

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 115–116

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY

Book 2 – GEOGRAPHY

Volume 115–116

ПРЕДМОНИТОРИНГОВО ИЗСЛЕДВАНЕ ЗА СЪДЪРЖАНИЕ НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ В ПОЧВИТЕ ОТ РАЙОНА НА АДА ТЕПЕ (ИЗТОЧНИ РОДОПИ)

РУМЕН ПЕНИН¹, ДИМИТЪР ЖЕЛЕВ¹, ТАНЯ СТОИЛКОВА²

¹*Катедра „Ландшафтна екология и опазване на природната среда“*

²*Катедра „Минералогия, петрология и полезни изкопаеми“*

e-mail: zhelev@gea.uni-sofia.bg

Rumen Penin, Dimitar Zhelev, Tanya Stoilkova. A PREMONITORING RESEARCH FOR HEAVY METALS CONTENT IN THE SOILS OF THE ADA TEPE AREA (EASTERN RHODOPES)

The article displays the estimated regional content of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Mn, Cr, Ni, and Co) in the soils of the Ada Tepe Area (Eastern Rhodopes). In 2015, soils of local landscapes were examined as a part of the environmental assessment of the area before the launch of the gold mining site of Ada Tepe.

The content of heavy metals in their profiles is assessed by applying the Clarke concentration and Clarke dispersion coefficients. Geochemical spectrums are drawn to display the obtained geochemical data of the landscapes. Graphics show the lateral distribution of heavy metals in the soils. These soils have a substantial anthropogenic impact, which is the established increased contents of the association of trace elements Zn, Cr, Ni, Cu, and Co.

Keywords: soils, heavy metals, contamination, gold mining, landscapes, geochemistry

УВОД

През лятото на 2015 г. бе проведено комплексно изследване в геохимично отношение на ландшафтите в района на възвишението Ада Тепе в басейна на р. Крумовица в Източните Родопи (Пенин, Желев, 2020; Zhelev, Penin, 2021). Целта на комплексното проучване бе установяването на стойностите за

съдържание на тежки метали в компонентите на природната среда в района преди началото на индустриалната златодобивна дейност при едноименното находища „Ада тепе“.

Настоящата статия е логично продължение на поредица ландшафтно-геохимични проучвания в пограничните планини на Югозападна България и Северна Гърция (2011-2021 г.). Това позволява да се направят сравнения с получените резултати за съдържанията на същите микроелементи в почвите на тези планини.

В статията се анализират и интерпретират получените геохимични резултати от полевите и лабораторните изследвания и са направени сравнения с почвите в други обекти. Подобни проучвания дават основание за провеждането на системни геохимични наблюдения в рамките на мониторинга на природната среда (Ландшафтно-геохимическите..., 1989).

Установяването на представените в статията резултатите е важен елемент от бъдещия екологичен мониторинг за геохимичното въздействие на рудника върху природата на Източните Родопи. Наличието на подобни изследвания е предпоставка за институционален и граждански екологичен контрол.

МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Обектът на настоящето изследване са ландшафтите в планините в района на възвишението Ада тепе (възвишение Източните Родопи – водосборен басейн на р. Крумовица). Предметът на изследването е съдържанието на тежки метали (Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co, Cr) в почвите като интегрален информационен компонент на ландшафтите в района на Ада тепе. Изследването е осъществено преди началото на индустриалната миннодобивна дейност при едноименното златно находище през 2018 г., заради което резултатите са с предмониторингови стойности, т.е. отразяват геохимични характеристики на средата преди потенциално антропогенно геохимично въздействие върху територията.

Основни цели на изследването са установяването на фоново състояние на природните комплекси и предоставянето на база данни за идентифициране на потенциално негативно антропогенно въздействие по отношение на ландшафтно-геохимичната структура и неговата степен в изследваните планини. За постигането на тези цели са проучени съдържанията на асоциация от тежки метали (Cu, Pb, Co, Zn, Mn, Ni, Cr) в повърхностните хоризонти на почвите. Изследването е извършено на базата на 20 събрани почвени проби от А-хоризонт (500 g суха почва всяка една от тях).

