападна България) на базата на образци от избрани растителни видове: кукуч (*Pistacia terebinthus*), червена хвойна (*Juniperus oxycedrus*), бук (*Fagus sylvatica*), зановец (*Cytisus sp.*), червен бъз (*Sambucus racemosa*), офика (*Sorbus aucuparia*), подбел (*Tussilago farfara*). Направен е анализ на стойностите на химичните елементи (микроелементите) Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Cr и Ni в тези растения и сравнение със стойностите им за местния почвено-геохимичен фон. Резултатите са съпоставени със сходни изследвания в България. При анализа и интерпретацията на получените резултати е използван коефициент на биологично поглъщане A_x .

Ключови думи: биогеохимия, ландшафти, растителни видове, коефициент на биологично поглъщане, Южен Пирин

BIOGEOCHEMICAL RESEARCH OF THE LANDSCAPES IN SOUTH PIRIN

Atanas Kitev

Abstract: This paper presents the biogeochemical peculiarities of the landscapes in South Pirin (Southwestern Bulgaria) which are examined based on samples of selected plant species: *Pistacia terebinthus*, *Juniperus oxycedrus*, *Fagus sylvatica*, *Cytisus sp.*, *Sambucus racemosa*, *Sorbus aucuparia*, *Tussilago farfara*. An analysis of the chemical elements Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Cr and Ni was made. A comparison with the local soil geochemical background was made. The results were compared with similar research in Bulgaria. The biological absorption coefficient A_x was used to analyze the results.

Keywords: biogeochemistry, landscapes, plant species, biological absorption coefficient, South Pirin

¹ Департамент География на НИГГТ – БАН; atanaskitev@abv.bg

УВОД

Биогеохимията разглежда процесите на миграция и преразпределение на химичните елементи и съединения между живите организми и обкръжаващата ги среда. Пред тази наука стоят за разрешаване редица важни задачи относно разкриването на връзката между отделните ландшафтни компоненти, за цикличността на биогеохимичните процеси, а също така и за конкретни екологични аспекти на живата природа. Биогеохимията е тясно свързана с геохимията на ландшафтите както в теоретичен, така и в практически аспект.

Основна част от биогеохимичните изследвания обхваща миграцията на тежките метали и техните съединения в природните системи и по-конкретно в ландшафтите. Прилагането на комплексния подход на геохимията на ландшафтите и биогеохимията дава възможност с най-голяма точност да се характеризира поведението на микроелементите в различните видове ландшафти – условно естествени и антропогенизирани в различна степен. Този подход и получените от него резултати са разработени, усъвършенствани и приложени от редица учени (Пенин, 2016b, по: Перельман, 1955, 1975; Ковда, 1985; Перельман, Касимов, 1999; Глазовская, 1964, 1988; Алексеенко, 2000; Ковалевский, 1991; Башкин, Касимов, 2004; Добровольский, 2009; Norrish, 1975; и др.)

Металите и техните съединения имат голямо значение за функционирането на организмите. Поради това биогеохимичната специализация на различните растителни видове е сред приоритетните проучвания. В. И. Вернадски и А. П. Виноградов разглеждат в редица свои трудове биогеохимичната специализация, която е два основни вида – систематична и филогенетична. Тези специализации са пряко свързани с наследственото затвърждаване на определено съдържание на различни химични елементи в живите растения под геохимично влияние на екологичните условия през периода на видообразуване. С бавното изменение на биосферата биогеохимичната специализация понася еволюционна изменчивост (Пенин и др., 2013, по: Бойченко и др., 1972).

Наблюдава се голяма разлика между факторите, които са свързани с поглъщането на химични елементи и техните съединения от растенията и с формирането на химичния им състав. Съществени различия се наблюдават както и при нормални (фонови), така и при аномални (техногенни, рудогенни) съдържания в хранителната среда. От голямо значение е диференциращата роля на ландшафтно-геохимичните условия на миграция на елементите (окислително-редукционни, алкално-киселинни условия, степен на минерализация и др.). Оттук следва и систематичната биогеохимична специализация на растенията по семейства, родове и видове (Пенин, Желев, 2016a, по: Айвазян, Касимов, 1979, Касимов, 1980; Брукс, 1986; Ландшафтно-геохимические..., 1989 и др.).

