

## БИОГЕОХИМИЧНИ ПРОУЧВАНИЯ НА ТЕЖКИТЕ МЕТАЛИ НА ОСТРОВ ТАСОС – ЧАСТ ОТ ОСНОВИТЕ ЗА ГЕОЕКОЛОГИЧЕН МОНИТОРИНГ

*Румен Пенин*<sup>1</sup>

<https://doi.org/10.35101/prg-2021.3-4.5>

На основата на проведените теренни и лабораторни изследвания на микроелементите Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Co, Cr в растителната покривка на о-в Тасос е направен анализ и интерпретация на тяхното съдържание и степен на взаимодействие в системата „почва – растение“ с помощта на коефициента на биологично поглъщане (Ах). Посочват се факторите, влияещи върху формирането на микроелементния състав на растенията. Разкриват се асоциации от тежки метали, натрупващи или разсейващи се в проучения обект. Направено е геохимично сравнение с друг проучен в биогеохимично отношение обект, разположен относително близко до остров Тасос - п-в Атон. Получените данни са основа за изграждането и провеждането на системни геоекологични наблюдения на о-в Тасос и организирането на биогеохимичен мониторинг върху приоритетните за изследване в екологично отношение тежки метали. Настоящата статия е продължение на статията за комплексните ландшафтно-геохимични изследвания на острова.

**Ключови думи:** биогеохимия, тежки метали, ландшафти, почви, геоекологичен мониторинг

## BIOGEOCHEMICAL STUDIES OF HEAVY METALS ON THE ISLAND OF THASSOS – PART OF THE BASIS OF GEOECOLOGICAL MONITORING

*Rumen Penin*

**Abstract:** Biogeochemistry has an increasingly important place in complex studies of the natural environment. Among its tasks are the study of the content of ecologically priority heavy metals in vegetation, as well as laying the foundations in the organization of

---

<sup>1</sup> СУ „Св. Климент Охридски“, Геолого-географски факултет, катедра ландшафтознание и опазване на природната среда; [penin@abv.bg](mailto:penin@abv.bg)

geochemical monitoring of the natural environment. Biogeochemical studies are an important part of uncovering the geochemical features of landscapes in a given area. On the basis of the field and laboratory studies of trace elements (Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Co, Cr) in the vegetation cover of Thassos, their content and degree of interaction in the soil-plant system was analyzed and inferred using the biological uptake coefficient - Ah. The factors influencing the formation of the trace element composition of plants are indicated. Associations of heavy metals accumulating or dissipating in the studied object are revealed. The trace element association with the highest degree of accumulation is Zn, Cu and Pb, while nickel and chromium are trapped to a lower degree compared to the other heavy metals. A geochemical comparison is made with another biogeochemically studied site located relatively close to the island of Thassos - Mount Athos. The obtained data are the basis for the establishment and implementation of systematic geoecological observations on Thassos and the organization of biogeochemical monitoring on the priority heavy metals for ecological research. This paper is a continuation of the complex landscape geochemical studies of the island.

**Keywords:** biogeochemistry, heavy metals, landscape, soils, geoecological monitoring

## УВОД

Статията е продължение на ландшафтно-геохимичното проучване на о-в Тасос. В първата публикация (в настоящия брой на сп. Проблеми на географията) са разгледани съдържанията, концентрацията и диференциацията на микроелементите в почвите и дънни отложения (седименти) на острова. Тук са представени резултатите от биогехимичното изследване на избрани представителни растителни видове, като за интерпретацията на резултатите са използвани и резултатите за съдържанията на микроелементи в почвите на острова (Пенин, 2021).

Концентрацията на метали в организмите е важна особеност на живата природа, която е непосредствено свързана с ролята и мястото на металите при функционирането на организмите. Растенията се отличават с определена степен на извличане и натрупване на химични елементи и съединения, като проявяват афинитет към едни или други от тях – т.е. налице е биогехимична специализация. Тя се разделя на два основни вида – систематична и филогенетична, разгледани в редица трудове на Вернадски (1934) и Виноградов (1962). Специализацията е свързана с наследственото затвърждаване на определено съдържание на химични елементи в живите растения под геохимичното влияние на екологичните условия през периода на видообразуване. С постепенното изменение на биосферата тази специализация е изпитала еволюционна изменчивост (Бойченко и др., 1972).

Съвременните биогехимични изследвания имат важна екологична насоченост – от една страна, установяването на биогехимичната диференциация и специализация на основните замърсители (в т.ч. и тежките метали) във фоновите райони (относително незасегнати от източници на замърсяване), а от друга, и в силно антропогенизирани райони със силно техногехимично въздействие. Факторите, обуславящи поглъщането на химични елементи и съединения от растенията и формиращи химичния им състав при нормални (фонове) и аномални (рудогенни, техногенни) съдържания в хранителната среда, съществено се различават. Важна роля в диференциацията на веществата в ландшафта

имат геохимичните условия на миграция на елементите – алкално-киселинни и окислително-редукционни условия, степен на минерализация и състав на почвените води, формите на миграция на елементите (най-вече подвижните форми) и др. Всичко това води до систематична биогеохимична специализация на растенията по семейства, родове и видове (Ландшафтно-геохимически..., 1989; Айвазян, 1979; Касимов, 1988; 2013). Биогеохимичната специализация и диференциация на растенията се отчита при избора на видове, индикатори на замърсяване на природната среда. Ето защо проучването на съдържанията на такива приоритетни полютанти като тежките метали е важен и необходим предмониторингов етап на организацията на системен геоecологичен мониторинг (Желев, 2013а).

