

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ
Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ
Том 114

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”
FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY
Book 2 – GEOGRAPHY
Volume 114

ГЕОХИМИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОЧВИТЕ В ЛАНДШАФТИТЕ НА СВЕТИНИКОЛСКА ПЛАНИНА

ДИМИТЪР ЖЕЛЕВ, БОЙКА ВАСИЛЕВА, ТАНЯ СТОИЛКОВА

*Катедра „Ландшафтна екология и опазване на природната среда“
e-mail: zhelev@gea.uni-sofia.bg*

Dimitar Zhelev, Boyka Vasileva, Tanya Stoilkova. A GEOCHEMICAL STUDY OF SOILS IN THE LANDSCAPES IN THE SVETINIKOLSKA MOUNTAIN

The article presents the estimated regional content of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Mn, Cr, Ni, and Co) in the soils of the Svetinikolska Mountain in Northwestern Bulgaria. Soils of the local landscapes are examined. The content of heavy metals in their profiles is assessed applying the Clarke of concentration and Clarke of dispersion coefficients. Geochemical spectrums are drawn in order to display the obtained geochemical data of the landscapes. The radial and lateral distribution of heavy metals in the soils are displayed on graphs. Soils of the researched area accumulate higher concentrations of Pb, Zn, Ni, Cu and Co in comparison to Europe. Only Mn and Cr are dispersed with lower concentrations. Similar is the comparison to Bulgaria. A geochemical correlation exists between the landscapes of the Svetinikolska Mountain and the neighboring mountains in the West Stara Planina Range. There are landscapes in the examined mountain that accumulate Cu in the soil profiles. The Cambisols of the mountain are rich in Ni. The results of the research show various directions of intercomponent migration within the studied landscapes.

Key words: soils, heavy metals, contamination, environment

УВОД

Геохимията на ландшафтите е научно направление, пряко свързано с редица актуални проблеми – геоecological изследвания, откриване на полз-

ни изкопаеми, определяне на геохимични норми и критерии при различните стопански дейности и др. Геохимията на ландшафтите осигурява цялостно геохимично изучаване на природните системи. Сред най-важните цели на геохимията на ландшафтите е разкриването на миграцията, концентрацията и диференциацията на химичните елементи и съединения в ландшафтите, което определя специфичната ѝ методология, в основата на която е системният подход (Пенин 2003).

Актуалността на изследването е свързана с установяването на степента на ландшафтно-геохимично въздействие от антропогенни дейности в миналото (миннодобивни мероприятия) чрез образуването на геохимични аномалии (замърсяване) в почвите на ландшафтите с тежки метали – проблем, характерен за Северозападна България. Темата е актуална и в контекста на проявите на трансгранично замърсяване по протежение на границата между Република България и Република Сърбия.

МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Обект на изследването е почвеният компонент в ландшафтите на Светиниколска планина на територия на Северозападна България. Предметът на изследването е анализ на съдържанието на избрани тежки метали в почвите на ландшафтите, научна интерпретация на веществените потоци по отношение на изследваните химични елементи (микроелементи) и установяване на цялостната ландшафтно-геохимична картина за района на планината.

Настоящото изследване представя резултатите, получени при разработването на магистърската теза на дипломанта Бойка Василева в магистърска програма „Физическа география и ландшафтна екология“ в катедра „Ландшафтознание и опазване на природната среда“ през 2018 г. Изследването анализира геохимичната структура на почвите по отношение на съдържанието на тежки метали в почвите на Светиниколска планина – една от съставните планини на Западна Стара планина.

Планината се отличава със сложна геоложка структура, отразяваща етапите в развитието на Старопланинската морфоструктура. Територията е с планински вариант на умерения континентален климат. Петроложките и климатичните условия са подпомогнали формирането на ландшафти преобладаващо с кафяви горски почви (Cambisols). Планината е част от Старопланинската ландшафтна област. Историята на антропогенизацията на ландшафтите се свързва преди всичко с миннодобивни, дърводобивни и животновъдни дейности, които са с голям интензитет през XX век.

Основната цел на изследването е насочена към анализ на съдържанието на тежки метали в почвения компонент на ландшафтите в Светиниколска планина чрез анализа на 18 почвени проби, събрани от територията на планината. Реализирането на тази цел е осъществено чрез решаването на следните задачи:

1. Идентифициране на представителни участъци за пробонабиране и пробонабиране за геохимичен анализ;
2. Анализ и интерпретация на лабораторните данни в контекста на миграцията на вещества в ландшафтите;
3. Установяване на характерни натрупващи се и разсейващи се в почвените типове химични елементи;
4. Установяване на почви в характерни ландшафти със склонност към натрупване или разсейване на изследваните химични елементи.

Съдържанието на химичните елементи в различните типове скали на земната кора обикновено се отличава от кларка в литосферата. Тази разлика се изразява количествено чрез понятието „кларк на концентрация“ (КК). То представлява отношението между съдържанието на даден елемент в определен природен обект (почвен хоризонт, изветрителна кора, растителност, повърхностни води и др.) към кларка на същия елемент в литосферата. Тази величина е винаги по-голяма от 0 и ако $КК = 1$, то съдържанието на елемента в обекта е равно на съдържанието му в литосферата. Когато съдържанието на даден елемент в определения природен обект е с ниски стойности, се използва показателят „кларк на разсейване“ (КР). Той показва колко пъти кларкът превишава съдържанието на елемента в изследвания обект (Пенин 1997).

В хода на изследванията е необходимо да се сравнят различни системи по разпределението на химичните елементи в тях. В тези случаи е добре получените данни да се изобразят в т. нар. геохимични спектри. Те улесняват възприемането на резултатите за концентрация или разсейване на елементите в природните обекти. Показателите КК и КР са използвани при изготвянето на интерпретацията и анализа на геохимичните спектри на почвите, взети при теренните изследвания в Светиниколска планина.