При провеждането на биогеохимични и ландшафтно-геохимични проучвания от изключителна важност е да се отбележи, че химичният състав на живите организми се колебае както от възрастта им, така и от сезоните. Също така е необходимо да се отбележи, че концентрациите на даден химичен елемент в отделните тъкани и органи на един организъм не са еднакви. В много случаи се наблюдава превишаване на кларка на концентрация на микроелементите десетки, а дори и стотици пъти, което е обяснимо от физиологична гледна точка,

тъй като те играят важна роля при функционирането на организмите (Пенин, Желев, 2016а, по: Hughes, Lepp, Phipps, 1980; Касимов, 1980; Юркевич, 1988; Биоиндикация..., 1988; Аржанова, Елпатовский, 1990; Перельман, Касимов, 1999; Техногенез..., 2003; Алексеенко, 2011 и др.).

Повече от половин век се провеждат ландшафтно-геохимични и биогеохимични изследвания в България, което дава възможности за сравняване на концентрациите на редица химични елементи и съединения с подобни проучвания по света. Изследвания са извършени не само за различни райони на страната, но и за съседни балкански райони (Пенин, 1992, 1997, 2000; Пенин, Гиков, 1999; Пенин, Желев, Стоилкова, 2013, Пенин, Желев, 2016а; Пенин, Желев, 2016б; Penin, Stoilkova, 2010 и др.) и резултатите от тях позволяват да се извърши сравнение и да се направят изводи във връзка с проведеното изследване в Южен Пирин.

МЕТОДИ И ТЕРЕННО ПРОУЧВАНЕ

Настоящото изследване има за цел установяването на биогеохимичните особености на ландшафтите в Южен Пирин (Югозападна България) по примера на избрани растителни образци – кукуч (*Pistacia terebinthus*), червена хвойна (*Juniperus oxycedrus*), бук (*Fagus sylvatica*), зановец (*Cytisus sp.*), червен бъз (*Sambucus racemosa*), офика (*Sorbus aucuparia*), подбел (*Tussilago farfara*). Пробите от растителните образци са събрани по време на проведени теренни ландшафтни проучвания през лятото на 2016 г. и са анализирани в лабораториите на Софийския университет. Направен е анализ на химичните елементи Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Co и Cr. Направено е сравнение на получените резултати спрямо почвите на района и почвите на България – фон, а също така резултатите са сравнени със сходни изследвания за други райони в България.

При анализирането и интерпретацията на получените резултати е използван *коэффициент на биологично поглъщане* (Кбп) $A_x = I_x/n_x$. Той представлява отношението на съдържанието на микроелемента в зола на растението (I_x) към съдържанието му в скалата или почвата (n_x), където расте изследваното растение, или към кларка на елемента в литосферата. При изготвянето на геохимичните спектри на изследваните микроелементи са използвани стойностите на *коэффициентите кларк на концентрация* (КК) и *кларк на разсейване* (КР). Кларкът на концентрация представлява отношението между съдържанието на даден елемент в конкретен природен обект към кларка на същия елемент в литосферата. Кларкът на разсейване представлява обратната величина – кларкът на елемента в литосферата към кларка на елемента в конкретния природен обект.

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Получените резултати за съдържанието на изследваните микроелементи Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Co и Cr в растителните проби са представени в табл. 1. Направено е сравнение спрямо местния почвено-геохимичен фон, почвения фон на България, както и със сходни изследвания в страната (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Пенин, 2014; Пенин, Желев, 2016а).

Таблица 1

Съдържание на микроелементите (mg/kg) в изследваните растения (зол)
от Южен Пирин и в почвения субстрат, от който са събрани