Миграцията на тежките метали в ландшафтите обхваща и много важна част от тях – живата природа и по същество това се явява биогеохимично изследване. Ландшафтно-геохимичният подход и присъщият му системен анализ се прилага както на макроравнище, т.е. ландшафтни комплекси на различните природни зони, така и на ниво мезо- и микрорелеф, а също и на относително прости системи, като „почвообразуваща скала – растение“, „почва – растение“, „вода – растение“, „горска постеля – минерална част на почвата“ и пр. Този комплексен подход позволява с по-висока достоверност да се характеризира поведението на микроелементите в различните ландшафти, естествено запазени и антропогенизирани в определена степен. Методическите основи и резултати от тях са разработени и получени, усъвършенствани и приложени от редица учени (Перельман, 1955, 1975; Глазовская, 1964, Фортескю, 1985; Алексеенко, 1990; Ковалевский, 1991, Перельман, Касимов, 1988, 1999; Башкин, Касимов, 2004; Добровольский, 2009, Желев, 2013б и др.).

Главна цел на статията е разкриване на основни черти на биогеохимичната специализация на о-в Тасос по отношение на приоритетните за екологични изследвания тежки метали. За целта са проведени теренни ландшафтни изследвания и са събрани образци от характерни почви на района, както и растителни проби от дървесни, храстови и тревни видове (фиг. 1 – стр. 44, и табл. 1).

## МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДАВАНЕ

По време на теренните проучвания от растителни видове са събрани шест проби от млади клонки и листна маса – около 200 g, след което са изсушени и предадени за лабораторен анализ. По 20 g от всяка проба са поставени в порцеланови блюда и овъглени в муфелна пещ при постепенно повишаване на температурата до 500 °C в присъствие на въздух. От така получените пепелни остатъци са разтворени по 0,5 g в 5 ml 20% HCl. Разтворите са загрявани до 80 °C с цел пълно разтваряне на пробите и са прехвърлени в мерителни колби от 50 ml. Допълнени са с дестилирана вода и са добре хомогенизирани.

Образците за лабораторно геохимично изследване са събрани в същите ландшафти, където са взети и проби от почвената покривка с цел да се разкрие по-добре връзката „основн скала – почви – растителност“. Лабораторните дейности се извършват по приета стандартна методика на определяне на тежки

метали в органични проби. Изследвано е съдържанието в растенията на елементите Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Co, Cr.

Атомно-абсорбционният анализ е осъществен с апарат AAS „Perkin-Elmer“ 3030, пламък: ацетилен-въздух и съответните за изследваните елементи стандартни условия.

При анализа и интерпретацията на получените резултати е използван показателят коефициент на биологично поглъщане (известен още в литературата и като Кбп) –  $A_x = I_x/p_x$ , представляващ отношението на съдържанието на микроелемента в зола на растението ( $I_x$ ) към неговото съдържание в скалата или почвата ( $p_x$ ) и практически характеризиращ интензивността на поглъщане на елемента от растението. Друг използван показател е ред на биологично поглъщане, даващ сравнителна характеристика на интензивността на поглъщане на елементите от растението (Полынов, 1956; Перельман, 1975). Коефициентът  $A_x$  се използва в два аспекта: по отношение на кларка на съответния микроелемент в литосферата, и по отношение на местните средни съдържания в скалите и почвите (Авессаломова, 1987). Използвани са и двата начина за определяне на  $A_x$ , което дава възможност за по-точно интерпретиране на получените за него стойности. По отношение на скалната основа са използвани осреднени данни за съдържанията в кисели метаморфни скали (Куйкин и др., 2001).

Важен момент в комплексните ландшафтно-геохимически изследвания и разкриването на диференциацията на микроелементите в тях е установяването на геохимичните бариери и особено на биогеохимичните. Самите растения са естествени биогеохимични бариери, но от друга страна, концентрациите на микроелементите в отделните части на растението са различни и затова обикновено в биогеохимичните проучвания се събират за проби части от младата листна маса и дребни млади клонки. Те се явяват, от една страна, вътрешна за растението биогеохимична бариера, а от друга – връщането им през есента в листния опад и оттам в почвата дава възможност да се проследи част от биогеохимичния цикъл на микроелементите в даден ландшафт (Фортескьо, 1985; Алексеенко, Алексеенко, 2003).

## РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

### СЪДЪРЖАНИЯ НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ В ИЗСЛЕДВАНАТА РАСТИТЕЛНОСТ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ПОЛУЧЕНИТЕ ДАННИ

В табл. 1 са представени резултатите от лабораторните геохимични изследвания за съдържанията на микроелементите (mg/kg) в пробите от различни растителни видове. Получените данни са съпоставими с други, сходни проучвания на автори у нас и от различни райони на света (Bergman, Cumakov, 1977; Mengel, Kirkby, 1978; Gough, Shacklette, Case, 1979; Kitagishi, Yamane, 1981; Свинец..., 1987; Ковалевский, 1991; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Гиков, 1998; Добровольский, 2009; Kabata-Pendias, 2010; Пенин, 1992; Коцев, 2003; Пенин, 2013; Китев, 2017 и др.).

