

## Екогеохимични проучвания в Пловдивското поле

Таня Стоилкова<sup>1</sup>, Румен Пенин<sup>2</sup>, Илия Тамбураджиев<sup>2</sup>  
Софийски университет „Св. Климент Охридски”, бул. „Цар Освободител” 15

<sup>1</sup>Катедра Минералогия, петрология и полезни изкопаеми

e-mail: [tstoilkova@gea.uni-sofia.bg](mailto:tstoilkova@gea.uni-sofia.bg);

<sup>2</sup>Катедра Ландшафтознание и опазване на природната среда, e-mail: [rpenin@abv.bg](mailto:rpenin@abv.bg), [iliia1991@abv.bg](mailto:iliia1991@abv.bg)

**Абстракт:** В настоящия доклад са представени резултати от екогеохимично проучване на почвената покривка в южната част на Пловдивското поле и северното подножие на Родопите. Обхванат е участък от басейна на р. Марица, включително и част от басейните на нейните основни притоци Първенецка река и р. Чая, както в относително слабо нарушени ландшафти, така и в територии, подложени на силно техногеохимично въздействие. Проучени са концентрациите на микроелементи (Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Cr и Ni) в събрани почвени проби от полето и близките подножни райони на Родопите. Направен е опит да се установи радиалното преразпределение на тежките метали и причините за наличието на почвено-геохимични аномалии. Установен е почвено-геохимичният фон на базата на собствени теренни и лабораторни изследвания.

**Ключови думи:** екогеохимия, почви, тежки метали, ландшафти, техногеохимично въздействие, геохимичен спектър.

### Увод

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 други. Именно геохимията на ландшафтите осигурява цялостното геохимично изучаване на природните системи. Методологичната база на това 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.). Системният подход позволява да се проследи миграцията, диференциацията и акумулацията на химичните елементи във фонови и в силно антропогенизирани ландшафти (Касимов, 2013; Пенин, 1997 и др.).

В настоящата работа са представени резултати от екогеохимично проучване на почвената покривка в южната част на Пловдивското поле и северното подножие на Родопите. Обхванат е участък от басейна на р. Марица, включително и част от басейните на нейните основни притоци Първенецка река и р. Чая., както в относително слабо нарушени ландшафти, така и в територии, подложени на силно техногеохимично въздействие. Проучени са концентрациите на микроелементи (Cu, Zn, Pb, Mn, Co, Cr и Ni) в събрани почвени проби от полето и близките подножни райони на Родопите. Направен е опит да се установи радиалното преразпределение на тежките метали и причините за наличието на почвено-геохимични аномалии. Установен е почвено-геохимичният фон на базата на собствени теренни и лабораторни изследвания. Геохимичните анализи са направени в лабораториите на Геолого-географския факултет на Софийския университет през есента на 2015 г. Представените тук резултати са част и етап от екологогеохимичните проучвания на Пловдивското поле, обхващащи и други обекти на изследване, които ще позволят да се разкрие ландшафтно-геохимичната картина на проучвания район.

### Методи и теренно проучване

В геохимията на ландшафтите се използват разнообразни методологични подходи и показатели за определяне на връзките и съотношенията между химичните елементи в проучените природни обекти. Изучаването на веществен състав и разпространението на химичните елементи в различните сфери на Земята, както и в отделните им съставни части, е една от основните концепции в геохимията на ландшафтите. Миграцията на химичните елементи в ландшафтите се характеризира с цикличност и с определена обща насоченост, водеща до изменение на химичния състав и свойствата на ландшафта и преминаването му към друго, ново състояние.

За характеристиката на разпространението и преразпределението на химичните елементи се използват редица геохимични показатели. Съдържанието на химичните елементи в различните типове скали на земната кора обикновено се отличава от кларка в литосферата. В. И. Вернадски предлага тази разлика да се изрази количествено чрез понятието „кларк на концентрация” (КК). Той представлява отношението между съдържанието на даден елемент в определен природен обект (почвен хоризонт, растителност, повърхностни води) –  $C_i$  и кларка на същия елемент в литосферата –  $K$ .

$$КК = \frac{C_i}{K} > 1.$$

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” (КР). 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 (Авессаломова, 1987).

Много важна задача е разкриването на пространствената геохимична картина на концентрациите на замърсяващи микроелементи в техногенни райони, каквито има в изследваната от нас територия. Съвременното състояние на природните комплекси изисква повишено внимание към протичащите антропогенни процеси при изясняването на ландшафтно-геохимичните характеристики. Поради това в геохимията на ландшафтите логично се отделя самостоятелен подраздел геохимия на техногенните ландшафти. В него се характеризират някои основни понятия като техногенна миграция (техногенеза), техногенни геохимични аномалии, техногенни геохимични бариери, технофилност на химичните елементи и др (Глазовская, 1981).

При изучаване на влиянието на техногенезата върху природните ландшафти широко се използват понятията за геохимични аномалии и геохимичен фон. За оценка на степента на техногеохимично въздействие и разкриване на вида геохимична аномалия е необходимо (почти във всички случаи) да се знаят фоновите (относително ненарушени) параметри на изследваните елементи и вещества.

Събирането на пробите е осъществено след предварителна рекогносцировка и е съобразено със съответната методика. Всички проби са изсушени и пресяти през сита с размер 2 mm и 0,063 mm за получаване, съответно, на резултати за алкално-киселинните условия на почвената среда (pH) и химичния състав по отношение на изследваните микроелементи. Химичните анализи на пробите са извършени в Лабораторията по геохимия на ГГФ на СУ „Св. Климент Охридски” след изгаряне при 400°C и пълно последователно разтваряне със смес от киселините  $HClO_4$ ,  $HF$  и  $HCl$ . 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. Установено е общото съдържание на елементите: мед (Cu), цинк (Zn), олово (Pb), манган (Mn), никел (Ni), кобалт (Co) и хром (Cr), както и кадмий (Cd) в mg/kg; ppm.