Ландшафтно-геохимичното изследване на почвите на Ада тепе е извършено въз основа на сравнителен анализ чрез установяване на концентрациите на химичните елементи в почвите и съпоставянето им с осреднени стойности за литосферата, света, България и Северна Гърция. Съдържанието на химичните елементи в различните типове скали на земната кора обикновено се отличава

от кларка в литосферата. Тази разлика се изразява количествено чрез понятието „кларк на концентрация” (КК). То представлява отношението между съдържанието на даден елемент в определен природен обект (почвен хоризонт, изветрителна кора, растителност, повърхностни води и др.) – C_i и кларка на същия елемент в литосферата – K :

$$KK = > 1$$

Тази величина е винаги по-голяма от 1 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:

$$KR = > 1$$

Сравнителният подход е с водещо значение при ландшафтно-геохимичните изследвания – необходимо е да се сравнят различни системи по разпределението на химичните елементи в тях. В тези случаи е най-добре получените данни да се изобразят в така наречените геохимични спектри. Те улесняват възприемането на резултатите за концентрация или разсейване на елементите в природните обекти. Показателите КК и КР са използвани при изготвянето на интерпретацията и анализа на геохимичните спектри на почвите, взети при теренната работа в района на Ада Тепе.

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

Събраните по време на полевия сезон проби са изсушени, квартовани, стрити в порцеланов хаван и пресети през сита с размер 63 μm (за анализ на микроелементния им състав) и 2 mm (за анализ на рН). Химичните анализи на почвените проби са извършени в Лабораторията по геохимия на Геолого-географски факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ 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.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Почвите на района на изследване имат общи генетични и геохимични черти. Сходната литогеохимия, климатичните условия и характера на растителната покривка определят спецификата на почвообразуващите процеси. Латералните геохимични потоци оказват в една или друга степен влияние върху формирането на почвите, особено тези, разположени по склоновете и подножието на склоновете. Събраните почвени проби са от канелени горски почви (*Luvisols*), алувиални и делувиално-пролувиални почви (*Fluvisols*). В някои части на района почвеното разнообразие се определя и от относително високото съдържание на литомаса в почвения профил, диференцирана специфично за всеки почвен тип.

Резултатите от направените лабораторни изследвания са представени в табл. 1. В нея събраните проби са привързани към координатната мрежа, и са представени резултатите от лабораторните изследвания за общите съдържания на тежки метали в почвените проби. Установени са максималните и минимални съдържания за отделните микроелементи и са изчислени средните аритметични стойности. За средното съдържание на всеки микроелемент представителна се явява медианата (ме) на статистическата редица. От методична гледна точка това е оправдано за използването при сравнението със съдържанията на изследваните тежки метали в скалите на България – общо и по отделни типове скали, където за представителна също е приета стойността на медианата на статистическата редица. Според авторите на геохимичния атлас на Европа (Tarvainen, Reeder, Albanese, 2005) медианата на статистическата редица от геохимични данни отразява най-добре типичните концентрации, отколкото средната аритметична стойност. Затова при анализа се работи с нея.

Спецификата на почвообразуващите процеси зависи от местната литогеохимия, климатичните особености и характера на растителността. На места е установено отсъствие на почвена покривка, като се открива почвообразуващата скала. Върху формирането на състава на почвите по склоновете и подножието силно влияят и латералните геохимични потоци. Почвеното разнообразие е свързано с разликата в съдържанията на литомаса, разпределена неравномерно по профила в почвените типове. Събрани са проби от канелени горски почви, делувиално-пролувиална и алувиални почви. Поради съществуващите тук стари селища на места се разкриват интересни културни пластове, включени в съвременната почвена покривка. Изследванията ни съвпаднаха с археологическите проучвания, което ни позволи да работим с представителни почвени профили, достигащи почвообразуващата скала, със съответно обособените почвени хоризонти (Ников и др., 2016; Popov et al., 2015; Nikov, 2017; Nikov et al., 2018).