Цялостният системен подход към наблюдението и контрола на околната среда е довел до отделянето на изходни ландшафтни единици – обект на теоретични и практически изследвания в геохимията на ландшафтите. Традиционно се отделят елементарни (ЕЛГС) и сложни, каскадни (КЛГС) ландшафтно-геохимични системи (Глазовская, 1981, цит. по: Пенин, Р. Ръководство по геохимия на ландшафтите. Ун. изд. „Св. Кл. Охридски“, София, 1997) доказва, че във взаимосвързаните ландшафти важна системообразуваща роля играят потоците от вещества и енергия, миграцията на химичните елементи и техните съединения. Към автономните ландшафти се отнасят повърхностите на водоразделите с дълбоко залягане на грунтовите води. Вещества и енергия постъпват в ландшафтите от атмосферата. В понижените части на релефа се образуват подчинени елементарни ландшафти – супераквални (надводни) и субаквални (подводни), в които от водоразделите надолу се пренасят продукти от почвообразуването и изветрянето. Отделят се още транселувиални (горните части на склоновете), елувиално-акумулативни (ниските части на склоновете) и акумулативно-елувиални (местни депресии с дълбоко залягане

на грунтовите води) елементарни ландшафти (Глазовская 1964, цит. по: Пенин, Р. Ръководство..., 1997).

За цялостната характеристика на геохимичното състояние на елементарните и каскадните ландшафтно-геохимични системи се използва понятието фонова геохимична структура. Тя се състои от радиална и латерална диференциация на елементите и съединенията им в ландшафтите. Нарушението на типичните (фонови) съотношения е индикатор за техногенно или рудогенно въздействие върху природните системи (Пенин 1997).

Радиалната геохимична диференциация характеризира относителното преразпределение на елементите във вертикалния профил на ландшафта. За характеристика на миграцията на химичните елементи в системата почва – скала се използват акумулативните коефициенти (Глазовская 1964, цит. по: Пенин, Р. Ръководство... , 1997). Един от основните използвани коефициенти в почвената геохимия е елувиално-акумулативният – Кеа, представляващ отношението на съдържанието на даден елемент в почвата (или в изветрителната кора) към неговото съдържание в почвообразуваща скала. Сложността при анализа и интерпретацията на данните за елувиално-акумулативния коефициент Кеа възниква при нееднородната литогенна основа на елементарния ландшафт. В такива случаи различията в стойностите могат да бъдат обусловени не само и не толкова от процесите на акумулация и изнасяне на елементите, но и от нееднородността на скалния субстрат. Ето защо се използват още и коефициентът на радиална диференциация – Кр, или известен още като коефициент R (Авессаломова 1987, цит. по: Пенин, Р. Ръководство... , 1997).

Елементарните ландшафтно-геохимични системи представляват територии, в пределите на които химичният състав на компонентите на ландшафта, а също и интензивността на миграционните потоци вещества между компонентите осигуряват еднообразие на структурата на функционирането на системата в цялост. Съчетанията им по елементите на релефа образуват т. нар. ландшафтно-геохимични катени (Пенин 1997).

За количественото изразяване на относителното разпределение на елементите в катените се използват коефициентът на местна миграция (местна концентрация и разсейване) – Км. Той представлява отношението между съдържанието на химичните елементи в автономните ландшафти и концентрацията им в подчинените (Глазовская 1964, цит. по: Пенин, Р. Ръководство... , 1997). При анализа на данните, получени при изчисляването на Км, с особено внимание трябва да се подходи и към интерпретацията им. Трябва да се има предвид, че коефициентът само частично отразява първичната нееднородност и резултата от местна миграция. Преплитането на различни условия и фактори на миграция усложняват анализа и влияят на стойностите за този коефициент. Поради неговата относителност е предложено той да се нарече коефициент на местна диференциация (коефициент на латерална диференциация) – L (Глазовская, Касимов 1987, цит. по: Пенин, Р. Ръководство... , 1997).

За разкриване на ландшафтно-геохимичните особености на изследваната територия са събрани проби от почви при проведената теренна работа. В този етап е използван маршрутно-експедиционният метод на теренно-полево изследване. В предполевия (подготвителен етап) е създадена предварителна ландшафтна карта на базата на събрана информация за територията. В полевия етап територията се обходи по предварително зададен маршрут. Събрани са 18 почвени проби. Събраните проби са изсушени, стрити и пресети. Химичният лабораторен анализ е извършен в Лабораторията по геохимия на ГГФ на СУ „Св. Климент Охридски“ по метода на атомно-абсорбционната спектрофотометрия (AAS) със спектрофотометър „Perkin-Elmer“ след изгаряне при 400 °С и пълно последователно разтваряне със смес от киселини. Установено е общото съдържание (mg/kg, ppm) на елементите мед (Cu), цинк (Zn), олово (Pb), манган (Mn), никел (Ni), кобалт (Co) и хром (Cr).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Особено важно в методическо отношение е отчитането на литогеохимичните особености на страната, които най-пряко оказват влияние върху пространствената почвено-геохимична картина (Пенин 2003). Типът и съставът на почвообразуващите скали са главните фактори, определящи базовото геогенно съдържание на тежките метали и металоидите в почвите. От своя страна геогенното съдържание може да бъде петрогенно (литогенно) – дължащо се на нормалното (фоново) съдържание на елементите в скалите, и рудогенно – породено от положителни геохимични аномалии, в частност – от рудни залежи (Куйкин и др. 2001). Разнообразието в почвообразуващите скали на изследваната територия е предпоставка за различното съдържание на тежките метали и металоидите в почвите.

Почвено-геохимичните изследвания в разглеждания район се базират на 18 почвени проби, взети от 12 ландшафтни точки. В табл. 1 е представена информация за вида проба, почвените хоризонти, типа почва, местоположението на пробовземанията с географските координати, рН и съдържанието на тежки метали.

