

*Посебно издание на
Geologica Macedonica, № 2*

**МАКЕДОНСКО ГЕОЛОШКО ДРУШТВО и
УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“-ШТИП**

**ПРВ КОНГРЕС
на
Геолозите на Република Македонија**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ



Организационен одбор на Првиот Конгрес на Геолозите на Република Македонија

Претседател: Проф. д-р Тодор Серафимовски
Секретар: м-р Златко Илијовски

Технички секретар: м-р Горан Тасев

Членови: Проф. д-р Блажо Боев
Проф. д-р Ванчо Чифлиганец
Проф. д-р Никола Думурџанов
Проф. д-р Соња Лепиткова
Проф. д-р Милорад Јовановски
м-р Коста Јованов
Проф. д-р Крсто Блажев
Флорент Чиче
Проф. д-р Борче Андреевски
Проф. д-р Марин Александров
Проф. д-р Панде Лазаров
Проф. д-р Тодор Делипетров
м-р Раде Станковски
Ванчо Ангелов
Кирил Јованов
Кирил Филев
Владимир Плотников

Финансиска поддршка:

Министерство за образование и наука на Република Македонија
Министерство за економија на Република Македонија
Министерство за животна средина и просторно планирање на Република Македонија
"FENI-INDUSTRI"-Кавадарци
ЕЛЕМ-Скопје
ДПТУ "БУЧИМ" ДООЕЛ-Радовиш
"Адора инженеринг" дооел-Скопје
"Индоминерали и метали" дооел Скопје
(*Рудници за олово и цинк Злејово и Тораница*)
Рудници за олово и цинк "Саса", М. Каменица
Градежен Институт Македонија-Скопје
Градежен факултет-Скопје
ГЕОМАП-Скопје
"Геоинженеринг-М"-Скопје
"Хидроинженеринг"-Битола

КОНТАМИНИРАНОСТ НА ПОЧВИТЕ СО ТЕШКИ И ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ ВО ОКОЛИНАТА НА с.ЛОЈАНЕ

Блажо Боев, Тена Шијакова-Иванова, Соња Лепиткова, Владимир Костов

Факултет за рударство-геологија и политехника, Гоце Делчев 89, Штип,
Република Македонија

Абстракт: Целта на овој труд е да се согледат причините и да се разјаснат ефектите од контаминацијата на почвите во околината на с. Лојане и Слупчане каде што во непосредна близина се констатирани бројни минерални појави и рудни наоѓалишта на тешки метали. Истражниот простор е локализиран источно од с.Лојане, на површина од околу 3.6 км². Хемиската анализа на примероците е извршена со користење на ICP-AES. Добиените податоци од хемиските анализи се претставени со изработка на контурни геохемиски карти. Во изработката на овие контурни карти е користена програмата Golden software – Surfer 8.0. Со истражувањето е утврдено дека во анализираните примероци на почви, некои од тешките метали се застапени во концентрации кои ја надминуваат максимално дозволената граница на застапеност. Така на пример, застапеноста на арсенот во сите 35 примерока ја надминува максимално дозволената концентрација од 18.5 до 37 пати. Покрај арсенот, во сите примероци МДК ја надминува и хромот, во просек за вредност двојно поголема од дозволената. Живата во дел од примероците ја надминува МДК додека во 17 примерока е во дозволениот опсег.

Клучни зборови: почва, арсен, жива, хром, контурни геохемиски карти.

Вовед

Истражуваното подрачје географски припаѓа во северниот дел на Р.Македонија на оддалеченост од десетина километри од Куманово источно од селата Лојане и Слупчане. Во пошироката околина на истражуваното подрачје се застапени следите литолошки единици: [9]

- Квартерни наслаги – Квартерните наслаги се локализирани точно на теренот на кој е извршено опробувањето и генерално се состојат од современи алувијални наслаги, кои се изградени претежно од чакали и во помала мера песочни наслаги. Делувијалните седименти се изградени од фрагменти од карпи помешани со глиновито- хумусен материјал.

- Плиоценски седименти - Плиоценските седименти се претставени со песокливо-глинеста серија (P₃) и бигорливи варовници.

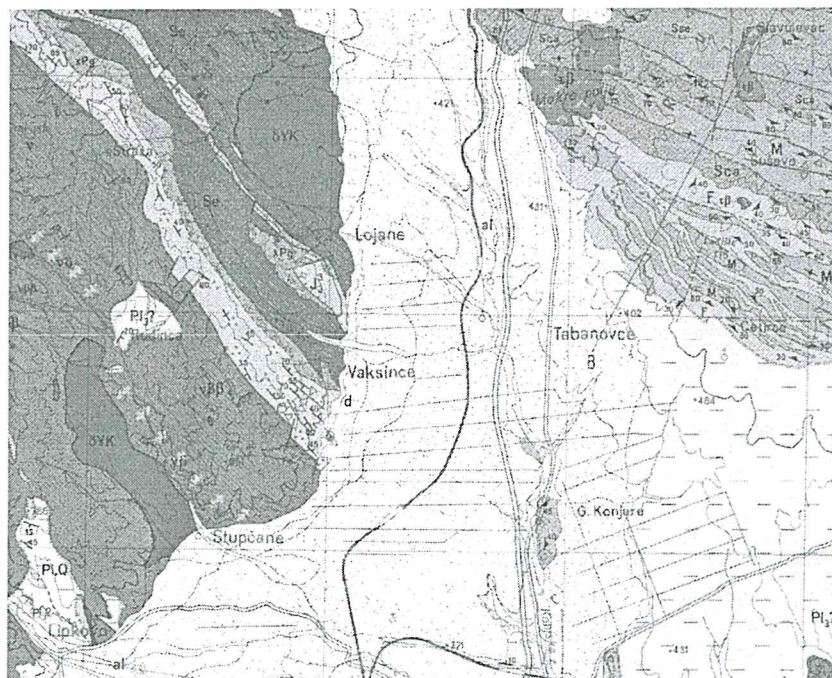
Песокливата серија е изградена од песоци, глини, леќи на песочници, варовници и дебели наслаги на чакали. Вкупната дебелина на оваа серија изнесува 10 метри.

