

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“  
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ  
Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ  
Том 109

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”  
FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY  
Book 2 – GEOGRAPHY  
Volume 109

---

## ЕКОГЕОХИМИЧНИ ПРОУЧВАНИЯ НА ЛАНДШАФТИТЕ В ПЛАНИНАТА ОГРАЖДЕН (ЮГОЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ)

РУМЕН ПЕНИН<sup>1</sup>, ДИМИТЪР ЖЕЛЕВ<sup>1</sup>, ТАНЯ СТОИЛКОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Катедра Ландшафтознание и опазване на природната среда*

<sup>2</sup> *Катедра Минералогия, петрология и полезни изкопаеми*

e-mail: rpenin@abv.bg; dimitar.zhelev@gmail.com; tstoilkova@gea.uni-sofia.bg

*Румен Пенин, Димитър Желев, Таня Стоилкова. ЕКОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГОРА ОГРАЖДЕН (ЮГОЗАПАДНАЯ БОЛГАРИЯ)*

На базе собственных теренных и лабораторных исследований сделана интерпретация полученные геохимические анализы ряд микроэлементов (Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Ni, Cr). Сделана характеристика пространственное распределение тяжелых металлов в почвах и донных отложениях и сравнение с других исследований в Болгарии и других странах. Изготовленные геохимические спектры микроэлементов и установлены ассоциацией элементов накапливающихся и рассеющихся в почвах и донные отложений районов исследований в еще двух горах – Малешевска и Влахина. Полученные результатов и анализов можно использовать в организации региональный экологический мониторинг, и в частности тяжелых металлов, в гора Огражден – Югозападная Болгария.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, почвенно-геохимические исследования, почвенные горизонты, ассоциация микроэлементов, донные отложения, экологический мониторинг.

*Rumen Penin, Dimitar Zhelev, Tanya Stoilkova. ECOGEOCHEMICAL RESEARCH OF THE OGRAZH DEN MOUNTAIN (SOUTHWEST BULGARIA)*

On the basis of own field works and laboratory research, the interpretation of geochemical analysis of some microelements (Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Ni, Cr) has been made. A characteristic of differentiation of the heavy metals in soils and river (bottom) sediments and a comparison with other similar investigations in Bulgaria and other countries

have been made. Geochemical spectrums of the microelements have been made and the association of the accumulating and dispersing elements in the soils and bottom sediments of the investigation areas in more two mountains have been identified - Maleshevska and Vlahina. The results and the analysis might be used in many aspects of regional environmental monitoring, and in the monitoring of the heavy metals' concentration in the landscapes of the Ograzhden Mountain (South West Bulgaria).

*Key words:* heavy metals, geochemical investigation of soils, soil horizons, association of elements, river (bottom) sediments, environmental monitoring.

Огражден е една от граничните планини, разположени по политическата граница между Република България и БЮР Македония. Най-високият връх на планината е Огражденец (1748 m), разположен в македонския дял. На българска територия най-високи са върховете Билска чука (1644 m) и Маркови кладенци (1523 m). Планината е част от Осоговско-Беласишката планинска редица. Скалният състав на планината е доминиран от интрузивни скали (гранити) и метаморфни скали (шисти). Климатът е континентално-средиземноморски, По-големи реки в планината са Лебница и Мендовска река. Почвите са ерозирали канелени горски почви. Типичната растителност е представена от дъбове, чинари, кестени и тревно-храстови съобщества. Силно е антропогенното въздействие спрямо природата на планината в исторически аспект. На територията на планината има една единствена защитена територия – ЗМ „Четиринайсетте чинара“. Последните десетилетия на обезлюдяване на планинската територия предопределят началото на цялостен процес за самовъзстановяване на природните комплекси, което, от своя страна, обяснява интереса към структурата и функционирането на ландшафтите там.

## ТЕОРЕТИЧНИ И МЕТОДОЛОГИЧНИ ОСНОВИ НА ПРОУЧВАНЕТО

Геохимията на ландшафтите е сравнително ново научно направление, пряко свързано с редица актуални проблеми – геоекологични изследвания, откриване на полезни изкопаеми, определяне на геохимични норми и критерии при различни стопански дейности и др. Именно геохимията на ландшафтите осигурява цялостното геохимично изучаване на природните системи.