№	Растение/почвен субстрат	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1	Кукуч (<i>Pistacia terebinthus</i>)	46,86	83,19	0,00	247,67	3,82	1,91	1,91
	Излужени канелени почви (<i>Chromic Luvisols</i>)	12,54	130,24	29,91	324,14	19,29	9,65	31,84
2	Червена хвойна (<i>Juniperus oxycedrus</i>)	24,02	43,23	0,00	342,01	1,92	1,92	0,96
	Излужени канелени почви (<i>Chromic Luvisols</i>)	12,54	130,24	29,91	324,14	19,29	9,65	31,84
3	Бук (<i>Fagus sylvatica</i>)	45,90	147,99	3,75	9553,78	13,11	1,87	3,75
	Кафяви горски почви (<i>Cambisols</i>)	7,92	158,40	171,27	475,19	3,96	4,95	5,94
4	Зановец (<i>Cytisus sp.</i>)	112,70	150,26	0,94	5353,12	47,90	4,70	8,45
	Кафяви горски почви (<i>Cambisols</i>)	11,47	48,54	41,48	405,97	23,83	11,47	35,30
5	Червен бъз (<i>Sambucus racemosa</i>)	40,88	90,45	0,00	1304,53	7,83	3,48	0,87
	Кафяви горски почви (<i>Cambisols</i>)	11,47	48,54	41,48	405,97	23,83	11,47	35,30
6	Офика (<i>Sorbus aucuparia</i>)	61,02	104,09	0,90	2602,34	11,67	1,79	0,00
	Кафяви горски почви (<i>Cambisols</i>)	11,47	48,54	41,48	405,97	23,83	11,47	35,30
7	Подбел (<i>Tussilago arfara</i>)	20,47	38,16	1,86	446,71	1,86	1,86	0,00
	Кафяви горски почви (<i>Cambisols</i>)	11,47	48,54	41,48	405,97	23,83	11,47	35,30

За да се покаже каква е степента на концентрация и натрупване на изследваните тежки метали в растенията, е изчислен коефициентът на биологично поглъщане Ах за отделните растителни видове както за конкретния почвен тип, върху който растат, така и по отношение на почвено-геохимичния фон на България. Стойностите за Ах на изследваните растителни видове са представени в табл. 2 и 3.

Т а б л и ц а 2

Коефициент на биологично поглъщане (*Ax*) за различните растителни видове спрямо почвения субстрат, от който са събрани растителните образци

№	Растение	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1	Кукуч (<i>Pistacia terebinthus</i>)	3,74	0,64	0,00	0,76	0,20	0,20	0,06
2	Червена хвойна (<i>Juniperus oxycedrus</i>)	1,92	0,33	0,00	1,06	0,10	0,20	0,03
3	Бук (<i>Fagus sylvatica</i>)	5,79	0,93	0,02	20,11	3,31	0,38	0,63
4	Зановец (<i>Cytisus sp.</i>)	9,83	3,10	0,02	13,19	2,01	0,41	0,24
5	Червен бъз (<i>Sambucus racemosa</i>)	3,56	1,86	0,00	3,21	0,33	0,30	0,02
6	Офика (<i>Sorbus aucuparia</i>)	5,32	2,14	0,02	6,41	0,49	0,16	0,00
7	Подбел (<i>Tussilago farfara</i>)	1,79	0,79	0,04	1,10	0,08	0,16	0,00

Т а б л и ц а 3

Коефициент на биологично поглъщане (*Ax*) за различните растителни видове спрямо почвено-геохимичния фон на България

№	Растение	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1	Кукуч (<i>Pistacia terebinthus</i>)	1,95	1,24	0,00	0,36	0,12	0,12	0,03
2	Червена хвойна (<i>Juniperus oxycedrus</i>)	1,00	0,65	0,00	0,49	0,06	0,12	0,02
3	Бук (<i>Fagus sylvatica</i>)	1,91	2,21	0,15	13,75	0,41	0,12	0,06
4	Зановец (<i>Cytisus sp.</i>)	4,70	2,24	0,04	7,70	1,50	0,29	0,14
5	Червен бъз (<i>Sambucus racemosa</i>)	1,70	1,35	0,00	1,88	0,24	0,22	0,01
6	Офика (<i>Sorbus aucuparia</i>)	2,54	1,55	0,04	3,74	0,36	0,11	0,00
7	Подбел (<i>Tussilago farfara</i>)	0,85	0,57	0,07	0,64	0,06	0,12	0,00