- Јурски флишни седименти - Јурските седименти се претставени со песочници, конгломерати, алевролити и глинци. Песочниците се крупнозрнести, среднозрнести и ситнозрнести, изградени претежно од кварц, фелдспати, како и фрагменти од варовници, серицит - хлоритски шкрилци и серпентинити. Конгломератите се составени од слабо сортирани валутоци изградени од метапесочници, глинести песочници, и серицит хлоритски шкрилци. Цементната материја е претставена со глина и лапорец.

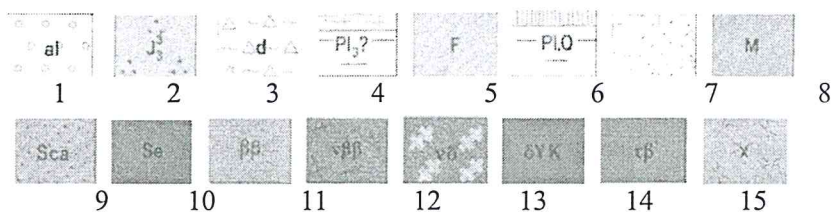
- Метаморфни карпи - претставени се со мермери од

палеозојска старост, кои се изградени од крупни кристали на калцит и големо учество на лискуни особено на преодите кон шкрилците. Серицитско-филитичните шкрилци се најраспространетите метаморфни карпи кои имаат пара потекло и настанале од пелитско-псамитски материјал. Метаморфираните

риолити се јавуваат во склоп на шкрилестите серии и се одликуваат со висок степен на метаморфизам. Имаат порфирска структура а како фенокристали се јавуваат кварц и фелдспат (микроклин). Фелдспатите најчесто се каолинизирани и серицитизирани.



Сл.1. Геолошка карта на истражуваното подрачје.



1. Алувиум; 2. Флишни наслаги; 3. Делувиум; 4. Плиоценски седименти;
5. Серицитски и филитични шкрилци; 6. Чакали и бигорливи варовници;
7. Распаднат површински материјал; 8. Мермери; 9. Метаморфирани песочници;
10. Серпентинити; 11. Дијабази; 12. Габродијабази; 13. Габродиорити;
14. Гранодиорити; 15. Кајанити; 16. Метаморфирани риолити.

• Магматските карпи се едни од најзастапените во рамките на пошироката околина на истражувањето. Претставени се со серпентинити со палеозојска старост. Покрај серпентинитите се присутни и дијабази, габродијабази и габродиорити. На

овој терен исто така се присутни и гранодиорити кои се јавуваат во вид на големи маси, или пак во вид на дајкови. Покрај овие карпи на теренот се присутни и изливи на кајанити кои се јавуваат како покривач врз седиментите од горен плиоцен.

- Исто така посебно треба да се нагласи постоењето на многу минерални појави и рудни наоѓалишта, како на пример големото арсенско-антимонитското наоѓалиште, како и хромитското наоѓалиште Лојане од кое во минатото се одвивала експлоатација на хромит.

МЕТОДОЛОГИЈА НА РАБОТА

Методологијата за работа со примероци од почви се состои од:

- Земање на примероци од почви;
- Подготовка на примероците;
- Одредување на застапеноста на тешките метали во примероците од почви со методата на ICP-AES;

Примероците за ова истражување се земени по квадратна мрежа со растојание помеѓу поединечните проби од 400x400 m. Земени се вкупно 35 проби со тежина на секоја проба поединечно од приближно 2kg на површина од 3.6 km² кои се соодветно означени со ознаки K-1 до K-34. Исто така на секоја земена проба и е одредена географската положба со координати за X Y и Z.

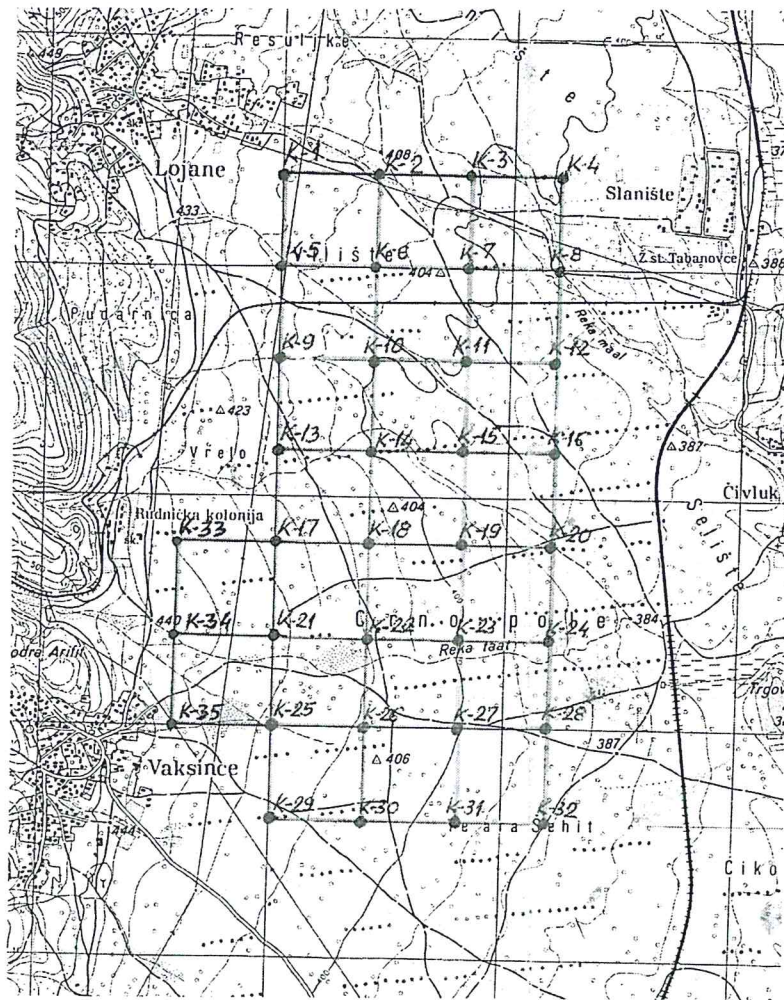
Подготовката на пробите се изведува во две фази и тоа просејување и растварање.

