



USAID

ԱՄԵՐԻԿԱՅԻ ԺՈՂՈՎՐԴԻՑ

**ԳԻՏԱԿԱՆ ԱՌԱՋԱԴԵՄ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ
ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄ ԵՎ ՀԱՄԱԳՈՐԾԱԿՑՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՆՈՒՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ՀԱՄԱԼԻՐ
ՊԱՀՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԾՐԱԳԻՐ**

**ԳԵՏԵՐԻ ԻՆՔՆԱՄԱՔՐՄԱՆ ԿԱՐՈՂՈՒԹՅԱՆ
ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴ**

ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՂԻ ՁԵՌՆԱՐԿ

ՀՈՒԼԻՍ 2021թ.

Սույն հրատարակությունը պատրաստվել է Ամերիկայի Միացյալ Նահանգների Միջազգային զարգացման գործակալության կողմից դիտարկման համար: Այն պատրաստել է ME&A ընկերությունը:

**ԳԻՏԱԿԱՆ ԱՌԱՋԱԴԵՄ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ
ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄ ԵՎ ՀԱՄԱԳՈՐԾԱԿՑՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՆՈՒՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ՀԱՄԱԼԻՐ
ՊԱՀՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԾՐԱԳԻՐ**

**ԳԵՏԵՐԻ ԻՆՔՆԱՄԱՔՐՄԱՆ ԿԱՐՈՂՈՒԹՅԱՆ
ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴ**

Օգտագործողի ձեռնարկ

Սույն ձեռնարկը պատրաստվել է Ամերիկայի Միացյալ Նահանգների Միջազգային զարգացման գործակալության (ԱՄՆ ՄԶԳ) միջոցով Ամերիկայի ժողովրդի աջակցությամբ: Բովանդակության համար պատասխանատու է միմիայն ME&A ընկերությունը, և այն կարող է չարտացոլել ԱՄՆ ՄԶԳ-ի կամ ԱՄՆ կառավարության տեսակետները:

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՊԱՎՈՒՄՆԵՐ	5
ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ.....	6
ԳԼՈՒԽ 1. ԳԵՏԻ ԻՆՔՆԱՍԱՔՐՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԿԱՐԵՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ.....	8
1.1 Գետի ջրի ֆիզիկական ինքնամաքում.....	9
1.2 Գետի ջրի կենսաբանական ինքնամաքում.....	9
1.3 Գետի ջրի քիմիական ինքնամաքում.....	10
ԳԼՈՒԽ 2. ԳԵՏԵՐԻ ԻՆՔՆԱՍԱՔՐՄԱՆ ԿԱՐՈՂՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈՂԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ. ՄԻՋԱԶԳԱՅԻՆ ՓՈՐՁ	11
2.1 Գետերի ինքնամաքման կարողության գնահատման ընդհանուր մոտեցումները ..	11
2.1.1 Կենսաբանական ցուցանիշներ.....	12
2.1.2 Քիմիական ցուցանիշներ	13
2.2 Միջազգային փորձի ուսումնասիրություն	15
2.2.1 Պեկինի համալսարանի Ջրային միջավայրի մոդելավորման պետական լաբորատորիայի կողմից առաջարկվող մեթոդ	16
2.2.2 Գետերի ինքնամաքման կարողության գնահատում՝ ըստ աղտոտիչների կլանման կարողության (բխում է ԱՄՆ ՇՄԳ-ի կողմից առաջարկվող մեթոդաբանությունից).....	18
2.2.3 Հողի և ջրի գնահատման գործիք (SWAT - Soil & Water Assessment Tool)	19
2.2.4 Լրացուցիչ լաբորատոր չափումներ	20
2.2.5 Մթնոլորտի և Ֆելփսի ջրի որակի մոդել (Streeter-Phelps Water Quality Model) .	21
ԳԼՈՒԽ 3. ՀՀ ԳԵՏԵՐԻ ԻՆՔՆԱՍԱՔՐՄԱՆ ԿԱՐՈՂՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈՂԻ ՀԻՂՈՍՈՐՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ, ՀԻՂՈՔԻՄԻԱԿԱՆ, ՀԻՂՈՎԵՆՄԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲԱՂԱԴՐԻՉՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ	23
3.1 Գնահատման մեթոդին ներկայացվող ընդհանուր պահանջներ	23
3.2 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոքիմիական բաղադրիչ.....	24
3.2.1 Ջրի որակի կանադական ինդեքս	25
3.3 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոկենսաբանական բաղադրիչ	27
3.4 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոմորֆոլոգիական բաղադրիչ	29
3.4.1 Հիդրոմորֆոլոգիական գնահատման համար առաջարկվող մեթոդ.....	31
3.5 Գետի ինքնամաքման կարողության գնահատման ինտեգրալ գործակցի ստացում	35
ԳԼՈՒԽ 4. ՊԻԼՏՍԱՅԻՆ ԳԵՏԱՎԱԶԱՆԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ և ԿԱՏԱՐՎԱԾ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	37
4.1 Պիլտսային գետավազանի ընտրության հիմնավորում.....	37

4.2 Հիդրոմորֆոլոգիական գնահատման համար ընտրված գետերի հիմնավորում	38
4.3 Նմուշառման դիտակետերի ընտրություն և հիդրոքիմիական, հիդրոկենսաբանական, հիդրոմորֆոլոգիական մոնիթորինգի կազմակերպում	39
4.3.1 Հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական մոնիթորինգ	39
4.3.2 Հիդրոմորֆոլոգիական մոնիթորինգ	45
ԳԼՈՒԽ 5. ՀՀ ԳԵՏԵՐԻ ԻՆՔՆԱՄԱՔՐՄԱՆ ԿԱՐՈՂՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ԱՌԱՋԱՐԿՎՈՂ ՆՈՐ ՄԵԹՈՂԻ ՀԻՂՐՈՔԻՄԻԱԿԱՆ և ՀԻՂՐՈԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲԱՂԱԴՐԻՉՆԵՐԻ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄ	49
5.1 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոքիմիական բաղադրիչի փորձարկում	49
5.2 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոկենսաբանական բաղադրիչի փորձարկում	53
5.3 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոմորֆոլոգիական բաղադրիչի փորձարկում	55
5.4.1 Գետի ինքնամաքրման կարողության հիդրոքիմիական գնահատում	58
5.4.2 Գետի ինքնամաքրման կարողության հիդրոմորֆոլոգիական գնահատում	60
5.4.3 Քասախի գետավազանի գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման հիդրոմորֆոլոգիական, հիդրոքիմիական, հիդրոկենսաբանական գործակիցների վերլուծում և ինտեգրալ գործակցի ստացում	62
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	64

ՀԱՊԱՎՈՒՄՆԵՐ

ԱՄՆ ՄԶԳ	ԱՄՆ միջազգային զարգացման գործակալություն
ԱՄՆ ՇՄԳ	ԱՄՆ շրջակա միջավայրի գործակալություն
ԳԱՏՕ	«Գիտական առաջադեմ տեխնոլոգիաների օգտագործում և համագործակցություն հանուն ռեսուրսների համալիր պահպանության» ծրագիր
ԵՊՀ	Երևանի պետական համալսարան
ԵՏՀ	Երկրատեղեկատվական համակարգ
ԹԿՊ	Թթվածնի կենսաքիմիական պահանջ
ԹՔՊ	Թթվածնի քիմիական պահանջ
ԼԹ	Լուծված թթվածին
ՀՀ	Հայաստանի հանրապետություն
ՀՄԿ	Հիդրոոդերևութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն
ՊՈԱԿ	Պետական ոչ առևտրային կազմակերպության
ՊՕ	Պերմանգանատային օքսիդացում
ՋՇԴ	Ջրի շրջանակային դիրեկտիվ
ՋՈԿԻ	Ջրի որակի կանադական ինդեքս
ՇՄՆ	Շրջակա միջավայրի նախարարություն
HMID	Հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակից
IMGW-PIB	Օդերևութաբանության և ջրային ռեսուրսների կառավարման ինստիտուտ
RAC	Գետի աղտոտիչների կլանման կարողություն
SWAT	Հողի և ջրի գնահատման գործիք

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Վերջին հազարամյակում ջրային ռեսուրսների ինտենսիվ օգտագործումը, արդյունաբերության և գյուղատնտեսության կտրուկ զարգացման հետ մեկտեղ, բերում են բնական ջրերի՝ ֆիզիկական, կենսաբանական և քիմիական միացություններով շարունակական աղտոտման: Բնական ջրային համակարգերն ունեն ռեզերվներ և աղտոտիչ նյութերի լրացուցիչ քանակությունը կարգավորելու կամ կլանելու ունակություն: Հարկ է նշել, որ ոչ բոլոր նյութերն են բնական ջրեր ներթափանցելով վնասում ջրային համակարգը: Ջուրն ունիվերսալ լուծիչ է, և ջրային համակարգը պարունակում է նյութերի լայն համախումբ՝ ինչպես լուծված, այնպես էլ ցրված (դիսսպերս) վիճակում:

Երբ առանձին բաղադրիչի պարունակությունն այնքան է մեծանում (կուտակվող նյութի քանակությունը գերազանցում է դրա ծախսի քանակությանը), որ սկսում է ազդել ամբողջ համակարգի վրա, այն կարելի է համարել աղտոտիչ, իսկ նրա պարունակությունը՝ շեմային մակարդակ: Այդ մակարդակից ցածր լինելու դեպքում, ջրային համակարգերի բնական պրոցեսների հաշվին, աղտոտիչի ազդեցությունը չեզոքանում է: Աղտոտիչի մեծ քանակության դեպքում բնական պրոցեսներն ի վիճակի չեն լինում կարգավորել գետի էկոլոգիական հավասարակշռությունը, և էկոլոգիական կառուցվածքն այս կամ այն չափով խախտվում է:

Բնական ջրերում աղտոտիչի հետագա ճակատագիրը կախված է ոչ միայն նրա ռեակցիայի մեջ մտնելու ունակությունից կամ ֆիզիկական, քիմիական, կենսաբանական գործոններից, այլ նաև ջրային համակարգի առանձնահատկություններից՝ միջավայրի pH-ի, օքսիդավերականգնողական ռեակցիա, ջերմաստիճան և այլն: Այսպիսով, յուրաքանչյուր աղտոտիչ նյութի չեզոքացման աստիճանը և շեմային մակարդակը որոշելու համար ջրային էկոհամակարգը պետք է դիտարկել որպես մեկ ամբողջություն: Սա նշանակում է, որ թե՛ աղտոտիչը, թե՛ հիդրոքիմիական գործընթացները պետք է դիտարկվեն և գնահատվեն համալիր եղանակով:

Ջրային մարմիններում բնական գործընթացների (ֆիզիկական, քիմիական և կենսաբանական) հաշվին աղտոտիչ նյութերի քայքայումը կամ վնասակար ազդեցության չեզոքացումը կոչվում է ինքնամաքրում: Այս առումով կարևորվում է ջրային ռեսուրսի (գետ, լիճ, ջրամբար) ինքնամաքրման կարողության գնահատումը:

Այս ձեռնարկում ուսումնասիրվել են գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մոտեցումներն ու մեխանիզմները, քննարկվել են միջազգային փորձի օրինակները, որոնց հիման վրա առաջարկվել է մեթոդ Հայաստանի Հանրապետության (ՀՀ) գետերի հիդրոքիմիական, հիդրոկենսաբանական և հիդրոմորֆոլոգիական ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար:

Մեթոդի մշակման աշխատանքներն իրականացվել են ԱՄՆ ՄՁԳ «Գիտական առաջադեմ տեխնոլոգիաների օգտագործում և համագործակցություն հանուն ռեսուրսների համալիր պահպանության» (ԳԱՏՕ) ծրագրի կողմից, որն իրականացվում է ME&A Inc. ընկերության կողմից: Ծրագրի նպատակն է աջակցել Արարատյան դաշտի ստորերկրյա ջրային ռեսուրսներից ջրառի ծավալների նվազեցմանը և կայուն վիճակի ապահովմանը՝

գիտական, տեխնոլոգիական, նորարարական մոտեցումների կիրառման և շահագրգիռ կողմերի հետ համագործակցության միջոցով:

Մեթոդի մշակումն իրականացվել է ՀՀ շրջակա միջավայրի նախարարության (ՇՄՆ) նախաձեռնությամբ՝ հիմք ընդունելով ՀՀ կառավարության 2016թ. մարտի 31-ի N338-Ն որոշման հավելված 2-ի 9-րդ միջոցառումը՝ «Գետի ինքնամաքման կարողության գնահատման մեթոդի և վերջինիս կիրարկման մեխանիզմների մշակում»:

Մեթոդի մշակման նպատակով ԳԱՏՕ ծրագրի կողմից ձևավորվել է աշխատանքային խումբ, որում ընդգրկվել են Սամվել Նահապետյանը՝ հիդրոմորֆոլոգ, Երևանի պետական համալսարանի (ԵՊՀ) դասախոս, Լիանա Մարգարյանը՝ ջրի որակի մասնագետ, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, դոցենտ, և Գոռ Գևորգյանը՝ կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, ինչպես նաև շահագրգիռ մարմինների՝ ՀՀ շրջակա միջավայրի, արտակարգ իրավիճակների, տարածքային կառավարման և ենթակառուցվածքների նախարարությունների ներկայացուցիչներ:

Ջրի նմուշառումների և փորձագիտական դիտարկումների համար որպես պիլոտային գետավազան ընտրվել է Քասախի գետավազանը: Մեթոդի փորձարկման և տեղայնացման նպատակով ՀՀ ՇՄՆ առաջարկությամբ հավաքվել են դաշտային տվյալներ Ախուրյան գետի ընտրված դիտակետերից:

Ընտրված գետավազանում ջրի ամսական և սեզոնային նմուշառման աշխատանքներն ու դաշտային ուսումնասիրություններն իրականացվել են 2019թ.-ի մայիսից մինչև 2020թ.-ի ապրիլն ընկած ժամանակահատվածում: Տվյալների հավաքման և վերլուծության նպատակով ԳԱՏՕ ծրագիրը համագործակցել է ոլորտի մասնագիտական կառույցների հետ, մասնավորապես՝ ՀՀ ՇՄՆ «Հիդրոտեղեկութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն» (ՀՄԿ) պետական ոչ առևտրային կազմակերպության (ՊՈԱԿ) և ՀՀ գիտությունների ազգային ակադեմիաի (ԳԱԱ) Կենդանաբանության և հիդրոէկոլոգիայի գիտական կենտրոնի հետ:

ԳԱՏՕ ծրագրի աշխատանքային խմբի կողմից մշակված ՀՀ գետերի ինքնամաքման կարողության գնահատման մեթոդի նախագիծը 2021թ.-ի հունվարին քննարկվել է ջրային ոլորտի համապատասխան շահագրգիռ մարմինների և գիտաուսումնական հաստատությունների մասնագետների հետ՝ նրանց մասնագիտական կարծիքն ու առաջարկությունները ստանալու նպատակով: Քննարկման ընթացքում ստացված առաջարկությունները նույնպես ընդգրկված են գետի ինքնամաքման կարողության գնահատման մեթոդի մեջ:

ԳԼՈՒԽ 1. ԳԵՏԻ ԻՆՔՆԱՄԱՔՐՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԿԱՐԵՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Որպես կանոն, գետի ինքնամաքումը ջրային միկրոօրգանիզմների գործունեության արդյունքում աղտոտիչների (հիմնականում՝ օրգանական) կենսաքիմիական փոխակերպումն է ավելի պարզ ձևերի: Վերջինս տեղի է ունենում օդի և ջրում լուծված թթվածնի սպառման և նստեցման պրոցեսների հաշվին, որոնք գետի ջրում աղտոտիչների հեռացման ֆիզիկական և քիմիական գործոնների արդյունք են: Գետի ինքնամաքումը բնական գործընթաց է, որն օգնում է ջրային օբյեկտում վերականգնել ջրում լուծված թթվածնի պարունակությունը:

Գետային էկոհամակարգերում ինքնամաքման կարողությունը հաստատուն չէ, այլ փոփոխվում է ըստ սեզոնների և գետահատվածների: Գետի ինքնամաքման կարողության վրա ազդող կարևոր գործոններից են՝ գետային ջրերի ռեաերացիայի արագությունը, օրգանական նյութի տեսակը, հոսքի արագությունը, գետի տեղագրությունը, հողի տեսակը, բուսականությունը, գետի հիդրավիկ բնութագիրը, ջրային օբյեկտում ջրի պահման արագությունը, կենսաբազմազանությունը, ջրի ջերմաստիճանը և այլն:

Տարբերակում են գետի ինքնամաքման 2 հիմնական փուլեր՝

1. շրջադարձային փուլ՝ երբ գետում ընթացող բնական գործընթացները կարող են հեշտությամբ հաղթահարել և քայքայել ջրային օբյեկտ ներթափանցող աղտոտիչների քանակությունը գետի զգալի հատվածի համար,

2. անդառնալի փուլ՝ երբ գետի աղտոտվածության մակարդակը գերազանցում է նրա բնական բուֆերականությունը, որի արդյունքում գետի բնական վիճակի վերականգնումը հնարավոր է լինում միայն թափոնների/աղտոտիչների արհեստական հեռացման պարագայում:

Աղտոտիչ նյութերի ցանկացած քանակությունն ազդում է գետի էկոհամակարգի և ջրի որակի վրա, սակայն, էկոհամակարգի անդառնալի խախտումները տեղի են ունենում միայն աղտոտիչ նյութերի առավելագույն թույլատրելի սահմանաչափերի գերազանցման դեպքում: Ջրում աղտոտիչ նյութի կոնցենտրացիան կախված է ջրային օբյեկտ տվյալ նյութի ներթափանցման արագությունից և տվյալ աղտոտումից ջրային միջավայրի ինքնամաքման կարողությունից: Հետևաբար, օտարածին կամ փոխակերպման չենթարկվող աղտոտիչ նյութերի դեպքում (ստացիոնար աղտոտման պայմաններում) գործում է ջրային օբյեկտի մեջ արտանետումների սահմանային թույլատրելի մակարդակ, որը բնորոշում է շրջադարձային փուլի հատկանիշները և ջրային օբյեկտի բուֆերականության աստիճանը:

Ջրային օբյեկտի՝ գետի ինքնամաքման կարողությունը դիտվում է որպես հիդրոկենսաբանական, հիդրոքիմիական և հիդրոմորֆոլոգիական գործընթացների ամբողջություն, որոնք առաջին մոտավորությամբ կարող են թվալ իրարից անկախ: Սակայն, ջրային էկոհամակարգերում ինքնամաքման կարողության այդ երեք բաղադրիչները փոխկապակցված են: Նրանց ինտենսիվությունը կախված է աղտոտիչի բնույթից: Գետի ջրերում աղտոտիչների պարունակության նվազումը և հեռացումը

պայմանավորված է ինքնամաքրման կարողության այս երեք բաղադրիչների գումարային ազդեցությամբ, որը բերում է ջրի մաքրման և որակի բարելավման:

Այսպիսով, ջրային միջավայրի ինքնամաքրումը ջրում տեղի ունեցող ֆիզիկական, կենսաբանական և քիմիական գործընթացների ամբողջությունն է, որը բերում է ջրի աղտոտվածության մակարդակի նվազման՝ չվնասելով էկոհամակարգի գործունեությունը:

1.1 Գետի ջրի ֆիզիկական ինքնամաքրում

Բնական ջրերում տեղի ունեցող ֆիզիկական ինքնամաքրման հիմնական գործընթացներից են՝ աղտոտիչի դիֆուզիա և նստացում, ափամերձ հատվածներ աղտոտիչների դուրսբերում, նստեցում, գոլորշացում: Ֆիզիկական ինքնամաքրման ընթացքում ջրային օբյեկտից հեռացվում կամ նվազեցվում է այն աղտոտիչների ներգործությունը, որոնք չեն կրում քիմիական փոխակերպումներ ջրում գտնվելու ընթացքում: Դրանք աղտոտիչ նյութեր են, որոնք կա՛մ սկզբունքորեն չեն ենթարկվում քիմիական փոխակերպման (օրինակ՝ ծանր մետաղները), կա՛մ էլ քիմիապես իներտ են (օրինակ՝ քլորօրգանական միացությունները):

Ֆիզիկական ինքնամաքրման դեպքում կարևոր են ջրային ռեսուրսի հիդրոմորֆոլոգիական և հիդրոլոգիական առանձնահատկությունները: Ֆիզիկական ինքնամաքրումը գետերում ընթացող բնական գործընթացների համախումբ է, որը մեծացնում է ջրի հոսքը (արագությունը)՝ դրանով իսկ նպաստելով նաև ջրում լուծված թթվածնի քանակի ավելացմանը (աերացմանը)՝ խթանելով ինքնամաքրման քիմիական և կենսաբանական գործընթացները: Տարբեր լայնական (տրանսվերսալ) հիդրավլիկ կառույցները (օրինակ՝ քարանձավները) կամ գետի բնականից բարձր ափամերձ տարածքները (լեռնանցքները, քարի ժայթքները) ինտենսիվացնում են բնական ջրի հետ աղտոտիչների խառնումը և նպաստում ինքնամաքրմանը: Այսպիսով, նմանատիպ բնական հատվածներով գետի ջրի տասնյակ կիլոմետրեր անցնելը հավասարագոր է նրան, թե նույն աղտոտվածության ջուրն անցնի մասնագիտացված մաքրման կայանով:

1.2 Գետի ջրի կենսաբանական ինքնամաքրում

Բնական ջրերի կենսաբանական ինքնամաքրումն իրենից ներկայացնում է ջրային օրգանիզմների կողմից աղտոտիչի ձևափոխում՝ մետաբոլիզմի, կենսակուտակման և կոմետաբոլիզմի (կենսաբանական շրջապտույտում չմասնակցող նյութերի կենսաքայքայում) գործընթացների հաշվին: Թեև կենսաբանական ինքնամաքրման գործընթացները հիմնականում արտահայտվում են հետերոտրոֆ միկրոօրգանիզմների կողմից օրգանական աղտոտիչների քայքայմամբ, այնուամենայնիվ, հայտնի են նաև այլ ջրային օրգանիզմներ, որոնք նույնպես իրենց դերն ունեն ինքնամաքրման գործընթացում:

Գետային ջրերի ինքնամաքրման այս տեսակն իր մեջ ներառում է հետևյալ հիմնական կենսաբանական գործընթացները.

