

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

ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ ԱՐԵՎԻԿ ԿԱՄՈՅԻ

ՋՐՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ԱՊԱՀՈՎՄԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ
ԿԵՆՏՐՈՆԱՑՎԱԾ ՋՐԱՅԻՆ ԵՆԹԱԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ
ԲԱՑԱԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

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

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2026

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան
Զրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝

Տեխնիկական գիտությունների դոկտոր

Գագիկ Զմայակի Մարտիրոսյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր

Սիեր Վարդգեսի Մարկոսյան

Տեխնիկական գիտությունների թեկնածու

Էլեոնորա Վյաչեսլավի Ավանեսյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

«ՎՈԹԸՐ ՊՐՈՋԵԿՏ» ՍՊԸ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2026 թ. նոյեմբերի 27-ին, ժամը 17:00-ին,
ակադեմիկոս Ի. Վ. Եղիազարովի անվան Զրային հիմնահարցերի և
հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտում գործող 055 – «Զրաբանություն»
մասնագիտական խորհրդում:

Հասցե՝ ք. Երևան, 0011, Արմենակյան փ. 125/3:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ինստիտուտի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2026 թ. սեպտեմբերի 29-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝

Տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր



Պետրոս Վարդգեսի Համբարձումյան

Թեմայի արդիականությունը

Ձուրը մարդկության կենսագործունեության, սոցիալ-տնտեսական զարգացման և էկոհամակարգերի կայունության հիմնարար բնական ռեսուրսներից է: Բնակչության աճը, քաղաքաշինության ընդլայնումը, արդյունաբերության զարգացումը, գյուղատնտեսական արտադրության ինտենսիվացումը և կլիմայի փոփոխությամբ պայմանավորված հիդրոլոգիական ռեժիմների տեղաշարժերը վերջին տասնամյակներում էականորեն մեծացրել են ջրային ռեսուրսների նկատմամբ ճնշումը: Արդյունքում ջրային ռեսուրսների քանակական և որակական կառավարման խնդիրները վերածվել են ոչ միայն ինժեներական, այլև ռազմավարական, տնտեսական, բնապահպանական և ազգային անվտանգության նշանակություն ունեցող հիմնախնդիրների: Գրականության վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ բազմաթիվ երկրներում ջրային խնդիրների առաջացման հիմնական պատճառը ոչ այնքան ջրի բացարձակ պակասն է, որքան առկա ռեսուրսների ոչ արդյունավետ կառավարումը: Նույնիսկ համեմատաբար ջրառատ տարածքներում ջրամատակարարման լուրջ խնդիրներ են ձևավորվում մեծ կորուստների, հնացած ենթակառուցվածքների, ոչ օպտիմալ շահագործման և կլիմայական ռիսկերի նկատմամբ ցածր հարմարվողականության հետևանքով: Հետևաբար ջրային անվտանգության մակարդակը պայմանավորվում է ոչ միայն ջրային ռեսուրսների առկայությամբ, այլև դրանց կառավարման արդյունավետությամբ:

Հայաստանի Հանրապետությունում խնդիրն առավել սուր դրսևորվում է այն բնակավայրերում, որոնք մասնակի կամ ամբողջությամբ զրկված են կենտրոնացված ջրային ենթակառուցվածքներից: Այդպիսի ապակենտրոնացված համայնքներում ջրամատակարարումը հիմնվում է սեզոնային տատանումների ենթակա տեղային աղբյուրների վրա, բացակայում են հոսքի կարգավորման կառուցվածքները, ջրի որակի ապահովման համակարգերը և ջրօգտագործման օպտիմալացման գործիքները:

Գրականության քննադատական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ գիտության մեջ բավարար չափով մշակված են ջրային ռեսուրսների ինտեգրված կառավարման (IWRM), որոշումների աջակցման համակարգերի (DSS), ակտիվների կառավարման (Asset Management) և ջրի արտադրողականության (Water Productivity) մոտեցումները, ինչպես նաև բնական սորբենտների կիրառման սկզբունքները: Սակայն ապակենտրոնացված համայնքների ջրային անվտանգության ապահովման խնդիրները դեռևս ուսումնասիրված չեն որպես ջրային ռեսուրսների ձևավորման, կուտակման, ջրի որակի ապահովման, արդյունավետ օգտագործման և վերաօգտագործման փոխկապակցված միասնական համակարգ: Հենց այս հանգամանքով է պայմանավորված ատենախոսության արդիականությունը:

Հետազոտության նպատակը և խնդիրները

Ատենախոսության նպատակն է մշակել և գիտականորեն հիմնավորել բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի բազմագործոն գնահատման և նախագծային այլընտրանքների ընտրության համալիր մեթոդաբանություն՝ հիմնված ջրային անվտանգության, տեխնիկական, հիդրավլիկական, տնտեսական, բնապահպանական և ռիսկային գործոնների ինտեգրված գնահատման վրա, ինչպես նաև հիմնավորել դրա կիրառման արդյունավետությունը Հայաստանի Հանրապետության պայմաններում:

Նպատակի իրականացման համար առաջադրվել են հետևյալ հիմնական խնդիրները.

1. Վերլուծել և համակարգել ջրային ռեսուրսների կառավարման, ջրամատակարարման համակարգերի գնահատման և բազմաչափ որոշումների

ընդունման ժամանակակից գիտական մոտեցումները՝ բացահայտելով դրանց առավելությունները, սահմանափակումները և կիրառելիությունը բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի նախագծման ոլորտում:

2. Մշակել և գիտականորեն հիմնավորել բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի բազմագործոն գնահատման հայեցակարգը, գնահատման չափանիշների համակարգը և նախագծային այլընտրանքների համեմատական գնահատման մեթոդաբանությունը՝ հարմարեցնելով այն Հայաստանի Հանրապետության բնական, տեխնիկական և շահագործման պայմաններին:
3. Փորձարկել առաջարկվող մեթոդաբանությունը Հայաստանի Հանրապետության բնակավայրերի ջրամատակարարման իրական նախագծերի օրինակով, կատարել նախագծային այլընտրանքների համեմատական գնահատում և գնահատել մեթոդաբանության կիրառելիությունն ու արդյունավետությունը:
4. Ձևակերպել գիտականորեն հիմնավորված եզրակացություններ և մշակել գործնական առաջարկություններ՝ ուղղված բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի նախագծման, գնահատման և ռազմավարական կառավարման արդյունավետության բարձրացմանը:

Հետազոտության օբյեկտը և առարկան

Հետազոտության օբյեկտը Հայաստանի Հանրապետության ապակենտրոնացված բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերն են: Հետազոտության առարկան այդ համակարգերի ջրային անվտանգության ձևավորման օրինաչափություններն են և դրանց բազմագործոն գնահատման ինժեներական մեթոդաբանությունը:

Հետազոտության մեթոդները

Աշխատանքում կիրառվել են ջրային հաշվեկշռի և հիդրոլոգիական հաշվարկների մեթոդները, բազմագործոն համեմատական վերլուծության և բազմաչափ որոշումների ընդունման մոտեցումները, երկարաժամկետ վիճակագրական շարքերի վերլուծությունը, ինժեներաերկրաբանական և տեղագրական գնահատման մեթոդները, ինչպես նաև ջրի մաքրման լաբորատոր փորձարարական հետազոտության մեթոդները՝ ռենտգենադիֆրակցիոն վերլուծություն, Ֆուրիեի ինֆրակարմիր սպեկտրոսկոպիա և սպեկտրոֆոտոմետրիա:

Հետազոտության գիտական նորույթը

Առաջին անգամ համալիր ձևով մշակվել և հիմնավորվել է ՀՀ ապակենտրոնացված համայնքների ջրային անվտանգության ապահովման բազմագործոն մոտեցում, որը ներառում է ջրային ռեսուրսների ձևավորման, կուտակման, օգտագործման, վերաօգտագործման փոխկապակցված ինժեներական լուծումները: Հետազոտության հիմնական գիտական նորույթներն են.

1. Մշակվել է ապակենտրոնացված համայնքների ջրային անվտանգության համալիր գնահատման մոտեցում, որը միավորում է ջրային ռեսուրսների ձևավորման, կուտակման, որակի ապահովման և օգտագործման արդյունավետության փոխկապակցված գնահատումը՝ որպես ջրային անվտանգության ապահովման միասնական ինժեներական համակարգ:
2. Գիտականորեն հիմնավորվել է Գեղաձոր գետի հոսքի կարգավորման և նոր կարգավորիչ ջրամբարի կառուցման ինժեներական լուծումը՝ որպես ապակենտրոնացված համայնքների ջրային անվտանգության բարձրացման արդյունավետ միջոց:
3. Բացահայտվել են Իրինդի բնական պեմզայի պոլիսիլոբսանային քիմիական մոդիֆիկացման ազդեցության օրինաչափությունները դրա կառուցվածքային, ֆիզիկաքիմիական և հիդրոֆոր հատկությունների փոփոխության վրա:

4. Հիմնավորվել են մոդիֆիկացված պեմգայի կիրառման օրինաչափությունները տեխնածին հոսքաջրերի տեղային մաքրման և ջրի փակ շրջանառու օգտագործման համակարգերում:

Աշխատանքի գործնական նշանակությունը

Աշխատանքի արդյունքները կարող են կիրառվել ապակենտրոնացված համայնքների ջրամատակարարման համակարգերի նախագծման, վերակառուցման և զարգացման ծրագրերի մշակման ընթացքում: Առաջարկվող ջրային անվտանգության հիմնավորման շրջանակը (WSJF) կիրառելի է բարձր ներդրումային ջրամատակարարման նախագծերի նախնական գնահատման և ռազմավարական որոշումների ընդունման փուլում: Գեղաձոր գետի հոսքի կարգավորման հիմնավորված լուծումը կարող է հիմք ծառայել Արթիկ և Ծաղկահովիտ համայնքների ջրամատակարարման բարելավման նախագծային աշխատանքների համար: Մշակված մոդիֆիկացված սորբենտների վրա հիմնված տեղային ջրամաքրման տեխնոլոգիաները կարող են ներդրվել փոքր և ապակենտրոնացված բնակավայրերում նվազագույն նյութական և էներգետիկ ծախսերով անվտանգ խմելու ջրի ապահովման նպատակով:

Հետազոտության արդյունքների հավաստիությունը

Ատենախոսական աշխատանքի արդյունքների հավաստիությունն ու գիտական հիմնավորվածությունն ապահովված են ժամանակակից և միջազգային գիտական պրակտիկայում ընդունված հետազոտական մեթոդների կիրառմամբ, ստանդարտացված լաբորատոր և դաշտային փորձարկումների արդյունքներով, փորձարարական տվյալների կրկնելիությամբ, ինչպես նաև արդյունքների մաթեմատիկական և վիճակագրական մշակմամբ:

Պաշտպանության և ներկայացվում հետևյալ հիմնական գիտական դրույթները

1. Կլիմայական փոփոխությունների և աճող մարդածին ճնշման պայմաններում Հայաստանի Հանրապետության ապակենտրոնացված համայնքների ջրային անվտանգության գնահատման օրինաչափությունները և դրանց հիման վրա ջրային ռեսուրսների կայուն կառավարման գիտական մոտեցումները:
2. Գեղաձոր գետի հոսքի կարգավորման և նոր կարգավորիչ ջրամբարի կառուցման հիդրոտեխնիկական հիմնավորումը՝ որպես ապակենտրոնացված համայնքների ջրապահովվածության և ջրային անվտանգության բարձրացման արդյունավետ ինժեներական լուծում:
3. Իրինդի բնական պեմգայի մակերևույթի պոլիսիլոբսանային քիմիական մոդիֆիկացման տեխնոլոգիական ռեժիմները և դրանց ազդեցության օրինաչափությունները սորբենտի կառուցվածքային, ֆիզիկաքիմիական և հիդրոֆոր հատկությունների վրա:
4. Մոդիֆիկացված պեմգայի կիրառմամբ տեխնածին յուղերով և մակերևութային ակտիվ նյութերով աղտոտված հոսքաջրերի տեղային մաքրման օրինաչափությունները և ջրի փակ շրջանառու օգտագործման ինժեներատեխնոլոգիական լուծումը:

Աշխատանքի նախափորձապաշտպանությունը

Հետազոտության հիմնական արդյունքները գեկուցվել են.