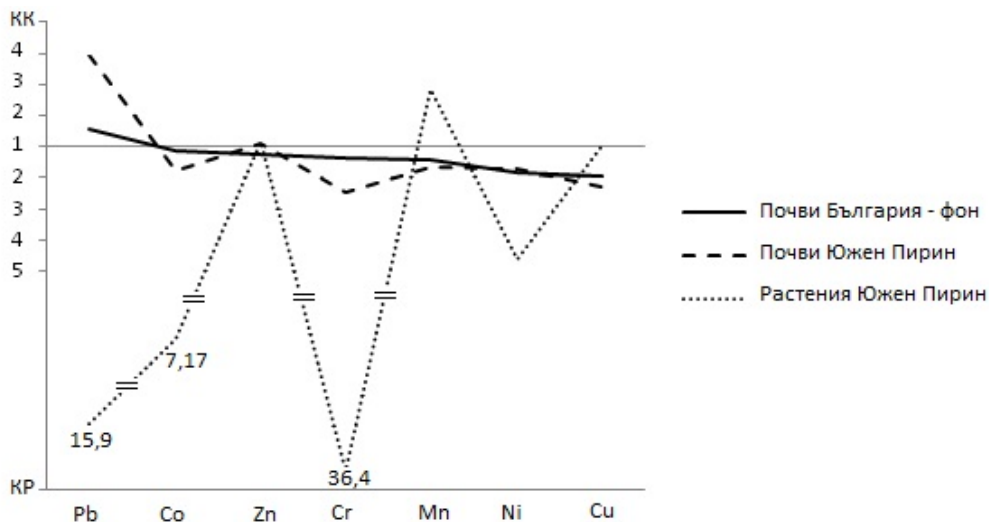
Микроелементът **манган (Mn)** в проучваните растения е с най-високи стойности по отношение на общото съдържание (mg/kg), на кларка на концентрация, а така също и съпоставен с подобно изследване за планината Огражден (Пенин, Желев, 2016а). Манганът е микроелемент с активна миграция и натрупващ се в растителните видове. С най-големи стойности на натрупване се отбелязват младите тъкани на растенията и зрелите листа, като са наблюдавани

случаи на миграцията му от старите листа към младите пъпки и оформящите се листенца. Разпределението му в растението зависи от характера на растителната тъкан и от фазите на вегетация. Концентрациите на Mn зависят и от неговото съдържание в почвената покривка, върху която расте проучваният растителен вид. Най-лесно достъпен е в кисели и често преовлажнени почви (Пенин, Желев, 2016а, по Mengel, Kirkby, 1978).

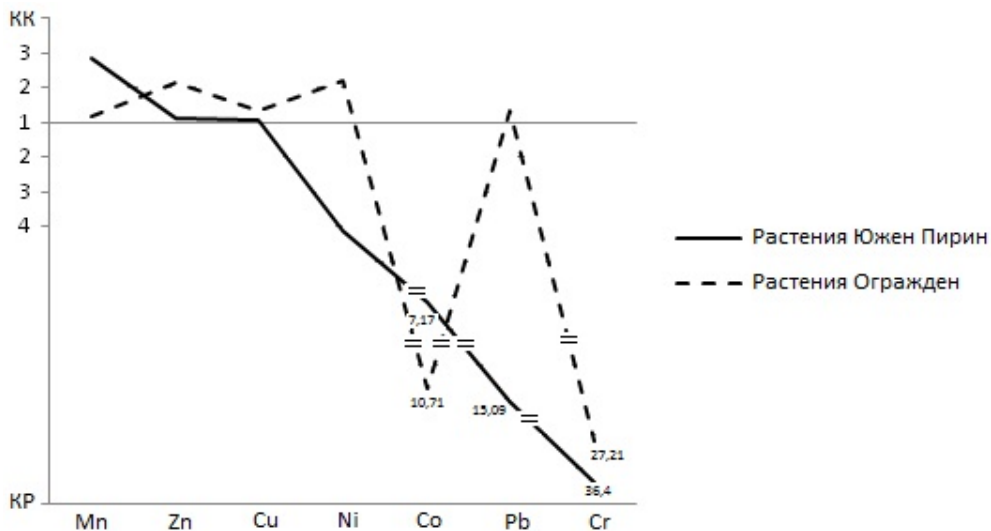
Резултатите показват завишени стойности на Mn по отношение на почвите в района и на почвения фон в страната (фиг. 1). Максималната му концентрация се наблюдава при бука (*Fagus sylvatica*) (9553,78 mg/kg), а най-ниската – при кукуча (*Pistacia terebinthus*) (247,67 mg/kg). Други видове с по-високи стойности на този микроелемент са зановецът (*Cytisus sp.*) – 5353,12 mg/kg, офиката (*Sorbus aucuparia*) – 2602,34 mg/kg, и червеният бъз (*Sambucus racemosa*) – 1304,53 mg/kg. Високи стойности са отчетени както при дървесни, така и при храстови видове. Средното съдържание на Mn (2835,74 mg/kg) в проучваните растения е с по-високи стойности от тези в литосферата (почти 3 пъти), почвения фон на страната и почвите в Южен Пирин (над 4 пъти). На фиг. 1 ясно се открояват стойностите на мангана в сравнение с другите обекти – почвения фон на България и почвите на Южен Пирин.