Просејувањето на примероците е извршено со помош на комплет лабораториски сита со отвори од 12, 60 и 170#. На тој начин е добиен репрезентативен примерок со тежина од 15 до 20 gr. За да се изврши растварање на примерокот потребни се 0.5g од просејаниот примерок.

Растварањето на примерокот е извршено по пат на мокра дигестија односно потопување на примерокот во мешавина од HCl и HNO₃ во сооднос 3:1 (царска вода) со цел да се излужат присутните елементи. Понатаму садот со растворот се покрива со саатно стакло и се загрева до мокри соли. Мокрите соли се растварат со азотна киселина и се филтрират низ филтерна хартија. Филтрираните примероци се собираат во одмерни колби од 100ml и се чуват до хемиската анализа.

ДОБИЕНИ РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Резултатите од хемиската анализа на примероците од почви се дадени во табела бр.1 Предмет на одредување се седум елементи од групата на тешки и токсични елементи кои се застапени во различни концентрации во секоја проба поединечно.



Слика бр.2. Топографска карта со означени точки на земање на проби

Табела бр.1. Резултати од хемиската анализа на почви од околината на с.Лојане

Резултати од хемиска анализа на почви од околината на с. Лојане (ppm)								
Рел.Бр.	Ознака	As	Cr	Cu	Hg	Zn	Mn	Fe
1	K-1	236.1	113.8	31.45	0.221	79.24	1102.8	25648.7
2	K-2	281.8	181.5	39.62	0.088	69.31	973.2	36167.2
3	K-3	246.3	148.2	36.42	0.145	64.85	845.8	34951.5
4	K-4	185.7	118.5	34.46	0.135	66.20	867.5	36887.6
5	K-5	258.5	181.0	38.44	0.057	78.70	1325.5	41596.8
6	K-6	226.6	171.3	44.94	0.135	89.67	1083.9	37423.4
7	K-7	210.4	181.6	35.46	0.090	63.51	986.5	37192.0
8	K-8	254.1	196.0	55.77	0.145	78.06	1047.7	40330.7
9	K-9	242.9	150.2	55.18	0.069	88.48	1522.1	43796.9
10	K-10	197.8	140.8	42.52	0.112	58.30	946.5	33842.7
11	K-11	192.2	131.3	38.05	0.089	76.18	848.3	39287.2
12	K-12	226.4	152.6	39.98	0.115	65.32	1013.7	37316.4
13	K-13	296.6	167.3	48.32	0.191	108.34	1259.1	44278.6
14	K-14	250.0	317.6	38.20	0.072	86.76	1200.2	47746.1
15	K-15	222.7	165.3	38.84	0.085	93.48	1012.8	39381.0
16	K-16	259.8	147.1	36.42	0.115	82.68	1184.4	37269.3
17	K-17	254.1	209.2	34.34	0.109	66.37	1046.7	49254.3

18	K-18	207.2	241.2	39.00	0.084	72.40	991.6	47390.3
19	K-19	214.9	220.2	38.19	0.097	73.74	1030.6	45957.6
20	K-20	361.5	305.0	36.46	0.068	69.11	1088.7	46844.5
21	K-21	221.7	221.3	35.94	0.069	84.88	990.2	51942.7
22	K-22	375.4	266.4	33.06	0.131	48.62	943.2	46281.5
23	K-23	185.7	-	-	-	-	-	-
24	K-24	260.1	238.4	36.94	0.102	173.24	1078.9	48086.6
25	K-25	259.9	240.1	36.71	0.166	77.72	1056.0	46843.6
26	K-26	306.5	230.7	36.35	0.132	57.31	1350.9	45500.2
27	K-27	330.4	239.9	34.70	0.110	76.31	933.5	46121.0
28	K-28	224.9	191.0	36.55	0.065	75.51	1005.9	45846.8
29	K-29	241.4	186.6	31.21	0.159	72.18	904.4	40291.8
30	K-30	260.0	202.4	37.51	0.088	74.24	1013.9	48097.4
31	K-31	296.1	205.3	38.72	0.039	71.43	1049.6	42326.9
32	K-32	264.1	192.1	38.50	0.086	76.24	1013.5	47395.0
33	K-33	294.8	289.0	40.42	0.508	77.79	1308.4	52370.5
34	K-34	276.7	262.2	33.33	0.084	59.10	1108.1	52569.4
35	K-35	211.0	154.6	23.80	0.068	66.35	769.4	34244.3

Максимално дозволените концентрации во почви на елементите кои се опфатени со ова истражување се прикажани во табела бр.2.

