

ՀՀ ԳԱԱ Ա. ԹԱԽՏԱԶՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ԲՈՒՍԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՂԱԶԱՐՅԱՆ ԿԱՐԵՆ ԱՐԱՄԱՅԻՍԻ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՌԻՍԿԱՅԻՆ ՈՐՈՇ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ՀՈՂԵՐԻ
ՎԱՏԹԱՐԱՑՄԱՆ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՎ
ԲԱՐԵԼԱՎՄԱՆ ՈՒՂԻՆԵՐԸ

Գ.00.05. - «Բուսաբանություն, սնկաբանություն, էկոլոգիա» մասնագիտությամբ
կենսաբանական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման
ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ - 2021

ИНСТИТУТ БОТАНИКИ НАН РА ИМЕНИ А. ТАХТАДЖЯНА

КАЗАРЯН КАРЕН АРАМАЙСОВИЧ

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ПУТИ ИХ
УЛУЧШЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПОВЫШЕННОГО РИСКА РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук
по специальности 03.00.05 - «Ботаника, микология, экология»

ЕРЕВАН - 2021

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում:

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

աշխարհագրական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր՝

Հ.Յ. Սայադյան

գյուղատնտեսական գիտությունների դոկտոր՝

Հ.Ղ. Ղազարյան

կենսաբանական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր՝

Զ.Ս. Վարդանյան

**Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ էկոլոգանոսֆերային
հետազոտությունների կենտրոն**

Պաշտպանությունը կայանալու է 2021 թ. հուլիսի 14-ին, ժամը 14:00-ին

Բուսաբանության ինստիտուտում գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Բուսաբանություն»

035 մասնագիտական խորհրդի նիստում:

Հասցե՝ 0040, Երևան, Աճառյան 1, ՀՀ ԳԱԱ Բուսաբանության ինստիտուտ,

E-mail: botanyinst@sci.am

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ Բուսաբանության ինստիտուտի
գրադարանում և www.botany.sci.am կայքում:

Սեղմագիրն առաքված է 2021 թ. հունիսի 3-ին:

035 մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,

կենսաբանական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր՝



Գ.Տ. Օզանեզովա

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете.

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор

Օ.Յ. Տայադյան

доктор сельскохозяйственных наук

Մ.Կ. Կազարյան

доктор биологических наук, профессор

Յ.Տ. Վարդանյան

Ведущая организация: Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА

Защита диссертации состоится 14-го июля 2021 г. в 14:00 часов на заседании

Специализированного совета 035 по ботанике ВАК РА, действующего при
Институте ботаники НАН РА.

Адрес: 0040, Ереван, ул. Ачаряна 1, Институт ботаники НАН РА,

E-mail: botanyinst@sci.am

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института ботаники НАН РА
и на сайте www.botany.sci.am.

Автореферат диссертации разослан 03-го июня 2021 г.

Ученый секретарь специализированного совета 035,

доктор биологических наук, профессор



Գ.Գ. Օգանեզովա

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Աշխատանքի արդիականությունը: Մարդու ոչ շրջահայաց տնտեսական գործունեության հետևանքով տեղի է ունեցել կենսոլորտի ապակայունացում ու բնական ռեսուրսների անխնա շահագործում: Դրանք այն պատճառահետևանքային ազդակներն են դարձել, որոնք վերջին տասնամյակներում բերեցին շրջակա բնական միջավայրի պահպանության հիմնախնդիրների նկատմամբ ուշադրության կտրուկ մեծացմանը:

Հողային ռեսուրսները, հանդիսանալով կենսոլորտի կարևորագույն բաղադրամասերից մեկը, ենթարկվում են տարբեր բնական ու մարդածին բացասական ազդեցությունների: Ներկայումս հողի վատթարացման գործընթացները ընդունել են համաճորակային մասշտաբներ, և որպես հետևանք տեղի է ունենում հողերի բնական բերրիության անկում, կենսաբազմազանության կրճատում և անապատացում: Հողաշերտի վատթարացման ու կենսաբանական արտադրողականության նվազման հիմնական պատճառներից են հանդիսանում հողի աղակալումը և ծանր մետաղներով աղտոտումը:

Ներկայումս համաշխարհային տնտեսության, հատկապես՝ հանքարդյունաբերության արագ զարգացումը, հանգեցրել է հողերի ծանր մետաղներով աղտոտման հիմնախնդրի սրմանը: Տարեկան աշխարհում արդյունահանվում է շուրջ 20 մլն տոննա պղինձ և 280 հազար տոննա մոլիբդեն: Այս հիմնախնդիրը արդիական է նաև Հայաստանի Հանրապետությունում. ծանր մետաղներով աղտոտված հողերը կազմում են 50000 հա, որից 20000 հա ունեն միջին և ուժեղ աղտոտվածության աստիճան: Այն առավել մտահոգիչ է Սյունիքի և Լոռու մարզերում: Հանքարդյունաբերությունը, հանդիսանալով տնտեսության հիմնական ճյուղերից, դարձել է այս տարածաշրջանների զարգացման շարժիչ ուժը: Սակայն շատ դեպքերում էկոլոգիական հիմնախնդիրները չեն արժանանում պատշաճ ուշադրության: Հանքարդյունաբերական ձեռնարկություններին հարող տարածքները աղտոտվում են ծանր մետաղների արտանետման և տեղաշարժի հետևանքով, որոնք խիստ թունավոր ազդեցություն ունեն ինչպես կենսոլոթի, այնպես էլ՝ մարդկանց առողջության վրա: Հայտնի է, որ կենսոլորտում աղտոտող նյութերի շուրջ 90%-ը կուտակվում է հենց հողում: Ծանր մետաղների կուտակումը պատճառ է հանդիսանում հողի կենսաբանական արտադրողականության նվազման և հողագոյացման գործընթացների դանդաղեցման համար, ինչը հանգեցնում է տեխնածին անապատի առաջացմանը: Այս հիմնախնդրի լուծման համար շատ կարևոր է նորարարական մեթոդներով արագ և ճշգրիտ գնահատել հողերի աղտոտվածության աստիճանը ու փորձել առավել արդյունավետ և էկոլոգիապես անվտանգ մեթոդներով բարելավել աղտոտված տարածքները: Հողի էկոլոգիական վիճակի բարելավումը և աղտոտվածության նվազեցումը կարող է պահպանել այն՝ որպես «չվերականգնվող» բնական ռեսուրս:

Ոչ պակաս կարևոր էկոլոգիական հիմնախնդիր է հանդիսանում նաև գյուղատնտեսական հողատարածքների աղակալման գործընթացը: Ներկայումս աշխարհի ոռոգվող հողերի մոտ 20%-ը ենթարկվել է երկրորդային աղակալման: Այս

գործընթացը ունի ընդլայնման միտում և հաշվարկվել է, որ մինչև 2050 թվականը ամբողջ աշխարհի վարելահողերի ավելի քան 50%-ը աղակալվելու է:

Հայաստանի Հանրապետությունում աղակալված հողերի ընդհանուր մակերեսը կազմում է շուրջ 30000 հա: Այս խնդիրը առավել սրված է Արարատյան դաշտում: Այստեղ առկա են աղակալման գործընթացին նպաստող ինչպես բնակլիմայական պայմաններ (կլիմայի արիդայնության ինդեքսի փոքր արժեք, ստորերկրյա ջրերի բարձր մակարդակ և այլն), այնպես էլ մարդածին ազդեցություն (ոռոգման նպատակով վատորակ ջրի օգտագործում, ոռոգման ավանդական մեթոդների կիրառում, գերնորմավորված ոռոգում): Ակնհայտ է, որ Արարատյան դաշտում հողերի ոչ պատշաճ կառավարումը արդեն հանգեցրել է դրանց աղակալմանը, և իրավիճակն էլ ավելի բարդ և անհանդուրժելի կդառնա, եթե անհապաղ կանխարգելիչ միջոցառումներ չձեռնարկվեն: Այս տեսանկյունից շատ կարևոր է ռիսկային շրջանների հողերի աղակալվածության աստիճանի գնահատումը, բարելավումը և աղակալման գործընթացի կառավարումը:

Կենսոլորտի ներկայիս քիմիական աղտոտման պայմաններում, շրջակա միջավայրի պահպանության և գյուղատնտեսության էկոլոգիացման 21-րդ դարի պահանջները թելադրում են, որպեսզի մարդկությունը վերանայի իր մոտեցումներն ու վերաբերմունքը բնական ռեսուրսների օգտագործման նկատմամբ: Այսպիսով, հողային ծածկույթի էկոլոգիական հիմնախնդիրների բազմակողմանի ուսումնասիրությունները անհրաժեշտ են այդ կարևոր ռեսուրսի ռացիոնալ օգտագործման ու պահպանության համար: Միևնույն ժամանակ գիտահեն բարելավման ուղիների առաջարկումը կարող է նպաստել էկոլոգիապես ռիսկային շրջանների կայուն զարգացմանը:

Նպատակը և խնդիրները: Աշխատանքի նպատակն է հանդիսանում. (1) համալիր կերպով գնահատել Հայաստանի Հանրապետության որոշ ռիսկային շրջանների հողերի էկոլոգիական վիճակը, (2) պարզել այն հիմնական գործոնները, որոնք բերում են էկոլոգիական վիճակի վատթարացմանը, (3) պարզաբանել հողերի էկոլոգիական վիճակի վատթարացմամբ պայմանավորված՝ էկոհամակարգի այլ բաղադրիչների վրա բացասական ազդեցությունները և մարդու առողջական ռիսկերը, (4) նորարարական մեթոդների կիրառմամբ՝ առաջարկել հողերի բարելավման, ինչպես նաև դեգրադացման գործընթացների կանխարգելման արդյունավետ ուղիներ:

Ելնելով նշված նպատակից՝ առաջ են քաշվել հետևյալ խնդիրները.

➤ Ժամանակակից մեթոդների կիրառմամբ բացահայտել Հայաստանի Հանրապետության որոշ հանքարդյունաբերական շրջանների էկոլոգիապես խոցելի տարածքների հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության աստիճանը և գնահատել էկոլոգիական ռիսկերը:

➤ Բացահայտել հողերի կենսաբանական ակտիվության այն ցուցանիշները, որոնք առավել զգայուն են ծանր մետաղներով աղտոտվածության հանդեպ և կարող են հանդիսանալ հողային միջավայրի էկոլոգիական վիճակի ցուցիչ:

➤ Բացահայտել ծանր մետաղների թունավոր ազդեցությունը բույսերի ձևաբանական, կառուցվածքային և գործառույթային հատկանիշների վրա:

➤ Պարզել հանքարդյունաբերական շրջաններում առավել տարածված վայրի և որոշ գերկուտակող բուսատեսակների ծանր մետաղներ կուտակելու ունակությունները և գնահատել դրանց ֆիտոռեմեդիացիայի ներուժը:

➤ Առաջարկել խելատացնող նյութերի կիրառման էկոլոգիապես անվտանգ եղանակներ, որոնք առավելագույնս կբարձրացնեն ֆիտոռեմեդիացիայի գործընթացի արդյունավետությունը:

➤ Իրականացնել Մասիսի տարածաշրջանի, որպես Արարատյան դաշտի առավել ռիսկային շրջանի, հողերի աղակալվածության աստիճանի գնահատում և բացահայտել սեզոնային դինամիկ փոփոխությունները՝ ըստ հողի հորիզոնների:

➤ Ներմուծել Արարատյան դաշտի համար ադապտացված ոռոգման ջրերի որակի ցուցանիշ (*IWQ*) որպես ստորերկրյա ջրերի որակի մոնիտորինգի մեթոդ:

➤ Գնահատել Մասիսի տարածաշրջանի ոռոգման համար օգտագործվող ստորերկրյա ջրերի որակը և, հիմնվելով երկրալիճակագրական վերլուծության վրա, ստեղծել թեմատիկ քարտեզներ:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները: Հետազոտության արդյունքները թույլ են տվել հիմնավորել հետևյալ հիմնական դրույթները.

1. Հայաստանի Հանրապետությունում հանքարդյունաբերական գործունեությունը առաջացնում է հարակից հողատարածքների ծանր մետաղներով աղտոտում և դրանով պայմանավորված տարաբնույթ էկոլոգիական հիմնախնդիրների սրացում,
2. պղնձով և մոլիբդենով աղտոտումը բերում է հողի մանրէների կենսազանգվածի և ֆերմենտային ակտիվության նվազեցմանը, որն իր հերթին բացասաբար է անդրադառնում հողի կարևորագույն գործառույթի՝ քիմիական տարրերի շրջապտույտի վրա,
3. հանքարդյունաբերական շրջաններում հանդիպող որոշ բույսեր, հարմարված լինելով ծանր մետաղներով աղտոտվածության պայմաններին, ունեն ֆիտոռեմեդիացիայի ներուժ և կարող են օգտագործվել այդ տարածքների բարելավման նպատակով,
4. բույսերի ֆիտոռեմեդիացիայի ներուժի առավել բարձրացման համար նպատակահարմար է օգտագործել տարբեր խելատացնող նյութերի համադրություններ,
5. Արարատյան դաշտի համար ադապտացված՝ ոռոգման ջրերի որակի ցուցանիշը (*IWQ*) կարող է հանդիսանալ ստորերկրյա ջրերի ոռոգիչ հատկությունների համալիր գնահատման և աղակալման գործընթացի կառավարման արդյունավետ գործիք:

Գիտական նորույթը: Հայաստանի Հանրապետության էկոլոգիապես ռիսկային մի շարք շրջաններում առաջին անգամ իրականացվել է հողերի վիճակի համալիր գնահատում, բացահայտվել են էկոհամակարգի հիմնական բաղադրիչների և մարդու վրա առկա ու հավանական բացասական ազդեցությունները, ինչպես նաև մշակվել են հողի դեգրադացման դեմ ուղղված առավել արդյունավետ մեթոդներ: Մասնավորապես.

➤ Առաջին անգամ տարբեր մեթոդների զուգահեռ կիրառմամբ իրականացվել է հանքարդյունաբերական շրջանների հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության, ինչպես նաև դրանով պայմանավորված տարաբնույթ ռիսկերի համալիր գնահատում:

➤ Հայաստանի Հանրապետությունում առաջին անգամ ուսումնասիրվել է պղնձով ու մոլիբդենով աղտոտվածության ազդեցությունը հողի էկոլոգիական վիճակի ցուցիչների՝ մանրէների կենսազանգվածի և բետա-գլյուկոզիդազ, խիտինազ, լեյցին-ամինոպեպտիդազ, թթվային ֆոսֆոմոնոէստերազ, հիմնային ֆոսֆոմոնոէստերազ, արիլսուլֆատազ ֆերմենտների ակտիվության վրա:

➤ Առաջին անգամ ուսումնասիրվել է CuO-ի նանոմասնիկների էկոթունաբանական ազդեցությունը *Hordeum sativum*-ի ձևաբանական, կառուցվածքային և գործառության չափանիշների վրա:

➤ Բացահայտվել է Զանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի հարակից՝ ծանր մետաղներով աղտոտված հողատարածքներում աճող վայրի բույսերի ֆիտոռեմեդիացիայի ներուժը:

➤ Ֆիտոռեմեդիացիայի գործընթացի արդյունավետության բարձրացման նպատակով առաջարկվել է էկոլոգիապես անվտանգ խելատացնող նյութերի կիրառման օպտիմալ հարաբերություն:

➤ Արարատյան դաշտի ստորերկրյա ջրերի ոռոգելի հատկությունների համալիր գնահատման և աղակալման գործընթացի կառավարման համար առաջին անգամ մշակվել է ոռոգման ջրերի որակի ցուցանիշ (*IWQI*):

Աշխատանքի տեսական և գործնական նշանակությունը: Հայաստանի Հանրապետության էկոլոգիապես ռիսկային որոշ շրջաններում իրականացված համալիր ուսումնասիրությունները ունեն ինչպես տեսական, այնպես էլ գործնական նշանակություն, մասնավորապես.

➤ Գիտական հանրությանը կտրամադրվեն ծանր մետաղներով աղտոտվածության և դրա հետևանքով հողերի վատթարացման գործընթացի գնահատման նորարարական գործիքներ՝ ադապտացված Հայաստանի Հանրապետության բնակլիմայական պայմաններին և հողատիպերին:

➤ Ստացված տվյալների հիման վրա Հայաստանի Հանրապետության հանքարդյունաբերական ձեռնարկությունները կկարողանան ավելի ճիշտ կառավարել բացահանքերի և ֆարիկաների շրջակայքի բուֆերային գոտիները: Մասնավորապես, գերկուտակող և ֆիտոստաբիլիզացիայի հատկություններով օժտված բուսատեսակներ աճեցնելու միջոցով հնարավոր կլինի բարելավել այդ գոտիների հողերի էկոլոգիական վիճակը և կանխարգելել շրջակա միջավայրի այլ բաղադրիչների աղտոտումը:

➤ Հանքարդյունաբերական շրջանների համայնքներին և մարզային համապատասխան կառույցներին կտրամադրվի տեղեկատվություն հողերի էկոլոգիական վիճակի և դրանց բարելավման արդյունավետ մեթոդների վերաբերյալ, ինչը կնպաստի գյուղատնտեսական և հանրային տարածքների ծանր մետաղներով աղտոտվածության մակարդակի նվազեցմանը: Դա իր հերթին կօգնի կանխարգելել մարդկանց օրգանիզմում վնասակար տարրերի կուտակումը և դրա արդյունքում լուրջ

հիվանդությունների առաջացումը:

➤ Ռիսկային շրջանների ֆերմերներին և շահագրգիռ կազմակերպություններին կտրամադրվեն ոռոգման նպատակով օգտագործվող ստորերկրյա ջրերի որակը բնութագրող թեմատիկ քարտեզներ, ինչը կարող է նպաստել այդ շրջանների հողերի աղակալման գործընթացի կանխարգելմանը:

➤ Մասիսի տարածաշրջանում ոռոգման ջրերի որակի գնահատման նպատակով օգտագործված *IQWI* համալիր ցուցանիշը և *GIS*-հիմնված մեթոդաբանությունը կարող են կիրառելի և շահավետ լինել Արարատյան դաշտի ցանկացած այլ գյուղատնտեսական տարածքի համար: Դա կարող է օգնել ստորերկրյա ջրերի ոռոգելի հատկությունների գնահատման նպատակով որակի շարունակական մոնիտորինգի ծրագրի մշակմանը:

Աշխատանքի արդյունքները կնպաստեն հողի վատթարացման դեմ ուղղված միջոցառումների առավել արդյունավետ իրականացմանը, «շրջակա միջավայր և հասարակություն» համակարգի ներդաշնակ գործելուն և էկոլոգիապես ռիսկային շրջանների կայուն զարգացմանը:

Աշխատանքի փորձառականությունը: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները ներկայացվել և պարբերաբար քննարկվել են ԵՊՀ կենսաբանության ֆակուլտետի գիտական խորհրդի նիստերում և էկոլոգիայի ու բնության պահպանության ամբիոնի սեմինարներում (2010-2021 թթ.), ինչպես նաև հետևյալ գիտաժողովներում.