Таблица 1

Съдържания на тежки метали (mg/kg) в растителни проби от о-в Тасос  
(пепелен остатък -%)

№	Растителна проба	Местоположение	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	$\sum_{n=6}$
1	Вечнозелен дъб ( <i>Quercus coccifera</i> ) – листа (4,3%)	40° 46' 52" N 24° 41' 06" E	52	145	18	572	14	27	8	836
2	Лаврово дърво ( <i>Laurus nobilis</i> ) – листа (3,8)	40° 46' 00" N 24° 42' 48" E	67	235	23	1453	21	29	12	1930
3	Пирен (род <i>Erica</i> ) – млади клонки (5,3%)	40° 42' 56" N 24° 43' 19" E	17	198	31	1223	31	14	47	1560
4	Бясно дърво (род <i>Daphne</i> ) – листа (3,9%)	40° 42' 47" N 24° 43' 44" E	58	238	46	867	15	81	35	1340
5	Източен чинар ( <i>Platanus orientalis</i> ) – листа (6,4%)	40° 42' 57" N 24° 43' 37" E	31	125	64	204	10	15	26	475
6	Проба разнотревие – било на Ипсарио (3,4%)	40° 41' 36" N 24° 33' 29" E	82	201	98	862	28	22	33	1324
	Средноаритметично		52,2	190,3	46,7	864	19,8	31,3	26,8	1244
	Медиана		55	199,5	38,5	864,5	18	24,5	29,5	1332

Получените данни позволяват да се направят сравнения за биогеохимичната специализация както на отделните видове, така и на растителността като цяло. По отношение на общото съдържание на микроелементи Cu се извлича най-активно в пробата от разнотревие на най-високата част на острова – вр. Ипсарио. В почти всички видове листната маса съдържа по-високи количества Zn, като най-високо е съдържанието в бясното дърво. В източния чинар се отчитат най-високи стойности за съдържанието на Pb, а Mn – в листната проба на лавровото дърво. Съдържанията на Ni не са високи и най-силно се извлича от разнотретието, а Cr е с по-високи концентрации в пирена.

Получените резултати позволяват да се изчисли и сумата от асоциацията на изследваните микроелементи за всеки растителен вид. Сумарният показател дава представа за степента на извличане на тежки метали от него и възможност за сравнение с други подобни изследвания по видове и растителност като цяло.

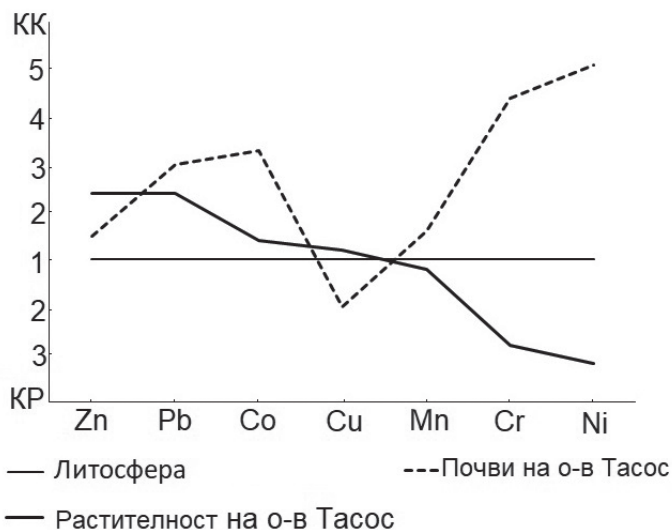
Стойностите на сумата от шестте проучени микроелемента показва най-високи стойности за лавровото дърво (1930 mg/kg). Пиренът (1560 mg/kg) и бясното дърво (1340 mg/kg) също се отличават с висока степен на извличане на тежки метали, докато най-ниско е съдържанието на тежки метали в източния чинар (475 mg/kg). Всеки растителен вид има свои особености на извличане

на микроелементите, които зависят от редица фактори като физиологично състояние, състав на лизиметричните води, геохимични особености на почвената покривка и почвообразуващите процеси и др. (Биогеохимическая индикация..., 1988; Перельман, Касимов, 1999; Добровольский, 2009). От друга страна, важно е коя част от растението е обект на проучване, както в случая е листната маса и млади клонки.

#### СРАВНЕНИЕ НА КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ В ПОЧВИТЕ И РАСТИТЕЛНОСТТА НА О-В ТАСОС

Използвайки получените данни за съдържанията на тежки метали в почвите на о-в Тасос (Пенин, 2021 и табл. 5), е построен и геохимичен спектър, на който се открояват асоциациите от натрупващите и разсейващите се микроелементи в растителността на острова по отношение на почвите (фиг. 2).