Сравнени с резултатите от подобно изследване в планината Огражден, стойностите на мангана в растителността на Южен Пирин са почти 2 пъти и половина по-високи, което ясно се вижда на фиг. 2.

По отношение на почвения тип, върху който вирее съответният растителен вид, коефициентът на биологично поглъщане на мангана е с широки стойности – от 0,76 за кукуча (*Pistacia terebinthus*) до 13,19 за зановеца (*Cytisus sp.*) и 20,11 за бука (*Fagus sylvatica*). Получените резултати за концентрацията на този елемент са установени и в биогеохимични изследвания за други райони на страната (Пенин, Желев, 2016а).



Фиг. 1. Геохимичен спектър на растителността, почвите на Южен Пирин и почвите на България – фон



Фиг. 2. Геохимичен спектър на растителността на Южен Пирин и на Огражден

Знае се, че редица растителни видове имат толерантност към **цинка (Zn)** и способността им да го поглъщат и натрупват от почвите, върху които виреят. Средното съдържание на цинка в почвите на Южен Пирин е 93,08 mg/kg, което превишава съдържанието му в литосферата, почвите в света, в Европа и на страната. Концентрацията на цинка в изследвания район също превишава и съдържанията от почвите с фонов характер (Пенин, 2003). Оттук следва, че се очакват и повишени съдържания и в растителната покривка.

Видовете, имащи афинитет към натрупване на Zn, в много случаи не показват симптоми на токсикоза и вероятно отслабват действието му или по пътя на метаболитната адаптация и комплексобразуването, или по пътя на ограничаване на присъствието му в клетките на растението, а в някои случаи е възможно той да преминава в неразтворими форми в част от тъканите (Пенин, Желев, 2016b, по Петрунина, 1974). Коефициентът на биологично поглъщане на цинка (табл. 2) е със стойности, вариращи от 0,33 за червената хвойна (*Juniperus oxycedrus*) до 3,10 за зановеца (*Cytisus sp.*) спрямо почвената покривка, върху която виреят. Червеният бъз (*Sambucus racemosa*) и офиката (*Sorbus aucuparia*) са със коефициент на биологично поглъщане съответно с 1,86 и 2,14.

На фиг. 2 ясно личат по-ниските стойности на съдържанието на Zn в изследвания район при сравнението им с тези от подобно проучване за територията на планината Огражден (Пенин, Желев, 2016a).

Медта (Cu) е микроелемент, който може да бъде концентриран във високи стойности в отделни растителни видове. Известно е, че неговото натрупване в тъканите на растенията зависи преди всичко от нивото на съдържанието му в хранителните разтвори и почвите.

Резултатите от проведените изследвания в Южен Пирин показват, че коефициентът на биологично поглъщане на Cu спрямо почвите, на които растат

отделните растителни видове, варира, като максималните стойности са за зановеца – 9,83, а минималните за подбела – 1,79.

Стойностите на медта в местните почви са значително по-ниски в сравнение с почвите на света, Европа и на България, като средното им съдържание е 20,52 mg/kg. Медта е микроелемент, който играе важна роля за жизнените функции на растенията. В проучванията на съдържанията в зола на растенията от различни региони на света концентрациите на Cu варират от 10 до 1500 mg/kg (Пенин и др, 2013, по Shacklette, Erdam, Harms, 1978.).

На фиг. 2 се вижда, че стойностите на Cu в растителността на Южен Пирин са по-ниски от тези в планината Огражден.

Получените резултати за микроелемента **олово (Pb)** показват най-ниски стойности. Открито е съдържание само в четири от седемте изследвани растителни вида. С най-високи стойности е букът – 3,75 mg/kg, а с най-ниски – офиката 0,9 mg/kg.

Коефициентът на биологично поглъщане при оловото варира в границите от 0,15 за бука до 0,04 за офиката и зановеца (табл. 2).

Микроелементите **никел (Ni), кобалт (Co) и хром (Cr)** имат относително ниски стойности на общо съдържание и концентрация в растителните проби. Най-високи стойности на Ni са отчетени при зановеца – 47,9 mg/kg, а най-ниски при подбела – 1,86 mg/kg. С най-високи стойности на Co се отличава отново зановецът – 4,7 mg/kg, а с най-ниски е офиката – 1,79 mg/kg. Микроелементът Cr е с най-високи стойности в зановеца – 8,45 mg/kg, и с най-ниски в червения бърз – 0,87 mg/kg (табл. 1).