Таблица 1
Table 1

Съдържание на тежки метали (в ppm=mg/kg) в почвите на изследваната територия и описание на местата на пробоземане
Content of heavy metals (ppm=mg/kg) in the soil of the researched area and description of the soil sampling locations

№ проба	Вид проба	Дълбочина (cm)	Тип почва	Местоположение	Географски координати	pH	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
2		15 – 30 (B)		ляв склон на р. Голема	43°30' 13" N	5,74	13	111	23	529	20	18	31
3	R – профил	5 – 15 (AB)	кафява горска	(Чупренска), преди р. Голема	22°37' 35" E	5,56	14	55	20	566	20	17	27
4		0 – 5 (A – чим)		Равна, 560 m		6,64	15	46	23	598	25	17	25
8	контролна	0 – 5 (A – чим)	кафява горска	ляв склон на р. Голема Равна, 490 m	43°30' 49" N 22°38' 08" E	5,92	12	44	21	419	40	10	17
9		30 – 40 (B2)				5,44	36	56	19	375	102	17	40
10	R – профил	5 – 30 (B1)	кафява горска	склон – югоизточно от с. Салаш,	43°36' 15" N	5,84	45	54	18	266	125	16	42
11		0 – 5 (A – чим)		западно от вр. Върляк, 620 m	22°32' 29" E	6,17	50	108	23	560	30	17	35
12	контролна	0 – 5 (A – чим)	кафява горска	ливада, югоизточно от с. Салаш,	43°36' 27" N	6,85	31	58	20	726	60	19	43
13	контролна	0 – 5 (A – чим)	делувиална	до водохващане, 570 m	22°32' 04" E	6,45	38	73	20	387	39	18	55
17	контролна	0 – 5 (A – чим)	алувиална	изоставена нива северозападно от с. Салаш, 560 m	43°37' 10" N 22°30' 31" E	6,60	41	69	18	525	84	15	35
19		15 – 40 (B)		десен бряг на р. Станци	43°37' 10" N 22°30' 31" E	4,76	10	43	20	233	23	11	39
20	R – профил	5 – 15 (AB)	светло-кафява	ляв склон на р. Голяма (Стакев-	43°29' 06" N	4,48	11	66	27	193	14	11	21
21		0 – 5 (A – чим)	горска	ска), преди ловния дом, 930 m	22°33' 11" E	4,70	11	40	26	173	12	6	19
23		0 – 5 (A – чим)	кафява горска	брезова гора, склон към вр. Орлов	43°28' 58" N	5,04	19	65	27	620	30	17	51
24		0 – 5 (A – чим)	примитивна	камък, мест-ност „Равни рът“, 950 m	22°33' 25" E	5,05	52	154	59	821	133	23	101
25	L профил	0 – 5 (A – чим)	примитивна	склон към вр. Орлов камък, мест-ност „Равни рът“, 1170 m	43°28' 39" N 22°33' 37" E	4,77	71	148	56	498	55	20	73
26		0 – 5 (A – чим)	примитивна	склон към вр. Орлов камък, мест-ност „Равни рът“, 1310 m	43°28' 26" N 22°33' 45" E	4,04	72	133	184	443	66	17	97
27		0 – 5 (A – чим)	примитивна – тъмноцветна	склон към вр. Орлов камък, мест-ност „Равни рът“, 1510 m	43°28' 07" N 22°33' 45" E	5,03	27	150	63	521	285	28	142
				било Светниколка планина, из-точно от вр. Орлов камък, 1650 m	43°27' 55" N 22°33' 32" E								

Таблица 2

Table 2

Съдържание на тежки метали (ppm=mg/kg) в почвите на изследваната територия
Content of heavy metals (ppm=mg/kg) in the soils of the researched area

Съдържание	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Максимална стойност	72	154	184	821	285	28	142
Минимална стойност	10	40	18	173	12	6	17
Медиана	29	65	23	510	40	17	39
Средна аритметична стойност	31	82	37	470	65	16	50

Някои по-високи съдържания на тежките метали могат да бъдат обяснени с нормалното им литогенно съдържание в почвообразуващите скали. Такива са максималните съдържания на Cu (71 – 72 mg/kg) по склона, по който е направен катен (проби № 25 и 26) заради основата от ултрабазични магмени скали, в които нейното средно съдържание в България е 118 mg/kg (Куйкин и др., 2001). Максималните съдържания на Ni (285 mg/kg), Co (28 mg/kg) и Cr (142 mg/kg) са констатирани в проба № 27, която е взета от билото на Светиниколска планина, а почвообразуващите скали там са преобладаващо ултрабазични магмени, в които съдържанията на Ni средно в България са 1410 mg/kg, на Co – 55 mg/kg и Cr – 1620 mg/kg (Куйкин и др. 2001). За по-голямата част от изследваната територия такива изводи не могат да се правят, тъй като почвообразуващите скали са с твърде разнообразен петроложки състав.

Таблица 3

Table 3

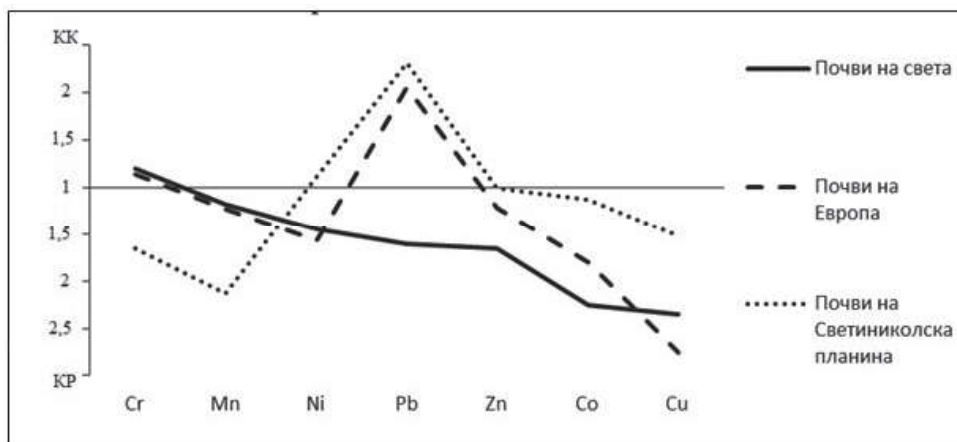
Съдържание на тежки метали (ppm=mg/kg) в почвите на света, Европа, България
Content of heavy metals (ppm=mg/kg) in soils of the world, Europe and Bulgaria

Съдържание	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Литосфера ¹	47	83	16	1000	58	18	83
Почви на света ²	20	50	10	850	40	8	100
Европа ³	17	68	33	810	37	10	95
България ⁴	30	75	35	1000	36	20	70
България – фон ⁵	24	67	25	695	32	16	60
България – техногенни територии ⁵	72	79	36	867	37	17	74

(¹) по Виноградов 1962; (²) по Виноградов 1956; Kirkham 2008; (³) по Salminen 2005; (⁴) по Мирчев 1971; Райков и др. 1984; (⁵) по Пенин 2003)

За сравняване на съдържанията на тежките метали в почвата в изследваната територия с други данни (табл. 3) е използвано средното им съдържание (средно аритметично от всички стойности), а не медианата, поради малката дължина на статистическата редица (табл. 2). Коефициентите (КК и КР) са изчислени по стойностите за съдържанията на елементите в литосферата по Виноградов (1962), тъй като повечето подобни изследвания в България са направени по тези данни и така е възможно тяхното сравняване.