- EGU General Assembly 2021, online,
- Summer School On Sustainable Chemistry For Sustainable Development, Lüneburg, Germany, 2019,
- International Conference Contaminated Sites. Banská Bystrica, Slovakia, 2018,
- Современное состояние чернозёмов: II Международная научная конференция, Ростов-на-Дону, Россия, 2018,
- 2nd International Young Scientists Conference on Biodiversity and Wildlife Conservation Ecological Issues. Tsaghkadzor, Armenia, 2018,
- FAO. Global Symposium on Soil Pollution, Rome, Italy, 2018,
- 10th International Soil Science Congress on "Environment and Soil Resources Conservation", Almaty, Kazakhstan, 2018,
- International Conference "Smart Bio", Kaunas, Lithuania, 2018,
- «Экология и биология почв» Молодежная научная школа и научная конференция с международным участием. Ростов-на-Дону - Таганрог, Россия, 2017,
- International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes, Greece, 2017,
- First Caucasus Mountain Forum: Bridging Science and Practice for Sustainability, Tbilisi, Georgia, 2016,
- 5th International Conference "Enzymes in the Environment: Activity, Ecology and Application", Bangor, Wales, UK, 2016,

- ICECC 2015: International Conference on Environment and Climate Change, Rome, Italy, 2015,
- International Conference on Bio-Medical Engineering and Environmental Technology (BMEET-2015), London, UK, 2015,
- International Journal of Arts & Sciences (IJAS) Conference, Paris, France, 2014,
- Sustainable Development Conference 2014, Bangkok, Thailand, 2014,
- International Journal of Arts & Sciences (IJAS) Conference, Munich, Germany, 2013,
- 4th International Congress “EUROSOIL 2012 - Soil Science for the Benefit of Mankind and Environment”, Bari, Italy, 2012,
- ՖԿՀՊԻ Հանրապետական XXXVIII գիտամեթոդական կոնֆերանս, Երևան, Հայաստան, 2011,
- ԳՊՀ ամենամյա 13-րդ գիտաժողով, Գավառ, Հայաստան, 2010,
- ԳՊՀ ամենամյա 12-րդ գիտաժողով, Գավառ, Հայաստան, 2009,
- «Էկոլոգիայի և բնության պահպանության կարևորությունը կայուն զարգացման հեռանկարում» միջազգային կոնֆերանս, ԵՊՀ, Երևան, Հայաստան, 2008,
- Проблемы истории, методологии и философии почвоведения. Научная конференция с международным участием, Пущино, Россия, 2007,
- Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution. III International Young Scientists conference, Odesa, Ukraine, 2007:

Հրատարակություններ: Ատենախոսության հիմնական դրույթներն ամփոփված են 41 հոդվածներում, 8 գիտաժողովի նյութերում և 9 թեզիսներում:

Արենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը բաղկացած է առաջաբանից, 4 գլուխներից, եզրակացություններից և գրականության ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 292 էջ է, պարունակում է 84 աղյուսակ, 53 նկար (քարտեզներ և գրաֆիկներ): Օգտագործված գրականության ցանկը ընդգրկում է 444 անուն:

ԳԼՈՒԽ 1. ԳՐԱԿԱՆ ԱԿՆԱՐԿ

Առաջին գլխում բերվում են ամբողջ աշխարհում, ինչպես նաև Հայաստանի Հանրապետությունում հողերի վատթարացման պատճառ հանդիսացող՝ ծանր մետաղներով աղտոտվածության և աղակալման էկոլոգիական հիմնախնդիրների վերլուծությունը և պատճառահետևանքային կապերը: Մասնավորապես, քննարկվում է հանքարդյունաբերական շրջանների հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության հիմնախնդիրը և դրա ազդեցությունը էկոհամակարգի տարբեր բաղադրիչների վրա: Տրվում են նաև միջազգային փորձում կիրառվող՝ ծանր մետաղներով աղտոտված հողերի բարելավման ավանդական և ժամանակակից մեթոդները: Առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձվել ֆիտոռեմեդիացիային և տարբեր քիմիական հավելումներին, որոնք կարող են էական դեր ունենալ բույսերի ֆիտոռեմեդիացիայի ներուժի բարձրացման գործընթացում: Գլխում տրվում են տեղեկություններ հողերի

աղակալման վերաբերյալ և պարզաբանվում է ոռոգման նպատակով օգտագործվող ստորերկրյա ջրերի որակի դերը հողերի աղակալման գործընթացում: Նաև բերվում են այն հիմնական մեթոդները, որոնք կիրառվում են ոռոգման ջրերի որակի գնահատման համար և կարող են հանդիսանալ հողերի աղակալման գործընթացի կառավարման գործիք:

ԳԼՈՒԽ 2. ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈՂՆԵՐԸ

Հողերի նմուշառումը և ֆիզիկաքիմիական, կենսաբանական հատկությունների ուսումնասիրությունը: Հանքարդյունաբերական շրջանների հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության աստիճանի գնահատման համար իրականացվել է նմուշառում Չանգեզուրի պղնձամոլիբդենային, Կապանի լեռնահարստացման, Ագարակի պղնձամոլիբդենային, Ալյաթլայի լեռնահարստացուցիչ կոմբինատների և Դաստակերտի պղնձամոլիբդենային հանքավայրի շրջակա տարածքներից, իսկ հողերի աղակալվածության աստիճանի գնահատման համար՝ Մախիս տարածաշրջանից: Բոլոր նմուշները վերցվել են հողի նմուշառման համար նախատեսված սարքի միջոցով (AMS Basic Soil Sampling Kit)՝ ծրարի սխեմայով: Հողի նմուշառման ընթացքում GPS համակարգով որոշվել են նմուշառման կոորդինատները և ծովի մակարդակից տարածքի բարձրությունը: Գրանցամատյանում նկարագրվել են լանդշաֆտը, ռելիեֆը, լանջերի տեղադրությունը, բուսականությունը, քարքարոտությունը, էրոզիայի աստիճանը, հողի տիպը, հողի կառուցվածքը, կարբոնատայնությունը և հողի մեխանիկական կազմը: Հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության գնահատման համար նմուշառումը իրականացվել է կամ միայն հողի վերին (A) հորիզոնից կամ A և B հորիզոններից, իսկ աղակալվածության աստիճանի գնահատման համար՝ հողաշերտի չորս խորություններից՝ 0-10 սմ, 10-30 սմ, 30-60 սմ, 60-100 սմ:

Հողում հումուսի պարունակությունը որոշվել է Տյուրինի մեթոդով, pH-ը՝ պոտենցիոմետրիկ մեթոդով, ընդհանուր ծծմբի պարունակությունը՝ սպեկտրալուսաչափական մեթոդով, տեքստուրան՝ "Feel" (շոշափման) մեթոդով: Ծանր մետաղների ընդհանուր (կամ համախառն) պարունակությունները որոշելու համար հողի նմուշները մշակվել են $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{HF}$ (5:1:1, ըստ ծավալների) խառնուրդով (Baker and Amacher, 1982): Ծանր մետաղների չափումները կատարվել են ատոմային արտրոքցիոն սպեկտրաչափական մեթոդով՝ ԱԱՍ սարքի (AAS, Atomic-absorption spectrometer PG990 (PG Instruments LTD, UK)) օգնությամբ: Հողի նմուշներում կենսամատչելի ծանր մետաղների պարունակությունը որոշելու համար օգտագործվել է քացախաթթու 1 գ տրորված հողը տեղադրվել է 50 մլ սրվակի մեջ, այնուհետև խառնվել 40 մլ 0,11 մոլյարանոց քացախաթթվի հետ, որից հետո կախույթը պահվել է 16 ժամ 20-22°C պայմաններում (He et al., 2013): Այնուհետև խառնուրդը ֆիլտրվել է և քաշվածքում ԱԱՍ սարքի միջոցով չափվել է ծանր մետաղների պարունակությունը:

Մեր կողմից ուսումնասիրվել է հողի վեց ֆերմենտների ակտիվությունը (բետա-գլյուկոզիդազ (beta_G), խիտինազ (chit), լեյցին-ամինոպեպտիդազ (leu), թթվային ֆոսֆոմոնոէստերազ (acP), հիմնային ֆոսֆոմոնոէստերազ (alkP) և արիլսուլֆատազ

(aryS)), որոնք ներգրավված են C, P, N, S տարրերի շրջապտույտներում: Հետազոտությունը իրականացվել է Ֆորնասիերի և Մարգոնի (Fornasier and Margon, 2007) կողմից նկարագրված և Քաուլի ու ուրիշների (Cowie et al., 2013) կողմից լրացված մեթոդով: Ֆերմենտների դետորբցիայի համար օգտագործվել է հետերոմոլեկուլային փոխանակման մեթոդը, բացառությամբ այն բանի, որ էքստրակցիան իրականացվել է ապակյա գնդիկների միջոցով հողանմուշի մանրացմամբ: Ֆերմենտների ակտիվությունը որոշվել է գունաչափական մեթոդով (հողի քաշվածքների կողմից 410 նմ երկարության ալիքների կլանմամբ): Որպես մանրէների կենսազանգվածի ցուցանիշ՝ հողում ֆյուրոմետրիկ մեթոդով (Ventura et al., 2014) որոշվել է երկշղթա ԴՆԹ-ի (dsDNA) պարունակությունը հատուկ ֆյուրաֆոր PicoGreen ռեագենտի կիրառմամբ:

Հողանմուշների ֆիզիկաքիմիական և կենսաբանական հատկությունների անալիզները իրականացվել են երեք օրինակով: Վիճակագրական վերլուծությունը իրականացվել է SPSS ծրագրային փաթեթով, տարբերակ 15:

Բույսերի նմուշառումը և ուսումնասիրությունը: Ամբողջական բույսի նմուշները մանրակրկիտ կերպով լվացվել են ծորակի հոսող ջրով, որից հետո՝ երկու անգամ թորած ջրով: Ապա բույսերը բաժանվել են ստորգետնյա և վերգետնյա մասերի, կշռվել, չորացվել են 70°C պայմաններում՝ մինչև հաստատուն զանգվածի հասնելը: Չորացված նմուշները աղացվել են՝ մինչև փոշիանման զանգված ստանալը (նման ձևով նախապատրաստվել են նաև մշակաբույսերի ուտելի մասերը): Ստացված նմուշները 200 րոպեի ընթացքում շոգեմշակվել են $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ խառնուրդով (4:1 հարաբերությամբ, ըստ ծավալի)՝ 150°C պայմաններում (0,1 գ բուսական նմուշը՝ 10 մլ թթվային խառնուրդում) (Zemberyová et al., 2006, Qu et al., 2008): Ստացված լուծույթում ընդհանուր պղնձի և մոլիբդենի պարունակությունները որոշվել են ատոմային աբսորբցիոն սպեկտրաչափային մեթոդով: Բույսերում քլորոֆիլի պարունակության ինդեքսը (CCl) որոշվել է դաշտային պայմաններում՝ CCM-200 plus Chlorophyll Content Meter սարքի միջոցով:

Ծանր մետաղների պարունակությունները արմատներում, ցողուններում և ուտելի մասերում որոշվել են երեքից հինգ օրինակներով: Հետագա գնահատումը կատարվել է Դունկանի բազմակի ռանգավորման թեստերի միջոցով: Վիճակագրական վերլուծությունը իրականացվել է SPSS ծրագրային փաթեթով, տարբերակ 15:

Հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության գնահատումը: Հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության մակարդակը որոշվել է միջազգային փորձում լայն կիրառություն գտած տարբեր ինդեքսների միջոցով: Մասնավորապես, կիրառվել են գեոկոմոլոյալիոն ինդեքսը (*I-geo*) (Müller, 1969), աղտոտման բեռնվածության ինդեքսը (*PLI*) (Thomilson et al., 1980), հարստացման գործոնը (*EF*) (Buat-Menard and Cherselet, 1979, Krzysztof et al., 2003), աղտոտման գործոնը (*Cf*) (Håkanson, 1980), աղտոտման աստիճանը (*Cd*) (Håkanson, 1980), պոտենցիալ էկոլոգիական ռիսկերի ինդեքսը (*PERI*) (Håkanson, 1980), ծանր մետաղներով անհատական (*Pf*) և ինտեգրված

(NIP) աղտոտման աստիճանը (Jiang et al., 2014), մետաղների մարդածին և լիթոգեն պարունակությունների համամասնության որոշման մեթոդը:

Հողերի աղակալվածության աստիճանի գնահատումը: Այս նպատակով լաբորատոր ուսումնասիրության համար պատրաստվել է հողի ջրային քաշվածք (1:5 հարաբերությամբ) (He et al., 2012): Հողի ջրային քաշվածքի էլեկտրահաղորդականությունը ($EC_{1:5}$) որոշվել է MAPK 603 հաղորդաչափի միջոցով: Հողի աղակալվածության աստիճանը գնահատվել է հողային մածուկի էլեկտրահաղորդականության միջոցով (EC_e) (Brown et al., 1954): Հողի ջրային քաշվածքի էլեկտրահաղորդականությունը ($EC_{1:5}$) վերահաշվարկվել է հողային մածուկի էլեկտրահաղորդականության (EC_e) հետևյալ բանաձևերի միջոցով՝ կավային հողերի համար՝ $EC_e = 7,36 z - 0,24$, կավաավազային հողերի համար՝ $EC_e = 7,58 z + 0,06$, ավազային հողերի համար՝ $EC_e = 8,22 z - 0,33$, որտեղ z -ը $EC_{1:5}$ -ի արժեքն է (Sonmez et al., 2008):

Գարյու վրա (*Hordeum sativum distichum*) CuO-ի նանոմասնիկների թունավոր ազդեցության գնահատումը: Այս նպատակով օգտագործվել են առևտրային կարգի պղնձի (II) օքսիդի (CuO) նանոմասնիկներ (մասնիկների չափը՝ 30-50 նմ, CAS-1317-38-0): *Hordeum sativum*-ի վրա CuO-ի նանոմասնիկների ազդեցության հետևանքով առաջացած տարբեր անատոմիական և ուլտրակառուցվածքային փոփոխությունների գնահատման համար ուսումնասիրվել են 4-շաբաթյա տերևները և միջին չափսի արմատները: Դրանք հավաքվել, նախապատրաստվել և ուսումնասիրվել են տրանսմիսոն էլեկտրոնային մանրադիտակով (TEM) և սկանավորող էլեկտրոնային մանրադիտակով (SEM) (Mikmed-6, Սանկտ Պետերբուրգ, Ռուսաստան):

CuO-ի նանոմասնիկների ֆիտոտոքսիկության գնահատման համար հաշվարկվել է սերմերի ծլման տոկոսը, սերմերի ծլման հարաբերական արգելակումը և արմատների աճի հարաբերական արգելակումը (USEPA, 1996): Ֆոտոհամակարգ II-ի առավելագույն քվանտային ելքը (Fv/Fm) չափվել է սենյակային ջերմաստիճանում՝ օգտագործելով պոլս-ամպլիտուդային մոդուլացված (PAM) ֆլյուորոմետր (Diving PAM, Waltz, Գերմանիա): Տրանսպիրացիան ուսումնասիրվել է PC-գրավիմետրիկ մեթոդով (Cirelli D. et al., 2012): Վիճակագրական վերլուծությունն իրականացնելու համար օգտագործվել են Microsoft Excel 2016 և SPSS-19 ծրագրերը: Ներկայացված բոլոր տվյալները միջինացվել են և բերվել է ստանդարտ սխալը (SE)՝ օգտագործելով միագործոն ANOVA ծրագիրը: Վիճակագրական հավաստիությունը որոշվել է Ֆիշերի նվազագույն հավաստի տարբերության (LSD) թեստի միջոցով:

Հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածությամբ պայմանավորված՝ մարդու առողջական ռիսկերի գնահատումը: Հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածությամբ պայմանավորված՝ երեխաների և մեծահասակների առողջության հետ կապված ռիսկերը ուսումնասիրվել են USDOE-ի և USEPA-ի ռիսկերի գնահատման մեթոդաբանության հիման վրա (USEPA, 2011; USDOE, 2011): Այս նպատակով հաշվարկվել են ինչպես յուրաքանչյուր մետաղի ոչ քաղցկեղածին վտանգի ինդեքսի (HI_{nc}) և քաղցկեղածին վտանգի ինդեքսի (HI_{ca}) արժեքները, այնպես էլ բոլոր մետաղներով պայմանավորված՝ երեխաների և մեծահասակների առողջության համար

