

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 112

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY

Volume 2 – GEOGRAPHY

Volume 112

ОТПЕЧАТЪКЪТ НА РУДОДОБИВА: ЕКОГЕОХИМИЧНА ОЦЕНКА НА ЗАМЪРСЯВАНЕТО С ТЕЖКИ МЕТАЛИ В БЪЛГАРСКАТА ЧАСТ НА ПЛАНИНАТА ОСОГОВО

ДИМИТЪР ЖЕЛЕВ¹, РУМЕН ПЕНИН¹, ТАНЯ СТОИЛКОВА²

¹Катедра „Ландшафтна екология и опазване на природната среда“

²Катедра „Минералогия, петрология и полезни изкопаеми“

e-mails: zhelev@gea.uni-sofia.bg, r.penin@abv.bg, tstoilkova@gea.uni-sofia.bg

Dimitar Zhelev, Rumen Penin, Tanya Stoilkova. THE FOOTPRINT OF ORE MINING:
AN ECOGEOCHEMICAL ASSESSMENT ON THE CONTAMINATION WITH HEAVY
METALS IN THE BULGARIAN SIDE OF OSOGOVO MOUNTAIN

The article is dedicated to the ore mining footprint on the environment of Osogovo Mountain in terms of heavy metals' content in the river sediments. The landscapes have been damaged by mining activities in the second half of 20th century and the river catchments are contaminated with heavy metals.

The geochemical status of the landscapes is evaluated on the basis of own field and laboratory research of the territory – collecting river sediments' samples, geochemical analysis, drawing geochemical spectrums and interpretation. The investigated elements are Cu, Zn, Ni, Mn, Co, Cr, and Pb. The heavy metals' content in the selected river catchments is identified. In addition the identified geochemical background of the mountain is compared with some neighboring mountainous areas and the major rock types in Bulgaria.

The depicted geochemical status of river sediments in the Osogovo Mountain displays the significant human impact on the environmental status of the mountain and potential threat to the health and life of people.

Key words: human impact, rivers, environment, pollutants, sediments, geochemistry.

УВОД

Обект на изследване в настоящата статия са дънните отложения (речните седименти) в горните течения на реките, извиращи от българската част на планината Осогово, която е разположена на границата между Република България и Република Северна Македония. Предметът на изследването е свързан с установяването и интерпретирането на съдържанието на тежки метали в дънните отложения на изследваните реки в контекста на антропогенното геохимично въздействие. Основна цел на изследването е установяването на ландшафтно-геохимичната картина по отношение на съдържанието на тежки метали (Cu, Pb, Zn, Cr, Co, Mn, Ni) в териториите с преустановени рудодобивни дейности и във фоновите (резерватни) територии.

Екогеохимическата оценка на дадена територия се основава на анализа и специфичните особености на природните и техногенни потоци вещества в рамките на водосборни басейни от различен порядък. Затова е необходимо комплексно изследване на аквалните ландшафти на речната мрежа на дадена територия и на влиянието на локалните техногенни източници, както и фоновата геохимична картина на териториите на басейните.

Един от най-информативните обекти, позволяващи разшифроването на особеностите на миграция и концентрация на химичните елементи и съединения в природните комплекси, са дънните отложения (речните седименти, утайки). Често ги наричат „огледалото“ на аквалните ландшафти (Глазовская, Касимов 1987; Касимов, Пенин 1991; Касимов 2013). Актуалността от изучаването на дънните отложения (ДО) в реките е предизвикана от забелязващия се през последните десетилетия преход на ландшафтно-геохимични изследвания от локално на регионално ниво, където дънните 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).

Изследването на геохимичните параметри на дънните отложения имат практическа значимост при откриването на полезни изкопаеми, установяване и решаване на конкретни проблеми, свързани със замърсяването на околната среда, разкриване на техногеохимични ореоли и др. Представените резултати са сравнени с подобни изследвания, направени в западните гранични планини.

Археологически проучвания сочат, че в планината Осогово са се добивали руди още в древността по горното течение на р. Бистрица (р. Главна). Открити са следи от Средновековието, когато саксонски рудари са добивали метали в района. Изследването на находищата на оловно-цинкови руди започва през XIX в. Френският учен геолог Ами Буе посещава Осоговския и Кратовския район и в своя труд „Европейска Турция“ отбелязва наличието на руди в тях върху приложената геоложка карта. През 1882 г. проф. Георги

Златарски и Константин Иречек посещават находищата на руди в Осогово. В книгата на професора „Рудите в България“ е споменат и Осоговският район.

