

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ**

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ ՏԱԹԵՎԻԿ ՍԻՄՈՆԻ

**ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՎՐԱ ՊՈԶԱՄԲԱՐՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ
ԲՆՈՒՅԹԻ, ՄԱՍՇՏԱԲՆԵՐԻ ԵՎ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ**

**ԻԴ.04.01 - «Երկրաբնապահպանություն» մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի
հայցման ատենախոսության**

ՍԵՂՍԱԳԻՐ

Երևան 2026

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում (ՀԱՊՀ)

Գիտական ղեկավար

տ.գ.թ. պրոֆեսոր,
Թադևոսյան Արտաշես Վահանի

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ

տ.գ.դ. պրոֆեսոր
Ալավերդյան Գարիկ Շահենի
ե.գ.դ. պրոֆեսոր
Հայրոյան Սարգիս Հրաչիկի

Առաջատար կազմակերպություն

ՀՀԳԱԱ Երկրաբանական
գիտությունների ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2026թ. օգոստոսի 26-ին ժամը 14⁰⁰ – ին, Երևանի պետական համալսարանում գործող «Երկրագիտություն» մասնագիտական խորհրդի (թվանիշ 005) նիստում:

Հասցեն՝ ՀՀ, ք. Երևան, 0025, Ալեք Մանուկյան 1, ԵՊՀ, աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետ:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2026թ. հուլիսի 10-ին:

Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար,
աշխ. գիտ. թեկնածու



S.A. Սարգսյան

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Հետազոտության թեմայի արդիականությունը: Հանքարդյունաբերությունը Հայաստանի Հանրապետության տնտեսության կարևոր ճյուղերից է, սակայն դրա զարգացումը ուղեկցվում է շրջակա միջավայրի վրա զգալի տեխնածին ազդեցություններով: Հանքաքարի արդյունահանման և հարստացման գործընթացների արդյունքում առաջանում են մեծածավալ պոչանքներ, որոնք կուտակվում են պոչամբարներում և երկարաժամկետ ազդեցություն են թողնում բնական միջավայրի տարբեր բաղադրիչների վրա: Պոչամբարները զբաղեցնում են ընդարձակ տարածքներ, փոխում են լանդշաֆտի բնական կառուցվածքը և կարող են դառնալ հողերի, մակերևութային ու ստորերկրյա ջրերի, ինչպես նաև մթնոլորտային օդի աղտոտման աղբյուր:

Թեմայի արդիականությունը պայմանավորված է նրանով, որ պոչամբարներում կուտակվող պոչանքները պարունակում են ծանր մետաղներ, որոնք բնական և տեխնածին գործոնների ազդեցությամբ կարող են տեղափոխվել հարակից տարածքներ: Աղտոտիչների տարածումը տեղի է ունենում փոշու տեղափոխման, դրենաժային ջրերի ներթափանցման, մակերևութային հոսքերի և գոլորշիացման գործընթացների միջոցով: Այս գործընթացների ինտենսիվությունը կախված է պոչամբարի շահագործման վիճակից, տարածքի ռելիեֆից, կլիմայական պայմաններից, քամիների գերակշռող ուղղություններից և հողերի ֆիզիկաքիմիական հատկություններից: Հետևաբար, պոչամբարների ազդեցության գնահատումը պահանջում է համալիր և տեղային պայմաններին համապատասխան մոտեցում:

Հայաստանի հանքարդյունաբերական շրջաններում այս խնդիրը առանձնահատուկ կարևորություն ունի, քանի որ մի շարք պոչամբարներ տեղակայված են բնակավայրերի, գյուղատնտեսական նշանակության հողերի և ջրային համակարգերի հարևանությամբ: Նման պայմաններում ծանր մետաղների կուտակումը հողում, ջրում և բուսականության մեջ կարող է ձևավորել էկոլոգիական ռիսկեր՝ ազդելով բնական համակարգերի կայունության, գյուղատնտեսական արտադրանքի որակի և բնակչության առողջության անվտանգության վրա: Առավել մտահոգիչ է այն, որ ծանր մետաղները երկար ժամանակ պահպանվում են հողային միջավայրում և կարող են ներգրավվել սննդային շղթաներում:

Զնայած պոչամբարների շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության վերաբերյալ առկա ուսումնասիրություններին՝ Հայաստանի պայմաններում դեռևս անհրաժեշտ են համալիր հետազոտություններ, որոնք միաժամանակ կներառեն հողերի, ջրերի և բուսականության աղտոտվածության գնահատումը, աղտոտիչների տարածման ուղղությունների բացահայտումը և ազդեցության գոտիների սահմանազատումը:

Այս համատեքստում արդիական է ոչ միայն պոչամբարների ազդեցության բնույթի, մասշտաբների և հետևանքների գնահատումը, այլև աղտոտիչների տարածումը նվազեցնող տեխնոլոգիական լուծումների մշակումը:

Հետազոտության արդյունքները կարող են կիրառվել պոչամբարների ազդեցության գոտիների գնահատման և հանքարդյունաբերական տարածքների էկոլոգիական ռիսկերի նվազեցման գործընթացներում:

Հետազոտության նպատակը և խնդիրները: Հետազոտության նպատակն է գնահատել հանքահարստացման ձեռնարկությունների պոչամբարների ազդեցության բնույթը, մասշտաբները և հետևանքները հողային, ջրային և բուսական միջավայրերի

Հետազոտության նպատակը և խնդիրները: Հետազոտության նպատակն է գնահատել հանքահարստացման ձեռնարկությունների պոչամբարների ազդեցության բնույթը, մասշտաբները և հետևանքները հողային, ջրային և բուսական միջավայրերի վրա բացահայտելով ծանր մետաղների տարածման հիմնական օրինաչափությունները և մշակելով աղտոտման տարածումը նվազեցնող գիտականորեն հիմնավորված մոտեցումներ:

1. Վերլուծել պոչամբարների ազդեցության տարածքների բնական պայմաններն ու բնապահպանական առանձնահատկությունները հաշվի առնելով ռելիեֆը, կլիմայական գործոնները և հիդրոգեոքիմիական պայմանները:
2. Ուսումնասիրել Գեղանուշի, Արծվանիկի և Ագարակի պոչամբարների հոսքաջրերի քանակական և որակական ցուցանիշները:
3. Ուսումնասիրել վնասակար նյութերի տարածման օրինաչափությունները:
4. Մշակել պոչամբարների ազդեցության գոտիների սահմանազատման սկզբունքներ սահմանելով աղտոտման տարածման գոտիները:
5. Մշակել մեթոդներ պոչամբարներից և հարակից տարածքներից աղտոտման տարածումը կանխելու համար:

Հետազոտության օբյեկտը և առարկան: Հետազոտության օբյեկտը Գեղանուշի, Արծվանիկի և Ագարակի պոչամբարներն են:

Հետազոտության առարկան նշված պոչամբարների ազդեցության գոտիներում ծանր մետաղների տարածման, կուտակման և շրջակա միջավայրի բաղադրիչների վրա դրանց ազդեցության օրինաչափություններն են, ինչպես նաև աղտոտման տարածումը նվազեցնող տեխնոլոգիական միջոցառումները:

Հետազոտության տեսական, մեթոդաբանական և տեղեկատվական հիմքերը:

Հետազոտության տեսական հիմք են հանդիսացել պոչամբարների ձևավորման, կառուցվածքի և շահագործման առանձնահատկությունների, հանքարդյունաբերական թափոնների շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության, ինչպես նաև ծանր մետաղների միգրացիայի, կուտակման և էկոլոգիական ռիսկերի գնահատման վերաբերյալ գիտական աշխատությունները:

