



•Փորձարարական և տեսական հոդվածներ• *Экспериментальные и теоретические статьи*
•Experimental and theoretical articles•

Հայաստանի կենսաբ. հանդես, 4(68), 2016

ԱԳԱՐԱԿԻ ՊՂՆՁԱՍՈՒԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ԿՈՄԲԻՆԱՏԻ ԾՐՋԱԿԱ ՀՈՂԵՐԻ ՄԻԿՐՈՏԱՐՐԵՐՈՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏ ԿԱՊՎԱԾ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՌԻՍԿԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Կ.Ա. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Հ.Ս. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ, Հ.Գ. ԺԱՄՅԱՐՅԱՆ, Ն.Փ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

ԵՊՀ, Էկոլոգիայի և բնության պահպանության ամբիոն
ghazaryank@mail.ru, hasmikmov@ysu.am, nairakazaryan@yahoo.com

Ուսումնասիրվել են Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի (Սյունիքի մարզ) առավել ռիսկային հինգ շրջանները: Ծանր մետաղներով հողերի աղտոտման մակարդակը գնահատվել է Աղտոտման գործոնների (*Cf*), Աղտոտման աստիճանի (*Cd*), Գեոակումուլյացիայի ցուցանիշի (*I-geo*) և Հարստացման գործոնի (*EF*) կիրառմամբ: Հետքային մետաղների բախշման եղանակը հողի կտրվածքում համաձայն Նշված ցուցանիշների վկայում է հողի լուրջ աղտոտման մասին: Ուսումնասիրված համարյա բոլոր տարածքներում *Cu*-ը, *Mo*-ը, *Pb*-ը և *Cd*-ը հիմնական աղտոտող ծանր մետաղներն էին, և դա պայմանավորված է Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի գործունեությամբ:

Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատ – ծանր մետաղներ – հողերի աղտոտում – հարստացման գործոն (EF)

Изучены почвы пяти наиболее уязвимых участков Агаракского медно-молибденового комбината (Сюникская область). Уровень загрязнения почв тяжелыми металлами был оценен с помощью факторов загрязнения (*Cf*), степени загрязнения (*Cd*), геоаккумуляционного показателя (*I-geo*) и фактора обогащения (*EF*). Модель распределения металлических микроэлементов по профилю почвы согласно указанным показателям, выявила значительное загрязнение почв. Почти во всех исследованных участках *Cu*, *Mo*, *Pb* и *Cd* являлись основными загрязняющими тяжелыми металлами, и это обусловлено функционированием Агаракского медно-молибденового комбината.

Агаракский медно-молибденовый комбинат – тяжелые металлы – загрязнение почв – фактор обогащения (EF)

The soils from five the most risky sites of Agarak Copper Molybdenum Combine (Syunik Province) were studied. The level of soil contamination by heavy metals was assessed by Contamination factors (*Cf*), Degree of contamination (*Cd*), Geoaccumulation index (*I-geo*) and Enrichment factor (*EF*). The distribution pattern of trace metals in the soil profile according to mentioned parameters shows that the soil is significantly polluted. Almost at all studied sites *Cu*, *Mo*, *Pb* and *Cd* were the main polluting heavy metals and this is conditioned by Agarak Copper Molybdenum Combine activity.

Agarak Copper Molybdenum Combine – heavy metals – soil pollution – Enrichment factor (EF)

Հողը՝ որպես ցամաքային էկոհամակարգերի կարևոր մաս, վճռական դեր ունի տարրերի շրջապտույտում: Այն կենսական և ոչ կենսական բաղադրիչների հոմեոստատիկ փոխկապակցվածությունը ապահովող՝ պահպանման, մաքրման, վերափոխման

և բուժերային միջավայր է [9]: Արտադրական տարբեր պրոցեսների արդյունքում՝ հանքարդյունաբերության, ձուլման, հալեցման, գալվանապատման աշխատանքների, էներգիայի և վառելիքի ստացման, էլեկտրահաղորդակցման, ինտենսիվ գյուղատնտեսության, կեղտաջրերի հեռացման և այլ, ծանր մետաղները մեծ քանակություններով կուտակվում են հողում [11, 16, 21, 26]: Վերջին տասնամյակների ընթացքում հանքարդյունաբերության վտանգավոր ազդեցությունը լրջորեն մտահոգում է աշխարհի շատ երկրների գիտնականներին [7, 15, 17, 19, 24]: Արդյունաբերության այս ճյուղը նպաստում է հողում ծանր մետաղների բնական պարունակության կտրուկ ավելացմանը, ինչը վնասում է էկոհամակարգերին, աղտոտում մակերեսային և ստորերկրյա ջրերը, սննդամթերքը և վտանգում մարդկանց առողջությունը [3, 4, 10, 12, 22, 23]:

Վերջին տարիներին հանքարդյունաբերության արագ զարգացման հետևանքով հողերի աղտոտումը ծանր մետաղներով լուրջ խնդիր է դարձել նաև Հայաստանի Հանրապետությունում [5, 6]: Ծանր մետաղներով աղտոտվածության տարածումը հանքավայրերի շուրջ և դրա աստիճանը փոփոխվում են՝ կախված հանքարդյունաբերական աշխատանքների ծավալից և տարածքի երկրաբանական բնութագրերից: Ուստի ծանր մետաղների կուտակման և տարաշարժի ուսումնասիրությունը ներկայումս չափազանց հրատապ է դարձել: Մեր հետազոտությունների հիմնական նպատակն է եղել ծանր մետաղներով Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի հարստացուցիչ ֆաբրիկայի, բաց հանքի և պղնձաքարների շրջակայքում գտնվող տարածքների հողերի աղտոտվածության աստիճանի գնահատումը: Ստացված արդյունքները կնպաստեն աղտոտման նվազեցմանն ուղղված ռազմավարության մշակմանը՝ հանքարդյունաբերական տարածքների շուրջ աղտոտիչների տարածումը վերահսկելու նպատակով:

Նյութ և մեթոդ: 1. Ուսումնասիրման տարածք. Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատը գտնվում է Հայաստանի Հանրապետության հարավ-արևելքում՝ Սյունիքի մարզում: Ուսումնասիրվել են այդ տարածքի առավել ռիսկային հինգ շրջանները՝

- բաց հանքի շրջակա տարածքները (սմուշներ №№ 1-5),
- Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի հարստացուցիչ ֆաբրիկայի հարևան տարածքները (սմուշներ №№ 6-7),
- Դարազամի ակտիվ պղնձաքարի շրջակայքը (սմուշ № 8),
- «կիրճ - 2»-ի ռեկուլտիվացված պղնձաքարը (սմուշ № 9),
- «կիրճ - 3»-ի ռեկուլտիվացված պղնձաքարը (սմուշ № 10):

Ուսումնասիրման տեղանքի հողատարածքները պատկանում են դարչնագույն լեռնանտառային հողերի տիպին՝ դրանց հետևյալ երկու ենթատիպերով. դարչնագույն լեռնանտառային տիպիկ (սմուշներ №№ 1-5) և դարչնագույն լեռնանտառային կարբոնատային (սմուշներ №№ 6-10 և ստուգիչ սմուշ): Հայաստանում այս հողատիպը տարածված է ծովի մակարդակից 500-1700 մ բարձրությունների սահմաններում, իսկ հարավային դիրքադրության չորային լանջերում դրանք հասնում են մինչև 2400 մ բարձրության [1]:

Դարչնագույն լեռնանտառային տիպիկ հողերը իրենց աշխարհագրական դիրքով, ձևաբանական և ֆիզիկաքիմիական բնութագրերով միջին դիրք են զբաղեցնում կարբոնատային և կրազերծված հողերի միջև: Հողերի այս տիպը մեր ուսումնասիրված տարածքներում, համեմատած կարբոնատային հողերի հետ, հանդիպել է ավելի բարձրադիր մասերում (1100-1300 մ ծ.մ.բ.), 0-35 աստիճան թեթություններում, միկրոռելիեֆը հարթ էր: Այս ենթատիպի հողերը բերրի չեն և այդ պատճառով պիտանի չեն գյուղատնտեսության համար, բացառությամբ № 4 և № 5 սմուշների: Դարչնագույն լեռնանտառային կարբոնատային ենթատիպի հողերը հանդիպել են 700-1000 մ ծ.մ.բ., 0-30° թեթություններում, միկրոռելիեֆը հիմնականում հարթ է: Այս հողերը հիմնականում քարքարոտ են, կարբոնատները տարածված են մակերեսից մինչև խորք: Հողերի այս ենթատիպը նույնպես բերրի չի և չի կարող օգտագործվել գյուղատնտեսության համար, բացառությամբ № 7 և ստուգիչ սմուշների:

2. Հողերի սմուշառում. Հողերի ուսումնասիրության նպատակով (2015 թ.) ընտրվել էր սմուշառման 10 տարածք, ստուգիչ կտրվածքը արվել էր հարստացուցիչ ֆաբրիկայից 2 կմ հեռավորության վրա՝ Ագարակ քաղաքի ուղղությամբ (ավտոմայրուղուց 550 մ հեռավորության վրա): Սմուշառման կորդինատները գրանցվել են GPS համակարգով: Հողերի սմուշառումն իրականացվել է դասական եղանակով: Լաբորատոր և սմուշառման սարքավորումը մեկ օր առաջ նախապես մշակվել է ազոտական թթվի 5%-ոց լուծույթով, այնուհետև լվացվել թորած ջրով՝ մետաղների հետքային քանակությունները հեռացնելու նպատակով: Հողի սմուշները վերցվել են 0-20 սմ խորությունից՝ 20 սմ x 20 սմ վանդակի սահմաններում՝ 5-ական մետր միջակայքով (սմուշառումը կատարվել է 5 մ x 5 մ վանդակների զագաթներում): Կտրվածքներն արվել են ձեռքով:

Վերցված սմուշները հավաքվել են սմուշառման պլիեթիլենային տոպրակների մեջ և տեղափոխվել լաբորատորիա: Անցանկալի պարունակությունը (թափեր, բուսական նյութ և այլն)

հեռացնելուց հետո հողի նմուշները չորացվել են սենյակային պայմաններում (20-22°C), տրորվել, անցկացվել 1 մմ մաղով և պահվել ապակյա անոթներում՝ հետագայում դրանց հատկությունները որոշելու համար:

3. **Հողի նմուշներում ծանր մետաղների քանակության որոշում.** Ծանր մետաղների պարունակությունը հողի նմուշներում որոշվել է ատոմային արսորոգիչ սպեկտրաչափային մեթոդով՝ ԱԱՍ սարքի միջոցով (AAS, Atomic-absorption spectrometer PG990 (PG Instruments LTD, UK))՝ այդ նմուշները համապատասխան մշակման ենթարկելուց հետո [25]:

4. **Ծանր մետաղներով աղտոտման գնահատում.** Ծանր մետաղներով հողերի աղտոտման մակարդակը գնահատվել է աղտոտման ցուցանիշներով. կիրառվել են Աղտոտման գործոնները (Contamination factors (*Cf*)), Աղտոտման աստիճանը (Degree of contamination (*Cd*)), Գեոակումուլյացիայի ցուցանիշը (Geoaccumulation index (*I-geo*)) և Հարստացման գործոնը (Enrichment factor (*EF*)): *Cf*-ը և *Cd*-ն հաշվարկվել են համաձայն Հականսոնի [8] հետևյալ բանաձևերով.

$$Cf^i = Cs^i / Cb^i \quad (1)$$

$$Cd = \sum Cf \quad (2),$$

որտեղ Cs^i -ն ուսումնասիրված *i* մետաղի չափված խտությունն է հողի նմուշում և Cb^i -ն *i* ծանր մետաղի ֆոնային արժեքն է չաղտոտված հողում (ստուգիչ): Մետաղներով աղտոտման մակարդակները գնահատելու համար Հականսոնը առաջարկել է *Cf*-ի չորս կարգ, ինչպես ցույց է տրված աղ. 1-ում: Այդ նպատակով օգտագործվել են նաև *Cd*-ի առաջարկված չորս կատեգորիաները: Եթե *Cd*-ի արժեքը 20-ից մեծ է, ապա անհրաժեշտ է անհապաղ միջոցներ ձեռնարկել՝ ծանր մետաղներով հողերի աղտոտումը նվազեցնելու նպատակով:

Մյուսների կողմից [18] սահմանված Գեոակումուլյացիայի ցուցանիշը (*I-geo*) հաշվարկվում է նստվածքների աղտոտումը մետաղներով որոշելու և բնութագրելու նպատակով՝ համեմատելով ներկայիս խտությունները մինչարտադրական մակարդակների հետ.

$$I-geo = \log_2 Cs^i / 1.5 Cb^i, \quad (3)$$

որտեղ Cs^i -ն *i* տարրի խտությունն է նմուշներում, Cb^i -ն *i* տարրի ֆոնային արժեքն է, իսկ 1.5 գործոնը օգտագործվում է լիթոլոգիական հնարավոր տատանումները հաշվի առնելու նպատակով: *I-geo*-ի արժեքների շարքը և դրանց բացատրությունը նույնպես տրված են աղ. 1-ում:

EF արժեքը հաշվարկվել է Կոմիտոսի և համահեղինակների [14] կողմից տրված բանաձևի կիրառմամբ, որը Բուատ-Մենարոի և Չերսելեթի [2] առաջարկած հավասարության ձևափոխված տարբերակն է: *EF*-ը հիմնված է փորձարկված տարրի ստանդարտացման վրա՝ որևէ չափանմուշային տարրի համեմատությամբ: Չափանմուշային կարող է համարվել այն տարրը, որը բնութագրվում է պարունակության փոքր տատանումներով [20]: Մեր ուսումնասիրություններում որպես չափանմուշային տարր օգտագործվել է ալյումինը (Al), քանի որ այն պատկանում է լիթոֆիլ տարրերի շարքին և հողմահարման ժամանակ օժտված է բարձր քիմիական կայունությամբ: *EF* արժեքը հաշվարկվել է համաձայն հետևյալ բանաձևի՝

$$EF = \frac{(C_n / C_{ref})}{(B_n / B_{ref})}, \quad (4)$$

որտեղ C_n -ը *n* տարրի խտությունն է հողում, C_{ref} -ը չափանմուշային տարրի պարունակությունն է հողում, B_n -ը ուսումնասիրված *n* տարրի պարունակությունն է ստուգիչ հողանմուշում, իսկ B_{ref} -ը չափանմուշային տարրի պարունակությունն է ստուգիչ հողանմուշում:

5. **Վիճակագրական վերլուծություն.** Տեղանքների միջև ծանր մետաղների միջին խտությունները համեմատելու համար օգտագործվել է վարիացիոն վերլուծությունը: Վիճակագրական վերլուծությունը կատարվել է SPSS ծրագրային փաթեթով, տարբերակ 15:

Արդյունքներ և քննարկում: Որոշվել են V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Pb և Cd-ի պարունակությունները Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինարի բաց հանքի շրջակա հողերում, և գնահատվել է ծանր մետաղներով հողերի աղտոտման աստիճանը: Ուսումնասիրված հինգ տարածքներում ծանր մետաղների միջին խտությունների (մգ/կգ) շարքը հետևյալն էր. V (8,2-16,3), Cr (0,6-6,8), Mn (39,2-184,5), Co (1,2-2,1), Ni (0,7-4,1), Cu (17,4-145,5), Zn (4,4-19,2), As (0,4-1,6), Mo (0,6-13,2), Pb (0,6-6,4) և Cd (0,01-0,22) (աղ. 2):