Геохимичната парадигма се основава на използването на химико-аналитични методи при проследяване на веществения обмен в ландшафтната сфера. Методологичната база на това научно направление е системният подход. Основите му са във вид на взаимосвързан анализ на химичния състав на компонентите на ландшафта и връзките между самите ландшафти. Те са положени от Б. Полинов и неговите последователи (А. И. Перельман, М. А. Глазовская, Н. С. Касимов и др.). Установяването на типовете геохимични миграции в хоризонтално и вертикално направление е изключително важно за разкриване на геохимичната картина на антропогенното въздействие върху природната среда (Перельман, 1975; Пенин, 1989, 1997). Системният подход позволява да се проследи миграцията, диференциацията и акумулацията на химичните елементи във фонови и в силно антропогенизирани ландшафти (Пенин, 1997).

В геохимията на ландшафтите се използват разнообразни показатели за определяне на връзките и съотношенията между наличието на разнообразни химични елементи в природните обекти.

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“ ( $KK$ ). То представлява отношението между съдържанието на даден елемент в определен природен обект (почвен хоризонт, изветрителна кора, растителност, повърхностни води и др.) –  $C_i$  и кларка на същия елемент в литосферата –  $K$ :

$$KK = \frac{C_i}{K} > 1.$$

Тази величина е винаги по-голяма от 0 и ако  $KK = 1$ , то съдържанието на елемента в обекта е равно на съдържанието му в литосферата. Когато  $C_i$  е с ниски стойности, се използва показателят „кларк на разсейване“ ( $KP$ ). Той показва колко пъти кларкът превишава съдържанието на елемента в изследвания обект:

$$KP = \frac{K}{C_i} > 1.$$

В ландшафтно-геохимичните изследвания 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  $KK$  и  $KP$  са използвани при изготвянето на интерпретацията и анализа на геохимичните спектри на почвите и дънните отложения, взети при теренната работа в планината Огражден.

Проблемите, свързани с организацията и функционирането на мониторинга на околната среда, са сред приоритетните в съвременната екологична политика. Ето защо от особено важно значение е разкриването на геохимичната картина както във фонови, относително слабо нарушени в антропогенно отношение територии, така и в територии със съществени антропогенни нарушения.

За постигане на поставената цел за ландшафтно-геохимични проучвания на планината Огражден бе проведено теренно изследване (лято на 2015 г.), с опробване на два от най-информативните компоненти на ландшафтите – почвите и дънните отложения (наслаги, утайки). Събрани са представителни образци за лабораторен анализ в различни ландшафти от местни реки: Лебница, Струмешница и др. (табл. 3). Обект на изследване са подбрана асоциация от микроелементи (Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Cr, Mn). Събирането на пробите е в представителни в ландшафтно-геохимично отношение ландшафти – елувиални, транселувиални и супераквални. Опробван е информативният А-хоризонт, който е акумулатор на основните почвообразуващи процеси. Настоящата статия е логично продължение на нашите проучвания във Влахина планина и в Малешевска планина (2012–2013 г.). Това позволява да се направят сравнения с получените резултати за съдържанията на същите микроелементи в почвите и в дънните отложения на тези планини.

За интерпретацията на получените резултати трябва да се има предвид механичния състав на отложенията. Той се формира преди всичко от състава на скалите, денудационните процеси и особеностите на почвите. В разглеждания район преобладава пясъчливата фракция, но участието на фините глинести частици също е съществено, а именно в тях се концентрират повечето от проучваните микроелементи.

Пробите са изсушени, квартовани, стрити в порцеланов хаван и пресети през сита, с размер 63  $\mu\text{m}$  (за анализ на микроелементия им състав) и 2 mm (за анализ на pH). Химичните анализи на почвените проби са извършени в Лабораторията по геохимия на ГГФ на СУ след изгаряне при 500 °C и пълно последователно разтваряне със смес от киселините  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HF}$  и  $\text{HCl}$ . Съдържанията на тежки метали в получените разтвори са анализирани по метода на атомно-абсорбционната спектрометрия на апарат Perkin-Elmer 3030. Стойностите на pH на почвените проби са определени във воден разтвор, при съотношение почва:вода 1:2,5 след престой 18 часа.

#### РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ НА ПОЧВЕНО-ГЕОХИМИЧНИТЕ ПРОУЧВАНИЯ

Описанието на взетите проби и получените лабораторни анализи за съдържанието на тежки метали в почвената покривка на проучената територия е представено в табл. 1. В табл. 2. са представени средните съдържания на проучените микроелементи за различни природни обекти, които позволяват да се направят сравнения между тях и да се разкрие степента на концентрация или разсейване на тежките метали в конкретния проучен обект.

На основата на данните от таблиците са построени няколко ландшафтно-геохимични спектри, позволяващи да се разкрият асоциациите от концентриращи се и разсейващи се микроелементи в почвите на проучените територии от планината Огражден.

На фиг. 1 е представен геохимичен спектър, позволяващ да се направи сравнение в съдържанията на микроелементите в почвите на света, в Европа и почвите на планината Огражден. От него ясно личи повишената концентрация в почвите на планината на Pb и Zn, като се наблюдава добра корелация в това отношение с почвите на Европа. В сравнение с почвената покривка на света и Европа се отбелязват по-големи стойности на разсейване на Co ( $KP = 2,9$ ), Mn ( $KP = 2,7$ ) и Cr ( $KP = 2,3$ ). Повишените съдържания на олово и цинк по всяка вероятност са свързани с местните литогеохимични особености на преобладаващите метаморфни скални формации. За подобен извод дават основание и получените от нас резултати от изследванията на почвената покривка в района, направени в края на 80-те години на XX в., във връзка с дисертационния труд, изследващ ландшафтно-геохимичните особености на природните комплекси, и в частност – почвите от басейна на р. Струма. Микроелементите олово и цинк превишават 1,5 до 3 пъти съдържанията на същите микроелементи в почвите на проучените райони с метаморфни почвообразуващи скали (Пенин, 1989). В изследваните почви на планината Огражден оловото е 4 пъти (над 40,8 mg/kg) повече в сравнение с почвите на света (10 mg/kg). Цинкът е 2 пъти (103 mg/kg) повече в сравнение с почвите на света (50 mg/kg). Концентрациите на двата елемента в почвите на Европа са със сравнително междинни стойности: Pb – 32,6 mg/kg и Zn – 68,1 mg/kg. Трите сравняеми обекта имат най-близки концентрации на микроелементите никел и мед (фиг. 1).

Таблица 1  
Table 1

Почвени проби в планината Огражден (0–5 cm, A хоризонт, mg/kg)  
Soil Samples collected in the Ograzhden Mountain (0–5 cm, A horizon, mg/kg)

Проба	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	pH	Място на пробосъбиране
1	42,74	70,66	34,89	377,70	27,91	5,23	41,87	5,4	до с. Долене върху метаморфити, кафяви горски почви
2	28,91	223,55	12,53	410,48	39,51	4,82	74,20	6,29	при с. Богородица, ранкер
7	15,11	199,11	34,67	251,56	49,78	0,89	29,33	6,19	гора корков дъб, Кавракирово, канелена горска почва
9	7,81	40,05	25,40	690,56	3,91	0,00	5,86	6,3	при „ранчото“ край с. Яково, груз и ранкер
10	19,69	45,60	34,20	312,95	39,38	5,18	37,31	6,28	Канелена горска почва върху шисти, между селата Боровичане и Струмица
11	18,34	189,23	45,38	347,56	24,14	4,83	39,58	5,86	в. Маркови кладенци, планинско-ливадна почва
14	21,78	222,79	32,68	486,19	58,42	12,87	44,56	6,84	между селата Рибник и Лебница, след кариерата при дигата на р. Струма, делувиална канелена почва
22	14,53	46,50	38,75	351,68	22,28	15,50	31,97	6,65	в канелена ЗМ „14-те чинара“, алувиална почва
31	8,02	23,05	61,12	103,21	77,15	4,01	10,02	4,91	с. Право бърдо, кафява горска почва
32	12,80	29,86	50,13	311,43	76,79	8,53	21,33	5,88	в благунова гора преди с. Чуричене, канелена горска почва
33	31,81	154,94	42,07	478,14	25,65	18,47	63,62	7,04	между селата Гега и Боровичане, канелена горска почва
36	13,00	41,16	46,57	314,09	7,58	1,08	17,33	6,15	гора от бял бор, бреза и кестен, канелена горска почва
38	23,85	52,48	72,52	382,63	129,77	0,95	51,53	5,02	в. Маркови кладенци, планинско-ливадна почва