- 13-th International Scientific-Technical Conference «The Modern Problems of Water Management, Environmental Protection, Architecture and Construction», Tbilisi, 25 - 28 July, 2026.
- Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի գիտական սեմինարներում և գիտական խորհրդում (2024–2026 թթ.):

Հրապարակումներ

Ատենախոսության թեմայով հրատարակվել է 7 գիտական հոդված, այդ թվում 2-ն առանց համահեղինակների:

Աշխատանքի ծավալը և կառուցվածքը

Ատենախոսությունը ներառում է ներածություն, չորս գլուխ, եզրակացություններ և առաջարկություններ, գրականության ցանկ: Տեքստը կազմում է 124 էջ՝ 17 նկարով և 7 աղյուսակով: Գրականության ցանկում ընդգրկված է 94 աղբյուր:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածությունում հիմնավորված է հետազոտության թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են աշխատանքի նպատակը, խնդիրները, գիտական նորույթը, գործնական նշանակությունը և պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

Առաջին գլխում կատարված է ջրօգտագործման անվտանգության ապահովման խնդիրների վերաբերյալ գրականության քննադատական վերլուծություն՝ կենտրոնացված ջրային ենթակառուցվածքների բացակայության պայմաններում: Ցույց է տրվել, որ ջրային ռեսուրսների կառավարման ավանդական մոտեցումը, որը հիմնված է պաշարների գնահատման, ջրառի կազմակերպման և պահանջարկի բավարարման սկզբունքների վրա, XXI դարի սկզբից աստիճանաբար զիջել է իր տեղը բազմագործոն և դինամիկ համակարգային մոտեցմանը, որտեղ բաղաբաժան, տեխնիկական, տնտեսական, բնապահպանական և սոցիալական գործոնները դիտարկվում են դինամիկ փոխազդեցության մեջ:

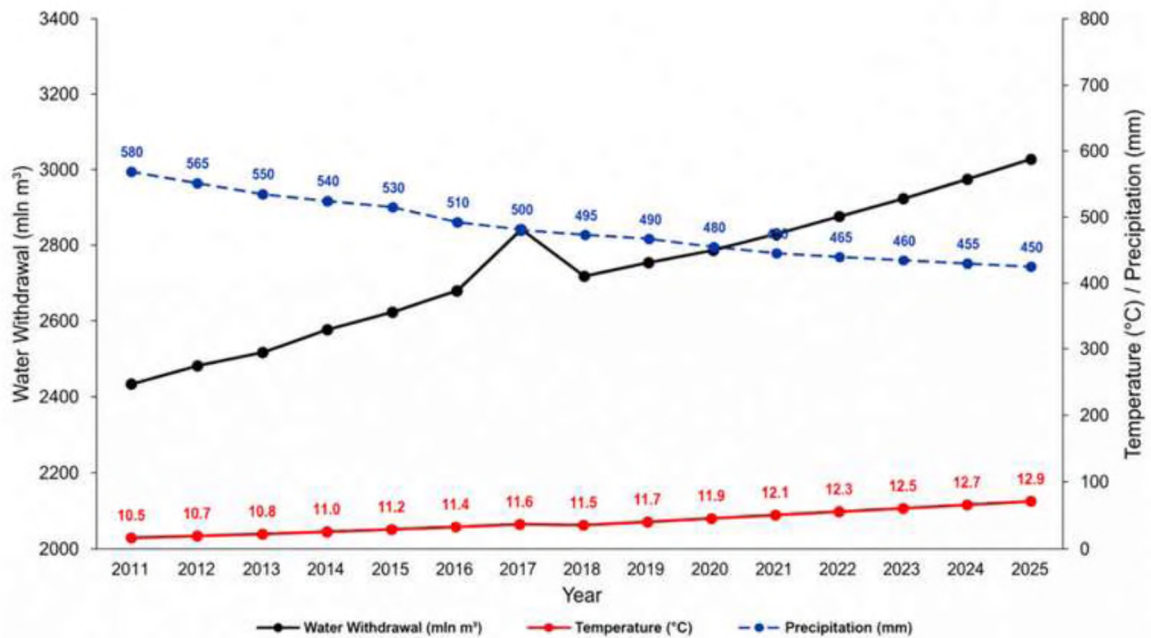
Վերլուծվել են ջրամատակարարման համակարգերի գնահատման ժամանակակից մոտեցումները՝ ջրի կորուստների կառավարումը, ռիսկերի գնահատումը որպես ինժեներական որոշումների ընդունման հիմնարար բաղադրիչ:

Վերլուծվել են ջրի մաքրման ադսորբցիոն տեխնոլոգիաների զարգացման միտումները: Ցույց է տրվել, որ կոագուլյացիայի, թաղանթային տարանջատման, իոնափոխանակության և ակտիվացված ածխի վրա հիմնված ջրի մաքրման տեխնոլոգիաները բնութագրվում են շահագործման բարձր ծախսերով, զգալի էներգատարությամբ կամ երկրորդային թափոնների առաջացմամբ: Այդ պատճառով հեռանկարային ուղղություն է դիտարկվում բնական ծագման սիլիկատային հանքանյութերը:

Երկրորդ գլուխ. Բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի բազմագործոն գնահատման խնդիրները

Դիտարկվում է ջրային անվտանգությունը, որպես միասնական ինժեներական համակարգ, որի փոխկապակցված բաղադրիչներն են ջրային ռեսուրսների ձևավորումը և կուտակումը, ջրի որակի ապահովումը, ջրային ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործումը և վերաօգտագործումը: Այդ հայեցակարգի հիման վրա մշակվել է ապակենտրոնացված համայնքների ջրային անվտանգության համալիր գնահատման մոտեցում:

Վերլուծվել են 2011–2025 թվականներին Հայաստանի Հանրապետությունում ջրառի ընդհանուր ծավալի, օդի միջին տարեկան ջերմաստիճանի և մթնոլորտային տեղումների տարեկան քանակի փոփոխության հիմնական միտումները: Տվյալների համեմատական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ դիտարկվող ժամանակահատվածում ջրային ռեսուրսների օգտագործման վրա միաժամանակ ազդել են ինչպես կլիմայական, այնպես էլ սոցիալ-տնտեսական գործոնները:



Նկ. 1 2011–2025 թվականներին Հայաստանում ջրառի ընդհանուր ծավալի, օդի միջին տարեկան ջերմաստիճանի և մթնոլորտային տեղումների քանակի փոփոխության դինամիկան

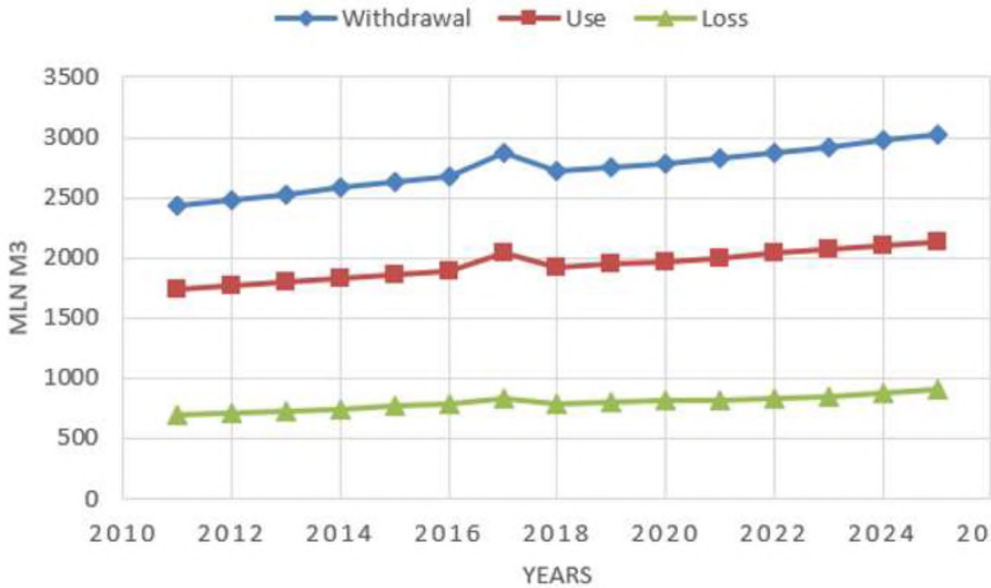
Վերլուծվող ժամանակահատվածում ջրառի ընդհանուր ծավալը ցուցաբերել է աճի միտում 2011 թվականի համեմատ ավելանալով շուրջ 26 %-ով: Միաժամանակ արձանագրվել է օդի միջին տարեկան ջերմաստիճանի աստիճանական բարձրացում և մթնոլորտային տեղումների անկայուն բաշխվածություն, ինչը վկայում է կլիմայական պայմանների փոփոխության մասին: Այս գործոնները հանգեցնում են գոլորշիացման աճի, բնական վերականգնվող ջրային պաշարների նվազման և ջրի պահանջարկի ավելացման, հատկապես ոռոգման շրջանում:

Ջրառի աճը չի կարող ամբողջությամբ բացատրվել միայն կլիմայական փոփոխություններով: Ջրային ռեսուրսների օգտագործման վրա էական ազդեցություն են ունեցել նաև բնակչության, գյուղատնտեսության, արդյունաբերության և ձկնաբուծության ջրապահանջարկի փոփոխությունները, ինչպես նաև ջրամատակարարման համակարգերի տեխնիկական վիճակը: Հետևաբար ջրառի փոփոխությունը պետք է դիտարկել որպես բազմագործոն գործընթաց, որի վրա միաժամանակ ազդում են բնական և մարդածին գործոնները: Նկ. 1-ի արդյունքները ցույց են տալիս, որ բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի գնահատման ընթացքում անհրաժեշտ է միաժամանակ հաշվի առնել ինչպես հիդրոլոգիական և կլիմայական պայմանների փոփոխությունները, այնպես էլ ջրօգտագործման արդյունավետությունը բնութագրող տեխնիկական և կառավարման ցուցանիշները: Միայն այսպիսի համալիր մոտեցումը հնարավորություն է տալիս օբյեկտիվ գնահատել ջրամատակարարման համակարգերի զարգացման միտումները և դրանց երկարաժամկետ կայունությունը:

Նկ.2-ը ցույց է տալիս, որ դիտարկվող ժամանակահատվածում ջրառի ընդհանուր ծավալի աճը չի ուղեկցվել փաստացի օգտագործվող ջրի համաչափ ավելացմամբ: Ջրառի և ջրօգտագործման միջև տարբերությունը բնութագրում է համակարգում առաջացող ջրային կորուստների ծավալը, որոնք պայմանավորված են ինչպես տեխնիկական, այնպես էլ կազմակերպչական գործոններով:

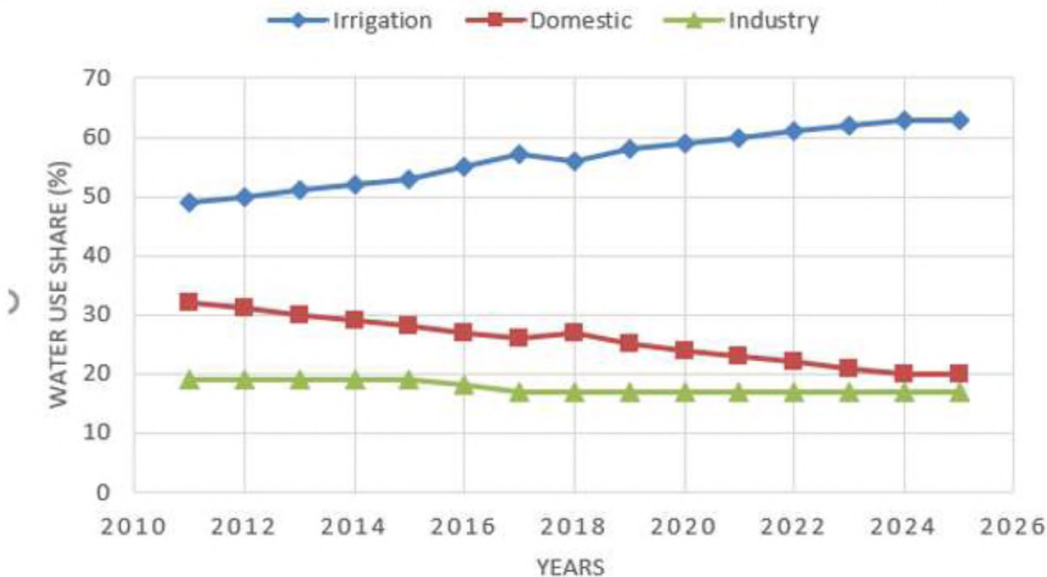
Ջրամատակարարման համակարգերում կորուստների զգալի մասը կապված է խողովակաշարերի մաշվածության, արտահոսքերի, չափիչ սարքերի անբավարար