Табела бр.2. Максимално дозволените концентрации на елементите во почви.

Елемент МДК(ppm)	As <10	Zn 300	Cu 100	Hg 0.01-0.1	Cr 100
---------------------	-----------	-----------	-----------	----------------	-----------

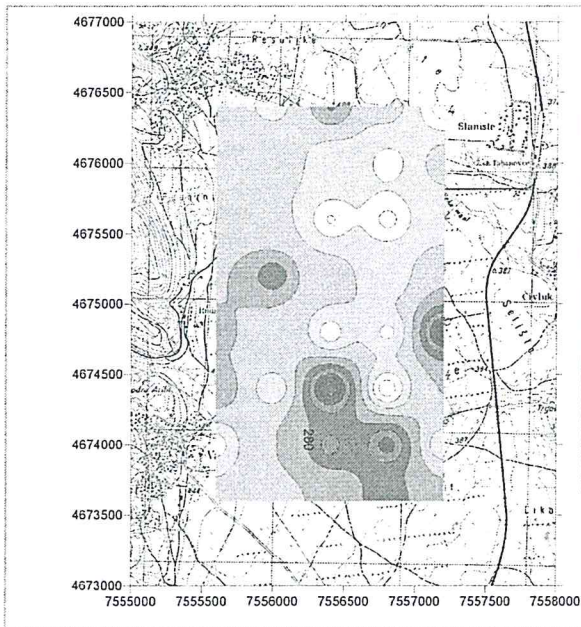
Податоците за максимално дозволените концентрации на одредени елементи во почвите можат да послужат како основа за споредба со добиените резултати од хемиските анализи а со тоа и идентификување на контаминацијата на почвите со овие елементи.

Со споредба на податоците од хемиските анализи и максимално дозволените концентрации се забележува дека одредени елементи се јавуваат во енормно високи содржини.

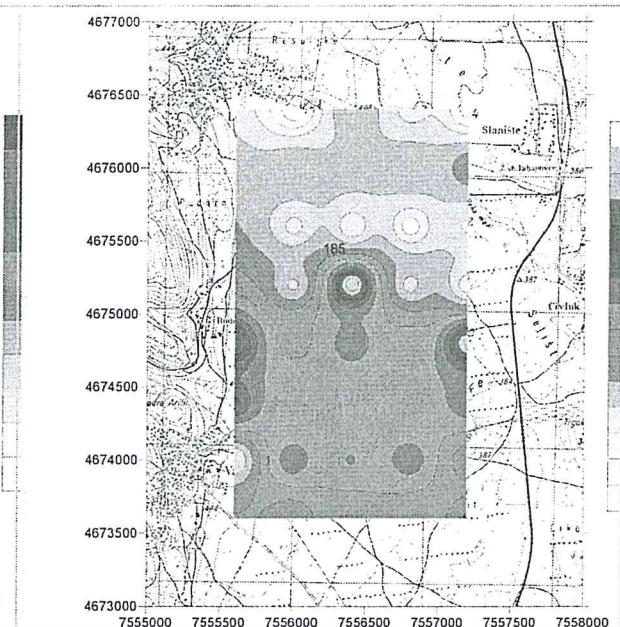
За определување на висината на контаминацијата со тешки елементи се изработени контурни геохемиски карти кои укажуваат на областите на контаминација и ги отсликуваат варијациите на содржината на одреден елемент. За таа цел се изработени геохемиски карти за секој елемент посебно.

Во истражуваното подрачје како елемент кој во најголема мера ја надминува границата на максимално

дозволена концентрација е арсенот. Овој елемент во сите точки од кои се земени примероци за анализа, се јавува во концентрации кои ја надминуваат максималната дозволена концентрација во опсег од 18.5 до 36 пати. Овие податоци укажуваат на тешката контаминација на овие почви во однос на арсенот. Поради фитотоксичните ефекти кои арсенот ги предизвикува врз растенијата овие терени се неподобни за одгледување на земјоделски култури. Овие енормно високи содржини на арсен во почвите најверојатно се последица на распаѓањето на примарните минерали на арсенот од антимонит-арсенското наоѓалиште кое е локализирано во близина на теренот на кој е спроведено ова истражување. Арсенот под дејство на водените раствори е транспортиран од местото на примарната концентрација до почвените хоризонти кои се предмет на ова истражување.



Слика бр.3. Геохемиска карта на арсен



Слика бр.4. Геохемиска карта на хром

Покрај арсенот во концентрации поголеми од дозволените се појавува и хромот. За разлика од арсенот, хромот не ја преминува максимално дозволената концентрација во толкава мера. Но сепак и хромот се јавува во концентрации кои би можеле да бидат штетни за почвените екосистеми. Највисоки концентрации на хром се јавуваат во пробите К-14 со содржина од 317.6 ppm и во пробата К-20 со 305.0 ppm Cr. Покрај овие проби кои имаат највисоки содржини на хром евидентно е и тоа дека во сите останати проби содржината на хром значително е повисока од максимално дозволените концентрации за најмалку 40%. Во близина на истражуваниот терен се наоѓа едно од најголемите наоѓалишта на хром во Р.Македонија кое било во активна експлоатација до 1960 година. Па така евидентна е поврзаноста на високите концентрации на Cr во почвите со близокоста на наоѓалиштето, како и со активностите на неговото експлоатирање. На високата содржина на хром во почвата сигурно големо влијание имал и човековиот фактор. Високите количини на хром во почвата најверојатно претставуваат производ на рударењето кое било присутно на овој терен така што во блиската околина се ослободувани големи количини на овој метал преку одлагање на