През 50-те години на XX в. се произвеждат системни проучвания на оловно-цинковите находища и постепенно започва усвояването на рудните ресурси, като е въведен в експлоатация геоложки обект „Осогово“ (1953) и по-късно МОК „Осогово“ (1966). След социално-икономическите промени от края на XX в. работата на обектите постепенно се преустановява в периода 1997–2000 г.

ТЕОРЕТИЧНИ И МЕТОДОЛОГИЧНИ ОСНОВИ НА ПРОУЧВАНЕТО

Основен метод на изследване е ландшафтно-геохимичният. Чрез него са използвани показатели, с помощта на които се определят връзките и съотношенията между химичните елементи и техните съединения в различните природни обекти. Съдържанието на химичните елементи в различните типове скали на земната кора обикновено се отличава от кларка (К) в литосферата. Тази разлика се изразява количествено чрез понятието „кларк на концентрация“ (КК) и представлява отношението между съдържанието на даден елемент в определен природен обект (почвен хоризонт, изветрителна кора, растителност, дънни отложения, повърхностни води и др.) – C_i и кларка на същия елемент в литосферата – К:

$$КК = \frac{C_i}{K} > 1$$

Тази величина е винаги по-голяма от 0 и ако $КК = 1$, то съдържанието на елемента в обекта е равно на съдържанието му в литосферата. Когато 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:

$$КР = \frac{K}{C_i} > 1$$

Прието е получените данни за тези коефициенти да се изобразят чрез геохимични спектри. Това позволява възприемането на резултатите за концентрация или разсейване на елементите в природните обекти. Показателите КК и КР са използвани при изготвянето на интерпретацията и анализа на геохимичните спектри на дънните отложения (наслаги, утайки), взети при теренни изследвания в планината Осогово.

Пробите от дънни отложения са събрани по време на теренни изследвания през месец юли 2017 г. Работата е извършена в съответствие с определена методика, разработена и прилагана от специалисти в тази област (Глазовская 1964; Перелман 1975; Фортескю 1985; Пенин 1989, Чолакова 2016 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) и

хром (Cr). При интерпретацията на получените резултати е необходимо да се има предвид механичният състав на отложенията. Той е резултат от състава на скалите, денудационните процеси и особеностите на почвите. В района на изследваната територия 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 хапан и пресети през сита с размер 63 μm (за анализ на микроелементния им състав) и 2 mm (за анализ на рН). Химичните анализи на пробите от дънните отложения са извършени в Лабораторията по геохимия на ГГФ на СУ след изгаряне при 500 °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 рН на почвените проби са определени във воден разтвор при съотношение почва:вода 1:2,5 след престой 18 часа.

АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

В табл. 1 са представени резултатите от геохимичните анализи на общото съдържание на изследваните елементи в дънните отложения на реки от района на проучване. Резултатите показват наличие на асоциация от микроелементи с повишени съдържания на Pb, Zn, Ni за повечето от пробите. Минните разработки както в по-високите части на планината, така и в по-долните части на речните течения дават пряко отражение върху микроелементния състав на отложенията. Антропогенната дейност в местата на рудопроявление е била твърде интензивна. Направените сондажи и натрупаните насипи по склоновете и подножията до наши дни оказват влияние върху състава на дънните отложения на местните по-големи реки и техните притоци. Опитите за рекултивация са недостатъчни (или напълно липсват) и разсипните преработени материали са основна причина за високите стойности на посочените тежки метали в голяма част от ландшафтните на планината. Ето защо в случая се установяват типични техногенни геохимични аномалии, предизвикани от човешката дейност в планината Осогово.

Пробите от резервата „Църна река“ в обсега на планината показват фонове стойности на проучените микроелементи, т.е. без замърсяване. Това явно свидетелства за значимия геохимичен отпечатък на рудодобива върху природната среда на тази българска планина.