### Анализ и интерпретация на получените резултати

Почвите са важен компонент на ландшафтите. От геохимична гледна точка те са фокус, който поема различни геохимични въздействие с един или друг произход. Изследването на замърсяването на почвите с тежки метали е основен приоритет при ландшафтно-геохимичните изследвания. Направени са теренни проучвания и са взети почвени проби от различни почвени хоризонти, като приоритет за настоящото изследване е разкриването на пространственото състояние на повърхностния А-хоризонт на почвите, във връзка с поставената задача за проучване на съдържанията на тежки метали в относително силно техногенно натоварен район. Общият брой на събраните почвени проби е 28. Пробосъбирането е направено в контролни (фонові) точки в района, чрез които се цели установяването на местния геохимичен фон.

Табл. 1. Съдържания на тежки метали в почвената покривка на изследвания район (mg/kg = ppm)

проба №	Местоположение и описание на пробите	почва	Дълбочина (cm)	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	Cd
5	Проба от А-хоризонт на почва, на 40 m южно от пътя Катунца-Ягодово, 300 m западно от моста на р. Чая.	алувиална	0-10	14	47	35	420	192	7	46	0
6	Проба от А-хоризонт на почва, 20 m западно от пътя Ягодово-Крумово, на 1 km от Ягодово.	алувиално-ливадна	0-15	26	438	73	399	50	7	31	11
7	Проба от А-хоризонт на почва, при разклона за Крумово, от главния път Пловдив-Асеновград.	алувиално-ливадна	0-15	41	247	147	514	108	13	94	3

8	Проба от А-хоризонт на почва, на 20 m южно от пътя Марково-борса „Първенец”, 200 m от пътя Пловдив-Първенец.	алувиално-делувиално-ливадна	0-20	60	85	36	489	244	19	171	0
9	Проба от А-хоризонт на почва, на 40 m западно от пътя Пловдив-Марково, 300 m северно от Марково, при чешмата.	делувиална	0-20	60	81	51	444	57	12	89	1
10	Проба от А-хоризонт на почва, на 20 m източно от пътя Пловдив-Марково, при северната ограда на Института за тютюна.	хумусно-карбонатна	0-20	61	224	46	463	173	14	117	2
11	Проба от А-хоризонт на почва, 80 m северно от Околовръстен път на Пловдив, до разклона за Марково.	алувиална	0-10	45	227	74	502	52	14	73	1
12	Проба от А-хоризонт на почва, 50 m източно от пътя за Белащица, в подножието, в северния край на селото.	делувиална	0-20	16	54	51	436	31	12	52	1
13	Проба от А-хоризонт на почва, 80 m западно от пътя за Белащица, 1 km северно от Белащица.	хумусно-карбонатна	0-20	78	82	45	603	145	19	105	1
14	Проба от А-хоризонт на почва, 20 m югозападно от пътя за Брестник, на 300 m от разклона за Браниполе.	делувиална	0-20	89	131	53	710	115	22	157	1
15	Проба от А-хоризонт на почва, 80 m източно от пътя Брестник-Куклен, на около 1 km от Брестник.	делувиална	0-20	32	84	65	534	82	18	123	1
16	Проба от А-хоризонт на почва, 10 m северно от пътя Куклен-КЦМ, непосредствено след края на Куклен.	делувиална	0-20	51	85	85	393	74	12	59	1
17	Проба от А-хоризонт на почва, на 10 m от югоизточната ограда на КЦМ, югозападна част.	алувиално-ливадна	0-15	14 35	102 3	5265	263 2	160	29	200	98
18	Проба от А-хоризонт на почва, на 50 m от югоизточната ограда на КЦМ, на 50 m от пътя Пловдив-Асеновград.	алувиално-ливадна	0-15	55 4	109 4	4873	837	143	25	189	95
19	Проба от А-хоризонт на почва, на 10 m от югозападната ограда на КЦМ, на 100 m от пътя Куклен-КЦМ.	алувиално-ливадна	0-15	13 7	950	836	699	126	22	174	29
20	Проба от А-хоризонт на почва, на 30 m от югозападната ограда на КЦМ, северозападна част.	алувиално-ливадна	0-15	87	919	428	629	80	16	150	15
21	Проба от А-хоризонт на почва,	алувиално-	0-15	42	103	777	722	123	24	186	28