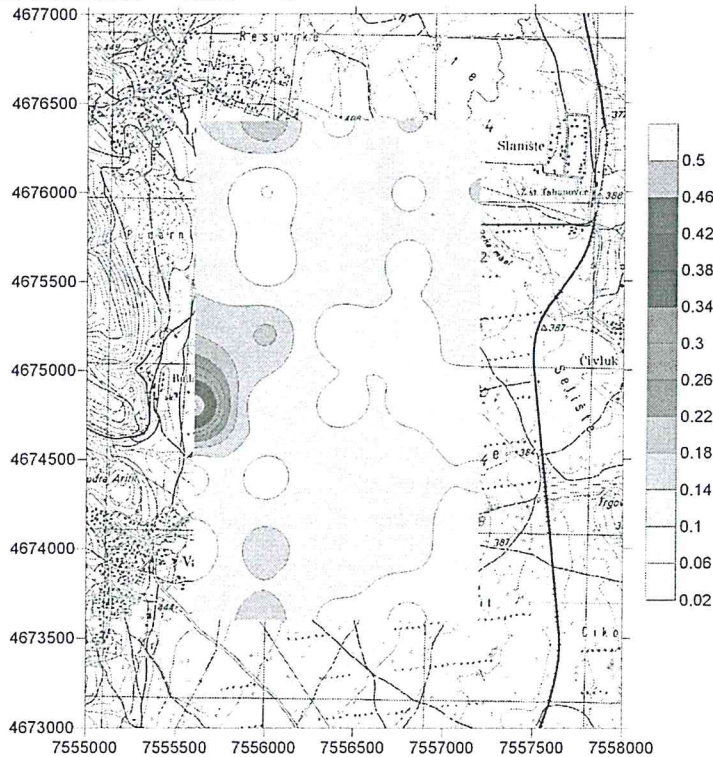
јаловината од откопаната руда и преку ослободувањето на голема количина на руднички води заради одводнување.

Еден дел од хромот би можел да потекнува и од серпентинитите како и од габроидите кои се присутни во истражуваната област поради зголемените количини на хром кои се присутни во тие типови на карпи.

Живата исто така претставува метал кој е силно токсичен и неповолно влијае на животната средина. Во истражуваното подрачје се јавува во количини кои се повисоки од максимално дозволената концентрација или пак претставуваат гранични вредности. За живата максимално дозволените концентрации се во опсег од 0.01 до 0.1 ppm. Повеќето од анализираните примероци ја надминуваат границата од 0.1 ppm а во 17 примерока концентрацијата на жива е во дозволеният опсег. Највисоки концентрации на Hg се јавуваат во пробата К-1 со 0.221 ppm и К-33 со содржина од 0.508 ppm. Останатите проби се со концентрации на Hg кои се во опсег од 0.010 до 0.066 ppm над дозволените концентрации. Евидентно е тоа што најголеми концентрации на Hg во почвите се констатираны во крајните западни делови на истражуваното

подрачје каде што во близина има појава на сулфидни руди на бакар и арсенско-антимонитски наоѓалишта како и

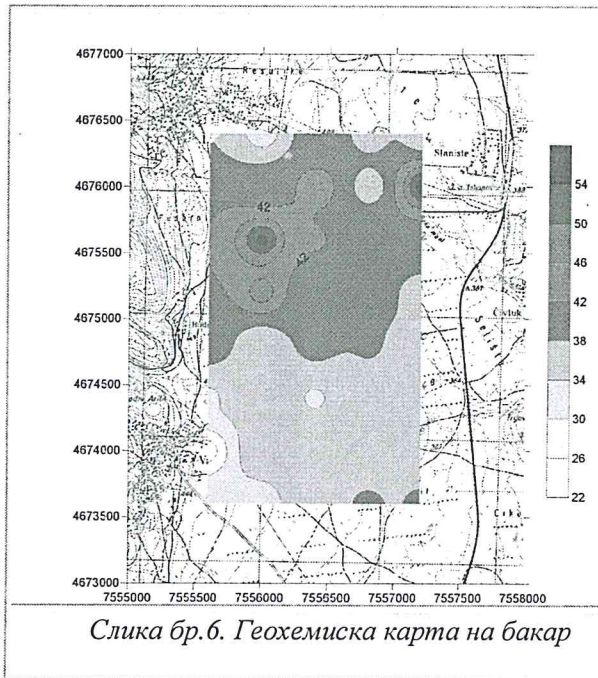
минералошки појави на овој метал во кристалестите шкрилци.



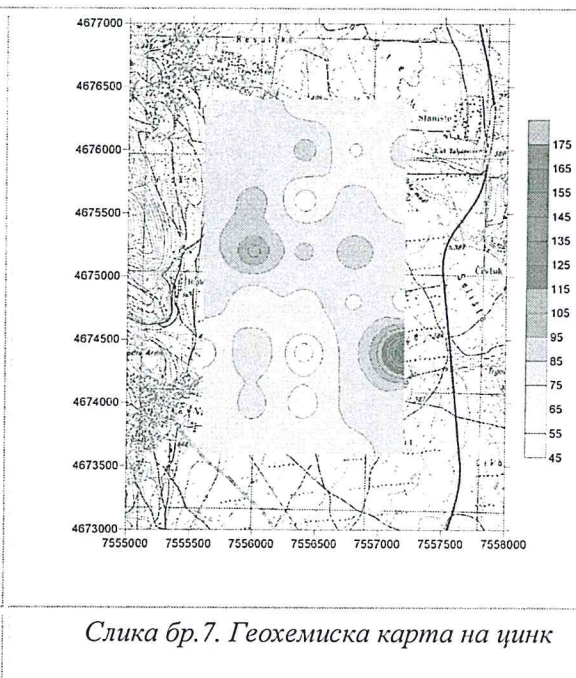
Слика бр.5. Геохемиска карта на жива

Ако се знае дека живата скоро секогаш се јавува како придружен метал во хидротермалните наоѓалишта, тогаш може да се каже дека голем дел од овие концентрации во почвите потекнуваат од овие наоѓалишта. Со растварање на распаднатите сулфиди би можело да дојде до мобилизирање на живата и нејзино депонирање на денешната положба. Поради афинитетот на живата да испарува на ниски температури и подоцна да кондензира еден дел од присутната жива би можел да потекнува од атмосферското депонирање. Контаминацијата на овие почви со жива не е големо споредбено со загадувањето со арсен или хром но сепак поради силниот токсичен ефект на живата потребни се мерки за презервација и деконтамирање на оваа област.