Коефициентът на биологично поглъщане за Ni варират от 0,08 за подбела до 3,31 за бука. При микроелементите Co и Cr този коефициент за всички растителни видове е под 1, което се наблюдава и при оловото (табл. 2 и 3).

Получените и осреднени резултати на съдържанията на микроелементите в почвените и растителните проби от ландшафтите на Южен Пирин са представени в табл. 4. Стойностите от нея са използвани за изготвянето на геохимичен спектър (фиг. 1). При разглеждането на спектъра добре личи относително фоновият характер на почвите в изследваната територия, сравнени с почвите на фоновите райони от България (Пенин, 2003). Като цяло в района липсва силно антропогенно въздействие и техногенни нарушения.

Т а б л и ц а 4

Средно съдържание на микроелементите в растенията и почвите на Южен Пирин, в почвите на България – фон и литосферата

Почви/Химичен елемент	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Литосфера ¹	47,00	83,00	16,00	1000,00	58,00	18,00	83,00
Почви България – фон ²	24,00	67,00	25,00	695,00	32,00	16,00	60,00
Почви Южен Пирин	20,52	93,08	63,50	615,02	33,82	10,20	33,40
Растения Южен Пирин	50,26	93,91	1,06	2835,74	12,59	2,51	2,28

¹По Виноградов, 1962; ²По Пенин, 2003.

Т а б л и ц а 5

Средно съдържание на микроелементите в растенията на Южен Пирин,
в растенията на Огражден и литосферата

Почви/Химичен елемент	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Литосфера ¹	47,00	83,00	16,00	1000,00	58,00	18,00	83,00
Растения Южен Пирин	50,26	93,91	1,06	2835,74	12,59	2,51	2,28
Растения Огражден ²	63,77	178,12	21,18	1148,60	126,35	0,84	0,19

¹По Виноградов, 1962; ²По Пенин, Желев, 2016а.

Разглеждайки почвите на Южен Пирин и почвения фон на страната, може да се заключи, че растенията натрупват определена асоциация от елементи, а именно **Mn**, **Zn** и **Cu**. Тази асоциация се отличава и с по-висок коефициент на биологично поглъщане, който за различните микроелементи варира в широки граници. Манганът, медта и цинкът са с кларк на концентрация за растенията спрямо почвите на Южен Пирин и фоните за страната. Асоциацията от микроелементите **Cr**, **Pb** и **Co** е със значителен кларк на разсейване спрямо сравняваните обекти.

На базата на получените резултати за Южен Пирин и резултатите, публикувани от Пенин, Желев (2016а) за планината Огражден, която авторите определят като относително фонов район за България, е направено сравнение на съдържанията на микроелементите в растителността (табл. 5 и фиг. 2).

От представените данни и съставения геохимичен спектър ясно личат различията за отделните изследвани елементи. В растителността на Южен Пирин се обособява асоциацията от микроелементи Mn, Zn и Cu със стойности по-високи спрямо литосферата, а в растенията в планината Огражден асоциацията от Ni, Zn, Cu, Mn и Pb е с натрупване. Елементите Zn, Pb, Ni и Cu в растителността на Южен Пирин са със значително по-ниски съдържания спрямо тези от планината Огражден. При сравнението на двете планини впечатление прави, че микроелементите Co и Cr са с много висок кларк на разсейване: Co е с $KP=7,17$ за Южен Пирин и $KP=10,71$ за Огражден, а Cr е съответно с $KP=36,4$ и $KP=27,21$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биогеохимичните изследвания имат все по-важно значение за изясняването на фоновата ландшафтно-геохимична структура на различни райони от България. Анализът на резултатите както по отношение на отделните проучени растителни видове, така и в растителната покрива като цяло, показва, че асоциацията от концентриращи се тежки метали е: **Mn**, **Zn** и **Cu**. За различните растителни видове, тази асоциация варира в определени граници, което е представено чрез използването на коефициента за биологично поглъщане (A_x). Асоциацията от микроелементите **Cr**, **Pb** и **Co** е със слабо захващане в проучените видове. Направено е сравнение между съдържанието на микроелементите

в растителността на Южен Пирин и планината Огражден, което показва сравнително близки стойности. И двете територии могат да бъдат отнесени към относително фоновите райони за страната, където техногеохимичното въздействие е минимално. Получените резултати могат да бъдат основа за по-нататъшни подобни проучвания и допълват общата биогеохимична и ландшафтно-геохимична обстановка в страната.