Աղյուսակ 1. Մոդելների տարբեր տիպերը և հողերի աղտոտումը նկարագրելու կատեգորիաները

Մոդել	Դաս	Նկարագրություն	Աղբյուր
Աղտոտման գործոն (Cf)	$Cf \leq 1$	Ցածր	[8]
	$1 < Cf \leq 3$	Չափավոր	
	$3 < Cf \leq 6$	Չգալի	
	$6 < Cf$	Շատ բարձր	
Աղտոտման աստիճան (Cd)	$Cd \leq 11$	Ցածր	[8]
	$11 < Cd \leq 22$	Չափավոր	
	$22 < Cd \leq 33$	Չգալի	
	$33 < Cd$	Շատ բարձր	
Գեոակումուլյացիայի ցուցանիշ (I-geo)	$I-geo \leq 0$	Չաղտոտված	[18]
	$0 < I-geo \leq 1$	Չաղտոտվածից՝ չափավոր աղտոտված	
	$1 < I-geo \leq 2$	Չափավոր աղտոտված	
	$2 < I-geo \leq 3$	Չափավոր աղտոտվածից՝ խիստ աղտոտված	
	$3 < I-geo \leq 4$	Խիստ աղտոտված	
	$4 < I-geo \leq 5$	Խիստ աղտոտվածից՝ շատ խիստ աղտոտված	
	$5 < I-geo$	Շատ խիստ աղտոտված	
Հարստացման գործոն (EF)	$EF \leq 2$	Սպառումից՝ նվազագույն հարստացում, ենթադրվող կամ նվազագույն աղտոտում	[13]
	$2 < EF \leq 5$	Չափավոր հարստացում, ենթադրվող չափավոր աղտոտում	
	$5 < EF \leq 20$	Չգալի հարստացում, համարվում է զգալի աղտոտման ազդանիշ	
	$20 < EF \leq 40$	Չափազանց հարստացված, համարվում է շատ խիստ աղտոտման ազդանիշ	
	$EF > 40$	Շայրահեղ հարստացված, համարվում է ծայրահեղ աղտոտման ազդանիշ	

Քանի որ մետաղների պարունակությունը հողում սպեցիֆիկ է և կախված է հողն առաջացնող ապարների կազմից և հողագոյացման պայմաններից, ապա ստացված տվյալները աղտոտվածության մակարդակը որոշելու համար համեմատվել են ֆոնային ստուգիչ նմուշի հետ:

1. Կոռելյացիոն վերլուծություն

Այս վերլուծությունը երկչափ մեթոդ է, որն արտացոլում է երկու կամայական փոփոխականների միջև գոյություն ունեցող կապի աստիճանը: Կոռելյացիայի մեկնաբանությունը կարող է ծառայել որպես հողի որակի արագ մոնիտորինգի մեթոդ: Կոռելյացիոն վերլուծության համար հողի որակի տասնմեկ պարամետրերի, այն է՝ V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Pb և Cd-ի միջև հաշվարկվել է Սփիրմանի տարակարգային կոռելյացիայի գործակիցը (Spearman's rank coefficient of correlation), ինչպես բերված է աղ. 3-ում: Կոռելյացիոն վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս պարզել, արդյո՞ք ծանր մետաղների պարունակությունների փոփոխությունները տարբեր տարածքների հողերում ունեն համանման միտում, թե՞ ոչ: Բացի այդ, ուժեղ դրական կոռելյացիան կարող է աղտոտման միասնական աղբյուրի առկայության ցուցանիշ լինել: Ուժեղ դրական կոռելյացիա ($\rho > 0,7$) է հայտնաբերվել Cu-ի և Mo-ի, Cr-ի և Ni-ի, Mn-ի և Zn-ի, Mn-ի և Pb-ի, Mn-ի և Cd-ի, Zn-ի և As-ի, Zn-ի և Pb-ի, Zn-ի և Cd-ի, As-ի և Pb-ի, As-ի և Cd-ի, Pb-ի և Cd-ի միջև: Ամենաբարձր դրական կոռելյացիան դիտարկվել է հատկապես Cu-ի և Mo-ի միջև, ինչը վկայում է աղտոտման միասնական աղբյուրի առկայության մասին և պայմանավորված է նշված ծանր մետաղների բարձր պարունակությամբ հանքաքարում: Այնուամենայնիվ, ընդհանուր առմամբ, վերը նշված ծանր մետաղների ավելանալու համանման միտումը մասամբ կարող է պայմանավորված լինել երկրաբանական գործոններով:

Աղյուսակ 2. Որոշ ծանր մետաղների միջին խտությունը (մգ/կգ) հողերի ուսումնասիրված նմուշներում

Նմուշի թիվը	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Pb	Cd
1	12,5±3,4	1,4±0,4	54,3±14,9	2,1±0,4	1,3±0,4	53,3±18,0	4,9±1,8	0,6±0,2	5,2±1,7	1,1±0,3	0,03±0,01
2	16,3±4,6	0,6±0,2	61,5±21,1	1,6±0,3	2,3±0,7	145,5±35,8	10,4±3,7	1,5±0,4	13,2±3,8	2,3±0,7	0,06±0,02
3	11,9±2,9	0,7±0,2	32,3±9,1	1,3±0,3	0,7±0,2	123,5±36,1	7,1±2,1	1,0±0,3	8,5±3,0	3,9±0,9	0,04±0,001
4	14,1±5,1	3,8±1,1	99,9±24,5	2,1±0,5	4,1±1,1	23,4±6,0	11,7±2,0	0,8±0,3	1,2±0,4	1,5±0,4	0,05±0,002
5	7,5±1,8	2,7±0,9	70,0±19,2	1,3±0,2	2,2±0,6	25,3±5,4	7,7±2,2	0,4±0,1	1,5±0,4	1,7±0,4	0,03±0,01
6	11,2±3,1	2,0±0,7	184,5±34,9	1,6±0,4	1,7±0,4	56,2±16,9	19,2±5,4	1,6±0,5	4,2±1,5	6,4±1,9	0,22±0,07
7	8,9±2,2	1,3±0,4	113,0±35,1	1,4±0,4	1,0±0,3	81,2±24,4	10,8±3,8	1,0±0,4	6,2±2,0	3,5±1,4	0,04±0,01
8	9,5±3,0	6,8±2,1	50,9±11,2	1,6±0,5	4,1±1,3	35,4±13,1	6,6±1,9	0,8±0,2	1,2±0,3	1,2±0,4	0,04±0,01
9	9,2±2,8	6,0±1,6	49,0±12,4	1,4±0,3	3,7±0,9	39,7±11,7	6,5±2,3	0,9±0,2	0,9±0,2	1,4±0,4	0,05±0,02
10	8,2±3,1	2,8±0,5	39,2±9,5	1,2±0,3	1,7±0,5	17,4±4,9	4,4±1,4	0,7±0,3	0,6±0,2	0,6±0,2	0,01±0,004
Ստու- գիչ	7,5±1,4	2,6±0,7	56,4±13,1	1,3±0,4	2,0±0,7	9,5±3,6	8,0±1,7	0,6±0,2	0,5±0,2	0,8±0,3	0,02±0,007