Հետազոտության մեթոդաբանական հիմքը կազմել են դաշտային դիտարկումները, հողային, ջրային և բուսական նմուշների ընտրությունը, նմուշառման, պահպանման և լաբորատոր վերլուծության ընդունված ստանդարտները, ինչպես նաև ստացված տվյալների համեմատական, քանակական և տարածական վերլուծության մեթոդները: Աշխատանքում կիրառվել են ծանր մետաղների պարունակության որոշման լաբորատոր մեթոդներ, աղտոտվածության աստիճանի գնահատման մոտեցումներ և պոչամբարների ազդեցության գոտիների սահմանազատման սկզբունքներ:

Հետազոտության տեղեկատվական հիմք են ծառայել գիտական գրականության տվյալները, միջազգային և ազգային նորմատիվային փաստաթղթերը, հետազոտվող տարածքների աշխարհագրական, բնակլիմայական և հիդրոգեոքիմիական բնութագրերը, ինչպես նաև Գեղանուշի, Արծվանիկի և Ագարակի պոչամբարների

հարակից տարածքներում իրականացված դաշտային և լաբորատոր հետազոտությունների արդյունքները:

Գիտական նորույթը

1. Բացահայտվել են Սյունիքի մարզի գործող և կոնսերվացված պոչամբարների ազդեցության գոտիներում ծանր մետաղների տարածական և ժամանակային բաշխման առանձնահատկությունները՝ հողային, ջրային և բուսական միջավայրերի համակցված գնահատման հիման վրա:

2. Ուսումնասիրվել են տարբեր բնակլիմայական պայմաններում տեղակայված պոչամբարներից ձևավորվող դրենաժային ջրերի և գոլորշիացման գործընթացների արդյունքում տարածվող ծանր մետաղների տարածաժամանակային բաշխման օրինաչափությունները՝ առանձնացնելով դրանց հիմնական տարածման արեալներն ու ինտենսիվության աստիճանը:

3. Մշակվել են պոչամբարների չոր մակերևույթներից և գոլորշիացման գործընթացների արդյունքում առաջացող աղտոտիչների տարածումը նվազեցնող նորարարական տեխնոլոգիական մեթոդներ, որոնք պաշտպանված են ՀՀ արտոնագրերով:

Արդյունքների կիրառական նշանակությունը՝ Աշխատանքի արդյունքները կարևոր կիրառական նշանակություն ունեն ինչպես բնապահպանական, այնպես էլ տնտեսական ոլորտներում: Մետաղական հանքաքարերի հանքահարստացման գործընթացում առաջացող պոչամբարների ազդեցության մասշտաբների և հետևանքների գնահատումը, ինչպես նաև աղտոտիչների տարածման նվազեցման մեթոդների մշակումը հնարավորություն են տալիս ձևավորել տեխնոլոգիական համակարգ, որը միաժամանակ բարելավում է շրջակա միջավայրի և արտադրության արդյունավետության ցուցանիշները:

Ստացված տվյալները կարող են օգտագործվել շրջակա միջավայրի մոնիթորինգի համակարգերում ուսումնասիրվող տարածքների էկոլոգիական վիճակի համալիր գնահատման և ռիսկերի տարածական քարտեզագրման նպատակով: Մշակված մեթոդները կիրառելի են նաև այլ աղտոտված ջրավազանների վնասազերծման ու մեկուսացման գործընթացներում:

Աշխատանքը ունի տնտեսական և սոցիալական նշանակություն՝ նպաստելով արդյունաբերական ձեռնարկություններում բնապահպանական բեռի նվազեցմանը և բնակչության առողջության պաշտպանության մակարդակի բարձրացմանը: Առաջարկվող մեթոդները պաշտպանված են Հայաստանի Հանրապետության արտոնագրերով և կարող են ներդրվել արտադրական պրակտիկայում՝ նվազեցնելով ծանր մետաղների տարածումը շրջակա միջավայրում:

Աշխատանքի ապրոբացիան աշխատանքի վերաբերյալ նյութերը զեկուցվել են երկու միջազգային գիտաժողովներում:

Հրատարակված գիտական աշխատանքները՝ ատենախոսության հիմնական բովանդակությունը հրատարակված է 6 հոդվածներով, 2 արտոնագրերով:

Աշխատանքների արդյունքների հրապարակում: Հետազոտության արդյունքները հրատարակվել են 6 տպագիր աշխատություններում և 2 արտոնագրերում: Արդյունքները ներկայացվել են ինչպես ՀԱՊՀ 2017-2024թթ.

տարեկան գիտաժողովներում, այնպես էլ հեղինակավոր գիտաժողովներում, ներառյալ XXVII Международная научно-техническая конференция «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья», Екатеринбург 2022, International Scientific Conference “Environmental Protection and Sustainable Development” dedicated to Professor Victor Eristavi’s Memory, Georgian Technical University.

Պաշտպանականությանը ներկայացվող հիմնական դրույթներն են՝

- Գեղանուշի, Արծվանիկի, Ագարակի և կոնսերվացված Փուխրուտի պոչամբարների ազդեցության գոտիներում հողերի, ջրերի և բուսականության ծանր մետաղներով աղտոտվածության մակարդակները զգալիորեն գերազանցում են բնական ֆոնային արժեքները՝ ձևավորելով տարբեր աստիճանի աղտոտվածության գոտիներ:
- Պոչամբարներից ծանր մետաղների միգրացիան իրականացվում է փոշու տարածման, դրենաժային ջրերի ներթափանցման և գոլորշիացման գործընթացների միջոցով, որոնց ինտենսիվությունը պայմանավորված է տեղանքի բնակլիմայական պայմաններով և քամիների գերակշռող ուղղություններով:
- Հողերի, ջրերի և բուսականության մեջ ծանր մետաղների պարունակության համակցված ուսումնասիրության հիման վրա սահմանազատվել են պոչամբարների ազդեցության գոտիները և բացահայտվել են աղտոտիչների տարածման հիմնական ուղղություններն ու տարածական օրինաչափությունները:
- Մշակված տեխնոլոգիական լուծումները ուղղված պոչամբարների փոշու մակերևույթների ամրացմանը և գոլորշիացման գործընթացների արդյունքում ծանր մետաղների տարածման նվազեցմանը, հնարավորություն են տալիս նվազեցնել շրջակա միջավայրի վրա բացասական ազդեցությունը և կարող են կիրառվել ինչպես գործող, այնպես էլ կոնսերվացված պոչամբարների դեպքում:

Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը՝ աշխատանքը կազմված է ներածությունից, 5 գլխից, գրականության ցանկից: Այն շարադրված է 124 էջում, պարունակում է 31 նկար և 21 աղյուսակ:

Ատենախոսության հիմնական բովանդակությունը

Ներածությունում հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, շարադրված են նպատակն ու պաշտպանության ներկայացվող դրույթները, հետազոտության օբյեկտն ու առարկան, ինչպես նաև աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:

1. ՀԱՆՔԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼԻՐՆԵՐԻ ՊՈԶԱՄԲԱՐՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՎՐԱ

Գլուխ 1-ում ներկայացված է հանքարդյունաբերական համալիրների պոչամբարների շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության վերաբերյալ գիտական գրականության վերլուծությունը: Ուսումնասիրվել են հանքարդյունաբերության զարգացման ժամանակակից միտումները, պոչանքների առաջացման առանձնահատկությունները և դրանց դերը որպես շրջակա միջավայրի աղտոտման

հիմնական աղբյուրներից մեկը: Վերլուծվել են պոչամբարներում կուտակվող թափոնների քիմիական կազմը, հատկապես ծանր մետաղների պարունակությունը, ինչպես նաև դրանց տարածման և միգրացիայի առանձնահատկությունները բնական միջավայրում:

Գրական տվյալների ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ պոչամբարները կարող են երկարաժամկետ ազդեցություն ունենալ շրջակա միջավայրի տարբեր բաղադրիչների վրա՝ նպաստելով ջրային, հողային և օդային միջավայրերի աղտոտմանը: Առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձվել ծանր մետաղների ազդեցությանը մակերևութային և ստորերկրյա ջրերի, հողային ռեսուրսների, բուսականության և կենսաբազմազանության վրա: Քննարկվել են նաև թթվային դրենաժների առաջացման, փոշու տարածման և էկոհամակարգերում ծանր մետաղների կուտակման հետ կապված խնդիրները:

Վերլուծվել են տարբեր երկրների փորձը և գիտական գրականության մեջ ներկայացված ժամանակակից մոտեցումները ուղղված պոչամբարների անվտանգ կառավարմանը, ջրերի մաքրմանը, փոշու տարածման կանխարգելմանը և աղտոտված տարածքների վերականգնմանը:

Գրականության վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել է, որ պոչամբարների ազդեցության գնահատման համար անհրաժեշտ է համալիր մոտեցում, որը կներառի հողային, ջրային և բուսական միջավայրերի համատեղ ուսումնասիրություն, աղտոտիչների տարածման օրինաչափությունների բացահայտում և ազդեցության գոտիների սահմանազատում:

2. ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅԱՆ ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԸ, ՆՅՈՒԹԵՐԸ ԵՎ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

Գլուխ 2-ում ներկայացված են հետազոտության օբյեկտները, ուսումնասիրված տարածքների բնական պայմանները, ինչպես նաև իրականացված դաշտային և լաբորատոր հետազոտությունների կազմակերպման և իրականացման մեթոդական հիմքերը:

Ներկայացված են Հայաստանի Հանրապետության Սյունիքի մարզում տեղակայված Գեղանուշի, Արծվանիկի և Ագարակի պոչամբարների աշխարհագրական դիրքը, հիմնական բնութագրերը և շահագործման առանձնահատկությունները: Քննարկվել են հետազոտվող տարածքների ռելիեֆային, կլիմայական, հիդրոլոգիական և հիդրոգեոքիմիական պայմանները, որոնք էական դեր ունեն աղտոտիչների տարածման, կուտակման և միգրացիայի գործընթացներում: Առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձվել այն բնական գործոններին, որոնք կարող են ազդել պոչամբարների ազդեցության գոտիների ձևավորման և ծանր մետաղների տարածական բաշխման վրա:

Գլխում ներկայացված են հողային, ջրային և բուսական նմուշների ընտրության, պահպանման, տեղափոխման և լաբորատոր հետազոտությունների մեթոդները: Նկարագրված են նմուշառման սխեմաները, հետազոտվող միջավայրերի ընտրության հիմնավորումները և կիրառված միջազգային ստանդարտները: Ծանր մետաղների պարունակության որոշման համար օգտագործվել են ընդունված անալիտիկական

մեթոդներ, որոնք հնարավորություն են տվել ստանալ հավաստի և համադրելի արդյունքներ:

Բացի այդ, ներկայացված են հետազոտության ընթացքում կիրառված տվյալների մշակման և գնահատման մոտեցումները, որոնց հիման վրա իրականացվել է ուսումնասիրվող տարածքների էկոլոգիական վիճակի գնահատումը, ծանր մետաղների տարածման օրինաչափությունների բացահայտումը և պոչամբարների ազդեցության գոտիների գնահատման համար անհրաժեշտ մեթոդական հիմքերի ձևավորումը:

3. ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ ԵՎ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Գլուխ 3-ում ներկայացված են Գեղանուշի, Արծվանիկի, Ագարակի և Փուխրուտի պոչամբարների ազդեցության գոտիներում իրականացված դաշտային և լաբորատոր հետազոտությունների արդյունքները: Ուսումնասիրվել են հողային, ջրային և բուսական նմուշներում ծանր մետաղների պարունակությունները՝ նպատակ ունենալով գնահատել աղտոտվածության մակարդակը, բացահայտել աղտոտիչների տարածման օրինաչափությունները և սահմանազատել պոչամբարների ազդեցության գոտիները: Ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ ուսումնասիրված բոլոր պոչամբարները տարբեր աստիճաններով ազդում են շրջակա միջավայրի բաղադրիչների վրա՝ ձևավորելով ծանր մետաղներով աղտոտված գոտիներ, որոնց տարածական բնույթը պայմանավորված է ինչպես տեխնածին, այնպես էլ բնական գործոններով:

Գեղանուշի պոչամբարի տարածքի հետազոտություններ:

Գեղանուշի պոչամբարի տարածքում իրականացված հետազոտությունները (Աղ. 1, Աղ. 2, Նկ. 4, Նկ. 5) ցույց են տվել, որ պոչամբարի հարակից տարածքներում հողերի և ջրերի ծանր մետաղներով աղտոտվածությունը առավել բարձր է, իսկ հեռավորության մեծացմանը զուգընթաց նվազում է՝ վկայելով աղտոտման տարածական բնույթի մասին: Ստացված արդյունքները հաստատում են պոչամբարի երկարատև ազդեցությունը և աղտոտիչների միգրացիան շրջակա միջավայրում:

Գեղանուշի պոչամբարի տարածքի նմուշների հետազոտություն (մգ/կգ)

Աղյուսակ 1

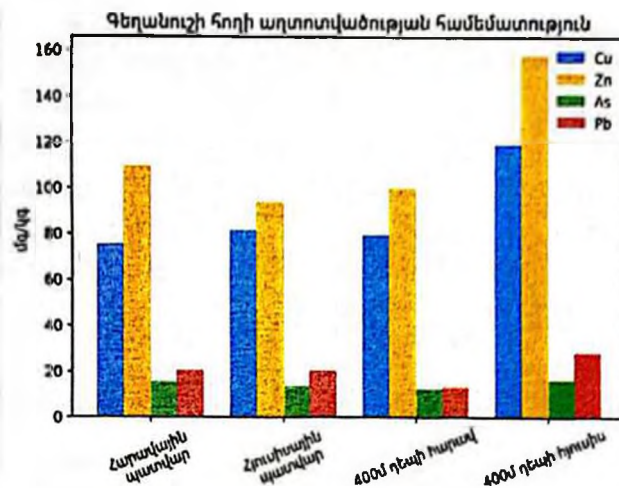
Ց.մ./ նմ.	Mo	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Ca	K	Ba
1	5	236	20	15	109	75	63	240	33695	789	140	146	3757	42202	16265	323
2	2	230	20	13	93	81	68	285	34011	814	138	148	4007	42996	17017	387
3	0	224	13	12	99	79	68	288	42233	933	126	172	5061	19157	12602	301
4	3	204	28	16	158	119	58	202	36648	815	148	166	4485	25555	18432	277

Նմուշ 1 - հողի շերտը՝ պոչամբարի հարավային ամբարտակից:

Նմուշ 2 - հողի շերտը՝ պոչամբարի հյուսիսային ամբարտակից:

Նմուշ 3 - հողի շերտը՝ պոչամբարի հարավ 400 մ:

Նմուշ 4 - հողի շերտը՝ պոչամբարի հյուսիս 400 մ:



Նկ. 4 Գեղանուշի պոչամբարի տարածքից նմուշառված հողի աղտոտվածության համեմատական գրաֆիկ

Գեղանուշի պոչամբարի տարածքից հետազոտություններ (մգ/լ)

Աղյուսակ 2

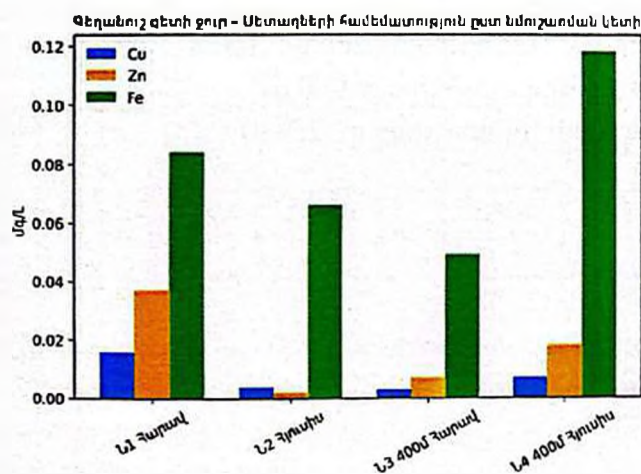
Ծ.մ./ նմուշ	Mo	Sr	Zn	Cu	Fe	Cr	V	Ti	Ca	K
նմուշ 1	0,001	0,027	0,037	0,016	0,084	0,002	0,001	0,006	3,856	0,104
նմուշ 2	0,001	0,032	0,002	0,004	0,066	0,002	0,001	-	4,436	0,124
նմուշ 3	-	0,023	0,007	0,003	0,049	0,002	-	0,016	3,373	0,092
նմուշ 4	0,001	0,044	0,018	0,007	0,118	0,004	0,001	-	6,230	0,126

