ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ
ԱԿԱԴԵՄԻԿՈՍ Ի.Վ. ԵՂԻԱԶԱՐՈՎԻ ԱՆՎԱՆ ՋՐԱՅԻՆ
ՀԻՄՆԱՀԱՐՑԵՐԻ ԵՎ ՀԻԴՐՈՏԵԽՆԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ ՎԱՀԱՆ ՌԱՖԻԿԻ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊՈՂԱՄԲԱՐՆԵՐԻ ԲՆԱՊԱՀՊԱՆԱԿԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ԱՊԱՀՈՎՄԱՆ ԵՎ ԿՈՒՏԱԿՎՈՂ ՀՈՂԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՀԻՄՆԱԽՆԴԻՐՆԵՐԸ

Ե.23.05 – «Ջրատնտեսական համակարգեր և դրանց շահագործումը» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2026

Ատենախոսության թեման հաստատված է Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝
տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր
Հովհաննես Վաչեի Թոքմաջյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր
Պարգև Հովհաննեսի Բալջյան

Տեխնիկական գիտությունների թեկնածու
Էդգար Էդվարդի Միսակյան

Առաջատար կազմակերպություն՝
«ՎՈՒԵՐ ՊՐՈՋԵԿՏ» ՍՊԸ

Ատենախոսության պաշտպանությունը կկայանա 2026թ. նոյեմբերի 27-ին, ժ.15-ին, 055 մասնագիտական խորհրդի նիստում

Հասցեն՝ ք. Երևան, 0011, Արմենակի փող. 125/3

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի գրադարանում և ինստիտուտի պաշտոնական կայքում՝ www.jhhi.am:

Սեղմագիրն առաքված է 2026թ. հոկտեմբերի 26-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝
Տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր



Պետրոս Վարդգեսի Համբարձումյան

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Թեմայի արդիականությունը. Ատենախոսության թեման ընդգրկում է Հայաստանի Հանրապետության բնական ռեսուրսների կառավարման երկու սերտորեն կապված, բայց ինքնուրույն ուղղություններ: Առաջին ուղղությունը վերաբերում է հանքարդյունաբերության արդյունքում առաջացած պոչամբարների բնապահպանական անվտանգության ապահովմանը, քանի որ պոչամբարները շարունակում են բնապահպանական ազդեցություն ունենալ նաև հանքի փակումից հետո երկար տարիներ: Վերջին տասնամյակներում, խոշոր պոչամբարների աղետները (Mariana/Fundão, Brumadinho) ցույց են տվել, որ առանց արդյունավետ երկրաքիմիական-հիդրոլոգիական մոնիթորինգի, տնտեսական ու ինստիտուցիոնալ կառավարման մեխանիզմների, պրևանտիվ միջոցառումների իրականացման, աղետների կանխարգելումը հնարավոր չէ ապահովել: Երկրորդ ուղղությունը վերաբերում է կուտակված հողի բերրի շերտերի (սևահողերի) օգտագործման խնդիրներին: Երկու ուղղություններն էլ առնչվում են Հայաստանում բնական ռեսուրսների (ջրային, հողային, հանքային) կայուն և թափանցիկ կառավարման ընդհանուր հիմնախնդրին:

Հետազոտության նպատակը և խնդիրները

Ատենախոսության նպատակն է մշակել Հայաստանի պոչամբարների բնապահպանական անվտանգության ապահովման համալիր մոտեցումներ՝ ինտեգրելով երկրաքիմիական և հիդրոլոգիական ռիսկերի գնահատումը, տնտեսական և ինստիտուցիոնալ կառավարման մեխանիզմները, ռեսուրսային աուդիտի վրա հիմնված օպտիմալացման մոդելները և պոլիմերահանքային «PMM» նյութի կիրառմամբ կոնսերվացման տեխնոլոգիաները:

Այս նպատակին հասնելու համար առաջադրվել են հետևյալ խնդիրները:

1. Բնօրինակ և լաբորատոր հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա կատարել պոչամբարների երկրաքիմիական և հիդրոլոգիական ռիսկերի ինտեգրացված գնահատում:
2. Վերլուծել պոչամբարների ռիսկերի կառավարման տնտեսական և ինստիտուցիոնալ մեխանիզմները և մշակել դրանց ինտեգրացված կիրառման շրջանակ:
3. Արդյունաբերական և շինարարական ձեռնարկությունների համար մշակել ռեսուրսային աուդիտի վրա հիմնված որոշումահեն կոնցեպտուալ մոդել:
4. Լաբորատոր փորձարկումների արդյունքների հիման վրա մշակել պոլիմերահանքային «PMM» նյութի կիրառմամբ պոչամբարների ջրամեկուսիչ շերտի ստեղծման տեխնոլոգիաներ: Գնահատել «PMM» նյութի կիրառման արդյունավետությունը՝ պոչից դեպի բույս ծանր մետաղների անցումը սահմանափակելու հարցում:
5. Մշակել հողերի բերրի շերտի կուտակված պաշարների օգտագործման առանձնահատկությունները (Ախուրյանի ջրամբարի օրինակով):

Հետազոտության գիտական նորույթը.

1. Պոչամբարների բնապահպանական ռիսկերի ինտեգրացված գնահատման առաջարկվող մոդելը հնարավորություն է ընձեռնում համատեղել ջրային ու հողային միջավայրերի երկրաքիմիական տվյալները հիդրոլոգիական տեղափոխման մեխանիզմների հետ և թույլ է տալիս բացահայտել «թաքնված» թթվացման գոտիները:

2. Պոչամբարների ռիսկերի կառավարման ինտեգրված առաջարկվող շրջանակը ներառում է չորս գործառույթ՝ տնտեսական պատասխանատվություն, ֆինանսական ապահովում, ինստիտուցիոնալ կառավարում, բնապահպանական մոնիթորինգ:

3. Լաբորատոր հետազոտությունների արդյունքները ցույց են տալիս, որ պոլիմերահանքային «PMM» նյութի կիրառմամբ ջրամեկուսիչ շերտի ստեղծման առաջարկվող երկու տեխնոլոգիաները կարող են դիմակայել ջրի առնվազն 30 մ սյան ազդեցությանը:

4. Դաշտային փորձարարական ցանքով առաջին անգամ ցուցադրվել է, որ «PMM» նյութը արդյունավետորեն սահմանափակում է պոչանքից ծանր մետաղների անցումը բույսի մեջ, ինչը հիմք է տալիս այն դիտարկել որպես պոչամբարների կենսաբանական ռեկուլտիվացիայում կիրառելի նյութ:

5. Ռեսուրսային աուդիտի տվյալների վրա հիմնված որոշումահեն կոնցեպտուալ մոդելը կարող է օգտագործվել որպես հանրային ունեցվածքի կառավարման արդյունավետ գործիք:

Կատարված հետազոտությունների հավաստիությունը.

Ուսումնասիրության համար հիմք են հանդիսացել Ակադեմիկոս Ի. Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի, Մ. Վ. Լոմոնոսովի անվան Մոսկվայի պետական համալսարանի Մեխանիկայի ինստիտուտի և ՀՀ բնապահպանության և ընդերքի տեսչական մարմնի լաբորատորիաներում իրականացված փորձարարական աշխատանքների արդյունքները, Բնապահպանության և ընդերքի տեսչական մարմնի կողմից տրամադրված դաշտային նմուշների վերլուծության տվյալները, ինչպես նաև միջազգային գիտական հրապարակումները և ստանդարտները («Պոչամբարների կառավարման գլոբալ արդյունաբերական ստանդարտ», UNECE, World Bank, OECD ուղեցույցներ): Որպես մեթոդաբանական հիմք կիրառվել են սպեկտրոֆոտոմետրիկ և IR-Ֆուրիեի վերլուծության մեթոդները, համեմատական և համակարգային վերլուծությունը, ինչպես նաև հայեցակարգային մոդելավորման մոտեցումները:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը.

Ատենախոսության արդյունքները կարող են օգտագործվել պոչամբարների բնապահպանական մոնիթորինգի համակարգերի կատարելագործման, ինտեգրացված ռիսկերի կառավարման մոդելների ներդրման, ինչպես նաև ջրամեկուսիչ շերտերի կիրառմամբ կոնսերվացման աշխատանքների իրականացման համար: Մշակված ռեսուրսային աուդիտի մոդելը կարող է կիրառվել ինչպես հանքարդյունաբերական, այնպես էլ շինարարական կազմակերպություններում՝ ռեսուրսների կառավարման արդյունավետության բարձրացման նպատակով:

Պաշտպանության են ներկայացվում հետևյալ հիմնական գիտական դրույթները.

1. Պոչամբարների բնապահպանական ռիսկերի երկրաքիմիական և հիդրոլոգիական ինտեգրված գնահատման մոդելը, որը մշակվել է ջրային և հողային միջավայրերի համատեղ ուսումնասիրության հիման վրա:

2. Պոչամբարների ռիսկերի կառավարման շրջանակը՝ տնտեսական պատասխանատվության, ֆինանսական ապահովման, ինստիտուցիոնալ կառավարման և բնապահպանական մոնիթորինգի համակցմամբ:

3. Ռեսուրսային աուդիտի վրա հիմնված որոշումահեն կոնցեպտուալ մոդելը և դրա կիրառելիությունը պոչամբարների շահագործող կազմակերպությունների կառավարման համակարգերում:

4. Պոլիմերահանքային «PMM» նյութով կոնսերվացված պոչամբարներում ջրամեկուսիչ շերտերի ստեղծման տեխնոլոգիաները և լաբորատոր փորձարկումների արդյունքները:

5. «PMM» նյութի կիրառմամբ պոչային սուբստրատներում ջրի արտահոսքի և ծանր մետաղների՝ բույսերին անցման սահմանափակումը հաստատող փորձարարական արդյունքները:

6. Ախուրյանի պատվարի շինարարության ժամանակ ջրամբարի թասից հանված և կուտակված հողի բերրի շերտի գնահատման, դասակարգման և շուկայական կառավարման առաջարկվող մոդելը:

Հետազոտության հիմնական դրույթներն ու արդյունքները ներկայացվել են.