На фиг. 1 е представен геохимичен спектър, позволяващ да се направи сравнение в съдържанията на микроелементите в почвите на света, в Европа и почвите в Светиниколска планина. От него личи повишената концентрация на елементите Cu, Co, Ni, Pb и Zn в почвите на изследваната територия в сравнение с тези в света и в Европа. С най-голямо превишение спрямо света са Pb – 3,7 пъти и Co – 2 пъти, а Cu, Ni, Zn – с по 1,6 пъти. Спрямо Европа по-големи концентрации имат Cu и Ni (1,8 пъти) и Co (1,6 пъти), Pb и Zn (1,2 пъти). Концентрациите на микроелементите Cr и Mn в почвите на Светиниколска планина са занижени в сравнение с тези на света (Cr – 2 пъти, Mn – 1,8 пъти) и Европа (Cr – 1,9 пъти, Mn – 1,7 пъти).

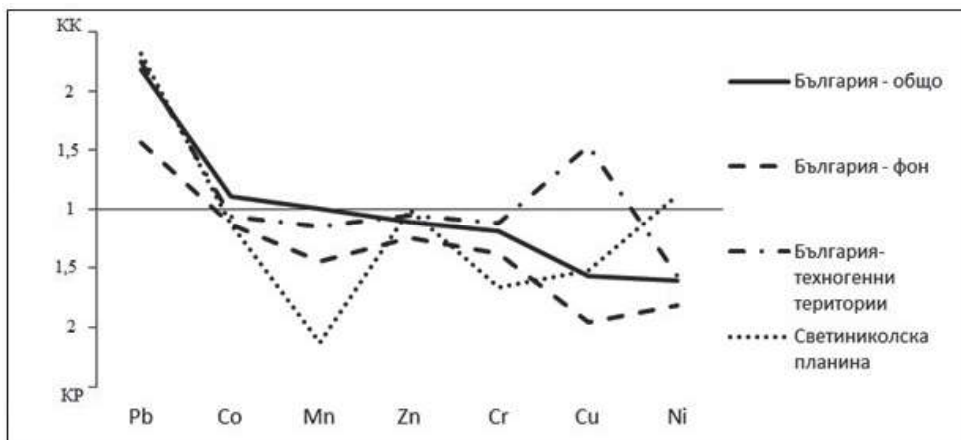


Фиг. 1. Геохимичен спектър на тежките метали в почвите на света, Европа и Светиниколска планина

Fig. 1. Geochemical spectrum of the heavy metals in the soils in the world, Europe and Svetinikolska Mountain

За разкриването на регионалните особености в преразпределението на микроелементите в почвите е изготвен геохимичен спектър на тежките метали в почвите на страната, който включва общо съдържание на почвите, концентрации във фоновите (относително ненарушени) ландшафти, в техногенните територии и концентрациите в почвите на Светиниколска планина (фиг. 2). В кривите на концентрациите на микроелементите в почвите на страната и почвите на България (фон) се забелязва ясно изразена тенденция на съпоставимост и понижени концентрации на фоновите територии, съответно с по-ниски стойности на КК и КР за всички микроелементи. В техногенните територии с повишена концентрация се отличава Cu, а останалите микроелементи са съпоставими с общото съдържание на почвите в България. От спектъра ясно личи повишената концентрация на Ni в почвите на Светиниколска планина, която надвишава 2 пъти съдържанието му във фоновите територии, 1,8 пъти

в общото съдържание на почвите и 0,5 пъти от техногенните територии. Концентрацията на Pb в изследваната територия е близка до тази в общото съдържание и техногенните територии, но е повишена 1,5 пъти от фоновите. Концентрациите на Co и Zn са близки с другите сравнявани съдържания, като Co е с по-висока концентрация в изследваната територия от тази в общото съдържание на почвите в България, а Zn – от фоновите територии. Cu в почвите на Светиниколска планина надвишава 1,3 пъти съдържанието ѝ във фоновите територии, съвпада с общото съдържание на почвите в България и е 2,3 пъти по-малко от техногенните територии. Микроелементите Mn и Cr се отличават с голямо разсейване в почвите на изследваната територия, като това на Mn е 2,1 пъти по-малко от общото съдържание на почвите в България.

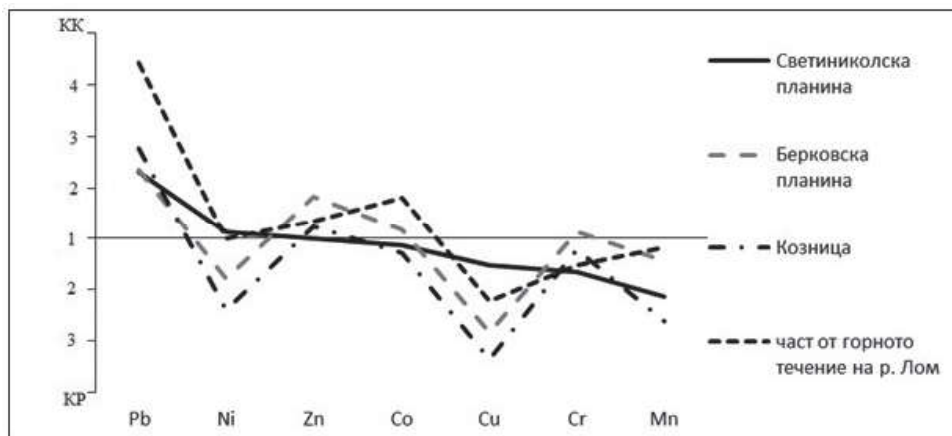


Фиг. 2. Геохимичен спектър на тежките метали в почвите на България – общо, фон, техногенни територии и Светиниколска планина