Նմուշ 1 - ջուր Գեղանուշ գետից, պոչամբարի հարավային մասից:

Նմուշ 2 - ջուր Գեղանուշ գետից, պոչամբարի հյուսիսային մասից:

Նմուշ 3 - ջուր Գեղանուշ գետից, 400 մ հեռավորության վրա պոչամբարի հարավային մասից:

Նմուշ 4 - ջուր Գեղանուշ գետից, 400 մ հեռավորության վրա պոչամբարի հյուսիսային մասից:



Նկ. 5. Գեղանուշ գետի ջրերում ծանր մետաղների համեմատության գրաֆիկ ըստ նմուշառման կետերի հեռավորությունների

Արծվանիկի պոչամբարի տարածքի հետազոտություններ:

Արծվանիկի պոչամբարի ազդեցության գոտում իրականացված ուսումնասիրությունները ցույց են տվել ծանր մետաղների բարձր պարունակություններ ինչպես հողերում, այնպես էլ բուսական նմուշներում: Ստացված արդյունքները վկայում են աղտոտիչների տարածման և կենսակուտակման գործընթացների ատկայության մասին, ինչը բնութագրում է տվյալ տարածքի բարձր տեխնածին ծանրաբեռնվածությունը:

Արծվանիկի պոչամբարի տարածքից նմուշներ (մգ/կգ, մգ/լ)

Աղյուսակ 3

Ց.մ./նմուշ	Mo	Zr	Sr	Rb	Zn	Cu	Fe	Ti	Ca	K	S
1	-	152	415.5	35.4	82.9	62.8	39524	4580	22814	9716	115
2	-	155	313.7	48.4	82	61.4	36017	3600	59284	10893	-
3	-	135	306.8	18.6	84.5	80.4	48479	4552	29191	5828	-
4	161	111.7	217	99	141	1787	29564	3871	10953	2506	1722
5	12.9	5.6	16.4	8.8	12.5	14.3	146.0	15.6	8128	31125	1170
6	16.7	5.8	7.0	8.1	-	16.6	92.1	54.1	3435	82493.9	424.8
7	12.8	6.6	12.5	5.8	36.9	34.1	51.9	15.3	6299	91953	2575.5
8	15.1	7.8	68.2	3.0	90.5	50.3	624.2	33.2	15175	28145	1231
9	6.7	163.6	459.9	28.5	427	112.9	45720	48999	50158	10546	348.5
10	6.4	3.9	82.1	3.3	9.5	4	61.8	33.2	28187	69862	4405
11	11	7.6	172.1	7.6	87.7	75.4	2129	96.1	68623	3192	698.8
12	9.8	2.2	263	1.6	13.1	21.3	654	-	60030	5850	936.7

Նմուշ 1 - Հող Արծվանիկի պոչամբարի հյուսիսից (20...50 մ),

Նմուշ 2 - Հող Արծվանիկի պոչամբարի հարավից (20...50 մ),

Նմուշ 3 - Հող Արծվանիկի պոչամբարի արևելքից (20...50 մ),

Նմուշ 4 - Հող Արծվանիկի պոչամբարից արևմուտքից (20...50 մ),

Նմուշ 5 - Հապալաս (Աճանան գյուղ),

Նմուշ 6 - Սալոր (Աճանան գյուղ),

Նմուշ 7 - Լոլիկ (Աճանան գյուղ),

Նմուշ 8 - Անանուխ (Աճանան գյուղ),

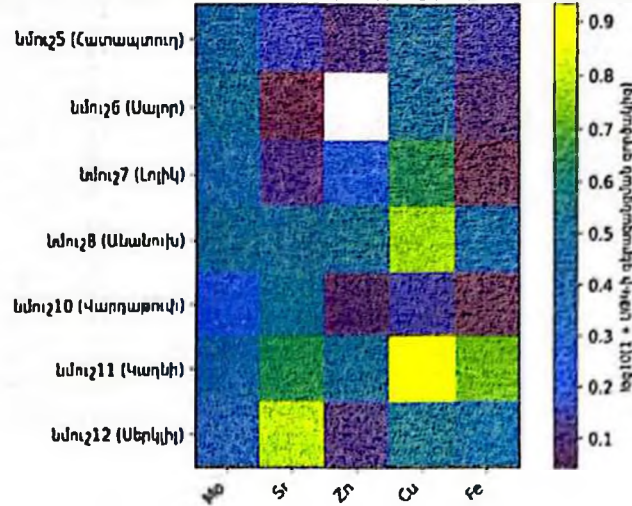
Նմուշ 9 - Հող (Աճանան գյուղ),

Նմուշ 10 - Վարդաթուփ (Արծվանիկ պոչամբար 100 մ),

Նմուշ 11 - Կաղնի (Արծվանիկ պոչամբար 200 մ),

Նմուշ 12 - Մերկիլ (Արծվանիկ պոչամբար 200 մ)

Բույսերի նմուշների ծանր մետաղներով աղտոտվածության ջերմային քարտեզ (նորմալացված ԱՅԿ-ով)



Նկ. 6 Բույսերի նմուշների ծանր մետաղներով աղտոտվածության ջերմային քարտեզ

Ագարակի պոչամբարի տարածքի հետազոտություններ:

Ագարակի պոչամբարի տարածքում արձանագրվել են պղնձի, երկաթի, ցինկի և մի շարք այլ տարրերի բարձր պարունակություններ: Գետի նստվածքների և բուսական նմուշների ուսումնասիրությունները հաստատել են պոչամբարի ազդեցությունը հարակից տարածքների և ջրային համակարգերի վրա:

Ագարակի պոչամբարի տարածքից նմուշառույթներ (մգ/կգ)

Աղյուսակ 4

Ծ.մ	Mo	Sr	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Mn	Cr	V
1	4705	157	147	899	83701.5	47	336017	727	57.0	16.3
2	29.2	352	69.3	522.5	1690.8	74	33512.5	996.3	151.3	147.0
3	124.6	197	18	76.1	1366.5	52	19200.4	474	61.2	101.1
4	30.0	169	9.6	46.6	316.8	41	11907.7	311.3	41.4	83.1
5	3417	130	411.4	1434	141686	-	353180	855.3	98.2	62.6

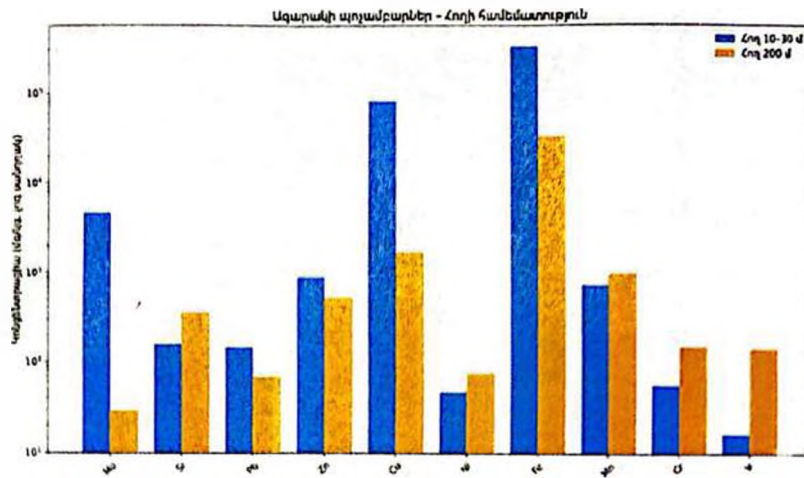
Նմուշ 1-Հող Ագարակի պոչամբարից 10-30 մ հեռավորության վրա