կիրառման և ջրաբաշխման ոչ օպտիմալ կառավարման հետ: Արդյունքում ջրային ռեսուրսների լրացուցիչ ծավալներ են ներգրավվում համակարգ, սակայն դրանց մի մասը չի հասնում վերջնական սպառողին:



Նկ. 2 2011–2025 թվականների Ցայաստանի Ցանրապետությունում ջրառի, փաստացի ջրօգտագործման և ջրային կորուստների փոփոխության դինամիկան

Ցետևաբար ջրային կորուստների մակարդակը պետք է դիտարկել որպես բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի տեխնիկական վիճակն ու կառավարման արդյունավետությունը բնութագրող կարևորագույն ցուցանիշներից մեկը, որը պետք է ներառվի բազմագործոն գնահատման համակարգում:

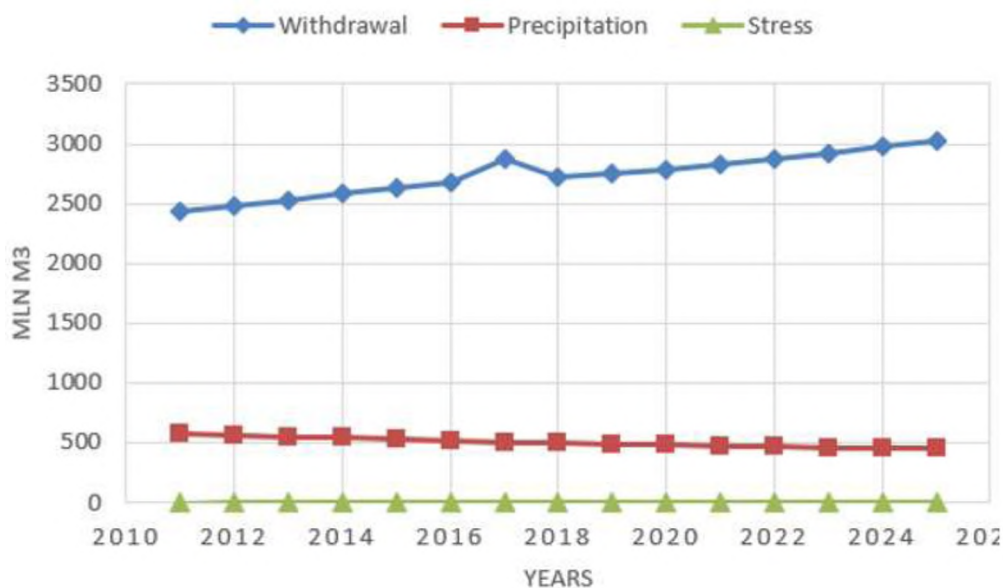


Նկ. 3 2011–2025 թվականների Ցայաստանում ջրօգտագործման կառուցվածքի փոփոխությունը

Նկ.3-ում ներկայացված են ջրօգտագործման հիմնական ոլորտների՝ ոռոգման, կենցաղային, արդյունաբերական, ձկնաբուծական ջրօգտագործման մասնաբաժինների փոփոխությունները: Դիտարկվող ժամանակահատվածում ջրօգտագործման կառուցվածքում գերակշռող դիրքը պահպանել է ոռոգումը, որի

բաժինը աստիճանաբար աճել է: Ոռոգման ջրի տեսակարար կշռի բարձրացումը պայմանավորված է ինչպես գյուղատնտեսական արտադրության ջրապահանջի աճով, այնպես էլ կլիմայական փոփոխությունների հետևանքով ավելացած ոռոգման պահանջարկով: Ջերմաստիճանի բարձրացման և չոր ժամանակահատվածների երկարացման պայմաններում գյուղատնտեսական մշակաբույսերի ջրապահանջը մեծանում է, ինչն անմիջականորեն արտացոլվում է ջրօգտագործման կառուցվածքում:

Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ Հայաստանի Հանրապետությունում ջրային ռեսուրսների կառավարման արդյունավետությունը մեծապես կախված է հատկապես ոռոգման համակարգերի արդյունավետությունից: Հետևաբար բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի գնահատման ընթացքում անհրաժեշտ է հաշվի առնել ոչ միայն խմելու ջրի մատակարարման տեխնիկական ցուցանիշները, այլև ջրային ռեսուրսների բաշխման ոլորտային առանձնահատկությունները, քանի որ դրանք ուղղակիորեն ազդում են ջրային պաշարների օգտագործման ընդհանուր հավասարակշռության վրա:



Նկ. 4 2011–2025 թվականներին Հայաստանում ջրային սթրեսի ցուցանիշի փոփոխության դինամիկան

Նկ. 4-ում ներկայացված է ջրային սթրեսի ցուցանիշի փոփոխությունը 2011–2025 թվականներին: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ դիտարկվող ժամանակահատվածում ջրային սթրեսի մակարդակը դրսևորել է կայուն աճի միտում, ինչը վկայում է ջրային ռեսուրսների վրա ճնշման աստիճանական ուժեղացման մասին:

Ջրային սթրեսի աճը պայմանավորված է մի շարք փոխկապակցված գործոններով: Մի կողմից՝ ավելացել են ջրային ռեսուրսների նկատմամբ պահանջարկը և ջրառի ծավալները, մյուս կողմից՝ կլիմայական փոփոխությունների հետևանքով նվազել է բնական վերականգնվող ջրային պաշարների կայունությունը: Միաժամանակ ջրամատակարարման և ոռոգման համակարգերում պահպանվող ջրային կորուստները լրացուցիչ մեծացնում են ջրային ռեսուրսների օգտագործման ծանրաբեռնվածությունը: Ջրային սթրեսի բարձրացումը չի կարող գնահատվել միայն որպես ջրային ռեսուրսների քանակական պակասի հետևանք: Այն արտացոլում է նաև ջրային ռեսուրսների կառավարման արդյունավետությունը, ենթակառուցվածքների տեխնիկական վիճակը և ջրօգտագործման կազմակերպման մակարդակը: Հետևաբար նույնիսկ համեմատաբար բավարար ջրային պաշարների առկայության պայմաններում ոչ արդյունավետ կառավարումը

կարող է հանգեցնել ջրային սթրեսի աճին: Բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի գնահատման ժամանակ անհրաժեշտ է կիրառել բազմագործոն մոտեցում, որը միավորում է հիդրոլոգիական, կլիմայական, տեխնիկական և կառավարման ցուցանիշները: Միայն այդ դեպքում հնարավոր է ամբողջական պատկերացում կազմել համակարգի իրական վիճակի, խոցելիության աստիճանի և զարգացման առաջնահերթ ուղղությունների վերաբերյալ:

Խմելու ջրային ռեսուրսների կառավարման վերաբերյալ միջազգային մոտեցումները վերջին տասնամյակներում զգալիորեն փոխվել են: Եթե նախկինում ջրային քաղաքականությունը հիմնականում ուղղված էր ջրամատակարարման ծավալների ավելացմանը՝ նոր ջրամբարների, ջրընդունիչների, ջրատարների և ջրամատակարարման համակարգերի կառուցման միջոցով, ապա ներկայումս առաջնային նշանակություն են ստացել ջրային ռեսուրսների համալիր և ռազմավարական կառավարումը, դրանց երկարաժամկետ պահպանությունը, կլիմայական փոփոխություններին հարմարվողականությունը և ջրային անվտանգության ապահովումը: Այս փոփոխությունները պայմանավորված են բնակչության աճով, ուրբանիզացիայով, տնտեսական զարգացման արագացմամբ, գյուղատնտեսության ջրապահանջարկի մեծացմամբ և կլիմայական փոփոխությունների ազդեցությամբ, որոնք աստիճանաբար մեծացնում են ճնշումը քաղցրահամ ջրային ռեսուրսների վրա: Այսօր լայն կիրառություն է ստացել ջրային ռեսուրսների ինտեգրված կառավարման (Integrated Water Resources Management – IWRM) հայեցակարգը, որի հիմքում ընկած է ջրային, հողային և հարակից բնական ռեսուրսների համակարգված կառավարումը՝ տնտեսական, սոցիալական և բնապահպանական շահերի հավասարակշռման նպատակով: Վերջին տարիներին այդ մոտեցումը զարգացել է դեպի ջրային անվտանգության (Water Security) գաղափարախոսություն, որի շրջանակներում խմելու ջրային ռեսուրսները դիտարկվում են ոչ միայն որպես բնական պաշար, այլև որպես ռազմավարական ազգային ակտիվ, որի պահպանումը պահանջում է գիտականորեն հիմնավորված, կանխարգելիչ և հարմարվողական կառավարման համակարգ: Հայաստանի համար այս մոտեցումները առանձնահատուկ նշանակություն ունեն, քանի որ երկրի խմելու ջրի հիմնական աղբյուրը ստորերկրյա ջրերն են և բնական աղբյուրները, որոնք ապահովում են ինչպես կենտրոնացված խմելու ջրամատակարարումը, այնպես էլ շշալցված ջրի արտադրությունը: Զնայած հանրապետությունը համարվում է համեմատաբար հարուստ խմելու ջրային ռեսուրսներով երկիր, դրանց երկարաժամկետ անվտանգությունը չի կարող գնահատվել միայն առկա պաշարների քանակով: Անհրաժեշտ է միաժամանակ գնահատել ստորերկրյա ջրերի բնական վերականգնման հնարավորությունները, կլիմայական փոփոխությունների ազդեցությունը, ջրօգտագործման կառուցվածքը, տնտեսական օգտագործման ծավալները, ինչպես նաև ջրային ռեսուրսների կառավարման արդյունավետությունը:

Երրորդ գլուխ. Հայաստանի Հանրապետության բնակավայրերի խմելու ջրի ապահովման հիմնական ուղղությունները

Ջրային անվտանգության տեսանկյունից գետային ջրերի օգտագործումն ունի մի շարք կարևոր առավելություններ: Առաջին՝ այն նվազեցնում է սահմանափակ ստորերկրյա ջրային պաշարներից կախվածությունը: Երկրորդ՝ ապահովում է ավելի մեծ ճկունություն ապագայում ջրի պահանջարկի աճին հարմարվելու համար: Երրորդ՝ կարգավորիչ ջրամբարների հետ համատեղ կիրառվելու դեպքում գետային ջրերի օգտագործումը զգալիորեն բարձրացնում է ջրամատակարարման համակարգերի դիմակայունությունը երաշտների և հիդրոլոգիական սեզոնային

տատանումների նկատմամբ: Հետևաբար, գետային ջրերը չպետք է դիտարկվեն միայն որպես ջրամատակարարման այլընտրանքային աղբյուր, այլ՝ որպես երկարաժամկետ ջրային անվտանգության ապահովման ռազմավարական բաղադրիչ այն տարածաշրջաններում, որտեղ առկա է խմելու ջրի կայուն դեֆիցիտ: Ժամանակակից ջրամաքման տեխնոլոգիաները զգալիորեն նվազեցրել են այն սահմանափակումները, որոնք նախկինում կապված էին գետային ջրերի՝ որպես խմելու ջրի աղբյուր օգտագործման հետ: Թեև մակերևութային ջրերը բնական պայմաններում կարող են պարունակել կախույթներ, մանրէաբանական աղտոտիչներ, օրգանական նյութեր և բնութագրվել ջրի որակի սեզոնային փոփոխություններով, ժամանակակից ջրամաքման համակարգերը հնարավորություն են տալիս արդյունավետորեն վերացնել այդ խնդիրները:

Ջրային անվտանգության տեսանկյունից ենթակառուցվածքային նախագծերը պետք է գնահատվեն ոչ միայն դրանց կառուցման արժեքով, այլև ամբողջ շահագործման ընթացքում ապահովվող հուսալիության և անվտանգության մակարդակով: Այս պայմաններում կարգավորիչ ջրամբարների, գետային ջրերի մաքրման կայանների կամ ինտեգրված ջրամատակարարման համակարգերի կառուցումը կարող է լիովին հիմնավորված լինել՝ նույնիսկ համեմատաբար բարձր ներդրումային ծախսերի դեպքում: Հիմնական նպատակը պետք է լինի ապահովել երկարաժամկետ ջրային անվտանգության այնպիսի մակարդակ, որը կբավարարի ինչպես ներկայիս, այնպես էլ ապագա ջրապահանջարկը:

Ջրային դեֆիցիտի պայմաններում որոշումների ընդունմանն աջակցելու նպատակով առաջարկվում է Ջրային անվտանգության հիմնավորման շրջանակը (Water Security Justification Framework, WSJF), որը նախատեսված է բարձր ներդրումային խմելու ջրամատակարարման նախագծերի նախնական գնահատման համար: Առաջարկվող շրջանակը լրացնում է ավանդական տնտեսական գնահատման մեթոդները՝ ներառելով նաև ջրային անվտանգության հետ կապված գործոնները ենթակառուցվածքային նախագծերի ընտրության գործընթացում: Առաջարկվող շրջանակը հիմնված է չորս հիմնական չափանիշների վրա՝ D - խմելու ջրի դեֆիցիտի աստիճանը, P - ջրի պակասից տուժող բնակչության թվաքանակը, R՝ ջրամատակարարման հուսալիության ակնկալվող բարելավումը և C - ներդրումային բեռի հարաբերական մակարդակը: Առաջարկվող ցուցանիշը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$WSJF = (D + P + R) / C$$

Բոլոր ցուցանիշները գնահատվում են հնգաբալային սանդղակով: D, P և R ցուցանիշների ավելի բարձր արժեքները բնութագրում են նախագծի ակնկալվող առավել մեծ արդյունավետությունը, մինչդեռ C ցուցանիշի ավելի բարձր արժեքը ցույց է տալիս ներդրումային ավելի մեծ բեռը:

Առաջարկվող շրջանակը հնարավորություն է տալիս նախնական փուլում բացահայտել այն իրավիճակները, երբ համեմատաբար բարձր կապիտալ ներդրումներ պահանջող նախագծերը կարող են հիմնավորված լինել ջրային անվտանգության տեսանկյունից: Այն նախատեսված չէ փոխարինելու ենթակառուցվածքային նախագծերի ամբողջական տեխնիկատնտեսական հիմնավորումը կամ բազմագործոն որոշումների ընդունման մեթոդները: Այս շրջանակը հանդիսանում է նախնական գնահատման գործիք, որը հնարավորություն է տալիս համեմատել տարբեր ջրամատակարարման այլընտրանքները ջրային անվտանգության տեսանկյունից և բացահայտել այն դեպքերը, երբ բարձր ներդրումային ծախսերով նախագծերը կարող են լինել առավել նպատակահարմար, քան նվազագույն սկզբնական արժեք ունեցող տարբերակները:

Ջրային անվտանգության հիմնավորման շրջանակի (WSJF) գնահատման**չափանիշները**

Միավոր	Խմելու ջրի դեֆիցիտի աստիճան (D)	Տուժող բնակչության թվաքանակ (P)	Ջրամատակարարման հուսալիության բարելավում (R)	Ներդրումային բեռ (C)
1	Շատ ցածր	< 1 000	Աննշան	Շատ ցածր
2	Ցածր	1 000–5 000	Սահմանափակ	Ցածր
3	Միջին	5 000–20 000	Միջին	Միջին
4	Բարձր	20 000–50 000	Էական	Բարձր
5	Շատ բարձր	> 50 000	Շատ էական	Շատ բարձր

Այս մոտեցումը հատկապես կիրառելի է այն համայնքների և տարածաշրջանների համար, որտեղ ջրի պակասը կրում է համակարգային բնույթ, իսկ կլիմայական փոփոխությունների ազդեցությունը մեծացնում է ջրամատակարարման ռիսկերը: Նման պայմաններում որոշումների ընդունման գործընթացը պետք է հիմնվի ոչ միայն ներդրումային ծախսերի համեմատության, այլև ջրամատակարարման երկարաժամկետ հուսալիության, բնակչության ջրային անվտանգության և ապագա կայուն զարգացման ապահովման վրա: Այսպիսով, WSJF շրջանակը հնարավորություն է տալիս ընդլայնել ենթակառուցվածքային նախագծերի գնահատման ավանդական մոտեցումները՝ տնտեսական չափանիշներին զուգահեռ ներառելով նաև ջրային անվտանգության գործոնը: Սա նպաստում է առավել հիմնավորված և ռազմավարական որոշումների ընդունմանը, հատկապես ջրային դեֆիցիտի պայմաններում գտնվող բնակավայրերի խմելու ջրամատակարարման նախագծերի ընտրության ընթացքում: Գնահատման նպատակով WSJF ցուցանիշի արժեքները կարելի է մեկնաբանել հետևյալ կերպ. 1.5-ից փոքր արժեքները վկայում են բարձր ներդրումային ծրագրի թույլ հիմնավորվածության մասին, 1.5–2.5 միջակայքի արժեքները՝ միջին հիմնավորվածության, իսկ 2.5-ից բարձր արժեքները՝ ջրային անվտանգության տեսանկյունից ծրագրի իրականացման բարձր հիմնավորվածության մասին: Եթե ընդունենք, որ խմելու ջրի դեֆիցիտի աստիճանը բարձր է ($D = 5$), ջրի պակասից տուժող բնակչության թվաքանակը զգալի է ($P = 4$), ջրամատակարարման հուսալիության ակնկալվող բարելավումը՝ էական ($R = 5$), իսկ ներդրումային բեռը՝ միջին ($C = 3$), ապա ստացվում է հետևյալ արդյունքը. $WSJF = (5 + 4 + 5) / 3 = 4.67$: Ստացված արժեքը ցույց է տալիս, որ առաջարկվող նախագծի իրականացումը ջրային անվտանգության տեսանկյունից ունի բարձր հիմնավորվածություն, չնայած դրա իրականացման համար պահանջվում են համեմատաբար մեծ կապիտալ ներդրումներ: Առաջարկվող WSJF շրջանակը նախատեսված է որպես նախնական գնահատման գործիք և չի փոխարինում նախագծերի ամբողջական տեխնիկատնտեսական հիմնավորմանը: Դրա հիմնական նպատակն է աջակցել ռազմավարական որոշումների ընդունմանը՝ բացահայտելով այն իրավիճակները, երբ ջրային անվտանգության ապահովման ակնկալվող օգուտները կարող են հիմնավորել բարձր ներդրումային ծախսեր պահանջող նախագծերի հետագա տեխնիկական և տնտեսական գնահատումը: Հետևաբար, խմելու ջրի կայուն դեֆիցիտ ունեցող տարածաշրջաններում բարձր ներդրումային ենթակառուցվածքային նախագծերը չպետք է ինքնաբերաբար գնահատվեն որպես տնտեսապես ոչ արդյունավետ: Ընդհակառակը, ջրային անվտանգության

տեսանկյունից դրանք կարող են հանդիսանալ առավել ռացիոնալ և երկարաժամկետ կայուն լուծումը:

Առաջարկվող մոտեցման կիրառման ներկայացուցչական օրինակ կարելի է դիտարկել լեռնային այն տարածաշրջաններում, որտեղ առկա աղբյուրները և ստորերկրյա ջրային պաշարներն այլևս չեն կարող բավարարել խմելու ջրի առկա և հեռանկարային պահանջարկը: Նման պայմաններում ավանդական, համեմատաբար ցածրարժեք լուծումները հաճախ ապահովում են միայն ժամանակավոր բարելավում և չեն կարող երաշխավորել ջրամատակարարման երկարաժամկետ հուսալիությունը: Նման նախագծերի հիմնավորվածությունը չպետք է գնահատվի միայն դրանց կառուցման արժեքով: Գնահատման գործընթացում անհրաժեշտ է հաշվի առնել նաև ջրային անվտանգության ապահովման, ջրամատակարարման հուսալիության բարձրացման և տարածաշրջանի կայուն զարգացման հետ կապված երկարաժամկետ օգուտները: Այն նախագծերը, որոնք առաջին հայացքից կարող են թվալ չափազանց ծախսատար, իրենց ամբողջ շահագործման ժամանակահատվածում կարող են հանդիսանալ առավել ռացիոնալ և տնտեսապես արդյունավետ լուծումը:

Հայաստանի Հանրապետությունում խմելու ջրի ռեսուրսների ընդհանուր բավարար պաշարների առկայությունը դեռևս չի երաշխավորում բնակավայրերի հուսալի ջրամատակարարումը:

Շատ համայնքներում խմելու ջրի դեֆիցիտը պայմանավորված է ոչ թե ջրային ռեսուրսների բացարձակ սակավությամբ, այլ դրանց տարածական և ժամանակային անհամաչափ բաշխմամբ, սեզոնային հոսքի փոփոխականությամբ և ջրային պաշարների կարգավորման ենթակառուցվածքների անբավարար զարգացմամբ: Այս պայմաններում առաջնային նշանակություն է ստանում տարածաշրջանի հիդրոլոգիական ներուժի համալիր գնահատումը և դրա օպտիմալ օգտագործման հնարավորությունների բացահայտումը: Մասնավորապես, Արթիկ համայնքը հանդիսանում է նման խնդիրների բնորոշ օրինակ: Բնակավայրերում խմելու ջրի տարեկան պահանջարկը կազմում է շուրջ 1.45 մլն մ³, մինչդեռ գործող ջրամատակարարման համակարգերը բավարարում են պահանջարկի ընդամենը 50-55 %-ը, ինչի հետևանքով հաշվարկային տարեկան դեֆիցիտը կազմում է շուրջ 0.653-0.725 մլն մ³: Միաժամանակ հարակից Ծաղկահովիտ համայնքի Գեղաձոր գետի ավազանն ունի ջրային պաշարների կուտակման և կարգավորման համար բարենպաստ հիդրոլոգիական պայմաններ, ինչը հնարավորություն է տալիս դիտարկել ջրամբարի կառուցումը որպես երկու համայնքների ջրային խնդիրների համալիր լուծում: Հետազոտության շրջանակներում կատարվել է Արթիկ և Ծաղկահովիտ համայնքների ջրամատակարարման համակարգերի, ջրային պահանջարկի, բնական հոսքերի, տեղանքի ռելիեֆի և ինժեներակրաբանական պայմանների համալիր գնահատում: Վերլուծության համար օգտագործվել են բազմամյա հիդրոլոգիական տվյալները, տեղագրական և երկրաբանական նյութերը, ինչպես նաև համայնքների ջրամատակարարման փաստացի ցուցանիշները, որոնք հնարավորություն են տվել գնահատել Գեղաձոր գետի ավազանի ջրային ռեսուրսների կարգավորման հնարավորությունները և ընտրել ջրամբարի տեղակայման առավել նպատակահարմար տարբերակը: Ուսումնասիրությունները ցույց տվեցին, որ Գեղաձոր գետի վերին հոսանքում առկա է բնական ռելիեֆ, որը բարենպաստ է ջրային հոսքի սեզոնային կուտակման համար: Կիրճային տեղանքը, ջրհավաք ավազանի բնութագրերը և երկրաբանական կառուցվածքը հնարավորություն են տալիս ձևավորել կարգավորիչ ջրամբար՝ ապահովելով անհրաժեշտ օգտակար ծավալ և նվազագույնի հասցնելով շինարարական միջամտությունները:

Կլիմայի փոփոխությունը, քաղցրահամ ջրային ռեսուրսների անհավասար բաշխվածությունը, ենթակառուցվածքների սահմանափակումները, տնտեսական