Таблица 1

Table 1

Съдържание на тежки метали в дънните отложения
на реките в планината Осогово (mg/kg)
Concentration of heavy metals in the river sediments
of Osogovo Mountain (mg/kg)

Описание	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	pH	Координати
Горно течение на р. Елешница, участък с минни разработки	72	196	1881	1862	254	12	21	7,15	г.ш. 42°8'20" N г.д. 22°33'51" E н.в. 1280 m
Горно течение на р. Елешница след участък на минни разработки	43	188	337	651	107	89	11	7	г.ш. 42°7'40" N г.д. 22°33'14" E н.в. 1150 m
Горно течение на Църна река – в резерват „Църна река“	15	155	94	467	9	10	14	6	г.ш. 42°9'49" N г.д. 22°33'35" E н.в. 1600 m
Горно течение на р. Малечка речица, участък без минни разработки	6	42	33	106	79	3	3	6	г.ш. 42°11'34" N г.д. 22°35'11" E н.в. 1730 m
Горно течение на р. Млачка, участък без минни разработки	4	40	34	114	31	4	1	7	г.ш. 42°11'51" N г.д. 22°35'36" E н.в. 1730 m
Горно течение на р. Кюстендилска Бистрица след зона минни разработки	70	195	687	545	123	10	12	7	г.ш. 42°12'13" N г.д. 22°32'45" E н.в. 1280 m
Горно течение на р. Кюстендилска Бистрица преди с. Гърляно	32	179	325	454	57	8	12	7	г.ш. 42°14'52" N г.д. 22°33'27" E н.в. 1020 m
Средно аритметично съдържание	34	142	484	600	94	8	10	7	–
Средно съдържание (медиана)	38	118	957	984	132	3	11	6	–
Средно съдържание в територии, в които са добивани руди	54	189	807	878	135	10	14	7	–
Средно съдържание във фонові територии	8	79	54	229	40	6	6	6	–
Максимално измерено съдържание	72	196	1881	1862	254	12	21	7	–
Минимално измерено съдържание	4	40	33	1062	9	3	1	5	–

Таблица 2

Table 2

Средни съдържания на тежки метали в дънни отложения на реки (mg/kg)
Average concentrations of heavy metals in river sediments (mg/kg)

Дънни отложения	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Литосфера ¹	47	83	16	1000	58	18	83
Дънни отложения в Европа ²	22	120	39	1120	35	11	93
Дънни отложения на България – фон ³	45	94	25	777	28	17	64
Дънни отложения на България – техногенни територии ³	217	155	102	972	35	37	74
Средно аритметично съдържание за планината Осогово	34	142	484	600	94	8	10
Средно съдържание в територии на планината Осогово, в които са добивани руди	54	189	807	878	135	10	14
Средно съдържание във фоновите територии на планината Осогово	8	79	54	229	40	6	6

(¹) по Виноградов 1962; ²) по Salminen 2005; ³) по Пенин 2003)

За наличието на антропогенните техногенни ореоли може да се съди и по сравнението на повишените концентрации в отложенията на реките и съдържанията на микроелементи в типовете скали на страната (табл. 3) и тези в района на проучване. Като цяло планината е изградена от кристалинни скали, в които е внедрен голям гранитен плутон. Пресечена е на места от терциерни вулканични тела, представени предимно от дацити и риодацити – кисели магматични скали, с които се свързват оловно-цинковите находища. Затова в табл. 1 са осреднени отделно общите съдържания на микроелементите в районите на добив на руди и тези във фоновите райони.

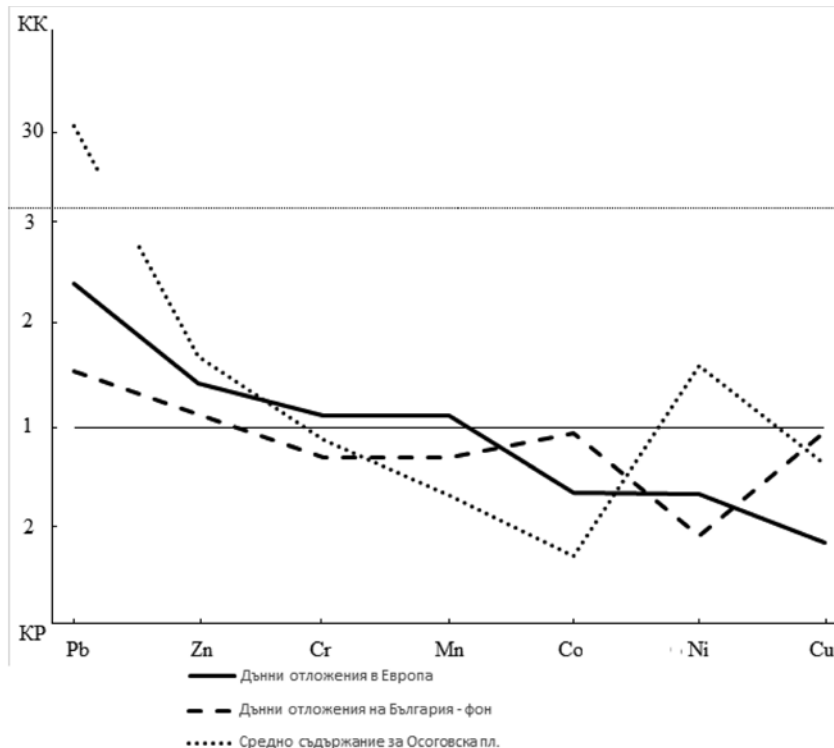
На основата на получените данни от анализите в табл. 1 и 2 са построени няколко геохимични спектри, позволяващи да се установят асоциациите от концентриращи се и разсейващи се микроелементи в дънните отложения на проучените територии от планината Осогово. По този начин може да се установят, от една страна, причините за миграцията на микроелементите по воден път, а от друга – да се разкрие пространствената картина на геохимичните особености на тежките метали в антропогенизираните и фоновите райони.