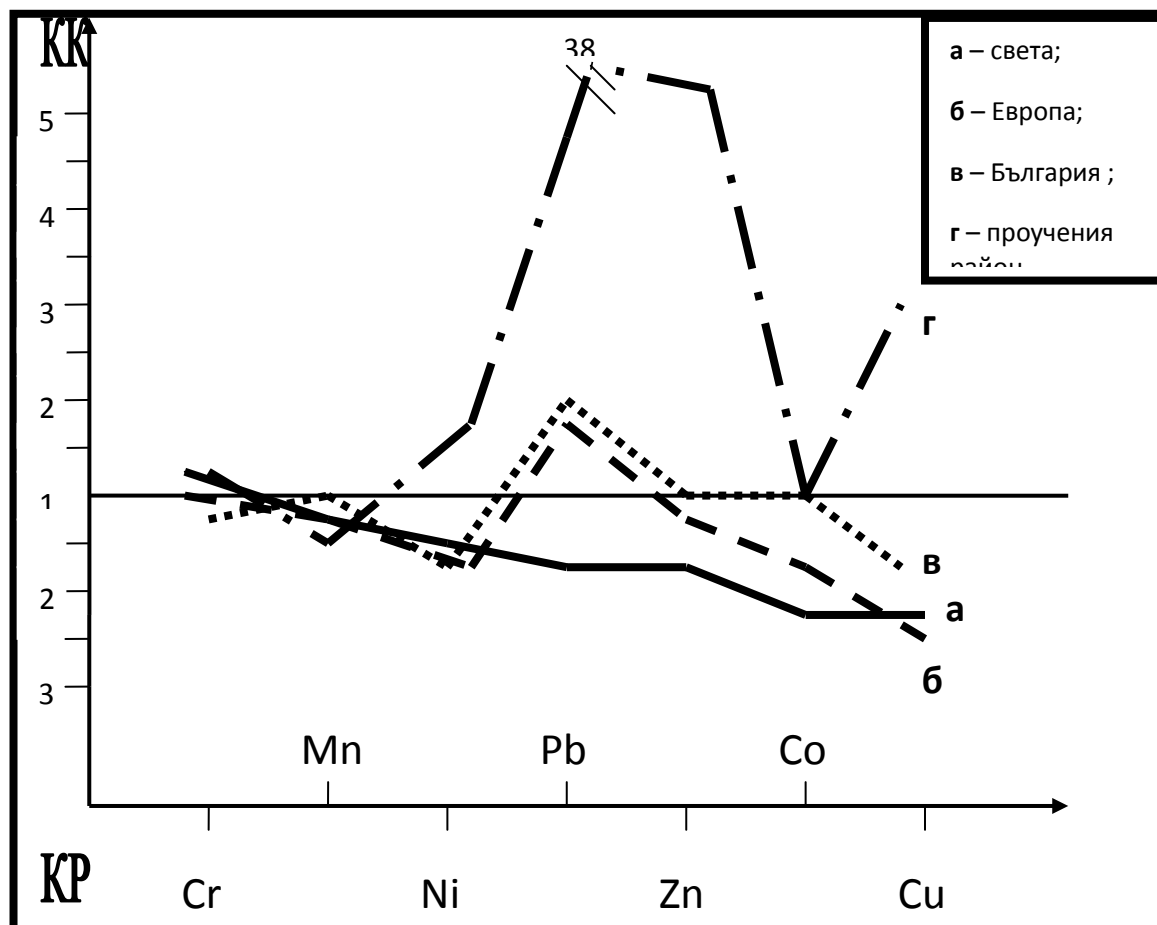
	на 10 m от югозападната част на северозападната ограда на КЦМ.	ливадна		8	0						
22	Проба от А-хоризонт на почва, на 30 m от централната част на северозападната ограда на КЦМ.	алувиално-ливадна	0-15	12 3	857	521	599	194	20	165	17
23	Проба от А-хоризонт на почва, на 10 m от пътя Пловдив-Асеновград, срещу паркинга на КЦМ.	алувиално-ливадна	0-15	78	976	430	604	127	18	133	10
24	Проба от А-хоризонт на почва, на 30 m от пътя Пловдив-Асеновград, при разклона за летище Крумово, срещу комина на КЦМ.	алувиално-ливадна	0-15	13 8	107 9	1023	541	81	13	106	25
25	Проба от почва в двора на КЦМ, срещу административната сграда.	алувиално-ливадна	0-15	13 9	101 0	733	624	147	17	162	81
26	Проба от А-хоризонт на почва, на 10 m северно от пътя Пловдив-Ягодово, 100 m от изхода на Ягодово.	торфено-блатна	0-10	13	216	36	720	22	10	37	1
28	Проба от А-хоризонт на почва, 80 m южно от южната дъга на Околовръстен път на Пловдив, на 1 км. от разклона за Първенец.	алувиално-ливадна	0-15	47	49	53	429	37	13	61	0
29	Проба от А-хоризонт на почва, 40 m западно от пътя Пловдив-Първенец, на 100 m северно от Първенец.	алувиално-делувиално-ливадна	0-20	46	69	53	468	58	15	76	0
30	Проба от А-хоризонт на почва, 20 m източно от пътя Пловдив-Асеновград, на 200 m южно от разклона за Околовръстен път на Пловдив.	торфено-блатна	0-10	11	46	46	446	59	12	53	0
31	Проба от А-хоризонт на почва, 10 m западно от пътя Пловдив-Асеновград, на 400 m северно от разклона за Долни Воден.	алувиално-ливадна	0-15	46	318	288	590	93	19	138	4
33	Проба от А-хоризонт на почва, на 100 m източно от пътя Асеновград-Пловдив, при изхода от Асеновград.	алувиално-ливадна	0-15	29	183	102	518	85	19	134	2
34	Проба от А-хоризонт на почва, на 50 m източно от оградата на летище Крумово.	алувиално-ливадна	0-15	6	20	35	251	8	8	15	0

В табл. 2 е направено сравнение за съдържанието на тежки метали в почвите на света, Европа, България и изследвания участък от басейна на р. Марица. Въз основа на тези изходни данни са изчислени кларкът на концентрация и кларкът на разсейване на отделните химични елементи.

Табл. 2. Съдържание на тежки метали в литосферата (Виноградов, 1962), почвите на света (Виноградов, 1956; Беус, 1976; Kirkham, 2008), Европа (Salminen, 2005), България (Мирчев, 1971; Райков и др., 1984; Пенин, 1989, 2003; Пенин, Чолакова, 2002, Наредба № 3/2008) и в изследвания район