ոչ քաղցկեղածին ընդհանուր վտանգի ինդեքսի (THI_{nc}) և քաղցկեղածին ընդհանուր վտանգի ինդեքսի (THI_{ca}) արժեքները:

Բույսերի ֆիտոտեմեդիացիայի ներուժի գնահատումը: Բույսերի ֆիտոտեմեդիացիայի ներուժը գնահատելու համար հաշվարկվել է երկու ցուցանիշ՝ արմատներում կենսաբանական խտացման գործոնը ($BCF_{արմատ}$) և տրանսլոկացիայի գործոնը (TF) (Mertens et al., 2005; Wang et al., 2007): $BCF_{արմատ}$ -ը օգտագործվել է արմատների կողմից Cu -ը կուտակելու ունակությունը հաշվարկելու համար: $BCF_{արմատ}$ -ը հաշվարկվել է հետևյալ բանաձևով. $BCF_{արմատ} = Cu_{արմատ}/Cu_{հող}$, որտեղ՝ $Cu_{արմատ}$ -ը Cu -ի պարունակությունն է հավաքված բույսի ստորգետնյա մասում, իսկ $Cu_{հող}$ -ը կենսամատչելի Cu -ի պարունակությունն է հողում: TF -ը օգտագործվել է արմատներից վերգետնյա մաս Cu -ը տեղափոխելու ունակությունը հաշվարկելու համար: TF -ը հաշվարկվել է հետևյալ բանաձևով. $TF = Cu_{վերգետնյա}/Cu_{արմատ}$, որտեղ՝ $Cu_{վերգետնյա}$ -ն Cu -ի պարունակությունն է հավաքված բույսի վերգետնյա մասում, իսկ $Cu_{արմատ}$ -ը Cu -ի պարունակությունն է հավաքված բույսի արմատներում:

Ստորերկրյա ջրերի ոռոգելի հատկությունների գնահատումը: Մասիսի տարածաշրջանի ստորերկրյա ջրերի ուսումնասիրության համար նախապես ընտրվել է մոնիտորինգի 27 ջրհոր: Մոնիտորինգի ջրհորներից 15-ն ունեն մինչև 60 մետր խորություն և նախատեսված են ոչ ճնշումային հորիզոնից ստորերկրյա ջրերի արտամղման համար, իսկ 12-ն ունեն 80 մետրից ավելի խորություն և դրանցով արտամղվում են ճնշումային հորիզոնի ստորերկրյա ջրերը: Ստորերկրյա ջրերի նմուշառումը իրականացվել է 2019 թ. յուրաքանչյուր ամիս՝ մարտից նոյեմբեր ընկած ժամանակահատվածում, և ուսումնասիրության ընթացքում վերցվել է ընդհանուր առմամբ 243 նմուշ: Նմուշառումից հետո ստորերկրյա ջրերը անմիջապես պահվել են փակ տարաներում, սառը պայմաններում, իսկ հետագա լաբորատոր ուսումնասիրությունները իրականացվել են 2 օրվա ընթացքում: Էլեկտրահաղորդականությունը (EC) և ընդհանուր լուծված նյութերը (TDS) որոշվել են հաղորդաչափի միջոցով ($MARK 603$): K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} և Cl^- իոնների պարունակությունը որոշվել է լաբորատոր իոնաչափի միջոցով ($1-160 M$), HCO_3^- և CO_3^{2-} իոնները որոշվել են թթվային տիտրման մեթոդով, pH -ը՝ pH -մետրի միջոցով:

Ոռոգման նպատակով ստորերկրյա ջրերի պիտանիությունը գնահատելու համար օգտագործվել են հաշվարկային և գծագրական մեթոդներ (Ghazaryan and Chen 2016): Գնահատման առաջին խումբը ներառում է ջրի որակի չափված պարամետրերից ստացված ցուցանիշներ՝ նատրիումի աղսորբցիայի գործակից (SAR), նատրիումի տոկոս ($Na\%$), մնացորդային նատրիումի կարբոնատ (RSC), մագնեզիումի վտանգ (MH), թափանցելիության ցուցանիշ (PI), և ստորերկրյա ջրերի որոշ ֆիզիկաքիմիական պարամետրեր, ինչպիսիք են pH -ը, EC -ը և Cl^- -ը: Ջրերի որակի գնահատման մեթոդների երկրորդ խումբը, որոնք ցույց են տալիս ոռոգման նպատակով ստորերկրյա ջրերի պիտանիությունը, ներառում է $USSL$ և Ուիլկոկսի դիագրամները:

Այս ամենին զուգահեռ, ոռոգման նպատակով ստորերկրյա ջրերի որակի համակցված գնահատման համար մեր կողմից մշակվել է Արարատյան դաշտի համար ադապտացված՝ ոռոգման ջրերի որակի ցուցանիշը ($IWQI$): Այս մեթոդի մշակման

ժամանակ հիմնվել ենք FAO №29 փաստաթղթում բերված գնահատման չափանիշների վրա (Ayers and Westcot, 1994), ինչպես նաև հաշվի են առնվել ուսումնասիրվող տարածքի առանձնահատկությունները: Այս ցուցանիշը հաշվարկելիս հիմք է ընդունվել հողի որակի և բերրիության վրա վտանգավոր ազդեցության ունեցող գործոնների չորս հիմնական խումբ: Դրանց հերթականությունը՝ ըստ կարևորության նվազման հետևյալն է. 1՝ հողի աղակալվածության վրա ազդող գործոններ, 2՝ հողի ինֆիլտրացիոն բնութագրերի վրա ազդող գործոններ, 3՝ թունավոր իոններ, 4՝ տարբեր ձևերով բույսերի վրա ազդող գործոններ: Յուրաքանչյուր խմբի համար որոշվել է դրա կշռային գործակիցը (Wf), որի նպատակն է ցույց տալ յուրաքանչյուր խմբի համեմատական կարևորությունը և պարզել տարբեր խմբերի միջև եղած փոխադարձ կապերը: $IWQI$ -ն հաշվելու համար օգտագործվել է հետևյալ բանաձևը.

$$IWQI = \sum_{i=1}^n Wf_i \times \frac{\sum_{i=1}^m QR_i}{m}$$

որտեղ Wf_i -ը n -րդ խմբի կշռային գործոնն է, QR_i -ը՝ n -րդ խմբի m -րդ պարամետրի որակի ցուցանիշն է, m -ը՝ n -րդ խմբի պարամետրերի քանակն է: Wf գործակիցը հաշվարկվել է հետևյալ բանաձևով.

$$Wf_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i}}$$

որտեղ K_i -ին յուրաքանչյուր խմբի ժամանակավոր կշռային արժեքն է, որը տատանվում է 1-ից (չափազանց կարևոր) 5-ը (պակաս կարևոր) սահմաններում:

Երկրափճակագրական վերլուծությունը և քարտեզագրումը: Թեմատիկ քարտեզների մշակման համար օգտագործվել են ArcGIS 10.4 ծրագրային փաթեթը և երկրափճակագրական վերլուծության գործիքակազմը: Մասնավորապես, ուսումնասիրվող տարածքում որակի յուրաքանչյուր պարամետրի բաշխվածության քարտեզների ստացման համար օգտագործվել է հակադարձ միջին կշռված տարածության (Inverse distance weighted, IDW) ինտերպոլյացիայի մեթոդը:

ԳԼՈՒԽ 3. ՀԱՆՔԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐԱԿԱՆ ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ՀՈՂԵՐԻ ԾԱՆՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐՈՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՎ ԲԱՐԵԼԱՎՄԱՆ ՈՒՂԻՆԵՐԸ

Ձանգեզուրի պղնձամոլիբդենային, Կապանի լեռնահարստացման, Ագարակի պղնձամոլիբդենային, Ախթալայի լեռնահարստացուցիչ կոմբինատների և Դաստակերտի պղնձամոլիբդենային հանքավայրի շրջակա տարածքների հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության աստիճանի գնահատման արդյունքում պարզվել է, որ այս տարածքներում հանքարդյունաբերական գործունեության հետևանքով նկատվել են զգալի բացասական փոփոխություններ:

Ձանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակա տարածքների հողերի ուսումնասիրության համար ընտրվել են վեց ռիսկային տարածքներ (Ֆաբրիկայի, բացհանքի, Արծվանիկի պոչամբարի շրջակա տարածքները, Դարազամի, Փխրուտ, Ողջի ռեկուլտիվացված պոչամբարները) և ինը հավանական ազդակիր համայնքներ

(Չափնի, Սևաքար, Արծվանիկ, Աճանան, Սյունիք, Քաջարան, Լեռնաձոր գյուղերը և Քաջարան, Կապան քաղաքները): Ընդհանրացնելով վեց ռիսկային տարածքների բոլոր հողանմուշների A և B հորիզոնների ծանր մետաղներով աղտոտվածության աստիճանի արժեքները (ըստ *I-geo*-ի, *EF*-ի), կարելի է միանշանակորեն ասել, որ տարրերի բարձր պարունակությունը հողում պայմանավորված է մարդածին գործոնով, մասնավորապես՝ այս տարածաշրջանում ծավալված հանքարդյունաբերությամբ, իսկ հիմնական աղտոտող մետաղներն են հանդիսանում պղինձը և մոլիբդենը: Ըստ հողանմուշների A և B հորիզոնների *PLI*-ի ու *Cd*-ի արժեքների՝ գրեթե բոլոր շրջաններում A հորիզոնը ավելի շատ է աղտոտված քան B հորիզոնը, ինչը ևս մեկ անգամ հաստատում է, որ հողերի աղտոտվածությունը պայմանավորված է մարդածին գործոնով: Ըստ *PLI*-ի ու *Cd*-ի արժեքների առավելագույն աղտոտվածություն նկատվել է հանքաքարը վերամշակող ֆաբրիկայի շրջակա տարածքներում և բաց հանքի հյուսիս-արևմտյան շրջանում, որը բավականին մոտ է գտնվում նաև հանքաքարի տեղափոխման ճանապարհին: Չանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի հավանական ազդակիր համայնքների հողերի ուսումնասիրությունների արդյունքում պարզվել է, որ այս տարածքներում ևս հիմնական աղտոտող մետաղներն են հանդիսանում պղինձը և մոլիբդենը, իսկ ազդակիր համայնքներից աղտոտվածության առավել բարձր մակարդակ նկատվել է Քաջարան քաղաքում (*PLI* = 2,63-ից 4,78) և Քաջարան գյուղում (*PLI* = 2,01-ից 2,25):

Կապանի լեռնահարստացման կոմբինատի շրջակա հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության աստիճանի գնահատման համար ուսումնասիրվել են ֆաբրիկայի և Գեղանուշ պղչամբարի շրջակա տարածքները: Հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ ֆաբրիկայի շրջակայքում կենսաբանական համակեցության առողջության համար ամենաբարձր ռիսկերը պայմանավորված են *Cd*-ով, գյուղատնտեսական արտադրության ամենաբարձր ռիսկերը՝ *As*-ով, իսկ Գեղանուշի պղչամբարի շրջակայքի հողերում նշված ռիսկերը պայմանավորված են համապատասխանաբար *Cu*-ով և *Mn*-ով:

Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակայքի հողերի ուսումնասիրության համար ընտրվել են հինգ ռիսկային տարածքներ՝ բացհանքի, հարստացուցիչ ֆաբրիկայի, Դավազամի ակտիվ պղչամբարի, «Կիրճ - 2» և «Կիրճ - 3» ռեկուլտիվացված պղչամբարների շրջակա տարածքները: Հետազոտությունների ընթացքում պարզվել է, որ հողերի գրեթե բոլոր նմուշներում հիմնական աղտոտող ծանր մետաղներն են հանդիսանում *Mo*-ը, *Cu*-ը, *Pb*-ը և *Cd*-ը, իսկ աղտոտվածության առավել բարձր մակարդակ նկատվել է Ագարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի հանքաքարի աղացների մոտակայքում (դիտակետ N^o 6, *PLI* = 2,87) և բացհանքի հարավ-արևմտյան մասում (դիտակետ N^o 2, *PLI* = 2,28):

Ախթալայի լեռնահարստացուցիչ կոմբինատի շրջակա տարածքներում որպես առավել ռիսկային շրջաններ ընտրվել են բացհանքը և գործող պղչամբարը: Ըստ *EF*-ի արժեքների, տարբեր ծանր մետաղներով աղտոտվածության մակարդակը ձևավորել է հետևյալ շարքը. $Cu > Pb > As > Co > Ni$: Ուսումնասիրված տարածքներում ծանր մետաղներով աղտոտվածության առավել բարձր մակարդակները հիմնականում

գրանցվել են բաց հանքի և հանքաքարի տեղափոխման ճանապարհի մոտակայքում գտնվող դիտակետերում:

Դաստակերտի պղնձամոլիբդենային հանքավայրը ներկայումս չի շահագործվում, սակայն այն շահագործումից հետո չի կոնսերվացվել և կարող է բերել շրջակա հողատարածքների ծանր մետաղներով աղտոտման: Հաշվի առնելով այս ամենը, իրականացվել է շրջակա հողատարածքների ծանր մետաղներով աղտոտվածության գնահատում: Ուսումնասիրությունից պարզվել է, որ բոլոր հողանմուշներում ուսումնասիրված 10 ծանր մետաղների C_f-ի միջին արժեքները՝ ըստ նվազման, կազմել են հետևյալ շարքը. As (3,55) > Cd (2,49) > Co (1,79) > V (1,68) > Cr (1,65) > Cu (1,55) > Zn (1,51) > Pb (1,25) > Ni (1,24) > Mn (1,14), իսկ I-geo-ի միջին արժեքները՝ ըստ նվազման, կազմել են հետևյալ շարքը. Cd (0,62) > As (0,59) > Co (0,23) > V (0,12) > Cr (0,09) > Cu (-0,04) > Zn (-0,05) > Ni (-0,31) > Pb (-0,36) > Mn (-0,42): Շարքերից երևում է, որ հիմնական աղտոտող մետաղներն են հանդիսացել արսենը և կադմիումը: Լքված հանքավայրի շրջակայքի առավել աղտոտված տարածքների հայտնաբերման համար հաշվարկվել է Cd-ն: Ըստ Cd-ի արժեքի նվազման՝ ուսումնասիրված 8 հողանմուշները կազմել են հետևյալ շարքը. № 5 (24,87) > № 8 (22,68) > № 7 (20,83) > № 4 (19,95) > № 6 (17,41) > № 3 (12,91) > № 2 (12,11) > № 1 (12,01): Այսինքն, ուսումնասիրված տարածքում առավել բարձր աղտոտվածության մակարդակ նկատվել է № 5 հողանմուշում, որն առավել մոտ է գտնվել հանքավայրին (հանքավայրից դեպի արևելք), իսկ ամենաքիչ աղտոտվածություն նկատվել է №1 հողանմուշում (հանքավայրից դեպի արևմուտք):

Հաշվի առնելով այն փաստը, որ Ջանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակայքի հողերում հիմնական աղտոտող ծանր մետաղներն են պղինձն ու մոլիբդենը, ուսումնասիրվել է այդ մետաղներով աղտոտման հանդեպ հողի մանրէների կենսազանգվածի և ֆերմենտային ակտիվության (բետա-գլյուկոզիդազ, խիտինազ, լեյցին-ամինոպեպտիդազ, թթվային ֆոսֆոմոնոէստերազ, հիմնային ֆոսֆոմոնոէստերազ, արիլսուլֆատազ) պատասխան ռեակցիան: Դրանք հանդիսանում են հողի առողջության կենսաբանական ցուցանիշներ և կարող են բնութագրել հողի էկոլոգիական վիճակը՝ ծանր մետաղներով աղտոտվածության պայմաններում: Այս նպատակով, հաշվի առնելով կլիմայի, ռելիեֆի, բուսածածկույթի առանձնահատկությունները, ինչպես նաև հողօգտագործման բնույթը և մարդածին գործոնի ազդեցության ծավալները, ուսումնասիրվող տարածքից վերցվել է հողի 68 նմուշ. հարստացուցիչ ֆաբրիկայի մոտակայքում գտնվող հարավահայաց լանջից՝ <S-1 (ընդհանուր թվով 16 հողանմուշ), Քաջարան քաղաքի ընդհանուր օգտագործման հանրային տարածքներից՝ <S-2 (ընդհանուր թվով 24 հողանմուշ), բացահանքի մոտակայքում գտնվող մշակովի հողատարածքներից՝ <S-3 (ընդհանուր թվով 16 հողանմուշ), բացահանքի և հարստացուցիչ ֆաբրիկայի միջև ընկած անտառապատ հյուսիսահայաց լանջից՝ <S-4 (ընդհանուր թվով 12 հողանմուշ):

Համաձայն վիճակագրական վերլուծության տվյալների (աղյուսակ 1), ուսումնասիրված չորս տարածքներից հումուսի, երկշղթա ԴԼԹ-ի պարունակության և վեց ֆերմենտների ակտիվության նվազագույն միջին արժեքները նկատվել են <S-1-ի

հողերում, պղնձի և մոլիբդենի նվազագույն միջին պարունակությունները՝ ՀS-4-ի հողերում, իսկ հումուսի, մոլիբդենի պարունակության և լեյցին-ամինոպեպտիդազ ու հիմնային ֆոսֆոմոնոէստերազ ֆերմենտների ակտիվության առավելագույն միջին արժեքները՝ ՀS-2-ի հողերում, բետա-գլյուկոզիդազ ֆերմենտի ակտիվության առավելագույն միջին արժեքը՝ ՀS-3-ի հողերում, պղնձի պարունակության առավելագույն միջին արժեքը՝ ՀS-1-ի հողերում, երկշղթա ԴՆԹ-ի պարունակության և արիլսուլֆատազ, խիտինազ ու թթվային ֆոսֆոմոնոէստերազ ֆերմենտների ակտիվության առավելագույն միջին արժեքը նկատվել է ՀS-4-ի հողերում:

Աղյուսակ 1

Ուսումնասիրված չորս տարածքների հողերի որոշ քիմիական հատկությունների, ֆերմենտային ակտիվության (նմու 4-մեթիլումբելիֆերոն կամ 7-ամին-4-մեթիլ-կումարին ժամ⁻¹ գ⁻¹ հող) և երկշղթա ԴՆԹ-ի (մկգ dsDNA գ⁻¹ չոր հող) նկարագրական վիճակագրությունը

Տարածք	Վիճակագրական տվյալներ	dsDNA	aryS	beta_G	chit	leu	acP	alkP	Հումուս, %	Cu, մգ/կգ	Mo, մգ/կգ
ՀS-1	Միջին	23,75	4,25	5	4,5	15,25	12,75	134,3	3,34	1750	362,5
	Մեղիան	22,5	4	5	4	15,5	12,5	134,5	3,26	1550	295
	Ստանդարտ շեղում	4,35	1,50	0,82	1,73	4,27	4,35	20,32	0,59	506,62	231,86
	Նվազագույն	20	3	4	3	10	9	111	2,74	1400	180
	Առավելագույն	30	6	6	7	20	17	157	4,09	2500	680
ՀS-2	Միջին	38,83	7,33	8,33	7	31,67	20,17	231,33	4,87	821,67	530
	Մեղիան	35	5	7	8	28	17	215,5	4,78	795	390
	Ստանդարտ շեղում	17,10	5,61	3,20	1,55	9,93	15,16	68,43	1,25	288,33	332,39
	Նվազագույն	23	3	6	5	22	7	173	3,10	390	260
	Առավելագույն	71	17	14	8	46	48	336	6,72	1230	1100
ՀS-3	Միջին	30,75	6,25	8,5	8,5	30	20,25	204,8	4,49	1320	193,75
	Մեղիան	31	6,5	8	8	28	21,5	215	4,65	955	200
	Ստանդարտ շեղում	13,07	3,20	2,65	2,52	10,86	10,53	148,12	1,01	1077,93	27,50
	Նվազագույն	18	3	6	6	20	8	48	3,10	470	155
	Առավելագույն	43	9	12	12	44	30	341	5,53	2900	220
ՀS-4	Միջին	39,67	37	5	11,33	29,67	47,33	180	3,55	486,67	126,67
	Մեղիան	28	18	4	5	16	31	164	3,00	500	120
	Ստանդարտ շեղում	38,84	47,44	2,65	12,74	31,79	56,31	150,64	1,57	100,66	50,33
	Նվազագույն	8	2	3	3	7	1	38	2,33	380	80
	Առավելագույն	83	91	8	26	66	110	338	5,33	580	180

Ընդհանրացնելով հետազոտությունների արդյունքները, կարելի է եզրահանգել, որ հողում երկշղթա ԴՆԹ-ի պարունակությունը և թթվային ֆոսֆոմոնոէստերազ, բետա-գլյուկոզիդազ, արիլսուլֆատազ, խիտինազ, հիմնային ֆոսֆոմոնոէստերազ, լեյցին-ամինոպեպտիդազ ֆերմենտների ակտիվությունը հողի այն կենսաբանական

ակտիվության ցուցանիշներից են, որոնք արձագանքում են հողի քիմիական բաղադրության փոփոխություններին: Ուսումնասիրված չորս տարածքներից երկշղթա ԴՆԹ-ի պարունակության և վեց ֆերմենտների ակտիվության ամենացածր մակարդակը նկատվել է <S-1 տարածքում, որն առավելագույնն էր ենթարկված մարդածին գործոնի բացասական ազդեցությանը: Պղնձով և մոլիբդենով հողի աղտոտումը բերում է մանրէների կենսազանգվածի և հողերի ֆերմենտային ակտիվության նվազեցմանը, որն իր հերթին բացասաբար է անդրադառնում քիմիական տարրերի, մասնավորապես՝ ածխածնի, ազոտի, ֆոսֆորի և ծծմբի շրջապտույտների վրա: Այսպիսով, հողերի ծանր մետաղներով, մասնավորապես՝ պղնձով և մոլիբդենով, աղտոտումը բացասաբար է անդրադառնում կենսածին տարրերի շրջապտույտի վրա, իսկ երկշղթա ԴՆԹ-ի պարունակության և ֆերմենտների ակտիվության փոփոխությունը կարող է օգտագործվել որպես հողի վիճակի կենսաբանական ցուցիչ:

Մեր կողմից առաջին անգամ հետազոտվել են CuO -ի նանոմասնիկների թունավոր ազդեցությանը ենթարկված *Hordeum sativum* բուսատեսակի արմատների և տերևների ուլտրակառուցվածքային փոփոխությունները: Միջավայրում CuO -ի նանոմասնիկների բարձր պարունակությունը ճնշում է *Hordeum sativum* բուսատեսակի աճը, այն ազդում է արմատների և ցողունի երկարության, անատոմիայի, ուլտրակառուցվածքի վրա, ինչպես նաև ֆոտոսինթեզի և տրանսպիրացիայի արագության վրա: CuO -ի նանոմասնիկների կլանումը ազդում է թիլակոիդների և պլաստոգլոբուլների քանակի, հերձանցքների խտության և բացվածքի, ինչպես նաև արմատի մորֆոլոգիայի վրա՝ կրճատելով արմատամազիկները:

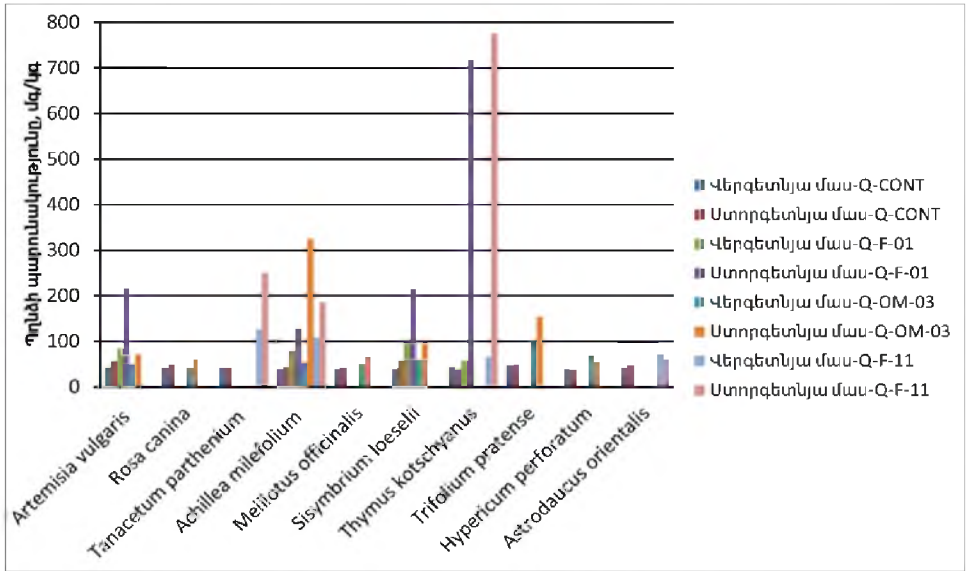
Ուսումնասիրվել են նաև ծանր մետաղներով հողերի աղտոտվածությամբ պայմանավորված մարդու առողջական ռիսկերը: Հետազոտություններից պարզվել է, որ Ջանգեզուրի պղնձամոլիբդենային, Կապանի և Ախթալայի լեռնահարստացման կոմբինատների շրջակայքի հողերում ծանր մետաղներով աղտոտման աստիճանը բավականին բարձր է և կարող է ռիսկեր առաջացնել այս տարածքում ապրող բնակչության, հատկապես երեխաների առողջության համար՝ ազդելով տարբեր օրգան-համակարգերի գործունեության վրա: Մասնավորապես, Ջանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի բացահանքի և ֆաբրիկայի շրջակայքի հողերում յուրաքանչյուր մետաղի ոչ քաղցկեղածին վտանգի ինդեքսի (HI_{nc}) արժեքի համաձայն, առանձին ծանր մետաղների՝ առողջության համար վտանգավորությունը ունի հետևյալ շարքը. $\text{Mo} > \text{As} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Zn}$: Ուսումնասիրություններից պարզվել նաև, որ գրեթե բոլոր դիտակետերում ոչ քաղցկեղածին քրոնիկ ընդհանուր վտանգի ինդեքսի արժեքները հետազոտված տարածքում ապրող երեխաների համար գտնվում են վտանգավոր մակարդակում ($THI_{nc} > 1$): Երեխաները հատկապես ավելի զգայուն են հողի մեջ թունավոր մետաղների ազդեցության նկատմամբ, քան մեծահասակները, քանի որ նրանք կարող են շատ ավելի մեծ քանակությամբ մետաղներ կլանել հողից իրենց բացօթյա խաղերի ընթացքում: Կապանի լեռնահարստացման կոմբինատի շրջակա տարածքներում առանձին մետաղների ոչ քաղցկեղածին վտանգի ինդեքսի (HI_{nc}) արժեքների համաձայն, ուսումնասիրված ծանր մետաղներով պայմանավորված

առողջության համար վտանգը ունի հետևյալ շարքերը. Cr > As > Mn > Ni > Pb > Cu > Cd > Zn > Mo (Ֆաբրիկայի շրջակայքի հողեր) և Cr > Mn > As > Ni > Cu > Pb > Cd > Zn > Mo (Գեղանուշի պոչամբարի շրջակայքի հողեր), իսկ ըստ մետաղների քաղցկեղածին ռիսկի մակարդակի (HI_{ca}) հետազոտված ծանր մետաղները կարելի է դասակարգել հետևյալ կերպ. Cr > As > Pb > Ni > Cd: Ուսումնասիրության արդյունքները ցույց են տվել, որ հետազոտված տարածքում ապրող երեխաների համար բոլոր դիտակետերում ոչ քաղցկեղածին քրոնիկ ընդհանուր վտանգի ինդեքսի արժեքները բարձր են անվտանգ մակարդակից ($THI_{nc}>1$), իսկ քաղցկեղածին ռիսկի մակարդակները հիմնականում թույլատրելի տիրույթում են (10^6-10^4), բացառությամբ մեկ դիտակետի, որտեղ THI_{ca} արժեքը ավելի բարձր է, քան անվտանգ մակարդակը: Ախթալայի լեռնահարստացման կոմբինատի բացհանքի և պոչամբարի շրջակա տարածքների հողերում յուրաքանչյուր մետաղի ոչ քաղցկեղածին վտանգի ինդեքսի (HI_{nc}) արժեքների համաձայն, ծանր մետաղների առողջության համար վտանգավորությունը կարելի է ներկայացնել հետևյալ նվազման շարքով. Co > As > Ni > Cu > Pb > Zn: Այս տարածքում ապրող երեխաների համար նույնպես ընդհանուր ոչ քաղցկեղածին քրոնիկ վտանգի ինդեքսի (THI_{nc}) արժեքները դիտակետերի մեծամասնությունում բարձր էին անվտանգ մակարդակից ($THI_{nc}>1$): Ընդհանուր առմամբ, կարելի է ասել, որ ուսումնասիրված երեք տարածքներում հանքերի շահագործումը բերել է ծանր մետաղներով հողերի զգալի աղտոտման, ինչը կարող է ոչ քաղցկեղածին և, որոշ դեպքերում էլ՝ քաղցկեղածին ռիսկեր առաջացնել բնակչության, մասնավորապես, այդ տարածքում ապրող երեխաների համար:

Հաշվի առնելով հանքարդյունաբերական շրջանների հողերի էկոլոգիական վիճակի վատթարացման փաստը՝ իրականացվել են հետազոտություններ առկա էկոլոգիական վիճակի բարելավման ուղիների բացահայտման համար: Քանի որ ֆիտոռեմեդիացիան բնապահպանական տեսանկյունից ընդունելի, *in situ* պայմաններում իրականացվելու հնարավորությամբ քիչ ծախսատար մեթոդ է, որը միևնույն ժամանակ կարող է դրական ազդեցություն ունենալ էկոհամակարգի կայունության վրա, հետազոտվել է Ջանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակայքի աղտոտված հողերում աճող վայրի բուսատեսակների պղնձի ֆիտոէքստրակցիայի և ֆիտոստաբիլիզացիայի ներուժը: Այդ նպատակով ուսումնասիրությունների համար ընտրվել են ծանր մետաղներով առավել աղտոտված երեք (Q-F-01 - N 39° 09,369', E 46° 08,430', Q-OM-03 - N 39° 09,135', E 46° 07,879', Q-F-11 - N 39° 09,241', E 46° 08,520') և մեկ ստուգիչ (Q-CONT - N 39° 13,018', E 46° 13,960') շրջանները: Յուրաքանչյուր տարածքից նմուշառվել են առավել տարածված բուսատեսակները և դրանց վերագետնյա ու ստորգետնյա մասերում ուսումնասիրվել է պղնձի պարունակությունը (նկար 1):

Q-F-01-ից նմուշառված բույսերի արմատներում պղնձի առավելագույն պարունակությունը նկատվել է *Thymus kotschyanus* բուսատեսակի մոտ (718 մգ/կգ), իսկ ցողունում՝ *Phleum pratense* բուսատեսակի մոտ (243 մգ/կգ): Q-OM-03-ից բույսերի արմատում պղնձի առավելագույն պարունակությունը նկատվել է *Achillea millefolium* բուսատեսակի մոտ (325 մգ/կգ), իսկ ցողունում՝ *Trifolium pratensis* բուսատեսակի մոտ

(100 մգ/կգ), Q-F-11 շրջանում՝ համապատասխանաբար *Thymus kotschyanus* (775 մգ/կգ) և *Tanacetum parthenium* բուսատեսակների (127 մգ/կգ) մոտ:



Նկար 1. Պղնձի պարունակությունները ստուգիչ և երեք ռիսկային տարածքներում աճող որոշ բուսատեսակների վերգետնյա և ստորգետնյա մասերում

Ուսումնասիրված բուսատեսակների *CC*-ի, *BCF*_{արմատի}-ի և *TF*-ի արժեքները ներկայացված են աղյուսակ 2-ում: Երեք աղտոտված շրջաններից նմուշառված 16 բուսատեսակների *BCF*_{արմատի}-ի և *TF*-ի հաշվարկներից պարզվել է, որ բուսատեսակները բավականին տարբերվում են պղնձ կուտակելու իրենց հատկություններով: *Thymus kotschyanus*, *Phleum pratense* և *Achillea millefolium* բուսատեսակները (կախված հողի բնութագրերից վերջինիս մոտ այս հատկությունը տարբեր շրջաններում տարբեր կերպ է դրսևորվել) ցուցադրել են իրենց արմատային հյուսվածքներում պղնձի ավելի մեծ կուտակման ընդունակություն, քան մյուս 13 բուսատեսակները, սակայն հարկ է նշել, որ բոլորն էլ լավ են աճել պղնձով աղտոտված տարածքներում: Այս բուսատեսակների մոտ նկատվել են նաև *TF*-ի փոքր արժեքներ, ինչն ավելի է լավացնում նշված բուսատեսակների ֆիտոտաքսիլոգացնող հատկությունները: Ֆիտոտաքսիլոգացիայի ներուժը ավելի մեծ է *Thymus kotschyanus* և *Phleum pratense* բուսատեսակների մոտ, քանի որ այս բույսերը բազմամյա են և ձևավորում են հզոր արմատային համակարգ: Ստուգիչ տարածքի հետ համեմատած, պղնձով աղտոտված տարածքներում աճող *Thymus kotschyanus* և *Achillea millefolium* բուսատեսակների մոտ նկատվել է *CC* արժեքների աննշան անկում, ինչը վկայում է այս բուսատեսակների բարձր հարմարվողականության մասին:

Ուսումնասիրված վայրերում աճող 16 բույսերի տեսակների CCI-ի, $BCF_{արմատ}$ -ի և TF-ի արժեքները

Բույսի անվանում	Q-CONT	Q-F-01			Q-OM-03			Q-F-11		
	CCI	CCI	$BCF_{արմատ}$	TF	CCI	$BCF_{արմատ}$	TF	CCI	$BCF_{արմատ}$	TF
<i>Artemisia vulgaris</i>	5,8	6,7	1,45	0,39	3,3	0,87	0,70	-	-	-
<i>Rosa canina</i>	5,2	-	-	-	4,7	0,73	0,71	-	-	-
<i>Tanacetum parthenium</i>	5,1	-	-	-	-	-	-	1,6	0,51	0,51
<i>Achillea millefolium</i>	1,8	1,4	0,86	0,61	1,9	3,94	0,16	1,4	0,37	0,59
<i>Melilotus officinalis</i>	43,2	-	-	-	19,2	0,79	0,77	-	-	-
<i>Sisymbrium loeselii</i>	24,3	28,5	1,44	0,47	7,8	1,21	0,60	-	-	-
<i>Thymus kotschyanus</i>	1,9	1,8	4,84	0,08	-	-	-	1,6	1,57	0,08
<i>Trifolium pratense</i>	41,5	-	-	-	19,4	1,87	0,65	-	-	-
<i>Hypericum perforatum</i>	-	-	-	-	1,4	0,67	1,27	-	-	-
<i>Tussilago farfara</i>	-	-	-	-	46,5	0,75	0,84	-	-	-
<i>Astragalus aureus</i>	-	1,5	1,28	0,42	-	-	-	1,7	0,63	0,34
<i>Astragalus uraniolimneus</i>	-	1,5	1,60	0,84	-	-	-	1,2	0,36	0,42
<i>Teucrium orientale</i>	-	1,4	0,77	0,29	-	-	-	-	-	-
<i>Phleum pratense</i>	-	1,5	4,64	0,35	-	-	-	1,9	1,11	0,15
<i>Sedum caucasicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	7,8	0,75	0,31
<i>Astrodaucus orientalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,7	0,12	1,19