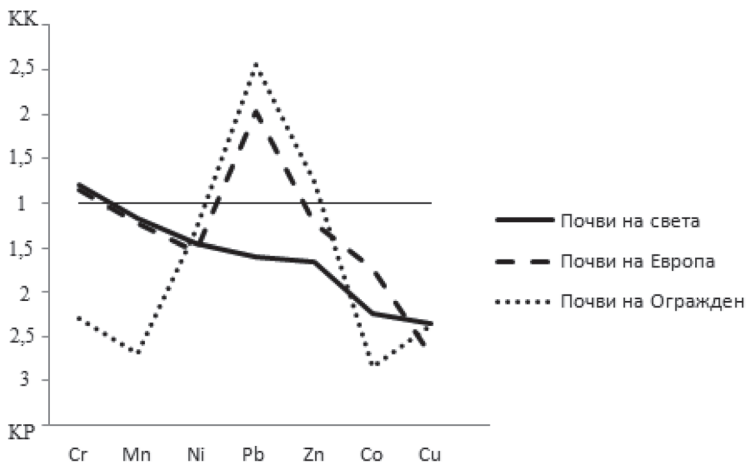
За разкриването на регионалните особености в преразпределението на микроелементите в почвите е изготвен геохимичен спектър на тежките метали в почвите на страната както като общо съдържание на почвите, така и концентрации във фоновете, относително ненарушени ландшафти, от една страна, и концентрациите в почвите на планината Огражден, от друга (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 фоновете територии, съответно с по-ниски стойности на *KK* и *KP* за всички микроелементи. В графично отношение в почвите на Огражден ясно личат повишените концентрации на асоциация от три

Таблица 2  
Table 2

Средни съдържания на микроелементи в изследвани природни обекти (mg/kg)  
Average concentration of microelements in the investigated natural objects (mg/kg)

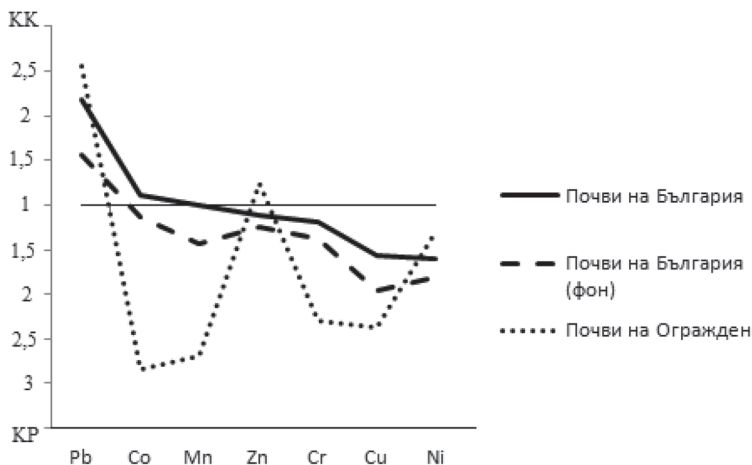
Обект	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Литосфера <sup>1</sup>	47,00	83,00	16,00	1000,00	58,00	18,00	83,00
Почви на света <sup>1</sup>	20,00	50,00	10,00	850,00	40,00	8,00	100,00
Почви на Европа <sup>2</sup>	17,30	68,10	32,60	810,00	37,30	10,40	94,80
Почви на България <sup>3</sup>	30,00	75,00	35,00	1000,00	36,00	20,00	70,00
Почви на България (фон) <sup>4</sup>	24,00	67,00	25,00	695,00	32,00	16,00	60,00
Почви на Огражден планина <sup>5</sup>	19,88	103,00	40,84	370,63	44,79	6,34	36,04
Почви на Малешевска планина <sup>5</sup>	26,95	94,45	25,87	304,08	31,98	9,34	37,25
Почви на Влахина планина <sup>5</sup>	12,32	350,11	21,36	687,87	122,79	41,31	73,92
Дънни отложения на Европа <sup>2</sup>	22,10	120,00	38,60	1120,00	35,20	11,20	92,80
Дънни отложения на България <sup>6</sup>	45,00	94,00	25,00	777,00	28,00	17,00	64,00
Дънни отложения на Огражден <sup>5</sup>	15,42	67,53	33,59	294,15	23,95	7,64	37,80
Дънни отложения на Малешевска планина <sup>5</sup>	17,66	83,00	19,39	285,74	16,52	9,72	31,46
Дънни отложения на Влахина планина <sup>5</sup>	27,66	123,17	29,51	603,70	18,83	16,18	64,50