Fig. 2. Geochemical spectrum of the heavy metals in the soils of Bulgaria (general content), Bulgaria (natural background territories), Bulgaria (technogenic territories) and Svetinikolska Mountain

На фиг. 3 е представен геохимичен спектър, с който се сравняват съдържанията на микроелементите в почвите на планините Берковска и Козница (Пенин, Чолакова 2012), в част от горното поречие на р. Лом в Западна Стара планина и Западния Предбалкан (Чолакова, Аветисян 2016) и в Светиниколска планина. Територията, изследвана от Чолакова, Аветисян (2016) е разположена между р. Стакевска на запад и север, р. Лом на изток и билото на Стара планина, съвпадащо с държавната граница с Република Сърбия, на юг и нейната югозападна част (до р. Голема (Чупренска) на изток и подножието на рида Ведерник на север) е част от Светиниколска планина. Съдържанията на микроелементите Ni, Zn, Co, Cu и Cr са съпоставими в планините Козница и Берковска, като тези в Козница са понижени, Pb в Козница е по-високо, а Mn –

по-ниско в сравнение с Берковска планина. Съдържанието на микроелементи Zn и Cr е с най-ниски концентрации в почвите на изследваната територия в сравнение с другите разглеждани територии, а това на Cu – най-високо, като е 2,2 пъти повече от това в Козница, 1,9 пъти спрямо Берковска планина, 1,5 пъти от това в част от басейна на горното течение на р. Лом. Съдържанието на Ni в изследваната територия почти съвпада с това в част от басейна на горното течение на р. Лом, като те са с по-висока концентрация от тези в Берковска планина и Козница. Съдържанието на Pb в Козница и в част от басейна на горното течение на р. Лом е по-голямо от това в изследваната територия, което е близко до стойностите му в Берковска планина. Съдържанието на микроелементите Mn и Co е повишено в сравнение с това в Козница и понижено спрямо съдържанието му в Берковска планина и в част от басейна на горното течение на р. Лом.

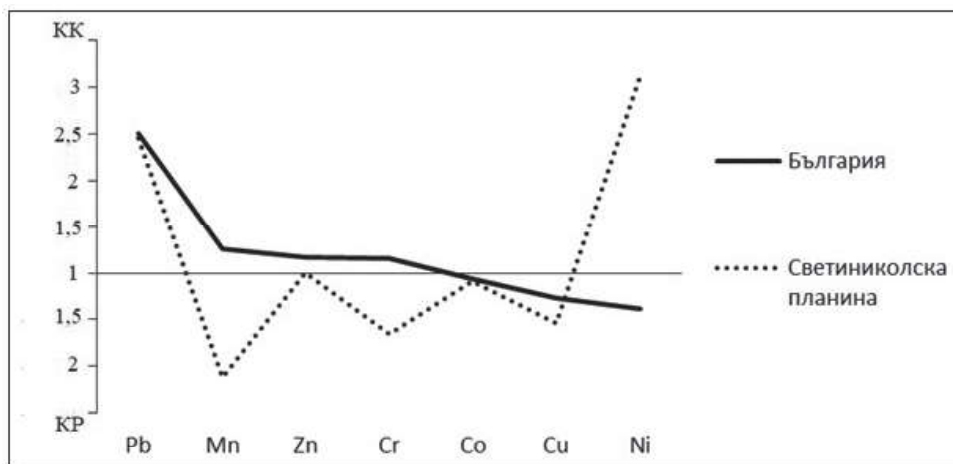


Фиг. 3. Геохимичен спектър на тежките метали в почвите на Светиниколска планина, Берковска планина, Козница и част от горното течение на р. Лом

Fig. 3. Geochemical spectrum of heavy metals in the soils of the Svetinikolska Mountain, Berkovska Mountain, Koznitsa Mountain and the headwaters zone of Lom River.

Подходящо е сравнението на средното съдържание на тежки метали в кафявите горски почви на изследваната територия с усреднените съдържания на тези елементи в кафявите горски почви в България, които са резултат от предходни изследвания на тези почви в планински територии при разнообразие на почвообразуващите литогеохимични условия (Пенин, Чолакова 2002, цит. по: Пенин, Чолакова Почвено-геохимични проучвания в планините Берковска и Козница (Западна Стара планина).// Год. на СУ, Кн. 2 – География, Том 104, 123 – 138. София, 2012) (фиг. 4). При него се вижда добро сходство на микроелементите Pb, Co и Cu. С по-малка концентрации (разсейват се) в изследваната територия са Mn (2,7 пъти), Cr (2 пъти) и Zn (1,2 пъти). Един-

ствено Ni се отличава с по-голяма концентрация в кафявите горски почви на Светиниколска планина от тези в България – 1,5 пъти.



Фиг. 4. Геохимичен спектър на тежките метали в кафявите горски почви на България и Светиниколска планина

Fig. 4. Geochemical spectrum of heavy metals in the Cambisols in Bulgaria and in the cambisols in Svetinikolska Mountain

При ландшафтните теренни изследвания едно от най-важните звена е описването на типични профили от различни елементарни ландшафти. Ландшафтно-геохимичният анализ на дадена територия започва именно с изучаването на радиалната геохимична диференциация в даден участък. Радиалната структура на елементарните ландшафтно-геохимични системи обикновено се характеризира с редица ландшафтно-геохимични коефициенти, отразяващи взаимоотношенията между отделните системи: почва – растение, скала – почва, атмосфера – почва и др. (Пенин 1997).

Коефициентът на радиалната диференциация – R, е един от важните геохимични коефициенти. Изучаването на радиалната диференциация на химичните елементи позволява да се разкрият основните зони на натрупване на елементите и да се проучат концентрационните механизми, които водят до възникването на радиалните геохимични бариери. Свообразието на всяка от тези бариери се фиксира от парагенетична асоциация от елементи, която, от своя страна, може да се смята като важен геохимичен показател (Авессаломова 1987, цит. по: Пенин, Р. Ръководство... , 1997).