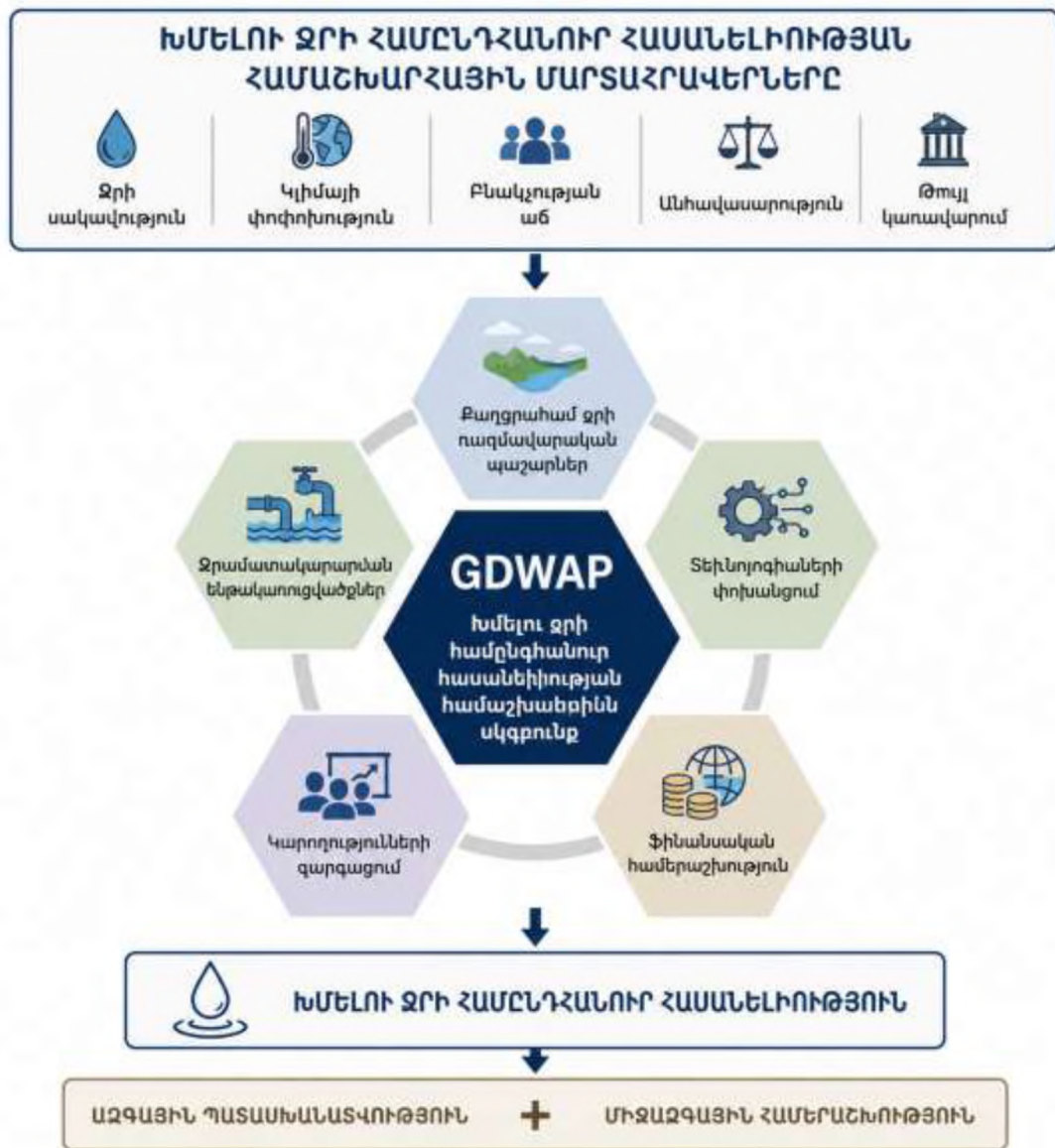
անհավասարությունները և ժողովրդագրական փոփոխությունները շարունակում են խորացնել այս մարտահրավերը: Այս պայմաններում խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ապահովումը չի կարող հիմնվել միայն առանձին պետությունների ջանքերի վրա: Ջրային անվտանգության վրա ազդող բազմաթիվ գործոններ՝ կլիմայական փոփոխությունները, սահմանանց ջրային համակարգերը, տարածաշրջանային երաշտները, տեխնոլոգիական անհավասարությունները և ֆինանսական սահմանափակումները, դուրս են գալիս առանձին պետությունների վերահսկողությունից: Հետևաբար, խմելու ջրի հասանելիությունը պետք է դիտարկվի ոչ միայն որպես ազգային քաղաքականության խնդիր, այլև որպես միջազգային համագործակցության և համատեղ պատասխանատվության ոլորտ: Խմելու ջրի հասանելիության՝ որպես մարդու հիմնարար իրավունքի ճանաչումը առաջ է բերում կարևոր հարց՝ ինչպիսի՞ պատասխանատվության մոդելն է առավել արդյունավետ այդ իրավունքի գործնական ապահովման համար: Թեև ազգային կառավարությունները շարունակում են մնալ իրենց բնակչության խմելու ջրամատակարարման հիմնական պատասխանատուները, համաշխարհային ջրային խնդիրների աճող մասշտաբները ցույց են տալիս, որ բացառապես ազգային մակարդակով իրականացվող միջոցառումները շատ դեպքերում այլևս բավարար չեն: Խմելու ջրի հասանելիության վրա ազդող բազմաթիվ գործոններ դուրս են գալիս առանձին պետությունների սահմաններից: Կլիմայի փոփոխությունը, սահմանանց ջրային համակարգերը, տարածաշրջանային երաշտները, միգրացիոն գործընթացները, տնտեսական անհավասարությունները և տեխնոլոգիական տարբերությունները զգալի ազդեցություն ունեն պետությունների կարողության վրա՝ ապահովելու բնակչության հուսալի ջրամատակարարումը: Այդ պատճառով խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիությունը պետք է դիտարկել ոչ միայն որպես ազգային քաղաքականության խնդիր, այլև որպես միջազգային համագործակցության կարևոր ուղղություն: Սույն հետազոտությունում առաջարկվում է նոր հայեցակարգային մոտեցում՝ Խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության սկզբունքը (Global Drinking Water Accessibility Principle – GDWAP): Առաջարկվող սկզբունքը հիմնված է այն գաղափարի վրա, որ խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիությունը պետք է դիտարկվի ոչ միայն որպես յուրաքանչյուր պետության ինքնուրույն պարտավորություն, այլև որպես միջազգային հանրության համատեղ պատասխանատվություն: Այս մոտեցման շրջանակներում պետությունները շարունակում են կրել առաջնային պատասխանատվություն իրենց ջրային ռեսուրսների կառավարման և զարգացման համար, մինչդեռ միջազգային համագործակցությունը լրացնում է այդ ջանքերը՝ ֆինանսավորման, տեխնոլոգիաների փոխանցման, մասնագիտական կարողությունների զարգացման և կայուն ջրային ենթակառուցվածքների ձևավորման միջոցով: Առաջարկվող հայեցակարգը նպատակ ունի հավասարակշռել ջրային ռեսուրսների նկատմամբ ազգային ինքնիշխանության սկզբունքը և միջազգային համերաշխության գաղափարը: Այն չի նախատեսում ջրային ռեսուրսների վերաբաշխում պետությունների միջև, այլ ուղղված է այն հնարավորությունների, գիտելիքների, տեխնոլոգիաների և ֆինանսական ռեսուրսների ընդլայնմանը, որոնք անհրաժեշտ են ջրային դեֆիցիտ ունեցող տարածաշրջաններում խմելու ջրի հասանելիության բարձրացման համար: GDWAP-ը նախատեսված չէ փոխարինելու Միավորված ազգերի կազմակերպության կողմից ընդունված մարդու՝ խմելու ջրի իրավունքի, Կայուն զարգացման նպատակ 6-ի (SDG 6) կամ գործող միջազգային ջրային նախաձեռնությունների դրույթները: Ընդհակառակը, այն լրացնում և զարգացնում է այդ մոտեցումները՝ շեշտադրելով միջազգային համերաշխության, տեխնոլոգիական համագործակցության, ֆինանսական աջակցության և ինստիտուցիոնալ կարողությունների զարգացման դերը: Այդ պատճառով GDWAP-ը պետք է դիտարկել

որպես գործող միջազգային նախաձեռնությունների ամրապնդմանը նպաստող լրացուցիչ հայեցակարգային շրջանակ, այլ ոչ թե որպես դրանց այլընտրանք: Առաջարկվող GDWAP հայեցակարգը հիմնված է հինգ փոխկապակցված հիմնասյուների վրա, որոնք միասին ձևավորում են խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ապահովման ռազմավարական համակարգ: Առաջին հիմնասյունը ջրային ռեսուրսների կայուն զարգացումն է, որը ներառում է առկա ջրային աղբյուրների՝ ստորերկրյա ջրերի, աղբյուրների, գետերի, ջրամբարների, անձրևաջրերի կուտակման համակարգերի, աղագերծման և ջրի կրկնակի օգտագործման հնարավորությունների արդյունավետ և երկարաժամկետ կառավարումը: Երկրորդ հիմնասյունը խմելու ջրի պահպանությունն ու արդյունավետ օգտագործումն է, որի շրջանակներում առաջնային նշանակություն ունեն ջրի կորուստների կրճատումը, բաշխիչ ցանցերի արդիականացումը, ջրախնայող տեխնոլոգիաների ներդրումը և պատասխանատու ջրասպառման խթանումը: Երրորդ հիմնասյունը տեխնոլոգիաների փոխանցումն ու գիտելիքների փոխանակումն է, որը հնարավորություն է տալիս ընդլայնել ժամանակակից ջրամաքման տեխնոլոգիաների, մոնիթորինգի համակարգերի, թվային կառավարման գործիքների և ինժեներական փորձի հասանելիությունը: Չորրորդ հիմնասյունը միջազգային ֆինանսական համերաշխությունն է, որի նպատակն է աջակցել ջրային դեֆիցիտ ունեցող տարածաշրջաններում ջրամատակարարման ենթակառուցվածքների զարգացմանը միջազգային ֆինանսավորման, զարգացման ծրագրերի և պետական-մասնավոր գործընկերության միջոցով: Հինգերորդ հիմնասյունը խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության համար համատեղ պատասխանատվությունն է, որի համաձայն, թեև ազգային կառավարությունները շարունակում են կրել առաջնային պատասխանատվությունը, միջազգային հանրությունը նույնպես մասնակցում է այդ նպատակի իրագործմանը՝ աջակցելով կառուցվածքային ջրային խնդիրներ ունեցող երկրներին և տարածաշրջաններին: Այս հինգ հիմնասյուները միասին ձևավորում են համակարգ, որը համադրում է ազգային գործողությունները և միջազգային համագործակցությունը՝ նպաստելով խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության կայուն և արդարացի ապահովմանը: GDWAP-ի գործնական կիրառումը ենթադրում է, որ խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ապահովման գործընթացը պետք է իրականացվի բազմամակարդակ կառավարման համակարգի միջոցով: Ազգային մակարդակում առաջնային նշանակություն ունեն ջրային ռեսուրսների արդյունավետ կառավարումը, իրավական և ինստիտուցիոնալ շրջանակների կատարելագործումը, ջրամատակարարման ենթակառուցվածքների զարգացումը և ջրի որակի շարունակական վերահսկումը: Տարածաշրջանային մակարդակում անհրաժեշտ է խթանել սահմանակից երկրների համագործակցությունը, համատեղ ծրագրերի իրականացումը և ջրային ռեսուրսների կայուն օգտագործման ուղղությամբ փորձի փոխանակումը: Միջազգային մակարդակում առաջնային դեր ունեն ֆինանսական և տեխնիկական աջակցությունը, նորարարական տեխնոլոգիաների ներդրման խրախուսումը և ջրային անվտանգությանն ուղղված համաշխարհային նախաձեռնությունների համակարգումը:

Խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ռազմավարական ապահովումը սերտորեն փոխկապակցված է ջրային անվտանգության հայեցակարգի հետ: Ջրամատակարարման համակարգերի հուսալիությունը, ջրի որակի ապահովումը, կլիմայական փոփոխություններին դիմակայունությունը և բնակչության աճող պահանջարկին համապատասխանելու կարողությունը պետք է դիտարկվեն որպես միասնական ռազմավարական նպատակներ: Հետևաբար, խմելու ջրի հասանելիության բարձրացումը պահանջում է ինժեներական, կառավարչական, տնտեսական և բնապահպանական միջոցառումների համակարգված իրականացում, որոնք փոխլրացնում են միմյանց և ապահովում ջրային

ռեսուրսների կայուն օգտագործումը երկարաժամկետ հեռանկարում: Նկ. 5-ում ներկայացված է GDWAP-ի հայեցակարգային կառուցվածքը, որը համադրում է ազգային պատասխանատվության և միջազգային համերաշխության սկզբունքները: Հայեցակարգի հիմքում ընկած են հինգ փոխկապակցված հենասյուներ՝ (1) ջրային ռեսուրսների կայուն զարգացումը, (2) խմելու ջրի խնայող և արդյունավետ օգտագործումը, (3) տեխնոլոգիաների և գիտելիքների փոխանցումը, (4) միջազգային ֆինանսական համերաշխությունը և (5) խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ապահովման համատեղ պատասխանատվությունը: Այս կառուցվածքը ներկայացնում է ոչ թե ջրային ռեսուրսների վերաբաշխման, այլ գիտելիքի, տեխնոլոգիաների, ներդրումների և կառավարման կարողությունների համատեղման վրա հիմնված մոտեցում՝ խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ապահովման նպատակով: GDWAP (Global Drinking Water Accessibility Principle) հայեցակարգային շրջանակը, որը միավորում է խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ապահովման ռազմավարական ուղղությունները մեկ միասնական համակարգում: Մոդելի տրամաբանությունը հիմնված է այն գաղափարի վրա, որ խմելու ջրի հասանելիության խնդիրը չի կարող լուծվել մեկ գործոնի ազդեցությամբ, այլ պահանջում է փոխկապակցված տեխնիկական, տնտեսական, ինստիտուցիոնալ և միջազգային միջոցառումների համատեղ իրականացում: Մոդելի վերին հատվածում ներկայացված են այն հիմնական համաշխարհային մարտահրավերները, որոնք սահմանափակում են բնակչության անվտանգ խմելու ջրի հասանելիությունը: Դրանք են ջրի սակավությունը, կլիմայի փոփոխությունը, բնակչության աճը, սոցիալ-տնտեսական անհավասարությունը և կառավարման թերությունները: Այս գործոնները ձևավորում են այն միջավայրը, որտեղ անհրաժեշտ է մշակել նոր ռազմավարական մոտեցումներ ջրային անվտանգության ապահովման համար: GDWAP-ի կենտրոնական բաղադրիչը փոխկապակցված է հինգ ռազմավարական ուղղությունների հետ՝ ռազմավարական քաղցրահամ ջրի պաշարների ձևավորում, ջրամատակարարման ենթակառուցվածքների զարգացում, տեխնոլոգիաների փոխանցում, կարողությունների զարգացում և ֆինանսական համերաշխություն: Այս բաղադրիչները գործում են որպես մեկ ամբողջական համակարգ, որտեղ յուրաքանչյուր ուղղություն լրացնում և ուժեղացնում է մյուսներին՝ նպաստելով խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ապահովմանը:

Նկ. 5-ի ստորին հատվածում ներկայացված է մոդելի վերջնական արդյունքը՝ խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիությունը, որի հիմքում ընկած է ազգային պատասխանատվության և միջազգային համերաշխության համադրությունը: Այս մոտեցումը ցույց է տալիս, որ յուրաքանչյուր պետություն պատասխանատու է սեփական ջրային ռեսուրսների արդյունավետ կառավարման համար, մինչդեռ միջազգային համագործակցությունը պետք է նպաստի ֆինանսական, տեխնոլոգիական և գիտական աջակցության միջոցով այն երկրների հնարավորությունների ընդլայնմանը, որոնք չեն կարող ինքնուրույն ապահովել անվտանգ և կայուն խմելու ջրամատակարարում: GDWAP հայեցակարգի կարևոր առավելություններից մեկն այն է, որ այն խմելու ջրի հասանելիության խնդիրը դիտարկում է որպես համաշխարհային զարգացման ընդհանուր պատասխանատվություն, այլ ոչ միայն առանձին պետությունների ներքին խնդիր: Այս մոտեցումը հնարավորություն է տալիս համատեղել ազգային ջանքերը միջազգային ֆինանսական, տեխնոլոգիական և գիտական աջակցության հետ՝ ձևավորելով համագործակցության այնպիսի համակարգ, որն առավել արդյունավետ է ջրային դեֆիցիտի և ջրային անվտանգության խնդիրների հաղթահարման գործում: Հայեցակարգի մյուս կարևոր առավելությունն այն է, որ այն շեշտը դնում է կանխարգելիչ քաղաքականության վրա:



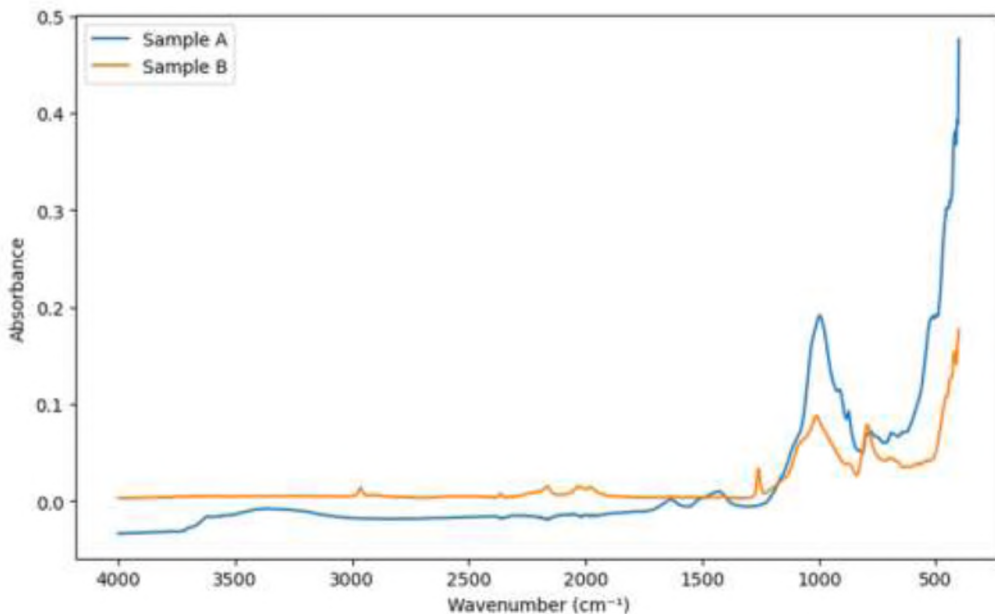
Նկ 5 Խմելու ջրի համաշխարհային հասանելիության սկզբունքի (GDWAP) հայեցակարգային շրջանակը

Ջրային ռեսուրսների ռազմավարական պլանավորումը, ենթակառուցվածքների զարգացումը և կարողությունների ամրապնդումը հնարավորություն են տալիս նվազեցնել ապագա ջրային ճգնաժամերի ռիսկերը՝ փոխարենը միայն արձագանքելու արդեն առաջացած խնդիրներին: Այսպիսով, ներդրումները դիտարկվում են որպես երկարաժամկետ կայունության ապահովման միջոց, այլ ոչ թե կարճաժամկետ լուծումներ: GDWAP-ի արդյունավետ իրականացումը կապված է մի շարք գործնական մարտահրավերների հետ: Դրանցից կարևորագույններն են տարբեր երկրների տնտեսական հնարավորությունների անհամաչափությունը, քաղաքական առաջնահերթությունների տարբերությունը, ֆինանսավորման սահմանափակումները և միջազգային համագործակցության արդյունավետ համակարգման անհրաժեշտությունը: Այս գործոնները կարող են դժվարացնել առաջարկվող սկզբունքի ամբողջական իրականացումը և պահանջում են համապատասխան ինստիտուցիոնալ ու իրավական մեխանիզմների մշակում: Հայեցակարգի գործնական կիրառումը ենթադրում է յուրաքանչյուր երկրի կողմից ազգային ջրային քաղաքականության համապատասխանեցումը ընդհանուր սկզբունքներին՝ հաշվի առնելով տվյալ երկրի բնական, սոցիալ-տնտեսական և տեխնիկական առանձնահատկությունները: Հետևաբար, GDWAP-ը պետք է

դիտարկել ոչ թե որպես միասնական պարտադիր մոդել, այլ որպես ճկուն ռազմավարական շրջանակ, որը կարող է հարմարեցվել տարբեր երկրների պայմաններին՝ պահպանելով իր հիմնական սկզբունքներն ու նպատակները:

Չորրորդ գլուխ. Խմելու ջրի մաքրման և որակի ապահովման որոշ հարցեր

Սույն հետազոտության շրջանակներում ուսումնասիրվել է Իրինդի հանքավայրից ստացված պեմզայի կիրառման հնարավորությունը ավտովազման կայանների կեղտաջրերի մաքրման գործընթացում: Ադսորբցիոն հատկությունների բարձրացման նպատակով պեմզայի մակերևույթը մոդիֆիկացվել է պոլիսիլոքսանով, այսուհետև գնահատվել է ստացված նյութի արդյունավետությունը նավթամթերքների կլանման գործընթացում: Պեմզայի ռենտգենադիֆրակցիոն (XRD) հետազոտությունները ցույց են տվել, որ այն հրաբխային ծագման ապար է և հիմնականում կազմված է կրիստոբալիտից և կոեզիտից, որոնք սիլիցիումի երկօքսիդի (SiO_2) բյուրեղային ձևափոխություններ են: Ստացված սպեկտրների վերլուծությունը ցույց է տվել, որ պոլիսիլոքսանով մշակման արդյունքում պեմզայի մակերևույթում ձևավորվել են սոր ֆունկցիոնալ խմբեր, որոնք բնորոշ են սիլոքսանային միացություններին: Մոտ 1260 սմ^{-1} շրջանում դիտվող կլանման գագաթը համապատասխանում է $\text{Si}-\text{CH}_3$ խմբերի ճկման տատանումներին, իսկ մոտ 1100 սմ^{-1} շրջանում գրանցված ինտենսիվ կլանման գոտին բնորոշ է $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ կապերի ձգման տատանումներին: Բացի այդ, մոտ 2960 սմ^{-1} շրջանում արձանագրվել են մեթիլային խմբերի $\text{C}-\text{H}$ ձգման տատանումները, որոնք ևս հաստատում են պոլիսիլոքսանի առկայությունը պեմզայի մակերևույթին: Ստացված արդյունքները վկայում են, որ պոլիսիլոքսանային միացությունները հաջողությամբ ամրացել են պեմզայի մակերևույթին՝ ձևավորելով հիդրոֆոր օրգանական շերտ: FTIR անալիզի արդյունքները ներկայացված են նկ. 6-ում:



Նկ. 6 Պեմզայի ֆունկցիոնալիզացիայի (FTIR) սպեկտրները՝ մինչև պոլիսիլոքսանով մոդիֆիկացումը և մոդիֆիկացումից հետո