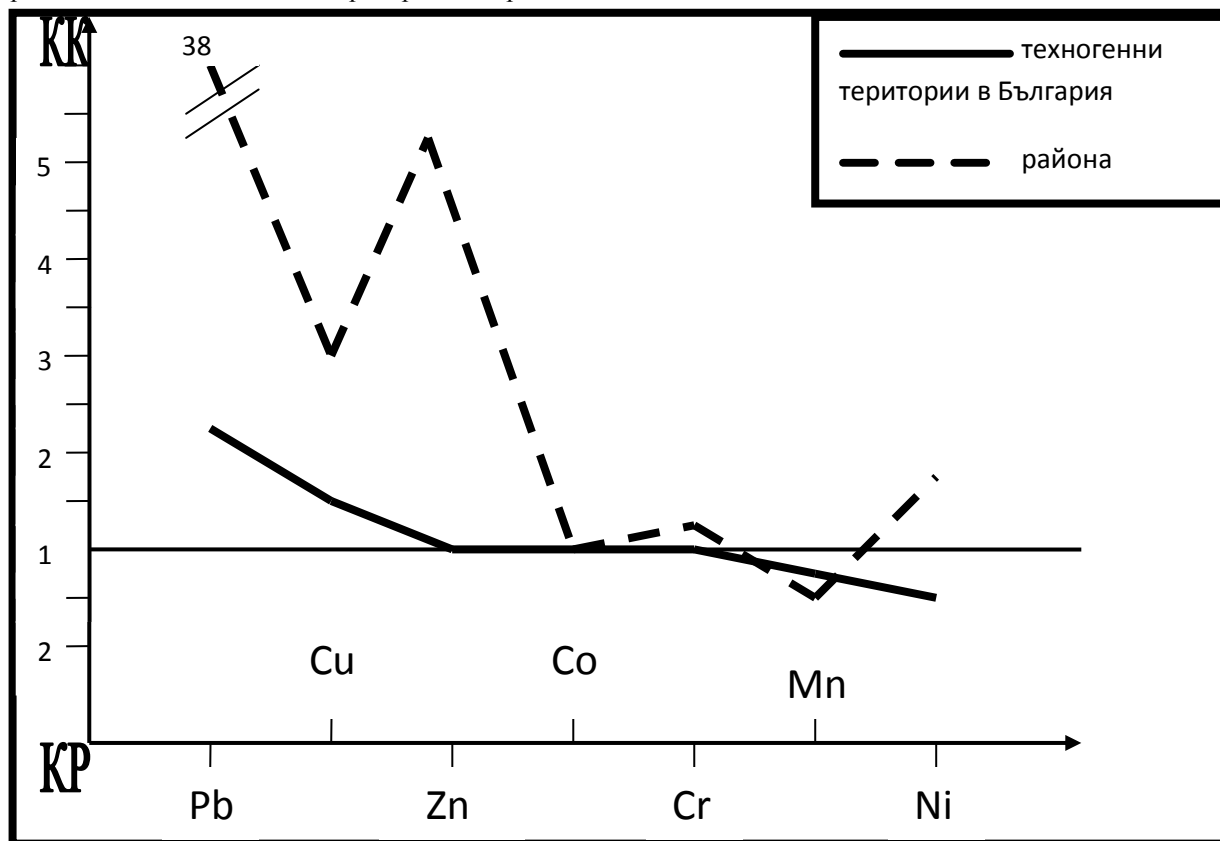
Почви/химичен елемент	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	Cd
Литосфера	47	83	16	1000	58	18	83	0,13
Почви на света	20	50	10	850	40	8	100	0,5
Почви на Европа	17,3	68,1	32,6	810	37,3	10,4	94,8	0,28
Почви на България	30	75	35	1000	36	20	70	0,32
Почви на България фон	24	67	25	695	32	16	60	0,03
Почви на България - техногенни райони	72	79	36	867	37	17	74	1,1
Почви на проучения район	143	427	600	618	103	16	110	15
Местен фон на проучения район	51	67	42	447	114	15	95	1

Изготвен е геохимичен спектър въз основа на показателите КК и КР за почви на света, почви на Европа и почви в района на Пловдивското поле, който е представен на фиг.1.



Фиг. 1. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите на света, Европа, България и на проучения район

На фиг. 2 е представен спектър на концентрациите на тежки метали в почвите от техногенни територии на България и почвите на изследвания район. От него добре проличават повишените концентрации на асоциацията от микроелементи: Pb, Zn, Cu. Особено високи, достигащи до  $KK=38$  са концентрациите на оловото, което превишава повече от 10 пъти концентрациите в почвите на техногенните територии на страната. Никелът също е с относително по-високи стойности на  $KK$ . Останалите елементи са с близки околорларкови стойности и не се отличават в голяма степен от концентрациите им в техногенните територии на страната.

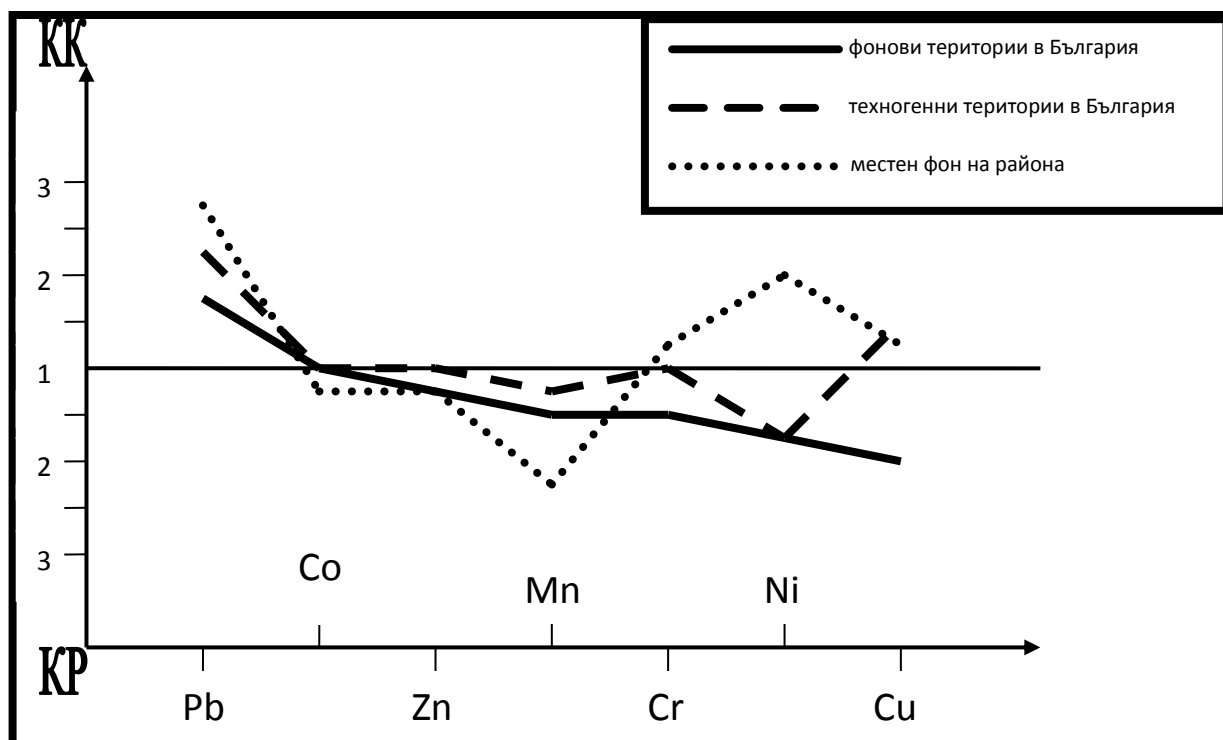


Фиг. 2. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите в техногенни територии на България и на проучения район