Նմուշ 2-Հող այգուց Ագարակի պոչամբարից 200 մ հեռավորության վրա

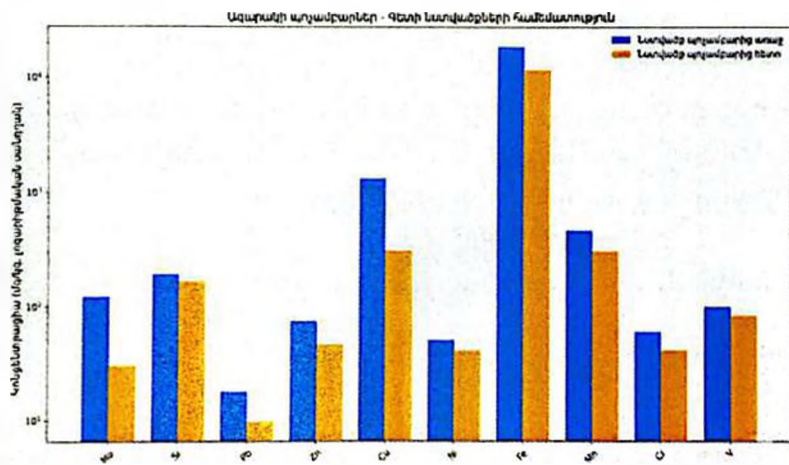
Նմուշ 3-Գետի տիղմ մինչև պոչամբարը

Նմուշ 4-Գետի տիղմ պոչամբարից հետո

Նմուշ 5- Պուլպա պոչամբարից



Նկ. 7 Ագարակի պոչամբարի տարածքից նմուշառված հողի մեջ ծանր մետաղների կոդգենտրացիաների համեմատական գրաֆիկ

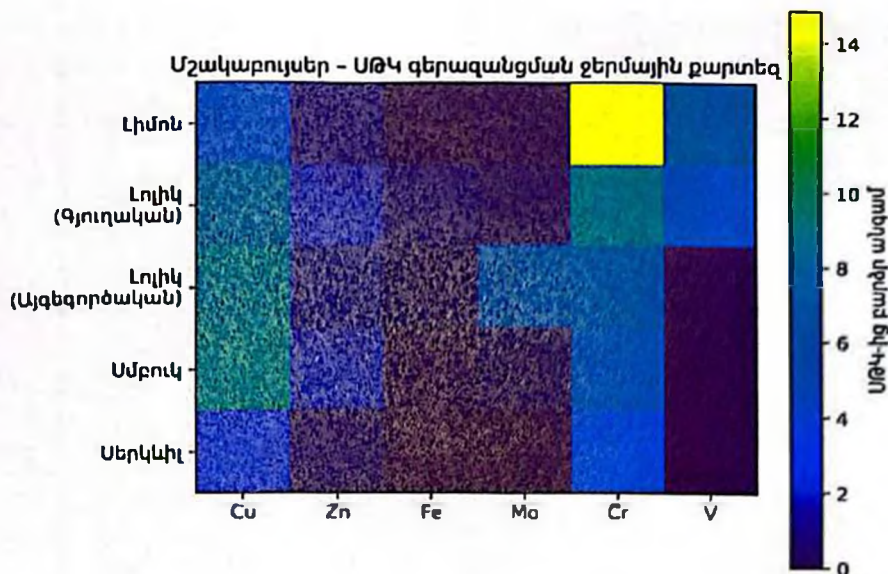


Նկ. 8 Ագարակի պոչամբարից առաջ և հետո նմուշառված գետի նստվածքի մեջ ծանր մետաղների կոդգենտրացիաների համեմատական գրաֆիկ

Ագարակի պոչամբարի տարածքից բույսերի նմուշներում ծանր մետաղների ՍԹԿ գերազանցման աղյուսակ

Աղյուսակ 5

Նմուշներ	Cu (մգ/կգ)	Zn (մգ/կգ)	Fe (մգ/կգ)	Mo (մգ/կգ)	Cr (մգ/կգ)	V (մգ/կգ)
ՍԹԿ(մգ/կգ)	10.0	50.0	500.0	10.0	2.0	1.0
Կիտրոն	41.2	54.1	128.5	3.9	29.7	5.8
Լոլիկ(Կարճևան)	67.3	86.2	453.5	5.6	16.3	4.3
Լոլիկ(ալգի)	82.5	65.3	289.3	51.9	11.2	0.0
Սմբուկ	87.2	85.6	198.2	4.7	9.3	0.0
Մերկևիլ	21.3	33.1	109.2	2.1	7.4	0.0



Նկ. 9 Ծանր մետաղների պարունակությունը ագարակի հարակից այգու բուսատեսակներում և նրանց ՍԹԿ-ների գերազանցման ջերմային քարտեզ

Փոխարուտի կոնսերվացված պոչամբարի հետազոտություններ:

Փոխարուտի կոնսերվացված պոչամբարի ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ նույնիսկ շահագործումից դուրս բերված պոչամբարները շարունակում են պահպանել շրջակա միջավայրի աղտոտման ներուժը: Հողի նմուշներում արձանագրված ծանր մետաղների բարձր պարունակությունները վկայում են երկարատև տեխնածին ազդեցության մասին:

Փոխարուտի կոնսերվացված պոչամբարի տարածքից նմուշներ

Աղյուսակ 6

Տարրեր	Հողի նմուշ մգ/կգ
Mo	7,342
Zn	263,551
Cr	826,134
Ni	60,354
Co	259,053
Fe	74439,125
Mn	524,675
Cr	81,778
Ca	13112,113
K	11920,128

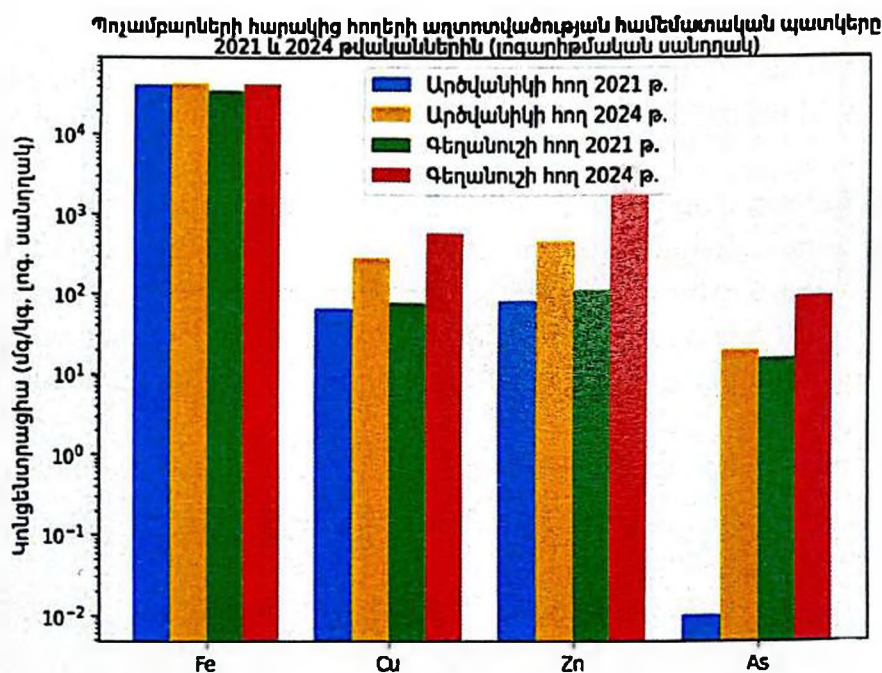
Համեմատական վերլուծություն:

2021 և 2024 թվականների տվյալների համեմատական վերլուծությունը ցույց է տվել առանձին ծանր մետաղների պարունակությունների աճ, ինչը վկայում է աղտոտման գործընթացների շարունակական բնույթի մասին:

Համեմատական աղյուսակ 2021 և 2024թթ

Աղյուսակ 7

տվյալներ	Արծվանիկ 2021	Արծվանիկ 2024	Գեղանուշ 2021	Գեղանուշ 2024
Fe	48 479	56 175	20 154	49 444
Cu	1 787	582	83	582
Zn	427	1 867	377	3 325
As	0.0	109,6	37	88

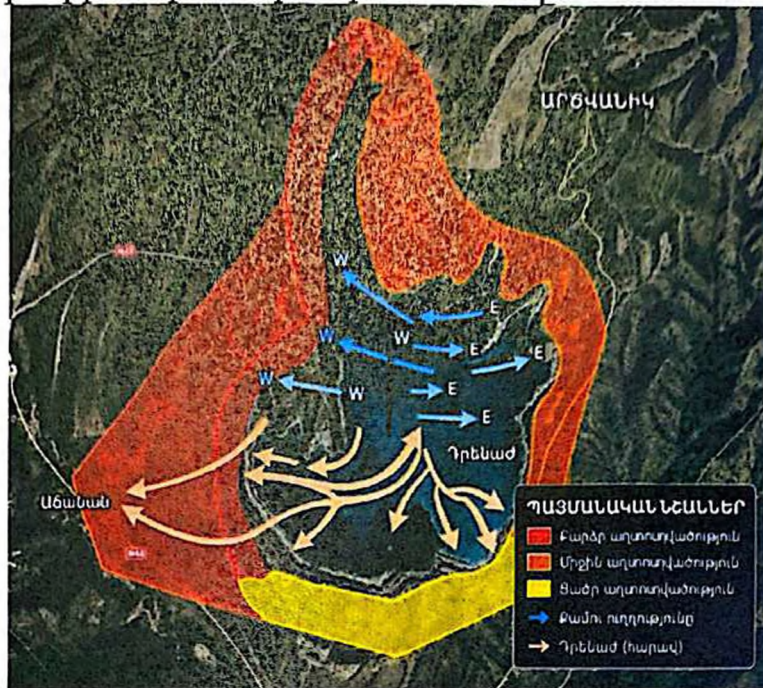


Նկ. 10 Գեղանուշի և Արծվանիկի պղնձաքարների տարածքից հողի մեջ ծանր մետաղների պարունակության համեմատական գրաֆիկ 2021-2024թթ

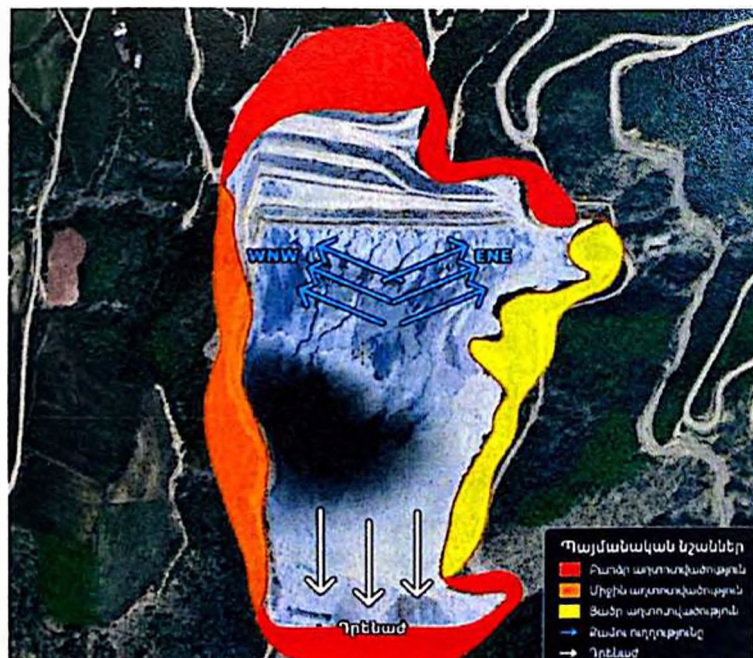
4. ՔԱՄԻՆԵՐԻ ՈՒՂՂՈՒԹՅԱՆ ԱՋԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՊՈԶԱՄԲԱՐՆԵՐԻ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻՑ ԾԱՆՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՄԻՋՐԱՑԻԱՑԻ ՎՐԱ

Գլուխ 4-ում ուսումնասիրվել է քամիների ուղղության ազդեցությունը պղնձաքարների տարածքներից ծանր մետաղների միգրացիայի և աղտոտիչների տարածման վրա: Արծվանիկի, Գեղանուշի և Ագարակի պղնձաքարների տարածքների համար իրականացվել է քամիների վարդերի վերլուծություն, գնահատվել են աղտոտիչների տարածման հիմնական ուղղությունները և կազմվել ազդեցության գոտիների սխեմատիկ քարտեզներ:

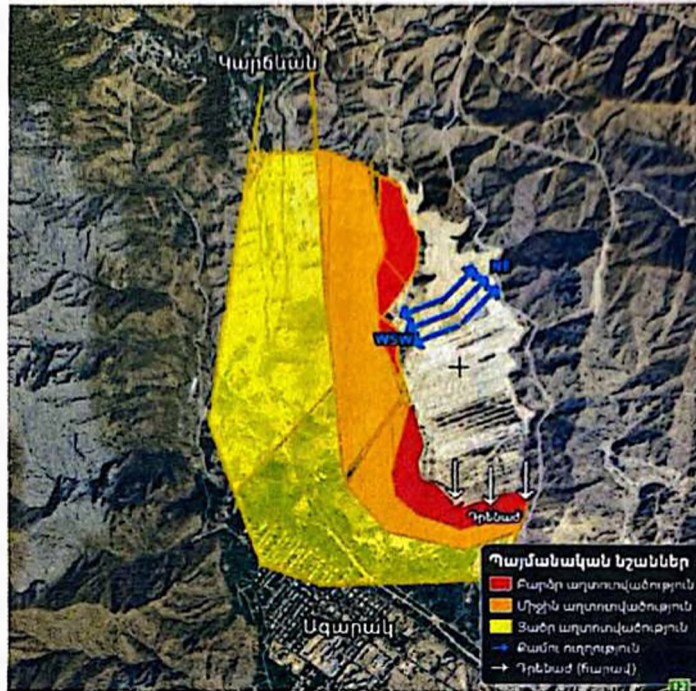
Քամիների վարդերի և տեղանքի առանձնահատկությունների համադրման արդյունքում բացահայտվել են աղտոտիչների առավել հավանական տարածման ուղղությունները, ինչը հնարավորություն է տվել հիմնավորել պոչամբարների ազդեցության գոտիների տարածական գնահատումը:



Նկ. 11 Արծվանիկի պոչամբարի աղտոտվածության տարածման սխեմատիկ քարտեզ՝ ըստ քամիների ուղղության և դրենաժային հոսքերի



Նկ. 12 Գեղանուշի պոչամբարի աղտոտվածության տարածման սխեմատիկ քարտեզ՝ ըստ քամիների ուղղության և դրենաժային հոսքերի



Նկ. 13 Ագարակի պոչամբարի աղտոտվածության տարածման սխեմատիկ քարտեզ ըստ քամինների ուղղության և դրենաժային հոսքերի

Փոշու տարածման նվազեցման տեխնոլոգիական միջոցառումներ

Պոչամբարների չոր մակերևույթներից փոշու տարածման նվազեցման նպատակով մշակվել և արտոնագրվել է տեխնոլոգիական լուծում, որը հիմնված է 10–15 մմ հատիկաչափով մանրախճի և 40% պոլիվինիլացետատային դիսպերսիայի համատեղ կիրառման վրա: Փորձարարական արդյունքները ցույց են տվել, որ առաջարկված լուծումը նպաստում է փոշու արտանետումների և մակերևույթային էրոզիայի նվազեցմանը:

Աղյուսակ 8

Փորձի համարը	Խճի մասնիկների չափը մմ	Լուծույթի քանակը լ/մ ²	ՊՎԱ Կոնցենտրացիան %	Նմուշի փչահանման ժամանակը, ժ	Նմուշի զանգվածի կորուստ %
1	30-45	10	40	48	3.8
2	30-45	8	40	48	4.2
3	30-45	8	30	48	7.6
4	30-45	7	40	48	5.0
5	20-30	8	40	48	3.8
6	20-30	8	30	48	5.9
7	10-15	8	40	48	2.2
8	10-15	8	30	48	4.6
9	10-15	7	40	48	3.3
10	10-15	6	40	48	5.7

Ծանր մետաղների միգրացիայի նվազեցման միջոցառումներ

Պոչամբարների ջրային մակերևույթներից ծանր մետաղների միգրացիայի նվազեցման նպատակով առաջարկվել է փքեցված պեղիտի կիրառումը որպես սորբենտ նյութ: Հետազոտությունների արդյունքները ցույց են տվել, որ պեղիտը նպաստում է ծանր մետաղների մի մասի կլանմանը յնաթարելով բնական գոլորշացման գործընթացը:

Աղյուսակ 9

N	Հոսքաջրի բաղադրություն ը ըստ որոշ ծանր մետաղների (մգ/լ)	Հոսքաջրի ի քանակը (լ)	Փքեցված պեղիտի զանգված ը ըստ 1մ ² մակերեսի	Գոլորշացմա ն ժամանակը (ժամ)	Հոսքաջրի բաղադրություն ը ըստ ծանր մետաղների (մգ/լ)	Փքեցված պեղիտի բաղադրություն ը փորձի ավարտին
	Cu - 1406.7 Zn - 140.0 Mo - 89.5 Fe - 1847.0	1	0.3	10	Cu - 844 Zn - 91 Mo - 53.7 Fe - 1108.2	Cu - 568.62 Zn - 49 Mo - 35.8 Fe - 738.8
			0.4	10	Cu - 815.9 Zn - 85.4 Mo - 51.9 Fe - 1052.8	Cu - 590.8 Zn - 54.6 Mo - 37.6 Fe - 794.2
			0.3	20	Cu - 825.4 Zn - 88.6 Mo - 53.2 Fe - 1096.4	Cu - 581.3 Zn - 51.4 Mo - 36.3 Fe - 750.6

Այսպիսով, քամիների ուղղությունների վերլուծության, տարածական գնահատման և իրականացված փորձարարական հետազոտությունների հիման վրա մշակվել են պոչամբարների ազդեցության նվազեցման տեխնոլոգիական միջոցառումներ, որոնք կարող են կիրառվել փոշու տարածման սահմանափակման, ծանր մետաղների միգրացիայի նվազեցման և պոչամբարների բնապահպանական անվտանգության բարձրացման նպատակով:

5. ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Գլուխ 5-ում կատարվել է առաջարկվող մեթոդների տնտեսական հիմնավորում:

Փոշոտ մակերևույթի ամրացում

Գոլորշիներում ծանր մետաղների
նվազեցում

Աղյուսակ 10

Աղյուսակ 11

Ցուցանիշ	Արժեք
Մշակվող մակերես	6788 մ ²
Խճի ծավալ	81.459 մ ³
Խճի արժեք	93677 ՀՀԴ
Խճի տեղափոխման արժեք	75000 ՀՀԴ
Խճի ընդհանուր արժեք	168677 ՀՀԴ
PVA-ի զանգված	56002 կգ
PVA-ի արժեք	67203428 ՀՀԴ
Աշխատուժի արժեք	960000 ՀՀԴ
Ընդհանուր արժեք	68 332 105 ՀՀԴ
1 մ ² -ի ծածկույթի արժեք	10066 ՀՀԴ/մ ²

Ցուցանիշ	Արժեք
Մշակվող մակերես	320000 մ ²
Պեռլիտի զանգված	112000 կգ
Պեռլիտի ծավալ	1400 մ ³
Պեռլիտի արժեք	28000000 ՀՀԴ
Պեռլիտի տեղափոխման արժեք	105000 ՀՀԴ
Պեռլիտի ընդհանուր արժեք	29050000 ՀՀԴ
Աշխատուժի արժեք	5120000 ՀՀԴ
Ընդհանուր արժեք	34 170 000 ՀՀԴ
1 մ ² -ի ծածկույթի արժեք	106.78 ՀՀԴ/մ ²

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Աշխատանքի շրջանակում իրականացվել է Հայաստանի երեք խոշոր պոչամբարների Արծվանիկի, Գեղանուշի և Ագարակի ազդեցության գնահատումը շրջակա միջավայրի վրա: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հետևյալն են.

1. Ուսումնասիրվել և բնութագրվել են հանքարդյունաբերական ոլորտի երեք խոշոր գործող Գեղանուշի, Արծվանիկի, Ագարակի և կոնսերվացված Փուխրուտ պոչամբարների աշխարհագրական, բնակլիմայական և էկոլոգիական պայմանները:
2. Իրականացվել են լայնածավալ փորձարարական հետազոտություններ ծանր մետաղների աղտոտվածության ուղղությամբ համապատասխան տարածքների հողային ծածկույթում և աճող բուսականության մեջ:
3. Առաջարկվել է պոչամբարների չոր ծածկույթներից քամիների միջոցով ծանր մետաղների և այլ աղտոտիչների ցրումը կանխող նոր եղանակ, որը պաշտպանվել է ՀՀ արտոնագրով:
4. Առաջարկվել է պոչամբարների մակերևույթից գոլորշիացման միջոցով ծանր մետաղների տարածումը կանխող նոր եղանակ, որը պաշտպանվել է ՀՀ արտոնագրով:

5. Կատարվել է տնտեսագիտական վերլուծություն, որի արդյունքում հիմնավորվել է առաջարկվող մեթոդների բնապահպանական և տնտեսական արդյունավետությունը:

Ատենախոսության թեմայով հրատարակված աշխատանքների ցանկ՝

- [1] Տ. Ս. Բաղդասարյան, «Շրջակա միջավայրի վրա կոնսերվացված պոչամբարների ազդեցության վերլուծություն», Բանբեր. Քիմիական և բնապահպանական տեխնոլոգիաներ, թիվ 2, Հայաստանի Ազգային Պոլիտեխնիկական Համալսարան, էջ 86–91, Երևան, 2018 թ.
- [2] Տ. Ս. Բաղդասարյան, «Հանքարդյունաբերական ձեռնարկության պոչամբարների ազդեցությունը շրջակա միջավայրի վրա», Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու, մաս I, Հայաստանի Ազգային Պոլիտեխնիկական Համալսարան, էջ 284–288, Երևան, 2020 թ.
- [3] Տ. Ս. Բաղդասարյան, «Գործող պոչամբարների շուրջը փոշեճնշման մեթոդի կիրառման մասին», Բանբեր. Քիմիական և բնապահպանական տեխնոլոգիաներ, թիվ 1, Հայաստանի Ազգային Պոլիտեխնիկական Համալսարան, էջ 64–71, Երևան, 2020 թ.
- [4] Տ. Ս. Բաղդասարյան, Պ. Ս. Ոսկանյան, Է. Ռ. Առաքելովա, Ս. Լ. Գրիգորյան, Ա. Ս. Գալստյան, Գ. Գ. Ղազարյան, «Պոչամբարների մակերեսից գոլորշիացման միջոցով ծանր մետաղների արտանետման նվազեցման մեթոդը», Բանբեր. Քիմիական և բնապահպանական տեխնոլոգիաներ, թիվ 2, Հայաստանի Ազգային Պոլիտեխնիկական Համալսարան, էջ 52–57, Երևան, 2021 թ.
- [5] А. В. Тадевосян, Т. С. Багдасарян, П. С. Восканян, «Оценка влияния хвостохранилищ на окружающую среду и разработка методов минимизации экологической нагрузки», Материалы XXVII Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья», Екатеринбург, 7–8 апреля, стр. 41–45, 2022.
- [6] A. V. Tadevosyan, A. A. Safaryan, T. S. Baghdasaryan, and P. S. Voskanian, “The impact of the mining industry tailings on the environment and the ways of its reduction.” Proceedings of the International Scientific Conference “Environmental Protection and Sustainable Development” dedicated to Professor Victor Eristavi’s Memory, Georgian Technical University, pp. 370–381, Tbilisi, 2024. doi: 10.36073/978-9941-512-47-6
- [7] Տ. Ս. Բաղդասարյան, Ա. Վ. Թադևոսյան, Պ. Ս. Ոսկանյան, «Փոշոտ մակերևույթների ամրացման եղանակ», ՀՀ Պատենտ № AM20200089Y, հայտ 622, 02.10.2020 թ.
- [8] Տ. Ս. Բաղդասարյան, Ա. Վ. Թադևոսյան, Պ. Ս. Ոսկանյան, «Ջրամբարների մաքրման եղանակ», ՀՀ Պատենտ № AM20220066Y, հայտ 714, 06.07.2022 թ.