Анализът на фиг. 2 показва, че само два от микроелементите – Zn и Cu, имат относително по-ниска степен на натрупване в растителната покривка на острова по отношение на почвената покривка. Асоциацията от всички останали елементи – Pb, Co, Mn, Cr и Ni, са по-слабо захванати от растителността в сравнение с почвите. Сред факторите, ограничаващи концентрацията на микроелементите, са: общото им съдържание в скалната основа и почвите, формата на миграция на тежките метали, както и водният режим на почвите, определящ преразпределението на микроелементите в проучвания ландшафт, и съответно алкално-киселинните условия (Ph) и окислително-възстановителният им потенциал (Eh).



Фиг. 2. Геохимичен спектър на микроелементите в растителността и почвите на о-в Тасос

СТОЙНОСТИ НА КОЕФИЦИЕНТА НА БИОЛОГИЧНО ПОГЛЪЩАНЕ (Ах)  
ПО ОТНОШЕНИЕ НА ПРЕОБЛАДАВЕЩИТЕ СКАЛИ И ПОЧВЕНАТА ПОКРИВКА

За разкриване на връзката между микроелементния състав на растителните видове, почвената покривка и скалната основа е изчислен коефициентът на биологично поглъщане (Ах) (табл. 2). Определен е и броят на микроелементите за всеки вид със стойностите на  $Ax > 1$ .

Таблица 2

*Коефициент на Ах за различни растителни видове спрямо средното съдържание (медиана) на почвите на острова*

№	Растителна проба	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr	Брой микроелементи над $Ax > 1$
1	Вечнозелен дъб ( <i>Quercus coccifera</i> )	2,26	1,2	0,4	0,35	0,04	0,45	0,02	2
2	Лаврово дърво ( <i>Laurus nobilis</i> )	2,9	1,94	0,46	0,88	0,07	0,48	0,03	2
3	Пирен (род <i>Erica</i> )	0,73	1,63	0,65	0,74	0,11	0,23	0,13	1
4	Бяно дърво (род <i>Daphne</i> )	2,5	1,97	0,97	0,53	0,05	1,35	0,09	3
5	Източен чинар ( <i>Platanus orientalis</i> )	1,35	1,03	1,4	0,12	0,03	0,25	0,07	3
6	Проба разнотревиe – било на Ипсарио	3,6	1,7	2,08	0,52	0,07	0,36	0,09	3
7	Растителност (медиана)	2,4	1,65	1,2	0,53	0,06	0,41	0,08	3

Таблица 3

*Коефициент на Ах за растителността – средно съдържание (медиана) по отношение на преобладаващия вид скали (по Куйкин и др., 2001)*

№	Сравняеми обекти	Ах						
		Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1.	Растителност (медиана)	55	199,5	38,5	864,5	18	24,5	29,5
2.	Скална основа	20	50	20	287	10	11	34
3.	Стойност на Ах	2,8	4,0	1,93	3,01	1,8	2,22	0,87

Коефициентът Ах е изчислен за средните съдържания (медиана) на микроелементите по отношение на преобладаващия вид скали – кисели метаморфити (табл. 5). Получените резултати позволяват да се състави редът на биологично поглъщане за изследваните тежки метали:

1. По отношение на почвената покривка на острова

2. По отношение на скалната основа

1.  $A_x = Cu/2,4 > Zn/1,65 > Pb/1,2 > Mn /0,53 > Co/0,41 > Cr / 0,08 > Ni /0,06$

2.  $A_x = Zn/4,0 > Mn/ 3,01 > Cu/2,8 > Co/2,22 > Pb/1,93 > Ni/ 1,8 > Cr/0,87$

Получените биологични редове на поглъщане показват известни различия в асоциациите на натрупващите се микроелементи в растителността. В сравнение с почвената покривка растителността натрупва асоциацията от тежки метали Cu, Zn, Pb, а с най-слабо биологично захващане са хромът и никелът. По отношение на скалната основа растителността натрупва асоциацията Zn, Mn, Cu, Co, Pb и Ni, и единствено хромът е захванат в определена степен, т.е. стойността на коефициента  $A_x < 1$ .

Ще отбележим, че получените резултати показват по-големи разлики в съдържанията на микроелементи в почвения профил при с. Потамия и останалите точки на пробонабиране. Тези данни се имат предвид при интерпретирането на данните при геохимичния анализ на почвите и дънните отложения и особено при биогеохимичната специализация на изследваните растителни видове. Подобни разлики се обясняват преди всичко с наличието на местните литогеохимични аномалии. Те са свързани обикновено с наличието на орудявания, които се проявяват като геохимичен ореол на земната повърхност, влияещ върху микроелементния състав на ландшафтните компоненти.

Ландшафтно-геохимичните изследвания на острова показва наличие на повишени концентрации на всички тежки метали в почвения профил при с. Потамия в сравнение с почвите от другите точки на пробосъбиране (Пенин, 2021). При този профил са събрани растителни проби, което позволява да се направи анализ на връзката „почва – растение“ с използване на  $A_x$  (табл. 4).

Таблица 4.

