

ЕКОГЕОХИМИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ДОЛНОТО ТЕЧЕНИЕ НА РЕКА ПРОВАДИЙСКА

Лидия Семерджиева¹, Румен Пенин², Таня Стоилкова³

В статията е представено геоекологичното състояние на съвременните ландшафтни комплекси във водосбора на долното течение на р. Провадийска. Чрез ландшафтно-геохимични методи са установени особеностите и условията на миграция и диференциация на тежки метали в избрани растителни видове и дънни отложения от територията. Направено е сравнение с подобно проучване в района от преди 20 години. Анализите са сравнени с други биогехимични изследвания от България и чужбина.

Ключови думи: геохимия, ландшафти, тежки метали, биогехимия, водосборен басейн, р. Провадийска

ECOGEOCHEMICAL RESEARCH IN THE LOWER PART OF THE PROVADIYSKA RIVER

Lidiya Semerdzhieva, Rumen Penin, Tanya Stoilkova

The paper presents the contemporary landscapes and their geoecological condition in the lower part of the Provadiyska river catchment basin. Using landscape-geochemical research methods, the specifics and the conditions of migration and differentiation of heavy metals in selected plants and river (bottom) sediments have been revealed. The results are compared with those of similar research, carried out in the above-mentioned area 20 years ago. Analyzes and comparisons with other biogeochemical studies in Bulgaria and abroad have been done.

Keywords: geochemistry, landscapes, heavy metals, biogeochemistry, catchment basin, Provadiyska river

¹ Департамент География на НИГТГ – БАН; lidiya_92@abv.bg

² СУ „Св. Кл. Охридски“, ГГФ, Катедра Ландшафтознание и опазване на природната среда; penin@abv.bg

³ СУ „Св. Кл. Охридски“, ГГФ, Катедра Катедра Минералогия, петрология и полезни изкопаеми; tstoilkova@gea.uni-sofia.bg

УВОД

Нарастващата антропогенизация е причина за разглеждането на актуални въпроси, свързани с използването и управлението на териториите, в които живеем. В тази връзка целта на настоящото изследване е представяне на геоекологичното състояние на съвременните природни комплекси в един от най-техногенните райони на България – Девненския индустриален център (разгледан през призмата на естествените природни граници) чрез ландшафтно-геохимични методи. Задачите за изпълнение са свързани с установяване на геохимичните особености и условията на миграция и диференциация на тежки метали в дънните отложения и избрани растителни видове в района.

Ландшафтно-геохимичните и биогеохимичните изследвания у нас имат над половинвековна история и дават добра представа и възможности за сравняване с други проучвания по света. Представените резултати в статията са сравнени с подобни изследвания за различни части от страната (Йонева, Еленов, 2000; Пенин, Желев, 2016а,б; Китев, 2017, и др.).

Разглежданата територия (обект на изследване) включва водосбора на долното течение на р. Провадийска (от края на пролома при гр. Правадия до заустването ѝ в Белославското езеро) и е с площ 481 km². Настоящата статия е продължение на изучаването на ландшафтната специфика на района (Пенин, Семерджиева, 2018).

МЕТОДОЛОГИЯ

Водосборният басейн е най-разпространеният вид цялостна функционална геосистема, която притежава редица интегриращи фактори – дълговременност, движение на потоци вещество по склона и талвега на водните потоци. Използването на басейновия подход е в основата на ландшафтно-геохимичните изследвания, свързани с решаването на проблемите за постъпване и трансформация на техногенните вещества в геосистемите (Пенин, 1994). Границите на изследвания водосбор са определени във връзка с използването на басейновия подход.

За представяне на екологичното състояние на природните комплекси в разглежданото пространство е избран ландшафтно-геохимичният метод. В настоящото изследване са установени геохимичните особености и условията на миграция и диференциация на тежки метали в избрани растителни видове (горски, храстови и тревни) и в дънни отложения във водосбора на долното течение на р. Провадийска както в относително ненарушени (фонови), така и в силно антропогенизирани ландшафти. Пробите са събрани по време на полеви изследвания през м. октомври 2016 г. Работата е извършена в съответствие с определена методика, разработена и прилагана от специалисти в тази област (Глазовская, 1964; Перелман, 1975; Фортескью, 1985; Пенин, 1989 и др.). В пробите е установено общото съдържание (mg/kg, ppm) на елементите мед (Cu), цинк (Zn), олово (Pb), манган (Mn), никел (Ni), кобалт (Co), хром (Cr) и кадмий (Cd).

За интерпретиране на получените резултати е използвана разработената в приложната геохимия на ландшафтните системи от коефициенти, които пред-

ставят отношението между средните съдържания на химичните елементи в определени сравними помежду си обекти. В резултат на миграцията химичните елементи се проявяват чрез концентрация или разсейване и изучаването на тези противоположни страни е една от важните особености в методологията на геохимията. Във връзка с това се използват редица коефициенти, най-важни от които са коефициент на концентрация (КК) и коефициент на разсейване (КР). КК представлява съотношението между съдържанието на елемента в даден природен обект (почва, скала, утайка и др.) към неговия кларк в литосферата. Ако КК е със стойности по-малки от единица, се изчислява обратната величина – КР, която показва отношението между кларка на елемента в литосферата и неговото съдържание в даден природен обект (Пенин, 1997, по Гаврилова, Касимов, 1989).

Важен момент в изследването е изясняването на съдържанието на химичните елементи в живото вещество. Друг коефициент, който е използван за анализ на резултатите от биопробите, е коефициентът на биологично поглъщане A_x (Перелман, 1975) – отношението между количеството на химичните елементи в пепелния остатък на дадено растение (количеството минерални вещества, съдържащи се в организма) и съдържанието им в почвата или скалата, която растението обитава. Натрупването на елементите е променлива величина и зависи от редица фактори – среда на обитаване, стадий на развитие на организма и пр. В един организъм концентрациите на химичните елементи в отделните му тъкани и органи не са еднакви и се колебаят както от сезоните, така и от възрастта на този организъм. В редица случаи концентрациите на даден микроелемент например може да превишава кларка му десетки и стотици пъти, което е обяснимо от физиологична гледна точка, тъй като те играят важна роля във функционирането на организма. Трябва да се отбележи, че това аномално съдържание и тази особеност на организмите се използва и при търсенето на полезни изкопаеми, както и при определянето на степента на замърсеност и антропогенно натоварване на ландшафтите в различни зони на силно техногенно въздействие (Пенин, 2013, по Norrish, 1975; Bowen, 1979; Hughes, Lepp, Phipps, 1980; Фортескю, 1985; Глазовская, 1988; Биоиндикация..., 1988; Аржанова, Ельпатовский, 1990; Перельман, Касимов, 1999; Техногенез..., 2003; Касимов, 2013, и др.). Това е особено важно при провеждането на теренни биогеохимични и ландшафтно-геохимични проучвания.