<sup>1</sup>Виноградов, 1962; <sup>2</sup>Salminen, 2005; <sup>3</sup>Мирчев, 1971; <sup>4</sup>Пенин, 2003; <sup>5</sup>Собствени фондови материали; <sup>6</sup>Пенин, 2003.



Фиг. 1. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите на света, Европа и планината Огражден

Fig. 1. Geochemical spectrum of microelements in the soils in the world, Europe, and Ograzhden Mountain



Фиг. 2. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите на България, България (фон) и почвите на планината Огражден (mg/kg)

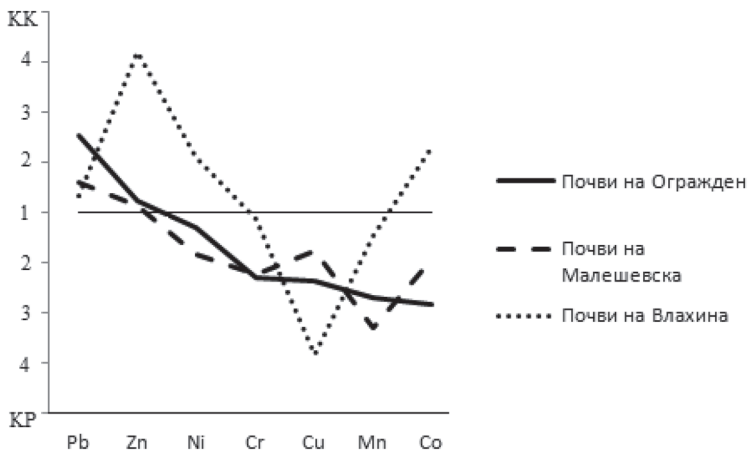
Fig. 2. Geochemical spectrum of microelements in the soils of Bulgaria, Bulgaria (background), and Ograzhdhen Mountain (mg/kg)

микроелемента: Pb, Zn и Ni. От друга страна, ясно личи асоциация от 4 микроелемента с понижени концентрации спрямо почвите на страната: Co, Mn, Cu и Cr. По принцип оловото се наследява в почвите от почвообразуващите скали и тяхната изветрителна кора, като то преминава в различни трудно- и по-лекоподвижни форми (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Съдържанието на този елемент в повърхностните хоризонти на почвите се колебае в големи граници, като във фонови райони то директно корелира с почвообразуващата скала. В райони със силно техногенно въздействие е трудно да се установи връзката с естествения фон на микроелемента и увеличаването на концентрациите му в резултат на антропогенното въздействие. В проучения район неговото общо съдържание е в относително невисоки стойности – 40 mg/kg, докато в почвите на страната то е 35 mg/kg. Ето защо може да се счита, че този елемент е в концентрации, близки до тези на страната и превишаващи в известна степен фоновите стойности на България (25 mg/kg). Подобна е геохимичната картина и с цинка, чиито средни съдържания за страната са 75 mg/kg, а в почвите на планината достигат 103 mg/kg. Понижените концентрации на Co ( $KP = 2,8$ ) и Mn ( $KP = 2,6$ ) са свързани по всяка вероятност, от една страна, със съдържанието им в почвообразуващата скала, а, от друга, с формите на тези микроелементи, които са трудноподвижни и са с малка концентрация в почвената покривка на планината. В много голяма степен подвижността на мангана и усвояването му от растенията, извличащи го активно, се дължи на възможността на този елемент да бъде свързан с органичното комплексобразуване (Hodgson J. F., Geering J. W. B., Norvell W. A., 1966). Съдържанията на мангана в почвите и неговите подвижни форми в голяма степен зависят от pH и Eh на почвите. Това се отнася и за

хрома и медта, които са в понижени съдържания в почвите на проучената територия, но по-близки до фоновите за страната (Пенин, 2003).