Геохимичните редове на максимални, минимални и средни стойности (медиана) имат съпоставителен характер и дават представа за съотношението на общото съдържание на микроелементите в повърхностните хоризонти:

Максимални съдържания

$Mn > Zn > Cr > Ni > Cu > Pb > Co$

Минимални съдържания

$Mn > Zn > Pb = Cr > Cu = Ni > Co$

Средни съдържания (медиана)

$Mn > Zn > Cr > Ni > Cu = Pb > Co$

По отношение на максималните стойности на съдържание на микроелементи, установени от лабораторното изследване за повърхностните хоризонти на почвите, се отличава асоциацията Mn, Zn, Ni и Cr, а за минималните стойности – Mn, Zn, Pb и Cr. За средните съдържания асоциацията от тежки метали с най-високи стойности са Mn, Zn, Cr и Ni.

Получените резултати отразяват преди всичко общото съдържание на микроелементите в повърхностните хоризонти на канелените горски почви. Интерес представляват резултатите от анализите на почвите със силно антропогенно въздействие около самия връх, където са разкрити останки от древно селище с културен пласт, датиран от XV-XIV в. пр.н.е., както и почвите в непосредствена близост до стар рудник за добив на злато в Ада тепе (Ников и др., 2016; Popov et al., 2015; Nikov, 2017; Nikov et al., 2018). В тях се установяват по-високи съдържания на микроелементи в сравнение със средните стойности за почвите в района. Това се отнася за Zn – 192 mg/kg срещу 53 mg/kg; Ni – 128 mg/kg 40 mg/kg; Cu 43 mg/kg срещу 18 mg/kg, за Co – 24 mg/kg срещу 8 mg/kg, за Cr – 180 mg/kg срещу 50 mg/kg. По всяка вероятност тези стойности са свързани с антропогенно геохимично въздействие от използвани метални изделия и с времето натрупването им в неясно структурираните хоризонти на почвената покривка около района на древното селище.

Анализът на данните от съдържанието на микроелементите в проба от алувиална почва показват по-високи стойности в сравнение със средните съдържания на цинк, никел, кобалт и хром. По всяка вероятност наносният характер на почвообразуващия субстрат е свързан със съдържанията на тежки метали в скалния състав в района на Ада тепе. Акумулативният ефект в алувиалните почви се отнася особено за микроелементите никел, кобалт и хром (табл. 1 и табл. 2).

Съдържание на тежки метали в събраните почвени образци от А хоризонт в района на Ада тепе (mg/kg)

Content of heavy metals in the collected soil samples from A horizon in the region of Ada Tepe (mg/kg)

№	Описание	Координати	pH	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'59.1"N 25°39'00.8"E		38	139	30	2603	70	19	77
2.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'55.4"N 25°39'02.3"E		8	32	22	464	8	3	11
3.	Повърхностен слой ранкерна почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'49.6"N 25°39'03.3"E		20	79	19	415	24	9	37
4.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'45.6"N 25°39'04.3"E		16	144	15	474	54	8	64
5.	Повърхностен слой делувиялна почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'29.7"N 25°39'04.5"E		11	51	23	441	24	5	38
6.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'55.8"N 25°38'47.3"E		20	54	18	298	21	9	38
7.	Повърхностен слой делувиялна почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'53.7"N 25°38'56.1"E		15	56	28	411	12	6	27
8.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'46.6"N 25°39'30.3"E		9	48	38	910	38	4	13
9.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'42.7"N 25°39'33.3"E		3	135	22	456	3	1	6
10.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'41.4"N 25°39'40.7"E		5	44	28	642	5	2	6
11.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'41.9"N 25°39'50.6"E		26	44	6	624	60	15	120
12.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'39.7"N 25°39'52.9"E		5	131	21	295	6	4	9
13.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'36.6"N 25°39'54.9"E		27	96	6	585	75	17	162
14.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'32.6"N 25°39'56.3"E		22	49	18	110	43	7	61
15.	Почва при връх на Ада тепе – селище от XV в. пр. Хр.	41°26'17.0"N 25°39'08.9"E		43	192	8	713	128	24	180
16.	Почва при връх на Ада тепе – културен пласт от XV-XIV в. пр.н.е.	41°26'18.4"N 25°39'13.4"E		10	42	11	349	44	9	116
17.	Повърхностен слой делувиялно-пролувиална почва – А-чим, 0-5 cm	41°26'20.0"N 25°39'08.3"E		6	51	32	523	4	5	10
18.	Повърхностен слой алувиална почва – А-чим, 0-5 cm	41°25'27.1"N 25°39'15.0"E		23	50	14	518	66	14	85
19.	Повърхностен слой канелена горска почва – А-чим, 0-5 cm	41°26'05.1"N 25°39'47.4"E		20	48	10	483	65	17	139
20.	Край древен рудник за добив на злато – Ада тепе, канелена почва, А-чим, 0-5 cm	41°26'26.7"N 25°39'24.7"E		34	63	12	625	78	21	130
Максимална стойност				43	192	38	2603	128	24	180
Минимална стойност				3	32	6	110	3	1	6
Средна аритметична стойност				18	77	19	597	41	10	66
Средна стойност (медиана)				18	53	18	478	40	8	50