Общото съдържание на микроелементите в дънните отложения в изследваната територия е сравнено със съдържанията им в литосферата, в дънните отложения в Европа и България (табл. 2). Стойностите са представени и в геохимичен спектър чрез коефициентите КК и КР (фиг. 1).

Средно съдържание на тежки метали по групи скали в България¹ (mg/kg)
Average content of heavy metals in rock groups in Bulgaria (mg/kg)

Средно съдържание	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Скали в България	32	53	26	743	77	16	108
Кисели магмени скали в България	8	28	30	370	6	3	8
Кисели метаморфни скали в България	20	50	20	287	10	11	34

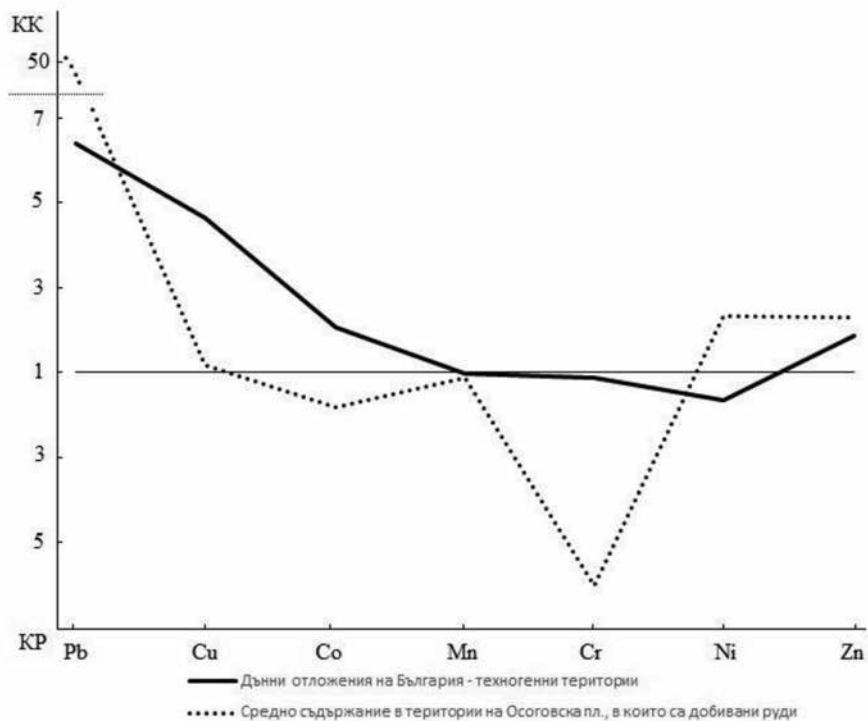
⁽¹⁾ по Куйкин и кол. 2001)



Фиг. 1. Геохимичен спектър на концентрацията на тежките метали в дънните отложения на Европа, България (фон) и в планината Осогово.