За разкриване на радиалната (вертикална) диференциация на тежките метали в типичната почвена покривка в изследваната територия са проучени три радиални профила на кафявите горски почви. Направена е графична интерпретация на стойностите на коефициента на радиална диференциация R.

Интерпретацията му разкрива спецификата на геохимичното разпределение и геохимичната структура на ландшафта за отделните химични елементи.

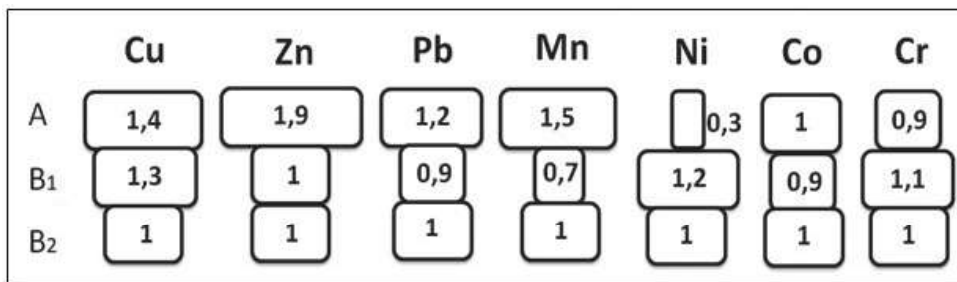
На фиг. 5 е представен резултатът от изследван почвен профил (№1) на кафява горска почва в транселувиален геохимичен ландшафт с габъро-горунови гори на ляв склон на р. Голема (Чупренска), преди р. Голема Равна. На дълбочина от 30 cm са описани три хоризонта $A_{\text{хим}}$ (0–5 cm), АВ (5–15 cm) и В (15–30 cm), като хоризонтите АВ и В са със средно кисела реакция, а А – неутрална. В А хоризонт се образува асоциация от елементите Cu, Mn и Ni, които се натрупват, като при Ni е най-добре изразено. Акумулацията на Ni в повърхностния хоризонт се свързва с органичните вещества, които абсорбират Ni (Kabata-Pendias 2011). При Zn, Co и Cr се наблюдава точно обратното – изнасяне на елементите от хоризонтите А и АВ и натрупване в дълбочина на профила, като това най-силно е изразено при Zn (А хоризонт, $R=0,4$). Натрупването на Zn може да бъде обяснено с почвообразуващите скали, които в случая са разнообразни метаторфити, съдържащи силикатни минерали. Zn има способността да влиза в някои структури от силикатните решетъчни слоеве и да остане там неподвижен (Kabata-Pendias 2011). При Pb не се наблюдава сериозна диференциация при вертикалната миграция.

	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
A	1,2	0,4	1	1,1	1,3	0,9	0,8
AB	1,1	0,5	0,9	1,1	1	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1	1

Фиг. 5. Радиално разпределение на микроелементите в почвен профил № 1
Fig. 5. Radial distribution of microelements in the soil profile 1

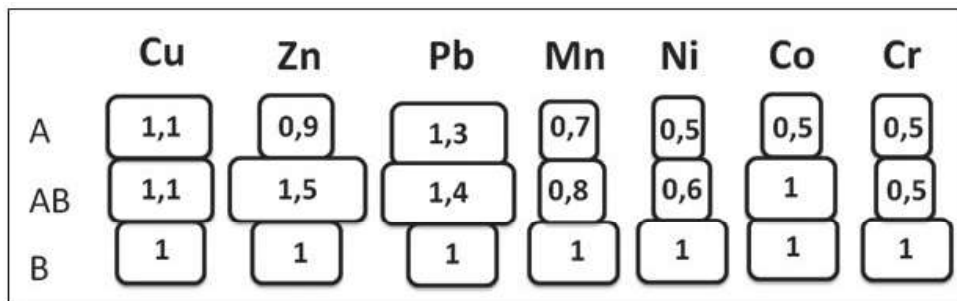
Коефициентът на радиална диференциация е изчислен за химичните елементи и в почвен профил (№ 2) на кафява горска почва в транселувиален геохимичен ландшафт с габърова гора – югоизточно от с. Салаш и западно от вр. Върляк (фиг. 6). На дълбочина от 40 cm са описани три хоризонта $A_{\text{хим}}$ (0–5 cm), B_1 (5–30 cm) и B_2 (30–40 cm), като почвената реакция в B_1 и B_2 е средно кисела, а в А хоризонт – слабо кисела. Елементите Zn, Pb и Mn образуват радиална геохимична бариера в А хоризонт, като при Zn тя е контрастна. При Cu също се образува геохимична бариера в А хоризонт, но той се натрупва и в хоризонт B_1 . Слабата миграция на Cu и увеличаването му към повърхностните хоризонти е свързано с биоаккумуляцията му (Kabata-Pendias 2011). Ni и Cr се натрупват в хоризонт B_1 , При Ni се наблюдава силно изнасяне от А хори-

зонт, което вероятно е свързано с намаляване на почвената киселина реакция. Обикновено подвижността на Ni е обратно свързана с рН на почвата (Kabata-Pendias 2011). Радиалната диференциация на Co е слаба.



Фиг. 6. Радиално разпределение на микроелементите в почвен профил № 2
Fig. 6. Radial distribution of microelements in soils profile 2

Третият почвен профил е направен на транселувиален геохимичен ландшафт с монодоминантна букова гора на ляв склон на р. Голяма (Стакевска) (фиг. 7). На дълбочина от 40 cm са описани три хоризонта A_{чим} (0–5 cm), АВ (5–15 cm) и В (15 – 40 cm), като и трите хоризонта са със силно кисела реакция. Елементите Mn, Ni, Co и Cr в хоризонтите А и АВ са с $R < 1$ (Co (АВ хоризонт), $R = 1$), което означава, че въпросните елементи се изнасят от тези хоризонти и най-голямото им съдържание е в В хоризонт. За Cu е точно обратното – тя се акумулира в А и АВ хоризонт, но слабо ($R = 1,1$). Zn и Pb се натрупват в хоризонт АВ и образуват радиална геохимична бариера като при Zn тя е контрастна.