Резултатите кои се добиени за концентрацијата на бакар во почвите во околината на с.Лојане не покажуваат значително зголемување на содржината со оглед на тоа дека овие вредности не ја преминуваат максимално дозволената концентрација од 100 ppm. Највисоката концентрација на бакар која е детектирана во сите проби изнесува 55.77 ppm што е значително помалку од дозволената концентрација. Сепак битно е да се спомене дека средната содржина на бакар во земјината кора изнесува од 20- 30 ppm, додека во анализираниите проби оваа содржина е надмината или во најголем дел претставува вредност што е малку над нормалната вредност и може да укаже на извесно контамирање.



Слика бр.6. Геохемиска карта на бакар



Слика бр.7. Геохемиска карта на цинк

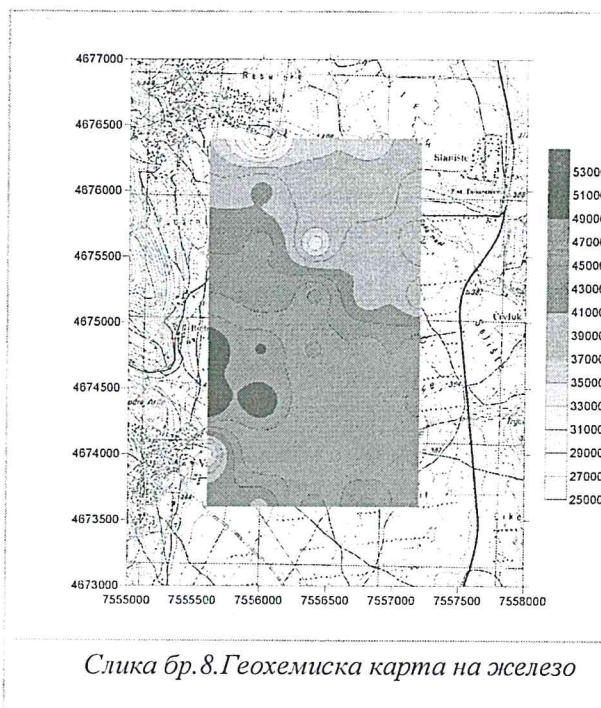
Бакарот во почвите кои се испитувани може да потекнува од многубројните хидротермални минерални појави кои се констатирани во околината. Зголемените концентрации на бакар во почвите можат да се јават и како последица на прекумерната употребата на вештачки ѓубрива кои во својот состав го содржат овој метал.

Цинкот во анализираните проби генерално се јавува во ниски концентрации кои не преминуваат 180ppm. Со оглед на вредноста за максимално дозволената концентрација на цинк која изнесува 300ppm, можеме да заклучиме дека на ова подрачје нема некое поголемо контаминирање со цинк. Средната содржина на цинк во континенталната кора изнесува околу 40ppm. Со оглед дека најголемиот број на проби се многу блиску до овие вредности може да се заклучи дека од аспект на цинкот не постои контаминација. Исклучок претставуваат неколку проби како што се K-13 и K-24 кај кои што

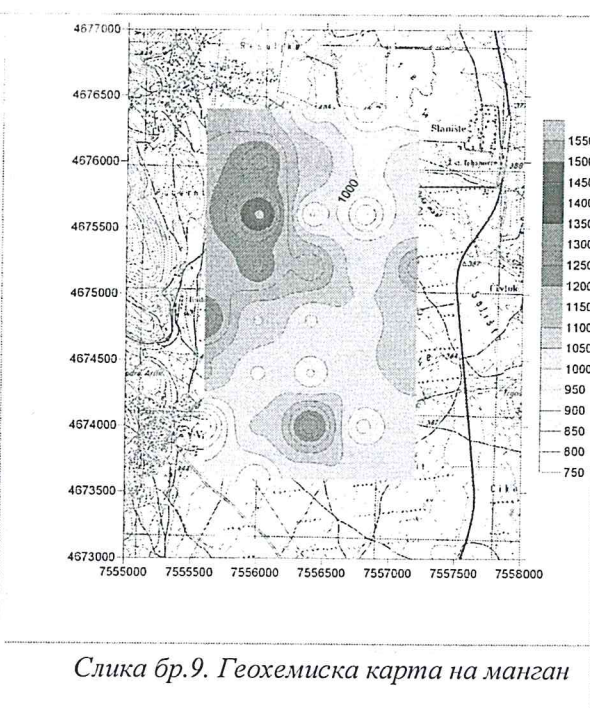
имаме зголемени концентрации на Zn со вредност од 108 и 173 ppm кои сепак се далеку од максимално дозволената концентрација.

Железото како еден од главните елементи во почвите во овие проби се јавува во високи концентрации. Високите концентрации на железо во анализираните почви водат потекло од ултрабазитите и габроидните карпи кои се широко застапени во околината на истражуваното подрачје а кои во себе содржат зголемени количества на железо во однос на просечната застапеност на овој метал во земјината кора.