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Част от радиалното преразпределение на химичните елементи в ландшафтите са подвижните им форми, свързани с възходяща миграция от почвата към растенията. Представянето на биогеохимичната специализация на растителността във водосбора на долното течение на р. Провадийска е продължение на разгледаните в друга публикация (Пенин, Семерджиева, 2018) геохимични особености на почвената покривка от района. Местната литоложка обстановка, представена предимно от карбонатни скали, предопределя алкалния характер на почвите в границите на изследваната територия, което влияе върху по-ниските стойности на елементите. Резултатите потвърждават закономерността, че в

карбонатните скали микроелементите са в по-ниски концентрации (Пенин, 1992, по Беус, 1981).

За целите на изследването са избрани представителни и широко разпространени в района растителни видове (табл. 1). От дървесните и храстовите видове за анализ е събрана листна маса. Биопробата от мъртва горска постеля е събрана в парков ландшафт с интродуцирани видове: черна топола (*Populus nigra* L.), източен чинар (*Platanus orientalis* L.), полски ясен (*Fraxinus oxycarpa* Willd.) и др. Интегралната тревна проба (разнотревието), събрана от 1 m² площ, включва предимно калцифилни видове: плюскавиче (*Silene* spp.), мащерка (*Thymus* spp.), карамфил (*Dianthus* spp.) и др.

Манганът (Mn) е важен хранителен елемент за растенията, като природно се съдържа в по-големи количества в сравнение с други елементи (Горбанов и кол., 2005), което е причина за по-високите стойности на микроелемента в пробите от района.

Скоростта на поглъщане на Pb се понижава при наличие на карбонати и в райони с по-ниски температури (Пенин, Желев, 2016а, по Hughes, Lepp, Phipps, 1980), което обяснява ниските стойности на микроелемента в растителните проби от изследваната територия.

Никелът (Ni) и кобалтът (Co) в неутрални и слабоалкални условия са трудно подвижни и само в редки случаи имат биогенно натрупване (Пенин, 1992, по Перельман, 1966). За Ni от са значение почвено-киселинните условия (pH). При

Таблица 1

Съдържание на тежки метали в избрани растителни видове от изследваната територия (mg/kg)

№ проба	Вид	Местоположение	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1	Мъртва горска постеля 1-ви пласт, тазгодишна	Псевдолонгоз Девненски карстови извори	46	110	5	208	15	0	11
2	Разнотревието	Южно от ПЗ „Находище на урумovo лале“, до кариера „Люляка“	36	172	3	592	12	2	12
3	Келяв габър (<i>Carpinus orientalis</i> Mill.)	Издънкова габърова гора, Добринско плато СИ от с. Добриня	72	161	6	4795	15	2	5
Средно съдържание в растителните проби на изследваната територия			51	148	5	1865	14	1	9

Таблица 2

Съдържание на тежки метали в растителността в източната част на Балканския полуостров (в ppm=mg/kg) (по Пенин, 2013)

Вид/елемент	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Келяв габър	45	275	22	465	13	11	23
Опад – листна маса (смесена шир.гора)	16	103	17	107	1,3	2,9	2,1
Тревни проби (пасище)	56	380	160	1870	10	5	10

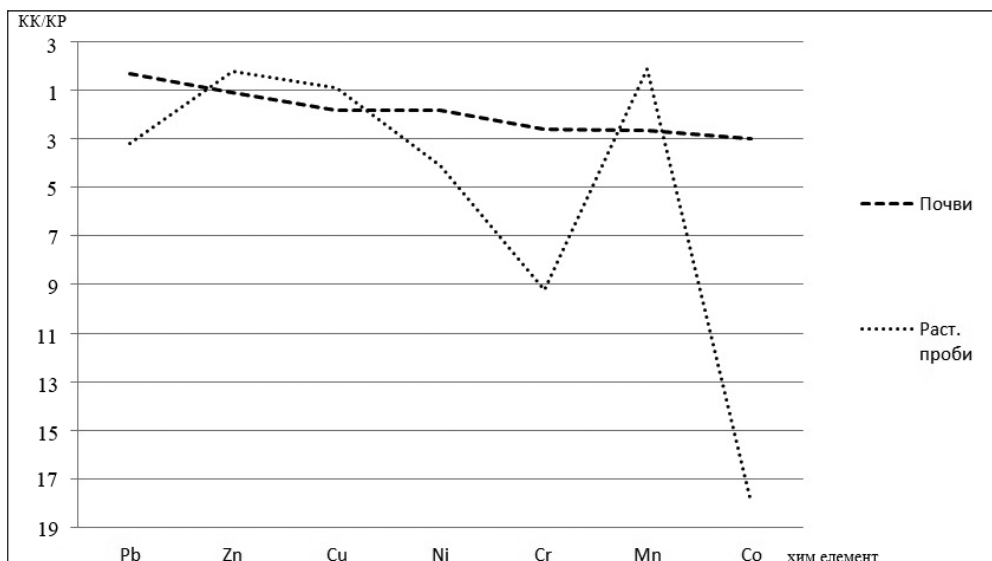
намаление на киселинността натрупването в редица случаи намалява видимо (Bergrow, Burridge, 1979).

На регионално ниво може да се направи сравнение със съдържанията на микроелементи в дървесни, храстови и тревни видове от характерни ландшафти в източната част на Балканския полуостров (табл. 2).

Установената висока концентрация на елемента Mn в пробата от келяв габър във водосбора на р. Провадийска е в пъти повече от представената стойност за Балканския полуостров. Според Гаврилова и Касимов (1989) Mn се натрупва предимно във влаголюбиви видове, а келявият габър расте в по-сухи местообитания. Повечето растения се „повлияват“ от концентрации на Mn над 400-500 mg/kg, при отделни видове и над 1000 mg/kg (Greger, 1999, Kabata-Pendians, 2011). Може да се направи изводът, че тази висока стойност на микроелемента се дължи на външна намеса, тъй като не се наблюдават превишени стойности в почвата, върху която се развива растителният вид. Същото се отнася и за Cu и Ni – те също са с по-високо съдържание, а останалите микроелементи са с по-малки концентрации. В пробата от мъртва горска постеля от района на изследване ситуацията с Mn е идентична – отново е с по-високо съдържание, както и Cu, Zn, Ni и Cr. Само Pb и Co са с по-малки стойности. В пробата от разнотрелието не се наблюдават завишените стойности на Mn, както при предишните проби. Всички елементи са с по-ниско съдържание, с изключение на Ni и Cr, които минимално завишават стойностите в пробите от растителността в Балканския полуостров. Това се обяснява с натрупването на последните елементи изключително в суходлюбиви видове (Гаврилова, Касимов, 1989).