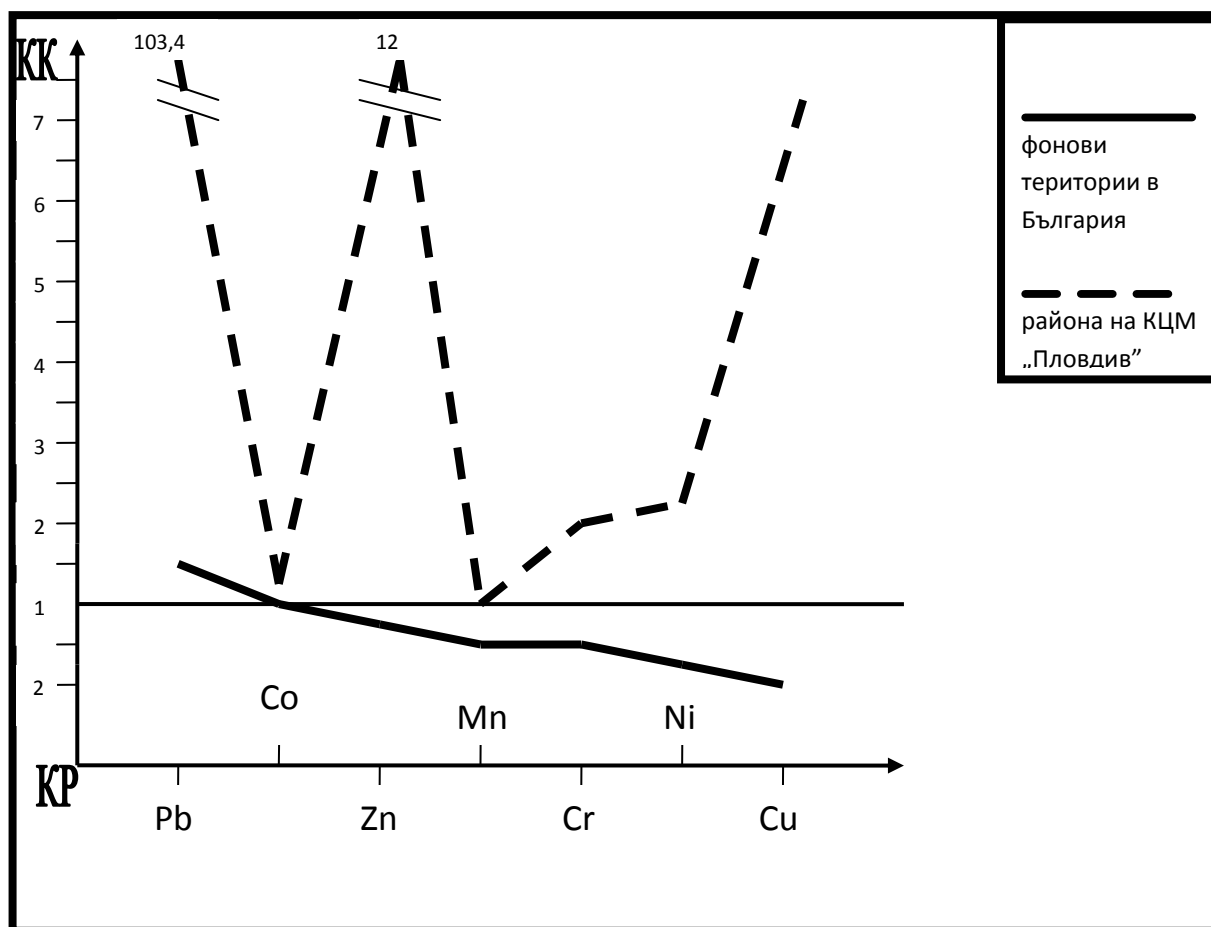
За да се разкрие геохимичната картина на концентрации на тежки метали в проучения район е изготвен спектър, представен на фиг. 3. Той показва сравнението в концентрациите на микроелементите във фонови територии на страната, в почвите на техногенни територии и местния почвеногеохимичен фон. От него личи, че концентрациите на олово и никел в местния фон са най-високи в сравнение с другите два обекта. Видимо върху почвите в относително фонови територии се чувства влиянието на съседните силно антропогенизирани територии по отношение на оловото. Възможна е литогеохимична връзка между стойностите на съдържанията на никела в почвите и скалната основа, върху която те са развити. Най-ниски са концентрациите на мангана, който има стойности на  $KP$  около 2,5. Кобалтът, макар и в по-малка степен, също е с най-ниски концентрации в местния фон в сравнение с другите обекти.

За разкриване на степента на техногенно въздействие от страна на КЦМ “Пловдив” върху почвената покривка около него е изготвен спектър на концентрациите на микроелементи в почвите от фонови територии на България и почвите в близкия район около комбината (фиг. 4).

Особено силно изпъкват повишените концентрации в почвите около КЦМ ”Пловдив” на оловото, чиито  $KK = 103,4$ . Сходни, доста високи концентрации на олово в почви около предприятия на цветната металургия са констатирани и разгледани в публикации от Германия, Великобритания, САЩ, Русия и др. (Huff, 1976; Davies, 1977, 1980; Kick, Burger, Sommer, 1980; Ниязова, Летунова, 1981; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989 и др.).



Фиг. 3. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите във фонови територии на България, техногенни територии на България и местен фон на проучения район



Фиг. 4. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите във фонови територии на България и района на КЦМ „Пловдив“.