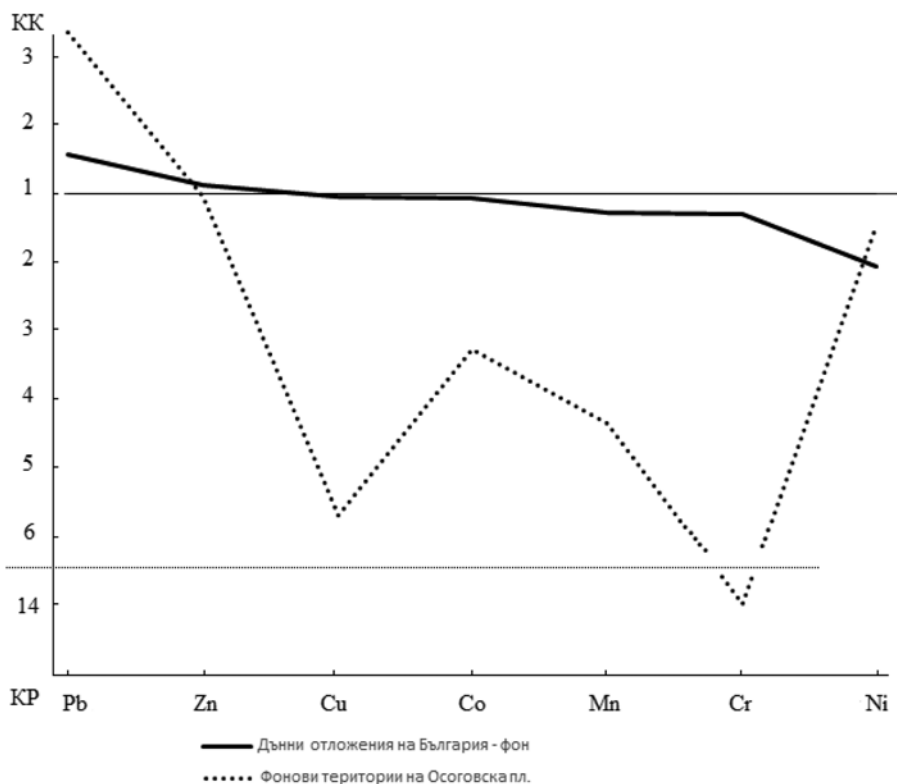
Fig. 1. A geochemical spectrum of the heavy metals' concentration in the river sediments of Europe, Bulgaria (background territory) and the Osogovo Mountain

В геохимичния спектър на фиг. 1 се откроява особено високата концентрация на оловото ($КК > 30$) и в по-малка степен на цинк и никел спрямо другите два сравняеми обекта. С най-висока стойност на КР е кобалтът, а общото му съдържание в дънните отложения на района е едва 7,94 mg/kg. Останалите микроелементи са близки стойности на коефициента на концентрация и на разсейване.



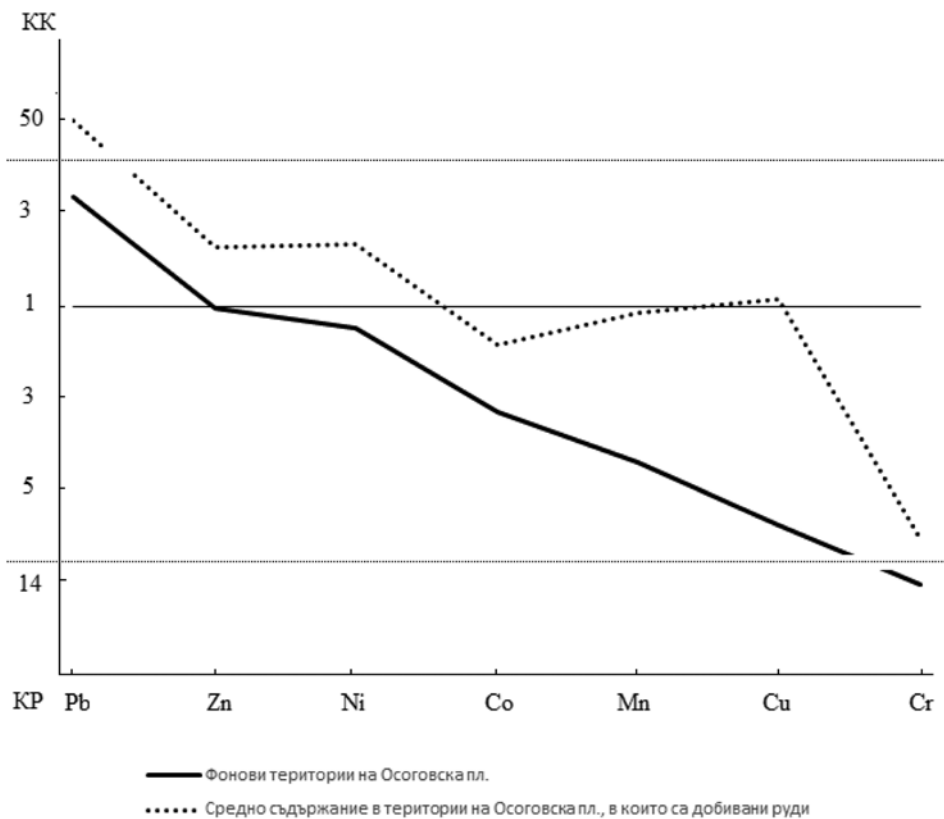
Фиг. 2. Геохимичен спектър на концентрацията на тежки метали в дънните отложения в техногенни територии в България и в районите на рудодобив в планината Осогово
 Fig. 2. A geochemical spectrum of the heavy metals' concentration in the river sediments in technogenic landscapes and in the areas of ore mining in the Osogovo Mountain