За разкриване на геохимичните особености на тежките метали в района на изследване е направена съпоставка със съдържанията им в почвите на света, Европа, България, както и с почви от различни планински райони на страната и Балканския полуостров (табл. 2). Тези резултати позволяват изготвянето на серия геохимични спектри съпоставящи концентрациите на микроелементите в различни проучени обекти.

Таблица 2

Table 2

Средно съдържание на тежки метали в литосферата, почвите в избрани територии от света, Европа, Балканския полуостров и България, и скалите в района на изследване (mg/kg)

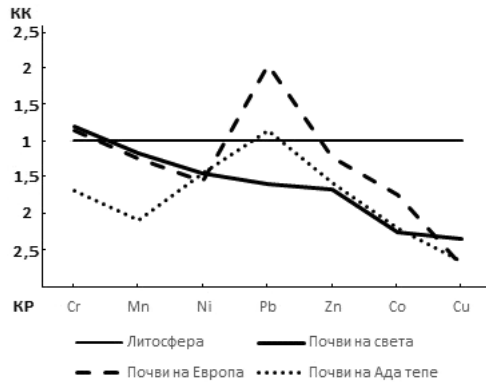
The average content of heavy metals in soils in selected areas of the world, Europe, the Balkan Peninsula, Bulgaria, and the research area (mg/kg)

Обект	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Литосфера	47	83	16	1000	58	18	83
Почви на света ¹	20	50	10	850	40	8	100
Почви на Европа ²	17,3	68,1	32,6	810	37,3	10,4	94,8
Почви на България ³	30	75	35	1000	36	20	70
Почви на България (фон) ⁴	24	67	25	695	32	16	60
Почви на Влахина ⁵	12,32	350,11	21,36	687,87	122,79	41,31	73,92
Почви на Малешевска ⁶	26,95	94,45	25,87	304,08	31,98	9,34	37,25
Почви на Огражден ⁷	19,88	103	40,84	370,63	44,79	6,34	36,04
Почви на Славянка ⁸	27,35	225,23	92,27	563,09	74,63	43,28	91,32
Почви на Южен Пирин ⁹	20,52	93,08	63,5	615,02	33,82	10,2	33,4
Почви на Боздаг ¹⁰	29,88	178	62,95	572,6	52,06	12,9	101
Почви на о-в Тасос ¹¹	21,2	98,1	99,2	1660	162,1	49,4	213
Почви на п-в Атон ¹²	36	162	49,6	911,4	99,1	62,9	173
Почви на Беласица ¹³	30	77,3	29,56	801,61	66,69	16,17	100,82
Кисели метаморфни скали в България ¹⁴	20	50	20	287	10	11	8
Почви на Ада тепе	17,63	52,75	18,38	478,24	40,32	8,19	49,50

1) по Виноградов, 1962; 2) по Salminen, 2005; 3) по Мирчев, 1971; 4) по Пенин, 2003; 5) по Тодоров и др., 2014; 6) по Тодоров и др. 2016; 7) по Пенин и др., 2015; 8) по Пенин и Китев, 2016; 9) по Китев, 2018; 10) по Пенин и кол., 2015; 11) по Пенин, 2021; 12) по Пенин и Желев, 2011. 13) по Пенин и др., 2019; 14) по Куйкин и др., 2001.