*Общо съдържание на микроелементите (mg/kg) в почвите и растителността от профил Потамия и коефициент на биологично поглъщане ( $A_x$ )*

№	Сравняеми обекти	$A_x$						
		Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
1.	Растителност (медиана) Потамия (3 проби)	35	187	47	764	19	37	36
2.	Почви профил Потамия (4 проби)	25	154	70	2197	303	65	394
3.	Стойност на $A_x$	1,4	1,2	0,67	0,35	0,06	0,56	0,09



Редът на биологично поглъщане позволява да се открият асоциациите от натрупващи се и захванати в определена степен микроелементи:

1.  $A_x = Cu/1,4 > Zn/1,2 > Pb/0,67 > Co /0,56 > Mn/0,35 > Cr / 0,09 > Ni /0,06$

С най-високи стойности на  $A_x$  са медта и цинкът, а с най-ниски – хромът и никелът. Тези резултати са близки до получените за  $A_x$  за растителността на острова.

В обобщен аспект анализът на резултатите за  $A_x$  и съдържанията на микроелементите в почвите и растителността на острова показва, че повишените концентрации на микроелементите никел и хром в почвената покривка само се захващат в ниска степен от растителността. По отношение на скалната основа растителността слабо захваща микроелемента хром.

#### БИОГЕОХИМИЧНИ ОСОБЕНОСТИ НА РАСТИТЕЛНАТА ПОКРИВКА ЗА ОТДЕЛНИТЕ МИКРОЕЛЕМЕНТИ

Направените биогеохимични проучвания на острова показват, че най-активно поглъщане имат микроелементите Cu, Zn и Pb. По отношение на медта е доказана ролята ѝ в жизнените процеси на растенията и някои от тях са склонни към високи стойности на натрупване на този елемент. От друга страна, наблюдават се различия в концентрацията на тежки метали в различните части на растителните видове. В много случаи се отчита взаимодействие между Cu и Zn и механизмът на поглъщане на двата микроелемента е сходен (Graham, 1981; Ринъкис, 1972). Концентрациите на тези елементи в растителните тъкани варира в широки граници, като обикновено за повечето видове, обитаващи в разнообразни природни условия, съдържанията достигат до около 20 mg/kg суха маса, но в условия на техногенни въздействия, стойностите могат да са много по-високи (Shacklette et al., 1978). При условия, в които цинкът е с ниски концентрации в почвата и почвените разтвори, растенията извличат обикновено до 10-20 mg/kg, но при повишени негови концентрации – естествени ореоли или техногенни замърсявания, растенията могат да извличат този микроелемент и да го натрупват в тъканите си в много по-високи концентрации (Wada, 1978; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Оловото показва редица особености в натрупването в растителните тъкани – зависи въздействието на редица фактори, като наличие на природни геохимични аномалии, сезонни колебания в условията, способност на генотипа да натрупва този елемент, степента на техногеохимично въздействие и др. (Свинец в ..., 1987; Аржанова, Елпатовский, 1990). Получените данни за съдържанията на този микроелемент в растителната маса и в почвената покривка на острова показват преди всичко естествените условия на средата и склонността на извличането му от някои видове растения.

С най-ниски стойности на  $A_x$  са микроелементите Ni и Cr, което показва тяхното слабо захващане от растенията дори в среда с относително високи техни концентрации. Като цяло хромът и никелът не се натрупват активно в растенията в естествени условия, а при техногенно въздействие концентрациите им варират в широки граници (Mertz et al. 1974; Shacklette et al., 1978; Пенин, 1989; Kabata-Pendias, 2010).

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА БИОГЕОХИМИЧНИ РЕЗУЛТАТИ  
ОТ СЪСЕДЕН РАЙОН

Получените резултати позволяват да се направят сравнения в съдържанията на тежки метали в различни природни обекти (табл. 5).

На тази основа е изготвен и геохимичен спектър за степента на концентрация и разсейване на микроелементите в растителността на о-в Тасос и близко разположения п-в Атон (фиг. 3)

На фиг. 3 ясно личат различията и сходствата в концентрациите на проучените тежки метали в растителността на о-в Тасос и п-в Атон. С най-висока стойност на КР е хромът, особено за п-в Атон, близки стойности на същия коефициент имат и никелът, и манганът. В растителността на о-в Тасос може да се открие асоциация от микроелементи – Zn, Pb и Co, която е със сравнително ниски стойности на КК.

В растителността на п-в Атон съдържанието на хрома е с висока стойност на КР=13,8 и това е най-голямата разлика в сравнение с микроелементите в растителността на Тасос. Този микроелемент не е сред тежките метали, активно извличащи се от растителността (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Като цяло, по-високи концентрации на микроелементи има в растителността на о-в Тасос в сравнение с п-в Атон. Единствено Zn е с по-висока стойност на КК=4,35 срещу КК= 2,40 за полуострова.