В сравнение с дънните отложения в техногенните територии на България (фиг. 2) концентрациите на Pb са най-високи КК = 50, а на Ni и Zn също превишават техногенните стойности за страната, докато всички останали елементи са с по-ниски концентрации, особено Cr. Манганът е с почти еднакви концентрации в сравняемите обекти.



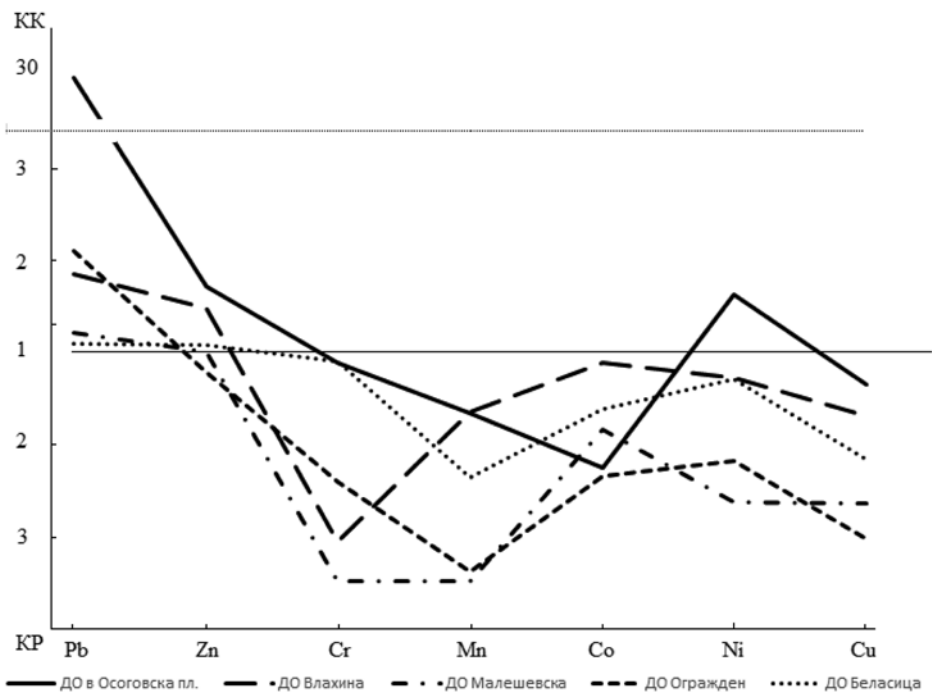
Фиг. 3. Геохимичен спектър на концентрацията на тежки метали в дънните отложения във фонови територии на България и във фонови територии в планината Осогово
 Fig. 3. A geochemical spectrum of the heavy metals' concentration of the river sediments in the Bulgaria's and Osogovo Mountain's background territories

На фиг. 3 е представен геохимичният спектър на концентрациите на микроелементи във фонови територии на България и фонови територии на проучения район. От него ясно се вижда, че дори в пробите от фонови райони на Осогово оловото и никелът са с по-високи концентрации, а цинкът е с почти еднакви стойности за сравняваните обекти. С най-висока стойност на КР = 14 е хромът – с общо средно съдържание в местния фон 5,82 mg/kg. Медта също има висока стойност на КР = 5,6.