Интересен момент в изследването е сравнението на съдържанието на микроелементи в почвите на три от планините на Осогово-Беласишката планинска редица: Влахина, Малешевска и Огражден (фиг. 3). Подобен тип сравнения позволява да се разкрият регионалните геохимически особености на ландшафтите и да се направят съответните изводи за характера на съответните територии – фонове или повлияни в известна степен от техногенното въздействие в резултат на антропогенната дейност. Тези сравнения са част от дългогодишните ни проучвания на концентрациите и пространственото разпределение на микроелементите в почвената покривка на страната.

На фиг. 3 личат повишените концентрации на микроелементите в почвите на Влахина планина, особено на асоциацията Zn, Co, Ni, Cr и Mn. Единствено медта е с по-ниски съдържания в почвите на тази планина и донякъде оловото. Видимо геохимичните особености зависят в голяма степен от литогеохимията на планината, като се има предвид, че изследванията ни обхващат както северните, така и по-южни територии от планината, то по всяка вероятност този спектър показва концентрациите на микроелементите на почвите в цялата част на българската територия от тази гранична планина. Ще обърнем внимание на Co и Ni, които определено се концентрират в почвите на планината. В геохимическите цикли кобалта и донякъде никела са пряко свързани с желязото и мангана. В процеса на изветрянето на скалите, а в случая гнайси, слюдени шисти, амфиболити и др. метаморфни скали, както и палеогенски седименти, кобалтът и в известна степен никелът са в повишени количества и играят важна роля в преразпределението на микроелементния състав в почвите на планината. При извет-



Фиг. 3. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите на Малешевска планина, Влахина планина и почвите на планината Огражден (mg/kg)

Fig. 3. Geochemical spectrum of microelements in the soils of Maleshevska Mountain, Vlahina Mountain, and Ograzhden Mountain (mg/kg)



рянето в относително кисела среда, каквато се наблюдава в почвите на планината, кобалтът и никелът стават относително подвижни, но поради активната сорбция от страна на оксидите на желязото и мангана, а също и поради наличието на глинести минерали, тези елементи мигрират по-слабо в подвижни форми и затова се натрупват в почвената покривка (McKenzie R. M, 1975). Част от проблемите на преразпределението на тежките метали в почвите на Влахина планина са разгледани в наша публикация (Тодоров и др., 2014).

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ НА СЪДЪРЖАНИЯТА НА МИКРОЕЛЕМЕНТИ В ДЪННИТЕ ОТЛОЖЕНИЯ НА ПРОУЧЕНАТА ТЕРИТОРИЯ

Екогеохимическата оценка на дадена територия може да бъде основана на анализа и специфичните особености на природните и техногенните потоци вещества в рамките на водосборни басейни от различен порядък. За постигане на оптимални резултати е необходимо комплексно изследване на аквалните ландшафти не само на главната река, но и на нейните притоци по цялата им дължина или в устията, на влиянието на локалните техногенни източници, както и ландшафтно-геохимично проучване на териториите на басейните.

Геохимичните характеристики на дънните отложения в реките позволява проучването на състоянието на ландшафтите както на локално, така и на регионално ниво (Глазовская, 1988; Касимов, Пенин, 1991, Пенин, 1994). Те са един от малкото индикатори, в които са събрани особеностите на миграция на веществата във водосборните басейни. Явяват се особено важен информативен обект, тъй като, от една страна, дават представа за местния литогеохимичен фон, а, от друга, практически при всички стопански дейности се образуват и изхвърлят в речните системи отпадъци, съдържащи комплекси от замърсители.