2. Աղտոտման գնահատում Աղտոտման գործոնների (Cf) հիման վրա

Սկ. 1-ում բերված են Աղտոտման գործոնները (Cf), որոնք հաշվարկված են հողի նմուշներում որոշված ծանր մետաղների համար: Հետազոտությունների ընթացքում պարզվել է, որ հողերի համարյա բոլոր նմուշներում հիմնական աղտոտող ծանր մետաղներ են հանդիսանում Cu-ը, Mo-ը, Pb-ը և Cd-ը: Մասնավորապես, Cu-ի դեպքում Cf-ի առավելագույն արժեքը 15,32 էր, Mo-ի համար՝ 26,4, Pb-ի՝ 8,0, իսկ Cd-ի՝ 11,0: Այս բոլոր արժեքները համապատասխանում են աղտոտման շատ բարձր մակարդակին: Հողերի այսպիսի աղտոտումը ուղղակիորեն պայմանավորված է վերը նշված ծանր մետաղների բարձր պարունակությամբ Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատում վերամշակվող հանքաքարում: Դիտարկվող ծանր մետաղների համար Cf-ի միջին արժեքները կազմում էին հետևյալ նվազող շարքը. Mo (9,36) > Cu (6,82) > Pb (3,19) > Cd (3,11) > As (1,59) > V (1,5) > Mn (1,41) > Co (1,230) > Zn (1,18) > Ni (1,17) > Cr (1,08):

3. Աղտոտման գնահատում Աղտոտման աստիճանի (Cd) հիման վրա

Աղտոտման աստիճանի (Cd) արժեքները ներկայացված են սկ. 2-ում: Ըստ այս ցուցանիշի նվազման՝ հողի ուսումնասիրված 10 նմուշները կազմում են հետևյալ շարքը 2 > 6 > 3 > 7 > 1 > 4 > 9 > 8 > 5 > 10: Համաձայն Cd արժեքների՝ հողի նմուշների 10%-ը համապատասխանում է աղտոտման ցածր մակարդակին (Cd≤11), 40%-ը՝ չափավոր մակարդակին (11<Cd≤22), 10%-ը՝ զգալի մակարդակին (22<Cd≤33), իսկ նմուշների մնացած 40%-ը՝ շատ բարձր մակարդակին (33<Cd):

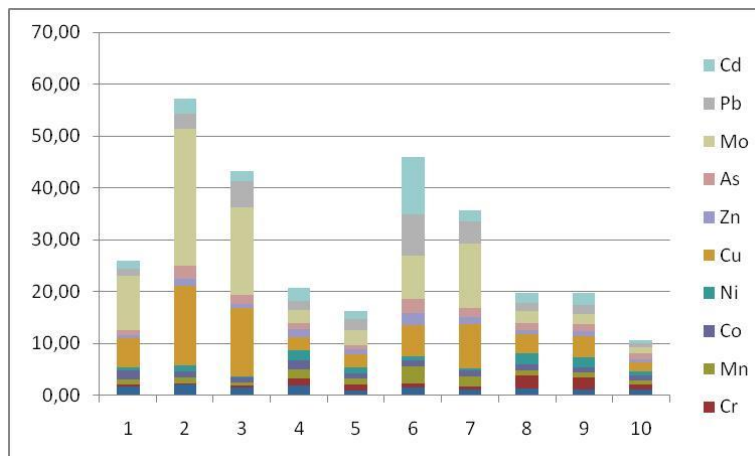
4. Աղտոտման գնահատում I-geo-ի հիման վրա

Գեոակունուլյացիայի ցուցանիշը (I-geo) օգտագործվել է հողերում մետաղային աղտոտման աստիճանը հաշվարկելու համար (աղ. 4): Գեոակունուլյացիայի ցուցանիշի արժեքները V-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 60 %-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤0), իսկ 40 %-ը՝ չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1): I-geo-ի արժեքները Cr-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 80 %-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤0), իսկ 20%-ը՝ չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), Mn-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 70%-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤0), 20%-ը՝ չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), իսկ 10%-ը՝ չափավոր աղտոտված է (1-2), Co-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 80%-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤0), իսկ 20%-ը՝ չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), Ni-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 70%-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤0), իսկ 30%-ը՝ չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), Cu-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 30%-ը համապատասխանում է չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), 40%-ը՝ չափավոր աղտոտված դասին (1-2), 10%-ը՝ չափավոր աղտոտվածից խիստ աղտոտված դասին (2-3), իսկ 20%-ը՝ խիստ աղտոտված է (3-4), Zn-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 90%-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤0), իսկ 10%-ը՝