Тези съпоставки трябва да се разглеждат с известна условност, тъй като сравняваните проби са събирани в различни природни условия и ландшафтни единици, влияещи по различен начин върху миграцията на химичните елементи в растенията.

Връзката жива–нежива природа се изследва на базата на получените конкретни резултати за съдържанието на тежките метали в системата скала–почва–растителност (Пенин, 1992). Геохимичният спектър от фиг. 1 представя връзката почва–растителност в изследвания район чрез КК и КР на химичните елементи като средно съдържание на растителните проби спрямо средното съдържание в почвите на територията. Отличава се високата концентрация на Mn и ниските стойности на Ni, Cr и Co.



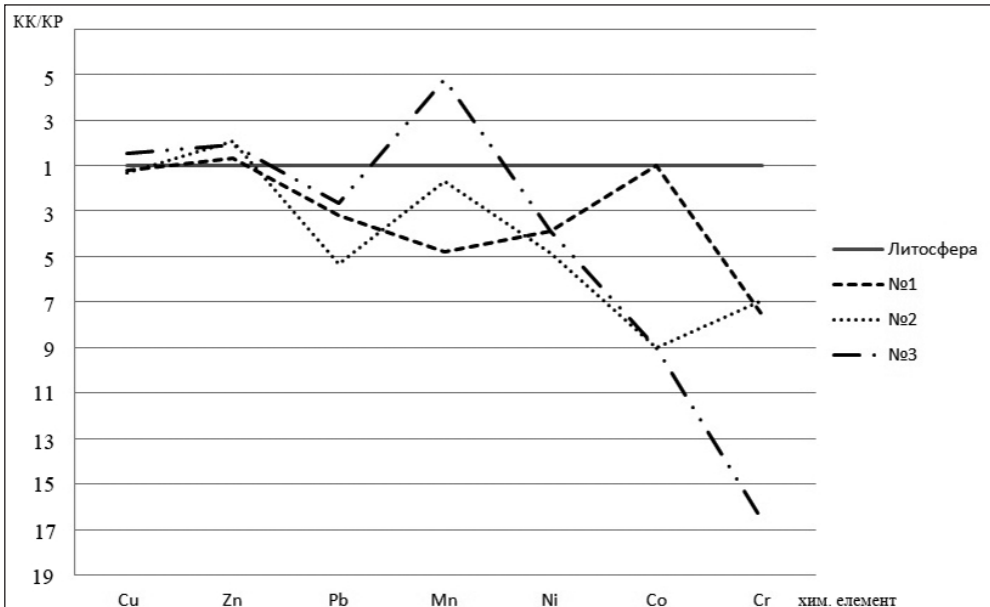
Фиг. 1. Геохимичен спектър на почвите и растителността във водосбора на долното течение на р. Провадийска

Co, Ni и Cr са условно необходими хранителни елементи за растенията, съдържат се в малки количества (Горбанов и кол., 2005). Почвите в изследваната територия са бедни на подвижни форми на Co, което е и причината за наблюдаваното ниско съдържание на елемента в растителните проби. Ниското съдържание на Ni в растенията се дължи на ниската концентрация на този елемент в почвата, слабата биологична акумулация от корените и слабото му придвижване от корените към надземните органи на повечето растителни видове. Същото се отнася и за Cr – веднъж постъпил в корените, той трудно се придвижва към надземните части на растението (Горбанов и кол., 2005).

Изчислен е коефициент на биологично поглъщане (A_x) на микроелементите в растителните проби, представен на фиг. 2, като за съпоставка е използван кларкът на химичните елементи в литосферата.

Според Перелман (1975) елементи с $A_x > 1$ се „натрупват“ в живото вещество, а останалите, за които $A_x < 1$, само се „захващат“ в различна степен. От геохимичния спектър отново ясно личи интензивното натрупване на Mn и в по-малка степен на Cu и Zn в пробата от келяв габър. И в другите две растителни проби Zn се натрупва в малка степен, а всички останали елементи слабо се захващат спрямо кларките на химичните елементи в литосферата.

За разкриване особеностите на връзката между растенията и скалата, от една страна, и растенията и почвата, от друга, A_x е изчислен на локално ниво като отношение между количеството на елемента в пепелния остатък на растителната проба от разнотрелието и съдържанието му в почвата, която обитава (средно съдържание на елементите от почвен профил на плитки черноземи (*Calcic Chernozem*) (Почвена характеристика Девня...), и съдържанието му в скалата, върху която се развива (средно съдържание на елементите в карбонатните скали в България, по Куйкин и кол., 2001).



Фиг. 2. Геохимичен спектър на микроелементи в литосферата и растителността в изследваната територия

Изчислен е още A_x като отношение между количеството на елемента в пепелния остатък на растителната проба от келяв габър и съдържанието му в почвата, която обитава (средно съдържание на елементите от почвен профил на плитки карбонатни черноземи (*Calcic Chernozem*) (Почвено-агрохимическа характеристика..., 1966), и съдържанието му в скалата, върху която расте (средно съдържание на елементите в карбонатните скали в България, по Куйкин и кол., 2001). Стойностите са представени в табл. 3 и 4, като разкриват биогенната миграция на тежките метали в избраните растителни видове.

Таблица 3

Коефициент на биологично поглъщане (A_x) на растителните видове спрямо почвата, която обитават

	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Разнотревие	1,63	1,84	0,14	1,49	0,20	0,22	0,46
Келяв габър	6,54	7,66	0,37	17,1	2,14	0,66	0,15

Таблица 4

Коефициент на биологично поглъщане (A_x) на растителните видове спрямо скалната основа, която обитават

	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Разнотревие	2	4,3	0,12	2,55	0,41	0,4	1,2
Келяв габър	4	4,02	0,24	20,6	0,51	0,4	0,5

По отношение поглъщането на отделни химични елементи в растителните видове от скалната основа се наблюдава силно натрупване на Mn, Zn и Cu и средно на Ni, Cr, Co и Pb. Почти идентична е ситуацията и при поглъщането от почвената покривка, като разликата се състои в по-силното натрупване и на Ni. И в двата случая биологичното поглъщане е представено в тесни граници. Анализът на резултатите по отношение на микроелементите показва по-добра взаимовръзка между келявия габър и почвата, а при разнотревието се наблюдава обратната зависимост – доминира връзката варовикова основа–калцифилни видове.