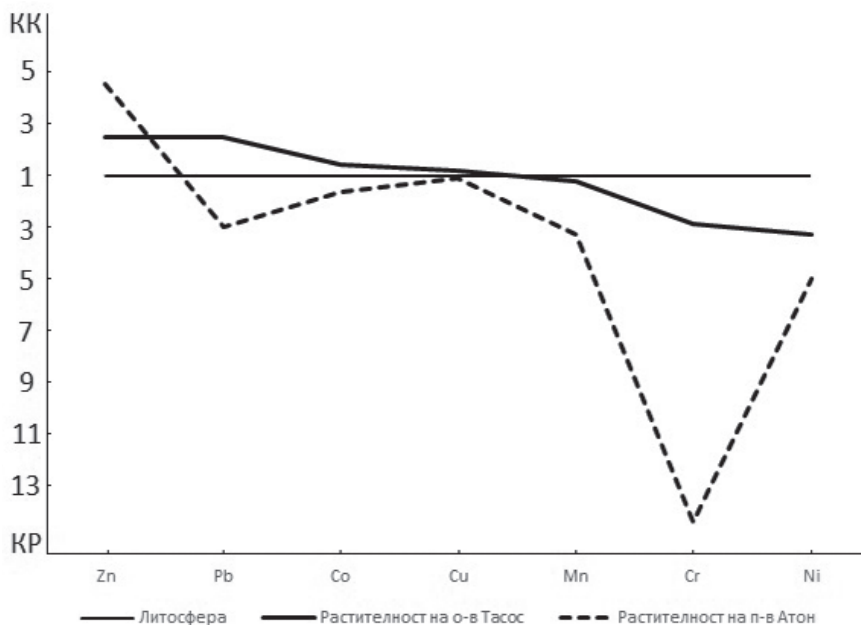
Тези различия се дължат преди всичко на разнообразната скална основа и на подобранията за изследване растителни видове, всеки от които има свои черти на поглъщане и захващане в определена степен, и концентрацията на тежките метали в листната маса.

Таблица 5.

*Общо съдържание на тежки метали (mg/kg) в различни природни обекти и мястото на микроелементите в растителната покривка на острова*

Обект	Микроелемент						
	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Co	Cr
Литосфера <sup>1</sup>	47	83	16	1000	58	18	83
Кисели метаморфни скали (България) <sup>2</sup>	20	50	20	287	10	11	34
Почви о-в Тасос <sup>3</sup>	23	121	47	1642	295	60	368
Почви на п-в Атон <sup>4</sup>	36	162	50	911	99	63	173
Раст. п-в Атон (медиана) <sup>4</sup>	43	361,5	5,5	316	12	11,5	6
Раст. о-в Тасос (медиана)	55	199,5	38,5	864,5	18	24,5	29,5

<sup>1</sup> (Виноградов, 1962); <sup>2</sup> (Куйкин и др., 2001); <sup>3</sup> (Пенин, 2021); <sup>4</sup> (Пенин, Желев, 2011).



Фиг. 3. Геохимичен спектър на микроелементите в растителността на о-в Тасос и п-в Атон

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направените изследвания на тежки метали в растителността на о-в Тасос позволяват, от една страна, да се разкрият съдържанията им, а от друга, да се установи част от геохимичните им връзки с почвената покривка. Преобладаващата асоциация от натрупващи се микроелементи в листната маса е Zn Cu Pb. В някои от пробите се отбелязват повишени съдържания на Cr и Co, а Ni е с най-ниски концентрации в листната маса на растенията. С помощта на коефициента на биологично поглъщане (Ах) и редовете на биологично поглъщане е установена степента на извличане на елементите в растенията по отношение на почвата и скалната основа. С относително високи стойности на Ах са микроелементите цинк, мед и олово. Направена е съпоставка и между съдържанията на тежки метали на острова с тези в литосферата и растителността на п-в Атон. Получените резултати и използваните показатели позволяват да се установят чертите на диференциация на микроелементите в ландшафтите на острова и да се съпоставят с други подобни изследвания у нас и в други райони на света. В цялост ландшафтите на о-в Тасос могат да се приемат като относително ненарушени в геохимично отношение, като тук важна роля оказва литогеохимичната обстановка и особеностите на почвообразуващите и биогеохимичните процеси.

Изследването е направено на базата на методическите основи на геохимията на ландшафтите и резултатите дават база за осъществяването на комплексния екологичен мониторинг.