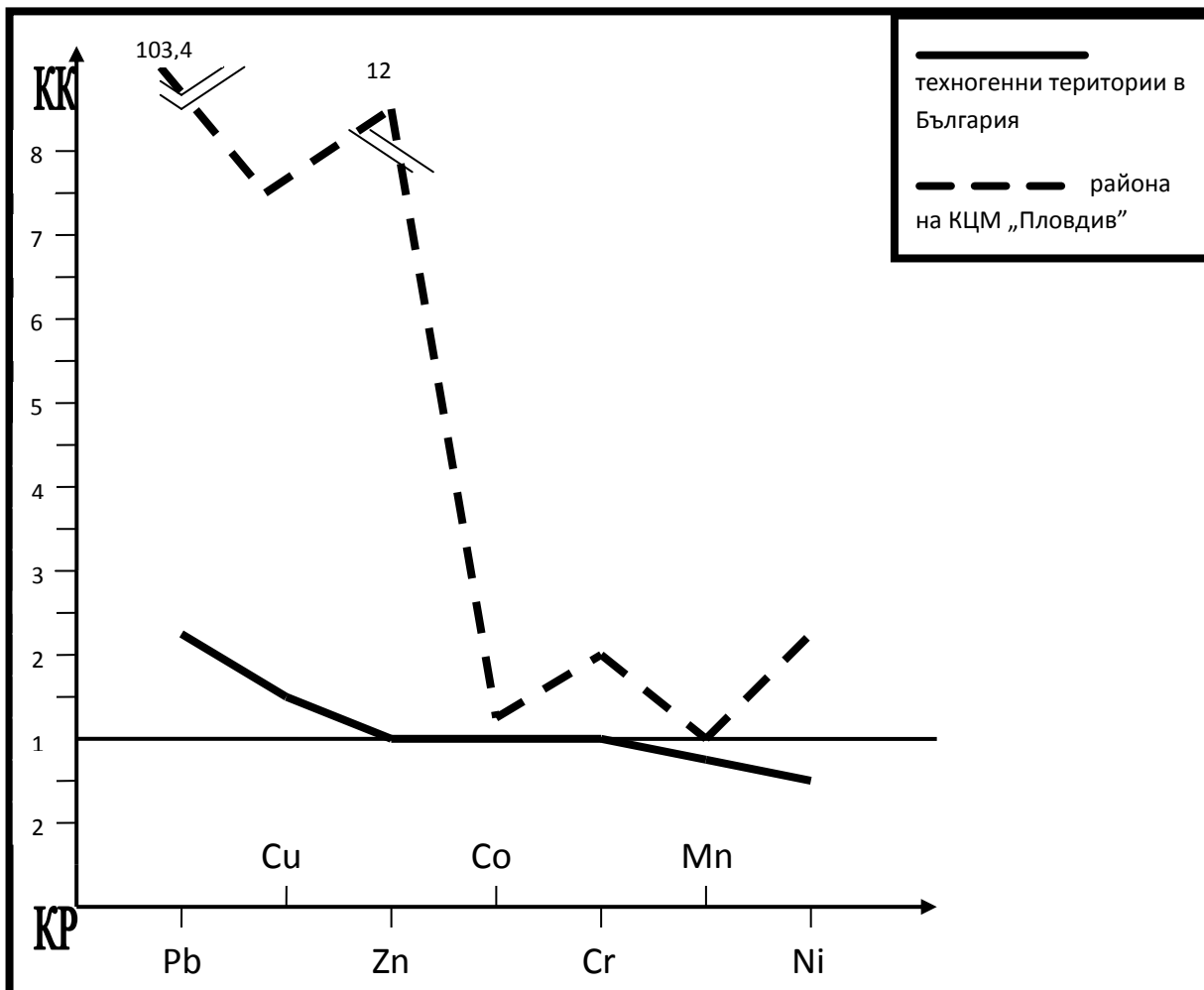


Относително високи са концентрациите на микроелемента цинк в почвите около металургичния комбинат ( $KK=12$ ). Подобни високи съдържания на цинк в райони с развита металургична дейност са отбелязани в публикациите на редица автори (Davies, 1977; Thorton, Webb, 1979; Pike, Golden, Freedman, 1978; Летунова, Кривицкий, 1979; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989 и др.). При такива високи концентрации на микроелементите олово и цинк, е твърде вероятно да се натрупват предимно трудноподвижни форми на оловото и цинка и съответно те да се задържат в повърхностния А-хоризонт. Това се установява за почвите в района на металургичното предприятие.

От останалите елементи по-високи са концентрациите на мед ( $KK=7,4$ ), никел ( $KK=2,3$ ) и хром ( $KK=2$ ). За медта също има установени повишени концентрации в почви в райони с цветна металургия, например в Япония и Великобритания (Davies, 1977; Kitagashi, Yamane, 1981 и др.). Кобалтът и манганът са с най-ниски концентрации, близки до тези за почвите във фоновите територии на страната.

Особен интерес представляват получените резултати за съдържанията на микроелемента кадмий (табл. 1). Те достигат много по-високи стойности в сравнение с концентрациите им в другите райони на проучване. Общото съдържание на този елемент в района на КЦМ варира от 10 mg/kg до максимални стойности 98 mg/kg (фиг. 5). Съвсем ясно се откроява техногенен геохимичен ореол около предприятието. Тази геохимична аномалия видимо е свързана с въздействието върху природната среда на КЦМ, като особено силно се проявява именно чрез елемента кадмий. Подобни високи стойности за концентрации на кадмий са отбелязани в редица техногенни райони (Fleischer, Sarofim, Fasset, Hammond, Shaclette, Nisbet, Epstein, 1974; Petrov, Tsalev, Lyotchev, 1979 и др.).

Изготвен е подобен спектър (фиг. 5), като в него е направено сравнение на концентрациите на микроелементи в почвите около КЦМ с тези от почви в техногенни територии на страната. Тук също се откроява асоциация от замърсители (полютанти), като водещо сред тях е оловото: Pb, Zn, Ni и Cr. От спектъра се потвърждава, че по отношение на няколко микроелемента районът на КЦМ "Пловдив" е силно замърсен и подложен на сериозно атмотехногенно влияние.