Получените резултати за съдържанието на микроелементите в растенията, както и стойностите на коефициента на биологично поглъщане, са сравними с други данни от България. Съпоставяйки резултатите от изследвания в Южен Пирин (Китев, 2017), Огражден (Пенин, Желев, 2016б) и басейна на р. Сазлийка (Пенин, Желев, 2016а) и тези от изследваната територия, могат да се направят подобни заключения – асоциацията от концентриращи се тежки метали в растителността е Mn, Zn и Cu (в Огражден и басейна на р. Сазлийка и други микроелементи). По-близки са резултатите от изследвания район и тези от Южен Пирин и Огражден (територии, слабо засегнати от антропогенно въздействие, за разлика от водосбора на Провадийска). Стойностите на микроелементите, получени от пробите в басейна на р. Сазлийка (в значителна част антропогенизирана територия), са в пъти по-високи от тези в района на изследване. Следователно може да се направи изводът, че се наблюдава слабо техногеохимично въздействие върху растителността. Това заключение съвпада с изводите на Йонева и Еленов (2000), изследвали биогеохимичните особености в Девненската индустриална зона, че в района не се установява натрупване на тежки метали в растенията.

Един от най-информативните обекти, позволяващи установяване особеностите на миграция и концентрация на химичните елементи и съединения в природните комплекси, са дънните отложения (седименти, утайки). По аналогия с почвите често ги наричат „огледалото“ на аквалните ландшафти (Глазовская, Касимов, 1987; Касимов, 2013). Актуалността от изучаване на дънните отложения в реките се определя от забелязващия се през последните години преход на ландшафтно-геохимични изследвания от локално на регионално ниво, където тези отложения са не само най-информативните, но може би са и единственият индикатор, в който се отразяват особеностите на миграция на веществата в границите на водосборните басейни (Пенин, 1994).

Във връзка с поставената задача са опробвани дънните отложения от речната система на р. Провадийска, на р. Девня и Белославското езеро (табл. 5).

Пробите от р. Провадийска са събрани по методиката за изследване влиянието на техногенен източник – преди и след неговото въздействие. Опробвани са и речни седименти в район, в непосредствена близост до Девненските карстови извори. Територията му е силно уязвима на замърсяване, тъй като местата, където подземните води излизат на повърхността, са най-чувствителни към антропогенни влияния.

Общото съдържание на елементите в дънните отложения в изследваната територия е сравнено със съдържанията им в Европа и България (табл. 6). Стойностите са представени в геохимичен спектър чрез коефициентите КК и КР (фиг. 3).

Таблица 5

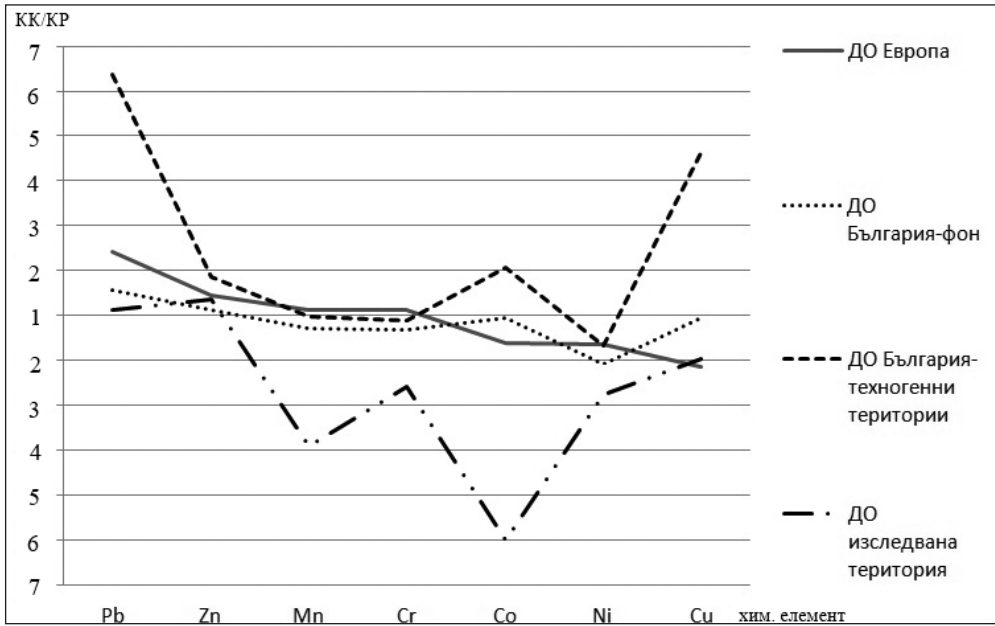
Съдържание на тежки метали (в ppm=mg/kg) в дънните отложения в района

№ проба	Местоположение	pH	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	Cd
1	Дере, шосеен път за Вълшебния извор	7,86	29	136	16	223	10	3	36	
2	Приток на р. Девня, моста при отбивката за Palinko	7,58	33	96	28	240	30	4	45	1
3	Дере – началото на р. Девня, североизточно от Суворово	7,53	4	13	12	129	6	1	9	
4	Р. Провадийска – преди града, срещу местност Шашкърните	7,55	17	203	12	253	18	4	34	1
5	Р. Провадийска – след града, северно от Солна мина, до жп линията	7,48	29	169	29	311	19	3	37	1
6	Р. Провадийска при моста на с. Разделна	7,37	38	134	23	565	66	4	53	
7	Белославско езеро, срещу фериботния комплекс	6,90	17	38	10	74	1		7	
Средно съдържание в дънните отложения на изследваната територия			24	113	18	256	21	3	32	1
Максимално съдържание в дънните отложения на изследваната територия			38	203	29	565	66	4	53	1
Минимално съдържание в дънните отложения на изследваната територия			4	13	10	74	1	1	7	1
Медиана			29	134	16	240	18	3	36	1