## ЛИТЕРАТУРА

- Авесаломова, И.А.** 1987. Геохимические показатели при изучение ландшафтов. Изд. МГУ. Avessalomova, n. A. 1987./Geochemical indicators in the study of landscapes. Ed. Moscow State University, M. (Ru)
- Айвазян, А. Д., Н. С. Касимов.** 1979. О геохимической специализации растений. – *Вестн. МГУ, сер. География 3./ Ayvazyan, A. D., N.S. Kasimov.* 1979. About the geochemical specialization of plants. - Vestn. MSU, ser. Geography 3. (Ru)
- Алексеевко, В.А.** 1990. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М., Недра. 146 с./ Alekseenko, V.A. 1990. Landscape Geochemistry and the Environment. M., Nedra. 146 p. (Ru)
- Алексеевко, В. А., Л. П. Алексеевко.** 2003. Геохимические барьеры. Логос, М. 144 с./ Alekseenko, V.A., L.P. Alekseenko. 2003. Geochemical Barriers. Logos, M. 144 p. (Ru)
- Аржанова, В. С., П. В. Ельпатовский.** 1990. Геохимия ландшафта и техногенез. Новосибирск, Наука./ Arzhanova, V.S., P.V. Elpatovskiy. 1990. Landscape geochemistry and technogenesis. Novosibirsk, Science. (Ru)
- Башкин, В. Н., Н. С. Касимов.** 2004. Биогеохимия. М., Научный мир. 648 с./ Bashkin, V.N., N.S. Kasimov. 2004. Biogeochemistry. M., Scientific world. 648 p. (Ru)
- Бойченко, Е. А, Г. Н. Саенко, Т. М. Удальцова.** 1972. Изменения соотношений металлов и эволюция растений биосферы. Очерки современной геохимии и аналитической химии. М., Недра./ Boychenko, E. A, G. N. Saenko, T. M. Udaltsova. 1972. Changes in metal ratios and the evolution of plants in the biosphere. Essays on modern geochemistry and analytical chemistry. M., Nedra. (Ru)
- Вернадский, В. И.** Очерки геохимии. М., 1934. 384 с./ Vernadsky, V.I. Essays on Geochemistry. M., 1934. 384 p. (Ru)
- Виноградов, А. П.** 1962. Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. – Геохимия. № 7, М./ Vinogradov, AP 1962. Average content of elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust. *Geochemistry.* No. 7, M. . (Ru)
- Гиков, А., Н. Николова, Г. Железов, Ст. Недков.** 1998. Биогеохимична специфика на ландшафтите в някои от резерватите на Странджа. – В: Сб. Научни доклади на Юбилейна научна конференция с международно участие „70 години Институт за гората“, 6-7 октомври, 1998, С./ Gikov, A., N. Nikolova, G. Zhelezov, Art. Nedkov. 1998. Biogeochemical specificity of the landscape in Nyakoi from the reserve on Strandzha. - In: Sat. Scientific reports at the Jubilee scientific conference with international participation «70 years of the Institute for Gorata», 6-7 October, 1998, S. (Bg)
- Глазовская, М. А.** 1964. Геохимические основы типологии и методики исследований foundations of typology and research methods of natural landscapes. M., Moscow State University. 286 p. (Ru)
- Добровольский, В. В.** 2009. Биогеохимия мировой суши. М., Научный мир. 170 с./ Dobrovolskiy, VV 2009. Biogeochemistry of the world land. M., Scientific world. 170 p. (Ru)
- Желев, Д.** (2013а). Човешката дейност и геохимичните изменения във водосборния басейн на р. Сазлийка, Списание „Природа“, ISSN 0032-8731/\_Zhelev, D. (2013а). Human activity and geochemical changes in the catchment area of the Sazliyka River, Nature Magazine, ISSN 0032-8731
- Желев, Д.** (2013б). Антропогенизацията в басейна на река Сазлийка през призмата на ландшафтно-геохимичните изследвания, Юбилеен сборник 40 години ЛОПС. ISBN 978-954-18-09-002/\_Zhelev, D. (2013b). Anthropogenization in the base of the

river Sazliyka through the prism of landscape-geochemical research, Jubilee collection 40 years LOPS. ISBN 978-954-18-0902-0

- Касимов, Н. С.** 1988. Геохимия степных и пустынных ландшафтов. М., Изд. МГУ. 254 с./ Kasimov, N.S. 1988. Geochemistry of steppe and desert landscapes. M., Ed. Moscow State University. 254 p. (Ru)
- Касимов, Н.С.** 2013. Экогеохимия., Изд. Филимонов. М., 208 с./ Kasimov, N.S. 2013. Ecogeochemistry., Ed. Filimonov. M., 208 p. (Ru)
- Кабата – Пендиас, А., Х. Пендиас.** 1989. Микроэлементы в почвах и растениях, М., Мир. 440 с./ Kabata-Pendias, A., H. Pendias. 1989. Trace elements in soils and plants. M., Ed. Pease. 440 p. (Ru)
- Китев, Ат.** 2017. Биогеохимично изследване на ландшафтите от Южен Пирин. – Проблеми на географията, кн. 1-2, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, С./ Kitev, At. 2017. Biogeochemical study of the landscapes of South Pirin. *Problems of geography*, vol. 1-2, Ed. BAS “Prof. M. Drinov”, S. (Bg)
- Ковалевский, А. Л.** 1991. Биогеохимия растений. Новосибирск, Наука. 288 с./ Kovalevsky, A.L. 1991. Plant biogeochemistry. Novosibirsk, Science. 288 p. (Ru)
- Котев, Ц.** 2003. Ландшафтно-геохимични изменения в басейна на язовир „Огоста“ под въздействието на минно-добивната дейност. Дисертация, София, БАН, Геогр. инст./ Kotsev, Ts. 2003. Landscape-geochemical changes in the basin of Ogosta dam under the influence of mining activity. Dissertation, Sofia, BAS, Geogr. inst. (Bg)
- Куйкин, С., И. Атанасов, Ю. Христова, Д. Христов.** 2001. Фонови съдържания на тежки метали и арсен в почвообразуващите скали в България. – Почвоведение. Агрохимия и екология, год. XXXVI, No1./ Kuikin, S., I. Atanasov, Yu. Hristova, D. Hristov. 2001. Background contents of heavy metals and arsenic in the soil-forming rocks in Bulgaria. - Soil science. *Agrochemistry and ecology*, year XXXVI, No1. (Bg)
- Пенин, Р.** 1997. Ръководство по геохимия на ландшафтите. С., УИ „Св. Климент Охридски“. 132 с. /Penin, R. 1997. A Guide to Landscape Geochemistry. S., UI „St. Kliment Ohridski“. 132 p. (Bg)
- Пенин, Р., Д. Желев.** 2011. Ландшафтно-геохимически особености Афонского полуострова (Северная Греция). – Известия на русского географического общества, вып. 4, С. Петербург./ Penin, R., D. Zhelev. 2011. Landscape and geochemical features of the Athos Peninsula (Northern Greece). - News on the Russian Geographical Society, vol. 4, St. Petersburg. (Bg)
- Пенин, Р.** 2014. Биогеохимията и геохимията на ландшафтите в търсена на връзката между живата и нежива природа. – В: Сб. 40 години катедра ЛОПС, С., Булвест 2000./ Penin, R. 2014. Biogeochemistry and geochemistry of landscapes in search of the relationship between living and non-living nature. - In: Sat. 40 years of LOPS department, S., Bulvest 2000. (Bg)
- Пенин, Р.** 2021. Ландшафтно-геохимично изследване на остров Тасос. – Проблеми на географията, кн. 3-4, Изд. БАН „Проф. М. Дринов“, С./ Penin, R. 2021. Landscape-geochemical study of the island of Thassos. *Problems of geography*, vol. 3-4, Ed. BAS „Prof. M. Drinov“, S. (Bg)
- Перельман, А.И.** 1955. Очерки геохимии ландшафта. М., Географгиз. 392 с. / Perelman, A.I. 1955. Essays on landscape geochemistry. M., Geografiz. 392 p. (Ru)
- Перельман, А.И.** 1975. Геохимия ландшафта. М., Высшая школа. 340 с./ Perelman, A.I. 1975. Landscape Geochemistry. M., High School. 340 p. (Ru)
- Перельман, А.И., Н.С.Касимов.** 1999. Геохимия ландшафта. М., Астрей-2000. 715 с./ Perelman, A.I., N.S. Kasimov. 1999. Landscape Geochemistry. M., Astrea-2000. 715 p. (Ru)
- Полынов, Б.Б.** 1944. Валовой почвенный анализ и его толкование. – Почвоведение, № 10./ Polynov, B.B. 1944. Gross soil analysis and its interpretation. - Soil science, no. 10. (Ru)