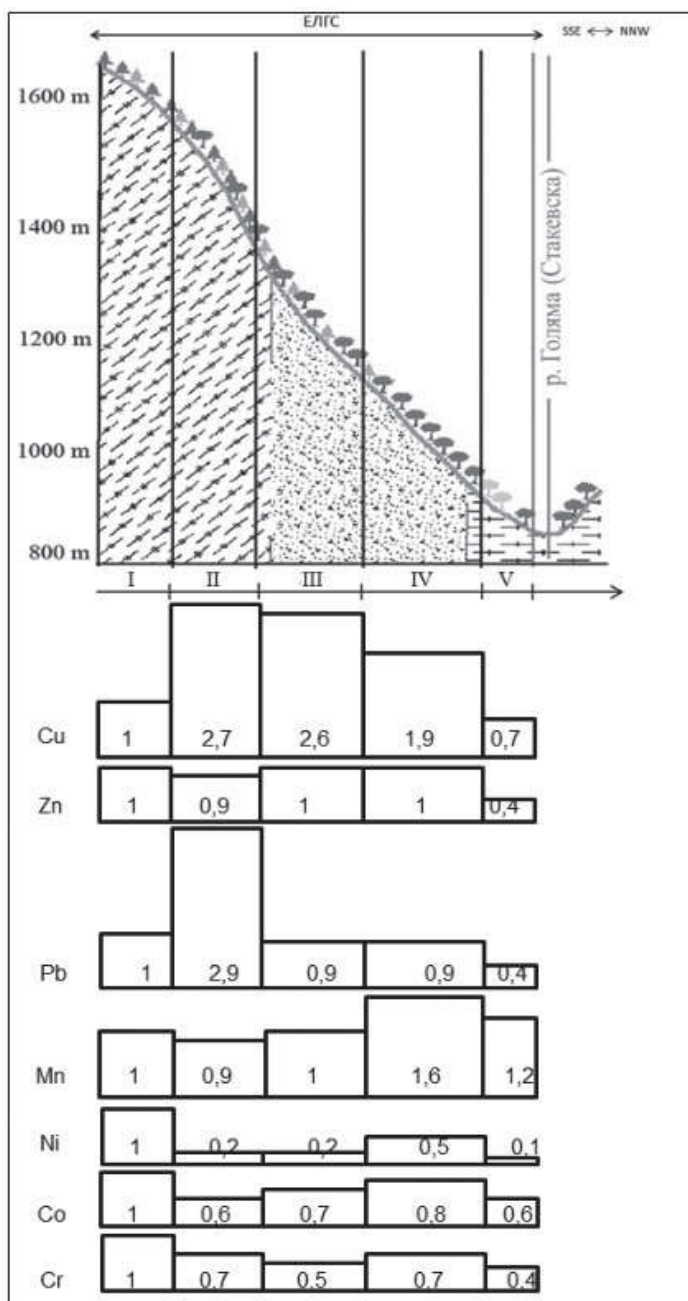
Фиг. 7. Радиално разпределение на микроелементите в почвен профил № 3
Fig. 7. Radial distribution of microelements in the soil profile 3

За установяване на латералната миграция на тежките метали в изследваната територия е избран характерен почвено-геохимичен катен. Изследваният катен е разположен по северен склон на Светиниколска планина към най-високата ѝ част. Той се състои от пет ландшафтни точки с денивелация 700 m,

при които се проследява миграцията на тежките метали по склона. Ландшафт I представлява автономен елувиален геохимичен ландшафт. Той е разположен на билото – източно от вр. Орлов камък. Почвата е примитивна (тъмноцветна) със силно кисела реакция, развита под 100–120-годишна смърчова гора. Останалите ландшафти (II, III, IV, V), разположени по склона, са подчинени транселувиални. Ландшафт II е развит върху смърчова гора, III – смесена от смърч, ела и бук, IV – монодоминантна букова гора, а V – брезова гора. Почвената реакция във всичките ландшафтни точки е силно кисела. Изчисленият коефициент на латерална диференциация за всеки химичен елемент поотделно е представен във вид на диаграма (фиг. 8).

Използваният начин за представяне на получените резултати позволява разкриването на склоновата миграция на всеки отделно изследван елемент, както и намирането на латерални геохимични бариери и възможни асоциации от елементи, концентриращи се на тях. В ландшафт II най-силно е изразена миграцията на Cu и Pb – там се образуват латерални геохимични бариери на тези елементи. При Pb е добре изразена, като миграцията му в останалите ландшафти е много по-слаба, докато Cu е с висока миграционна способност и в останалите ландшафти, освен в последния – V. Миграцията на Zn по катена е почти без колебания, по-ниска е само в ландшафт II. Mn образува геохимична бариера в IV ландшафт. В смърчови, борови и брезови гори процесите на изнасяне на Mn от почвения профил са по-интензивни (Kabata-Pendias 2011). С това се обяснява и натрупването му в IV ландшафт, който е с монодоминантна букова гора. Микроелентите Ni, Co, Cr имат много малка миграционна способност в подчинените ландшафти. Образуват се латерални геохимични бариери в IV ландшафт и при трите елемента. Ландшафт V се отличава с най-малка миграционна способност на всички елементи (освен Mn) като коефициентът L е с много малка стойност.

Нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите са определени въз основа на оценката на риска за околната среда и човешкото здраве в две нива: предохранителни концентрации, максимално допустими концентрации (МДК) (Наредба № 3, 2008).



Фиг. 8. Латерална диференциация на микроелементите в катен от Светиниколска планина
 Fig. 8. Lateral differentiation of microelements in a catena in the Svetinikolska Mountain

Таблица 4

Table 4

Норми за предохранителни и максимално допустими концентрации за тежки метали и металоиди в почвите, Наредба № 3 от 01.08.2008 г. за нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите

Normatively regulated concentrations of heavy metals and metalloids in the soils. Regulation 3 issued on 1 August 2008 and determining the allowed content of toxic substances in the soils

Концентрации	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr
Предохранителни концентрации в глинесто-песъчливи и песъчливи почви	50	110	40	60	30	90
Предохранителни концентрации в песъчливо-глинести почви	60	160	45	65	35	110
Предохранителни концентрации в глинести почви	70	180	50	70	40	130
Максимално допустими концентрации в почвите, постоянни тревни площи, рН < 6;	80	220	90	70	*	250
Максимално допустими концентрации в почвите, постоянни тревни площи, рН = 6–7,4	140	390	130	80	*	250

Заб.: * няма нормативна стойност.