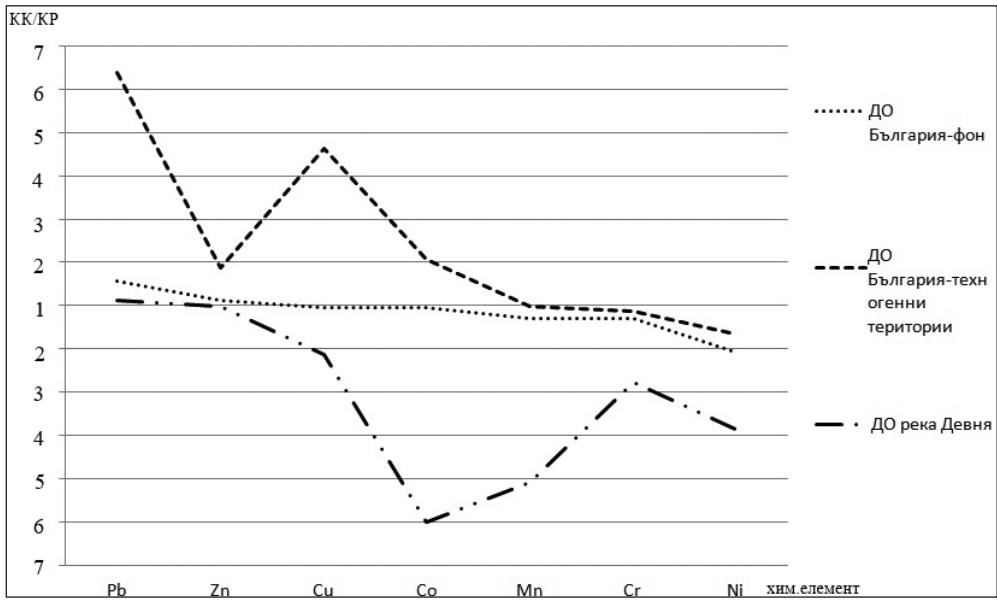
Таблица 6

Съдържание на тежки метали (в ppm=mg/kg) в дънните отложения на Европа, България и изследваната територия

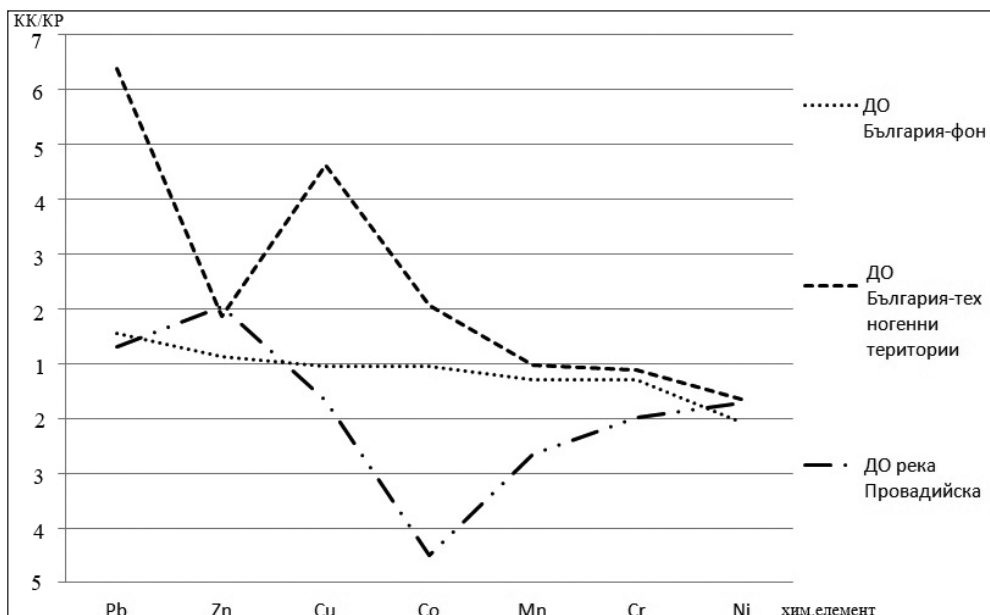
	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	Cd
Литосфера (по Виноградов, 1962)	47	83	16	1000	58	18	83	0,13
Дънни отложения на Европа (по Salminen, 2005)	22	120	39	1120	35	11	93	0,53
Дънни отложения на България – фон (по Пенин, 2003)	45	94	25	777	28	17	64	1
Дънни отложения на България – техногенни територии (по Пенин, 2003)	217	155	102	972	35	37	74	1,9
Средно съдържание в дънните отложения на изследваната територия	24	113	18	256	21	3	32	1
Средно съдържание в дънните отложения на р. Девня	22	81	18	197	15	3	30	1
Средно съдържание в дънните отложения на р. Провадийска	28	169	21	376	34	4	42	1



Фиг. 3. Геохимичен спектър на микроелементи в дънните отложения в Европа, България и водосбора на долното течение на р. Провадийска



Фиг. 4. Геохимичен спектър на микроелементи в дънните отложения в България и водосбора на р. Девня

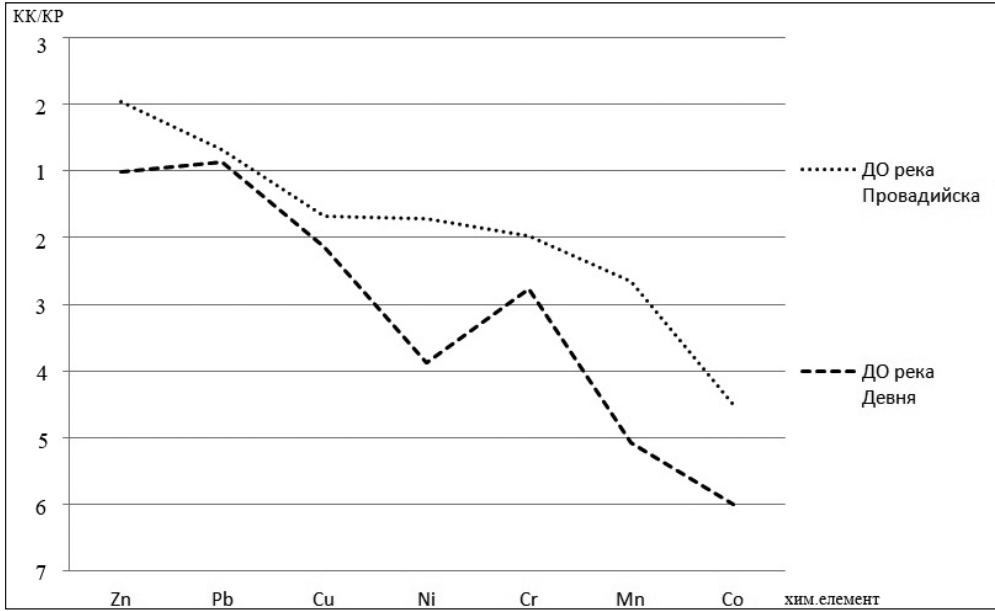


Фиг. 5. Геохимичен спектър на микроелементи в дънните отложения в България и по течението на р. Провадийска

Спрямо кларките на химичните елементи в дънните отложения в Европа са сравнени останалите стойности от речните седименти в България и в изследваната територия. Ясно се вижда, че концентрации на микроелементите в отложенията във фоновите територии в страната и тези в Европа са почти идентични, докато техногенните територии на национално ниво излъчват висока концентрация с Pb, Co и Cu. В геохимичния спектър особено се отличава КР на микроелементи в дънните отложения в района, и в частност на Mn, Cr, Co и Ni.

