

ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ ԿԱՐԾԻՔ

Պատրիկ Արայի Եսայանի «ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ՄԱՐԴԱԾԻՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՄԲ
ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ՄԻ ՇԱՐՔ ԾԱՆՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՏԱՐԱԾԱԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՄԻՔՐԱՑԻԱՆ»
թեմայով թեկնածուական ատենախոսության վերաբերյալ, ներկայացված ԻԴ.04.01 -
«Երկրաբնապահպանություն» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման համար

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը

Ժամանակակից արդյունաբերական, էներգետիկ և տրանսպորտային ենթակառուցվածքների զարգացումը հաճախ հանգեցնում է շրջակա միջավայրի, մասնավորապես հողային ռեսուրսների ծանր մետաղներով զգալի աղտոտմանը: Ծանր մետաղների կուտակումները հողերում կրում են երկարատև բնույթ, և դրանց տարածաժամանակային միգրացիայի օրինաչափությունների ուսումնասիրությունը ցանկացած էկոհամակարգի կայունության գնահատման կարևորագույն խնդիրներից է: Նշված մարտահրավերը հատկապես սուր բնույթ է կրում Հայաստանի Հանրապետության այն տարածքներում, որտեղ առկա է կենսորոնացված մարդածին ակտիվություն: Հրազդանի տարածաշրջանը (որտեղ գործում են ջերմաէլեկտրակայանը և ցեմենտի գործարանը) և Սևանա լճի ավազանի մաս կազմող Գավառի ու Մարտունու վարչական տարածքները հանդիսանում են մարդածին զգալի ծանրաբեռնվածություն կրող էկոլոգիական գոտիներ: Հետևաբար, այս գոտիների հողերի ծանր մետաղների (ինչպիսիք են Sr, V, Ba, Mn, Cu, Cr, Zn, Pb, As) տարածաժամանակային դինամիկայի, ինչպես նաև մեքենայական ուսուցման առաջադեմ մոդելների (ETS, LOESS, գծային ռեգրեսիա) կիրառմամբ դրանց միգրացիայի կանխատեսումն ունի խիստ էկոլոգիական և գործնական արդիականություն:

Պատրիկ Եսայանի կողմից իրականացված հետազոտությունը ուղղված է հենց այս համալիր հիմնախնդիրների լուծմանը, ինչով էլ պայմանավորված է սույն ատենախոսական աշխատանքի արդիականությունը:

Նպատակը և խնդիրները

Ատենախոսության հիմնական նպատակն է եղել համակողմանիորեն գնահատել և մոդելավորել Հայաստանի Հանրապետության տարբեր մարդածին ազդեցություն կրող վարչական տարածքներում (Հրազդան, Գավառ, Մարտունի) հողերի ծանր մետաղների տարածաժամանակային միգրացիան և կանխատեսել դրանց դինամիկան առաջիկա տասնամյակում (2026-2036 թթ.):

Այս նպատակին հասնելու համար ատենախոսի կողմից առաջադրվել և հաջողությամբ լուծվել են հետևյալ գիտական խնդիրները.

1. Իրականացնել Հրազդանի, Գավառի և Մարտունու վարչական տարածքների հողային ծածկույթի սեզոնային նմուշառումներ տարբեր դիտակետերից (ընդհանուր 2021-2025 թթ. ժամանակահատվածում)՝ ծանր մետաղների միգրացիոն առանձնահատկությունների բացահայտման համար: Ժամանակակից շարժական ռենտգեն-ֆլուորեսցենտային (portable XRF) սպեկտրային վերլուծության մեթոդով որոշել ծանր մետաղների (Sr, V, Ba, Mn, Cu, Cr, Zn, Pb, As) պարունակությունները հողում:

2. Որոշել հողերի ֆիզիկաքիմիական պարամետրերը (pH, էլեկտրահաղորդականություն, աղապարունակություն) և գնահատել դրանց կապն ու ազդեցությունը ծանր մետաղների տարածական-ժամանակային բաշխման վրա:
3. Հողածածկույթի աղտոտվածության երկրաբնապահպանական ցուցանիշների հաշվարկի հիման վրա գնահատել ուսումնասիրվող տարածքներում բնահողի վերին շերտում ծանր մետաղների պարունակության փոփոխմամբ պայմանավորված բնապահպանական ռիսկի գնահատում:
4. Կիրառել մեքենայական ուսուցում՝ ալգորիթմների կիրառմամբ՝ բնահողի վերին շերտում ծանր մետաղների աղտոտվածության տարածաժամանակային միգրացիայի հետազոտությունների հիման վրա, մշակել մաթեմատիկական մոդել և գնահատել նրա հավաստիությունը՝ փորձարարական տվյալների միջոցով:
5. Մշակել մեքենայական ուսուցման վրա հիմնված կանխատեսող ժամանակային շարքերի մոդելներ (զծային ռեգրեսիա (LR), էքսպոնենցիալ հարթեցում (ETS), տեղային կշռված ռեգրեսիա (LOESS)) և կանխատեսել ծանր մետաղների պարունակությունների միտումները հողում մինչև 2036 թվականը:

Մեթոդաբանական հիմքը և տվյալների հավաստիությունը

Ատենախոսական հետազոտության մեթոդաբանությունը հիմնված է ժամանակակից էկոլոգիական, բուսաֆիզիոլոգիական և հողագիտական համալիր մոտեցումների վրա:

Հետազոտության օբյեկտ են հանդիսացել ՀՀ Կոտայքի մարզի Հրազդան քաղաքի ջերմաէլեկտրակայանի և ցեմենտի գործարանի շրջակայքի, ինչպես նաև Գեղարքունիքի մարզի Գավառ և Մարտունի վարչական շրջանների հարակից բնահողայի տարածքները, որտեղ հողի նմուշառման նպատակով առանձնացվել են 7 դիտակետեր (Հրազդանում՝ 3, Գավառում՝ 2 և Մարտունիում՝ 2):

Դաշտային նմուշառման ընթացքում կիրառվել է GPS կոորդինատային կապակցում, հողային կտրվածքների և նմուշառման ստանդարտացված մեթոդներ (AMS Soil Sampling Kit-ի կիրառմամբ): Հողանմուշներում քիմիական տարրերի վերլուծությունն իրականացվել է ռենտգենաֆլյուորեսցենսային սպեկտրալ (XRF) վերլուծական մեթոդով՝ շարժական Thermo Scientific™ Niton™ անալիզատորի կիրառմամբ (Thermo Fisher Scientific Inc., ԱՄՆ), իսկ տարրերի պարունակությունն արտահայտվել է մգ/կգ-ով միավորով: Հողերի էլեկտրահաղորդականության (ECe) և լուծելի աղերի որոշումը կատարվել է հողային մածուկի ջրային քաշվածքների էլեկտրահաղորդականության ստանդարտ մեթոդով, ինչը միջազգային պրակտիկայում ընդունված առավել արժանահավատ մոտեցումն է:

Ջրային լուսամզվածքի pH-ը և էլեկտրահաղորդունակությունը չափվել են HACH LANGE HQ14d ջրային անալիզատորի միջոցով:

Ստացված տվյալների վիճակագրական վերլուծությունը կատարվել է վիճակագրական աղյուսակների տեսքով: Բոլոր փորձարարական տվյալներն ունեն մինչև 5 տեխնիկական կրկնություններ և վիճակագրորեն մշակվել են՝ կիրառելով Ստյուդենտի t-տեսքը և Պիրսոնի կոռելյացիոն վերլուծությունը Statgraphics Centurion 16.2 համակարգչային ծրագրի միջոցով (StatPoint Technologies, Inc. ԱՄՆ, Ուորենթոն, Վիրջինիա):

Ատենախոսության գիտական նորույթը

Պատրիկ Եսայանի ատենախոսական աշխատանքի գիտական նորույթը կայանում է հետևյալ հիմնարար և կիրառական արդյունքներում, որոնք ստացվել են առաջին անգամ.

1. ՀՀ Հրազդան-Գավառ-Մարտունի վարչական շրջաններում իրականացվել է հողերի ծանր մետաղների տարածաժամանակային բաշխման ուսումնասիրություն և երկրաբնապահպանական վիճակի համալիր գնահատում՝ հաշվի առնելով բնակլիմայական պայմանները, հողի ֆիզիկա-քիմիական հատկությունները և մարդածին գործոնների ազդեցությունը:
2. Առաջին անգամ մանրամասն հետազոտության են ենթարկվել ծանր մետաղների կուտակումների և տարբեր սեզոնային գործոնների (ջերմաստիճան, տեղումներ, քամի) միջև կապերը՝ կիրառելով մեքենայական ուսուցման ժամանակային շարքերի մոդելներ (ETS, LOESS)՝ 2026-2036 թթ. հեռանկարով:
3. Ստացված տվյալների կիրառմամբ մեքենայական ուսուցման ալգորիթմների միջոցով մշակվել է կարճաժամկետ և երկարաժամկետ կանխատեսման մաթեմատիկական մոդել, որի կիրառումը հնարավորություն է տալիս գնահատել ծանր մետաղների դինամիկան:

Աշխատանքի տեսական և գործնական կարևորությունը

Ատենախոսության տեսական նշանակությունը կայանում է նրանում, որ ստացված արդյունքները խորացնում են մեր պատկերացումները տեխնածին լանդշաֆտներում ծանր մետաղների տարածա-ժամանակային միգրացիոն վարքագծի վերաբերյալ: Մշակված մեթոդաբանական համակարգը կարող է ծառայել որպես տեսական հիմք այլ տարածաշրջանների երկրաբնապահպանական գնահատման համար:

Գործնական նշանակությունը անժխտելի է և ունի կիրառման լայն հնարավորություններ.

- Մշդադիտարկման համակարգի օպտիմալացում՝ առավել ծախսարդյունավետ հողի նմուշառման և լաբորատոր հետազոտությունների գործընթացի շնորհիվ՝ կենտրոնանալով բարձր ռիսկային փոփոխությունների ենթարկվող գոտիների վրա:
- Ստեղծված մեքենայական ուսուցման կանխատեսող մոդելները տեխնոլոգիական ունիվերսալ գործիքակազմը թույլ են տալիս իրականացնել վաղ տվյալաչափի ահազանգման գործընթացներ, նվազեցնելով շրջակա միջավայրի աղտոտման ռիսկերը:
- Հանրային առողջության ռիսկերի մեղմացում՝ հենվելով հողերի ծանր մետաղներով աղտոտման միտումների տարածաժամանակային պատկերի բացահայտման և համայնքներում ու գյուղատնտեսական հողահանդակներում նպատակաուղղված կանխարգելիչ միջոցառումներ իրականացնելու վրա:

Աշխատանքի փորձառականությունը և հրատարակությունները

Ատենախոսության հիմնական դրույթները և արդյունքները ներկայացվել, զեկուցվել և քննարկվել են տեղական և միջազգային հեղինակավոր գիտաժողովներում, այդ թվում՝ COST Action PLANTMETALS: Trace metal metabolism in plants (Սլովենիա, Լյուբլյանա, 2024 թ.), «Կառավարման տեսության և պրակտիկայի փոխակերպումը XXI դարում» միջազգային գիտագործնական կոնֆերանսում (բանավոր զեկույց, ՀՀ, Երևան, 2024թ.), «Արդյունաբերական քաղաքների էկոլոգիան» համառոտաստանյան գիտագործնական կոնֆերանսում (ՌԴ, Կազան, 2025թ., «Թվային նորարարական տեխնոլոգիաների ապագան և դրանց ներդրումը գիտության և կրթության համակարգում» միջազգային գիտաժողովում (26 նոյեմբեր, Թուրքմենստան, Աշխաբադ, 2025թ.) և այլն:

Հրատարակված աշխատանքները լիովին և համակողմանիորեն արտացոլում են ատենախոսության հիմնական գիտական բովանդակությունն ու ստացված էական արդյունքները: Ատենախոսության

թեմայով հրատարակվել է ընդհանուր առմամբ 11 գիտական աշխատանք, որոնցից 2-ը գրքի գլուխներ միջազգային հեղինակավոր հրատարակչություններում (Scopus և Web of Science համակարգերում ներառված), 5 գիտական հոդված՝ ԲՈԿ-ի կողմից ընդունելի պարբերականներում և 4 գիտական թեզ:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը

Ատենախոսությունը շարադրված է համակարգչային 162 էջի սահմաններում: Այն բաղկացած է ներածությունից, 3 գլուխներից, եզրակացություններից, գրականության ցանկից և հավելվածներից: Աշխատանքը պատշաճ կերպով պատկերազարդված է՝ պարունակում է 34 աղյուսակ և 8 նկար: Հավելվածը կազմում է 27 էջ: Գրականության ցանկը ներառում է 135 անվանում գիտական աղբյուրներ, որոնցից գերակշիռ մասը վերջին 5-10 տարիների օտարալեզու արդիական հետազոտություններն են: Աշխատանքի կառուցվածքային բաժինները տրամաբանորեն փոխկապակցված են և նպաստում են հետազոտության հիմնական նպատակների և խնդիրների հետևողական բացահայտմանը:

Ատենախոսության բովանդակության գրախոսությունն ըստ գլուխների

Ներկայացված ատենախոսության բովանդակությունը միանգամայն համապատասխանում է ընտրված մասնագիտությանը և թեմային:

ԳԼՈՒԽ 1-ում («ՀՈՂԵՐԸ ԾԱՆԴ ՄԵՏԱՂՆԵՐՈՎ ԱՂՏՈՏՄԱՆ ԱՐԴԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԳՐԱԿԱՆ ԱԿՆԱՐԿ») տրված է շրջակա միջավայրում ծանր մետաղների կուտակման էկոլոգիական չափորոշիչների, դինամիկայի և միգրացիայի համապարփակ տեսական վերլուծությունը: Հեղինակը հանգամանորեն ներկայացրել է ՀՀ հողային ծածկույթի տեխնածին աղտոտվածության պատկերը և գիտականորեն հիմնավորել ժամանակակից մեքենայական ուսուցման մոդելների (ՄՈՒ) ներդրման կարևորությունը էկոլոգիական կանխատեսումների մեջ:

ԳԼՈՒԽ 2-ում («ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐԸ ԵՎ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ») բազմակողմանիորեն նկարագրված են ուսումնասիրվող տարածքների բնակլիմայական բնութագրերը, դիտակետերի տեղադրությունը (Հրազդան՝ ՀI, ՀII, ՀIII; Գավառ՝ ԳI, ԳII; Մարտունի՝ ՄI, ՄII) և նմուշառման կարգը: Մանրամասն շարադրված են քիմիական անալիզի կարգը, էկոտոքսիկոլոգիական ինդեքսների (Cc, Sc, Zc, RI) հաշվարկի բանաձևերը և Python-ով իրականացված մեքենայական ուսուցման (Simple and Multiple Linear Regression, ETS, LOESS) մաթեմատիկական հիմքերը (Բանաձևեր 2.7 - 2.17):

ԳԼՈՒԽ 3-ում («ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ՎԵՐԾԱՆՈՒՄԸ») ամփոփված են ստացված հարուստ տվյալների գիտական վերլուծությունները: Ներկայացված են ծանր մետաղների սեզոնային պարունակությունները, pH-ի և էլեկտրահաղորդականության հետ դրանց փոխազդեցության կոռելյացիոն կապերը: Ցույց է տրված, որ հողերի գենոտոքսիկության մակարդակը (ըստ Tradescantia clone 02 թեստի) խիստ սեզոնային բնույթ ունի և ուղիղ կապի մեջ է գտնվում ծանր մետաղների կուտակումների հետ: Ամփոփիչ բաժնում տրված են 2026-2036 թթ. հեռանկարային կանխատեսումները, որոնք պատկերված են շատ հաջող կազմված կանխատեսող գծապատկերներով (ինչպես ցույց է տրված Հավելվածի նկարներ 1-27-ում):

Աշխատանքի թերությունները, բացթողումները և դիտողությունները

Ատենախոսական այս աշխատանքը, ունենալով պատշաճ գիտական մակարդակ և ակնառու արդյունքներ, զերծ չէ որոշ թերություններից ու բացթողումներից, որոնց հետ կապված ունենք հետևյալ դիտողությունները և առաջարկությունները:

1. Ատենախոսության շարադրման կառուցվածքում առկա է ոչ հետևողական մոտեցում. Գլուխ 1-ը և գլուխ 2-ը ավարտվում են առանց որևէ եզրակացությունների, մինչդեռ գլուխ 3-ում՝ ենթագլուխների մակարդակով, ներառված են եզրակացություններ, որոնք հետո, որոշակի փոփոխություններով, կրկնվում են «Եզրակացություններ» բաժնում: Երևի ճիշտ կլիներ միջանկյալ եզրակացությունները ձևակերպել որպես միջանկյալ բացահայտված օրինաչափություններ, իսկ բոլոր միջանկյալ եզրակացություններով խմբագրել և ուժեղացնել ամփոփ «Եզրակացություններ»-ը:
2. Ատենախոսության մեջ բավականաչափ հիմնավորված չէ ուսումնասիրության տարածքների՝ Հրազդան, Գավառ և Մարտունի բնակավայրերի հարևանությամբ, ընտրման չափանիշները: Թույլ է ներկայացված նաև նմուշառման վայրերի ռեպրեզենտատիվությունը և ստացված տվյալների հիման վրա էքստապոլյացիայի ներուժի ցուցադրումը, օր. համայնքների վարչական տարածքների կտրվածքով:
3. Ուսումնասիրության մեջ հողերի ծանր մետաղների պարունակությունները որոշվել են բացառապես շարժական ռենտգեն-ֆլուորեսցենտային (XRF) սպեկտրոմետրի օգնությամբ: Արդյունքների կատարյալ հուսալիությունն ու ճշգրտությունն ապահովելու համար ցանկալի կլիներ նմուշների որոշակի փոքր մասնաբաժին զուգահեռ հետազոտել նաև ստանդարտ արդյունավետ լաբորատոր մեթոդով (օրինակ՝ ICP-MS կամ AAS)՝ երկու մեթոդների տվյալների համեմատական վերլուծություն կատարելու համար:
4. Մեքենայական ուսուցման վրա հիմնված կանխատեսող մոդելները (զծային ռեգրեսիա, ETS) ենթադրում են, որ առաջիկա 10 տարում բնակլիմայական և տեխնածին պայմանները մնալու են ստացիոնար: Աշխատանքում թեև առկա է կլիմայական գործոնների (օդի ջերմաստիճան, տեղումներ, քամու արագություն) ազդեցության գնահատում, սակայն ցանկալի կլիներ քննարկել նաև կլիմայական էքստրեմալ երևույթների հնարավոր ազդեցությունը ծանր մետաղների միգրացիայի վրա:
5. Ատենախոսության 3.3 բաժնում ներկայացված *Tradescantia (clone02)* բույսի միջոցով հողերի սեզոնային մուտագեն պոտենցիալի գնահատումը շատ հետաքրքիր է, սակայն հեղինակը կարող էր ավելի մանրամասն անդրադառնալ տոքսիկ մետաղների բուսական օրգանիզմներ ներթափանցման և բջջային մակարդակում գենոտոքսիկություն հարուցելու ֆիզիոլոգիական մեխանիզմներին:
6. Աշխատանքում տեղ են գտել որոշակի տեխնիկական վրիպակներ, անհամապատասխանություններ և թերություններ: Օրինակ՝ որոշ աղյուսակներում առկա են ձևավորման անճշտություններ, ինչպես նաև քիմիական որոշ տերմինների հայերեն թարգմանությունների կամ տառադարձությունների անհարթություններ: Աղյուսակ 1.1-ում են տվյալների աղբյուրները. օր. «ըստ Սաեսի», «ըստ Կոլյոնենի» և այլն սակայն հղում չկա այդ աղբյուրներին, ի տարբերություն աղյուսակ 1.2-ի, որտեղ հղումներն, ըստ բերված տվյալների, տրված են: Գրականության ցանկում որոշ աղբյուրներ ունեն ձևավորման տարբերություններ, ինչպես նաև առկա են անհատական վրիպակներ հղումների համարակալման մեջ:

Եզրակացություն

Ամփոփելով Պատրիկ Արայի Եսայանի «ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ՄԱՐԴԱԾԻՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՄԲ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ՄԻ ՇԱՐՔ ԾԱՆՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՏԱՐԱԾԱԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՄԻԳՐԱՑԻԱՆ» թեմայով թեկնածուական ատենախոսության վերլուծությունը, կարող ենք եզրակացնել, որ այն ինքնուրույն, ավարտուն և գիտական բարձր

մակարդակով կատարված աշխատանք է, որն ունի կարևոր էկոլոգիական և երկրաբնապահպանական նշանակություն: Ստացված տվյալների ծավալը և կիրառված մեթոդաբանությունը կասկած չեն հարուցում արդյունքների հավաստիության հարցում:

Ատենախոսության սեղմագիրն ամբողջությամբ արտացոլում է կատարված աշխատանքի հիմնական դրույթները և ձեռքբերումները:

Իր գիտական մակարդակով, տեսական և գործնական արժեքով, ինչպես նաև մեթոդաբանությամբ Պատրիկ Արայի Եսայանի ատենախոսությունը լիովին բավարարում է ՀՀ-ում գործող գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգի 8-րդ կետի պահանջներին, իսկ հեղինակն արժանի է ԻԴ.04.01 «Երկրաբնապահպանություն» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի հայցող գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս

աշխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

Սայադյան Հովիկ Յախշիբեկի

Սայադյան Հովիկ Յախշիբեկի ստորագրության իսկությունը

հաստատում եմ.

ՀՀ ԳԱԱ Ա. Թախտաջյանի անվան բուսաբանության

ինստիտուտի գիտքարտուղար,

կ.գ.թ.

_____ 
(կազմակերպության գիտ. քարտուղար)
և կնիք)



Ա. Լ.Աչոյան

(ստորագրություն)