На фиг. 1. е представен геохимичен спектър на почвите в света, Европа и района на проучване – Ада тепе. В сравнение с почвите на света концентрацията на микроелементите хром, кобалт и мед е по-ниска, докато никелът, цинкът и кобалтът имат близки стойности за КР, и единствено оловото е с относително по-висока концентрация КК = 1,1, а в почвите на света този елемент е с КР = 1,6. Анализът показва, че концентрациите и разсейването на

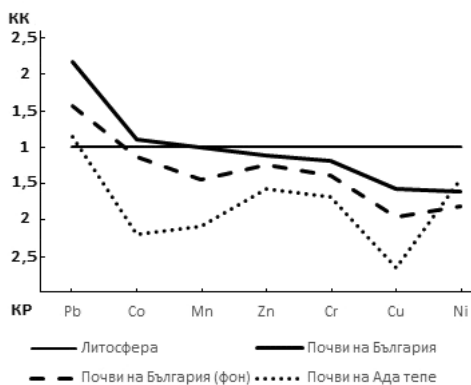
тежките метали в проучения район са по-ниски от тези в почвите на Европа, с изключение на никела, който има близки съдържания и в сравняеми обекти.



Фиг. 1. Геохимичен спектър на почвите в света (по Виноградов, 1962), Европа (по Salminen, 2005) и района на проучване
 Fig. 1. A geochemical spectrum of the soils from the World (Vinogradov 1962), Europe (Salminen 2005), and the research area

На фиг. 2 ясно се открояват ниските концентрации на проучените микроелементи в почвите на проучения район по отношение на фоновите територии у нас и почвите в страната като цяло. Тези концентрации са под фоновото ниво за страната и са свързани с местните литогеохимични особености (табл. 2.; Куйкин и др., 2001). Никелът, в сравнение с другите обекти, е с относително по-нисък $K/P = 1,4$, което е показател за по-ниската степен на разсейване и по-високо общо съдържание в повърхностните хоризонти на почвите в района. Нивото на концентрация на на този елемент в горния хоризонт на почвите зависи преди всичко от почвообразуващите процеси и локално техногенното замърсяване (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). В потвърждение на този извод трябва да се отбележи, че най-високо съдържание на никел има в почвите от установеното древно селище във високата част на района (128 mg/kg) и край древния рудник за добив на злато (78 mg/kg).

На фиг. 3 е направено сравнение с концентрациите на тежки метали в почвите на други проучени планински райони от страната. В сравнение с тях в почвите на Ада тепе са с най-ниски концентрациите на асоциацията от микроелементите Pb, Zn, Co, Cu и Mn. Най-близки са стойностите на КК и КР за тежките метали от почвите на Ада тепе и Беласица. При сравнението трябва да отчетем и известните разлики в почвообразуващите скали и специфичните почвообразователни условия в съответната планина.

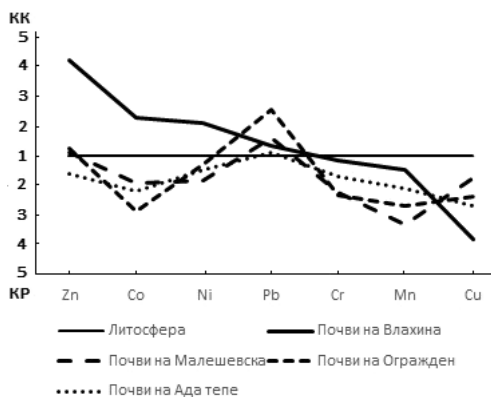


Фиг. 2. Геохимичен спектър на почвите на България (по Мирчев, 1971), на почвите във фонові райони (по Пенін, 2003) и почвите на проучения район.
 Fig. 2. A geochemical spectrum of the soils in Bulgaria (Mirchev, 1971), background territories of Bulgaria (Penin, 2003), and the research area