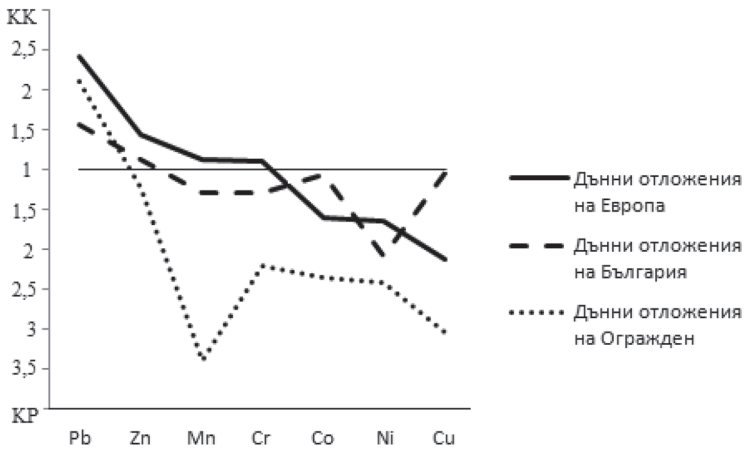
На базата на данните от табл. 2 и 3 са построени няколко ландшафтно-геохимични спектри, позволяващи да се разкрият асоциациите от концентриращи се и разсейващи се микроелементи в дънните отложения на проучените територии от планината Огражден. Този обект, като особено информативен, позволява да се установят начините на миграцията на микроелементите по воден път и да се разкрие пространствената картина на геохимичните особености на тежките метали.

Сравнителният анализ на концентрациите на микроелементи в дънните отложения на реките от различен порядък и райони позволява да се направят конкретни изводи за преразпределението им на различно ниво. На фиг. 4 са разкрити стойностите на  $KK$  и  $KP$  за микроелементите на три нива: в реките на Европа, в реките на страната и в реките в част от планината Огражден. От спектъра добре личат по-ниските концентрации на изследваните микроелементи за повечето от тях, с изключение на оловото. Но дори неговите стойности ( $KK = 2,2$ ) са близки до тези на концентрациите му в дънните отложения на Европа ( $KK = 2,4$ ) и малко по-високи в сравнение с тези на страната ( $KK = 1,5$ ). Подобни повишени концентрации в дънните отложения са отбелязани в наши изследвания на съседни реки, например оловото в дънните отложения на р. Струмешница е  $KK = 1,9$ , на р. Лебница е  $KK = 1,3$ , на р. Цапаревска е  $KK = 3,1$  (Пенин, 1989; Тодоров и др., 2014). Геохимичната картина на фиг. 4 разкрива явно

Таблица 3  
Table 3

Дънни отложения в планината Огражден (mg/kg)  
Bottom sediments in the Ograzhden Mountain (mg/kg)

Проба	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	pH	Място на пробосъбиране
3	19,48	57,40	15,38	398,73	33,83	5,13	47,15	6,59	р. Лебница при устие в р. Струма
25	14,57	40,63	24,53	377,98	17,63	13,80	59,04	7,06	край с. Долене
26	15,77	92,66	35,49	253,33	20,70	6,90	33,51	6,96	р. Мендовска, ЗМ „14-те чинара“
27	11,24	73,04	31,84	250,02	5,62	5,62	23,41	7,17	реката при с. Рибница
29	15,79	43,15	46,31	278,89	56,83	11,58	36,83	7,05	в букова гора, подножие на в. Маркови кладенци
34	19,44	122,06	37,81	155,54	19,44	7,56	33,48	5,84	гора от бял бор, бреза и кестен
41	11,68	43,80	43,80	344,56	13,63	2,92	31,15	4,19	р. Струмешница край с. Първомай

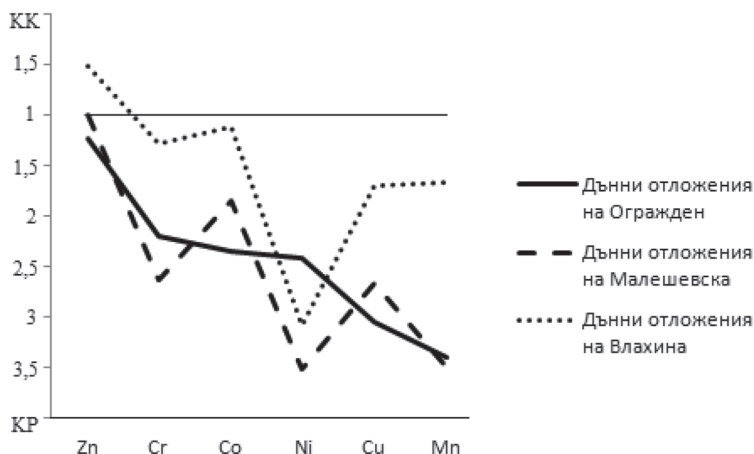


Фиг. 4. Геохимичен спектър на микроелементи в дънните отложения на Европа, България и на реки от планината Огражден (mg/kg)

Fig. 4. Geochemical spectrum of microelements in bottom sediments of Europe, Bulgaria, and Ograzhden Mountain (mg/kg)

фоновия характер на съдържанията на тежки метали в дънните отложения на изследваните реки в пределите на планината Огражден.