Присуството на железните хидрирани оксиди во почвите е еден од главните фактори за апсорпција на другите тешки метали така што неговото присуство придонесува за апсорпција и фиксирање на јоните на другите метали што ги прави недостапни за апсорпција од страна на растенијата.



Слика бр.8. Геохемиска карта на железо



Слика бр.9. Геохемиска карта на манган

Поради високата токсичност како и силните мигративни својства, манганот е еден од елементите од интерес во ова истражување. Манганот во земјината кора се јавува во опсег од 20 па до 200ppm. Во истражуваното подрачје концентрациите на манганот се значително зголемени и се движат во опсег од 769-1522ppm. Ова се должи на присуството на голем број минералшки појави на манганови оксиди со чие распаѓање и растварање би можело манганот да се ослободи и да се транспортира а со тоа да ги контаминира почвите од истражуваното подрачје.

Геохемиските карти на поедините елементи во истражуваниот простор се изработени со цел да се долови појасна слика за дистрибуцијата и концентрацијата на елементите. Со овие карти јасно се детерминираат просторните варијации на концентрацијата на хемиските елементи кои се објект на ова истражување.

КОРЕЛАЦИИ ПОМЕГУ КОНЦЕНТРАЦИЈАТА НА ПОЕДИНЕЧНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

Утврдувањето на односот како и врската помеѓу хемиските елементи е

еден од најбитните параметри за разбирањето на процесите на адсорпција и дистрибуција на овие компоненти во почвените системи. Во статистиката, појавите на меѓусебни врски и односи се одредуваат со методот на корелација. При обработката на податоците, многу е важно да се утврди како се менува еден примерок при промената на другиот, односно потребно е да се пронајде врската и коефициентот на корелација која го одредува степенот на меѓусебна поврзаност.

При геохемиските проучувања покрај определување на обликот и насоката на поврзаноста потребно е да се детерминира и јачината на врската. Мерката за јачина на врските претставува коефициентот на корелација. Неговата вредност може да се движи во границите од -1 до +1, при што вредностите од 0 до 0.5 во било која насока се сметат за незначајни, а ако добиениот коефициент е над 0.5 тој укажува на одредена значајна поврзаност, која е поголема колку што самата вредност е поблиску до 1.0. Во наредната табела е прикажана значајноста на врската помеѓу корелатите во зависност од вредноста на добиениот коефициент на корелација.

Табела.3. Оцена на коефициентот на корелација

Коефициент на корелација	Оцена на врската
До 0.5	Незначајна врска, несигурноста е голема
0.5 – 0.7	Значајна врска, несигурноста е мала
0.7 – 0.8	Јака врска, може да има практична важност
0.8 – 0.9	Тесна врска, има практично значење
0.9- 1.0	Многу тесна врска, има големо практично значење

Во ова истражување со метод на регресивна корелација е проверено дали постои поврзаност помеѓу застапеноста на

анализираните елементи. Добиените корелации се прикажани во Табела 4.

Табела бр.4. Коефициент на корелација помеѓу поедините елементи застапени во анализираните почви

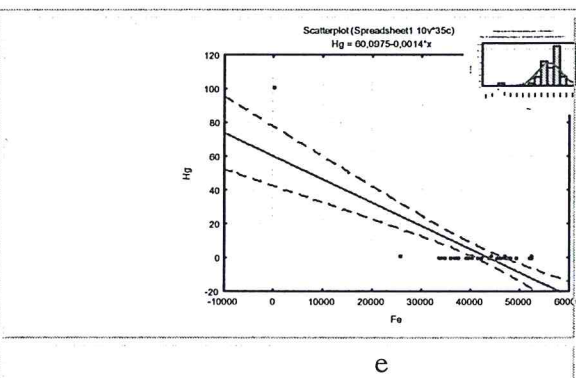
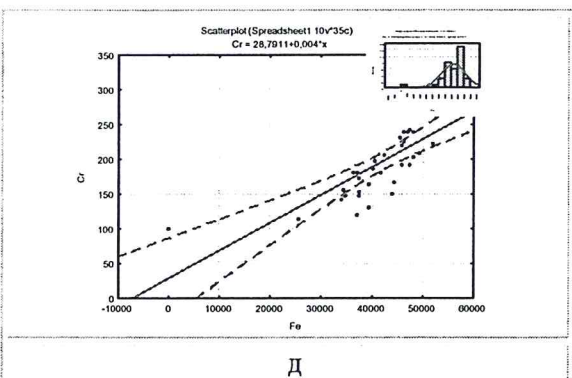
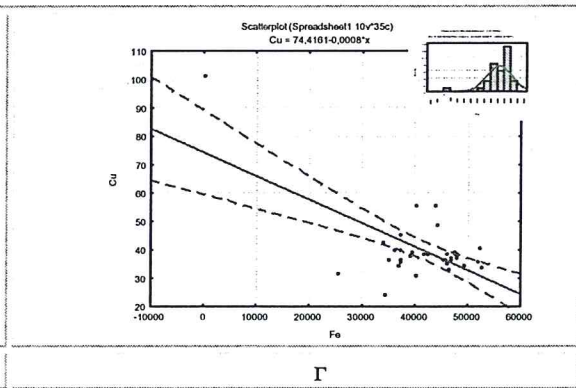
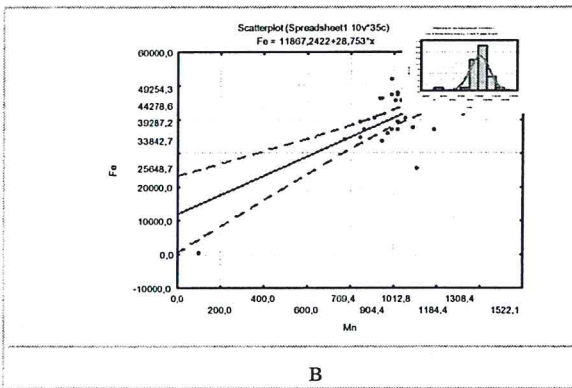
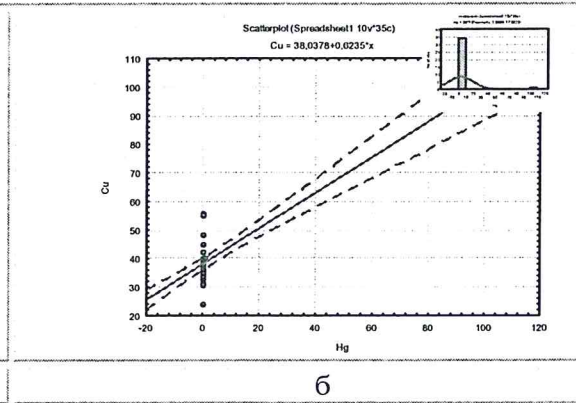
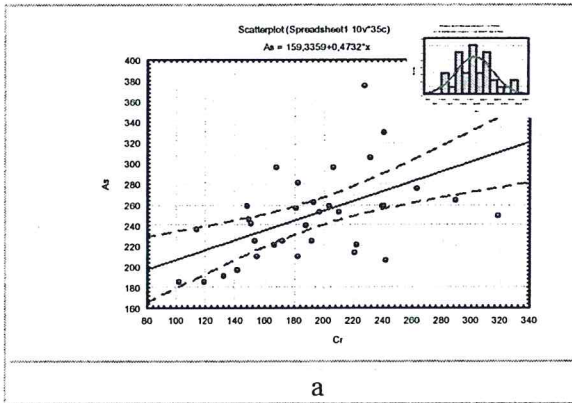
Корелации помеѓу елементите	Коефициент на корелација	Корелации помеѓу елементите	Коефициент на корелација
As-Cr	0.55	Cu-Fe	-0.65
As-Fe	0.42	Cu-Mn	-0.45
As-Mn	0.36	Cr-Fe	0.72
Cu-Hg	0.87	Cr-Mn	0.39
Hg-Fe	-0.76	Fe-Mn	0.68
Hg-Mn	-0.72		