Ուսումնասիրվել է նաև «Դարազամի» ռեկուլտիվացված պոչամբարի վրա գտնվող գյուղատնտեսական հողհանդակներում աճող որոշ մշակաբույսերի ֆիտոռեմեդիացիոն ներուժը: Այս նպատակով հետազոտվել են 8 մշակաբույսերի (գետնախնձոր, եգիպտացորեն, համեմ, սամիթ, սոխ, սխտոր, սպանախ, հազար) վերգետնյա և ստորգետնյա կենսազանգվածները և դրանցում պղնձի պարունակությունը: Յողունի թաց կենսազանգվածում պղնձի առավելագույն պարունակությունները նկատվել են սխտորի (13,7 մգ/կգ) և համեմի (12,2 մգ/կգ) մոտ, իսկ չոր կենսազանգվածում՝ սոխի (59 մգ/կգ), սխտորի (52 մգ/կգ) և սպանախի (51 մգ/կգ) մոտ: Արմատի թաց և չոր կենսազանգվածներում պղնձի առավելագույն պարունակությունները նկատվել են եգիպտացորենի (համապատասխանաբար՝ 36,4 և 85 մգ/կգ) և հազարի (համապատասխանաբար՝ 32,5 և 92,6 մգ/կգ) մոտ: Գյուղատնտեսական մշակաբույսերի ֆիտոռեմեդիացիայի ներուժի գնահատումը իրականացվել է երկու ցուցանիշների՝ $BCF_{արմատ}$ -ի և TF-ի միջոցով (աղյուսակ 3):

Հաշվի առնելով այն փաստը, որ եգիպտացորենի $BCF_{արմատ}$ -ի արժեքը բավականին մեծ է, այն ձևավորում է հզոր արմատային համակարգ և մինևույն ժամանակ դրա TF-ի արժեքը փոքր է, այս բույսը կարելի է օգտագործել ֆիտոռեմեդիացիայի նպատակով: Մասնավորապես, վերգետնյա մասը կարելի է օգտագործել գյուղատնտեսական նպատակով (պղնձի պարունակությունը չի գերազանցում ՍՌԽ-ն), իսկ ստորգետնյա մասը՝ հեռացնել տարածքից: Հազարի մոտ

ևս նկատվել է $BCF_{արմատ}$ -ի բարձր արժեք, սակայն վերջինիս արմատային համակարգը այնքան էլ հզոր չէ, ինչը նվազեցնում է հազարի ֆիտոտենեդիացիայի ներուժը:

Աղյուսակ 3

«Դարազամի» ռեկուլտիվացված պոչամբարում աճող գյուղատնտեսական մշակաբույսերի $BCF_{արմատ}$ -ի և TF -ի արժեքները

Բույսի անվանում	$BCF_{արմատ}$	TF
Եգիպտացորեն (<i>Zea mays</i>)	25,91	0,51
Գետնախնձոր (<i>Helianthus tuberosus</i>)	14,18	0,73
Համեմ (<i>Coriandrum sativum</i>)	11,43	1,27
Սամիթ (<i>Anethum graveolens</i>)	12,20	1,13
Սոխ (<i>Allium cepa</i>)	18,84	0,95
Սխտոր (<i>Allium sativum</i>)	13,72	1,16
Սպանախ (<i>Spinacia oleracea</i>)	14,33	1,09
Հազար (<i>Lactuca sativa</i>)	28,23	0,51

Բուսատեսակների ֆիտոտենեդիացիոն ներուժի բացահայտման համար իրականացվել են հետազոտություններ *ex situ* պայմաններում և այդ նպատակով առանձնացվել են էկոլոգիապես դիսկալին տարածքներում աճող 5 բուսատեսակներ՝ իշաուվոյտ (*Melilotus officinalis*), հավակատար (*Amaranthus retroflexus*), առլոյտ (*Medicago coerulea*), սովորական օշինդր (*Artemisia vulgaris*) և դառը օշինդր (*Artemisia absinthium*): Դրանց ֆիտոտենեդիացիոն ներուժը մեծացնելու համար կիրառվել են տարբեր քիմիական հավելումներ՝ ամոնիումի նիտրատ, EDTA, կիտրոնաթթու և խնձորաթթու: Առաջին չորս բուսատեսակների դեպքում որպես քիմիական հավելումներ կիրառվել են միայն ամոնիումի նիտրատը և EDTA-ն:

Հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ *Melilotus officinalis*, *Amaranthus retroflexus*, *Medicago coerulea* և *Artemisia vulgaris* բուսատեսակը ունակ են աճել աղտոտված հողում, սակայն այդ ընթացքում նկատվում է դրանց աճի ինտենսիվության և CCI -ի արժեքի որոշակի նվազում: Բույսերի աճի ինտենսիվությունը և CCI -ի արժեքը մասնակիորեն կարելի է վերականգնել ամոնիումի նիտրատի կիրառման միջոցով: Սակայն, այս չորս բույսերի դեպքում էլ պղինձը ինտենսիվորեն կուտակվում է արմատներում (108,65-ից 321 մգ/կգ) և շատ քիչ քանակությամբ է տեղափոխվում դեպի վերգետնյա օրգաններ (36,75-ից 69,75 մգ/կգ), ինչը նվազեցնում է ֆիտոէքստրակցիայի նպատակով այդ բույսերի կիրառման արդյունավետությունը (TF -ը կազմել է 0,18-ից 0,34): Հարկ է նշել, որ ամոնիումի նիտրատի կիրառման ժամանակ բոլոր բուսատեսակների ցողունների կենսազանգվածի ավելացման հաշվին արդյունավետությունը մասնակիորեն ավելանում է: Բույսերի ֆիտոէքստրակցիայի ներուժի ավելացման համար անհրաժեշտ է ամոնիումի նիտրատի հետ միաժամանակ կիրառել EDTA, ինչը կտրուկ բարձրացնում է այդ նպատակով բույսերի կիրառման արդյունավետությունը: Սրա արդյունքում պղնձի պարունակությունը վերգետնյա մասում կտրուկ բարձրացել է՝ հասնելով 361,9-ից 1888,33 մգ/կգ-ի (TF -ը կազմել է 1,48-ից 4,14): Նույնը չի կարելի ասել մոլիբդենի դեպքում, քանի որ քիմիական հավելումների կիրառումը չի բերում բույսերի վերգետնյա մասերում և արմատներում մոլիբդենի պարունակության էական փոփոխությունների (աղյուսակ 4):

Փորձերի արդյունքները թույլ են տալիս եզրակացնել, որ մոլիբդենով աղտոտված հողերի ֆիտոէքստրակցիայի նպատակով *Melilotus officinalis*, *Amaranthus retroflexus*, *Medicago coerulea* և *Artemisia vulgaris* բույսերի անեցման ժամանակ նպատակահարմար չէ լրացուցիչ որևէ խելատացնող նյութի օգտագործումը, իսկ պղնձի դեպքում՝ ֆիտոէքստրակցիայի գործընթացի արդյունավետության բարձրացման համար անհրաժեշտ է օգտագործել խելատացնող նյութեր, մասնավորապես՝ EDTA:

Աղյուսակ 4

Պղնձի և մոլիբդենի պարունակությունը բույսերի չոր կենսազանգվածում

Բույսի անվանում	Ստուգիչ հող		Աղտոտված հող		Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող)		Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող) + EDTA (5 մմոլ/կգ հող)	
	վերգետ. մաս	արմատ	վերգետ. մաս	արմատ	վերգետ. մաս	արմատ	վերգետ. մաս	արմատ
Cu մգ/կգ								
<i>Melilotus officinalis</i>	12,6	27,7	29,1	368,5	69,75	321	1043,33	704,67
<i>Amaranthus retroflexus</i>	22	22	52,7	140,95	43,85	187	908,67	191
<i>Artemisia vulgaris</i>	10,1	22,8	30,4	337,5	36,75	108,65	361,9	212,87
<i>Medicago coerulea</i>	13,2	13,2	68,9	168,5	48,6	264,5	1888,33	456,33
Mo մգ/կգ								
<i>Melilotus officinalis</i>	48	հետքեր	181	315	146	345	212	259
<i>Amaranthus retroflexus</i>	հետքեր	հետքեր	166	155	128	125	258	211
<i>Artemisia vulgaris</i>	հետքեր	48	159	308	159	321	207	135
<i>Medicago coerulea</i>	49	հետքեր	234	165	127	245	239	387

Դառը օշինդրի դեպքում որպես քիմիական հավելումներ տրվել են ամոնիումի նիտրատը, EDTA-ն, կիտրոնաթթու և խնձորաթթուն: *Ex situ* պայմաններում փորձերը իրականացվել են 11 սխեմաներով (աղյուսակ 5):

Ինչպես ցույց են տվել տարբեր հետազոտողների և մեր կողմից նախկինում իրականացված ուսումնասիրությունները, սովորաբար պղինձը ավելի բարձր պարունակություններով կուտակվում է արմատներում, քան վերգետնյա օրգաններում: Նմանատիպ օրինաչափություն նկատվել է նաև այս հետազոտությունում, մասնավորապես, պղնձով աղտոտված հողում (սխեմա 2) անեցված *Artemisia absinthium* բուսատեսակի արմատներում ստուգիչի հետ համեմատած (սխեմա 1) պղնձի պարունակությունը գերազանցել է մոտ 5,3 անգամ (համապատասխանաբար՝ 360,0 և 68,3 մգ/կգ), մինչդեռ վերգետնյա մասում՝ ընդամենը 1,8 անգամ (համապատասխանաբար՝ 60,96 և 33,8 մգ/կգ): Վերգետնյա մասում պղնձի պարունակության ավելացման համար անհրաժեշտ է կիրառել քիմիական հավելումներ: Ինչպես պարզվել է հետազոտությունների արդյունքում, օգտագործված քիմիական հավելումները չեն բերել արմատներում պղնձի պարունակության էական ավելացման, շատ դեպքերում նկատվել է նույնիսկ հակառակ երևույթը, այսինքն՝ տեղի է ունեցել արմատներում պղնձի պարունակության նվազում: Դա պայմանավորված չէ

քիմիական հավելումների կիրառման հետևանքով պղնձի կենսամատչելիության նվազմամբ, հակառակը, պղնձի կենսամատչելիությունը ավելացել է, և դրան զուգահեռ նաև ինտենսիվացել է դեպի վերգետնյա մաս պղնձի տեղափոխման գործընթացը: Արա արդյունքում չորրորդից տասնմեկերորդ սխեմաներով աճեցված *Artemisia absinthium* բուսատեսակի վերգետնյա մասերում նկատվել է պղնձի պարունակության կտրուկ աճ (109,44-ից 386,4 մգ/կգ):

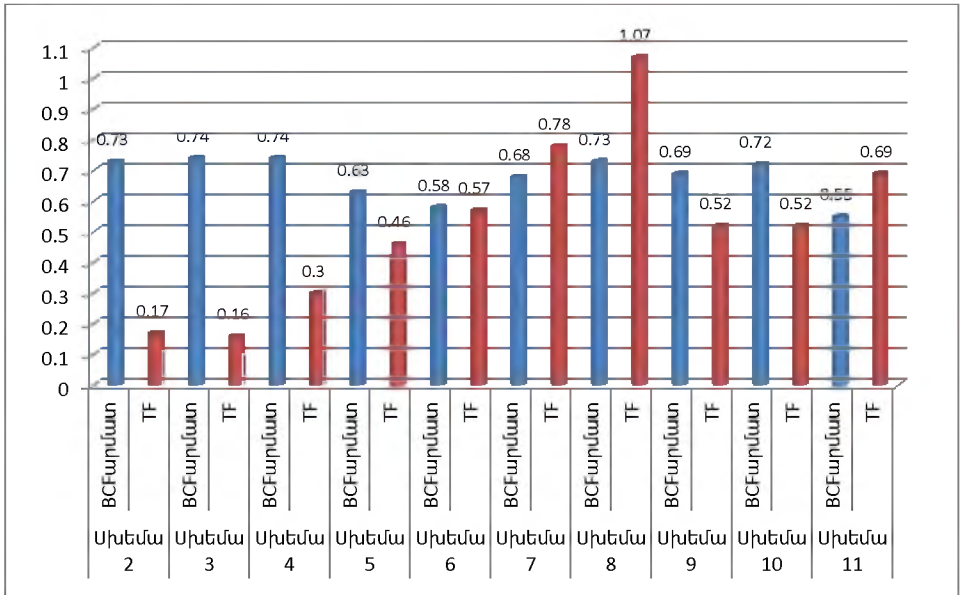
Աղյուսակ 5

Ex situ պայմաններում իրականացված փորձի սխեմաների նկարագիրը

Փորձի սխեմայի համար	Փորձի սխեմայի նկարագիր
1	Ստուգիչ հող
2	Աղտոտված հող
3	Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող)
4	Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող) + կիտրոնաթթու (5 մմոլ/կգ հող)
5	Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող) + խնձորաթթու (5 մմոլ/կգ հող)
6	Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող) + EDTA (0,5 մմոլ/կգ հող)
7	Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող) + EDTA (1 մմոլ/կգ հող)
8	Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող) + EDTA (2 մմոլ/կգ հող)
9	Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող) + EDTA (0,5 մմոլ/կգ հող) + կիտրոնաթթու (5 մմոլ/կգ հող)
10	Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող) + EDTA (0,5 մմոլ/կգ հող) + խնձորաթթու (5 մմոլ/կգ հող)
11	Աղտոտված հող + NH ₄ NO ₃ (0,1 գ/կգ հող) + կիտրոնաթթու (2,5 մմոլ/կգ հող) + խնձորաթթու (2,5 մմոլ/կգ հող)

Artemisia absinthium բուսատեսակի ֆիտոռեմեդիացիայի ներուժի գնահատումը իրականացվել է երկու ցուցանիշների՝ $BCF_{արմատ}$ -ի և TF -ի միջոցով: Հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ *Artemisia absinthium* բուսատեսակի ֆիտոստաբիլիզացիայի առավել բարձր ներուժ նկատվել է փորձի երրորդ սխեմայում (նկար 2), որտեղ $BCF_{արմատ}$ -ի առավել բարձր արժեքը (0,74) զուգակցվել է արմատների առավել մեծ կենսազանգվածով (ստուգիչի հետ համեմատած չոր կենսազանգվածը կազմել է 91%): TF -ի առավել բարձր արժեքները նկատվել են յոթերորդ և ութերորդ սխեմաներում (համապատասխանաբար՝ 0,78 և 1,07), սակայն, այս սխեմաներում նկատվել էր *Artemisia absinthium* բուսատեսակի վերգետնյա մասի չոր կենսազանգվածի առավել շատ նվազում (ստուգիչի հետ համեմատած չոր կենսազանգվածը կազմել է համապատասխանաբար 58 և 51,5%): Ինչպես երևում է նկար 2-ում, բույսին տրվող EDTA-ի քանակի ավելացմանը զուգահեռ նկատվում է $BCF_{արմատ}$ -ի և TF -ի արժեքների ավելացում, սակայն միաժամանակ նկատվում է արմատների և վերգետնյա մասի չոր կենսազանգվածի ավելի շատ նվազում: Վերջինիս հետևանքով նվազում է նաև մեկ բույսի միջոցով հողից դուրս բերվող պղնձի քանակը: TF -ի երրորդ առավել բարձր արժեքը (0,69) նկատվել է տասնմեկերորդ սխեմայում, որտեղ նկատվել էր նաև վերգետնյա մասի չոր կենսազանգվածի

համեմատաբար քիչ նվազում (ստուգիչի հետ համեմատած չոր կենսազանգվածը կազմել է 74,7%):



Նկար 2. *Artemisia absinthium* բուսատեսակի BCF_{արմատ}-ի ու TF-ի արժեքները փորձի տարբեր սխեմաներում

Այսպիսով, հիմնվելով կատարված հետազոտությունների վրա, կարելի է ասել, որ պղնձով աղտոտված հողերը ֆիտոստաբիլիզացիայի մեթոդով բարելավելու դեպքում *Artemisia absinthium* բուսատեսակը կարելի է աճեցնել առանց քիմիական հավելումների կիրառման, քանի որ այս բուսատեսակը, լինելով բազմամյա խոտաբույս, կարող է արմատներում համեմատաբար բարձր խտությամբ պղնձ կուտակել և միևնույն ժամանակ այն քիչ տեղափոխել վերգետնյա մաս: Ի տարբերություն ֆիտոստաբիլիզացիայի մեթոդի, ֆիտոէքստրակցիայի մեթոդով պղնձով աղտոտված հողերի բարելավման համար անհրաժեշտ է օգտագործել քիմիական հավելումներ: Համադրելով բույսի վրա քիմիական հավելումների ունեցած ազդեցությունները (արմատներով կլանում, տեղափոխում վերգետնյա մաս, աճի ինտենսիվության ճնշում), ինչպես նաև EDTA-ի հավանական բացասական ազդեցությունը շրջակա միջավայրի վրա, միանշանակորեն կարելի է ասել, որ ֆիտոէքստրակցիայի մեթոդով *Artemisia absinthium* բուսատեսակի միջոցով պղնձով աղտոտված հողերի բարելավման առավել նպատակահարմար սխեման տասնմեկերորդն է, որտեղ բույսերի աճը խթանող NH₄NO₃-ի կիրառումը զուգակցվում է կիտրոնաթթվի և խնձորաթթվի համատեղ կիրառմամբ:

ԳԼՈՒԽ 4. ԿԻՍԱԶՈՐԱՅԻՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՀՈՂԱՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ԱՂԱԿԱԼՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՎ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄԸ

Մասիսի տարածաշրջանը գտնվում է Արարատյան դաշտի կենտրոնական մասում: Մասիսի տարածաշրջանի որոշ տարածքներում տեղի է ունենում հողերի աղակալման գործընթաց, որն առաջացել է ինչպես բնական, այնպես էլ մարդածին գործոններով: Այն հանդիսանում է Մասիսի տարածաշրջանի կարևորագույն էկոլոգիական խնդիրներից մեկը, քանի որ շրջակա միջավայրի վիճակը և գյուղատնտեսության կայուն զարգացումը այս տարածաշրջանում լրջորեն խախտված են: Հաշվի առնելով վերը նշվածը, ոռոգման սեզոնի սկզբում և վերջում ուսումնասիրվել է Մասիսի տարածաշրջանի գյուղատնտեսական տարածքների հողերի աղակալվածության աստիճանը: Հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ գարնանը հողի ջրային քաշվածքի $EC_{1.5}$ -ի միջին արժեքները հողաշերտի խորությանը զուգընթաց մեծացել են: $EC_{1.5}$ -ի միջին նվազագույն արժեքը նկատվել է 0-10 սմ հողաշերտում (0,3772 դՍմ/մ), իսկ միջին առավելագույն արժեքը՝ 60-100 սմ հողաշերտում (0,4416 դՍմ/մ): Աշնանը արդեն նկատվել է հակառակ պատկերը. խորությանը զուգընթաց նկատվել է $EC_{1.5}$ -ի արժեքի նվազում և 0-10 սմ հողաշերտում նկատվել է միջին առավելագույն արժեքը (0,6696 դՍմ/մ), իսկ 60-100 սմ հողաշերտում՝ միջին նվազագույն արժեքը (0,4073 դՍմ/մ): Աղակալման գործընթացի դինամիկան ավելի ակնառու դարձնելու համար, մեր կողմից իրականացվել է նաև հողերի աղակալվածության աստիճանի գնահատում (աղյուսակ 6): Համեմատելով ոռոգման սեզոնի ընթացքում հողի տարբեր հորիզոնների աղակալվածության աստիճանի դինամիկան, կարելի է միանշանակորեն ասել, որ հողի վերին հորիզոններում (0-10 սմ և 10-30 սմ) տեղի է ունեցել հեշտ լուծվող աղերի ինտենսիվ կուտակում, միջին հորիզոնում (30-60 սմ) աղերի կուտակման գործընթացը կատարվել է ավելի փոքր ինտենսիվությամբ, խորը հորիզոնում (60-100 սմ) այս գործընթացը գրեթե դադարել է, իսկ որոշ դիտակետերում նույնիսկ տեղի է ունեցել հողի աղազերծում, հետևաբար նաև՝ այդ հողաշերտի աղակալվածության աստիճանի նվազում:

Ընդհանրացնելով հետազոտությունների արդյունքները, կարելի եզրահանգել, որ վատորակ ոռոգման ջրերի և ավանդական ոռոգման համակարգերի շարունակական օգտագործումը կարող է բերել Մասիսի տարածաշրջանի գյուղատնտեսական հողատարածքների աղակալմանը, հետևաբար նաև՝ արտադրողականության անկմանը և վերջնական արդյունքում հողերի դեգրադացմանը: Կախված կոնկրետ տարածքի առանձնահատկություններից, ավելի լավ որակի ոռոգման ջրի աղբյուրների հայթայթումը, անցումը կաթիլային ոռոգման համակարգին (ոռոգման սեզոնի ընթացքում ավելի քիչ քանակությամբ կկուտակվեն աղեր, իսկ տեղումների միջոցով հողերի բնական լվացումը կլինի ավելի լիարժեք) և գրունտային ջրերի մակարդակի իջեցումը հանդիսանում են հրատապ միջոցառումներ՝ հողերի աղակալման գործընթացը կանգնեցնելու և դրանք բարելավելու համար:

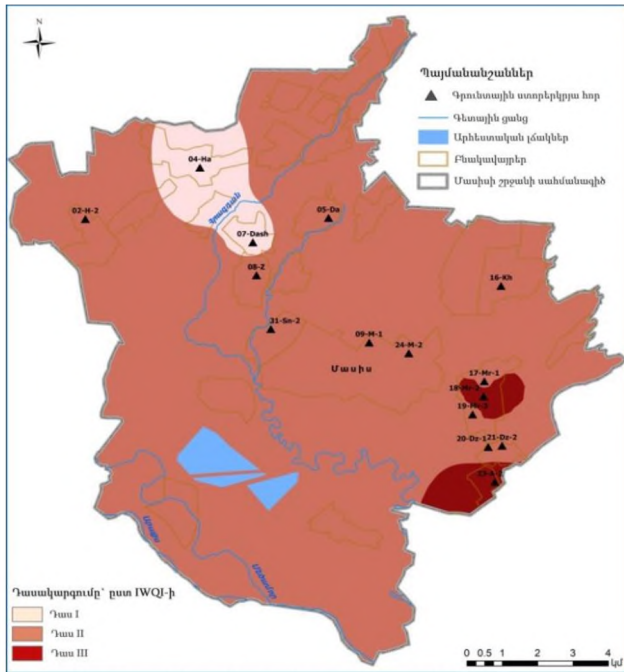
Հոդանունների արական աստիճանի աստիճանը

Նմուշ	Արական աստիճանի աստիճան (գարուն)	Արական աստիճանի աստիճան (աշուն)	Նմուշ	Արական աստիճանի աստիճան (գարուն)	Արական աստիճանի աստիճան (աշուն)
01 H/1 (0-10)	թույլ արական	թույլ արական	17 Mar-1/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական
01H/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական	17 Mar-3/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական
01H/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական	17 Mar-1/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական
01H/1 (60-100)	չափավոր արական	թույլ արական	17 Mar-1/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական
02H/1 (0-10)	թույլ արական	թույլ արական	18 Mar-2/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական
02H/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական	18 Mar-2/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական
02H/1 (30-60)	չաղական	չաղական	18 Mar-2/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական
02H/1 (60-100)	չաղական	չաղական	18 Mar-2/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական
03H/1 (0-10)	չաղական	թույլ արական	19 Mar-3/1 (0-10)	թույլ արական	թույլ արական
03H/1 (10-30)	չաղական	չաղական	19 Mar-3/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական
03H/1 (30-60)	չաղական	չաղական	19 Mar-3/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական
03H/1 (60-100)	չաղական	չաղական	19 Mar-3/1 (60-100)	-	-
04Ha/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական	20 Dz-1/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական
04Ha/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական	20 Dz-1/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական
04Ha/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական	20 Dz-1/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական
04Ha/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական	20 Dz-1/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական
05 Da/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական	21 Dz-2/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական
05 Da/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական	21 Dz-2/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական
05 Da/1 (30-60)	չաղական	թույլ արական	21 Dz-2/1 (30-60)	թույլ արական	չափավոր արական
05 Da/1 (60-100)	չաղական	թույլ արական	21 Dz-2/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական
07 Dash/1 (0-10)	չաղական	չափավոր արական	22 A-1/1 (0-10)	չաղական	թույլ արական
07 Dash/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական	22 A-1/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական
07 Dash/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական	22 A-1/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական
07Dash/1(60-100)	թույլ արական	թույլ արական	22 A-1/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական
08 Z/1 (0-10)	չաղական	չափավոր արական	23 A-2/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական
08 Z/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական	23 A-2/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական
08 Z/1 (30-60)	թույլ արական	չափավոր արական	23 A-2/1 (30-60)	չափավոր արական	չափավոր արական
08 Z/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական	23 A-2/1 (60-100)	չափավոր արական	թույլ արական
09 M/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական	24 M-2/1 (0-10)	չաղական	չափավոր արական
09 M/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական	24 M-2/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական
09 M/1 (30-60)	չափավոր արական	թույլ արական	24 M-2/1 (30-60)	թույլ արական	չափավոր արական
09 M/1 (60-100)	չափավոր արական	թույլ արական	24 M-2/1 (60-100)	թույլ արական	չափավոր արական
10 R-1/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական	26 Sip-2/1 (0-10)	չաղական	թույլ արական
10 R-1/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական	26 Sip-2/1 (10-30)	չաղական	թույլ արական
10 R-1/1 (30-60)	չափավոր արական	չափավոր արական	26 Sip-2/1 (30-60)	չաղական	թույլ արական
10 R-1/1 (60-100)	չափավոր արական	թույլ արական	26 Sip-2/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական
11 R-2/1 (0-10)	չափավոր արական	ուժեղ արական	28 Sis-1/1 (0-10)	չաղական	թույլ արական
11 R-2/1 (10-30)	չափավոր արական	չափավոր արական	28 Sis-1/1 (10-30)	չաղական	թույլ արական
11 R-2/1 (30-60)	չափավոր արական	չափավոր արական	28 Sis-1/1 (30-60)	թույլ արական	չաղական
11 R-2/1 (60-100)	չաղական	թույլ արական	28 Sis-1/1 (60-100)	չաղական	թույլ արական
13 R-3-2/1 (0-10)	թույլ արական	չափավոր արական	29 Sis-2/1 (0-10)	չափավոր արական	ուժեղ արական
13 R-3-2/1 (10-30)	թույլ արական	չափավոր արական	29 Sis-2/1 (10-30)	չափավոր արական	ուժեղ արական
13 R-3-2/1(30-60)	թույլ արական	չափավոր արական	29 Sis-2/1 (30-60)	թույլ արական	չափավոր արական
13R-3-2/1(60-100)	թույլ արական	թույլ արական	29 Sis-2/1 (60-100)	չափավոր արական	չափավոր արական
14 N-1/1 (0-10)	թույլ արական	թույլ արական	30 S-N-1/1 (0-10)	չաղական	չափավոր արական
14 N-2/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական	30 S-N-1/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական
14 N-1/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական	30 S-N-1/1 (30-60)	թույլ արական	չաղական
14 N-1/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական	30 S-N-1/1(60-100)	թույլ արական	թույլ արական
15 N-2/1 (0-10)	թույլ արական	թույլ արական	31 S-N-2/1 (0-10)	թույլ արական	թույլ արական
15 N-2/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական	31 S-N-2/1 (10-30)	թույլ արական	թույլ արական
15 N-2/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական	31 S-N-2/1 (30-60)	թույլ արական	թույլ արական
15 N-2/1 (60-100)	թույլ արական	չաղական	31 S-N-2/1 (60-100)	թույլ արական	թույլ արական

Ստորերկրյա ջրերը աշխարհի շատ վայրերում, այդ թվում նաև՝ Արարատյան դաշտում, ոռոգման ջրերի կարևոր աղբյուր են հանդիսանում: Սակայն, կարևոր է ոչ միայն ստորերկրյա ջրերի առկայությունը, այլև դրանց բավարար որակը՝ ոռոգման նպատակով օգտագործելու համար: Մասիսի տարածաշրջանում հողերի ոռոգման համար օգտագործվում են ինչպես ոչ ճնշումային (մինչև 60 մետր խորության), այնպես էլ՝ ճնշումային հորիզոնի (80 մետրից խորը) ստորերկրյա ջրերը:

Հաշվի առնելով այն փաստը, որ վատորակ ջրերով ոռոգումը կարող է բերել հողերի աղակալմանը, մեր կողմից իրականացվել է նաև ուսումնասիրված հողատարածքների ոռոգման համար օգտագործվող ստորերկրյա ջրերի ոռոգելի հատկությունների գնահատում: Այս նպատակով օգտվել ենք ինչպես ավանդական մեթոդներից, որոնք տվել են տարաբնույթ, երբեմն նաև հակադիր գնահատականներ, այնպես էլ՝ մեր կողմից կողմից Արարատյան դաշտի համար ադապտացված ոռոգման ջրերի որակի ցուցանիշից (*IWQI*): Գյուղատնտեսության ոլորտի աշխատողների համար ամենամեծ խնդիրներից մեկը, որին մշտապես բախվում են, այն է, թե ինչպես վերլուծել ոռոգման պիտանիությունը նկարագրող՝ ստորերկրյա ջրերի որակի վերաբերյալ տարբեր տվյալները և ինչպես ընտրել այն ջրհորները, որոնց ջուրն առավել անվտանգ է ոռոգման նպատակով օգտագործելու տեսանկյունից: Այս հարցի լավ լուծում կարող է լինել *IWQI*-ը, որը ջրի որակի ճիշտ հաշվարկված, համակցված ցուցանիշ է, որն ընդգրկում է բարդ տվյալների լայն տիրույթ և կարող է մեկ արժեքի միջոցով տալ ոռոգման նպատակով օգտագործվող ստորերկրյա ջրերի որակի հստակ գնահատականը: Ուսումնասիրության ողջ ժամանակահատվածում ոչ ճնշումային հորիզոնի տարբեր ջրհորների ստորերկրյա ջրերի *IWQI*-ի միջին արժեքները տատանվել է 46,30-83,45-ի սահմաններում (բոլոր ջրհորների միջին արժեքը՝ 71,50), իսկ ճնշումային հորիզոնի տարբեր ջրհորների ստորերկրյա ջրերում՝ 56,88-88,40 միջակայքում (բոլոր ջրհորների միջին արժեքը՝ 77,78): *IWQI*-ի գնահատման սանդղակի համաձայն, Մասիսի տարածաշրջանի ոչ ճնշումային հորիզոնի ստորերկրյա ջրերը պատկանում են հետևյալ կատեգորիաներին. ջրհորների 13,3%-ը պատկանում են I դասին, ջրհորների 73,4%-ը պատկանում է II դասին, ջրհորների 13,3%-ը պատկանում է III դասին, իսկ ճնշումային հորիզոնի ստորերկրյա ջրերի դեպքում ջրհորների 58,4%-ը պատկանում է I դասին, ջրհորների 33,3%-ը պատկանում է II դասին, ջրհորների 8,3%-ը պատկանում է III դասին: Հարկ է նշել, որ ոչ ճնշումային հորիզոնի գրեթե բոլոր ջրհորների ստորերկրյա ջրերի ոռոգելի հատկությունները բնութագրող գործոնների չորս խմբերից, առաջին և երկրորդ խմբերի գործոնները, որոնք ազդում են հողի աղակալվածության և հողի ինֆիլտրացիոն բնութագրերի վրա, առավել շատ են նվազել իրենց առավելագույն արժեքներից (մոտ 30%), և այդ գործոնները *IWQI*-ի անկման հիմնական պատճառն են հանդիսանում: Իրավիճակը մի փոքր այլ է ճնշումային հորիզոնի ջրհորների դեպքում: Չորրորդ խմբի գործոնները, որոնք տարբեր ձևերով ազդում են բույսերի վրա, առավել շատ են նվազել իրենց առավելագույն արժեքից (մոտ 33%-ով): Սակայն, քանի որ չորրորդ խմբի *W⁴*-ն փոքր է, դա զգալի բացասական ազդեցություն չի ունեցել ոռոգման ջրի որակի վրա: Ավելին, չնայած այն հանգամանքին, որ առաջին խմբի գործոնների արժեքները քիչ են նվազել

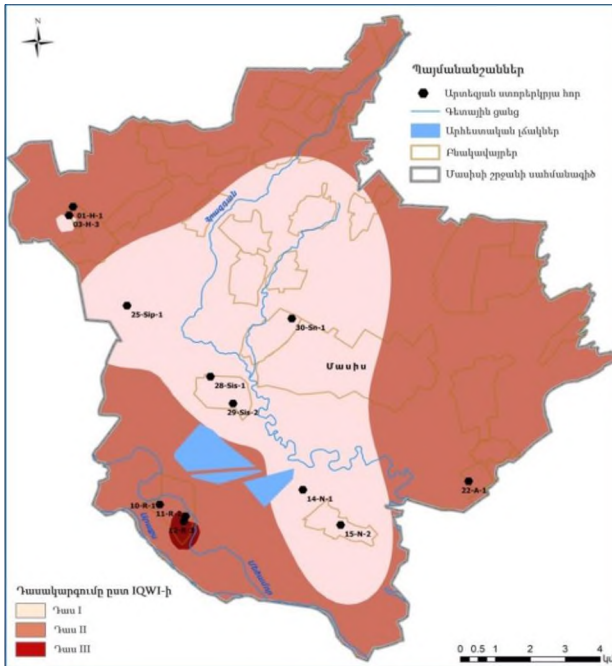
իրենց առավելագույն արժեքներից (մոտ 16%-ով), *WF*-ի բարձր արժեքի պատճառով դա զգալի բացասական ազդեցություն է ունեցել ոռոգման ջրի որակի վրա: Գործոնների երկրորդ խումբը, որոնք ազդում են հողի ինֆիլտրացիոն բնութագրերի վրա, նույնպես մեծ ազդեցություն է ունեցել ջրի որակի վատթարացման վրա: Գործոնների այս խմբի արժեքները նվազել են իրենց առավելագույնից միջինը մոտ 29%-ով:



Նկար 3. Մասիսի տարածաշրջանի ոչ ճնշումային հորիզոնի ստորերկրյա ջրերի որակի տարածական բաշխումը՝ ըստ *IWQI*-ի արժեքների