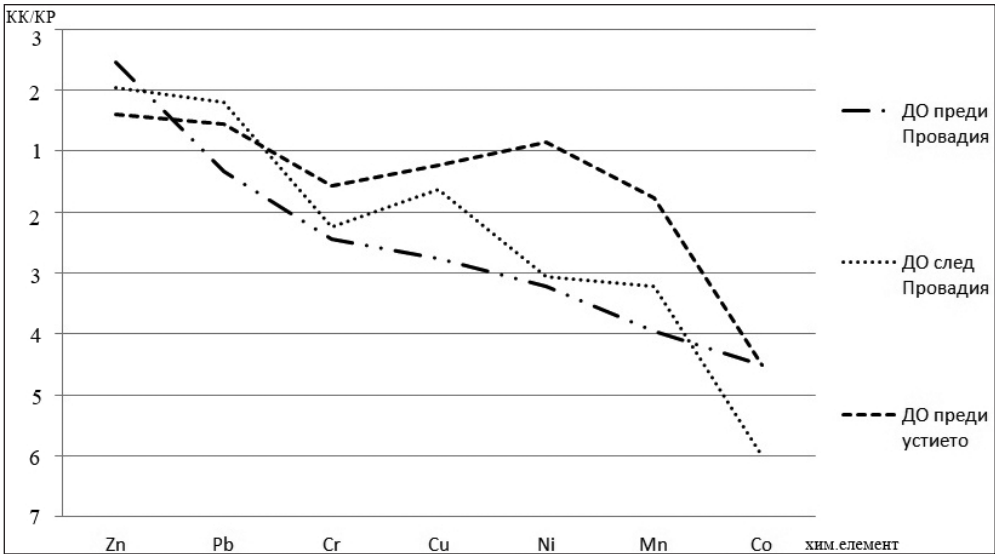
Геохимичните спектри, показани на фиг. 4 и 5, представят КК и КР на химични елементи в дънните отложения на национално ниво и тези в разглежданата територия. Водещи в графиките са фоновите стойности на тези елементи в речните седименти в България. спрямо тях са сравнени стойностите на елементите в техногенните територии и отложенията от реките Девня и Провадийска, които аналогично с предишната графика, се отличават с висок КР, най-добре обособен при Co и Mn.

На фиг. 6 е представено сравнение на геохимичните спектри на дънните отложения на главната речна артерия – р. Провадийска, и най-големия ѝ приток в изследваната територия – р. Девня. Ясно се отличава КР на елементите на р. Девня спрямо тези на р. Провадийска. Причината вероятно е по-силно изразеното карстово подхранване на р. Девня и свързаният с него специфичен химичен състав, който не позволява „свързване“ с подвижните форми на тежките метали.



Фиг. 6. Геохимичен спектър на микроелементи в дънните отложения по течението на р. Провадийска и р. Девня

На фиг. 7 е представено съпоставяне на спектрите на дънните отложения по течението на р. Провадийска преди и след гр. Провадия и преди вливането ѝ в Белославското езеро.



Фиг. 7. Геохимичен спектър на микроелементи в дънните отложения по течението на р. Провадийска

Водещи във фигурата са стойностите на химичните елементи от дънните отложения преди гр. Провадия, спрямо които са сравнени тези след населеното място и преди вливането на реката в местния ерозионен базис. Като асоциация от замърсяващи елементи с градски произход се отличават Pb, Cu и Mn.

След като изследваната територия е долното течение в системата на водосборния басейн на р. Провадийска, съдържанията на микроелементите на опробваните отложения са резултат от общото ѝ замърсяване в горните ѝ части.

В зависимост от характера на замърсяването поречието на основната речна артерия се разделя на четири зони – първата, от гара Хитрино до Провадия, е със замърсяване от земеделието и битовите води от Каспичан и Нови пазар; във втората зона водите на р. Провадийска са подложени на замърсяване от промишлеността и битовите води от Провадия; третата зона няма значителни замърсители; четвъртата се простира в последните километри от долното течение на реката, като се характеризира със замърсяване от Девненските химически заводи (Йонева, Еленов, 2000).

Според законодателството в областта на околната среда както в България, така и в Европейския съюз, до момента няма въведени единни нормирани стойности за неорганични и органични замърсители на седименти. Поради тази причина стойностите на дънните отложения от изследваната територия са съпоставени с тези, утвърдени от Агенцията за защита на околната среда в САЩ (Чолакова, Пенин, 2016, по MacDonald, Ingersoll, 2002) и тези за качеството на седиментите в провинция Онтарио, Канада (Чолакова, Пенин, 2016, по Guidelines..., 2008). При сравнението единствено съдържанията на Zn и Ni в дънните отложения на р. Провадийска превишават определените прагови концентрации (Threshold Effect Concentrations) в САЩ (за Zn – 121 mg/kg, и за Ni – 23 mg/kg). При установените норми за вероятни концентрации с вреден ефект (Probable effect concentration) не се наблюдават превишения за разглежданото пространство.

На база разгледаните досега резултати от съдържанието на тежки метали в дънните отложения на реките от изследваната територия може да се направи извод, че единственият елемент с превишаваща концентрация (Zn) в сравнение с тази на речните седименти от фоновете райони за страната се внася техногенно с отпадъчните води и продукти, изхвърляни от големите промишлени предприятия в района и някои специфични стопански дейности в селищата от проучената територия.

ИЗВОДИ

Ниските стойности на микроелементите в дънните отложения и растителността са резултат от алкалната среда на територията и по-слабата подвижност на тежките метали в нея. Местните литогеохимични особености възпрепятстват натрупването в големи количества на тежки метали в природните компоненти.

Получените резултати от геохимичното изследване на територията съвпадат с подобно проучване на района преди почти 20 години – не се отчита съществена промяна в стойностите на микроелементите в ландшафтните компоненти. По всяка вероятност това се дължи, от една страна, на малки промени

в производствените мощности на някои замърсяващи околната среда предприятия, а от друга, евентуална промяна с екологосъобразни технологии, които намаляват техногенното въздействие върху територията.

В изследваните растителни видове не се наблюдава натрупването на тежки метали и по-високи стойности имат само важните хранителни елементи за растенията - Mn, Cu, Zn и др.

Във връзка с изследванията на дънните отложения на реките в района се препоръчва установяването на пунктове за наблюдение по главната речна артерия преди гр. Провадия, след него и преди вливането в Белославското езеро, където реката е „усвоила“ в седиментите влиянието на всички антропогенни дейности от началото до края на своето течение. Повечето изследвания в района са с акцент върху хидробиологичния мониторинг на повърхностните водни тела, по-малко е физикохимичния, в частност замърсяването с тежки метали. В границите на района съществуват значителен брой пунктове за мониторинг на водите. Необходимо е да се организира такъв и при Девненските карстови извори, тъй като териториите, при които подземните води излизат на повърхността са най-уязвими към замърсяване.