Фиг. 3. Геохимичен спектър на почвите на Славянка (по Пенін и Китев, 2016), Южен Пирин (по Китев, 2018), Беласица (по Пенін и др., 2019) и района на проучване.
 Fig. 3. A geochemical spectrum of the soils in Slavyanka Mountain (Penin, Kitev, 2016), Southern Pirin Mountain (Kitev, 2018), Belasitsa Mountain (Penin et al., 2019) and the research area

На фиг. 4. геохимичният спектър показва сравнението на концентрациите и разсейването на микроелементите в почвите от Ада тепе с тези от планините Влахина, Малешевска и Огражден. Стойностите на КК и КР за тежките метали на почвите в Ада тепе са сравнително близки до тези в почвите в Малешевска планина и Огражден. Като цяло това са стойности характерни за фоновите райони на страната. Във почвите на Влахина планина концентрациите на цинка, кобалта, никела и мангана са по-високи в сравнение с другите три обекта.



Фиг. 4. Геохимичен спектър на почвите във Влахина планина (по Тодоров и др., 2014; Малешевска планина (по Тодоров и др., 2016) и Огражден (по Пенин и др., 2015)
 Fig. 4. A geochemical spectrum of soils in Vlahina Mountain (Todorov et al., 2014), Maleshevska Mountain (Todorov et al., 2016), and Ograzhden Mountain (Penin et al., 2015)

Направените сравнения на концентрациите на тежки метали в почвите от Ада тепе и почви от няколко района на Балканския полуостров (фиг. 5). На геохимичния спектър ясно се очертава фоновият характер на съдържанията на микроелементи в района на Ада тепе. Всички проучени тежки метали са с по-ниски концентрации от тези на другите сравняеми обекти. Направените сравнения потвърждават ясно изразения фонов характер на микроелементите в проучения район.



Фига 5. Геохимичен спектър на почвите на Боздаг (по Пенин и др., 2015), о-в Тасос (по Пенин 2021), п-в Атон (по Пенин, Желев, 2011) и района на проучване
 Fig. 5. A geochemical spectrum of soils in Falakro Mountain (Penin et al., 2015), Thassos Island (Penin, 2021), Mount Athos Peninsula (Penin, Zhelev, 2011), and the researched area

Проучванията на съдържанията на тежки метали в повърхностните хоризонти на почвите в района на Ада тепе показват характерни черти за фоновите райони на страната и Балканския полуостров. Сравненията имат информа-

тивен характер, като се отчитат и разликите в литогеохимичната основа на почвообразуващите скали и спецификата на почвообразователните процеси в различните обекти на почвено-геохимичното изследване.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направеното почвеногеохимично проучване на ландшафтите в района на Ада тепе се явява предмониторингово, поради започналото развитие на златодобивната промишленост и превръщането на природните ландшафти в силно антропогенизирани. Получените резултати за съдържанията на изследваните микроелементи в района на Ада тепе показват определени стойности на концентрация и разсейване, които са близки до фоновите стойности в страната. Изследването показва различна степен на съдържание на микроелементи в повърхностните хоризонти в пространствено отношение на три типа проучени почвени типове.

Само в отделни резултати от проучения повърхностен хоризонт на почвите се наблюдават неголеми отклонения от средните стойности на съдържанията на тежките метали в почвите на района. Направените сравнения с почви от света, Европа, планински райони на страната и Балканския полуостров показват относително ниските концентрации на микроелементи в почвите на проучената територия. Установени са по-високи съдържания в почвите в местността около най-високите части на Ада тепе – древното селище и в района на стар рудник за добив на злато. Тези почви имат силно антропогенно влияние, което е причина за установените повишени съдържания на асоциацията от микроелементи Zn, Cr, Ni, Cu и Co.