IWQI-ի տարածական փոփոխությունը, որը որոշվել է *IDW* ինտերպոլացիայի մեթոդով, ներկայացված է նկարներ 3-ում և 4-ում: Երկրավիճակագրական վերլուծությամբ պարզվել է, որ Մասիսի տարածաշրջանում, ըստ *IWQI*-ի, ոչ ճնշումային և ճնշումային հորիզոնների ստորերկրյա ջրերը բաժանված են 3 գոտիների: Ինչպես երևում է քարտեզներից, ոչ ճնշումային հորիզոնի գերազանց որակի ստորերկրյա ջրերը գտնվում են հիմնականում տարածաշրջանի հյուսիս-արևմուտքում, մինչդեռ ճնշումային հորիզոնի նույն որակի ստորերկրյա ջրերը գտնվում են հիմնականում Մասիսի տարածաշրջանի կենտրոնական մասում և արևմտյան մասի մի փոքր տարածքում: Քարտեզներից նաև հստակ երևում է, որ ճնշումային հորիզոնի գերազանց որակի ստորերկրյա ջրերի զբաղեցրած տարածքն անհամեմատ ավելի մեծ է, քան ոչ ճնշումային հորիզոնի նույն որակի ստորերկրյա ջրերի զբաղեցրած տարածքը: III դասին պատկանող ստորերկրյա ջրերը Մասիսի տարածաշրջանում զբաղեցնում են ընդամենը մի փոքր տարածք, և այդ ջրերը ոռոգման համար

օգտագործելու դեպքում անհրաժեշտ է զուգահեռաբար իրականացնել որոշակի կանխարգելիչ միջոցառումներ (ոռոգման առավել արդյունավետ մեթոդների կիրառում, հողի լավ լվացման ռեժիմ, դրենաժ), Մասիսի տարածաշրջանի հողերի երկրորդային աղակալումից խուսափելու համար:



Նկար 4. Մասիսի տարածաշրջանի ճնշումային հորիզոնի ստորերկրյա ջրերի որակի տարածական բաշխումը՝ ըստ *I/QWI*-ի արժեքների

Հարկ է նշել, որ ստորերկրյա ջրերի որակի վատթարացումը պայմանավորված է ուսումնասիրված տարածքի կլիմայական (սակավ տեղումներ, ինտենսիվ գոլորշիացում) և հիդրոերկրաբանական առանձնահատկություններով, ինչպես նաև՝ տարածաշրջանում իրականացվող ինտենսիվ և ոչ ճիշտ գյուղատնտեսական աշխատանքներով: Այս առումով, լավագույն արդյունքի հասնելու համար տեղի ֆերմերների ներգրավումը աղակալման դեմ պայքարին ուղղված գործողություններում շատ կարևոր է, քանի որ նրանք կարող են դառնալ տարածաշրջանի բնապահպանական խնդիրների տեխնիկական լուծումների հիմնական նախաձեռնողները:

Այսպիսով, *I/QWI*-ի մեթոդի միջոցով հնարավոր է իրականացնել ոռոգման նպատակով օգտագործվող Մասիսի տարածաշրջանի ստորերկրյա ջրերի որակի գնահատում՝ դրանց տալով մեկ միասնական գնահատական, և խուսափել տարաբնույթ գնահատականներից, որոնք ստացվում են ավանդական գնահատման մեթոդների կիրառման ժամանակ:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Շրջակա միջավայրի վրա մարդածին գործոնի աճող ծավալները բերել են Հայաստանի Հանրապետության մի շարք շրջանների հողերի էկոլոգիական վիճակի վատթարացմանը: Ուսումնասիրված տարածքների համալիր գնահատման արդյունքում բացահայտվել են մի շարք օրինաչափություններ, որոնք կարող են հիմք հանդիսանալ էկոլոգիական ռիսկի գնահատմանը և դրա նվազեցմանն ուղղված միջոցառումների մշակման համար:

1. Հանքարդյունաբերական գործունեության հետևանքով Հայաստանի Հանրապետության տարբեր շրջաններում (Զանգեզուրի պղնձամոլիբդենային, Կապանի լեռնահարստացման, Ագարակի պղնձամոլիբդենային, Ախթալայի լեռնահարստացուցիչ կոմբինատների և Դաստակերտի պղնձամոլիբդենային հանքավայրի շրջակա հողատարածքներում) բացահայտվել է ծանր մետաղներով աղտոտում և դրանից բխող էկոլոգիական ռիսկերի մեծացում: Պղինձը, մոլիբդենը, արսենը, կապարը, կադմիումը հանդիսանում են հիմնական աղտոտող մետաղներ:

2. Զանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակայքի աղտոտված հողերում մոլիբդենի պարունակության ավելացումը (միջինում ստուգիչին գերազանցել է մինչև 20 անգամ) բերում է հողում երկշղթա ԴՆԹ-ի պարունակության և բետա-գլյուկոզիդազ, խիտինազ, լեյցին-ամինոպեպտիդազ, թթվային ֆոսֆոմոնոէստերազ, հիմնային ֆոսֆոմոնոէստերազ, արիլսուլֆատազ ֆերմենտների ակտիվության ավելացմանը, իսկ այդ մետաղի պարունակության հետագա ավելացումը (միջինում ստուգիչին գերազանցել է 36 անգամ և ավելի) առաջացնում է հակառակ ազդեցություն:

3. Զանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակայքի հողերի պղնձով աղտոտումը (միջինում ստուգիչին գերազանցել է 6,8 անգամից ավելի) բերում է հողում երկշղթա ԴՆԹ-ի պարունակության և բետա-գլյուկոզիդազ, խիտինազ, լեյցին-ամինոպեպտիդազ, թթվային ֆոսֆոմոնոէստերազ, հիմնային ֆոսֆոմոնոէստերազ, արիլսուլֆատազ ֆերմենտների ակտիվության նվազմանը:

4. Լաբորատոր պայմաններում իրականացված մոդելային փորձերի միջոցով առաջին անգամ բացահայտվել է, որ CuO-ի նանոմասնիկների բարձր պարունակությունը ճնշում է *Hordeum sativum* բուսատեսակի աճը՝ ազդելով արմատների և ցողունի ծախսության, անատոմիայի, ուլտրակառուցվածքի վրա, ինչպես նաև տրանսպիրացիայի ու ֆոտոսինթեզի ինտենսիվության վրա:

5. Բացահայտվել է, որ Զանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի մոտակայքում աճող վայրի բույսերից *Thymus kotschyanus* ու *Phleum pratense* բուսատեսակներն ունեն ֆիտոստաբիլիզացիայի մեծ ներուժ և կարող են օգտագործվել պղնձով աղտոտված հողերի բարելավման նպատակով:

6. Ուսումնասիրելով տարբեր մշակաբույսերի (գետնախնձոր, եգիպտացորեն, համեմ, սամիթ, սոխ, սխտոր, սպանախ, հազար) ընդհանուր կենսազանգվածը, աճի ինտենսիվության ցուցանիշները և պղինձ կուտակելու ունակությունը՝ պարզվել է, որ ֆիտոռեմեդիացիայի առավել մեծ ներուժով օժտված է եգիպտացորենը: Վերջինս

նպատակահարմար է օգտագործել գյուղատնտեսական հողատարածքների բարելավման համար:

7. Բացահայտվել է, որ *Melilotus officinalis*, *Amaranthus retroflexus*, *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակների կիրառմամբ ֆիտոէքստրակցիայի մեթոդով պղնձով աղտոտված հողերի բարելավման համար նպատակահարմար է օգտագործել քիմիական հավելումներ՝ NH_4NO_3 և EDTA: Մոլիբդենով աղտոտված հողերի բարելավման համար նշված քիմիական հավելումների օգտագործումը ցածր արդյունավետության պատճառով նպատակահարմար չէ:

8. Առաջին անգամ պարզվել է, որ խնձորաթթուն ու կիտրոնաթթուն, որպես կենսաքայքայվող և էկոլոգիապես անվտանգ խելատացնող նյութեր, նպատակահարմար է համատեղ օգտագործել ֆիտոէքստրակցիայի մեթոդով պղնձով աղտոտված հողերի բարելավման համար: Այդ նյութերի ու բույսերի աճը խթանող՝ NH_4NO_3 -ի համատեղ կիրառումը կտրուկ բարձրացնում է աղտոտված հողում աճող *Artemisia absinthium* բուսատեսակի ֆիտոէքստրակցիայի ներուժը (մոտ 6,5%-ով ավելացնում է վերգետնյա կենսազանգվածը և 3,1 անգամ՝ պղնձի պարունակությունը):

9. Մեր կողմից Արարատյան դաշտի համար ադապտացված ոռոգման ջրերի որակի ցուցանիշը (*IWQI*) կարող է կիրառվել ստորերկրյա ջրերի ոռոգելի հատկությունների գնահատման համար նաև այլ տարածքներում: Ի տարբերություն ավանդական մեթոդների, որոնք տալիս են տարաբնույթ գնահատականներ, ադապտացված ցուցանիշով կարելի է համալիր կերպով բնութագրել ստորերկրյա ջրերի ոռոգելի հատկությունները:

10. Հիմնվելով *IWQI* մեթոդով Մասիսի տարածաշրջանի ստորերկրյա ջրերի ոռոգելի հատկությունների գնահատման վրա, եզրահանգել ենք, որ ընդհանուր առմամբ ճնշումային հորիզոնի (80 մետրից խորը) ստորերկրյա ջրերը ունեն ավելի լավ որակ, քան ոչ ճնշումային հորիզոնի (մինչև 60 մետր խորության) ստորերկրյա ջրերը:

11. Հակադարձ միջին կշռված տարածության (*IDW*) ինտերպոլյացիայի մեթոդով երկրափճակագրական վերլուծությունից պարզվել է, որ Մասիսի տարածաշրջանում, ըստ *IWQI*-ի գնահատման, համեմատաբար վատ որակի (III դաս - թույլատրելի) պատկանող ոչ ճնշումային հորիզոնի ստորերկրյա ջրերը փոքր տարածքներով գտնվում են արևելյան մասում, իսկ ճնշումային հորիզոնում՝ հարավ-արևմտյան մասում:

12. Բացահայտվել է, որ Մասիսի տարածաշրջանում ոռոգման սեզոնի ընթացքում համեմատաբար վատորակ ստորերկրյա ջրերի կիրառման դեպքում հողի վերին հորիզոններում (0-10 սմ և 10-30 սմ) տեղի է ունենում հեշտ լուծվող աղերի ինտենսիվ կուտակում, որը շարունակական բնույթ կրելու դեպքում կարող է բերել հողերի աղակալմանը:

Այսպիսով, հիմք ընդունելով գիտական և գործնական նշանակություն ունեցող եզրահանգումները և հիմնվելով մեր կողմից մշակված՝ հողերի որակի բարելավման ուղիների վրա, կարելի է որոշակիորեն մեղմել շրջակա միջավայրի վրա մարդածին գործոնի ազդեցության բացասական հետևանքները:

ԱՆԵՆԱԴՍՏՈՒԹՅԱՆ ԹԵՆԱԵՎ ԻՐԱՏԱՐԱՎԿԱԾ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ԳԱՆԿ

1. Ghazaryan K., Movsesyan H., Minkina T., Sushkova S., Rajput V. The identification of phytoextraction potential of *Melilotus officinalis* and *Amaranthus retroflexus* growing on copper and molybdenum polluted soils. Environ. Geochem. Health, 2021, 43, 1327–1335. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00338-y>
2. Minkina T.M., Fedorenko G.M., Nevidomskaya D.G., Fedorov Y.A., Pol'shina T.N., Fedorenko A.G., Chaplygin V.A., Mandzhieva S.S., Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Hassan T.M. Adaptive potential of *Typha laxmannii* Lepech to a heavy metal contaminated site. Plant and Soil, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05011-x>
3. Chernikova N., Chaplygin V., Nevidomskaya D., Ghazaryan K., Mandzhieva S., Minkina T., Movsesyan H., Glinushkin A., Kalinichenko V., Beschetnikov V., Sazonov I. Mechanism of hyperaccumulation of heavy metals by of *Verbascum thapsus* from soil. EGU General Assembly 2021, online, 19-30 Apr 2021, EGU21-12848, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-12848>, 2021.
4. Ghazaryan K., Movsesyan H., Gevorgyan A., Minkina T., Sushkova S., Rajput V., Mandzhieva S. Comparative hydrochemical assessment of groundwater quality from different aquifers for irrigation purposes using IWQI: a case-study from Masis province in Armenia. Groundwater for Sustainable Development, 2020, 11, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100459>
5. Rajput V. Minkina T., Sushkova S., Behal A., Maksimov A., Blicharska E., Ghazaryan K., Movsesyan H., Barsova N. ZnO and CuO nanoparticles: a threat to soil organisms, plants, and human health. Environ. Geochem. Health, 2020, 42, 147-158. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00317-3>
6. Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S. Soil microbial biomass and enzyme activities response to copper and molybdenum pollution in the vicinity of Zangezur Copper and Molybdenum Combine, Armenia. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2020, 54 (3), 235-245. <https://doi.org/10.46991/PYSU:B/2020.54.3.235>
7. Ghazaryan K.A., Gevorgyan G.A., Movsesyan H.S., Khachatryan H.E. Soil salinization in the agricultural areas of Armenian semi-arid regions: case study of Masis region. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2020, 54 (2), 159-167. <https://doi.org/10.46991/PYSU:B/2020.54.2.159>
8. Ghazaryan K.A. Suitability assessment of groundwater for irrigation purpose at high-risk sites of the Ararat plain. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2020, 54 (1), 75-82. <https://doi.org/10.46991/PYSU:B/2020.54.1.075>
9. Խաչատրյան Հ.Է., Ղազարյան Կ.Ա., Մովսեսյան Հ.Ս. Հողի ֆերմենտային ակտիվության ցուցանիշների կիրառական ասպեկտները: Հայաստանի կենսաբանական հանդես, 2020, 72 (3), 65-71:
10. Ghazaryan K.A., Movsesyan H., Ghazaryan N., Watts B.A. Copper phyto remediation potential of wild plant species growing in the mine polluted areas of Armenia. Environmental Pollution, 2019, 249, 491-501. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.070>
11. Burachevskaya M., Minkina T., Mandzhieva S., Bauer T., Chaplygin V., Zamulina I., Sushkova S., Fedorenko A., Ghazaryan K., Movsesyan H., Makhinya D. Study of copper, lead, and zinc speciation in the Haplic Chernozem surrounding coal-fired power plant. Applied Geochemistry, 2019, 104, 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.03.016>
12. Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Khachatryan H.E., Yezekyan A.S. Hydrochemical analysis and evaluation of groundwater quality for irrigation in Masis Region, Armenia. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2019, 53 (3), 193-199. <https://doi.org/10.46991/PYSU:B/2019.53.3.193>

13. Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Khachatryan H.E., Leah T.G., Zhamharyan H.G. The impact of Zangezur Copper and Molybdenum Combine activities on pollution of agricultural lands and crops by toxic elements. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2019, 53 (2), 119-125.
14. Խաչատրյան Հ.Է., Ղազարյան Կ.Ա., Մովսեսյան Հ.Ս. Ֆիտոտեքստուրալիստիկայի որպես ծանր մետաղներով հողերի աղտոտվածության նվազեցման կենսատեխնոլոգիա: Հայաստանի կենսաբանական հանդես, 2019, 71 (3) , 39-47:
15. Minkina T., Nevidomskaya D., Shuvaeva V., Bauer T., Soldatov A., Mandzhieva S., Trigub A., Zubavichus Y., Ghazaryan K. Molecular characterization of Zn in Technosols using X-ray absorption spectroscopy. Applied Geochemistry, 2019, 104, 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.03.021>
16. Ղազարյան Կ. Պղնձով և մոլիբդենով աղտոտված հողերում աճող *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակների ֆիտոէքստրակցիայի ներուժի բացահայտումը: Հայաստանի կենսաբանական հանդես, 2019, 71 (2), 26-32:
17. Ghazaryan K., Movsesyan H., Khachatryan, H., Ghazaryan N. Geochemistry of potentially toxic elements in soils of mining area: a case study from Zangezur Copper and Molybdenum Combine, Armenia. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 2018, 101 (6), 732–737. <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2443-0>
18. Rajput V., Minkina T., Fedorenko A., Sushkova S., Mandzhieva S., Lysenko V., Duplii N., Fedorenko G., Ghazaryan K., Dvadenko K. Toxicity of copper oxide nanoparticles on spring barley (*Hordeum sativum distichum*). Science of the Total Environment, 2018, 645, 1103–1113. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.211>
19. Rajput V.D., Minkina T.M., Behal A., Sushkova S.N., Mandzhieva S., Singh R., Gorovtsov A., Tsitsuashvili V.S., Purvis W.O., Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S. Effects of zinc-oxide nanoparticles on soil, plants, animals and soil organisms: a review. Environ. Nanotechnol. Monit. Manag., 2018, 9, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2017.12.006>.
20. Бурачевская М.В., Манджиева С.С., Минкина Т.М., Казарян К.А., Мовсесян А.С., Сушкова С.Н. Фракционное распределение цинка в чернозёмах зоны аэротехногенного загрязнения. Современное состояние чернозёмов: материалы II Международной научной конференции, Ростов-на-Дону, Россия, 24–28 сентября 2018, 57-62.
21. Burachevskaya M., Ghazaryan K., Minkina T., Movsesyan H., Mandzhieva S., Bauer T., Sushkova S. Strength of zinc fixation in soils in the conditions of aerosol contamination. Abstract book of 2nd International Young Scientists Conference on Biodiversity and Wildlife Conservation Ecological Issues, Tsaghkadzor, Armenia, 5-7 October 2018, 64-65.
22. Ghazaryan K., Movsesyan H., Gevorgyan G., Khachatryan, H., Antonyan S., Avetisyan R. Environmental risk assessment of soil pollution by some trace elements around open mine and tailing dump of Akhtala Mining and Processing Enterprise. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2018, 52 (3), 198–203.
23. Gevorgyan G.A., Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S. Potentially toxic elements content in soil in the vicinity of Shamlugh copper mining area (Armenia): Ecological, agricultural and health risk assessment. Biological Journal of Armenia, 2018, 70 (4), 6-11.
24. Burachevskaya M., Minkina T., Zamulina I., Lobzenko I., Movsesyan A., Ghazaryan K. The lead compounds in the soil in conditions of air pollution. International Conference Contaminated Sites 2018, Conference Proceedings Banská Bystrica, Slovakia, 08-10 October, 2018, 136-137.
25. Ghazaryan K., Avetisyan R., Zhamharyan H. Copper bioaccumulation status and phytoremediation potential of some agricultural plant species growing in polluted agricultural

lands of Armenia. Abstract book of 2nd International Conference "Smart Bio" Kaunas, Lithuania, 03-05 May, 2018, 103.