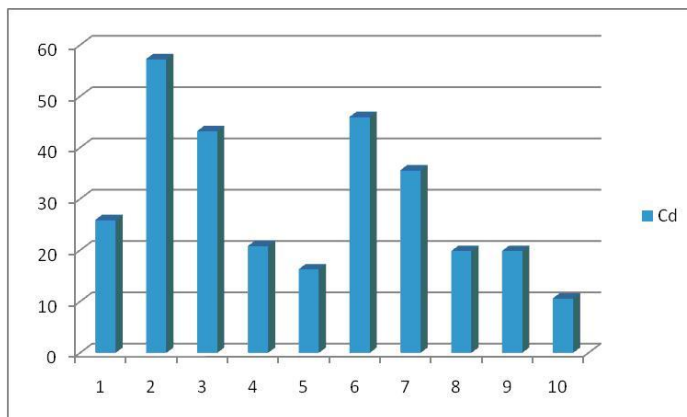
չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), As-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 60%-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤ 0), իսկ 40%-ը՝ չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), Mo-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 10%-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤ 0), 40%-ը՝ չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), 20%-ը՝ չափավոր աղտոտվածից խիստ աղտոտված դասին (2-3), 20%-ը՝ խիստ աղտոտված է (3-4), իսկ 10%-ը խիստ աղտոտվածից շատ խիստ աղտոտված է (4-5), Pb-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 30%-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤ 0), 40%-ը՝ չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), 20%-ը՝ չափավոր աղտոտված է, իսկ 10%-ը՝ չափավոր աղտոտվածից խիստ աղտոտված է (2-3), Cd-ի համար ցույց են տալիս, որ նմուշների 30%-ը համապատասխանում է չաղտոտված դասին (≤ 0), 60%-ը՝ չաղտոտվածից չափավոր աղտոտված դասին (0-1), իսկ 10%-ը՝ չափավոր աղտոտվածից խիստ աղտոտված է (2-3):

Աղյուսակ 3. Կոռելյացիայի մատրից

	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Pb	Cd
V	1										
Cr	-0,350	1									
Mn	0,110	-0,164	1								
Co	0,650	0,027	0,241	1							
Ni	0,085	0,847	-0,064	0,318	1						
Cu	0,645	-0,587	-0,028	-0,010	-0,407	1					
Zn	0,292	-0,222	0,935	0,188	-0,023	0,175	1				
As	0,565	-0,295	0,551	0,061	-0,115	0,652	0,721	1			
Mo	0,699	-0,696	0,023	0,090	-0,458	0,969	0,204	0,632	1		
Pb	0,211	-0,409	0,746	-0,053	-0,409	0,466	0,809	0,746	0,419	1	
Cd	0,238	-0,108	0,850	0,161	-0,050	0,152	0,888	0,747	0,154	0,839	1



Այ. 1. Տարբեր մետաղների Աղտոտման գործոնի (Cf) արժեքները Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակա տարածքներում



Նկ. 2. Աղտոտման աստիճանը (Cd) Ագարակի պղնձամուլիբդենային կոմբինատի շրջակա տարածքներում

Դիտարկված մետաղների *I-geo*-ի միջին արժեքները նվազման կարգով կազմում էին հետևյալ շարքը. Mo (1,83) > Cu (1,75) > Pb (0,65) > Cd (0,50) > As (-0,06) > V (-0,08) > Co (-0,35) > Mn (-0,36) > Zn (-0,56) > Ni (-0,62) > Cr (-0,88): *I-geo*-ի հաշվարկված ոչ մի արժեք չէր գերազանցում 5-ը (այսինքն՝ շատ խիստ աղտոտված դաս), և միայն նմուշ № 2-ում Mo-ի համար որոշված մեկ արժեքն էր (4,14) համապատասխանում խիստ աղտոտվածից շատ խիստ աղտոտված դասին:

5. Աղտոտման գնահատում Զարստացման գործոնի (EF) հիման վրա

Յողերի վրա մարդածին ազդեցության գնահատման ընդունված մեթոդ է հանդիսանում մետաղների խտությունների համար միասնականացված (նորմալացված) *EF*-ի հաշվումը՝ չաղտոտված ֆոնային մակարդակների համեմատությամբ:

6. Աղտոտման գնահատում Զարստացման գործոնի (EF) հիման վրա

EF-ի հաշվումը կատարվում է՝ նվազեցնելու համար մետաղների պարունակության փոփոխականությունը, որը տեղի է ունենում հողում կավ/ավազ հարաբերակցության տատանումների ժամանակ: Այն հարմար գործիք է հանդիսանում կավի և ավազի հարաբերակցության զգալի տատանումներ ունեցող՝ մեծ աշխարհագրական տարածքների երկրաբանական միտումները պատկերելու համար: Զետագոտությունների ընթացքում պարզվել է (աղ. 5), որ հողի բոլոր նմուշներում 11 ծանր մետաղների համար *EF* արժեքների 70%-ը 2-ից փոքր է եղել, և դա բնութագրվել է որպես աղտոտման նվազագույն աստիճան, *EF* արժեքների 21%-ը համապատասխանել է աղտոտման չափավոր մակարդակին, իսկ 9 %-ը աղտոտման զգալի մակարդակին: *EF*-ի ամենաբարձր արժեքները դիտարկվել են Cu-ի, Mo-ի, Pb-ի և Cd-ի դեպքում, ինչը մեկ անգամ ևս հաստատում է այն փաստը, որ վերը նշված մետաղները հանդիսանում են ուսումնասիրված տարածքի հողերի հիմնական աղտոտիչները:

Կատարվել է Ագարակի պղնձամուլիբդենային կոմբինատի շրջակայքում ընտրված տարածքների (բաց հանք, հարստացուցիչ ֆաբրիկա, ակտիվ պոչամբար և երկու ռեկուլտիվացված պոչամբարներ) հողերի ծանր մետաղներով (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Pb և Cd) աղտոտման գնահատումը, համեմատելով դրանք ստուգիչ տարածքի հետ:

Ուսումնասիրվող տարածքում խիստ դրական կոռելյացիա է հայտնաբերվել որոշ ծանր մետաղների միջև: Ամենաուժեղ դրական կոռելյացիան հայտնաբերվել է Cu-ի և Mo-ի միջև, ինչը աղտոտման միասնական աղբյուրի առկայության նշան է հանդիսանում և պայմանավորված է նշված ծանր մետաղների բարձր պարունակությամբ հանքաքարի մեջ: Զետեային մետաղների բախշման եղանակը հողի կտրվածքում, համաձայն *Cf*, *Cd*, *I-geo* և *EF* արժեքների, վկայում է, որ հողը բավականին աղտոտված է: Ուսումնասիրված

համարյա բոլոր տարածքներում Cu-ը, Mo-ը, Pb-ը և Cd-ը հիմնական աղտոտող ծանր մետաղներն էին: Համաձայն EF արժեքների, աղտոտումը նշված մետաղներով հողի որոշ նմուշներում գնահատվում է որպես «զգալի աղտոտում»:

Աղյուսակ 4. Ծանր մետաղներով հողերի նմուշների աղտոտվածության աստիճանը՝ համաձայն Գեոսկոմուլյացիայի ցուցանիշի (*I-geo*)

Նմուշի թիվը	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Pb	Cd
1	0,15	-1,48	-0,64	0,11	-1,21	1,90	-1,29	-0,58	2,79	-0,13	0,00
2	0,53	-2,70	-0,46	-0,29	-0,38	3,35	-0,21	0,74	4,14	0,94	1,00
3	0,08	-2,48	-1,39	-0,58	-2,10	3,12	-0,76	0,15	3,50	1,70	0,42
4	0,33	-0,04	0,24	0,11	0,45	0,72	-0,04	-0,17	0,68	0,32	0,74
5	-0,58	-0,53	-0,27	-0,58	-0,45	0,83	-0,64	-1,17	1,00	0,50	0,00
6	-0,01	-0,96	1,12	-0,29	-0,82	1,98	0,68	0,83	2,49	2,42	2,87
7	-0,34	-1,58	0,42	-0,48	-1,58	2,51	-0,15	0,15	3,05	1,54	0,42
8	-0,24	0,80	-0,73	-0,29	0,45	1,31	-0,86	-0,17	0,68	0,00	0,42
9	-0,29	0,62	-0,79	-0,48	0,30	1,48	-0,88	0,00	0,26	0,22	0,74
10	-0,46	-0,48	-1,11	-0,70	-0,82	0,29	-1,45	-0,36	-0,32	-1,00	-1,58

Աղյուսակ 5. Ծանր մետաղներով հողերի նմուշների աղտոտվածության աստիճանը՝ համաձայն Հարստացման գործոնի (*EF*)

Նմուշի թիվը	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Pb	Cd
1	1,39	0,45	0,80	1,34	0,54	4,67	0,51	0,83	8,65	1,14	1,25
2	1,31	0,14	0,65	0,74	0,69	9,20	0,78	1,50	15,85	1,73	1,80
3	1,28	0,22	0,46	0,81	0,28	10,48	0,72	1,34	13,70	3,93	1,61
4	1,85	1,43	1,74	1,59	2,01	2,42	1,44	1,31	2,36	1,84	2,45
5	0,92	0,96	1,14	0,92	1,01	2,45	0,89	0,61	2,76	1,96	1,38
6	1,17	0,60	2,57	0,97	0,67	4,64	1,88	2,09	6,59	6,28	8,63
7	1,01	0,43	1,71	0,92	0,43	7,9	1,15	1,42	10,58	3,73	1,71
8	1,30	2,68	0,93	1,26	2,10	3,82	0,85	1,37	2,46	1,54	2,05
9	1,39	2,61	0,98	1,22	2,09	4,73	0,92	1,70	2,04	1,98	2,83
10	1,29	1,28	0,82	1,09	1,01	2,17	0,65	1,38	1,42	0,89	0,59

Աղտոտման աստիճանի (*Cd*) բարձր արժեքները բաց հանքի շրջակայքում վերցված հողի № 2 և № 3 նմուշներում (57,27 և 43,21, համապատասխանաբար) պայմանավորված են ռելիեֆի առանձնահատկություններով, մասնավորապես՝ համեմատաբար ցածր դիրքադրությամբ ծովի մակարդակից և բամու ուղղությամբ:

Աղտոտման աստիճանի (*Cd*) բարձր արժեքը հողի № 6 նմուշում կապված է այդ կետի մոտակայքում գործող հանքաքարի աղացով: Երեք պոչամբարներից *Cd*-ի առավելագույն արժեքը դիտարկվել է Դարազամի ակտիվ պոչամբարի մոտակայքում վերցված հողանմուշներում, որը գործող պոչամբար է, և այդ պատճառով աղտոտման մակարդակը այդտեղ համեմատաբար ավելի բարձր է:

Հաշվի առնելով վերը նշվածը՝ անհրաժեշտ է իրականացնել Ազարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակայքի հողերի շարունակական մոնիտորինգ, ինչպես նաև՝ մշակել հողի որակի բարելավման արդյունավետ մեթոդներ: Նշված միջոցառումները չափազանց կարևոր են այդ տարածքում էկոլոգիական հավասարակշռությունը պահպանելու համար, ինչպես նաև՝ հանրային առողջության պահպանման տեսանկյունից, քանի որ ծանր մետաղները, հողի միջոցով ընդգրկվելով սննդային շղթաների մեջ, կարող են մարդկանց մոտ բազմաթիվ հիվանդությունների պատճառ հանդիսանալ:

ԵՐԱՆՏԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՆ գիտության պետական կոմիտեի տրամադրած ֆինանսավորմամբ՝ 15T-4C251 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Атлас почв Республики Армения. Глав. ред. Р.А. Эдилян, Ереван, 69 с., 1990.
2. Buat-Menard P., Cherselet R. Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 42, 398-411, 1979.
3. Callender E. Heavy metals in the environment - historical trends. In: Lollar B.S., (ed) Treatise on Geochemistry, Environmental Geochemistry, US Geological Survey, Westerly, RI, USA, 67-105, 2004.
4. Dudka S., Adriano D.C. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review. *J. Environ. Qual.*, 26, 590-602, 1997.
5. Ghazaryan K.A., Gevorgyan G.A., Movsesyan H.S., Ghazaryan N.P., Grigoryan K.V. The evaluation of heavy metal pollution degree in the soils around the Zangezur Copper and Molybdenum Combine. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*, 9, 5, 11-16, 2015.
6. Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Ghazaryan N.P., Gevorgyan G.A., Grigoryan K.V. Soil pollution level of ecologically vulnerable areas around Kajaran town and ways of their improvement. *Chem. J. of Mold.*, 9, 2, 52-57, 2014.
7. Gomes M.E.P., Favas P.J.C. Mineralogical controls on mine drainage of the abandoned Ervedosa tin mine in north-eastern Portugal. *Appl. Geoch.*, 21, 1322-1334, 2006.
8. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control - a sedimentological approach. *Water Res.*, 14, 975-1001, 1980.
9. Kabata-Pendias A., Sadurski W. Trace elements and compounds in soil. In: Merian E., Anke M., Ihnat M., Stoeppler M. (eds) Elements and their compounds in the environment. Occurrence, analysis and biological relevance, v. 1: General aspects. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 79, 2004.
10. Kachenko A.G., Singh B. Heavy metals contamination in vegetables grown in urban and metal smelter contaminated sites in Australia. *Water Air Soil Pollut.*, 169, 101-123, 2006.
11. Krishna A.K., Govil P.K. Heavy metal contamination of soil around Pali Industrial Area, Rajasthan, India. *Environ. Geol.*, 47, 38-44, 2004.
12. Krishna A.K., Govil P.K. Heavy metal distribution and contamination in soils of Thane Belapur industrial development area, Mumbai, Western India. *Environ. Geol.*, 47, 1054-1061, 2005.
13. Krishna K., Mohan K.R., Murthy N., Periasamy V., Bipinkumar G., Manohar K., Rao S.S. Assessment of heavy metal contamination in soils around chromite mining areas, Nuggihalli, Karnataka, India. *Environ. Earth Sci.*, 70, 2, 699-708, 2013.
14. Krzysztof L., Wiechula D., Korns I. Metal contamination of farming soils affected by industry. *Environ. Int.*, 30, 159-165, 2003.
15. Lee C.H. Assessment of contamination load on water, soil and sediment affected by the Kongjujeil mine drainage, Republic of Korea. *Environ. Geol.*, 44, 501-515, 2003.
16. Li M.S., Luo Y.P., Su Z.Y. Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. *Environ. Pollut.*, 147, 168-175, 2007.
17. Moreno T., Oldroyd A., McDonald I., Gibbons W. Preferential fractionation of trace metals-metalloids into PM 10 resuspended from contaminated gold mine tailings at Rodalquilar, Spain. *Water Air Soil Pollut.*, 179, 93-105, 2007.
18. Muller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geol. J.*, 2, 3, 108-118, 1969.

19. *Navarro A., Collado D., Carbonell M., Sanchez J.A.* Impact of mining activities on soils in a semi-arid environment: Sierra Almagrera district, SE Spain. *Environ. Geochem. Health*, 26, 383-393, 2004.
20. *Reimann C., De Caritat P.* Intrinsic flaws of element enrichment factors (EF's) in environmental geochemistry. *Environ. Sci. Technol.*, 34, 5084-5091, 2000.
21. *Samarghandi M.R., Nouri J., Mesdaghinia A.R., Mahvi A.H., Nasser S., Vaezi F.* Efficiency removal of phenol, lead and cadmium by means of UV/TiO₂/H₂O₂ processes. *Int J Environ Sci Te*, 4, 1, 19-25, 2007.
22. *Selim H.M., Sparks D.L.* (eds) Heavy metals release in soils. Boca Raton, CRC Press LLC, 265 pp., 2001.
23. *Selinus O., Alloway B., Centeno J.A., Finkelman R.B., Fuge R., Lindh U., Smelday P.* (eds) Essentials of medical geology: impacts of the natural environment on public health. Amsterdam, Elsevier Academic Press, 793, 2005.
24. *Sun Y., Xie Z., Li J., Xu J., Chen Z., Naidu R.* Assessment of toxicity of heavy metal contaminated soils by the toxicity characteristic leaching procedure. *Environ. Geochem. Health*, 28, 73-78, 2006.
25. USEPA United States Environmental Protection Agency. Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils. SW-846., Washington D.C., 1996.
26. *Wang X.S., Qin Y.* Accumulation and sources of heavy metals in urban topsoils: a case study from the city of Xuzhou, China. *Environ. Geol.*, 48, 101-107, 2005.

Ստացվել է 07.09.2016