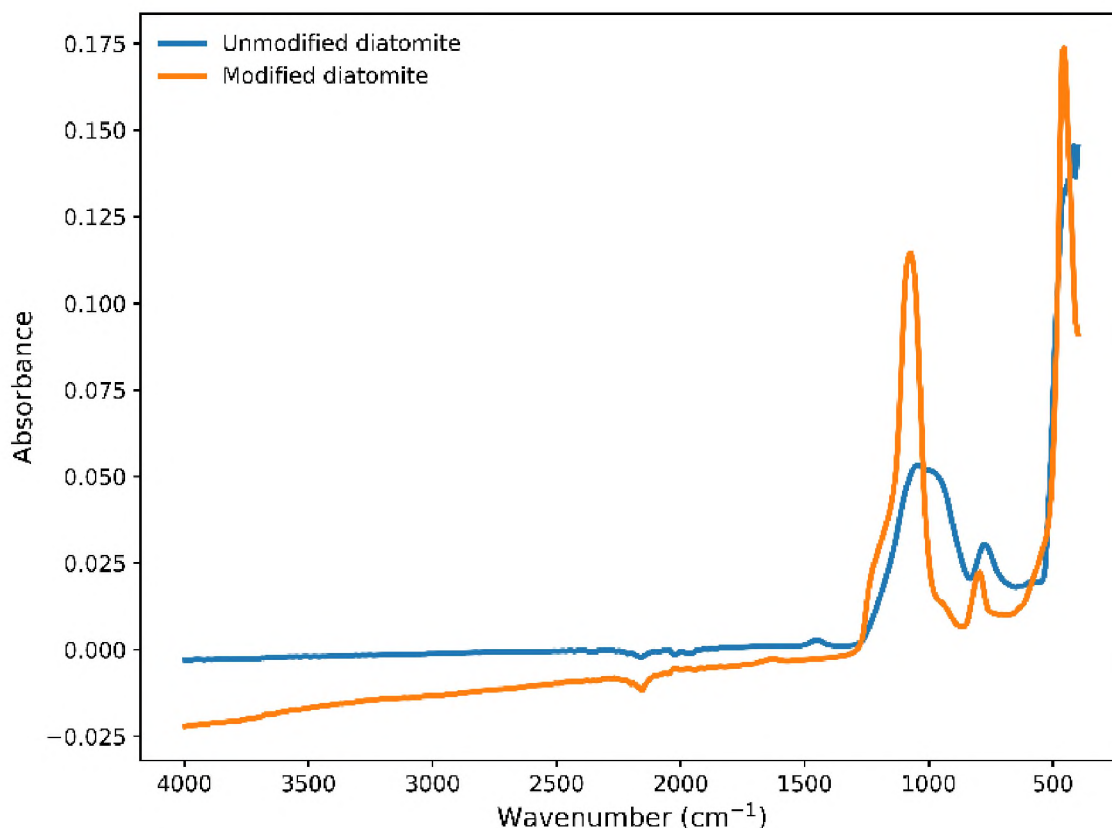
A — մինչև մոդիֆիկացումը, B — պոլիսիլոքսանով մոդիֆիկացումից հետո:

Մակերևութային մոդիֆիկացված և չմոդիֆիկացված պեմզաների ադսորբցիոն հատկությունների համեմատական գնահատման նպատակով իրականացվել են նավթամթերքներով ադսորբցիոն փորձեր: Հետազոտությունները

կատարվել են 150 մլ ծավալով ստանդարտ գլանաձև լաբորատոր անոթներում: Ֆիլտրացիայի արագությունը կարգավորվել է մինի-ֆիլտրերի ստորին մասում տեղադրված փականի միջոցով՝ հաշվի առնելով դրանց տրամագիծը և ֆիլտրող շերտի բարձրությունը: Փորձերի ընթացքում նավթամթերքների պահպանման համար արձանագրվել է ազատ հոսքով ֆիլտրացիայի 1.5–3.0 մմ/վ միջին արագություն:

Չավասարակշռային վիճակի հաստատման նպատակով ուսումնասիրվել է շփման ժամանակի ազդեցությունը նավթամթերքների հեռացման արդյունավետության վրա: Փորձարարական արդյունքները ցույց են տվել, որ շփման ժամանակի մեծացմանը զուգընթաց աճել է նաև նավթամթերքների կլանման արդյունավետությունը: Պոլիսիլոքսանով մակերևութային մոդիֆիկացման արդյունքում ինտենսիվ ադսորբցիան հիմնականում արձանագրվել է փորձի առաջին 20–30 րոպեների ընթացքում, իսկ հավասարակշռային վիճակը ձևավորվել է 40–60 րոպե անց: Նավթամթերքների կոնցենտրացիաները մինչև և ադսորբցիայից հետո որոշվել են Cary-60 UV–Vis սպեկտրոֆոտոմետրի միջոցով: Չափումները ցույց են տվել, որ 250 նմ ալիքի երկարությանը համապատասխանում է պեմզայի վրա նավթամթերքների առավելագույն կլանման ինտենսիվությունը: Ստացված արդյունքների համաձայն՝ պոլիսիլոքսանով մոդիֆիկացված պեմզայի կլանման ունակությունը շուրջ 40%-ով գերազանցել է չմոդիֆիկացված պեմզայինը: UV–Vis սպեկտրոֆոտոմետրիկ հետազոտության արդյունքները ներկայացված են նկ. 4.5-ում:

Ջրային լուծույթներից պղնձի իոնների հեռացման փորձերում օգտագործվել է 0.5–1.0 մմ հատիկաչափով բնական դիատոմիտ, որը ձեռք է բերվել «Դիատոմիտ» գիտաարտադրական փակ բաժնետիրական ընկերությունից: Փորձարարական լուծույթների պատրաստման համար օգտագործվել է պղնձի սուլֆատի հնգաջրային աղը ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)՝ 0.5 գ/լ հաստատուն կոնցենտրացիայով:



Նկ. 7 Չմոդիֆիկացված և մոդիֆիկացված դիատոմիտի FTIR սպեկտրային վերլուծության արդյունքները:

Որպես անօրգանական կապակցող և մակերևութային մոդիֆիկացնող նյութ կիրառվել է նատրիումի սիլիկատի (հեղուկ ապակի) լուծույթ, որի ընդհանրացված քիմիական բանաձևն է՝ $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_x \cdot x\text{H}_2\text{O}$: Դիատոմիտի մակերևութային կառուցվածքի փոփոխությունները գնահատելու նպատակով իրականացվել է Ֆուրիեի ինֆրակարմիր (FTIR) սպեկտրոսկոպիական հետազոտություն, որի արդյունքները ներկայացված են նկ. 7-ում:

UV-Vis սպեկտրների համեմատական վերլուծությունը ցույց է տվել, որ ադսորբցիայից հետո 200–250 նմ տիրույթում կլանման ինտենսիվությունը զգալիորեն նվազել է: Չմոդիֆիկացված դիատոմիտի դեպքում մնացորդային կլանումը կազմել է մոտ 3.6, մինչդեռ նատրիումի սիլիկատով մակերևութային մոդիֆիկացումից հետո այն նվազել է մինչև 1.8: Այսպիսով, մոդիֆիկացված դիատոմիտը լուծույթում մնացորդային պղնձի պարունակությունը նվազեցրել է մոտ 50 %-ով՝ համեմատած չմոդիֆիկացված դիատոմիտի հետ, ինչը վկայում է դրա ադսորբցիոն արդյունավետության զգալի բարձրացման մասին:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Հայաստանի Հանրապետության ապակետրոնացված համայնքների ջրային անվտանգությունը հնարավոր չէ ապահովել առանձին ինժեներական միջոցառումների իրականացմամբ: Գիտականորեն հիմնավորվել է, որ ջրային ռեսուրսների ձևավորումը, կուտակումը, որակի ապահովումը, արդյունավետ օգտագործումը և վերաօգտագործումը պետք է դիտարկվեն որպես մեկ միասնական ինժեներական համակարգ, որի ինտեգրված կիրառումը բարձրացնում է ջրային ռեսուրսների օգտագործման արդյունավետությունը, համակարգերի կայունությունը և ջրային անվտանգության մակարդակը:
2. 2011–2025 թվականների տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Հայաստանի Հանրապետությունում բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի գործունեության վրա միաժամանակ ազդում են կլիմայական, հիդրոլոգիական, տեխնիկական և կառավարման գործոնները: Դիտարկվող ժամանակահատվածում արձանագրվել է ջրառի ընդհանուր ծավալի աճ, օդի միջին տարեկան ջերմաստիճանի բարձրացում, ջրօգտագործման ոլորտային կառուցվածքի փոփոխություն և ջրային սթրեսի ցուցանիշի աստիճանական մեծացում, որոնք վկայում են ջրային ռեսուրսների կառավարման պայմանների բարդացման մասին: Ջրային սթրեսի ձևավորումը պայմանավորված է ոչ միայն բնական և կլիմայական փոփոխություններով, այլև ջրամատակարարման համակարգերում առկա տեխնիկական կորուստներով և ջրային ռեսուրսների ոչ բավարար արդյունավետ կառավարմամբ: Հետևաբար բնակավայրերի ջրամատակարարման համակարգերի գնահատումը չի կարող հիմնվել մեկ կամ մի քանի առանձին ցուցանիշների վրա, այլ պետք է իրականացվի բազմագործոն մոտեցմամբ, որը համատեղ հաշվի է առնում ջրային ռեսուրսների վիճակը, ջրօգտագործման արդյունավետությունը, համակարգերի տեխնիկական վիճակը և արտաքին ազդեցությունները:
3. Հիմնավորվել է, որ կենտրոնացված ջրային ենթակառուցվածքներից մասնակի կամ ամբողջությամբ զրկված համայնքների ջրային անվտանգության ապահովման արդյունավետ ուղին ջրային ռեսուրսների ինտեգրված կառավարման համակարգն է, որը համադրում է ջրային պաշարների ձևավորման և կարգավորման, խմելու ջրի պահանջվող որակի ապահովման և սահմանափակ ջրային ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործման միջոցառումները: Ապացուցվել է, որ նշված բաղադրիչների համալիր կիրառումն

ապահովում է ջրային անվտանգության ավելի բարձր մակարդակ, քան դրանց առանձին իրականացումը:

4. Ապացուցվել է, որ ջրային պաշարների տեղային կուտակման և կարգավորման ինժեներական միջոցառումների կիրառումը բարձրացնում է ջրամատակարարման հուսալիությունը, նվազեցնում սեզոնային ջրային դեֆիցիտի ազդեցությունը և մեծացնում համայնքների դիմակայունությունը կլիմայական փոփոխությունների պայմաններում:
5. Հիմնավորվել է բնական հանքային կյուրերի մոդիֆիկացման վրա հիմնված տեղային ջրամաքման տեխնոլոգիաների կիրառման արդյունավետությունը, որոնք ապահովում են ծանր մետաղների հեռացման բարձր աստիճան, ընդլայնում տեղային ջրամաքման համակարգերի կիրառման հնարավորությունները և նպաստում ապակենտրոնացված բնակավայրերի անվտանգ խմելու ջրամատակարարմանը:
6. Ապացուցվել է, որ ջրային ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործման գնահատման և օպտիմալացման ինտեգրված մոտեցումների կիրառումը հնարավորություն է տալիս բարձրացնել ջրօգտագործման արդյունավետությունը, հիմնավորել ջրաբաշխման առավել արդյունավետ տարբերակները և ապահովել ջրային համակարգերի երկարաժամկետ կայունությունը:
7. Հիմնավորվել է, որ ջրային կայուն դեֆիցիտի պայմաններում խմելու ջրամատակարարման համակարգերի ընտրությունը պետք է հիմնվի ոչ միայն ներդրումային ծախսերի, այլև ջրային անվտանգության, մատակարարման հուսալիության, կլիմայական փոփոխություններին դիմակայունության և երկարաժամկետ կայունության ցուցանիշների վրա: Ցույց է տրվել, որ ժամանակակից ջրամաքման տեխնոլոգիաների կիրառման պայմաններում գետային ջրերը կարող են հանդիսանալ խմելու ջրամատակարարման ռազմավարական աղբյուր:
8. Առաջարկվել է Ջրային անվտանգության հիմնավորման շրջանակը (Water Security Justification Framework – WSJF), որը հնարավորություն է տալիս նախնական փուլում գնահատել բարձր ներդրումային խմելու ջրամատակարարման նախագծերի նպատակահարմարությունը՝ հաշվի առնելով ջրային անվտանգության հիմնական գործոնները և հիմնավորելով ռազմավարական ենթակառուցվածքային լուծումների ընտրությունը:
9. Խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ապահովումը պետք է հիմնվի ազգային պատասխանատվության և միջազգային համերաշխության համադրման վրա: Առաջարկված GDWAP հայեցակարգը ձևավորում է ինտեգրված ռազմավարական շրջանակ, որը միավորում է ռազմավարական քաղցրահամ ջրի պաշարների ձևավորումը, ջրամատակարարման ենթակառուցվածքների զարգացումը, տեխնոլոգիաների փոխանցումը, կարողությունների զարգացումը և ֆինանսական համերաշխությունը: Հայեցակարգի կիրառումը հնարավորություն է տալիս բարձրացնել ջրամատակարարման համակարգերի կայունությունը, ամրապնդել ջրային անվտանգությունը և ստեղծել գիտականորեն հիմնավորված հիմք խմելու ջրի համընդհանուր հասանելիության ապահովման ազգային և միջազգային քաղաքականությունների մշակման համար:

ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Ապակենտրոնացված համայնքների ջրամատակարարման զարգացման ծրագրերը նպատակահարմար է մշակել ջրային ռեսուրսների ինտեգրված կառավարման սկզբունքների հիման վրա՝ համատեղ ապահովելով ջրային պաշարների ձևավորումը և կարգավորումը, խմելու ջրի պահանջվող որակը և ջրային ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործումը: Այս նպատակով առաջնահերթ պետք է զարգացնել ջրային պաշարների տեղային կուտակման և սեզոնային կարգավորման ինժեներական միջոցառումները՝ բարձրացնելով ջրամատակարարման հուսալիությունը և կլիմայական փոփոխություններին դիմակայունությունը:
2. Փոքր և ապակենտրոնացված համայնքներում նպատակահարմար է ընդլայնել բնական հանքային կյութերի հիման վրա մշակված տեղային ջրամաքման տեխնոլոգիաների կիրառումը՝ ապահովելով անվտանգ խմելու ջուր նվազագույն կյութական և էներգետիկ ծախսերով:
3. Ջրամատակարարման նոր համակարգերի նախագծման և ռազմավարական պլանավորման ընթացքում նպատակահարմար է ներդնել ջրային անվտանգության ցուցանիշների վրա հիմնված բազմագործոն գնահատման մեթոդներ, որոնցում տնտեսական ցուցանիշների հետ համատեղ հաշվի կառնվեն նաև ջրամատակարարման հուսալիությունը, կլիմայական փոփոխություններին դիմակայունությունը և երկարաժամկետ կայունությունը:
4. Ջրային կայուն դեֆիցիտ ունեցող տարածաշրջաններում նպատակահարմար է կիրառել Ջրային անվտանգության հիմնավորման շրջանակը (Water Security Justification Framework – WSJF)՝ որպես բարձր ներդրումային ջրամատակարարման նախագծերի նախնական գնահատման և ռազմավարական որոշումների ընդունման օժանդակ գործիք՝ միաժամանակ դիտարկելով գետային ջրերը որպես խմելու ջրամատակարարման ռազմավարական աղբյուր՝ համապատասխան ջրամաքման, ջրի կուտակման և կարգավորման ենթակառուցվածքների ստեղծման պայմաններում:
5. Ապակենտրոնացված համայնքների ջրամատակարարման համակարգերի նախագծման, վերակառուցման և զարգացման ծրագրերի մշակման ընթացքում նպատակահարմար է կիրառել ատենախոսությունում մշակված ջրային անվտանգության համալիր գնահատման գիտամեթոդական մոտեցումը, որը հնարավորություն է տալիս փոխկապակցված գնահատել ջրային ռեսուրսների ձևավորումը, կուտակումը, ջրի որակի ապահովումը, արդյունավետ օգտագործումը և վերաօգտագործումը՝ հիմնավորելով առավել արդյունավետ ինժեներական լուծումների ընտրությունը:

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ԹԵՄԱՅՈՎ ՀՐԱՊԱՐԱԿՎԱԾ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՑԱՆԿԸ

1. Harutyunyan A.K. Optimization of the Hydrological Potential of the Region in Order to Overcome the Shortage of Drinking Water in the Villages of the Artik Community of the Republic of Armenia //Bulletin of High Technology, N 1 (37), 2026, pp. 35–49. <https://doi.org/10.56243/18294898-2026.1-35>
2. Harutyunyan A.K. Universal Access to Drinking Water: From National Responsibility to International Solidarity //Bulletin of High Technology, N 2 (38), 2026, pp. 41–57. <https://doi.org/10.56243/18294898-2026.2-41>
3. Tokmajyan V.H., Markosyan A.Kh., Martirosyan G.H., Harutyunyan A.K. Trends in Water Use and Water Stress in Armenia (2011–2025): Integrating Climate Dynamics, System Efficiency, and Resource Management //Bulletin of High Technology, N 1 (37), 2026, pp. 106–114. <https://doi.org/10.56243/18294898-2026.1-106>
4. Kalantaryan M.A., Harutyunyan A.K. Modified Diatomaceous Earth for Efficient Removal of Copper Ions from Aqueous Solution //Bulletin of High Technology, N 3 (39), 2026, pp. 3–12. <https://doi.org/10.56243/18294898-2026.3-3>
5. Kalantaryan M.A., Harutyunyan A.K. Surface-Modified Pumice for Efficient Removal of Oily Pollutants //Bulletin of High Technology, N 4 (36), 2025, pp. 38–48. <https://doi.org/10.56243/18294898-2025.4-38>
6. Markosyan A.A., Harutyunyan A.K., Martirosyan G.H., Tokmajyan V.H. Climate-Driven Water Stress in Armenia: An Integrated Assessment //Messenger of ASUE, I (82), 2026, pp. 94–111. DOI: 10.52174/1829-0280_2026.1-94
7. Markosyan A.Kh., Harutyunyan A.K., Tokmajyan L.V., Martirosyan G.H. Strategic Management of Drinking Water Resources in Armenia: Balancing Climate Change, Bottled Water Production, and Long-Term Water Security //Bulletin of High Technology, N 2 (38), 2026, pp. 72–95. <https://doi.org/10.56243/18294898-2026.2-72>

АРУТЮНЯН АРЕВИК КАМОЕВНА
ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ
ОТСУТСТВИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ВОДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

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

РЕЗЮМЕ

Диссертация посвящена разработке и научному обоснованию комплексной методологии многофакторной оценки систем водоснабжения населённых пунктов и выбора проектных альтернатив с учётом водной безопасности, технических, гидравлических, экономических, экологических показателей и факторов риска.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие основные задачи:

1. Проанализировать и систематизировать современные научные подходы к управлению водными ресурсами, оценке систем водоснабжения и принятию многокритериальных решений, выявить их преимущества, ограничения и применимость при проектировании систем водоснабжения населённых пунктов.
2. Разработать и научно обосновать концепцию многофакторной оценки систем водоснабжения, систему критериев и методологию сравнительной оценки проектных альтернатив с учётом природных, технических и эксплуатационных условий Республики Армения.
3. Апробировать предложенную методологию на примере реальных проектов водоснабжения населённых пунктов Республики Армения, выполнить сравнительную оценку проектных альтернатив и определить применимость и эффективность методологии.
4. Сформулировать научно обоснованные выводы и разработать практические рекомендации по повышению эффективности проектирования, оценки и стратегического управления системами водоснабжения населённых пунктов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Разработан комплексный подход к оценке водной безопасности децентрализованных общин, объединяющий взаимосвязанную оценку формирования и накопления водных ресурсов, обеспечения качества воды и эффективности её использования в рамках единой инженерной системы.
2. Научно обосновано инженерное решение по регулированию стока реки Гегадзор и строительству нового регулирующего водохранилища как эффективной меры повышения водной безопасности децентрализованных общин.
3. Выявлены закономерности влияния химической модификации природной пемзы Ириндского месторождения полисилоксаном на её структурные, физико-химические и гидрофобные свойства.
4. Обоснованы закономерности применения модифицированной пемзы при локальной очистке техногенных сточных вод и в системах замкнутого водооборота.

На основе анализа официальных статистических и природоохранных данных Республики Армения за 2011–2025 годы установлено, что общий объём водозабора вырос примерно на 26 %, достигнув около 3080 млн м³. Потери воды составляют порядка 27–30 % общего объёма водозабора, доля орошения в структуре водопользования выросла с 49 до примерно 63 %, а показатель водного стресса увеличился с 4,2 до 6,9. Обоснована необходимость перехода от оценки по отдельным показателям к многофакторному подходу. Предложена рамочная методика обоснования водной безопасности (Water Security Justification Framework, WSJF) для предварительной оценки целесообразности капиталоемких проектов питьевого водоснабжения. В качестве прикладного примера рассмотрена община Артик, где годовая потребность в питьевой воде составляет около 1,45 млн м³ и удовлетворяется лишь на 50–55 %, а расчётный годовой дефицит достигает 0,653–0,725 млн м³. Выполнена комплексная гидрологическая, топографическая и инженерно-геологическая оценка бассейна реки Гегадзор и обосновано строительство регулирующего водохранилища в качестве долгосрочного решения проблемы водоснабжения. Экспериментально обоснована эффективность локальных технологий водоочистки на основе модифицированных природных минеральных сорбентов. Установлено, что сорбционная способность пемзы Ириндского месторождения, модифицированной полисилоксаном, примерно на 40 % выше, чем у немодифицированной пемзы. Применение диатомита, модифицированного силикатом натрия, обеспечивает снижение остаточного содержания меди в растворе примерно на 50 % по сравнению с немодифицированным диатомитом.

AREVIK KAMO HARUTYUNYAN
PROBLEMS OF ENSURING WATER USE SECURITY IN THE ABSENCE
OF CENTRALIZED WATER INFRASTRUCTURE

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

SUMMARY

The dissertation focuses on the development and scientific substantiation of a comprehensive methodology for the multifactor assessment of water supply systems in settlements and the selection of design alternatives, considering water security, technical, hydraulic, economic and environmental indicators, and risk factors. The following main objectives were formulated to achieve this aim:

1. To analyse and systematize contemporary scientific approaches to water resources management, water supply system assessment and multicriteria decision-making, identifying their advantages, limitations and applicability to the design of water supply systems in settlements.
2. To develop and scientifically substantiate a concept for the multifactor assessment of water supply systems, a system of assessment criteria and a methodology for comparing design alternatives, taking into account the natural, technical and operational conditions of the Republic of Armenia.
3. To test the proposed methodology using actual water supply projects in settlements of the Armenia, compare design alternatives and evaluate the applicability and effectiveness of the methodology.
4. To formulate scientifically substantiated conclusions and develop practical recommendations for improving the effectiveness of the design, assessment and strategic management of water supply systems in settlements.

The scientific novelty of the research consists of the following:

1. A comprehensive approach to assessing water security in decentralized communities has been developed, integrating the interrelated assessment of water resource formation and storage, water quality assurance and water use efficiency within a unified engineering system.
2. An engineering solution for regulating the flow of the Geghadzor River and constructing a new regulating reservoir has been scientifically substantiated as an effective measure for improving water security in decentralized communities.
3. The relationships governing the effects of chemical modification with polysiloxane on the structural, physicochemical and hydrophobic properties of natural pumice from the Irind deposit have been identified.
4. The principles governing the application of modified pumice in the local treatment of industrial wastewater and in closed-loop water recycling systems have been substantiated.

An analysis of official statistical and environmental data for the Republic of Armenia for 2011–2025 showed that total water abstraction increased by approximately 26%, reaching about 3,080 million m³. Water losses account for approximately 27–30% of total water abstraction, the share of irrigation in water use increased from 49% to approximately 63%, and the water stress indicator rose from 4.2 to 6.9. The need to move from assessments based on individual indicators to a multifactor approach has been substantiated. The Water Security Justification Framework (WSJF) has been proposed for the preliminary assessment of the feasibility of capital-intensive drinking water supply projects. Artik community was examined as an applied case study. Its annual drinking water demand is approximately 1.45 million m³, of which only 50–55% is met, resulting in an estimated annual deficit of 0.653–0.725 million m³. A comprehensive hydrological, topographical and engineering geological assessment of the Geghadzor River basin was conducted, and the construction of a regulating reservoir was substantiated as a long-term solution to the water supply problem. The effectiveness of local water treatment technologies based on modified natural mineral sorbents has been experimentally demonstrated. The sorption capacity of pumice from the Irind deposit modified with polysiloxane was found to be approximately 40% higher than that of unmodified pumice. The use of diatomite modified with sodium silicate reduces the residual copper content in solution by approximately 50% compared with unmodified diatomite.