26. Ghazaryan K., Antonyan S., Movsesyan H. Copper phytoremediation potential of native plant species growing in the mine polluted areas of south Armenia. Abstract book of 2nd International Conference "Smart Bio", Kaunas, Lithuania, 03-05 May, 2018, 106.
27. Ghazaryan K., Khachatryan H. Environmental risk assessment of soil contamination by trace elements around open mine and tailing dump of the Akhtala Ore Processing Combine. Abstract book of 10th International Soil Science Congress on "Environment and Soil Resources Conservation", Almaty, Kazakhstan, 17–19 October, 2018, 114.
28. Ghazaryan, K.A., Movsesyan, H.S., Ghazaryan, N.P. Heavy metals in the soils of the mining regions of Kajaran, Armenia: A preliminary definition of contaminated areas. Academic Journal of Science, 2017, 07 (03), 421–430.
29. Rajput V.D., Chaplgin V.A., Minkina T.M., Sushkova S.N., Mandzhieva S.S., Tsitsuashvili V.S., Ghazaryan K.A., Movsesyan A.S. Effect of PBO nanoparticle on plant growth. «Экология и биология почв» Материалы молодежной научной школы и научной конференции с международным участием. Ростов-на-Дону – Таганрог, 2017, 128-132.
30. Gevorgyan G.A., Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S. Assessment of ecological and agricultural risks of heavy metal pollution of soils in the vicinity of Kapan city, Armenia. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2017, 51 (3), 193–197.
31. Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Khachatryan H.E., Ghazaryan N.P. Geochemistry of potentially toxic trace elements in soils of mining area: a case study from Zangezour Copper and Molybdenum Combine, Armenia. Proceedings of the 15th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes, Greece, 31 August-2 September, 2017, 179.
32. Gevorgyan G.A., Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Zhamharyan H.G. Human health risk assessment of heavy metal pollution in soils around Kapan mining area, Armenia. Electronic Journal of natural sciences, National Academy of Sciences of RA, 2017, 29 (2), 29-33.
33. Ghazaryan, K.A., Movsesyan, H.S., Khachatryan, H.E., Minkina, T.M., Sushkova, S.N. Copper absorption status of agricultural plant species and their phytoremediation potential. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2017, 51 (2), 106–112.
34. Ghazaryan K., Chen Y. Hydrochemical assessment of surface water for irrigation purposes and its influence on soil salinity in Tikanlik oasis, China. Environ. Earth Sci., 2016, 75, 383. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5287-0>
35. Ղազարյան Կ.Ա., Մովսեսյան Հ.Ս., Ժամհարյան Հ.Գ., Ղազարյան Ն.Փ. Ազարակի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակա հողերի միկրոտարրերով աղտոտվածության հետ կապված էկոլոգիական ռիսկերի գնահատումը: Հայաստանի կենսաբանական հանդես, 2016, 68 (4), 66-75:
36. Ghazaryan, K.A., Movsesyan, H.S., Ghazaryan, N.P., Shalunts, Sh.V. Assessment of heavy metal contamination of soils around Agarak (RA) copper-molybdenum mine complex. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2016, 50 (1), 34-42.
37. Ղազարյան Կ.Ա., Խաչատրյան Հ.Է. Հողի աղտոտումը ծանր մետաղներով և դրա հետևանքները: Բնագետ, 2016, 1, 73-78:
38. Mandzhieva S., Minkina T., Buratchevskaya M., Chaplgin V., Tsitsuashvili V., Rajput V., Ghazaryan K., Orlović-Leko P., Šimunić I. Effect of natural and technogenic factors on the mobility and transformation of metal compounds in soil. Biogeosystem Technique, 2016, 10 (4), 317-327. <https://doi.org/10.13187/bgt.2016.10.317>
39. Ղազարյան Կ.Ա., Շալունց Շ.Վ. Դաստակերտի պղնձ-մոլիբդենային հանքավայրի շրջակա տարածքների հողերի ծանր մետաղներով աղտոտվածության գնահատականը: Կրթությունը և գիտությունը Արցախում, 2016, 1-2, 79-84:

40. Fornasier F., Ghazaryan K., Movsesyan H., Ghazaryan N. Rapid evaluation of heavy metals impacted on biochemical activity and microbial size in soils around Zangezur Combine, Armenia. Proceedings of the 5th International Conference “Enzymes in the Environment: Activity, Ecology and Application” Bangor, Wales, UK, 2016, 38.
41. Gevorgyan G.A., Ghazaryan K.A., Derdzian T.H. Heavy metal pollution of the soils around the mining area near Shamlugh Town (Armenia) and related risks to the environment. Proceedings of 2015 International Conference on Bio-Medical Engineering and Environmental Technology (BMEET-2015), London, March 21-22, 2015, 215-221.
42. Derdzian T.H., Ghazaryan K.A., Gevorgyan G.A. The investigation of enzymatic activity in the soils under the impact of metallurgical industrial activity in Lori Marz, Armenia. International Journal of Environmental and Ecological Engineering, 2015, 9 (5), 439-442.
43. Gevorgyan G.A., Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Grigoryan K.V. Environmental risks of heavy metal pollution of the soils around Qajaran town, Armenia. Proceedings of the Yerevan State University: Chemistry and Biology, 2015, 2, 50–55.
44. 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 and Ecological Engineering, 2015, 9 (5), 422-427.
45. 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. Mold., 2014, 9 (2), 52-57. [https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09\(2\).07](https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09(2).07)
46. Ghazaryan K.A., Avetisyan S.S., Gevorgyan G.A. Monitoring of soils in ecologically vulnerable mining areas around Shamlugh town in Armenia. Academic Journal of Science, 2014, 07 (03), 97–105.
47. Ghazaryan K.A., Derdzian T.H. Assessment of the soils pollution level of the open mine and tailing dump of the surrounding territories of Akhtala Ore Processing Combine by heavy metals. International Scholarly and Scientific Research & Innovation. International Science Index. 2014, 8 (10), 720-725.
48. Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Grigoryan K.V., Ghazaryan N.P., Gevorgyan G.A. General characteristic and pollution level of soils in ecologically vulnerable mining areas around Kapan town in Armenia. Academic Journal of Science, 2014, 03 (02), 187–196.
49. Gevorgyan G.A., Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Ghazaryan N.P., Grigoryan K.V. The assessment of heavy metal enrichment of the soils around Kapan town, Armenia. Proc. Int. Conf. Sustainable Development Conference 2014: Green technology, renewable energy, environmental protection, Bangkok, 2014, 355–361.
50. Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Ghazaryan N.P., Gevorgyan G.A., Grigoryan K.V. General characteristic of soils of Kajaran Town surroundings. Proceedings of the Yerevan State University, 2013, 3, 44-50.
51. Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S., Ghazaryan N.P., Grigoryan K.V. Ecological assessment of soils around Agarak town. Biological Journal of Armenia, 2013, 65 (1), 39-43.
52. Ghazaryan K., Gevorgyan G., Grigoryan K. Evaluation of pollution level of soils of ecologically vulnerable areas around Agarak town and suggestion of improvement ways. Proceeding from the 4th International Congress “EUROSOIL 2012 – Soil Science for the Benefit of Mankind and Environment” Bari, Italy. 2-6 July, 2012, 2351.
53. Ղազարյան Կ.Ա. Արին և Հեր-Հեր գյուղերի շրջակա հողերի վիճակների ընդհանուր բնութագիրը: ՖԿՀՊԻ Հանրապետական XXXVIII գիտամեթոդական կոնֆերանսի նյութեր: Մաս Ա, Երևան, 2011, 256-260:

54. Ղազարյան Կ.Ա., Գրիգորյան Կ.Վ. Մելիք գյուղի շրջակա հողերի ընդհանուր բնութագիրը: Գիտական հոդվածների ժողովածու. Գավառի պետական համալսարան, Երևան: Իրավունք, 2010, 68-72:
55. Ղազարյան Կ.Ա., Գրիգորյան Կ.Վ., Ասատրյան Մ.Ռ. Թեղուտ գյուղի շրջակա անտառների հողերի ընդհանուր բնութագիրը: Գիտական հոդվածների ժողովածու. բնական գիտություններ: Գավառի պետական համալսարան, Երևան: Իրավունք, 2009, 116-121:
56. Ղազարյան Կ.Ա., Գրիգորյան Կ.Վ. Թեղուտ գյուղի՝ որպես էկոլոգիական ռիսկային տարածքի, շրջակա անտառների հողերի ընդհանուր բնութագիրը: «Էկոլոգիայի և բնության պահպանության կարևորությունը կայուն զարգացման հեռանկարում» միջազգային կոնֆերանսի նյութեր, ԵՊՀ, Երևան 2008, 33:
57. Казарян К.А., Асатрян М.Р., Григорян К.В. Общая характеристика загрязнения почвы, окружающей аэропорт «Звартноц» города Еревана. Труды II Национальной конференции с международным участием «Проблемы истории, методологии и философии почвоведения», Пушкино, Россия, 2007, том 2, 271-273.
58. Ghazarvan K.A., Movsesyan H.S., Grigoryan K.V. General characteristics of the soils neighboring the Yerevan city "Zvartnots" airport. Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution. Materials of III International Young Scientists conference. Odesa, 2007, 277.

КАЗАРЯН КАРЕН АРАМАИСОВИЧ
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ
И ПУТИ ИХ УЛУЧШЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПОВЫШЕННОГО РИСКА
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

РЕЗЮМЕ

Почвенные ресурсы, являясь одним из важнейших компонентов биосферы, подвергаются различным негативным воздействиям естественного и антропогенного характера. Одними из основных причин деградации почв и снижения их биологической продуктивности являются засоление и химическое загрязнение почв. В настоящее время быстрое развитие экономики, особенно горнодобывающей промышленности, привело к обострению проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами как в мире, так и в Республике Армения. Для решения этой проблемы очень важно инновационными методами быстро и точно оценить степень загрязнения почвы и попытаться улучшить загрязненные территории с использованием наиболее эффективных и экологически безопасных методов. Не менее важной экологической проблемой является и процесс засоления сельскохозяйственных земель. В частности, с этой точки зрения очень важны оценка степени засоления почв районов повышенного риска, улучшение их состояния и контролирование процесса засоления. Таким образом, комплексные исследования экологических проблем земельного покрова необходимы для рационального использования и сохранения этого важного ресурса.

Учитывая вышесказанное, целью работы являлось: всесторонне изучить оценить экологическое состояние почв некоторых районов повышенного риска Республики Армения с использованием инновационных методов; выяснить основные факторы, приводящие к ухудшению экологического состояния; выявить негативное воздействие на другие компоненты экосистемы, а также риски для здоровья людей, обусловленные ухудшением экологического состояния почв; используя инновационные методы, предложить эффективные пути улучшения почв и предотвращения процессов их деградации.

Исследованиями, проведенными для достижения этой цели, было установлено, что в результате горнорудной деятельности произошло загрязнение окружающих земель тяжелыми металлами в некоторых районах Республики Армения, а также повысились

различные экологические риски, исходящие из этого. В почвах, загрязненных медью и молибденом, наблюдалось понижение биологической активности почвы, следовательно, и нарушение ее важнейшей функции - круговорота химических элементов. Было показано также, что высокое содержание в окружающей среде наночастиц CuO вызывает нарушение жизненно важных функций *Hordeum sativum*: влияет на количество тилакоидов и пластоглобул, на плотность расположения устьиц и их апертуру, а также на морфологию корня, сокращая количество и размеры корневых волосков. Результаты исследований показали, что из дикорастущих растений, произрастающих вблизи Зангезурского медно-молибденового комбината, *Thymus kotschyanus* и *Phleum pratense* наделены высоким фитостабилизационным потенциалом и, имея сильную корневую систему, являясь многолетними растениями, адаптированными к росту на загрязненных участках, могут быть использованы для улучшения почв, загрязненных медью. Из культивируемых растений для этой цели можно использовать кукурузу. Поскольку эффективность фиторемедиации зависит также от доступности тяжелых металлов, были проведены вегетационные опыты, в результате которых было выяснено, что при ремедиации почв, загрязненных медью, методом фитоэкстракции с использованием растения *Artemisia absinthium*, наилучшего результата можно достичь при комбинированном применении яблочной и лимонной кислот (они являются биологически разлагаемыми и экологически безопасными хелатирующими веществами).

Исследованиями процесса засоления почв в сезон орошения было выявлено, что при использовании для орошения подземных вод относительно плохого качества происходит интенсивное накопление легкорастворимых солей в верхних горизонтах почвы (0-10 см и 10-30 см). На основе комплексного анализа ирригационных свойств подземных вод мы пришли к выводу, что оценку качества подземных вод предпочтительнее проводить методом *IWQI*, адаптированным нами для Араратской долины. Этот индекс объединяет множество показателей и выражает качество подземных вод в виде единого значения. На основании результатов оценки ирригационных свойств подземных вод Масисского района методом *IWQI* мы обнаружили, что, в целом, подземные воды напорного водоносного пласта имеют лучшее качество, чем подземные воды неограниченного водоносного пласта. Подземные воды относительно плохого качества (III класс - допустимый) небольшими участками неограниченного водоносного пласта расположены на востоке Масисского района, а подземные воды напорного водоносного пласта того же качества - на юго-западе этого района.

Обобщая результаты исследований, можно утверждать, что полученные данные будут способствовать более эффективному осуществлению мероприятий по борьбе с деградацией почв, гармоничному функционированию системы «окружающая среда-общество» и устойчивому развитию экологически опасных районов.

GHAZARYAN KAREN ARAMAIS
ASSESSMENT OF ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF SOIL DEGRADATION
AND WAYS OF THEIR IMPROVEMENT IN HIGH-RISK
AREAS OF THE REPUBLIC OF ARMENIA
SUMMARY

Soil resources, as one of the most important components of the biosphere, are subjected to various natural and anthropogenic adverse impacts. Soil salinization and chemical pollution are the main causes of soil degradation and decrease of its biological productivity. Currently, the rapid expansion of the economy, especially of mining industry, has led to the aggravation of the problem of soil pollution by heavy metals both in the world and in the Republic of Armenia. To solve this problem, it is of first importance to assess quickly and accurately the degree of soil pollution with

innovative methods and to improve the polluted areas with the most effective and ecologically safe methods. Salinization of agricultural lands is an equally important ecological problem. Specifically, from this point of view, it is very important to assess the degree of salinization of the soils of high-risk areas, to improve their condition and to control the salinization process. Thus, the comprehensive studies of ecological problems of soil cover are necessary for the rational use and conservation of this important resource.

Having regard to the foresaid, the aim of the work was: to assess comprehensively using innovative methods the ecological condition of the soils of some high-risk areas of the Republic of Armenia, to find out the main factors leading to the deterioration of ecological condition, to clarify the adverse impacts on the other components of ecosystem as well as human health risks, caused by the deterioration of soil ecological condition, and to suggest effective ways of soil improvement and prevention of degradation processes by the application of innovative methods.

As a result of the studies carried out to achieve this aim, it was found out that due to mining activities heavy metal pollution of the surrounding lands took place in different areas of the Republic of Armenia, as well as various ecological risks rose, emanating from pollution. In soils polluted with copper and molybdenum, a decrease in the soil biological activity was observed, and consequently a disturbance of the most important function of the soil - the circulation of chemical elements. It was found that the high content of CuO nanoparticles in the environment led to the impairment of vital functions of *Hordeum sativum*, affecting the quantity of thylakoids and plastoglobules, the density and aperture of stomata as well as the morphology of the root, reducing root hairs. The results of the study showed that from wild plant species, growing in the environs of Zangezur Copper and Molybdenum Combine, *Thymus kotschyanus* and *Phleum pratense* had high phytostabilization potential and due to their strong root systems as well as the fact that these plants are perennial plant species and are adapted to grow in polluted sites, they can be used for amelioration of soils polluted by copper. From agricultural plants the maize can be used for this purpose. As the effectiveness of phytoremediation process also depends on the availability of heavy metals, vegetation studies were performed and it was revealed that for the improvement of copper-polluted soils by phytoextraction method using *Artemisia absinthium* plant species the best result could be obtained in the case of joint application of malic and citric acids (these acids are biodegradable and ecologically safe chelating substances).

Studies of the soil salinization process during the irrigation season have shown that in the case of the use of relatively poor quality groundwater for irrigation, intensive accumulation of easily soluble salts occurs in the upper horizons of soil (0-10 cm and 10-30 cm). From the comprehensive analysis of the irrigation properties of groundwater we have concluded that it is preferable to carry out the assessment of groundwater quality by the *IWQI* method adapted by us for the Ararat plain. This index generalizes various indicators and represents the quality of groundwater by single value. Basing on the results of assessment of groundwater irrigation properties in Masis region by *IWQI* method, we found out that, in general, the groundwater from confined aquifer had better quality than the groundwater from unconfined aquifer. The unconfined aquifer groundwater of relatively poor quality (Class III - permissible) is located by small areas in the eastern part of Masis region, while the confined aquifer groundwater of similar quality - in the southwestern part of the studied territory.

Summarizing the results of the research, it can be argued that the obtained data can contribute to more effective implementation of activities directed against soil degradation, to harmonious functioning of the system "environment and society", and to sustainable development of ecologically high-risk areas.