Фиг. 4. Геохимичен спектър на концентрациите на тежки метали във фонові територии и в територии, на които е добивана руда в планината Осогово
 Fig. 4. A geochemical spectrum of heavy metals' concentration in the background and the ore mining territories of the Osogovo Mountain

На получения геохимичен спектър особено ясно личат повишените концентрации на всички проучени микроелементи в районите, в които се е добивала руда, в сравнение с фоновите територии. С най-висока стойност на КК е оловото, следвано от цинк, никел, мед. Останалите микроелементи са с невисоки стойности на КК, но по-ниски от тези на същите микроелементи във фоновите територии на изследвания район. Този спектър добре онагледява създаването на техногенна геохимична аномалия в дънните отложения по течението на реките, предизвикана от засилената антропогенна дейност в района на проучване (рудодобив).



Фиг. 5. Геохимичен спектър на концентрациите на тежки метали в дънните отложения на реките в Осогово, Влажина планина, Малешевска планина, Огражден и Беласица
 Fig. 5. A geochemical spectrum of the heavy metals' concentration in the mountains of Osogovo, Vlahina, Maleshevska, Ograzhden, and Belasitsa

Направените геохимични изследвания на пограничните планини с Република Северна Македония позволяват да се сравнят геохимичните спектри на изследваните микроелементи в реки от българската част на планините (Пенин 1989; Тодоров и др. 2013, Тодоров и др. 2016, Пенин и Желев 2018).

На спектъра проличава много добре асоциацията от тежки метали с най-високи концентрации в дънните отложения в реките на планината Осоговско в сравнение с останалите обекти – Pb, Zn, Ni, Cr и Cu. Манганът и кобалтът са със съпоставими стойности на КР с повечето от концентрациите в реките на другите планини. Спектърът показва, че концентрациите на тежки метали в планините южно от Осогово имат по-близки стойности на КК и КР с тези на концентрациите в дънните отложения във фоновите райони от страната. С близки стойности на КР за тези планини са хром, манган, никел и мед.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В съвременната екологична политика приоритет представляват проблемите с организацията и функционирането на мониторинга на околната среда. Във връзка с това особено важно значение е разкриването на геохимичната картина както на фонови, относително слабо нарушени в антропогенно отношение територии, така и на територии със съществени антропогенни нарушения. Разгледаните проблеми със съдържанията на тежки метали в дънните отложения на реките от планината Осогово дават основа за проследяване на пространствената миграция и концентрация на микроелементите с важно екологично значение.

В дънните отложения от проучените реки е установена асоциация от микроелементите Pb, Zn и Ni с относително висока концентрация. Налице е пряко въздействие на местната литогеохимия върху състава на отложенията. Основна причина за пиковите стойности в отделни речни течения е недобре проведената рекултивация на терените, използвани за рудодобив, пръснати на няколко ареала в изследваната територия.

В проучения район ясно се очертават две категории зони: зони на относително силно техногеохимично натоварване, което е резултат от разработването през втората половина на XX в. на находищата на оловно-цинкови руди, и зони с фонов характер, в които съдържанията на тежки метали са съпоставими със състава на местните скални формации и с фоновите стойности за дънни отложения за страната.

Идеята за организиране на биосферен парк в планината (в трансгранично сътрудничество с Република Северна Македония) е трудноприложима предвид степента на антропогенизация на ландшафтите и съществуващите нормативни рамки в двете държави. Обсъждането и евентуалното реализиране на природен парк в планината Осогово би трябвало да включи и програма (план) за пълноценно рекултивиране на районите с изоставени рудници с цел намаляване на негативното геохимично въздействие (замърсяване с тежки метали) върху природните компоненти. Съществуващите рибарници по долината на силно замърсената с олово р. Кюстендилска Бистрица (над с. Гърляно) са потенциално опасни за човешкото здраве по отношение на рибата, която се отглежда и реализира на пазара за консумация от хората.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научното изследване, представено в публикацията, бе осъществено във връзка с реализирането на проект „Проучване на съвременните ландшафти и ландшафтно-екологичното състояние на Осоговската планина“ (номер на договора: 80-10-230/09.05.2017) към Фонда за научни изследвания на СУ „Св. Климент Охридски“. Авторите на публикацията изказват благодар-

ност към администрацията на Университета за цялостното съдействие по време на реализирането на проекта.