Направените от нас проучвания на геохимията на дънните отложения и биогеохимичните особености на района, заедно с резултатите от изследването на почвите, могат да застанат в основата на организацията на ландшафтно-геохимичния мониторинг, който задължително трябва да съпътства разрастващата се златодобивна индустрия в района на Ада тепе. Получените резултати от направените предмониторингови проучвания позволяват да се установят няколко площадки за постоянен мониторинг на почвите, дънните отложения и растителността в периода на експлоатация на златните руди в Ада тепе. Така става възможно проследяването на степента на техногеохимични натоварвания на ландшафтите в обхвата на рудодобивния район.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказваме своите благодарности на доц. Красимир Ников и неговия екип от Археологическия институт на Българската академия на науките за предоста-

вената възможност и логистична подкрепа за провеждането на комплексни теренни ландшафтни проучвания в района на археологическия обект Ада тепе.

ЛИТЕРАТУРА

- Виноградов, А. П. 1962. Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных породземной коры. Геохимия. М.
- Китев, А. 2018. Ландшафтно-геохимични изследвания на почвите в Южен Пирин, Проблеми на географията, кн. 1.
- Куйкин, С., И. Атанасов, Ю. Христова, Д. Христов. 2001. фоновии съдържания на тежки метали и арсен в почвообразуващите скали в България. – Почвознание, агрохимия и екология, год. XXXVI, No 1.
- Куйкин, С., И. Атанасов, Ю. Христова, Д. Христов. 2001. фоновии съдържания на тежки метали и арсен в почвообразуващите скали в България. – Почвознание, агрохимия и екология, год. xxxVI, No 1.
- Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды. 1989. М., Наука. 264 с./ Landscape-geochemical foundations of the background monitoring of the natural environment. 1989. M., Science. 264 p. (Ru).
- Мирчев, С. 1971. Химичен състав на почвите в България. Изд. АИ. С., 1971
- Никол К. Хр. Попов, Р. Стойчев, П. Георгиев. Спасително археологическо проучване на Ада Тепе, община Крумовград, кампания 2015. В. Археологически открития и разкопки през 2015 г. София 2016, 190-193, ISSN 1313-0889.
- Пенин, Р. (2021) – Тасос.
- Пенин, Р. (2021) Ландшафтно-геохимично изследване на о-в Тасос, Проблеми на Географията, кн. 3–4.
- Пенин, Р. 2003. Геохимията на ландшафтите – приоритетно научно направление при разкриване и решаване на екологични проблеми.
- Пенин, Р., А. Китев. 2016. „Ландшафтни и екогеохимични изследвания в планината Славянка“, Год. СУ, кн. 2. География, С.
- Пенин, Р., Д. Желев, Т. Стоилкова, Л. Семерджиева, Д. Христова. 2019. Почвено-геохимично изследване в планината Беласица, Год. СУ, кн. 2. География, т. 111. С.
- Пенин, Р., Д. Желев. 2011, „Ландшафтно-геохимическите особености полуострова Афона (Северна Гречия)“, Известия Русского географического общества, Санкт Петербург, вып. 4.
- Пенин, Желев (2020) Предмониторингово биогеохимично проучване на ландшафтите в района на златодобивния комплекс „Ада Тепе“ в Източните Родопи, Известия на Българско географско дружество, брой:43, 2020, стр.:25-30, Ref.
- Пенин, Р., Т. Стоилкова, Д. Желев, А. Китев, А. Степчич, Я. Иванов. 2015. Ландшафтно-геохимични изследвания в планината Боздаг, сборник с доклади, международна научна конференция, посветена на проф. Иван Батаклиев, Пазарджик.
- Тодоров, Н., Р. Пенин, З. Чолакова, М. Контева, Т. Стоилкова. 2015. Пространствена структура и геоекологични проблеми на ландшафтите в Малешевска планина, Год. СУ, кн. 2. География. С.
- Тодоров, Н., Р. Пенин, З. Чолакова, М. Контева. 2014. Особенности на съвременните ландшафти в южната част на Влахина планина, Год. СУ, кн. 2. География. С.