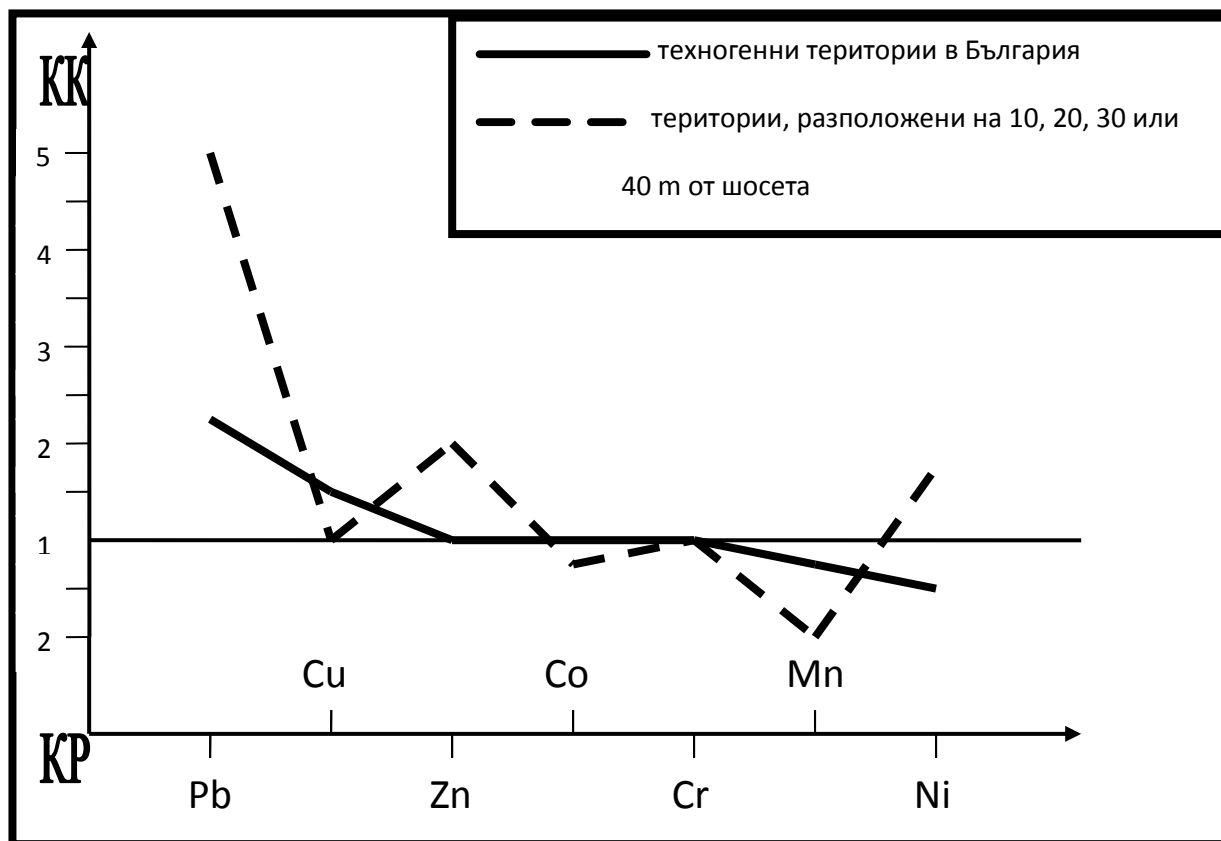


Фиг. 5. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите в техногенни територии на България и в района на КЦМ „Пловдив“

За да се разкрие по-пълно състоянието по отношение на съдържанията и концентрациите на микроелементи в непосредствена близост до преминаващата през района главна шосейна артерия са събрани и обобщени резултатите от



направените геохимични анализи. Пробите са събрани от разстояние 10, 20, 30 и 40 m. На тази база е изготвен спектър за концентрациите на тежки метали в техногенни територии на България и почвите в непосредствена близост до главното шосе от Пловдив за Асеновград (фиг. 6). Асоциацията от натрупващи се елементи тук е: **Pb, Zn, Ni**. И други подобни проучвания из страната и света показват, че обикновено около шосетата се натрупва елементът олово, съдържащ се в повечето използвани горива за двигателите с вътрешно горене. В известна степен това важи и за цинка и никела, като съставни части на различни материали, изграждащи превозните средства, особено за стари такива. Подобни изследвания са правени и за други райони на страната (Пенин, Тановска, 2003; Пенин, Желев, 2011; Желев, 2016 и др.).



Фиг. 6. Геохимичен спектър на микроелементите в почвите в техногенни територии на България и територии, разположени на 10, 20, 30 или 40 m от шосета

В табл. 3 са представени сравнителни данни за съдържанията на тежки метали (mg/kg) в почвите на изследвания район – средни съдържания и фон, както и в почвите на Европа, България и скалите на страната. Представени са предохранителните и максимално допустими концентрации на микроелементите в почвите, свързани 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.

Табл. 3. Сравнителни данни за съдържание на тежки метали (mg/kg) в почвите на проучения район, почви на Европа, почви на България и скалите на България

Елементи	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	Cd
Средно съдържание (Me) в скалите на България (Куйкин и др., 2001)	20	45	21	650	17	10	24,8	2,3
Предохранителни концентрации в почвите, глинесто-песъчливи и песъчливи почви, Наредба № 3, 2008	50	110	40	*	60	30	90	0,6
Предохранителни концентрации в почвите, песъчливо-глинести	60	160	45	*	65	35	110	0,6

почви, Наредба № 3, 2008								
Предохранителни концентрации в почвите, глинести почви, Наредба № 3, 2008	70	180	50	*	70	40	130	1
Максимално допустими концентрации в почвите, постоянни тревни площи, рН < 6; Наредба № 3, 2008	80	220	90	*	70	*	250	2
Максимално допустими концентрации в почвите, постоянни тревни площи, рН = 6,0 - 7,4; Наредба № 3, 2008	140	390	130	*	80	*	250	2,5
Максимално допустими концентрации в почвите, постоянни тревни площи, рН > 7,4; Наредба № 3, 2008	200	450	150	*	110	*	250	3,5
Почви на България, фонові територии, Пенін, 2003	24	67	25	695	32	16	60	0,03
Почви на България, техногенни територии, Пенін, 2003	72	79	36	867	37	17	74	1,1
Почви на Европа, повърхностен хоризонт, Salminen, 2005	13	52	22,6	650	18	7,78	60	0,145
Почви на Европа, преходен хоризонт, Salminen, 2005	13,9	47	17,2	600	21,8	8,97	62	0,09
Осреднено съдържание на тежки метали в почвите около КЦМ „Пловдив“	347	993	1654	876	131	20	163	44
Фонові стойности на проучвания район	51	67	42	447	114	15	95	1

\* – Липсват нормативни стандарти.

От направеното сравнение по табл. 3 личи ясно изразена асоциация от тежки метали, превишаващи предохранителните и максимално допустими норми за почвите у нас. В асоциацията се включват елементите: Cu, Zn, Pb, Ni и Cd. Това означава, че земеделските земи в проучения район около КЦМ трябва да бъдат изключени от обработваемия фонд на общината, тъй като представляват потенциална опасност за замърсяване на растителната продукция, отглеждана върху тях.