ЛИТЕРАТУРА

- Аржанова, В.С., П.В. Ельпатовский.** 1990. Геохимия ландшафта и техногенез. Новосибирск, Наука./Arzhanova, V.S., P.V. Elpatevskii. 1990. Geochemistry of Landscapes and Technogenesis. Novosibirsk, Nauka. (Ru)
- Беус, А.А.** 1981. Геохимия литосфери. Москва, Недра. /Beus, A.A. 1981. Geochemistry of the Lithosphere. Moscow, Nedra. (Ru)
- Виноградов, А.П.** 1956. Геохимия редких и рассеяных химических элементов в почвах. Москва, Изд. АН СССР./Vinogradov, A. P. 1956. Geochemistry of Chemical Elements of Rare and Diffused in Soil. Moscow, Izd. AN SSSR. (Ru)
- Виноградов, А. П.** 1962. Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных породземной коры. Москва, Геохимия./ Vinogradov, A.P. 1962. The Average Content of Elements in the Main Types of Igneous Rocks of the Earth's Crust. Moscow, Geochemistry. (Ru)
- Гаврилова, И. П., Н.С. Касимов.** 1989. Практикум по геохимии ландшафта. Москва, МГУ./ Gavrilova, I. P., N. S. Kasimov. 1989. Guidance for Practical Work in Geochemistry of Landscapes. Moscow, MGU. (Ru)
- Глазовская, М. А.** 1964. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. Изд. МГУ, Москва. 320 с./ Glazovskaya, M. A. 1964. Basic Geochemical Principles of Typology and Methodology of Natural Landscape Studies. MGU, Moscow. 320 pp. (Ru)
- Глазовская, М.А., Н.С. Касимов.** 1987. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природных сред. Москва, Вест. МГУ, Сер. Геогр./ Glazovskaya, M.A., N.S. Kasimov. 1987. Landscape-Geochemical Principles of Background Monitoring of Natural Environment. Moscow, Vest. MGU, Ser. Geogr. (Ru)
- Глазовская, М.А.** 1988. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. Москва, Высшая школа./ Glazovskaya, M.A. 1988. Geochemistry of Natural and Technogenic Landscapes. SSSR. Moscow, Vysshaya shkola. (Ru)

- Горбанов, С., Л. Станчев, Й. Матов, Т. Томов, Г. Рачовски.** 2005. Агрохимия. София, Дионис./ Gorbanov, S., L. Stanchev, Y. Matev, T. Tomov, G. Rachovski. 2005. Agrochemistry. Sofia, Dionis. (Bg)
- Добровольский, В. В.** 1983. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. Москва, Мысль, 260 с. / Dobrovolskiy, V.V. 1983. Geography of Microelements. Global Dispersion, Moscow. Mysly, 260 pp. (Ru)
- Йонева, Ж., П. Еленов.** 2000. Геохимични аспекти на замърсяването с тежки метали на почвите в Девненската индустриална зона. – Проблеми на географията, кн. 1-4, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, София, с. 300-315. / Yoneva, J., P. Elenov. Geochemical Aspects of Heavy Metal Pollution in the Devnya Industrial Zone. *Problems of geography*, 1-4, Izd. BAN “Prof. M. Drinov”, pp. 300-315. (Bg)
- Касимов, Н. С.** 2013. Экогеохимия ландшафтов. ИП Филимонов, Москва. / Kasimov, N.S. 2013. Ecogeochemistry of Landscape. IP Filimonov, Moscow. (Ru)
- Китев, А.** 2017. Биогеохимично изследване на ландшафтите в Южен Пирин. - Проблеми на географията, 1-2, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, София, с. 51-61. / Kitev, A. Biogeochemical Research of the Landscapes in South Pirin. *Problems of geography*, 1-2, Izd. BAN “Prof. M. Drinov”, pp. 51-61. (Bg)
- Куйкин, С. И. Атанасов, Ю. Христов, Д. Христов.** 2001. Фонови съдържания на тежки метали и арсен в почвообразуващите скали в България. – Почвоведение, агрохимия и екология. Год. XXXVI, №1, с. 3-13. / Kujkin, S., I. Atanasov, Yu. Khristov, D. Khristov. 2001. Background Concentrations of Heavy Metals and Arsenic in the Parent Soil-forming Rocks of Bulgaria. *Bulgarian Journal of Soil Science, Agro-chemistry and Ecology*, XXXVI, №1, pp. 3-13. (Bg)
- Мирчев, С.** 1971. Химичен състав на почвите в България. Изд. на БАН, София. 307 с./ Mirchev, S. 1971. Chemical Composition of the Soils in Bulgaria. Izd. BAS, Sofia. 307 pp.(Bg)
- Пенин, Р.** 1989. Ландшафтно-геохимическая оценка заповедных территории Юго-Западной Болгарии. Москва, Канд. дис. Московски университет „М. В. Ломоносов“. / Penin, R. 1989. Geochemical Assessment of the Landscapes in the Protected Areas in South West Bulgaria. Moscow, Dissertation, Moscow University “M. V. Lomonosov”. (Ru)
- Пенин, Р.** 1992. Биогеохимична специализация на ландшафтите в резервата „Острица“. – Год. СУ, Геол.-геогр. фак., 84, 2, с. 133-145. / Penin, R. 1992. Biogeochemical Specialization of the Landscapes of “Ostritza” Reserve. *Annual of Sofia University “St. Kliment Ohridski”*, Faculty of Geology and Geography, Book 2 – Geography, Volume 84, pp. 133-145. (Bg)
- Пенин, Р.** 1994. Речният басейн като обект на ландшафтните изследвания. – В: Сб. докл. от науч. конф. „Теоретични проблеми на географското познание“, 10-11.09.1993 г., Несебър. Ун. Изд. „Св.Св. Кирил и Методий“, В. Търново, с. 155-174. / Penin, R. 1994. The River Drainage Basin as an Object of Landscape Researches. In: Proceeding papers Scientific Conference “Theoretical Problems of Geography” 10-11.09. 1993. Nesebar. Izd. “St. Kiril and Methodius”, pp. 155-174. (Bg)
- Пенин, Р.** 1997. Ръководство по геохимия на ландшафтите. Ун. изд. „Св. Кл. Охридски“, София, 130 с./ Penin, R. 1997 Geochemistry of Landscape Guide, Univ. izd. “Sv. Kl. Ohridski”, Sofia, 130 pp. (Bg)
- Пенин, Р.** 2013. Биогеохимията и геохимията на ландшафтите – в търсене на връзката между живата и неживата природа. – В: Юб. сб. „40 г. катедра ЛОПС“. София, „Булвест 2000“, с. 65-71./ Penin, R. 2013. Biogeochemistry and Geochemistry of Landscapes in Search of the Relationship Between Living and Non-Living Nature. In: 40 years of LOPS Department, Sofia, Bulvest 2000, pp. 65-71. (Bg)