Благодарности

Настоящото изследване е осъществено с подкрепата на БАН от Програма за подпомагане на младите учени - БАН, проект №266, на тема „Изследване на ландшафтите с използване на дистанционни методи и географски информационни системи (ГИС)“

ЛИТЕРАТУРА

- Виноградов, А. П.** (1962) Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. М., Геохимия / Vinogradov, A. P. (1962) The average content of elements in the main types of igneous rocks of the Earth's crust. Geochemistry, Moscow. (Ru)
- Кабата-Пендиас, А., Х. Пендиас.** (1989) Микроэлементы в почвах и растениях. М., Изд. Мир. / Kabata-Pendias, A., H. Pendias 1989 Microelements in Soils and Plants. Izd. Mir, Moscow. (Ru)
- Пенин, Р.** (1992) Биогеохимична специализация на ландшафтите в резервата „Острица“. – Год. на СУ, т. 84, кн. 2 - География. / Penin, R. 1992 Biogeochemical specialization of the landscapes in the Ostritsa Reserve. *Year's book of Sofia University. Faculty of geology and geography. Book 2 – geography. Vol. 84.* Sofia. (Bg)
- Пенин, Р.** (1997) Ръководство по геохимия на ландшафтите. С., Унив. изд. „Св. Кл. Охридски“. / Penin, R. 1997 Geochemistry of Landscape Guide, Univ. izd. “Sv. Kl. Ohridski”, Sofia. (Bg)
- Пенин, Р.** (2000) Биогеохимичните и почвеногеохимичните изследвания, като основа за медикогеографски проучвания. – В: Сб. доклади от VI национален конгрес по медицинска география. С. / Penin, R. 2000 Biogeochemical and soil geochemical studies, as a basis for medical geographic studies. In: Reports from the VI National Congress on Medical Geography, Sofia (Bg).
- 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. / Penin, R 2003 Geochemistry of landscapes - a priority scientific field for discovering and solving ecological problems. - In: Jubilee Collection 30 Years of the LOPS Department, Maleo. Sofia (Bg)
- Пенин, Р.** (2014) Биогеохимията и геохимията на ландшафтите в търсене на връзката между живата и нежива природа. – В: 40 години катедра ЛОПС. С., Булвест 2000. / Penin, R 2014 Biogeochemistry and geochemistry of landscapes in search of the relationship between living and non-living nature. - In: 40 years of LOPS Department, Bulvest 2000, Sofia (Bg).
- Пенин, Р., А. Гиков.** (1999) Фонови ландшафтно-геохимични изследвания в басейна на р. Палакария. - Год. СУ, ГГФ, т. 84, кн. 2 – География. / Penin, R., A. Gikov 1999 Background Landscape-Geochemical Studies in the Palakaria River Basin. Year's book of Sofia University. Faculty of geology and geography. Book 2 – geography. Vol. 84. Sofia. (Bg)

- 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. / Penin, R., D. Zhelev, T. Stoilkova 2013 Biogeochemical Studies in the Stara Zagora Field. - In: Proc: Jubilee Conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician V. I. Vernadsky, Sofia (Bg)
- Пенин, Р., Д. Желев.** (2016a) Биогеохимично изследване на ландшафтите в планината Огражден – В: Сб. докл. Научна конференция „Географски аспекти на планирането и използването на територията в условията на глобални промени“, гр. Вършец, България, ISBN: 978-619-90446-1-2 / Penin, R., D. Zhelev (2016a) Biogeochemical study of the landscapes in the Ograzhden Mountain - In: Proc. Scientific Conference „Geographic Aspects of Planning and Use of the Territory in the Context of Global Changes“, Varshets, Bulgaria, ISBN: 978-619-90446-1-2, (Bg)
- Пенин, Р., Д. Желев.** (2016b) Биогеохимични изследвания в басейна на р. Сазлийка. - Год. на СУ, ГГФ, т. 108, кн. 2 – География. / Penin, R., D. Zhelev 2016b Biogeochemical studies in Sazliyka river basin. Year's book of Sofia University. Faculty of geology and geography. Book 2 – geography. Vol. 108. Sofia. (Bg)
- 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.