Всяка изследвана проба от разглежданата територия е сравнена с максимално допустимите и предохранителните концентрации на тежките метали (табл. 4). По-високи стойности спрямо МДК са отчетени в 5 точки на пробовземанията. В четири от тях с превишение е Ni, а в една – Pb. В проби № 9 и 10 (хоризонти В₁ и В₂) от почвен профил на кафява горска почва на склон, югоизточно от с. Салаш, Ni е с по-високи стойности съответно 1,5 и 1,8 пъти спрямо МДК, а в проба № 17 – алувиална почва на десен бряг на р. Станци, превишението е малко. По-високи стойности на Ni са отчетени и в две от пробите по катена на р. Голяма (Стакевска) – в проба № 24 – 1,9 пъти, а в проба № 27, която е взета от билото на Светиниколска планина, е с голямо превишение – 4,1 пъти. В проба № 26, която е от същия катен, е отчетено превишение на Pb – 2 пъти спрямо МДК. В останалите три проби от катена Pb е с по-високи стойности от предохранителния праг. Други елементи с превишение от предохранителния праг са Cu и Cr. Cr е с по-високи стойности в проба № 27 (от билото на Светиниколска планина), а Cu е с леки превишения в проби № 25 и 26. Предвид местоположението на пробите, в които са отчетени високите концентрации, може да се направи извод, че те са резултат на местните литогеохимични особености.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвите в изследваната територия се отличават с по-голяма концентрация на Pb, Zn, Ni, Cu и Co спрямо тези в света и Европа. Единствено Mn и Cr са с по-ниско съдържание. Същите са и сравненията с фона на България. По-голямо сходство при разпределението на тежките метали има при сравнението на Светиниколска планина с други територии от Западна Стара планина – като се отличава с по-голямата концентрация на Cu от другите територии. С по-голямо съдържание на Ni се отличават кафявите горски почви на изследваната територия от тези почви в България.

При направените анализи на радиална диференциация на почвите се забелязва слабата подвижност на микроелементите. При латералната диференциация на тежките метали в изследвания катен от територията се забелязва по-скоро разсейване на елементите, отколкото акумулация по склона, с образуване на латерална геохимична бариера в първия транселувиален ландшафт (№ II от фиг. 8) на Cu и Pb и разсейване на всички елементи (освен Mn) в последния транселувиален ландшафт (№ V от фиг. 8).

ЛИТЕРАТУРА

- Виноградов, А. П. 1956. Геохимия редких и рассеяных химических элементов в почвах. Изд. АН. М.
- Виноградов, А. П. 1962. Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия. М.
- Куйкин, С., И. Атанасов, Ю. Христова, Д. Христов. 2001. Фонові съдържания на тежки метали и арсен в почвообразуващите скали в България. – *Почвознание, агрохимия и екология*, год. xxx VI, No 1.
- Мирчев, С. 1971. Химичен състав на почвите в България. Изд. АИ. С.
- Наредба № 3 от 1 август 2008 г. за нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите. – Обн. ДВ. бр. 71 от 12 август 2008.
- Пенин, Р. 2003. Геохимията на ландшафтите – приоритетно научно направление при разкриване и решаване на екологични проблеми. – В: 30 години Катедра „Ландшафтознание и опазване на природната среда – юбилеен сборник с научни статии.
- Пенин, Р. 1997. Ръководство по геохимия на ландшафтите. Ун. Изд. „Св. Климент Охридски“, София.
- Пенин, Р., З. Чолакова. 2012. Почвено-геохимични проучвания в планините Берковска и Козница (Западна Стара планина). *Год. на СУ, ГГФ*, Кн. 2 – География, Том 104, 123–138.
- Райков, Л. и др. 1984. Проблеми на замърсяването на почвата. Земиздат. С.
- Чолакова, З., Д. Аветисян. 2016. Ландшафтно-геохимични особености в басейна на река Лом в Западна Стара планина и Западен Предбалкан. – *Год. на СУ, ГГФ*, Кн. 2 – География, Том 106, 191–216.

- Kabata-Pendias, A. 2011. Trace Elements in Soils and Plants. Fourth ed., CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Kirkham, M. B. 2008. Overview on the Chemical Structure of the Soils of the World. N. Y., US, N.
- Salminen, R. (ed.). 2005. Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and Maps. Espoo, Geological Survey of Finland.

SUMMARY
A GEOCHEMICAL STUDY OF SOILS IN THE LANDSCAPES
IN THE SVETINIKOLSKA MOUNTAIN

The conducted research studies the content of seven chemical elements (heavy metals) within the soils of the landscapes in the Svetinikolska Mountain, Northwestern Bulgaria. Examination of these microelements is generally prioritized in the context of environmental protection. Their concentration in particular natural components such as soil, plants, etc. is an object of various international studies. The current research focuses on some soil types, representative for the mountain. The analysis and the interpretation of the obtained geochemical data reveal an association of heavy metals that are accumulated in the soil profiles of the researched landscapes.

Soils of the researched area accumulate higher concentrations of Pb, Zn, Ni, Cu and Co in comparison to Europe. Only Mn and Cr are dispersed with lower concentrations. Similar is the comparison to Bulgaria. A geochemical correlation exists between the landscapes of the Svetinikolska Mountain and the neighboring mountains in the West Stara Planina Range. Some landscapes in the examined mountain accumulate Cu in their soil profiles. The Cambisols of the mountains are rich in Ni.

The interpretation of the radial differentiation of heavy metals in the examined soil profiles shows low mobility of microelements through the horizons. Constant radial geochemical barriers are not observed. The lateral differentiation of heavy metals in the examined catena indicates dispersion of elements.

The studied territory could be considered as a natural background territory due to the absence of direct technogeochemical impact. The conducted study and the obtained results are part of a wider biogeochemical research of the same authors in West Bulgaria. The provided data could be used in more detailed future studies of the geochemical peculiarities of the landscapes in the Svetinikolska Mountain (Western Stara Planina) as well as in any other mountain with similar features. Such kind of studies are fundamental for facilitating regional monitoring of the environment.