- 2026 թ. Թբիլիսիում կայացած «Collected Papers XIII International Scientific and Technical Conference Modern Problems Water Management, Environmental Protection, Architecture and Construction» միջազգային գիտաժողովում [97],
- Ակադեմիկոս Ի. Վ. Եղիազարովի անվան Ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի գիտական սեմինարներում և գիտական խորհրդում:

Հրապարակումներ

Ատենախոսության թեմայով հրատարակվել է 7 գիտական հոդված, այդ թվում՝ 2-ը՝ առանց համահեղինակների [98-104]:

Աշխատանքի ծավալը և կառուցվածքը

Ատենախոսությունը ներառում է ներածություն, չորս գլուխ, եզրակացություններ և առաջարկություններ, գրականության ցանկ և հավելված: Աշխատանքի ծավալը՝ 130 էջ: Ներկայացված է 31 նկար և 25 աղյուսակ: Գրականության ցանկում ընդգրկված է 104 աղբյուր:

Առաջին գլուխը նվիրված է պոչամբարների բնապահպանական ազդեցության, ռիսկերի կառավարման մեխանիզմների և կոնսերվացման տեխնոլոգիաների միջազգային գրականության քննադատական վերլուծությանը, որը կառուցված է չորս ենթաբաժնով և հանդիսանում է ատենախոսության նպատակի ու խնդիրների ձևակերպման հիմքը: Վերլուծված են պոչամբարների կառուցվածքային տիպերը, դրանցում տեղի ունեցող երկրաքիմիական և հիդրոլոգիական գործընթացները, ինչպես նաև հանքավայրերի թթվային հոսքերի (ՀԹՀ) ձևավորման մեխանիզմները: Ցույց է տրված, որ սուլֆիդային միներալների օքսիդացումը, ծանր մետաղների շարժունակությունը և դրանց տեղափոխումը մակերևութային ու ստորերկրյա ջրեր հանդիսանում են պոչամբարների երկարաժամկետ բնապահպանական վտանգի հիմնական պատճառները, և որ առկա մոնիթորինգային պրակտիկան հաճախ սահմանափակվում է միայն ջրի որակի պարբերական չափումներով՝ առանց հողային շերտերի համակարգված հետազոտության: Կոնսերվացման տեխնոլոգիաների ակնարկում համեմատվել են կավային շերտերը, սինթետիկ գեոմեմբրաններն ու հանքային կապակցիչները: Ուշադրությունը կենտրոնացվել է ներթափանցման սահմանափակման, հենքի պատրաստման, ճաքակայունության և երկարաժամկետ սպասարկման պահանջների վրա: Կոնսերվացման տեխնոլոգիաները համեմատվում են ըստ ջրի ներթափանցման սահմանափակման, տեղադրման պայմանների, շերտի

ամբողջականության և հետագա սպասարկման անհրաժեշտության: Կավային շերտերի դեպքում կարևոր է չորացման ընթացքում ճաքերի առաջացումը, սինթետիկ գեոմեմբրանների դեպքում՝ հենքի նախապատրաստումն ու տեղադրման որակը, իսկ հանքային կապակցիչների դեպքում՝ անհրաժեշտ ակտիվացումը և նյութերի համատեղելիությունը:

Աղյուսակ 1. Ջրամեկուսիչ և կայունացնող նյութերի համեմատական բնութագրերը

Նյութի տեսակ	Հիմնական ֆունկցիա	Ֆիլտրացիայի գործակցի կրճատում	Հիմնական սահմանափակում
Կավային լինինգ	Ջրամեկուսացում	1-2 կարգ	Ճաքերի ռիսկ չորացման ժամանակ
Գեոպոլիմեր (հանքահումք)	Կայունացում/ուժ	2-3 կարգ	Բարձր ակտիվացման ծախսեր
PMM (№1 տեխնոլոգիա)	Կոմպոզիտային ջրամեկուսացում	2-3 կարգ	Պահանջում է միատարր հող
PMM (№2 տեխնոլոգիա)	Առանձին շերտով ջրամեկուսացում	3-4 կարգ	Մեխանիկական պաշտպանության կարիք

Համեմատական տվյալները ինդիկատիվ են և չեն փոխարինում միատեսակ պայմաններով տեղամասային փորձարկմանը: Այս սահմանափակումը պայմանավորել է «PMM»-ի վերաբերյալ երկու առանձին փորձային ուղղություն՝ ճնշումային ջրամեկուսացման և կրկնվող անձրևացման պայմաններում արտահոսքի գնահատման համար:

Գլուխ 2. Պոչամբարների բնապահպանական ռիսկերի գնահատումը եվ կառավարման մեխանիզմները

Ուսումնասիրությունն իրականացվել է մի շարք պոչամբարներում, որոնք գտնվում են երկարատև հանքահումքի մշակման և թափոնների կուտակման տարածաշրջաններում: Ընտրված տարածքները ներկայացնում են տարբեր երկրաքիմիական և հիդրոլոգիական պայմաններ, ինչը թույլ է տալիս կատարել բնապահպանական ռիսկերի համեմատական վերլուծություն: Ուսումնասիրված պոչամբարներն են՝ Ողջի, Փուխրուտ, Դարազոր, Դաստակերտ, Արծվանիկ, Թերթերասար, Հանքասար, Սոթք: Այս տարածքները ընտրվել են ըստ իրենց բնապահպանական նշանակության, երկրաքիմիական պայմանների բազմազանության և դաշտային տվյալների առկայության: Դաշտային նմուշառումն իրականացվել է պոչային համակարգերի տարածական փոփոխականությունն ու բնապահպանական բազմազանությունը ընդգրկելու համար: Հավաքվել են երկու հիմնական տեսակի նմուշներ՝ ջրի նմուշներ (մակերեսային ջուր և բացական ջուր) և հողի նմուշներ (պոչային նստվածքների մակերեսային շերտեր): Նմուշառման կետերն ընտրվել են, որպեսզի ներկայացնեն պոչամբարի տարբեր գոտիներ, ենթադրյալ թթվացման տարածքներ և ջրի հոսքից ու հեղեղատար ջրերից ազդված գոտիներ: Լաբորատոր վերլուծությունները կատարվել են Photolab 7100 VIS սպեկտրոֆոտոմետրի միջոցով, ինչն ապահովել է բարձր ճշտություն քիմիական չափումներում: Որոշվել են հետևյալ պարամետրերը՝ pH, էլեկտրահաղորդականություն, լուծված նյութերի ընդհանուր պարունակություն, ծանր մետաղներ (Cu, Zn, Fe, Mn, Cr և այլն): Հավաքված տվյալներն

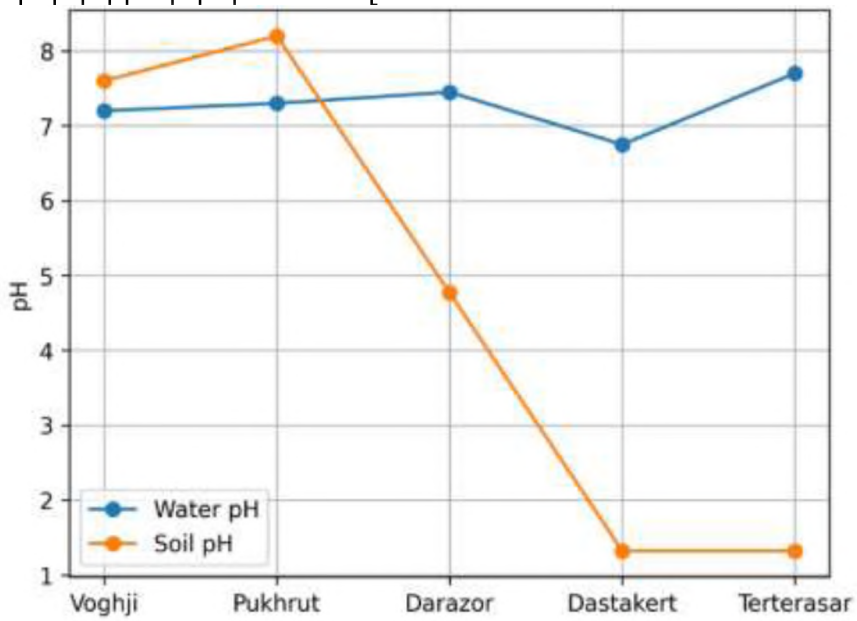
ուսումնասիրվել են համեմատական վերլուծության, միջակայքերի վրա հիմնված մեկնաբանության (նվազագույն–առավելագույն արժեքներ) և տարածական փոփոխականության բացահայտման մոտեցումների համատեղմամբ: Բնապահպանական գործընթացները մեկնաբանելու համար կիրառվել է հայեցակարգային շրջանակ, որը կապում է սուլֆիդների օքսիդացումը, թթվի առաջացումը, մետաղների շարժունացումը և հիդրոլոգիական տեղափոխումը:

Աղյուսակ 2. Ջրի և հողի pH-ի համեմատությունը

Տարածք	Ջրի pH	Հողի pH	Մեկնաբանություն
Ողջի	6,9–7,4	7,5–7,8	Կայուն
Փուխրուտ	7,2–7,4	7,8–8,7	Կայուն
Դարազոր	7,4–7,5	4,77	Տեղային թթվացում
Դաստակերտ	6,7–6,8	1,32	Ուժեղ ՀԹՀ
Թերթերասար	7,4–8,0	1,32	Ուժեղ տարասեռություն

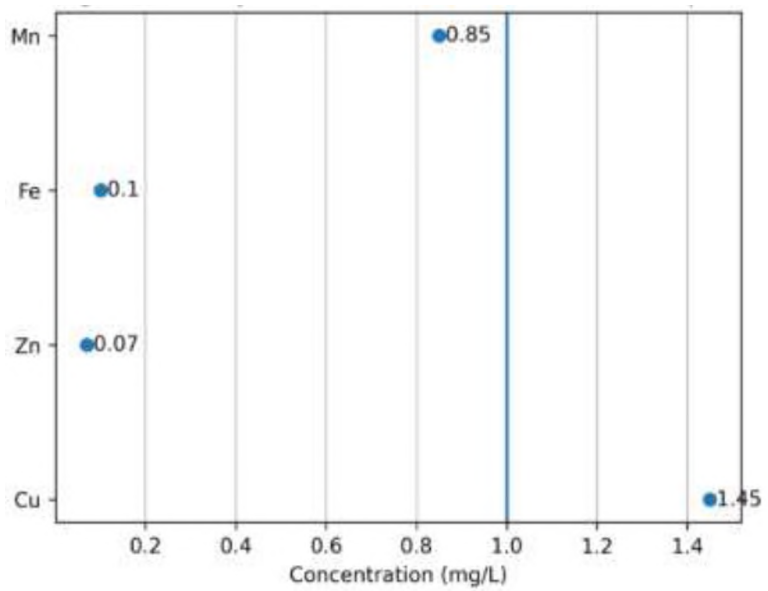
Նմուշառման մատրիցը կառուցվել է երկու փոխլրացնող միջավայրի վրա. ջուրը բնութագրում է տվյալ պահին տեղափոխվող լուծված բաղադրիչները, իսկ հողի և պոչային նստվածքի նմուշը՝ կուտակված աղտոտիչներն ու տեղային թթվացման աղբյուրը: Միայն ջրի միջին ցուցանիշի կիրառումը կարող է քողարկել պաշտպանիչ միջոցառում պահանջող տարածական գոտիները:

Պոչամբարների բնապահպանական ազդեցությունը հիմնականում պայմանավորված է երկու փոխկապակցված գործընթացով՝ հանքավայրերի թթվային հոսքեր (ՀԹՀ) և ծանր մետաղների շարժունացում: ՀԹՀ-ն ձևավորվում է սուլֆիդային հանքանյութերի օքսիդացման հետևանքով, ինչը հանգեցնում է ծծմբական թթվի առաջացման և pH արժեքների զգալի նվազման: Այս գործընթացը մեծացնում է մետաղների լուծելիությունը և շարժունակությունը, ինչը հանգեցնում է ջրային և հողային համակարգերի երկարատև աղտոտման:



Նկ. 1 Ջրային և հողային նմուշների pH-ի համեմատությունը

pH արժեքների վերլուծությունը բացահայտեց ուսումնասիրված պոչամբարների միջև pH-ի ընդգծված տարածական փոփոխականություն: Մինչդեռ ջրի նմուշները ընդհանուր առմամբ ցույց են տվել չեզոքին մոտ պայմաններ (pH ≈ 6,6–7,5), մակերեսային և հողային շերտերը որոշ տեղամասերում ցույց են տվել զգալիորեն ավելի ցածր արժեքներ: Ամենավտանգավոր պայմանները հայտնաբերվել են Դաստակերտում և Թերթերասարում, որտեղ հողի pH-ը հասել է 1,32-ի: Այս տեղայնացված թթվացման գոտիները վկայում են հանքավայրերի թթվային հոսքերի ակտիվ գործընթացների մասին, որոնք ընդհանուր ջրային չափումներում կարող են չարտացոլվել:



Նկ. 2 Ծանր մետաղների կոնցենտրացիաները ջրային նմուշներում

Դաստակերտում և Թերթերասարում հողի pH-ի 1,32 արժեքը ցույց է տալիս, որ ջրամեկուսացման և մոնիթորինգի տեղադրությունը պետք է ընտրվի թթվացման աղբյուրների ու տեղափոխման ուղիների համատեղ քարտեզագրմամբ: Ջրային նմուշների չեզոքին մոտ արժեքը ինքնին չի ապացուցում պոչային զանգվածի երկրաքիմիական կայունությունը: Ռիսկի ուղիները, մոնիթորինգը և ինժեներական միջամտությունը. Ռիսկերի գնահատման շրջանակը ներառում է աղբյուրի բնութագրերը, տեղափոխման ուղիները, բնապահպանական ընդունողներին և կառավարման արդյունավետությունը: Աղբյուրի համար դիտարկվում են պոչերի ծավալը, քիմիական բաղադրությունը, թթվառաջացման ներուժն ու ֆիզիկական կայունությունը: Տեղափոխման ուղիներն են ֆիլտրացիան, մակերևութային հոսքը, էրոզիան, ստորերկրյա ջրերի միգրացիան և փոշու տարածումը:

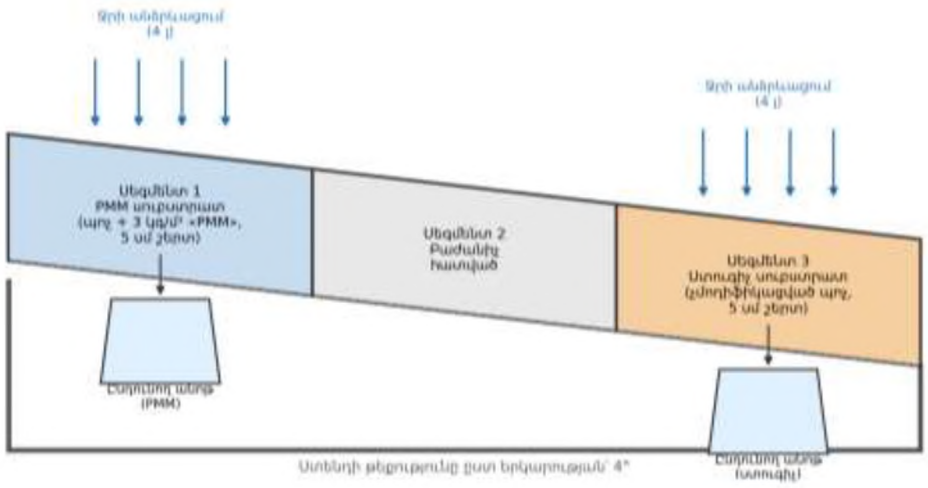
Ինժեներական միջամտության առաջնահերթությունը տրվում է ջրի հետ կապված ուղիներին. դրանք միաժամանակ ազդում են ջրային ռեսուրսների, էկոհամակարգերի և սննդային շղթաների վրա: Այս տրամաբանությամբ պաշտպանիչ ծածկույթը դիտարկվում է մակերևութային ջրահեռացման և հետկոնսերվացիոն մոնիթորինգի հետ միասին:

Ռեսուրսային աուդիտը կիրառվել է որպես սարքավորումների, մասնագետների, մոնիթորինգային տվյալների և տեխնոլոգիական հնարավորությունների անհամապատասխանությունները բացահայտող գործիք: Դրա գործնական նպատակը

չափումների և սպասարկման բացերի ախտորոշումն է, ոչ միայն ֆինանսական ցուցանիշների բարելավումը:

Գլուխ 3. Պոլիմերահանքային «PMM» սորունի կիրառման փորձարարական հիմնավորումը պոչերի ազդեցության նվազեցման

Հիմնավորվել է պոչամբարների կոնսերվացման փուլում մակերևութային ջրամեկուսիչ շերտի ստեղծման անհրաժեշտությունը որպես ինֆիլտրացիայի և ներքին ազդեցության կանխարգելման հիմնական միջոց: Լաբորատոր փորձարկումների արդյունքում (Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ինստիտուտ, Մ.Վ. Լոմոնոսովի անվան ՄՊՀ Մեխանիկայի ինստիտուտ) մշակվել և հաստատվել են պոլիմերահանքային «PMM» նյութի կիրառմամբ պոչամբարների մակերևույթին ջրամեկուսիչ շերտի ստեղծման երկու տեխնոլոգիա՝ կոմպոզիտային խառնուրդի տեխնոլոգիա (№1) և PMM-ի առանձին շերտով տեխնոլոգիա (№2): Ցույց է տրվել, որ ջրամեկուսիչ համակարգը դիմակայում է մինչև 30 մ ջրասյան ճնշման, իսկ ավազակավային հողի կիրառման դեպքում «PMM» նյութի անհրաժեշտ քանակը զգալիորեն նվազում է՝ մեծացնելով տեխնոլոգիայի տնտեսական արդյունավետությունը: Ընդլայնված միջազգային համեմատությունը ցույց է տվել, որ №2 տեխնոլոգիան ապահովում է geomembrane-ներին մոտ ֆիլտրացիոն արդյունավետություն՝ էապես ցածր արժեքով և տեղական հումքի կիրառմամբ: Այս տեխնոլոգիաների փորձարարական հիմնավորման նպատակով գնահատվել է 3 կգ/մ² չափաքանակով կիրառված «PMM» մոդիֆիկացված սորունի ազդեցությունը պոչային սուբստրատի միջով ջրի արտահոսքի վրա: Երեք սեգմենտի բաժանված փորձարարական ստենդում համեմատվել են «PMM» պարունակող և չմոդիֆիկացված ստուգիչ պոչային սուբստրատները, որոնց մակերևույթներին անձրևացման եղանակով յուրաքանչյուր փորձի ընթացքում մատակարարվել է հաստատուն՝ 4 լ ջուր:



Նկ. 3 «PMM» մոդիֆիկացված և ստուգիչ պոչային սուբստրատներով ջրի անցման համեմատական գնահատման փորձարարական ստենդի սխեման (երեք սեգմենտ)

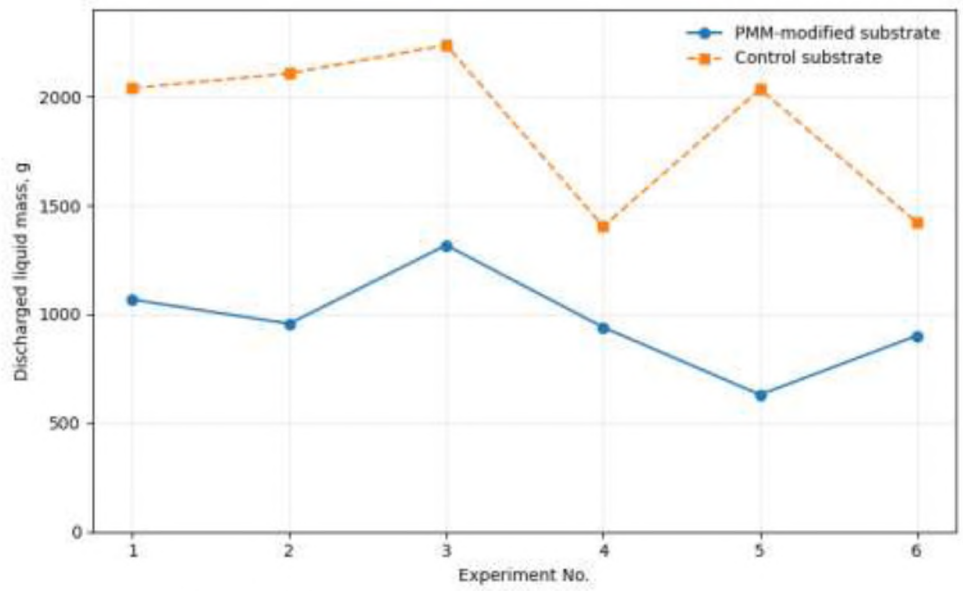
Կատարված վեց համեմատական փորձերում «PMM» պարունակող սուբստրատից կուտակային արտահոսքը (5811 գ) բոլոր դեպքերում եղել է ստուգիչ տարբերակի (11240 գ) համեմատ ցածր, ինչը համապատասխանում է միջինում 48,3%

նվազման (առանձին փորձերում՝ 33,0–69,0% միջակայքում): Ստացված արդյունքները հաստատում են «PMM» մոդիֆիկացված սորունի՝ պոչային զանգվածով ջրի անցումը նվազեցնելու կարողությունը:
Վեց զույգային փորձերի քանակական արդյունքները.