Анализът ни включваше и сравнение на регионално ниво, като за целта е изготвен геохимичен спектър (фиг. 5), на концентрациите на микроелементи в дънните



Фиг. 5. Геохимичен спектър на микроелементи в дънните отложения на Влахина планина, Малешевска планина и планината Огражден (mg/kg)

Fig. 5. Geochemical spectrum of microelements in the bottom sediments of Vlahina Mountain, Maleshevska Mountain, and Ograzhden Mountain (mg/kg)

отложения на реките в планината Огражден и в съседните планини Малешевска и Влахина. От него се вижда асоциация от микроелементи, които по-слабо се концентрират в дънните отложения на Огражден в сравнение с другите планини: Zn, Co, Cu. Единствено концентрациите на никел са относително по-високи в реките на Огражден. Подвижността на този елемент в голяма степен зависи от общото му съдържание в скалната основа и стойностите на рН в теченията на реките. При изветряне на скалите съдържащият се в тях никел сравнително лесно се освобождава и се свързва предимно с оксидите на желязото и мангана, и подобно на  $Mn^{2+}$  и  $Fe^{2+}$  двувалентният никел е стабилен във водни разтвори и е възможно да мигрира на по-големи разстояния в речните русла (Кабата – Пендиас, Пендиас, 1989). От спектъра личи, че дънните отложения в реките от трите планини също имат фонов характер и най-вероятният главен фактор, формиращ микроелементния им състав, е литогеохимията им. В тези планини от българската страна на границата липсват големи антропогенни и техногенни въздействия, което също е доказателство за фоновата същност на проучените аквални комплекси.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направеното екогеохимично проучване на част от Огражден планина позволи да се установят асоциации от натрупващи се и разсейващи се микроелементи в два от информативните компонента на ландшафтите – почви и дънни отложения. В цялост данните показват наличие на близки до фоновите стойности за почти всички микро-

елементи както в почвите, така и в дънните отложения. Ето защо по отношение на съдържанията на тежки метали в двата обекта може да се определи фоновият характер на ландшафтите в планината Огражден в нейната българска част. Получените резултати и направените анализи говорят за съпоставимост с други подобни проучвания у нас и в чужбина.

Трябва да се отбележи, че за разкриване на още по-ясна геохимична картина на изследваните компоненти е необходимо да се направят изследвания и на подвижните форми на тежките метали: сорбирани и органо-минерални. Получените резултати от проучването на планината Огражден могат да бъдат използвани за изграждане на мрежа на наблюдения за ефективен геоecологичен мониторинг с цел проследяване на състоянието на природните и антропогенизираните в определена степен ландшафти.

**Благодарности.** Научноизследователската работа по изследването бе осъществена благодарение на договор с УФ „Научни изследвания“.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Кабата-Пендиас, А., Х. Пендиас, 1989. Микроелементи в почвах и растениях. М., Мир.
- Пенин, Р. 1989. Ландшафтно-геохимическая оценка заповедных территорий Юго-Западной Болгарии. М., Канд. дис. Московски университет „М. В. Ломоносов“.
- Пенин, Р. 1997. Ръководство по геохимия на ландшафтите. С., УИ „Св. Климент Охридски“.
- Перельман, А. И. 1975. Геохимия ландшафта. М., Высшая школа.
- Тодоров, Н. и др. 2014. Особенности на съвременните ландшафти в южната част на Влахина планина. – *Год. на СУ, ГГФ, кн. 2 География*, 106.
- Hodgson, J. F., J. W. B. Geering, W. A. Norvell. 1966. Micronutrient caution complexes in soil solution. – *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 1, 29, 665.
- McKenzie, R. M. 1975. The mineralogy and chemistry of soil cobalt. – In: Trace elements in soil – plants – animal systems. New York, Academic Press.

*Постъпила май, 2016 г.*