### Заклучение

При направените геохимични проучвания на микроелементния състав на един от най-информативните компоненти на ландшафта – почвената покривка, в проучения от нас район на Пловдивското поле, ясно се откроява асоциация от натрупващи се в почвената покривка микроелементи - Pb, Zn, Cu, Ni. Проучванията показват, че именно това е асоциацията, която се формира като геохимичен техногенен ореол (техногенна аномалия) около предприятие на цветната металургия. В случая това е едно от действащите през последните десетилетия у нас подобни предприятия - КЦМ “Пловдив”. Потвърдена е надеждността от използването на представената в началото на доклада методика на изследване на

микроелементния състав в силно антропогенизирани територии. В заключение можем да констатираме повишени съдържания на тежки метали в източната част на изследвания район в сравнение с неговата западна част. Проучванията ни дават основание да считаме, че районът на изследване е с относително високи стойности на съдържание на тежки метали в сравнение с други техногенни райони на страната. Получените резултати потвърждават сложната геохимия на почвите в проучения техногенен район. За да се разкрият още по-пълно геохимичните особености на района са необходими по-задълбочени проучвания, особено на подвижните форми на микроелементите. Разгледаните резултати и интерпретацията им са само част от направените екогеохимични проучвания на част от Пловдивското поле. Те са основа за разкриване на ландшафтно-геохимичните особености на природните и техногенните комплекси в един от силно индустриализираните райони на страната. Бъдещите ни изследвания включват проучване на микроелементния състав на дънните отложения на основните речни артерии – реките Марица с нейните притоци Първенецка река и р. Чая, както и биогеохимични проучвания.

## Литература

- Авессаломова, И. А. (1987) Геохимические показатели при изучении ландшафтов. М., Изд. МГУ.
- Виноградов, А. П. (1956) Геохимия редких и рассеяных химических элементов в почвах. Изд. АН, USSR.
- Виноградов, А.П. (1962) Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород. - *Геохимия*, № 7.
- Глазовская, М. (1981) Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природных систем самоочищению, В сб. Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состоянии экосистем. М., Наука.
- Желев, Д. (2016) Съвременни ландшафти и антропогенизация на басейна на р. Сазлийка. С., Дисертационен труд.
- Кабата - Пендиас, А., Х. Пендиас (1989) Микроелементи в почвах и растениях. М., Изд. Мир.
- Касимов, Н. С. (2013) Экогеохимия ландшафтов. М., Изд. Филимонов.
- Куйкин, С., И. Атанасов, Ю. Христова, Д. Христов (2001) Фонови съдържания на тежки метали и арсен в почвообразуващите скали в България. - *Почвознание. Агрохимия и екология*, год. XXXVI, № 1.
- Летунова, С. В., В. А. Кривицкий (1979) Концентрирование цинка биомассой почвенной микрофлоры в условиях Южно-Уральского медно-цинкового субрегиона биосферы. - *Агрохимия*, № 6, с. 104.
- Мирчев, С. (1971) Химичен състав на почвите в България. С., БАН.
- 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.
- Ниязова, Г. А., С. В. Летунова (1981) Накопление микроэлементов почвенной микрофлорой в условиях Сумсарской свинцово-цинковой биогеохимической провинции Киргизии. - *Экология*, № 5, 89.
- Пенин, Р. (1989) Ландшафтно-геохимическая оценка заповедных территории Юго-Западной Болгарии. М., Канд. дис. Московски университет „М. В. Ломоносов”.
- Пенин, Р. (1997) Ръководство по геохимия на ландшафтите. С., УИ „Св. Климент Охридски”.
- Пенин, Р. (2003) Геохимията на ландшафтите - приоритетно научно направление при разкриване и решаване на екологични проблеми. – В: Юбилеен сборник 30 години катедра ЛОПС. С., Малео.
- Пенин, Р., Д. Желев (2011) Екогеохимични проучвания в басейна на р. Сазлийка. - *Проблеми на географията*, 3-4.
- Пенин, Р., П. Тановска (2003) Ландшафтно-геохимични изследвания в района на гр.Видин и Дунав мост II. - *Проблеми на географията*, С.
- Davies, В. E. (1977) Heavy metal pollutions of British agricultural soils with special reference to the role of lead and copper mining. - In: Proc. Int. Semin. On Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture, Tokyo, 394.
- Fleischer M., A. F. Sarofim, D. W. Fasset, P. Hammond, H. T. Shaclette, I. C. T. Nisbet S. Epstein (1974) Environmental impact of cadmium, Environ. Health Perspect, 5, 2 53.
- Huff, L.C. (1976) Migration of lead during oxidation and weathering of lead deposits. - In: Lead in Environment, Lovering T.G., Ed., Geol. Survey Prof. Pap. 957, 21.
- Kick H., H. Burger, K. Sommer (1980) Gesamthalte and Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Cu, Ni, Cr and Co in landwirtschaftlich und gartnerisch; genutzten Boden Nordrhein-Wesfalens. Landwirtsch, Forsch., 33,12.
- Kircham, M. B. (2008) Overview on the chemical structure of the soils of the world. N. Y., US, N.
- Kitagishi, K., I. Yamane (1981) Heavy Metals Pollution in Soils of Japan. Japan Science SOCIETY Press, Tokyo
- Pike, J. A., M. L. Golden, J. Freedman (1978) Zinc toxicity in corn az a results of a geochemical anomaly. Plant Soil, 50, 151.
- Petrov, I. I., D. L. Tsalev, I. S. Lyotchev (1979) Investigation on arsenic and cadmium content in soils. Higiena Zdravieopazv. 22, 574.
- Salminen, R. (ed.). Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and Maps. Espoo, Geological Survey of Finland, 2005. <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/index.php> .
- Thorton I., J. S. Webb (1978) Aspects of geochemistry and health in the United Kingdom. - In: Origin and Distribution of the Elements, Vol.11. Ahrens L.H., Ed., Pergamon Press.
- Pike J.A., M. L. Golden, J. Freedman (1978) Zinc toxicity in corn az a results of a geochemical anomaly. Plant Soil, 50, 151.