Աղյուսակ 3. PMM և ստուգիչ սուբստրատներից արտահոսքը

Փորձ	PMM սուբստրատ, գ	Ստուգիչ սուբստրատ, գ	Նվազում, %
1	1067	2039	47.7
2	956	2106	54.6
3	1317	2237	41.1
4	940	1403	33.0
5	630	2034	69.0
6	901	1421	36.6
Ընդամենը	5811	11240	48.3
Միջինը	968.5	1873.3	—

Գումարային հարաբերությամբ ստացվել է RΣ = (1 – 5811 / 11240) × 100 ≈ 48,3%: Այս մեծությունը առանձին տոկոսների պարզ միջինը չէ: Բոլոր վեց փորձերում «PMM» պարունակող տարբերակի արտահոսքը եղել է ստուգիչից փոքր, իսկ առանձին նվազումները՝ 33,0–69,0%:

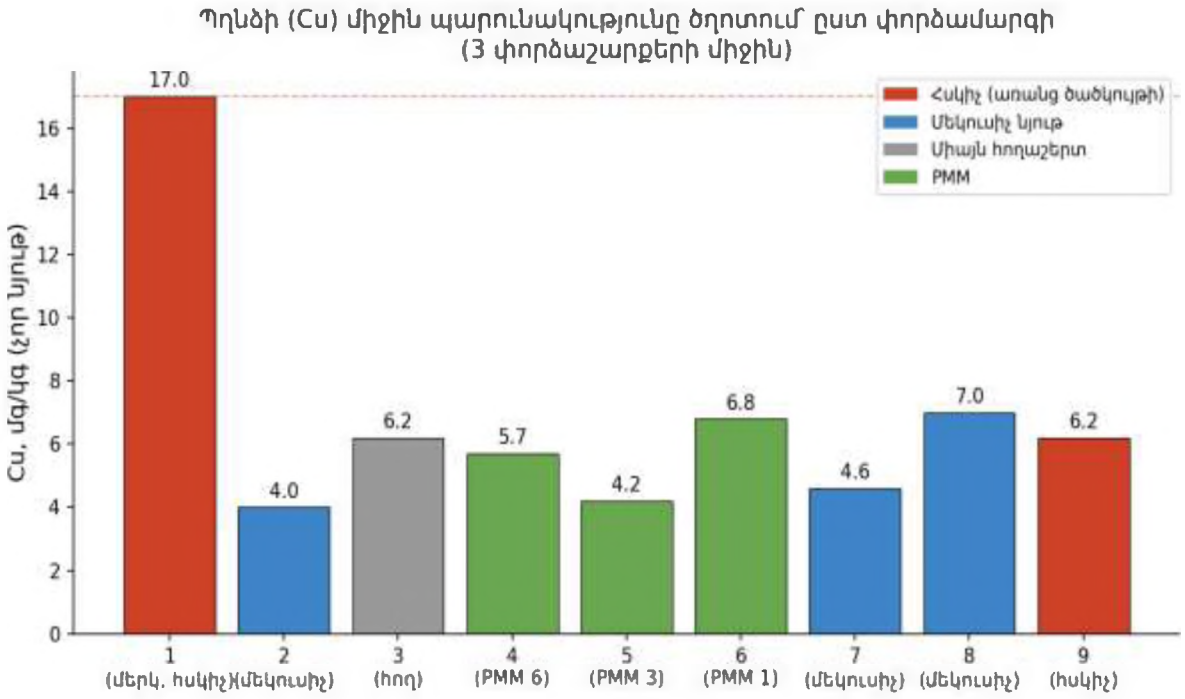


Նկ. 4 Արտահոսած հեղուկի զանգվածների համեմատությունը վեց փորձերում

Արդյունքի ինժեներական նշանակությունը տեղումների կրկնվող մատակարարման դեպքում ստորադիր պոչային զանգված անցնող ջրաքանակի սահմանափակումն է: Բացարձակ արտահոսքի փոփոխությունները մեկնաբանվում են նաև նախնական խոնավության և միջփորձային գոլորշիացման ազդեցությամբ:

«Կապանի ԼՀԿ» ընկերության կոնսերվացված պոչամբարի մակերևույթին իրականացվել է գարու փորձարարական ցանք՝ նպատակ ունենալով գնահատել

«PMM»-ի և մեկուսիչ նյութերի կիրառման ազդեցությունը պոչանքում պարունակվող ծանր մետաղների բույսի մեջ անցման կանխարգելման վրա: Փորձարարությունը կառուցվել է 1 հիմնական և 2 կրկնորդ փորձաշարքից՝ յուրաքանչյուրը 9 փորձամարգից (ընդամենը 27 փորձամարգ, 5 մ² մակերեսով), որոնցում համեմատվել են մերկ պոչանքը, մեկուսիչ նյութով և տարբեր դեղաչափի «PMM» նյութով (1, 3 և 6 կգ/մ²) մշակված տարբերակները: Նմուշառումը կատարվել է գարու հասկից, իսկ ծղոտի նմուշների լաբորատոր անալիզով որոշվել է պղնձի (Cu), երկաթի (Fe), քրոմի (Cr), մոլիբդենի (Mo) և կապարի (Pb) պարունակությունը:

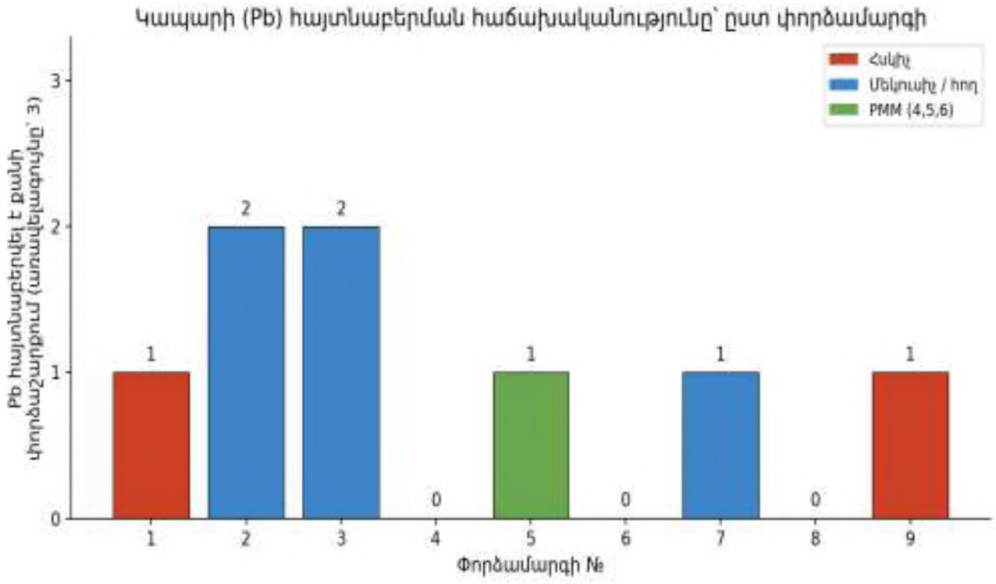


Նկ. 5 Պղնձի (Cu) միջին պարունակությունը ծղոտում՝ ըստ փորձամարգի. PMM-ով մշակված մարգերը (4,5,6) ցուցաբերում են 60–75% նվազում՝ստուգիչի նկատմամբ

Փորձերի րդյունքները ցույց են տալիս, որ «PMM» նյութը արդյունավետորեն սահմանափակում է պոչանքից ծանր մետաղների անցումը գարու բույսի մեջ: PMM-ով մշակված փորձամարգերում (4, 5, 6) պղնձի պարունակությունը եղել է 4,2–6,8 մգ/կգ միջակայքում՝ հսկիչի 17,0 մգ/կգ-ի դիմաց (60–75%-ով ցածր), իսկ մշակումների կատեգորիաների մակարդակով համեմատության դեպքում PMM-ով մշակված խումբը ցուցաբերել է բոլոր չորս կատեգորիաներից ամենացածր երկաթի միջին պարունակությունը (7,7 մգ/կգ):

PMM-ի ինչպես առավելագույն (6 կգ/մ²), այնպես էլ նվազագույն (1 կգ/մ²) դեղաչափերով մշակված փորձամարգերում կապարը ոչ մի փորձաշարքում չի հայտնաբերվել՝ ի տարբերություն հսկիչի, մեկուսիչի և միայն հողաշերտով մշակված փորձամարգերի, որտեղ այն պարբերաբար գրանցվել է (17–59 մգ/կգ միջակայքում): Սա ուղղակի ապացույց է, որ «PMM»-ը արդյունավետորեն իմոբիլիզացնում է կապարը՝ կանխելով դրա անցումը բույսի արմատային համակարգից դեպի ցողուն: Միևնույն ժամանակ նկատվել է, որ PMM-ի ամենաբարձր փորձարկված դեղաչափը (6 կգ/մ²) զուգորդվել է բույսի ավելի թույլ սկզբնական աճի հետ, ինչը մատնանշում է ոչ թե նյութի անարդյունավետությունը, այլ կիրառման եղանակի օպտիմալացման

անհրաժեշտությունը. գործնական կիրառության համար նախապատվելի է ցածր և միջին դեղաչափերի տիրույթը (1–3 կգ/մ²):



Նկ. 6 Կապարի (Pb) հայտնաբերման հաճախականությունը՝ ըստ փորձամարգի. PMM-ի առավելագույն և նվազագույն դեղաչափի փորձամարգերում Pb-ը չի հայտնաբերվել

Ստացված արդյունքները հիմք են տալիս «PMM» նյութը դիտարկել որպես պոչամբարների կենսաբանական ռեկուլտիվացիայում ծանր մետաղների բույս անցումը սահմանափակող արդյունավետ գործիք:

Գլուխ 4. Կուտակված հողի բերրի շերտի արդյունավետ օգտագործման եվ շուկայական կառավարման մոդելը

Հողի բերրի շերտը սովորական շարժական ապրանք չէ: Այն դանդաղ ձևավորվող բնական կապիտալ է, որի մասնավոր տնտեսական արժեքը համադրվում է պարենային անվտանգության, էկոհամակարգային ծառայությունների և ածխածնի պահպանման հանրային արժեքների հետ: Ժամանակակից գրականությունը երկարատև պահեստավորված վերին հողաշերտը դիտարկում է որպես վերականգնվող, բայց որակապես փոփոխական երկրորդային ռեսուրս:

Ախուրյան ջրամբարի հարակից Աղին բնակավայրի տարածքում հաշվառված 212,532 մ³ զանգվածը առանձնահատուկ է երեք պատճառով: Այն պատմական պաշար է՝ պահեստավորված մոտ 40 տարի, մասշտաբով գրեթե ութ անգամ գերազանցում է 2025 թ. գումարային օրինական և ապօրինի 27,309 մ³ հոսքը, և ընդգրկում է տարբեր իրավական կարգավիճակ ունեցող հողամասեր, ուստի հողի գտնվելու վայրը ինքնաբերաբար չի լուծում սեփականության հարցը: Հետազոտական խնդիրն է՝ արդյո՞ք իրավաչափ է բարձրարժեք պաշարի իրացումը շարունակել վարչական բաշխմամբ՝ առանց մրցակցային գնաբացահայտման, երբ ոչ ֆորմալ շուկայում արձանագրվում են 4,000–8,000 դրամ/մ³ առաջարկներ, և ինչպիսի ինստիտուցիոնալ մոդելն է համատեղում օրինականությունը, տնտեսական արդյունավետությունը, սոցիալական արդարությունը և բնապահպանական արդյունքը: Դաշտային չափագրումների և 2026 թ. լաբորատոր ուսումնասիրության համաձայն՝ պաշարի