- Полинов, Б.Б.** 1956. Избрани трудове. Изд. АН СССР, М. 751 с./ Polinov, B.B. 1956 Select Trudov. Ed. USSR Academy of Sciences, M. 751 p. (Ru)
- Райков, Л. и др.** 1984. Проблеми на замърсяването на почвата. С., Земиздат. 164 с. / Raikov, L. et al. 1984. Problems in soil problems. S., Zemizdat. 164 p. (Bg)
- Ринькис, Г.Я.** Оптимизация минерального питания растений. Рига, Зизанде, 1972, 355 с./ Rinkis, G. Ya. Optimization of the mineral nutrition of plants. Riga, Zizande, 1972, 355 p. (Ru)
- Фортеस्कю, Д.** 1985. Геохимия окружающей среды, М., Прогресс./ Fortescue, D. 1985. Environmental Geochemistry, M., Progress. 360 p. (Ru)
- \*\*\* Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. 1988. М., Мир./ Bioindication of pollution of terrestrial ecosystems. 1988. M., Mir. (Ru)
- \*\*\* Биогеохимическая индикация окружающей среды. 1988. – В: Тезисы докладов к Всесоюзному семинару, посвященному 125-летию со дня рождения В. И. Вернадского. Л., Наука./ Biogeochemical indication of the environment. 1988. - In: Abstracts of reports to the All-Union Seminar dedicated to the 125th anniversary of the birth of V. I. Vernadsky. L., Science. (Ru)
- \*\*\* Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды. 1989. М., Наука./ Landscape-geochemical foundations of the background monitoring of the natural environment. 1989. M., Science. (Ru)
- \*\*\* Свинец в окружающей среде. 1987. М., Наука. 182 с./ Lead in the environment. 1987. M., Science. 182 p.
- Bergman, W., A, Cumakov.** 1977. Diagnosis of nutrient requirement by plants. Jena, G. Fisher Verlag, and Bratislava, Priroda.
- Gough, L.P., H.T. Shacklette, A.A. Case.** 1979. Elements concentrations toxic to plants, animals, and man. U. S. Geol. Surv. Bull. 80.
- Graham, R.D.** 1981. Absorption of copper by plant roots: in Copper in soils and Plants. **Loneragan, J.F., A.D., Robson, R.D. Graham.** Eds. Academic Press, NY, 1981, 141.
- Kitagishi, K., I. Yamane.** 1981. Heavy metals pollution in soils of Japan. Tokyo, Japan Science SOCIETY Press.
- Mengel, K., E.A. Kirkby.** 1978. Principles of plants nutrition. Bern, International Potash Institute. 849 p.
- Shacklette H.T., J.A. Erdman, T.F. Harms.** 1978. Toxicity of heavy Metals in the environments. NY, M. Dekker. v. 1, p. 25-68.
- Kabata-Pendias, A.** 2010. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press; 4th edition. 548 p. ISBN-13: 978-1420093681
- Wada, K.A.** Abd-Elfattah Characterization of zink adsorption sites in two mineral soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, Volume 24, 1978 - Issue 3.