ЛИТЕРАТУРА

- Атанасов, Бл. 2016. Геоложки обект „Осогово“, <http://beam-kn.info/bg/index.php/en/lyubopitno/58-geolozhki-obekt-osogovo>, посетен на 01.03.2019 г.
- Виноградов, А. П. 1962. Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. М.: Геохимия.
- Глазовская, М. А. 1964. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд. МГУ.
- Глазовская, М. А., Н. С. Касимов. 1987. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природных сред. – *Вест. МГУ*, Сер. Геогр.
- Касимов, Н. С., Р. Пенин. 1991. Геохимическая оценка состояния ландшафтов речного бассейна по донным отложениям. – *Мониторинг фонового загрязнения природных сред*. Вып. 7. Л: Гидрометеоиздат.
- Касимов, Н. С. 2013. Экогеохимия ландшафтов. М.: Филимонов.
- Куйкин, С., И. Атанасов, Ю. Христова и др. 2001. Фонови съдържания на тежки метали и арсен в почвообразуващите скали в България. – *Почвознание, агрохимия и екология*, XXXVI, № 1. С., 3–13.
- Пенин, Р. 1989. Ландшафтно-геохимическая оценка заповедных территории Юго-Западной Болгарии. М., Канд. дис. Московски университет „М. В. Ломоносов“.
- 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., гр. Несебър. Велико Търново: Университетско издателство „Св. св. Кирил и Методий“.
- 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, Т. Стоилкова. 2017. Екогеохимични проучвания на ландшафтите в планината Огражден (Югозападна България). – *Год. на СУ*, ГГФ, кн. 2 – География, т. 109.
- Пенин, Р., Д. Желев. 2018. Ландшафтно-геохимическите изследвания в пограничните горах Юго-Западной Болгарии. – В: Сб. докладов „100-летие Федора Николаевича Милькова“. XIII Международная ландшафтна конференция. ВГУ, Воронеж.
- Перельман, А. И. 1975. Геохимия ландшафта. Высшая школа, М.
- Перельман, А. И., Н. С. Касимов. 1999. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000.
- Тодоров, Н., М. Контева, Р. Пенин и др. 2013. Съвременна структура на ландшафтите в Северния дял на Влахиана планина. – *Год. на СУ*, ГГФ, т. 105.
- Тодоров, Н., Р. Пенин, З. Чолакова и др. 2016. Пространствена структура, функциониране и геохимически проблеми в Малешевска планина. – *Год. на СУ*, ГГФ, кн. 2 – География, т. 108.
- Фортескью, Д. 1985. Геохимия окружающей среды. М.: Прогресс.
- Чолакова, З. 2016. Ландшафтно-геохимични изследвания в басейна на р. Искър между гр. Нови Искър и гр. Мездра, дисерт. СУ, София.

SUMMARY

THE FOOTPRINT OF ORE MINING: AN ECOGEOCHEMICAL ASSESSMENT ON THE CONTAMINATION WITH HEAVY METALS IN THE BULGARIAN SIDE OF OSOGOVO MOUNTAIN

The Osogovo Mountain is located in the South West part of Bulgaria on the border with Republic of North Macedonia. The mountain is rich of lead-zinc ores which used to be a subject of extraction in the second half of the 20th century. The ore mining ended in 1990s due to economic reasons. Nowadays there is still significant footprint in nature caused by the past mining activities. One of the indicators is of this impact is the geochemical anomalies in the natural components of the landscapes.

The current research surveys the content of heavy metals (Pb, Zn, Cu, Mn, Ni, Cr and Co) in the river sediments alongside the catchments of the Osogovo Mountain. The fieldtrip was conducted in 2018 as a part of a Sofia University funded project on the natural status of the mountain.

The researched data is compared with the results for the neighboring mountains with similar genesis which have been investigated in earlier surveys. The current results also are compared with the relative data for Europe and Bulgaria.

The results of study show that two types of river catchments could be identified in terms of heavy metals' concentration. First type is of river catchments with significantly increased concentration of Pb (1881 mg/kg) and Zn (196 mg/kg). The second type is of river catchments with concentration of heavy metals (Pb – 33-100 mg/kg; Zn – 40 mg/kg) relative to the content of the mountain bedrock (granite, schist, etc.). There is absolute correlation between the contaminated river catchments and the locations of abandoned mining facilities.

In conclusion the obtained results prove heavy metals' contamination of particular river catchments which is a serious issue in terms of environmental protection and sustainability. Moreover in one of the catchments there is a fish farm and the produced fish might be a threat for the health and life of people who consume it.

Постъпила април 2019 г.