- Nikov, K., Die Keramik vom Ada Tepe im Kontext der spätbronzezeitlichen Keramik in Thrakien. In: *Das erste Gold. Ada Tepe: Das Älteste Goldbergwerk Europas*, 63-67, Wien, 2017. ISBN 978-3-99020-130-5.
- Nikov, K., Marinova, E., Bea de Cupere, Hristova, I., Dimitrova, Y., Iliev, S., Popov, H. 2018. Food supply and disposal of food remains at Late Bronze and Early Iron Age Ada Tepe: Bioarchaeological aspects of food production, processing and consumption. In: M. Ivanova, B. Athanassov, V. Petrova, D. Takorova, Ph. W. Stockhammer (eds). *Social Dimensions of Food in the Prehistoric Balkans*, 278-398, ISBN 978-1-78925-080-0, Oxbow books.
- Zhelev, Penin (2022) Pre-monitoring geochemical research of the river sediments in the area of Ada Tepe gold mining site (Eastern Rhodopes), *Biorisk*, issue:17, 2022, ISSN (print):1313-2644, ISSN (online): 1313-2652, doi:10.3897/biorisk.17.77466, Ref, IF (67 – 2022), Web of Science Quartile: Q3 (2022), SCOPUS, SJR (0.235 – 2021), SCOPUS Quartile: Q3.
- Popov, H., Nikov, K., Jockenhöfel, A. 2015. Ada Tepe (Krumovgrad, Bulgarien) –Ein neu entdecktes spät-bronzezeitliches Goldbergwerk im balkanisch-ägäischen Kommunikationsnetz. G. von Bülow (Hrsg.). *Kontaktzone Balkan. Beiträge des internationalen kolloquiums herausgegeben von Gerda von Bülow. Kolloquien zur Vor-und Frühgeschichte.*, 20, Dr. Rudolf Habelt GmbH. Bonn., ISBN:978-3-7749-3983-7, 45-62
- Salminen, R. (ed.). 2005. *Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology, and Maps*. Espoo, Geological Survey of Finland.
- Tarvainen, T., S. Reeder, S. Albanese. 2005. Database management and map production.– In: Salminen, R. (Chief-Ed.) et al. 2005. *Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background information, Methodology, and Maps.*, GTK, FOREGS-EuroGeoSurveys, electronic version, <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/index.php>

PRE-MONITORING RESEARCH OF HEAVY METALS CONTENT IN THE SOILS
OF THE ADA TEPE AREA (EASTERN RHODOPES)
SUMMARY

The soil geochemical study of the landscapes in the area of Ada Tepe is pre-monitoring due to the beginning of the development of the gold mining industry and the transformation of natural landscapes into highly anthropogenic. The obtained results for the contents of the research microelements in the region of Ada Tepe show specific values of concentration and scattering, which are close to the background values in the country. The study shows different degrees of the content of microelements in the surface horizons in spatial terms of three types of studied soil types.

Only some results of the studied surface horizon of the soils show slight deviations from the average values of the contents of heavy metals in the soils of the region. Extensive comparisons with the soils of the world, Europe, mountainous regions of the country, and the Balkan Peninsula show the relatively low concentrations of trace elements in the soils of the study area. Higher soils have been found in the area around the highest parts of Ada Tepe – an ancient settlement and the area of an old gold mine. These soils have a substantial anthropogenic impact, which is the established increased contents of the association of trace elements Zn, Cr, Ni, Cu, and Co.

Our research on the geochemistry of bottom sediments and biogeochemical features of the region, together with the results of soil research, may be the basis of the organization of landscape geochemical monitoring, which must accompany the growing gold mining industry in the Ada Tepe region. The results obtained from the pre-monitoring studies allow the establishment of several sites for permanent monitoring of soils, bottom sediments, and vegetation during the exploitation of gold ores in Ada Tepe. Thus, the degree of technogeochemical loads on the landscapes in the area of the ore mining region can be traced.