հումուսի միջին պարունակությունը 3,54% է, մինչդեռ ֆոնային հողի ցուցանիշը՝ 4,54%. այս փաստը հաստատում է ռեսուրսի բարձր ներուժը, սակայն չի արդարացնում ամբողջ զանգվածը միատարր «սևահող» համարելը՝ առանց լրացուցիչ նմուշառման:

Աղյուսակ 4. Պաշարի հիմնական քանակական և որակական ցուցանիշները

Ցուցանիշ	Արժեք	Մեկնաբանություն
Հաշվարկված ծավալ	212,532 մ³	Ձեկույցի չափագրման արդյունք
Կուտակման տարածք	մոտ 2.52 հա	Տարբեր կադաստրային կարգավիճակներով
Միջին հումուս	3.54%	Բարձր/լավ գյուղատնտեսական ներուժ
Ֆոնային հումուս	4.54%	Բնական համեմատական
Հարաբերական տարբերություն	−22.0%	(3.54/4.54−1)×100

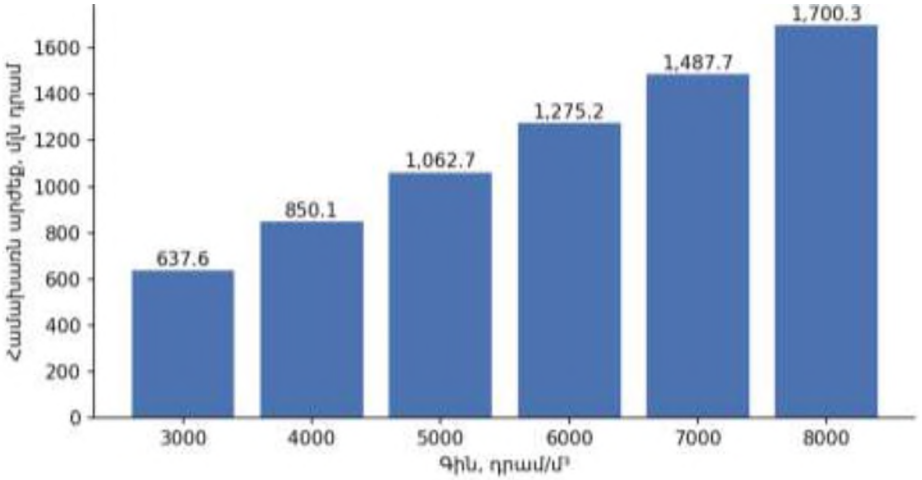
Հումուսի 3,54% միջին պարունակությունը՝ 4,54% ֆոնայինի դիմաց, ցույց է տալիս մոտ 22% հարաբերական տարբերություն, սակայն մեկ քիմիական ցուցանիշը բավարար չէ ամբողջ զանգվածի ֆունկցիոնալ որակը գնահատելու համար: Երկարատև կոյտում անհրաժեշտ է լրացուցիչ շերտավորված նմուշառում՝ հաշվի առնելով ուղղաձիգ անհամասեռությունը: Առաջարկվող անձնագիրը միավորում է ծավալը, ծագումը, հողի ֆիզիկական ու քիմիական ցուցանիշները, աղտոտվածությունը, կենսաբանական պիտանիությունը, հասանելիությունը և նախատեսվող վերջնական օգտագործումը:

Մշակվել է որակով ճշգրտված մնացորդային արժեքի գնահատման մոդել, որը հողի գինը տարանջատում է բեռնման, փոխադրման և վերականգնման ծախսերից, ինչպես նաև որակային դասակարգման համակարգ՝ հողը երեք դասերի բաժանելով ըստ հումուսայնության և աղտոտվածության մակարդակի: Իրավադոգմատիկ վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ՀՀ հողային օրենսգրքի 36-րդ հոդվածը և ՀՀ կառավարության N 676-Ն որոշումը թույլատրում են շինարարական աշխատանքներից հանված բերրի շերտի վաճառքը, սակայն գործող կարգավորումը չի սահմանում մրցակցային գնագոյացման, հրապարակային լոտավորման, եկամուտների նպատակային օգտագործման կամ պատմական պաշարի սեփականության նույնականացման ամբողջական մեխանիզմ, ինչպես նաև հստակ սահմանված չէ անհատույց բաշխման և աճուրդ/մրցույթ ընտրության չափանիշները:

Գնային և ֆինանսական սցենարները, իրացման ճարտարապետությունը և արդյունքների քննարկումը. Քանի որ ամբողջ ծավալի համար հաստատված գործարքային գին առկա չէ, համախառն արժեքը գնահատվել է այլընտրանքային միավոր գների նկատմամբ զգայունության վերլուծության միջոցով՝ 212 532 մ³ հավաստագրված ծավալի հիման վրա:

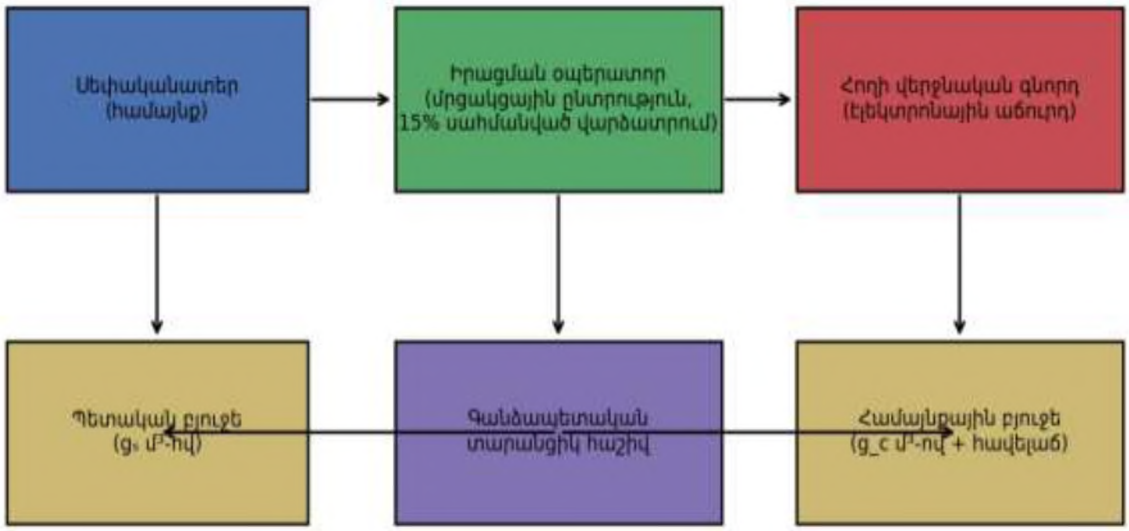
4000 դրամ/մ³ սցենարը տալիս է 850,1 մլն դրամ, 6000 դրամը՝ 1,275 մլրդ, իսկ 8000 դրամը՝ 1,700 մլրդ դրամ տեսական համախառն արժեք, սակայն իրական հասույթը կախված է որակային դասերի բաշխումից, վաճառքի փուլայնությունից, անիրացվող հանրային պահուստից և շուկայի կլանման կարողությունից: Փորձնական մեկնարկային գին է առաջարկվում 3500–4500 դրամ/մ³ միջակայքում՝ միայն անկախ

գնահատումից և դասային հավելավճարներով/զեղչերով հետո: Առաջարկվում է երկաստիճան լուծում՝ (i) գործող իրավունքի ներքո անհապաղ կիրառելի բաց էլեկտրոնային աճուրդ՝ որակային դասերով և լոգիստիկայից զատված մեկնարկային գնով, և (ii) օրենսդրական բարեփոխում՝ հողային ռեսուրսների վերականգնման նպատակային ենթահաշվով և ազգային թվային հողային բորսայի ստեղծմամբ:



Նկ. 7 Ախուրյանի պաշարի համախառն արժեքի զգայունությունը՝ ըստ սցենարային գնի (4000 դրամ/մ³ սցենարը՝ 850,1 մլն, 8000 դրամ/մ³ սցենարը՝ 1,700 մլրդ դրամ)

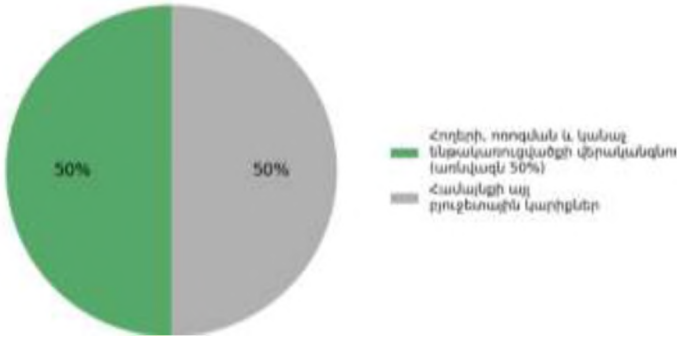
Իրացման ինստիտուցիոնալ ճարտարապետության կենտրոնում է վերջնական գնորդի և վաճառքը կազմակերպող օպերատորի իրավաբանական տարանջատումը. օպերատորը ընտրվում է առանձին մրցույթով ու ստանում աուդիտի ենթակա ծախսի նկատմամբ սահմանված 15% շահութաբերություն, իսկ հողի վերջնական գնորդները՝ առանձին էլեկտրոնային աճուրդով, ինչը թույլ է տալիս պահպանել աճուրդային գնային հավելաճը հանրային բյուջեների համար և նվազեցնել փոխկապակցված գործարքների ռիսկերը:



Նկ. 8 Հողի իրացման ինստիտուցիոնալ մոդելը՝ սեփականատիրոջ, իրացման օպերատորի և հողի վերջնական գնորդի իրավաբանական տարանջատմամբ և եկամուտների եռակողմ բաշխմամբ

Բազմալոտ մրցույթում կենտրոնացման կանխարգելման նպատակով առաջարկվել է «երկու հայտ–մեկ հաղթանակ» սկզբունքը. մասնակիցը կարող է հայտ ներկայացնել առավելագույնը երկու լոտի համար, սակայն հաղթել միայն մեկում՝ չգերազանցելով փուլի ընդհանուր ծավալի 20–25%-ը: Այս մոտեցումը հավասարակշռում է մասնակցության ազատությունը կենտրոնացման ռիսկերի կանխարգելման հետ և առաջարկվում է որպես նախընտրելի մոդել Ախուրյանի առաջին փուլի համար:

Առաջարկվող իրավական և օրենսդրական փոփոխությունների փաթեթը. Ձևակերպվել է օրենսդրական և ենթաօրենսդրական բարեփոխումների փաթեթ, որը ներառում է հանրային մեծ պաշարների պարտադիր աճուրդի, գնահատման նվազագույն ստանդարտի, հողի որակային դասակարգման և պատմական պաշարների անցումային կարգավորման ամրագրումը, «իրացման օպերատոր», «վերջնական գնորդ», «նվազագույն հանրային վճար» և «գանձապետական տարանցիկ հաշիվ» հասկացությունների սահմանումը, ինչպես նաև ազգային թվային հողային բորսայի/շտեմարանի ստեղծումը, որը կապահովի պաշարի, որակի, առաջարկի, պահանջարկի և վերջնական օգտագործման միասնական հետագծելիություն: Մշակվել է եկամուտների եռակողմ (պետություն–համայնք–օպերատոր) բաշխման բանաձևային մոդել, որի համաձայն գնորդի յուրաքանչյուր վճարում ավտոմատ բաժանվում է պետական, համայնքային և օպերատորական բաղադրիչների՝ գանձապետական տարանցիկ հաշվի միջոցով, և օպերատորը երբեք չի ստանում վաճառքի ամբողջ հասույթը: Առաջարկվել է, որ գնի հավելյալ եկամուտից 70%-ը ուղղվի համայնքին, 30%-ը՝ պետական նպատակային ծրագրին, իսկ օպերատորը կարող է ստանալ միայն փոքր կատարողական պարգևավճար՝ 15% ընդհանուր առաստաղի ներսում:



Նկ. 8 Զուտ համայնքային մուտքի նպատակային ուղղման նվազագույն սկզբունքը (առնվազն 50%-ը՝ հողերի, ոռոգման և կանաչ ենթակառուցվածքի վերականգնում)

Հետազոտության սահմանափակումները եվ հետագա ուսումնասիրությունների ուղղությունները պոչամբարների բնապահպանական անվտանգության բաղադրիչի վերաբերյալ. «PMM» մոդիֆիկացված սորունի ջրամեկուսիչ արդյունավետության գնահատման փորձարարական հետազոտությամբ ուղղակիորեն չափվել է արտահոսած հեղուկի զանգվածը, այլ ոչ թե դասական իմաստով հագեցած հիդրավլիկական հաղորդականությունը (ֆիլտրացիայի գործակիցը), ուստի ստացված 48,3% նվազումը պետք է մեկնաբանվի որպես տվյալ փորձարարական պայմաններում կուտակային արտահոսքի նվազում: Բացի այդ, հաջորդական փորձերի միջև ժամանակային ընդմիջումների անհավասարությունը և դրանց ընթացքում տեղի ունեցած գոլորշիացումը հանգեցրել են սուբստրատների սկզբնական խոնավության որոշակի տարբերությունների, ինչը մասամբ բացատրում է առանձին փորձերի միջև

արձանագրված 33,0–69,0% տատանումը: Գարու փորձարարական ցանքի արդյունքների մեկնաբանության ժամանակ հաշվի են առնվել դաշտային աշխատանքների ընթացքում արձանագրված մշակումային շեղումները (հիմնական փորձաշարքի 2-րդ և կրկնորդ 1 փորձաշարքի 7-րդ, 8-րդ փորձամարգերում), ինչպես նաև նմուշների սահմանափակ քանակը (յուրաքանչյուր մշակման համար 3 կրկնություն) և գնահատման կատարումը բույսի աճի վաղ փուլում: Հետագա հետազոտություններում նպատակահարմար է ապահովել վերահսկվող սկզբնական խոնավություն և հաստատուն ժամանակային ընդմիջումներ, իրականացնել հիդրավլիկական հաղորդականության ուղղակի չափումներ, ուսումնասիրել «PMM»-ի տարբեր չափաքանակների ազդեցությունը, ինչպես նաև երկարացնել դիտարկման ժամկետները մինչև բերքահավաքի փուլ՝ կենսաբանական ռեկուլտիվացիայի արդյունավետության ամբողջական գնահատման համար:

Հետազոտության սահմանափակումները եվ հետագա ուսումնասիրությունների ուղղությունները հողի բերրի շերտի կառավարման բաղադրիչի վերաբերյալ. Ախուրյանի պաշարի գնային սցենարները հիմնված են ոչ ֆորմալ շուկայում արձանագրված գնային ազդակների (4000–8000 դրամ/մ³) վրա, որոնք կարող են ներառել ապօրինի արդյունահանման ռիսկային հավելավճար, անհայտ որակ կամ հարկերից խուսափման բաղադրիչ, ուստի դրանք կիրառվել են բացառապես որպես սցենարային սահման, ոչ թե որպես մեկնարկային գնի ավտոմատ աղբյուր, և առաջարկվող 3500–4500 դրամ/մ³ միջակայքը ենթակա է վերահաստատման անկախ գնահատմամբ: Իրավական ակտերի գործող խմբագրությունները ստուգվել են 2026 թ. օգոստոսի 24-ի դրությամբ, ուստի գնային սցենարների ելակետային տվյալները պետք է վերահաստատվեն հրապարակումից անմիջապես առաջ, քանի որ օրենսդրական դաշտը կարող է փոփոխվել: Առաջարկվող ինստիտուցիոնալ մոդելի կենսունակությունը կախված է երեք պայմանի միաժամանակյա կատարումից՝ նվազագույն հանրային վճարների (5000/2000 դրամ/մ³) անկախ գնահատմամբ հաստատումից և պարբերական վերանայումից, օպերատորի 15% շահութաբերության հաշվարկումից բացառապես աուդիտի ենթակա ծախսի նկատմամբ, և օպերատորի ու վերջնական գնորդի մրցույթների իրավաբանական ու տեխնիկական տարանջատումից. այս պայմաններից որևէ մեկի խախտումը կարող է համակարգը վերածել ֆիքսված հանրային վճարի դիմաց մասնավոր վերավաճառքի արտոնության: Հետագա հետազոտության համար կարևոր ուղղություն է հանդիսանում առաջարկվող մոդելի կիրառումը Հայաստանի այլ պատմականորեն կուտակված հողային պաշարների նկատմամբ և ազգային թվային հողային բորսայի տեխնիկական իրագործման մանրամասն մշակումը:

Գործնական ճանապարհային քարտեզը. Ախուրյանի մոդելի իրականացումը առաջարկվում է բաժանել իրավական նախապատրաստման, փորձնական վաճառքի և փուլային մասշտաբավորման հաջորդական փուլերի՝ 0–3 ամսում կատարելով իրավական աուդիտ և 3D հաշվառում, 3–6 ամսում՝ գնահատում և աճուրդային կանոնակարգի հաստատում, 6–12 ամսում՝ 5–10 հազ. մ³ ծավալով փորձնական աճուրդներ, 1–3 տարվա ընթացքում՝ տարեկան 30–40 հազ. մ³ փուլային իրացում, իսկ 3–7 տարվա ընթացքում՝ մնացորդի օպտիմալացում և վերականգնման արդյունքների աուդիտ:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Սույն ատենախոսության շրջանակներում իրականացված հետազոտությունն ուղղված է Հայաստանի պոչամբարների բնապահպանական անվտանգության ապահովման հիմնախնդիրների համալիր ուսումնասիրությանը՝ ինտեգրելով երկրաքիմիական և հիդրոլոգիական ռիսկերի գնահատումը, տնտեսական և ինստիտուցիոնալ կառավարման մեխանիզմները, ռեսուրսային աուդիտի վրա հիմնված օպտիմալացման մոդելները և պոլիմերահանքային «PMM» սորունի կիրառմամբ կոնսերվացման տեխնոլոգիաները: Ընդհանուր առմամբ, ատենախոսության արդյունքները ցույց են տալիս, որ Հայաստանի պոչամբարների բնապահպանական անվտանգության ապահովումը հնարավոր է միայն համալիր մոտեցման պայմաններում, որտեղ երկրաքիմիական/հիդրոլոգիական մոնիթորինգը, տնտեսական/ինստիտուցիոնալ կառավարման մեխանիզմները, ռեսուրսների կառավարման օպտիմալացման գործիքները և կոնսերվացման ժամանակակից տեխնոլոգիաները գործում են որպես միասնական, փոխլրացնող համակարգ: Առաջարկվող մոտեցումների ներդրումը կարող է զգալիորեն նվազեցնել պոչամբարների հետ կապված բնապահպանական ռիսկերը, բարձրացնել հանքարդյունաբերական գործունեության կայունությունը և նպաստել Հայաստանի Հանրապետության բնական ռեսուրսների պահպանությանն ու արդյունավետ օգտագործմանը: Ստացված արդյունքների հիման վրա կարող են ձևակերպվել հետևյալ եզրակացությունները:

1. Պոչամբարների բնապահպանական ռիսկերի երկրաքիմիական և հիդրոլոգիական գնահատման վերաբերյալ:

Հետազոտության արդյունքները ցույց են տվել, որ պոչամբարների բնապահպանական ռիսկն ունի «թաքնված» բնույթ: Ընդհանուր ջրային չափումները կարող են ցույց տալ չեզոքին մոտ pH արժեքներ (6,6–8,0), մինչդեռ հողային շերտերում կարող են գոյանալ խիստ թթվային գոտիներ (մինչև pH 1,32), որոնք պատասխանատու են ծանր մետաղների ընթացիկ շարժունացման համար: Ուսումնասիրված ութ պոչամբարային տարածքների (Ողջի, Փուխրուտ, Դարազոր, Դաստակերտ, Արծվանիկ, Թերթերասար, Հանքասար, Սոթք) մեջ, Դաստակերտը և Թերթերասարը հանդիսացել են ակտիվ հանքավայրերի թթվային հոսքերի (ՀԹՀ) գործընթացների «թեժ կետեր»: Ստացված արդյունքները հաստատում են, որ արդյունավետ մոնիթորինգը պետք է ինտեգրի ինչպես ջրային, այնպես էլ հողային նմուշառումը, քանի որ բացառապես ջրի վրա հիմնված մոնիթորինգը կարող է թերագնահատել իրական բնապահպանական ռիսկը:

Ստացված արդյունքների հիման վրա մշակված ռիսկերի դասակարգման և առաջնահերթացման ընդհանրացված շրջանակը (2.1.6 ենթաբաժին) ապահովում է գործնական հիմք՝ ջրային, հողային, էկոհամակարգային, մարդկային առողջության և սոցիալ-տնտեսական ռիսկերի համակարգված գնահատման և կառավարման միջամտությունների առաջնահերթացման համար:

2. Բնապահպանական ռիսկերի կառավարման տնտեսական և ինստիտուցիոնալ մեխանիզմների վերաբերյալ:

Հաստատվել է, որ «Աղտոտողը վճարում է» և «Օգտագործողը վճարում է» սկզբունքները, բնապահպանական վճարները, տուգանքները, ֆինանսական երաշխիքները և ապահովագրական մեխանիզմները հանդիսանում են պոչամբարների