- Пенин, Р., П. Тановска.** 2003. Ландшафтно-геохимични изследвания в района на гр. Видин и Дунав мост II. – Проблеми на географията, кн. 1-2, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, София, с. 57-69./ Penin, R., P. Tanovska. 2003. Landscape-Geochemical Research in the Area of Vidin and Danube Bridge II. *Problems of geography*, 1-2, Izd. BAN “Prof. M. Drinov”, pp. 57-69. (Bg)
- Пенин, Р., Д. Желев.** 2016а. Биогехимични изследвания в басейна на р. Сазлийка. – Год. СУ, Геол.-геогр. фак., кн.2- Геогр., 108, с. 155-170. / Penin, R., D. Zhelev. Biogeochemical Research in the Sazliyka River’s Catchment. *Annual of Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Geology and Geography*, Book 2 – Geography, Volume 108, pp. 155-170. (Bg)
- Пенин, Р., Д. Желев.** 2016б. Биогехимично изследване на ландшафтите в планината Огражден – В: Сб. докл. Науч. конф. „Географски аспекти на планирането и използването на територията в условията на глобални промени“, 23-25.09.2016 г., Вършец, България, ISBN: 978-619-90446-1-2. / Penin, R., D. Zhelev. 2016b. Biogeochemical Study of the Landscapes in the Ograzhden Mountain - In: Proc. Scientific Conference „Geographic Aspects of Planning and Use of the Territory in the Context of Global Changes“, Varshets, Bulgaria, ISBN: 978-619-90446-1-2, (Bg)
- Пенин, Р., Л. Семерджиева.** 2018. Ландшафтно-геохимична структура на долното течение на река Провадийска. – Проблеми на географията, кн. 1-2, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, София, с. 81-100./Penin, R. L. Semerdzhieva. 2018. Landscape-Geochemical Structure of the Lower Part of the Provadiyska River. *Problems of geography*, 1-2, Izd. BAN “Prof. M. Drinov”, pp. 81-100. (Bg)
- Перельман, А. И.** 1966. Геохимия ландшафта. Москва, Высшая школа./ Perelman, A. I. 1966. Geochemistry of Landscape. Moscow, Vysshaya shkola. (Ru)
- Перельман, А. И.** 1975. Геохимия ландшафта. Москва, Высшая школа. 333 с. / Perelman, A. I. 1975. Geochemistry of Landscape. Moscow, Vysshaya shkola. 333 pp. (Ru)
- Перельман, А. И., Н. С. Касимов.** 1999. Геохимия ландшафта. Москва, Астрей-2000./ Perelman, A. I., N. S. Kasimov. 1999. Geochemistry of Landscape. Moscow, Astrea – 2000. (Ru)
- Райков, Л., Х. Чулджиян и др.** 1984. Проблеми на замърсяването на почвата. Изд. „Земиздат“, София, 164 с. / Raykov, L., Kh. Chuldzhian et al. 1984. Problems of Soil Pollution. Izd. “Zemizdat”, Sofia, 164 pp. (Bg)
- Фортеस्कю, Д.** 1985. Геохимия окружающей среды, Москва, Прогресс. / Fortescue, D. 1985. Environmental Geochemistry. Moscow, Progres. (Ru).
- Чолакова, З., Р. Пенин.** 2016. Геохимия на микроелементния състав на дънните седименти в басейна на р. Дългоделска Огоста. - Год. СУ, Геол.-геогр. фак., кн.2 - геогр, 107, с. 107-121./ Cholakova, Z., R. Penin. 2016. Geochemistry of Trace Elements Composition in the Channel Sediments of Dalgodelska Ogosta River Catchment. - *Annual of Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Geology and Geography*, Book 2 – Geography, Volume 107, pp. 107-121. (Bg)
- * * * Биоиндикация на загрязнений наземных экосистем. 1988. Москва, Мир./Bioindication of Pollution of Land Ecosystems. 1988. Moscow, Mir. (Ru)
- * * * Почвена характеристика на Девня, Варненски окръг. София, ИП „Н. Пушкар“./ Soil Characteristic of Devnya, Varna District. Sofia, IP “N. Pushkarov”. (Bg)
- * * * Почвено-агрохимическа характеристика на ТКЗС „Б. Желев“ гр. Провадия, Варненски окръг. 1966. София, ИП „Н. Пушкар“. / Soil-Agrochemical Characteristic of TKZS „B. Zhelev”, Provadiya, Varna District. 1966. Sofia, IP “N. Pushkarov”. (Bg)
- * * * Техногенез и биогехимическа еволюция на таксонов биосфери. – Тр. Биогехимической лаборатории. 2003. т. 24, Москва, Наука./ Technogenesis and Biogeochemical Evolution of the Biosphere’s Taxa – *Biogeochemical laboratory*. 2003. Volume 24, Moscow, Nauka. (Ru)

- Berrow, M. L., J. C. Buridge.** 1979. Sources and distribution of trace elements in soils and related crops, – In: Proc. Int. Conf. on Management and Control of Heavy Metals in Environment, CEP Consultants Ltd., Edinburg, U.K., 304 pp.
- Bowen, H. J. M.** 1979. Environmental chemistry of the elements, N.Y, Academic Press.
- Greger, M.** 1999. Metal availability and bioconcentration in plants. In: *Heavy Metal Stress in Plants*, eds. M. N. Prasad, J. Hagemeyer, 1–27, Springer, Berlin.
- Hughes, M. K., N.W. Lepp, D.A. Phipps.** 1980. Aerial heavy metal pollution and terrestrial ecosystems. – *Adv. Ecol. Res.*, Vol. 11.
- Kabata – Pendias, A.** 2011. Trace elements in Soils and Plants. Fourth ed., CRC Press, Taylor & Francis Group, 405 pp.
- MacDonald, D. D., C. G. Ingersoll.** 2002. A Guidance Manual to Support the Assessment of Contaminated Sediments in Freshwater Ecosystems. Volume III – Interpretation of the Results of Sediment Quality Investigations. US EPA-905-B02-001-C.
- Norrish, K.** 1975. The geochemistry and mineralogy of trace elements. – In: Trace elements in soil-plant-animal systems, N. Y.
- Salminen, R. et al.** Geochemical Atlas of Europe. 2005. Electronic version. Available at: <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/index.php>
- * * * Guidelines for Identifying, Assessing and Managing Contaminated Sediments in Ontario: An Integrated Approach. 2008. Ontario Ministry of Environment, Queen’s Printer for Ontario, 107 p.