БАГДАСАРЯН ТАТЕВИК СИМОНОВНА

**Диссертация на тему «Оценка характера, масштабов и последствий
воздействия хвостохранилищ на окружающую среду» по
специальности «Геоэкология» - ИД.04.01**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

**Защита диссертации состоится 26.08.2026г. в 14:00 на заседании специализированного
совета 005 «Науки о Земле», действующего при Ереванском государственном
университете. Адрес: РА, г. Ереван, 0025, ул. Алека Манукяна, 1, ЕГУ, факультет
географии и геологии.**

Резюме

Исследование посвящено оценке экологического воздействия хвостохранилищ горнодобывающих предприятий Армении и разработке методов снижения миграции загрязняющих веществ. Актуальность работы обусловлена необходимостью предотвращения деградации земель, а также загрязнения водных и атмосферных экосистем в районах интенсивной добычи медно-молибденовых руд.

Целью исследования является комплексная оценка масштабов воздействия хвостохранилищ Агарака, Гегануша и Арцваника на окружающую среду, выявление закономерностей распространения тяжёлых металлов и разработка технологических решений по ограничению их миграции.

Были изучены географические, природно-климатические и экологические условия трех крупных действующих хвостохранилищ а также законсервированного хвостохранилища Пухрут.

Проведены полевые и лабораторные исследования проб почв, воды и растительности. Установлены значительные превышения концентраций элементов Cu, Zn, Fe, Mo и других.

Полученные результаты показали, что уровень загрязнения компонентов окружающей среды существенно зависит от расстояния до хвостохранилищ, направления преобладающих ветров и особенностей дренажного стока. Наибольшие концентрации тяжёлых металлов были зафиксированы в непосредственной близости от хвостохранилищ и постепенно снижались по мере удаления от источников загрязнения, что свидетельствует о выраженном пространственном характере их распространения. Комплексный анализ почв, поверхностных вод и растительности позволил определить основные направления миграции загрязняющих веществ, установить зоны максимального экологического риска и оценить степень воздействия хвостохранилищ на прилегающие территории.

С учетом проведенных исследований установлено что распространение загрязняющих веществ осуществляется двумя путями: воздушными потоками и дренажными водами. Загрязнение посредством воздушных потоков происходит как с поверхности хвостохранилища, так и с прилегающих сухих территорий. На основании результатов

проведенных исследований были разработаны технические методы, защищенные соответствующими патентами.

1. Укрепление пылеобразующих поверхностей, нанесением слоя щебня фракцией 10–15 мм с последующей обработкой 40%-ной поливинилацетатной дисперсией (7–8 л/м²). Метод обеспечивает снижение пылевых выделений до 50 % и повышение прочности покрытия до 60 % [7].
2. Снижение миграции тяжёлых металлов в процессе испарения, покрытием водной поверхности вспученным перлитом (1,25–5 мм, 0,35 кг/м²), который не препятствует испарению, но сорбирует ионы металлов, уменьшая их перенос в атмосферу [8].

Разработанные технологии показали высокую эффективность и экологическую безопасность. Их применение позволяет значительно сократить загрязнение воздуха и воды, стабилизировать пылеобразующие поверхности и снизить миграцию тяжёлых металлов в зоне воздействия хвостохранилищ.

Практическая значимость работы заключается в возможности внедрения разработанных методов в горнорудных районах Армении с целью снижения экологической нагрузки и улучшения состояния окружающей среды.



BAGHDASARYAN TATEVIK SIMON

Dissertation on the topic "**Assessment of the Nature, Scale and Consequences of the Impact of Tailings on the Environment**" in the specialty ID.04.01 – Geoecology for the degree of Candidate of Technical Sciences

The dissertation defense will take place on 26 August 2026 at 2:00 p.m. at a meeting of the Specialized Council 005 "Earth Sciences" operating at Yerevan State University.

Address: Faculty of Geography and Geology, Yerevan State University, 1 Alek Manukyan Street, Yerevan 0025, Republic of Armenia.

Abstract

This study focuses on assessing the environmental impacts of tailings storage facilities in Armenia and developing methods to reduce the migration of pollutants. The relevance of the research is associated with the need to prevent land degradation and protect water and air ecosystems in regions affected by intensive copper–molybdenum mining activities.

The aim of the study was to evaluate the extent of environmental impacts caused by the Agarak, Geghanush and Artsvanik tailings storage facilities, identify the main patterns of heavy metal dispersion, and develop technological approaches for limiting their migration in the environment.

The geographical, climatic and environmental characteristics of three active tailings storage facilities, as well as the decommissioned Pukhrut tailings facility, were investigated. Field and laboratory analyses of soil, water and vegetation samples were conducted. Elevated

concentrations of Cu, Zn, Fe, Mo and several other elements were detected in different environmental compartments.

The obtained results demonstrated that the level of environmental contamination was strongly influenced by the distance from the tailings storage facilities, the prevailing wind directions, and the characteristics of drainage flow. The highest concentrations of heavy metals were detected in the immediate vicinity of the tailings storage facilities and gradually decreased with increasing distance from the pollution sources, indicating a pronounced spatial distribution pattern of contaminants. The integrated assessment of soil, surface water, and vegetation made it possible to identify the principal pathways of pollutant migration, delineate areas of elevated environmental risk, and evaluate the extent of the impact of tailings storage facilities on the surrounding ecosystems.

The results showed that pollutant transport occurs primarily through two pathways: atmospheric dispersion and drainage water flows. Airborne contamination originates both from the exposed surfaces of tailings storage facilities and from adjacent dry areas. Based on the findings of the study, several engineering solutions protected by relevant patents were developed.

1. The first method involves the stabilization of dust-generating surfaces by applying a 10–15 mm layer of gravel followed by treatment with a 40% polyvinyl acetate (PVA) dispersion at a rate of 7–8 L/m². The method reduces dust emissions by up to 50% and increases surface stability by up to 60% [7].
2. The second method is aimed at reducing heavy metal migration during evaporation by covering the water surface with expanded perlite (1.25–5 mm; 0.35 kg/m²). The perlite layer does not interfere with evaporation but effectively sorbs metal ions, thereby reducing their transfer into the atmosphere [8].

The proposed technologies demonstrated high efficiency and environmental safety. Their implementation can significantly reduce air and water pollution, stabilize dust-generating surfaces, and limit heavy metal migration within the areas influenced by tailings storage facilities.

The practical significance of the research lies in the potential application of the developed methods in mining regions of Armenia to reduce environmental pressures and improve environmental quality.