բնապահպանական ռիսկերի կառավարման կարևոր տնտեսական գործիքներ, սակայն դրանց արդյունավետությունը ուղղակիորեն կախված է ինստիտուցիոնալ կառավարման որակից՝ մոնիթորինգից, պետական վերահսկողությունից, թափանցիկությունից և շահագրգիռ կողմերի մասնակցությունից: Մշակվել և ձևակերպվել է պոչամբարների բնապահպանական ռիսկերի կառավարման ինտեգրված շրջանակ, որը հիմնված է չորս փոխկապակցված հենասյուների վրա՝ տնտեսական պատասխանատվություն, ֆինանսական ապահովվածություն, ինստիտուցիոնալ կառավարում և բնապահպանական մոնիթորինգ:

Պոչամբարների շահագործման բնապահպանական պատասխանատվության մշակված մոդելի համաձայն, շահագործողի պարտավորությունները պետք է ընդգրկեն ոչ միայն ընթացիկ հարկային վճարումները, այլև գործունեության հետևանքով առաջացած ներկա և ապագա բնապահպանական ռիսկերի կանխարգելման, մոնիթորինգի և վերականգնման ծախսերը:

3. Ռեսուրսային աուդիտի վրա հիմնված օպտիմալացման մոդելի վերաբերյալ:

Առաջարկվող որոշումահեն կոնցեպտուալ մոդելում ռեսուրսային աուդիտը հանդես է գալիս որպես ձեռնարկության կադրային, նյութատեխնիկական, տեղեկատվական և կառավարչական ռեսուրսների միջև համակարգային անհամապատասխանությունների ախտորոշման կենտրոնական մեխանիզմ: Ի տարբերություն ավանդական մոտեցումների, մոդելը հստակորեն ներառում է կարգավորող և ինստիտուցիոնալ գործոններ, ինչը հատկապես կարևոր է պոչամբարների շահագործող կազմակերպությունների համար, որտեղ մոնիթորինգային, տեխնոլոգիական և կարգավորող բաղադրիչների հավասարակշռությունը անմիջականորեն կապված է բնապահպանական անվտանգության հետ: Մոդելը ներդնում է կադրային հարմարեցման, տեխնոլոգիական արդիականացման, թվային մոնիթորինգի և կառավարման բարելավման հետադարձ-կապային մեխանիզմ, որը ապահովում է համակարգի շարունակական հարմարվողականություն:

4. Պոլիմերահանքային «PMM» նյութի կիրառմամբ ջրամեկուսիչ տեխնոլոգիաների վերաբերյալ:

Լաբորատոր փորձարկումների արդյունքում մշակվել և հաստատվել են պոլիմերահանքային «PMM» նյութի կիրառմամբ պոչամբարների մակերևույթին ջրամեկուսիչ շերտի ստեղծման երկու տեխնոլոգիա՝ կոմպոզիտային խառնուրդի տեխնոլոգիա (№1) և PMM սորունի առանձին շերտով տեղադրման տեխնոլոգիա (№2): Ջրամեկուսիչ համակարգն ընդունակ է դիմակայել մինչև 30 մ ջրասյունի ճնշմանը: Հաստատվել է, որ ավազակավային հողի կիրառման դեպքում «PMM» նյութի անհրաժեշտ քանակը զգալիորեն ավելի փոքր է, քան սովորական հողի կիրառման դեպքում, ինչը մեծացնում է տեխնոլոգիայի կիրառման տնտեսական արդյունավետությունը:

Վեց համեմատական փորձերում «PMM» պարունակող պոչային սուբստրատից ընդհանուր արտահոսքը կազմել է 5811 գ՝ ստուգիչ տարբերակի 11240 գ-ի դիմաց, այսինքն՝ արտահոսքը նվազել է մոտ 48,3 %-ով:

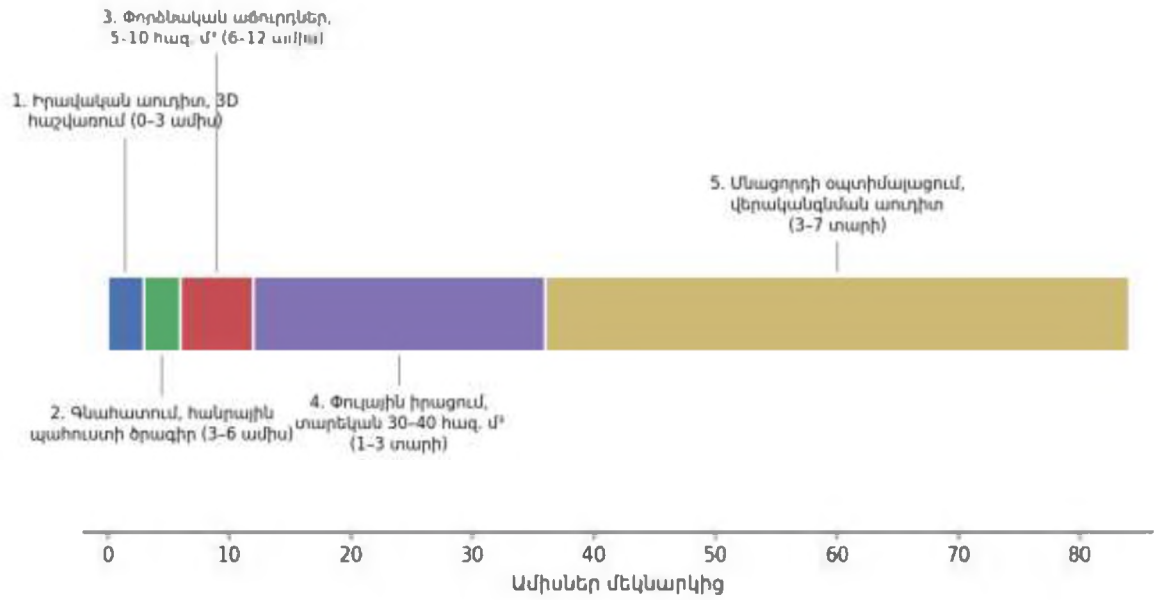
Գարու փորձարարական ցանքի արդյունքներով «PMM»-ով մշակված փորձամարգերում պղնձի պարունակությունը ծղոտում եղել է հսկիչից 60–75 %-ով

ցածր, իսկ կապարը գործնականում չի հայտնաբերվել: Արդյունքները հիմնավորում են նյութի հետագա փորձարկումները կենսաբանական ռեկուլտիվացիայի նպատակով:

5. Ախուրյանի ջրամբարի շինարարության ժամանակ կուտակված 212,532 մ³ հողային պաշարի համար առաջարկվել է իրավական նույնականացման, որակական դասակարգման, հանրային վերականգնման պահուստի և փուլային մրցակցային իրացման համակարգ: Գնային միջակայքերը ներկայացվում են որպես անկախ գնահատմամբ ճշտման ենթակա սցենարներ:

Ստացված արդյունքների հիման վրա Հայաստանի պոչամբարների բնապահպանական անվտանգության ապահովման ուղղությամբ առաջարկվում է՝

- Ներդնել պոչամբարների ինտեգրացված մոնիթորինգի համակարգ, որը կընդգրկի ոչ միայն ջրային, այլև հողային նմուշների կանոնավոր սպեկտրոֆոտոմետրիկ և IR-Ֆուրիեի վերլուծություն, հատկապես այն տարածքներում, որտեղ բացահայտված են տեղայնացված թթվացման գոտիներ (ինչպես Դաստակերտում և Թերթերասարում):
- Կիրառել շրջակա միջավայրի ռիսկերի դասակարգման և առաջնահերթացման հնգաբաղադրիչ շրջանակը պոչամբարների մոնիթորինգային ծրագրերի և կառավարման միջամտությունների առաջնահերթությունների սահմանման համար:
- Ապահովել «Աղտոտողը վճարում է» և «Օգտագործողը վճարում է» սկզբունքների առավել ամբողջական կիրառումը պոչամբարների կառավարման ոլորտում, ընդլայնելով ֆինանսական երաշխիքների և բնապահպանական ապահովագրության կիրառումը հանքարդյունաբերական նախագծերում:
- Ներդնել պոչամբարների բնապահպանական ռիսկերի կառավարման ինտեգրված շրջանակ, որը կհամակցի տնտեսական պատասխանատվությունը, ֆինանսական ապահովվածությունը, ինստիտուցիոնալ կառավարումը և բնապահպանական մոնիթորինգը մեկ համակարգում, ինչպես նաև ուժեղացնել պետական վերահսկողության, բնապահպանական աուդիտի և տեղեկատվության թափանցիկության մեխանիզմները:
- Ապահովել տեղական համայնքների և հասարակական կազմակերպությունների առավել ակտիվ մասնակցությունը պոչամբարների կառավարման վերաբերյալ որոշումների կայացման գործընթացներում, ինչպես նաև մշակել պոչամբարների կոնսերվացման և հետկոնսերվացման շրջանի երկարաժամկետ կառավարման ռազմավարություններ:
- Կիրառել ռեսուրսային աուդիտի վրա հիմնված որոշումահեն կոնցեպտուալ մոդելը պոչամբարների շահագործող կազմակերպությունների կառավարման համակարգերում՝ կադրային, տեխնոլոգիական, մոնիթորինգային և կարգավորող ռեսուրսների միջև անհամապատասխանությունների պարբերական ախտորոշման և կադրային հարմարեցման, տեխնոլոգիական արդիականացման ու թվային մոնիթորինգի ներդրման համար:
- Ընդլայնել «PMM» նյութի կիրառման շրջանակը՝ ներառելով ոչ միայն կոնսերվացված պոչամբարների ջրամեկուսացումը, այլև գործող պոչամբարների վնասակար ազդեցության կանխարգելման այլ ուղղություններ, համակցելով հողի խոնավունակության բարձրացման, ֆիլտրացիոն կորուստների նվազեցման և բուսականության վերականգնման տեխնոլոգիաների հետ:



Նկ. 9 Առաջարկությունների իրականացման ճանապարհային քարտեզը

Հայաստանում բնական ռեսուրսների (հանքային, հողային, ջրային) կայուն կառավարումը հնարավոր է միայն այն դեպքում, երբ տեխնիկական/երկրաքիմիական մոնիթորինգը, տնտեսական ու ինստիտուցիոնալ մեխանիզմները և թափանցիկ շուկայական գործիքները գործում են որպես միասնական, փոխլրացնող համակարգ:

ՀՐԱՊԱՐԱԿՈՒՄՆԵՐԻ ՑԱՆԿ

1. Grigoryan V.R. Reduction of Water Percolation Through Mine Tailings Using «PMM» Modified Granular Material: An Experimental Assessment //Bulletin Of High Technology N3(39) 2026.-pp. 51-58. https://doi.org/10.56243/18294898-2026.3-51
2. Grigoryan V.R. Economic and Institutional Mechanisms for Environmental Risk Management of Tailings Storage Facilities //Bulletin Of High Technology N2(38) 2026.-pp.3-26. https://doi.org/10.56243/18294898-2026.2-58
3. Grigoryan V.R., Vartanyan A.A., Avanesyan E.V., Tokmajyan H.V. Integrated Assessment of Environmental Risks in Tailings Storage Facilities Based on Geochemical and Hydrological Analysis //Bulletin Of High Technology N1(37) 2026.-pp.50-62. https://doi.org/10.56243/18294898-2026.1-50
4. Avanesyan E.V., Grigoryan V.R., Grigoryan D.R., Tokmajyan H.V. Application of Polymer-Mineral Material «PMM» for Creation of Waterproofing Layer During Conservation of Tailings: Development of Installation Technologies and Laboratory Research //Bulletin Of High Technology N4 (36) 2025.-pp.3-20. https://doi.org/10.56243/18294898-2025.4-3
5. Vartanyan A.A., Galdtyan E.Yu., Grigoryan V.R., Yeroyan Y.P., Hakobyan M.P. Resource Audit–Based Optimization of Industrial Enterprise Performance Through Management and Technological Innovations //Bulletin Of High Technology N1(37) 2026.-pp.63-72. https://doi.org/10.56243/18294898-2026.1-63
6. Tokmajyan H.V., Grigoryan V.R. Strategic Management of Stockpiled Topsoil Generated by Large Infrastructure Projects: Evidence From the Akhuryan Reservoir, Armenia //Bulletin Of High Technology N2(38) 2026.-pp. 3-26. https://doi.org/10.56243/18294898-2026.2-3
7. Markosyan A.Kh., Khachaturyan V.G., Grigoryan V.R., Tokmajyan H.V. Market-Based Management of Fertile Topsoil Accumulated From the Akhuryan Reservoir Basin: A Systemic Model for Valuation, Lot Formation, Public Sale, Revenue Distribution, and Legal Reform //Bulletin Of High Technology N 3(39) 2026.-pp. 59-96. https://doi.org/10.56243/18294898-2026.3-59

ГРИГОРЯН ВААН РАФИКОВИЧ

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ АРМЕНИИ И ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАКОПЛЕННЫХ ПОЧВ

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 — «Водохозяйственные системы и их эксплуатация»

РЕЗЮМЕ

Исследование посвящено комплексному обеспечению экологической безопасности хвостохранилищ Армении. Объединены геохимическая и гидрологическая оценка рисков, экономические и институциональные механизмы управления, ресурсный аудит и технологии консервации с применением полимерно-минерального материала «РММ».

Основные выводы

1. Геохимическая и гидрологическая оценка рисков. Выявлен скрытый характер экологической опасности: при близких к нейтральным значениях pH воды (6,6–8,0) в почвенных слоях формируются сильно кислые зоны с pH до 1,32, способствующие мобилизации тяжёлых металлов. Среди восьми исследованных территорий — Вохчи, Пухрут, Даразор, Дастакерт, Арцваник, и др. выделены как очаги активного кислого дренажа. Мониторинг только воды может недооценивать реальную опасность, поэтому необходим совместный отбор водных и почвенных проб. Разработанная система классификации и приоритизации охватывает риски для водных ресурсов, почв, экосистем, здоровья населения и социально-экономической среды и служит основой выбора управленческих вмешательств.

2. Экономические и институциональные механизмы. Показано, что принципы «загрязнитель платит» и «пользователь платит», экологические платежи, штрафы, финансовые гарантии и страхование эффективны при надлежащем мониторинге, государственном контроле, прозрачности и участии заинтересованных сторон. Предложена интегрированная система управления, включающая экономическую ответственность, финансовое обеспечение, институциональное управление и экологический мониторинг. Обязательства оператора должны охватывать не только текущие налоговые платежи, но и предотвращение, мониторинг и устранение настоящих и будущих экологических последствий его деятельности.

3. Оптимизация на основе ресурсного аудита. Разработана концептуальная модель поддержки решений, в которой ресурсный аудит выявляет системные несоответствия между кадровыми, материально-техническими, информационными и управленческими ресурсами предприятия с учётом регуляторных и институциональных факторов. Баланс мониторинговых, технологических и регуляторных компонентов рассматривается как условие экологической безопасности. Обратная связь между кадровой адаптацией, технологической модернизацией, цифровым мониторингом и совершенствованием управления обеспечивает непрерывную адаптацию системы.

4. Гидроизоляционные технологии с применением «РММ». Разработаны и лабораторно подтверждены две технологии устройства защитного слоя: композитная

смесь грунта с «РММ» и укладка «РММ» отдельным слоем. Испытанная гидроизоляционная система выдерживает напор до 30 м водяного столба. Применение супесчаного грунта снижает необходимое количество «РММ» по сравнению с обычным грунтом. В шести сравнительных опытах суммарный сток из модифицированного хвостового субстрата составил 5811 г против 11240 г в контроле, то есть уменьшился примерно на 48,3 %. При экспериментальном посеве ячменя содержание меди в соломе на обработанных «РММ» делянках было на 60–75 % ниже контрольного, а свинец практически не обнаруживался. Результаты обосновывают дальнейшие испытания материала для биологической рекультивации.

5. Управление почвенным запасом Ахурянского водохранилища. Для 212 532 м^3 почвенного материала, накопленного при строительстве водохранилища, предложена система правовой идентификации, качественной классификации, формирования резерва для общественных восстановительных работ и поэтапной конкурентной реализации. Ценовые диапазоны рассматриваются как сценарии, подлежащие уточнению независимой оценкой.

Практические рекомендации

1. Внедрить интегрированный мониторинг хвостохранилищ, включающий регулярный отбор водных и почвенных проб, спектрофотометрический анализ и ИК-Фурье-спектроскопию, прежде всего в выявленных зонах локального подкисления, в том числе в Дастакерте и Тертерсаре.

2. Применять систему классификации и приоритизации пяти категорий экологических рисков при разработке мониторинговых программ и определении первоочередных управленческих вмешательств.

3. Обеспечить более полное применение принципов «загрязнитель платит» и «пользователь платит», расширить использование финансовых гарантий и экологического страхования в горнодобывающих проектах.

4. Объединить экономическую ответственность, финансовое обеспечение, институциональное управление и мониторинг в единую систему управления рисками, усилив государственный контроль, экологический аудит и прозрачность информации.

5. Расширить участие местных общин и общественных организаций в принятии решений; разработать долгосрочные стратегии консервации и управления хвостохранилищами в постконсервационный период.

6. Использовать ресурсный аудит для периодической диагностики несоответствий кадровых, технологических, мониторинговых и регуляторных ресурсов, обоснования кадровой адаптации, технологической модернизации и внедрения цифрового мониторинга.

7. Расширять исследования и применение «РММ» как при консервации, так и для предупреждения воздействия действующих хвостохранилищ, сочетая повышение влагоёмкости почвы, уменьшение фильтрационных потерь и восстановление растительности.

VAHAN RAFIK GRIGORYAN

PROBLEMS OF ENSURING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF TAILINGS STORAGE FACILITIES IN ARMENIA AND THE EFFECTIVE USE OF STOCKPILED SOILS

Abstract of the dissertation submitted for the degree of Candidate of Technical Sciences in Specialty 05.23.05 — «Water Management Systems and Their Operation»

SUMMARY

The research addresses the comprehensive provision of environmental safety at tailings storage facilities in Armenia. It integrates geochemical and hydrological risk assessment, economic and institutional management mechanisms, resource auditing, and closure technologies using the polymer-mineral material "PMM".

Main Findings

1. Geochemical and hydrological risk assessment. The hidden nature of environmental hazards has been identified: while water samples exhibit near-neutral pH values of 6.6–8.0, strongly acidic zones with pH values as low as 1.32 develop in soil layers, promoting the mobilization of heavy metals. Among the eight sites investigated, Dastakert and Terterasar were identified as hotspots of active acid mine drainage. Monitoring water alone may underestimate the actual hazard; therefore, combined water and soil sampling is necessary. The proposed classification and prioritization framework encompasses risks to water resources, soils, ecosystems, human health, and the socioeconomic environment, providing a basis for selecting management interventions.

2. Economic and institutional mechanisms. The polluter-pays and user-pays principles, environmental charges, penalties, financial guarantees, and insurance are effective when supported by adequate monitoring, government oversight, transparency, and stakeholder participation. An integrated management framework has been proposed, comprising economic responsibility, financial assurance, institutional governance, and environmental monitoring. Operators' obligations should cover current tax payments as well as the prevention, monitoring, and remediation of the present and future environmental consequences of their activities.

3. Optimization based on resource auditing. A conceptual decision-support model has been developed in which resource auditing identifies systemic mismatches among an enterprise's human, material, technical, information, and managerial resources, taking regulatory and institutional factors into account. A balance among monitoring, technological, and regulatory components is regarded as a prerequisite for environmental safety. Feedback linking workforce adaptation, technological modernization, digital monitoring, and management improvement enables the system to adapt continuously.

4. Waterproofing technologies using “PMM”. Two technologies for constructing a protective layer have been developed and validated through laboratory testing: a composite mixture of soil and “PMM”, and the placement of “PMM” as a separate layer. The tested waterproofing system withstands a hydraulic head of up to 30 m of water. Using sandy loam reduces the amount of “PMM” required compared with ordinary soil. In six comparative experiments, cumulative outflow from the modified tailings substrate amounted to 5,811 g, compared with 11,240 g from the control, representing a reduction of approximately 48.3%. In experimental barley cultivation, copper concentrations in straw from “PMM”-treated plots were 60–75% lower than in the control, while lead was virtually undetected. These results support further testing of the material for biological reclamation.

5. Management of the soil stockpile at the Akhuryan Reservoir. For the 212,532 m^3 of soil material stockpiled during reservoir construction, a system has been proposed encompassing legal identification, quality classification, the allocation of a reserve for public restoration works, and phased competitive sale. Price ranges are treated as scenarios requiring refinement through independent valuation.

Practical Recommendations

1. Introduce integrated monitoring of tailings storage facilities, including regular water and soil sampling, spectrophotometric analysis, and Fourier-transform infrared spectroscopy, particularly in identified zones of localized acidification, including Dastakert and Terterasar.
2. Apply the framework for classifying and prioritizing five categories of environmental risks when developing monitoring programmes and determining priority management interventions.
3. Ensure fuller application of the polluter-pays and user-pays principles, and expand the use of financial guarantees and environmental insurance in mining projects.
4. Combine economic responsibility, financial assurance, institutional governance, and monitoring within a unified risk management system, strengthening government oversight, environmental auditing, and information transparency.
5. Expand the participation of local communities and civil society organizations in decision-making, and develop long-term strategies for the closure and post-closure management of tailings storage facilities.
6. Use resource auditing to periodically identify mismatches among human, technological, monitoring, and regulatory resources, and to substantiate workforce adaptation, technological modernization, and the introduction of digital monitoring.
7. Expand research into and application of “PMM” both during closure and to prevent adverse impacts from operating tailings storage facilities, combining improved soil water retention, reduced seepage losses, and vegetation restoration.