Од резултатите прикажани во претходната табела можеме да видиме дека се добиени неколку корелации со значајни вредности (над 0.5) и тоа помеѓу елементите: As-Cr(0.55); Cu-Fe(-0.65); Fe-Mn(0.68); Cr-Fe(0.72); Hg-Mn(-0.72); Hg-Fe(-0.76) и Cu-Hg(0.87).

Кај некои од наведените парови на елементи присутна е негативна поврзаност односно застапеноста на високи концентрации од едниот елемент е проследена со ниска концентрација на

другиот елемент. Зголемени концентрации на железо и манган најчесто се јавуваат при ниски концентрации на жива. Добиена е и значајна негативна поврзаност помеѓу застапените количини на бакар и железо.

Највисока корелација во анализираните примероци е добиена помеѓу елементите жива и бакар. Меѓу нив постои тесна врска, односно во почвите каде што се присутни високи концентрации на бакар најчесто се наоѓат и високи концентрации на жива.



Сл.10. Коэффициенти на корелација: (а) As-Cr; (б) Cu-Hg; (в) Fe-Mn; (г) Cu-Fe; (д) Cr-Fe; (е) Hg-Fe;

ЗАКЛУЧОК

Со истражувањето е утврдено дека во анализираните примероци на почви, некои од тешките метали се застапени во концентрации кои ја надминуваат максимално дозволената граница на застапеност. Така на пример, застапеноста на арсенот во сите 35 примерока ја надминува максимално дозволената концентрација од 18.5 до 37 пати. Покрај арсенот, во сите примероци МДК ја надминува и хромот, во просек за вредност двојно поголема од дозволената. Живата во дел од примероците ја надминува МДК додека во 17 примерока е во дозволениот опсег.

Во склоп на ова истражување е испитувана и меѓусебната поврзаност во застапеноста на металите во примероците. За утврдување на поврзаноста е користен методот на регресивна корелација. Највисока позитивна корелација е добиена за елементите Си и Hg, а значајна негативна поврзаност во застапеноста на елементите има во паровите: Hg-Fe; Hg-Mn и Cu-Fe.

ЛИТЕРАТУРА

- Alloway B.J. 1990: Heavy metals In soils. London
- Боев Б.; Лепиткова С. 2002: Геохемија на средина. Штип: Рударско-геолошки факултет;
- Боев Б.; Лепиткова С. 1996: Geochemical investigation of the soils in the Republic Macedonia. *Geologica Macedonica*, Vol.11, pp 51-56, Stip, 1997.
- Krauskopff, K.B., 1967; Introduction to geochemistry, Mc.graw Hull, New York, pp 667.
- Серафимовски Т., Јеленковиќ Р. 1997. Наоѓалишта на металични минерални суровини. Штип: Рударско-геолошки факултет;
- Серафимовски Т. 2002: Инструментални методи. Скопје: Универзитет "Св. Кирил и Методиј".
- Scott, W.S., 1980: Water, Air and Soil Pollution, 13, 187
- Schnitzer, M., Kerndorf, H., 1981: Water, Air and Soil Pollution, 15, 97.
- Толкувач на основна геолошка карта на Р.Македонија- лист Куманово