1. աղտոտիչների կենսաքայքայում,

2. թթվածնի առաջացում, որը հարկավոր է աղտոտիչ նյութերի քայքայման համար,
3. կենսածին նյութերի, ներառյալ ազոտի և ֆոսֆորի, ինչպես նաև օրգանական նյութերի կլանում ջրային միջավայրից,

4. էկզոմետաբոլիտների առաջացում,

5. ջրի ֆիլտրում,

6. կախոյթային մասնիկների առաջացում, որոնք ձգողական ուժի ազդեցության ներքո նպաստում են ջրային օբյեկտի հատակին դետրիտի և աղտոտիչների նստեցմանը:

Բերված ցանկն ամբողջական չէ, և որոշ կենսաբանական գործընթացներ միաժամանակ կարող են նպաստել վերը նշված մի քանի գործընթացներին: ՀՀ լեռնային արագահոս գետերում կենսաբանական ինքնամաքումը հիմնականում արտահայտվում է օրգանական աղտոտիչների մանրէաբանական կենսաքայքայմամբ:

Գետային էկոհամակարգերում օրգանական նյութի մանրէաբանական քայքայումն ինքնամաքման գործընթացի կարևորագույն բաղկացուցիչ մասն է:

1.3 Գետի ջրի քիմիական ինքնամաքում

Գետերի ինքնամաքման գործընթացում առավել մեծ տեղ է տրվում քիմիական ինքնամաքմանը, որը ֆիզիկական և կենսաբանական տեսակներից տարբերվում է գործընթացների բազմազանությամբ և, միևնույն ժամանակ, ցուցանիշների չափելիությամբ: Աղտոտիչ նյութը, ներթափանցելով ջրային օբյեկտ, նախևառաջ ենթարկվում է ֆիզիկական, այնուհետև՝ կենսաբանական, և միայն դրանից հետո՝ քիմիական ինքնամաքման:

Քիմիական ինքնամաքումը պայմանավորված է հետևյալ գործընթացներով՝

- հիդրոլիզ (շատ աղտոտիչներ թույլ թթուներ կամ հիմքեր են և ենթարկվում են թթվահիմնային ձևափոխությունների),
- ֆոտոլիզ (աղտոտիչների ֆոտոլիտիկ ձևափոխություններն ընթանում են բնական ջրային միջավայրում արևային ճառագայթման ուլտրամանուշակագույն բաղադրիչի ազդեցությամբ),
- օքսիդացում (բնական ջրերում կան աղտոտիչների օքսիդացման երկու տիպի գործընթացներ),
- ազատ ռադիկալներով կենսածին հարուցում և այլն:

Ջրային օբյեկտում թթվածնի առաջացման և քայքայման գործընթացները մեծ դեր ունեն գետի ջրերի ինքնամաքման մեջ: Ջրում թթվածինը ինչպես մոլեկուլային, այնպես էլ ռադիկալների տեսքով մասնակցում է աղտոտիչ նյութերի քայքայման, օքսիդացման ռեակցիաներին և ռեակցիոնունակ մասնիկների առաջացմամբ ընթացող աբիոտիկ կատալիտիկ և ֆոտոքիմիական գործընթացներին:

ԳԼՈՒԽ 2. ԳԵՏԵՐԻ ԻՆՔՆԱՄԱՔՐՄԱՆ ԿԱՐՈՂՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ. ՄԻՋԱԶԳԱՅԻՆ ՓՈՐՁ

Այս գլխում քննարկվում է գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդաբանությունը, ինչպես նաև ներկայացվում են միջազգային պրակտիկայում կիրառվող մեթոդները, դրանց առավելություններն ու թերությունները:

2.1 Գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման ընդհանուր մոտեցումները

Բնական ջրային օբյեկտները բնության մեջ գտնվում են շրջակա միջավայրի հետ սերտ համակեցության մեջ: Ֆիզիկական հատկությունների ու քիմիական բաղադրության հետ մեկտեղ՝ ջրի հոսքը, ջրային օբյեկտի կառուցվածքային կտրվածքը և տարածքի ռելիեֆը նույնպես ազդում և կանխորոշում են ջրային կենդանական ու բուսական աշխարհների գոյության պայմանները և հետևաբար նաև տարածքի կենսացենոզը: Բնական հոսող ջրերում կյանքի ձևավորման որոշիչ գործոններից է մեկ ուղղությամբ ընթացող մշտական հոսքը: Այն ապահովում է նյութի շարունակական շարժը և բերում այդուհանդերձ ձևավորվող տուրբուլենտայնության, որը նկատելի է, մասնավորապես, մակերևութային մակարդակներում և հաջորդող ստորին մակարդակում: Տուրբուլենտայնության շնորհիվ տվյալ ջրային օբյեկտում տեղի է ունենում թթվածնի կլանում, որն անփոխարինելի է գրեթե բոլոր ջրային օրգանիզմների գոյատևման համար: Ընդհանրապես, լուծված թթվածնի մշտական բարձր պարունակությունը ջրային օբյեկտի պատշաճ որակի գրավականն է:

Այսպիսով, լուծված թթվածինը բնական ջրային օբյեկտի ներսում ընթացող կենսաքիմիական և ֆիզիկաքիմիական գործընթացների վառ ցուցանիշն է: Այն բնորոշում է ոչ միայն ջրային համակարգում ընթացող ինքնամաքրման գործընթացների ինտենսիվությունը, այլ նաև ջրի որակը:

Համապատասխան ռելիեֆում բնական ջրային օբյեկտի ջրի որակի և ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար կան մի շարք ստուգիչ մեթոդներ: Այդ մեթոդներից որևէ մեկի ընտրությունը կախված է տվյալ ուսումնասիրության խնդրից ու նպատակից: Բացի հիդրոքիմիական ցուցանիշների (ջրի ջերմաստիճան, պղտորություն, ջրածնային ցուցիչ, ծանր մետաղներ և այլն) հետազոտությունից՝ անհրաժեշտ է նաև հաշվի առնել կենսաբանական և էկոլոգիական ուսումնասիրության մեթոդները, որոնց հետ համատեղ միայն հնարավոր է իրականացնել գետերի ջրի էկոլոգիական վիճակի լիարժեք գնահատում: Այդ ուսումնասիրությունների ընթացքում հատկորոշվում ու գրանցվում են տվյալներ, որոնք վերաբերում են ջրային օբյեկտի տվյալ հատվածում նստվածքների գոյացմանն ու հաճախականությանը, կախյալ միկրոօրգանիզմների առկայությանը: Ուսումնասիրված սիմբիոզային համակեցությունների համատեղմամբ որոշվում է տվյալ հատվածի ծանրաբեռնվածությունը՝ երկարաժամկետ կտրվածքով (հաշվի առնելով առկա

կենսաբանական նյութերը): Մապրոբայնության ուսումնասիրությունը (օրգանական նյութերի տարրալուծում), ի տարբերություն հիդրոքիմիական հետազոտությունների, օգնում է որոշել կենսաբանական համակեցության կառուցվածքի վրա առկա ընդհանուր ազդեցությունը:

Բոլոր այս մեթոդների օգնությամբ ոչ միայն հնարավոր է որոշել ներկա պահին ջրային օբյեկտի ջրի որակը, այլ նաև ջրային համակարգում տեղի ունեցող ինքնամաքրման գործընթացները, դրանց տեսակն ու արդյունավետությունը:

2.1.1 Կենսաբանական ցուցանիշներ

Ջրային կենսահամակեցությունների ուսումնասիրությունը լրացնում է գետում ընթացող ինքնամաքրման գործընթացների մասին տեղեկությունը: Ինքնամաքրման գործընթացներին մասնակցող բազմաթիվ հիդրոբիոնոտները ջրի աղտոտվածության աստիճանի օգտակար ցուցանիշներ են: Գետի հատակային նստվածքներն արտացոլում են ջրում տեղի ունեցող փոփոխությունները, հետևաբար հատուկ ուշադրություն է դարձվում հատակային օրգանիզմների ուսումնասիրությանը: *Eristals*, *Chironomus*, *Tubifex*, *Limnodrilus*, *Sphaerotilus*, *Leptomitus* ցեղերի ներկայացուցիչներին կարելի է հանդիպել բարձր աղտոտվածության գետերի բենթոսում: Նախկինում մանրէաբանները հիմնականում ուշադրություն էին դարձնում մանրէաբանական տարբեր ցուցանիշներով աղտոտումների որոշման վրա: Բացի ֆեկալ աղտոտվածության ցուցանիշներից (ֆեկալ կոլիֆորմներ, ֆեկալ ստրեպտոկոկեր)՝ հիմնականում սապրոֆիտ մանրէներն են (մեռած օրգանիզմների օրգանական նյութով կամ կենդանի օրգանիզմների արտաթորանքով սնվող) օգտագործվում որպես օրգանական աղտոտվածության ցուցանիշներ: Բնական ջրային օբյեկտների ինքնամաքրման կարողության գնահատումը կենսաբանական ցուցանիշների հիման վրա կախված է ջրային կենսաբազմազանության տիպից և հիդրոբիոնոտների քանակությունից: Այստեղ ոչ միայն կարևորվում են ջրում ապրող կենդանական և բուսական աշխարհները, այլ նաև աբիոտիկ գործոնները:

Ջրային օբյեկտի որակի վրա ազդող կարևորագույն աբիոտիկ գործոններից է ջրի ջերմաստիճանը: Այն կարող է էական ազդեցություն թողնել ջրային օբյեկտի վրա՝ թթվածնի լուծման և պահման տեսանկյունից: Որքան բարձր է ջրի ջերմաստիճանը, այնքան նվազում է ջրի լուծման և ինքնամաքրման կարողությունը: Լուծված թթվածնի կլանման և սպառման արագությունը նույնպես կախված է ջրի ջերմաստիճանի աճից:

Աբիոտիկ գործոններից հատկանշական են նաև ջրի հոսքը, գույնը և պղտորությունը, քանի որ այս ցուցանիշները թույլ են տալիս հետևություններ անել ջրային օբյեկտում մակրոֆիտների, ջրիմուռների աճի և հետևաբար՝ սննդային ռեժիմի տարրերի կուտակման կամ թթվածնի սպառման հնարավորությունների մասին: Օրինակ՝ ջրի հատակին ընկած քարերի ստորին շերտի սև կամ դարչնագույն ծածկույթը հուշում է երկաթի սուլֆիդի առկայության մասին, որն ուսումնասիրվող ջրային օբյեկտի թթվածնի ոչ բավարար պարունակության, հետևաբար, ինքնամաքրման գործընթացների պասիվության նշան է:

Բնական ջրերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման կենսաբանական ցուցիչներից առավել գործածական է *սապրոբայության ինդեքսը*: Այն բնական ջրերի գնահատման ընթացակարգային մեխանիզմ է, որն իրականացվում է տվյալ ջրային համակարգի կենսաբանական տեսակների ուսումնասիրմամբ: Այդ առումով սապրոբային համակարգը ցույց է տալիս է ջրային ռեսուրսների բեռնվածությունը կամ աղտոտվածությունը նյութերով, որոնք օրգանական, կենսաբանական տեսանկյունից ունեն դեգրադացիոն բնույթ: Այդ դեգրադացիոն գործընթացները ջրից կլանում են թթվածինը և հանգեցնում ինքնամաքրման գործընթացների կտրուկ անկման: Հետևաբար, թթվածնով հարուստ ջրային միջավայրից կախում ունեցող օրգանիզմները հայտնվում են անհետացման վտանգի տակ, և դրանց փոխարեն սկսում են առաջանալ ու տարածվել այլ օրգանիզմներ, որոնք ունակ են գոյատևելու սակավ թթվածնային կամ անաերոբ պայմաններում: Սապրոբային համակարգը թվային արժեքներ է սահմանում օրգանիզմներից յուրաքանչյուրի համար՝ հիմք ընդունելով կենսաբանական ուսումնասիրությունների տվյալները: Սապրոբային արժեքը կարող է տատանվել 1-4 տիրույթում: 1-ին կարգի դեպքում ջրային օբյեկտի տվյալ հատվածի ջրային օրգանիզմները (զարնանաթևիկի, ցանցաձև մոծակի, թավաթևանքի, միօրիկի տափակ թրթուռներ) մեծ կախում ունեն թթվածնի բարձր պարունակությունից, ջրում ցածր են օրգանական աղտոտիչների պարունակությունը, և բարձր է ինքնամաքրման գործընթացների ինտենսիվությունը: 4-րդ կարգի դեպքում ջրային օբյեկտի տվյալ հատվածում օրգանիզմներն ազդեցության չեն ենթարկվում թթվածնի պարունակության կտրուկ փոփոխությունից և նույնիսկ որոշ ժամանակ կարող են գոյատևել առանց լուծված թթվածնի: Բնական ջրում նման օրգանիզմների (տզգան մոծակի թրթուր, սակավախոզան որդ, մեղվանման ճանճի թրթուր) առկայությունը վկայում է ջրային էկոհամակարգի ինքնամաքրման կարողության գրեթե բացակայության մասին:

Կան նաև շատ այլ կենսաբանական ցուցիչներ (օրինակ՝ ընդարձակ բիոտիկ ինդեքս (extended biotic index), ընտանիքի բիոտիկ ինդեքս (family biotic index), բելգիական բիոտիկ ինդեքս (Belgian biotic index) և այլն), որոնք հնարավորություն են տալիս գնահատելու ջրի որակը և ինքնամաքրման կարողությունը՝ հիդրոբիոտոնների որակական և քանակական կազմի ուսումնասիրությամբ: Քիմիական և մանրէաբանական ցուցիչները նկարագրում են ջրի որակը և ինքնամաքրման կարողությունը տվյալ պահի դրությամբ, իսկ կենսաբանական ցուցիչները՝ ավելի երկար ժամանակահատվածի համար:

2.1.2 Քիմիական ցուցանիշներ

Բնական ջրերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար առավել հաճախ օգտագործվում են քիմիական ցուցանիշները: Ի տարբերություն կենսաբանական ցուցանիշների, որոնց կիրառումն ունի սեզոնային որոշակի սահմանափակումներ, քիմիական ցուցանիշների օգտագործումը սահմանափակումներ չունի:

Ինքնամաքրման կարողության քիմիական ցուցիչներից են քաղցրահամ ջրերի կինետիկ ցուցանիշները, որոնք բնութագրում են բնական ջրային միջավայրում

մուլեկուլային թթվածնի միաէլեկտրոն և երկէլեկտրոն ակտիվացմամբ արգասիքների (ջրածնի պերօքսիդ և բարձր ռեակցիոնունակությամբ օքսիդավերականգնիչ (ռեդօքս) ազենտներ, մասնավորապես՝ հիդրօքսիլ ռադիկալ) պարունակությունը և վարքը: Ջրային միջավայրում այս ցուցանիշների բացարձակ արժեքներով և վարքով են բնորոշվում ջրի ինքնամաքրման դասը, ջրային օբյեկտի կենսաբանական ամբողջականությունը և ինքնամաքրման կարողությունը, ինչպես նաև ռեդօքս ազենտների մասնակցությամբ ջրում ընթացող գործընթացների հավասարակշռությունը, որն էլ իր հերթին հասկորոշում է ջրային էկոհամակարգի համար, ըստ սեզոնի, բարենպաստ պայմանները:

Ջրածնի պերօքսիդը բնական ջրերի անբաժան մասն է կազմում: Ջրում դրա 100 մկգ/լ պարունակության դեպքում բնական ջրային միջավայրում ձևավորվում է օքսիդային (նորմալ) ռեդօքս վիճակ, որը և ջրային համակարգի կենսաբանական ամբողջականության նշանն է: Բնական ջրերում պերօքսիդի բացակայությունը վկայում է ռեդօքս վիճակի նորմալից շեղման մասին և ջրի կենսաբանական որակի՝ որպես հիդրոբիոտների կենսագործունեության միջավայրի վատթարացման (ընդհուպ մինչև էկոտոքսիկ միջավայրի առաջացման) նշան է: Ջրում ջրածնի պերօքսիդի պարունակությունը կախված է մի շարք բիոտիկ և աբիոտիկ գործոններից, հետևաբար ջրային միջավայրի ռեդօքս վիճակը կրում է դինամիկ բնույթ:

Բնական ջրերում ռեդօքս ազենտների պարունակությունը և վարքը բնութագրող կինետիկ ցուցանիշները հնարավորություն են տալիս որոշելու ջրային օբյեկտի ինքնամաքրման կարողությունը և ջրում ընթացող գործընթացների հավասարակշռությունը, որոնցով էլ գնահատվում է տվյալ ջրային օբյեկտի էկոլոգիական վիճակը: Այսպիսով, բնական ջրային օբյեկտն իրենից ներկայացնում է դինամիկ ռեդօքս համակարգ՝ անընդհատ առաջացող և մեկը մյուսով փոխակերպվող ռեդօքս ազենտներով: Ջրային միջավայրի դինամիկան սերտորեն կապված է ջրում մուլեկուլային թթվածնի (դանդաղ հաստատվող հավասարակշռություն) և ջրածնի պերօքսիդի (արագ ռեակցվող ենթահամակարգ) առկայության հետ: Վերջինս համարվում է թթվածնի շրջապտույտի միջանկյալ արդյունք:

Բնական ջրերում ջրածնի պերօքսիդի առաջացման տարբեր ձևեր կան՝ ջրային միջավայր է ներթափանցում մթնոլորտից, առաջանում է արեգակնային լույսի ազդեցության տակ, ռեդօքս կատալիտիկ գործընթացներում, օրգանական նյութերի օքսիդացման ժամանակ կամ օրգանական նյութերի՝ ազատ ռադիկալներով օքսիդացման ժամանակ ֆոտոքիմիական և կատալիտիկ գործընթացների արդյունքում: Բնական ջրերում ջրածնի պերօքսիդի առաջացմանը նպաստում են նաև ջրիմուռների մասնակցությամբ ընթացող կենսաքիմիական գործընթացները: Օրինակ՝ բնության մեջ հայտնի են ջրիմուռների մի շարք տեսակներ, որոնք ֆոտոսինթետիկ գործընթացների ժամանակ, ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների ներքո, առաջացնում են ջրածնի պերօքսիդ:

Բնական ջրերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման քիմիական ցուցիչներից է նաև ջրում օրգանական աղտոտիչների օքսիդացման ինտենսիվությունը: Լուծված թթվածնի պարունակությունը հեշտությամբ որոշվում է բացարձակ քիմիական (օր.՝ Վինկլերի մեթոդ) կամ հարաբերական էլեկտրաքիմիական զոնդային մեթոդներով: Սակայն, տարբեր ձևի օրգանական նյութերի առկայության պարագայում, դրա

պարունակության որոշումը դառնում է գրեթե անհնար, ուստի կիրառվում են տարբեր չափիչներ, այդ թվում՝ թթվածնի կենսաքիմիական պահանջ (ԹԿՊ), թթվածնի քիմիական պահանջ (ԹՔՊ) և պերմանգանատային օքսիդացում (ՊՕ): Ջրային օբյեկտի ինքնամաքման կարողության աստիճանը հաճախ գնահատում են ջրում հեշտ օքսիդացող օրգանական նյութերի պարունակության համեմատմամբ (որոշվում է ըստ թթվածնի կենսաքիմիական պահանջի՝ ԹԿՊ) կամ օրգանական նյութերի ընդհանուր պարունակությամբ (որոշվում է ըստ թթվածնի քիմիական պահանջի՝ ԹՔՊ), որոնք անմիջականորեն կապված են ջրում լուծված թթվածնի պարունակության հետ:

ԹԿՊ-ն որոշակի ժամանակամիջոցում և սահմանված ջերմաստիճանային պայմաններում աերոբ մանրէների կողմից ջրանմուշում առկա օրգանական նյութի քայքայման համար պահանջվող լուծված թթվածնի քանակությունն է: Այն պատկերացում է տալիս բնական ջրում երկարաշրջա և հեշտ օքսիդացող օրգանական աղտոտիչների պարունակության և դրանց քայքայման արագության (ինքնամաքման կարողության) մասին: ԹԿՊ-ի բարձր արժեքները վկայում են բնական ջրային օբյեկտի ինքնամաքման կարողության նվազման և օրգանական աղտոտիչների մեծ քանակության մասին: Որքան մեծանում է ԹԿՊ-ի արժեքը, այնքան նվազում է ջրում լուծված թթվածնի պարունակությունը:

ԹՔՊ-ն ցույց է տալիս բնական ջրում դժվար քայքայվող օրգանական աղտոտիչների քանակությունը և դրանց քայքայման արագությունը: Այն բնութագրում է ջրում լուծված թթվածնի այն քանակությունը, որը ծախսվում է նաև դժվար քայքայվող, ծծումբ և ֆոսֆոր պարունակող օրգանական աղտոտիչների քայքայման համար:

2.2 Միջազգային փորձի ուսումնասիրություն

Միջազգային պրակտիկայում հայտնի են գետի ինքնամաքման կարողության գնահատման բազմաթիվ մեթոդներ և մոտեցումներ: Գետերի և բաց ջրամբարների ինքնամաքման կարողության գնահատման բնագավառում մեծածավալ աշխատանքներ կատարվել են Մ.Ա. Օստրոմովի կողմից: Այդ աշխատանքները հիմնականում վերաբերում են ջրային էկոհամակարգերում աղտոտիչների կլանման, փոխակերպման մեխանիզմների ուսումնասիրությանը և գնահատման մեթոդներին:

Ներկայումս գետի ինքնամաքման (յուրացման) կարողության գնահատման ուղղությամբ առաջադեմ աշխատանքներ իրականացվում են նաև ԱՄՆ-ի Շրջակա միջավայրի պահպանության գործակալության (ԱՄՆ ՇՄԳ) կողմից՝ ԱՄՆ-ի Սաքուր ջրի մասին օրենքի (Ջրային ռեսուրսների աղտոտման վերահսկման մասին դաշնային օրենք, 2002թ.) իրականացման շրջանակներում: Սկսած 2011թ.-ից՝ Օդերնությունության և ջրային ռեսուրսների կառավարման ինստիտուտը (IMGW-PIB) նույնպես սկսել է ուսումնասիրել գետի ինքնամաքման կարողությունը՝ ջրային ռեսուրսների կառավարման համատեքստում: Ուսումնասիրությունները հիմնականում նվիրված են գետի կլանման (ադսորբցիա) կարողության գնահատմանը՝ Macromodel DNS (Discharge–Nutrient–

Sea) առաջադեմ մոդելի հիման վրա, որը մշակել է 2012թ. և հնարավորություն է տալիս որոշելու գետի տվյալ հատվածում կետային և ոչ կետային աղտոտման քանակությունը և դրա հանդեպ գետի կայունությունը:

Գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար աշխարհում լայնորեն գործածվող մեթոդներից է Մթրիթեր-Ֆելվիս մոդելը, որը ջրի որակի մոդելավորման աշխատանքներում կիրառվող հայտնի Մթրիթեր-Ֆելվիս հավասարման բաղկացուցիչ մասն է կազմում (ԱՄՆ հանրային առողջության ծառայություն, 1925թ.):

Միջազգային փորձի ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար գրեթե բոլոր մեթոդներում ուսումնասիրվում և գնահատվում է **լուծված թթվածնի** պարունակությունը, ինչպես նաև ջրային միջավայրում դրա ծախսի և ավելացման հետ կապված ֆիզիկական, քիմիական և կենսաբանական գործընթացները:

Բացի լուծված թթվածնի պարունակությունից՝ գետի ջրի ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար հաշվի են առնվում նաև **ԹՎՊ₅-ի**, **ԹՔՊ-ի**, **ընդհանուր ֆոսֆորի**, **ընդհանուր ազոտի** և **ամոնիումային ազոտի** պարունակությունները: Ելնելով գետի աղտոտիչ նյութերի առանձնահատկություններից՝ հիդրոքիմիական ցուցանիշների ցանկին ավելանում են նաև գետի ջրերին բնորոշ այլ ցուցանիշներ, օրինակ՝ որոշ ծանր մետաղներ: Տրվում են նաև ջրի որակի հիդրոկենսաբանական ցուցանիշների (սապրոֆիտ մանրէներ, հատակային մակրոանոդաշարավորներ և այլն) կիրառմամբ գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մոտեցումը:

Ստորև ներկայացվում են տարբեր զիտահետազոտական կենտրոնների կողմից առաջարկված՝ գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդները:

2.2.1 Պեկինի համալսարանի Ջրային միջավայրի մոդելավորման պետական լաբորատորիայի կողմից առաջարկվող մեթոդ

Ջրային օբյեկտների ջրի որակը և ինքնամաքրման կարողությունը պայմանավորված են ֆիզիկական, քիմիական և կենսաբանական գործոններով, որոնք ազդում են գետերի ֆիզիկական և քիմիական հոսքերի վրա: Պեկինի համալսարանի Ջրային միջավայրի մոդելավորման պետական լաբորատորիայի կողմից առաջարկվող՝ գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդում կարևորվում է քիմիական բաղադրիչը: Մեթոդի մեջ հաշվի են առնվում լուծված թթվածնի (DO), թթվածնի 5-օրյա կենսաքիմիական պահանջի (BOD₅), թթվածնի քիմիական պահանջի (COD_{Mn}), ամոնիումային ազոտի (NH₃-N), ֆտորիդի (F⁻) և մի շարք ծանր մետաղների՝ սնդիկի, կապարի, արսենի պարունակությունների փոփոխությունները, որոնք բնորոշ աղտոտիչներ են Չինաստանի Լանկանգ գետի համար: Նշված ցուցանիշների ցանկը կարող է փոխվել՝ ելնելով տվյալ գետի առանձնահատկություններից և աղտոտիչների ցանկից:

Ջրային օբյեկտի ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար նախևառաջ որոշվել են օրգանական աղտոտման ինդեքսի և տոքսիկ աղտոտման ինդեքսի արժեքները:

Օրգանական աղտոտման ինդեքս ' A

$$A = \frac{BOD_i}{BOD_0} + \frac{COD_i}{COD_0} + \frac{NH_3 - N_i}{NH_3 - N_0} - \frac{DO_i}{DO_0}$$

որտեղ BOD_i, COD_i, NH₃-N_i և DO_i-ն գետի տարբեր աղտոտված հատվածների ջրերում որոշված կոնցենտրացիաներն են, իսկ BOD₀, COD₀, NH₃- N₀ և DO₀-ն՝ տվյալ գետի ջրի որակի համար սահմանված նորմատիվային կոնցենտրացիաները: Եթե A ≥ 2, ապա գետի ջուրն աղտոտված է օրգանական աղտոտիչներով:

Տոքսիկ աղտոտման ինդեքս ' TU

$$TU = \frac{C_{Hg}}{MAC_{Hg}} + \frac{C_{Pb}}{MAC_{Pb}} + \frac{C_{As}}{MAC_{As}} + \frac{C_F}{MAC_F}$$

որտեղ TU-ն տոքսիկ աղտոտման ինդեքսն է, C_{Hg}, C_{Pb}, C_{As} և C_F-ը՝ գետի տարբեր աղտոտված հատվածներում նշված ցուցանիշների որոշված կոնցենտրացիաները, իսկ MAC_{Hg}, MAC_{Pb}, MAC_{As} և MAC_F-ն՝ տվյալ ցուցանիշների նորմատիվային կոնցենտրացիաները: Որքան մեծ է TU-ի արժեքը, այնքան շատ է գետի ջուրն աղտոտված թունավոր նյութերով:

Գետի ինքնամաքման կարողության գնահատում

Գետի ինքնամաքման կարողությունը գետի տվյալ հատվածում աղտոտիչի կլանման առավելագույն ունակությունն է, որի դեպքում ռիսկի չի ենթարկվում ամբողջ գետը: Գետի ինքնամաքման կարողությունը շարունակական գործընթաց է և ջրային էկոհամակարգի կարևոր հատկանիշներից է: Գետի ինքնամաքման կարողությունը պայմանավորված է մի շարք գործոններով, որոնցից են՝ գետային հոսքը, հոսքի արագությունը, աղտոտիչի կոնցենտրացիան, ջրում աղտոտիչների քայքայման աստիճանը և այլն: Այն կարելի է գնահատել հետևյալ կերպ.

$$W = Q(C_s - C_0) + KC_s \frac{L}{U} Q$$

որտեղ W-ն գետի տվյալ հատվածի ջրերի ինքնամաքման կարողությունն է, Q-ն՝ տվյալ հատվածի գետային հոսքը, C_s-ն՝ ջրի որակի ընդհանուր արժեքը, C₀-ն՝ տվյալ գետահատվածի սկզբում (ներհոսող ջրերում) գնահատված ջրի որակի արժեքը, L-ը՝ գետահատվածի երկարությունը, U-ն՝ հոսքի արագությունը, իսկ K-ն՝ աղտոտիչի քայքայման աստիճանը:

C_s, C₀ և K-ն որոշվում են օրգանական աղտոտման և տոքսիկ աղտոտման ինդեքսների արժեքներով:

Այս մեթոդն առավել նպատակահարմար է կիրառել ՀՀ գետերի ինքնամաքման կարողության գնահատման համար: Այս մեթոդի մեջ ինքնամաքման կենսաբանական բաղադրիչը կարելի է ներմուծել սապրոբայնության ինդեքսի տեսքով:

2.2.2 Գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատում՝ ըստ աղտոտիչների կլանման կարողության (բխում է ԱՄՆ ՇՄԳ-ի կողմից առաջարկվող մեթոդաբանությունից)

Գետի ինքնամաքրման կարողությունը կարելի է անուղղակիորեն գնահատել գետում աղտոտիչների փաստացի կոնցենտրացիաների և դրանց սահմանաչափերի (գետի աղտոտիչների կլանման կարողություն) համեմատության միջոցով: Այս մեթոդի նպատակն է որոշել աղտոտման այն նվազագույն սահմանաչափը, որը չգերազանցելու դեպքում հնարավոր է գետի ինքնամաքրում:

Այս մեթոդով որոշվում է գետի աղտոտիչների կլանման կարողությունը, որն աղտոտիչների կոնցենտրացիաների առավելագույն քանակությունն է, որ կարող է ներթափանցել ջրային օբյեկտ՝ գետ, չգերազանցելով առավելագույն թույլատրելի սահմանաչափը և չփոխելով ջրի որակի դասը:

Մեթոդի հիմքում ընկած է մաթեմատիկական մոդելավորումը՝ DNS մակրոմոդելը, որ մշակվել է 2012 թվականին Օդերնութաբանության և ջրային ռեսուրսների կառավարման ինստիտուտի (IMGW-PIB) կողմից: Այն թույլ է տալիս մոդելավորել գետի ջրի օրական հոսքը և ջրում աղտոտիչների միջին օրական կոնցենտրացիան (ջրի մեջ ներթափանցող աղտոտիչների քանակությունը), որոնք անհրաժեշտ են գետի ջրում աղտոտիչների պահպանման կարողության և հետազայում՝ գետի աղտոտիչների կլանման կարողության որոշման համար: Աղտոտիչների կլանման կարողության միջոցով մակերևութային ջրերի կարգավիճակի գնահատման այս մեթոդն իրենից ներկայացնում է գետում աղտոտիչների յուրացման (ասիմիլյացիա) կարողության գնահատում, որը կոչվում է աղտոտիչների ընդհանուր կոնցենտրացիայի օրական առավելագույն սահմանաչափ (TMDL- total maximum daily load):

$$TMDL = \Sigma WLA_s + \Sigma LA_s + MOS$$

որտեղ WLAs-ը կետային և LAs-ը ոչ կետային աղտոտման աղբյուրներից ներթափանցող աղտոտիչների կոնցենտրացիաներն են, իսկ MOS-ը՝ անվտանգ շեմը:

Գետի աղտոտիչների կլանման կարողության (RAC) որոշմամբ հնարավոր է լինում որոշակի միջոցառումներ ձեռնարկել ջրի որակի վատթարացումը կանխելու համար: Գետում աղտոտիչների կլանման կարողության որոշման համար չկա մշակված համընդհանուր մեթոդաբանություն: Դրա համար միայն պետք է հաշվարկների ժամանակ հաշվի առնել ջրային օբյեկտում աղտոտիչ նյութերի կոնցենտրացիաների քանակությունը և գետային հոսքի առանձնահատկությունները: Այստեղ հարկավոր է նաև հաշվի առնել գետի ջրերի ֆոնային աղտոտվածությունը (ANL - actual natural load):

Ֆոնային աղտոտվածությունը (ANL) որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$ANL = ANC \cdot CF$$

որտեղ ANC-ն գետի ներկայացուցչական դիտակետի ջրերում աղտոտիչների կոնցենտրացիան է, CF-ը՝ գետային հոսքի առանձնահատկությունները:

Գետի տվյալ հատվածի համար աղտոտիչների կլանման կարողությունը (RAC) հաշվարկվում է հետևյալ կերպ՝

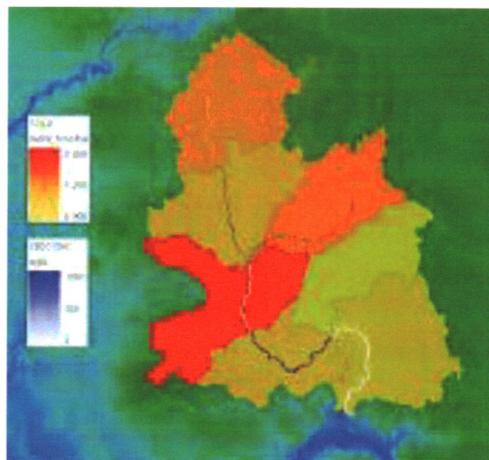
$$RAC = LL - AL$$

որտեղ LL-ը տվյալ աղտոտիչի առավելագույն թույլատրելի սահմանաչափն է (նորմը՝ 10^3 կգ/տարի), իսկ AL-ը՝ տվյալ աղտոտիչի փաստացի պարունակությունը (կոնցենտրացիան՝ 10^3 կգ/տարի):

Վերոնշյալ արժեքների հաշվարկը պիլոտային գետավազանի համար ցույց է տալիս, որ գետի աղտոտիչների կլանման կարողությունը (RAC) կարող է լինել դրական արժեք, բացասական արժեք, ինչպես նաև տեսականորեն՝ զրոյին մոտ արժեք: RAC-ի դրական արժեքը (երբ $AL < LL$) նշանակում է, որ գետի տվյալ հատվածում թույլատրելի է աղտոտիչ նյութերի լրացուցիչ քանակության արտանետումը՝ առանց վնասելու ջրային էկոհամակարգը: Եթե RAC-ի արժեքը մոտ է զրոյին (այսինքն՝ $AL = LL$), ապա գետի մեջ չի թույլատրվում աղտոտիչների լրացուցիչ քանակության արտանետում՝ չնայած որ դեռ հարկավոր չեն բնապահպանական միջոցառումներ գետի ջրի մաքրման, ջրի որակի բարելավման համար: RAC-ի զրոյին մոտ արժեքների որոշումը գործնականում բավականին բարդ է: RAC-ի բացասական արժեքը ($AL > LL$) նշանակում է, որ գետի տվյալ հատվածում առկա է բարձր աստիճանի մարդածին ազդեցություն, որը հանգեցնում է ջրի որակի սահմանային թույլատրելի նորմերի գերազանցման: Այս դեպքում պարտադիր է ձեռնարկել բնապահպանական միջոցառումներ՝ ուղղված գետի ջրի որակի բարելավմանը:

2.2.3 Հողի և ջրի գնահատման գործիք (SWAT - Soil & Water Assessment Tool)

Ներկայում լայն տարածում ունի նաև SWAT (Soil & Water Assessment Tool) մոդելավորման գործիքը, որով կարելի է անուղղակիորեն գնահատել գետի ինքնամաքրման կարողությունը: Սա գետավազանային, փոքր ջրհավաք ավազանային մասշտաբների մոդել է, որն օգտագործվում է մակերևութային և ստորերկրյա ջրերի որակի մոդելավորման, ինչպես նաև շրջակա միջավայրի, մասնավորապես՝ հողօգտագործման, հողերի մշակման և կլիմայի փոփոխության արդյունքում ջրային ռեսուրսների վրա ազդեցությունների կանխատեսման համար:



SWAT մոդելավորման գործիքը լայնորեն օգտագործվում է ցրված աղտոտման աղբյուրներից ջրային ռեսուրսների աղտոտման և հողերի էրոզիայի վերահսկման, տեղական մակարդակով կառավարման և կանխարգելման համար: Այս գործիքով հնարավոր է գնահատել ջրային օբյեկտների՝ ցրված աղտոտման աղբյուրների հանդեպ կայունությունը և ինքնամաքման կարողությունը:

Այս մոդելն աշխատում է երկրատեղեկատվական համակարգում (GIS), որտեղ ներմուծվում են գետերի հիդրոքիմիական, հիդրոմորֆոլոգիական և հիդրոլոգիական տվյալները: Մոդելի տարատեսակներն են՝

- ArcSWAT՝ ArcGIS-ArcView-ի ընդլայնում և գրաֆիկական ինտերֆեյս SWAT մոդելի տվյալների ներմուծման համար:
- Global Weather Data for SWAT, որը թույլ է տալիս SWAT համակարգում տվյալ տարածքի և ժամանակահատվածի համար ներբեռնել նաև Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) համակարգի օրական տվյալները (տեղումներ, քամու արագություն, հարաբերական խոնավություն, արևի ճառագայթման ինտենսիվություն):
- QSWAT՝ ԵՏՀ ինտերֆեյսով SWAT համակարգ՝ բաց հասանելի QGIS ծրագրային ապահովման ներքո:

2.2.4 Լրացուցիչ լաբորատոր չափումներ

Հայտնի է, որ գետերի ինքնամաքման գործընթացներում մեծ տեղ է զբաղեցնում ռադիկալային պրոցեսներով ջրից աղտոտիչների տարահանումը: Այս մեթոդի հիմքում ընկած է ռադիկալային պրոցեսների արագության որոշումը՝ որպես ինքնամաքման կարողության որոշիչ գործոն:

Ջրային էկոհամակարգի բարենպաստ էկոլոգիական վիճակի համար անհրաժեշտ պայման է ջրային միջավայրում ակտիվ ազենտների առկայությունը (ջրածնի պերօքսիդ, ազատ ռադիկալներ՝ հիդրօքսիլ ($\cdot OH$), սինգլետ թթվածին (\dot{O}), սուլվատային էլեկտրոն (e) և այլն), որոնք պետք է լինեն հիդրոքսիլացիայի կենսական պայմանների համար անհրաժեշտ կոնցենտրացիաներով:

Կինետիկ ցուցանիշներն առաջացնում են բնական ջրի ռեդօքս վիճակ և կարգավորում են նրա մեջ ակտիվ օքսիդիչ ազենտների պարունակությունը: Բնական ջրային միջավայրի օքսիդիչ (սորմալ) վիճակը պայմանավորված է ջրի մեջ ջրածնի պերօքսիդի առկայությամբ, որն էլ հանդիսանում է ջրի կենսաբանական լիարժեքության ցուցանիշներից մեկը:

Ջրածնի պերօքսիդի պարունակությունը մակերևութային ջրերում, որոնք մարդածին խորը ազդեցության չեն ենթարկվում, կազմում է 20-60 մկգ/լ:

Բնական ջրում ակտիվ ազենտներն առաջանում են ջրամբարների ներսում ընթացող ֆոտոքիմիական և կենսաքիմիական ռեդօքս գործընթացների շնորհիվ: Թթվածին պարունակող միջանկյալ ակտիվ մասնիկներից $\cdot OH$ ռադիկալներն օժտված են ոչ

սպեցիֆիկ քիմիական և կենսաբանական ակտիվությամբ: Բնական ջրում ակտիվ օքսիդիչ ազենտների պարունակությունը, օրինակ՝ $\cdot OH$ ռադիկալների, հաշվում են՝ ելնելով նրանց առաջացման արագության (W_i) և կյանքի տևողության ($\sum K_i[S_i]$) հարաբերությունից:

$$\left[\dot{O}H \right]_{st} = \frac{W_i}{\sum K_i[S_i]}$$

Բնական ջրում ազատ ռադիկալների կյանքի տևողությունը կախված է հակաօքսիդիչների կոնցենտրացիայից:

Բնական ջրի հակաօքսիդիչ կայունությունը հիդրօքսիլ ռադիկալների նկատմամբ ($\sum K_i[S_i]$) դա բնական ջրի կենսածին և մարդածին հակաօքսիդիչ բաղադրիչների ազդեցության ցուցանիշն է նրա օքսիդիչ ակտիվության վրա:

Հակաօքսիդիչները մտնում են ջրային օբյեկտներ արտաքին աղբյուրներից կամ արտանետվում են հիդրոբիոնտների կողմից:

($\sum K_i[S_i]$) ցուցանիշների չափման մեթոդը հիմնված է թորած և բնական ջրի նմուշներում պարանիտրոզոդիմեթիլանիլին (ՊՆԴՄԱ) ներկանյութի՝ $\cdot OH$ ռադիկալներով մրցակցային օքսիդացման վրա: $\cdot OH$ ռադիկալների հարուցումն իրականացվում է ջրածնի պերօքսիդի ֆոտոլիզի միջոցով:

Որոշելով թորած ջրում ($W_{թ.ջ.}$) ՊՆԴՄԱ-ի գունազրկման արագությունը ($\epsilon_{440}=34000 M^{-1}սմ^{-1}$)՝ գտնում ենք ռադիկալների հարուցման արագությունը: Բնական ջրի մեջ ($W_{բ.ջ.}$) ներկանյութի գունազրկման արագությամբ որոշում ենք ($\sum K_i[S_i]$) ցուցանիշը:

$$\sum_i k_i[S_i] = x k_n [\text{ՊՆԴՄԱ}] (W_{թ.ջ.} / W_{բ.ջ.} - 1)$$

որտեղ x -ն ուղղիչ գործակից է՝ $x = W_{թ.ջ.} / W_{բ.ջ.}$, բնական ջրի նստրացման գործակիցն է, W -ն՝ ջրի ծավալը, $k_n = 1,25 \cdot 10^{10} M^{-1}$ վրկ $^{-1}$: ($\sum K_i[S_i]$) ցուցանիշի հակադարձ մեծությունը բնութագրում է բնական ջրում $\cdot OH$ ռադիկալի կյանքի տևողությունը:

Սովորաբար ($\sum K_i[S_i]$) ցուցանիշի չափման դեպքում ջրածնի պերօքսիդի կոնցենտրացիան որոշվում է 10^{-4} - 10^{-3} մոլ/լ տիրույթում, որտեղ ՊՆԴՄԱ-ի գունազրկման արագությունը թորած ջրում համեմատական է ջրածնի պերօքսիդի կոնցենտրացիային:

($\sum K_i[S_i]$) -ն ջրային միջավայրի ընդհանուր աղտոտվածության զգայուն ցուցանիշ է և տատանվում է $\leq 10^3$ մինչև 10^7 վրկ $^{-1}$ միջակայքում:

2.2.5 Մթրիթերի և Ֆելփսի ջրի որակի մոդել (Streeter-Phelps Water Quality Model)

Գետի երկայնքով լուծված թթվածնի պարունակության և ԹԿՊ-ի արժեքի փոփոխության բնութագրման համար առաջարկվել են ջրի որակի բազմաթիվ կլինետիկական մոդելներ: Առաջին և առավել լայնորեն գործածվող մոդելն առաջարկվել է ԱՄՆ-ի Օհայո գետի համար Մթրիթերի և Ֆելփսի կողմից (ԱՄՆ հանրային առողջության

ծառայություն, 1925թ.): Այս պարզ և ճկուն մոդելը կարող է ընդունել ջրի որակի ցանկացած ցունցիչ (ինչպես առանձին, այնպես էլ բարդ):

Մոդելը հիմնված է 2 հիմնական ենթադրությունների վրա՝ 1) օրգանական նյութի մանրէաբանական քայքայումը և ջրի թթվածնացումը մթնոլորտային օդով արտահայտվում են որպես առաջին կարգի ռեակցիայի կինետիկա, 2) անկախ օրգանական նյութի տեսակից և քայքայման փուլից՝ լուծված թթվածնի և ԹԿՊ-ի մանրէաբանական սպառումը նույնն է: Ընդունելով այս 2 ենթադրությունները որպես ճշմարիտ՝ 2 կինետիկական հավասարումները կարող են ներկայացվել հետևյալ կերպ.

$$\frac{\partial L}{\partial t} = -K_1 L$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -K_1 L + K_2 (C_s - C)$$

որտեղ L -ը ԹԿՊ-ի արժեքն է ջրում (մգՕ/լ), C -ն՝ լուծված թթվածնի պարունակությունը (մգ/լ) t (ժամանակ) պահին, C_s -ը՝ լուծված թթվածնի հնարավոր քանակությունը (մգ/լ) տվյալ ջերմաստիճանի և մթնոլորտային ճնշման դեպքում, K_1 -ը՝ օրգանական նյութի (ԹԿՊ) կենսաքիմիական քայքայման արագության գործակիցը (օր⁻¹), K_2 -ը՝ ռեաեքացիայի արագության գործակիցը (օր⁻¹), t -ն՝ այն ժամանակամիջոցը (օր), որի ընթացքում գետի ջուրն անցնում է ուսումնասիրվող գետահատվածը:

Մթրիթերի և Ֆելիսի կողմից առաջարկված ջրի որակի մոդելը, ինչպես նաև մոդելի մեջ կիրառվող օրգանական նյութի կենսաքիմիական քայքայման արագության գործակիցը կամ ինքնամաքման գործակիցը (K_1) լայն կիրառություն են գտել գետերի և գետավազանների էկոլոգիական ուսումնասիրություններում: Մոդելն օգտագործվել է տարբեր երկրների հետազոտողների կողմից՝ գետահատվածներում լուծված թթվածնի և ԹԿՊ-ի արժեքների դինամիկայի մոդելավորման, իսկ ինքնամաքման գործակիցը՝ տարբեր աղտոտիչներից գետերի ինքնամաքման կարողության գնահատման նպատակով: Ինքնամաքման կարողության գնահատման այս մեթոդը բավականին պարզ է և ճկուն. այն կարող է ընդունել ջրի որակի ցանկացած ցուցանիշ (ինչպես առանձին, այնպես էլ համալիր): Հաջորդ գլխում ներկայացված է մեթոդի մանրամասն նկարագրությունը, մեր կողմից առաջարկվող կիրառության մեխանիզմները, ինչպես նաև մեթոդի փորձարկման օրինակը:

**ԳԼՈՒԽ 3. ՀՀ ԳԵՏԵՐԻ ԻՆՔՆԱՄԱՔՐՄԱՆ ԿԱՐՈՂՈՒԹՅԱՆ
ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՀԻՂՐՈՍՈՐՖՈԼՈԳԻԱԿԱՆ,
ՀԻՂՐՈՔԻՄԻԱԿԱՆ, ՀԻՂՐՈԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲԱՂԱԴՐԻՉՆԵՐԻ
ՄՇԱԿՈՒՄ**

Այս գլխում ներկայացված են Հայաստանի գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար առաջարկվող մեթոդի հիդրոքիմիական, հիդրոկենսաբանական և հիդրոմորֆոլոգիական բաղադրիչների մշակման մանրամասն նկարագրությունը:

3.1 Գնահատման մեթոդին ներկայացվող ընդհանուր պահանջներ

Հայաստանում մինչ օրս չի իրականացվել գետերի, լճերի և ջրամբարների ինքնամաքրման կարողության գնահատում, ինչպես նաև չկա մեթոդաբանություն նման ուսումնասիրությունների համար: Բնական ջրերի ռադիկալային ինքնամաքրման կարողության գնահատման գիտահետազոտական աշխատանքներ իրականացվել են միայն ԵՊՀ քիմիայի ֆակուլտետի Էկոլոգիական քիմիայի ամբիոնում, սակայն կատարված աշխատանքները կրել են զուտ հետազոտական, այլ ոչ թե սիստեմատիկ բնույթ, և բնական ջրերի ինքնամաքրումը դիտարկվել է միայն նեղ շրջանակով: Այդ աշխատանքների համար կիրառվել է ՌԴ-ում 1990թ.-ին մշակված բնական ջրերի կինետիկ ցուցանիշների որոշման մեթոդաբանությունը (ՔՃ 52.18.24.83-89):

ՀՀ գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդի մշակման համար որպես հիմք վերցվել են միջազգային փորձի օրինակները: Ելնելով առկա մեթոդների բազմազանությունից և արդյունքների ստացման ու կիրառման նպատակներից՝ Հայաստանի գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդի մշակման համար առանձնացվել են մի քանի չափորոշիչներ:

Այսպիսով, ՀՀ գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդին ներկայացվել են հետևյալ հիմնական պահանջները.

- Առաջարկվող մեթոդը պետք է լինի հնարավորինս պարզ և հեշտ կիրառելի ոչ նեղ մասնագետների համար:
- Մեթոդը պետք է լինի ճկուն ելակետային տվյալների ընտրության առումով՝ ապահովելով ցուցանիշների բազմազանության և ընտրության հնարավորություն:
- Այն պետք է հաշվի առնի ՀՀ գետերի հիդրոքիմիական և հիդրոլոգիական առանձնահատկությունները՝ լեռնային արագահոս, միջին կամ ցածր հանքայնացում, կենսածին նյութերի համեմատաբար ցածր պարունակություն և այլն:
- Մեթոդը պետք է տեղեկատվություն տրամադրի տվյալ գետի ինքնամաքրման կարողության տարեկան և ամսական փոփոխությունների մասին:
- Մեթոդը պետք է բնորոշի այն աղտոտիչների խումբը, որոնք բերում են գետի

ինքնամաքրման կարողության նվազման:

3.2 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոքիմիական բաղադրիչ

Հաշվի առնելով Հայաստանի գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդին ներկայացվող պահանջները և ուսումնասիրելով միջազգային փորձի օրինակներ՝ նոր մեթոդի մշակման համար ընտրվել է Պեկինի համալսարանի Ջրային միջավայրի մոդելավորման պետական լաբորատորիայի կողմից առաջարկվող մեթոդի օրինակը և դրույթները: Այս մեթոդն ուղղված է գետի ինքնամաքրման գործընթացներում հիդրոքիմիական և հիդրոլոգիական ցուցանիշներով պայմանավորված աղտոտիչների չեզոքացման փոխազդեցությունների գնահատմանը: Մեթոդում այդ փոխազդեցությունները (գետի ինքնամաքրման կարողությունը) գնահատվում են հետևյալ բանաձևով.

$$W = Q(C_s - C_0) + KC_s \frac{L}{U} Q$$

որտեղ W -ն տվյալ գետահատվածի ջրերի ինքնամաքրման կարողությունն է, Q -ն՝ տվյալ գետահատվածի ջրի ծախսը, C_s -ն՝ ջրի որակի գնահատման ընդհանուր արժեքը կամ կոնցենտրացիան, իսկ C_0 -ն՝ տվյալ գետահատվածի սկզբում (ներհոսող ջրերում) գնահատված ջրի որակի արժեքը կամ կոնցենտրացիան, L -ը՝ գետահատվածի երկարությունը, U -ն՝ հոսքի արագությունը, K -ն՝ աղտոտիչի քայքայման աստիճանը:

Հիմք ընդունելով տվյալ բանաձևում կիրառված մոտեցումը և մեթոդի հիմնական դրույթները՝ այն փոփոխվել ու տեղայնացվել է Հայաստանի գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման հիդրոքիմիական բաղադրիչի համար:

Առաջարկվել է հետևյալ նոր բանաձևը՝

$$W = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot |C_1 - C_2| \cdot U_2/L$$

որտեղ W -ն տվյալ գետահատվածի ջրերի ինքնամաքրման կարողությունն է (վրկ⁻¹), Q -ն՝ տվյալ գետահատվածի ջրի ծախսը (մ³/վրկ) (գետահատվածի սկզբում և վերջում), C -ն՝ գետի ջրի որակի գնահատման ընդհանուր արժեքը (գետահատվածի սկզբում և վերջում), L -ը՝ գետահատվածի երկարությունը (մ), իսկ U -ն՝ գետի հոսքի արագությունը (մ/վրկ) գետահատվածի վերջում:

Գետի ջրի որակի համապարփակ գնահատման համար առաջարկվել է օգտագործել միջազգային պրակտիկայում և Հայաստանում լայնորեն կիրառվող Ջրի որակի կանադական ինդեքսը:

Գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդի և առնչվող հաշվարկների հեշտ կիրառելիությունն ապահովելու նպատակով հեղինակների կողմից Excel ծրագրով մշակվել է նաև մաթեմատիկական թվային մոդել, որում համապատասխան տվյալների մուտքագրումից հետո ավտոմատ կերպով հաշվարկվում է ինքնամաքրման կարողության արժեքը՝ W-ն:

Ուսումնասիրվող գետի ինքնամաքրման կարողության դասակարգումը հիմնված է 2000թ. ընդունված ԵՄ Ջրի շրջանակային դիրեկտիվի (ՋՇԴ) և դրան ուղեկցող փաստաթղթերի սկզբունքների ու մոտեցումների վրա: Ըստ այդմ, տվյալ գետի ինքնամաքրման կարողության դասը որոշվում է՝ չափելով շեղման մեծությունն այն նմուշից, որը վերցվել է տվյալ տարրի համար նախքան աղտոտումը կամ ազդեցությունը՝ ելակետային պայմաններում: Այս պարագայում ելակետային պայմանը գետի ակունքին կից հատվածն է, որտեղ բացակայում կամ նվազագույնի է հասնում մարդածին, բնական ազդեցությունը:

Գետերի ջրերի ինքնամաքրման կարողության դասակարգման համար, ինչպես ջրի որակի նորմերի դեպքում, օգտագործվում է 5-բալանոց սանդղակ՝ դասերի միջև յուրաքանչյուր սահմանին վերագրելով թվային արժեք: Ինքնամաքրման կարողության դասերի միջև թվային անցումն իրականացվել է ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդի անբաժան մասը կազմող ջրի որակի կանադական ինդեքսի (ՋՈԿԻ) դասակարգման մեթոդաբանությամբ: Այսպիսով, ինքնամաքրման կարողությունը դասակարգվում է հետևյալ կերպ՝

I – գերազանց՝ $> 5U \cdot 0.95$

II – լավ՝ $5U \cdot 0.8$

III – միջին՝ $5U \cdot 0.65$

IV – անբավարար՝ $5U \cdot 0.45$

V – վատ՝ $< 5U \cdot 0.45$

Ուսումնասիրվող գետի ինքնամաքրման կարողության հիդրոքիմիական բաղադրիչի ֆոնային արժեքը որոշվում է տեսակարար լոգարիթմական բաշխման վիճակագրական մեթոդով, որը կիրառվել է ՀՀ կառավարության N 75-ն որոշմամբ սահմանված ջրի որակի էկոլոգիական նորմերի մշակման ժամանակ ֆոնային կոնցենտրացիաների որոշման դեպքում:

3.2.1 Ջրի որակի կանադական ինդեքս

Ջրի որակի կանադական ինդեքսը (ՋՈԿԻ) հիմնված է պարզ մաթեմատիկական մեխանիզմի վրա, ըստ որի ջրի որակը բնութագրող ցուցանիշների էլքային տվյալները, ջրի որակի նորմատիվներին համապատասխան, ձևափոխվում են հարաբերական մեծությունների, որոնք էլ իրենց հերթին, հաշվի առնելով աղտոտվածության կրկնման հաճախականությունը, ուսումնասիրվող ժամանակահատվածում վերածվում են մեկ ընդհանուր ինդեքսային արժեքի: Այս մեթոդն օգտագործվում է Կանադայի շրջակա միջավայրի պահպանության դեպարտամենտի կողմից ջրային օբյեկտների աղտոտման վերահսկման և էկոլոգիական վիճակի համապարփակ գնահատման համար:

ՋՈԿԻ-ն բաղկացած է 3 բաղադրիչներից՝ F_1 - աղտոտվածության հնարավորություն, F_2 - աղտոտվածության կրկնողականություն, F_3 - աղտոտվածության սահման: ՋՈԿԻ-ն և նրա բաղադրիչները հաշվարկվում են հետևյալ ձևով՝

$$F_1 = \frac{N'}{N} \cdot 100$$

որտեղ N' -ը ջրի որակի այն նորմավորված ցուցանիշների քանակն է, որոնք գերազանցել են ՀՀ կառավարության N 75-Ն որոշմամբ տվյալ գետի համար սահմանված էկոլոգիական նորմերի 2-րդ դասը, N -ը՝ ջրի որակի նորմավորված ցուցանիշների ընդհանուր քանակը:

$$F_2 = \frac{n'}{n} \cdot 100$$

որտեղ n' -ը ջրի որակի նորմավորված ցուցանիշների այն անալիզների արդյունքների թիվն է, որոնցում գերազանցվել է տվյալ ցուցանիշի համապատասխան էկոլոգիական նորմի 2-րդ դասի արժեքը՝ ըստ ՀՀ կառավարության N 75-Ն որոշման, իսկ n -ը ուսումնասիրվող ժամանակահատվածում անալիզների արդյունքների ընդհանուր թիվը:

$$F_3 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n excr_i \right) / n}{0.01 \cdot \left(\left(\sum_{i=1}^n excr_i \right) / n \right) + 0.01}$$

որտեղ $excr_i = \frac{C_i}{Norm_i} - 1$, i -րդ ցուցանիշի «շեղումն» է բնական ֆոնից, C_i -ն՝ i -րդ ցուցանիշի միջին կոնցենտրացիան ուսումնասիրվող ժամանակահատվածի համար (մգ/դմ³), իսկ $Norm_i$ -ն՝ i -րդ ցուցանիշի էկոլոգիական նորմի 2-րդ դասի արժեքը՝ ըստ ՀՀ կառավարության N 75-Ն որոշման:

Լուծված թթվածնի դեպքում նույն բանաձևում կիրառվում է հետևյալը՝ $excr_i = \frac{Norm_{O_2}}{C_{O_2}} - 1$, որով գնահատվում է լուծված թթվածնով հագեցվածությունը:

ՋՈՄԻ-ն հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\text{ՋՈՄԻ} = \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{1.732}}$$

ՋՈՄԻ-ի արժեքները գտնվում են 0-100-ի միջակայքում: Որքան մեծ է ՋՈՄԻ-ի արժեքը, այնքան բարձր է գետի ջրի որակը: Ըստ ՋՈՄԻ-ի արժեքների՝ գետի ջրի որակը խմբավորվում է հետևյալ 5 դասերի՝ գերազանց (ՋՈՄԻ = 100-95), լավ (ՋՈՄԻ = 94-80), միջին (ՋՈՄԻ = 79-65), անբավարար (ՋՈՄԻ = 64-45), վատ (ՋՈՄԻ = 44-0):

ՋՈՄԻ-ն ունի ջրի որակի ցուցանիշների ընտրության լայն սպեկտր: Մեթոդը գործում է նվազագույնը 4 ցուցանիշի տվյալների հիման վրա, իսկ առավելագույն քանակության համար սահմանափակում չկա: Այնուամենայնիվ, պետք է նկատի ունենալ այն հանգամանքը, որ մեծ թվով ցուցանիշների ընդգրկումը (50 և ավելի) կարող է բերել տվյալ ջրային օբյեկտի էկոլոգիական վիճակի իրական պատկերի աղավաղման:

3.3 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոկենսաբանական բաղադրիչ

Գետերի ինքնամաքման կարողության գնահատման համար լայնորեն գործածվող մեթոդներից է Սթրիթերի և Ֆելիսի (ԱՄՆ հանրային առողջության ծառայություն) կողմից առաջարկված՝ գետային ջրերի ինքնամաքման գործակիցը: Մեր կողմից առաջարկվում է մեթոդի կիրառումը հիդրոկենսաբանական ցուցանիշներով:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial t} &= -KL \\ L &= L_0 \exp(-Kt) \\ K &= \frac{1}{t} \ln\left(\frac{L_0}{L}\right) = \frac{V}{S} \ln\left(\frac{L_0}{L}\right) \text{ կամ } K = \frac{\ln L_0 - \ln L}{S/V} \end{aligned}$$

որտեղ K -ն գետային ջրերի ինքնամաքման գործակիցն է, L_0 -ն՝ գետային ջրերի օրգանական աղտոտվածության հիդրոկենսաբանական ցուցանիշի արժեքն աղտոտման կետում, L -ը՝ հիդրոկենսաբանական ցուցանիշի արժեքը աղտոտման աղբյուրից t ժամանակամիջոց հետո, S -ը՝ ուսումնասիրվող գետահատվածի երկարությունը, իսկ V -ն՝ ուսումնասիրվող գետահատվածում գետային հոսքի միջին արագությունը:

Առաջարկվող մեթոդում ինքնամաքման գործակիցն ընդունում է ինչպես դրական, այնպես էլ բացասական արժեքներ: Գետի ինքնամաքման կարողության բարձրանալուն զուգընթաց մեծանում է գործակցի արժեքը, բացասական արժեքը վկայում է գետի ինքնամաքման կարողության բացակայության մասին, իսկ ինքնամաքման կարողության

վերականգնման հնարավորությունը նվազում է բացասական արժեքի փոքրանալուն գույքընթաց:

Առաջարկվող մեթոդը հնարավորություն է տալիս իրականացնելու նաև գետի ինքնամաքրման կարողության հիդրոքիմիական գնահատում՝ առաջարկվող բանաձևում ջրի որակի հիդրոկենսաբանական ցուցանիշի փոխարեն օգտագործելով ջրի որակի հիդրոքիմիական ցուցանիշ: Հարկ է նշել, որ ի տարբերություն այս կամ ցանկացած այլ մեթոդով գետի ինքնամաքրման կարողության հիդրոքիմիական գնահատման, հիդրոկենսաբանական գնահատումը նաև թույլ է տալիս բնութագրել ինքնամաքրման կարողությունն ավելի երկար ժամանակահատվածի համար: Հետևաբար հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական գնահատումների համադրությամբ հնարավոր կլինի ստանալ ամբողջական տեղեկատվություն գետի ինքնամաքրման կարողության մասին:

Գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման առաջարկվող մեթոդը կարող է կիրառվել բնապահպանության, ինչպես նաև կրթության և գիտության ոլորտներում: Կիրառական մեծ նշանակություն կարող է ունենալ հատկապես գետային ջրերի աղտոտման կառավարման ոլորտում: Օրինակ՝ ենթադրենք գետային ջրերի օրգանական աղտոտվածության հիդրոկենսաբանական ցուցանիշի՝ սապրոֆիտ մանրէների քանակն աղտոտման կետում 5000 ԳԱՄ/մլ է (L_0), իսկ 5 կմ ներքև գետահատվածում գործում է կամ պետք է գործի ձկնաբուծարան: Աղտոտման կետից 5 կմ (S) ներքև ընկած կետում սապրոֆիտ մանրէների քանակը 2000 ԳԱՄ/մլ է (L), իսկ 5 կմ երկարությամբ գետահատվածում գետի հոսքի միջին արագությունը 1,2 մ/վ է (V): Ըստ առաջարկվող մեթոդի՝ գետի ջրի ինքնամաքրման գործակիցը (K) տվյալ գետահատվածի համար կստացվի $2,2 \times 10^{-4}$ վ⁻¹: Ընդունենք, որ ձկնատնտեսական գործունեության համար ջրի որակը չպետք է բարձր լինի II դասից (1000 ԳԱՄ/մլ): Հետևաբար, առաջարկվող մեթոդով կարող ենք հաշվարկել աղտոտման այն թույլատրելի սահմանաչափը (L_{max}), որի դեպքում 5 կմ ներքև գետահատվածում ջրի որակը կհամապատասխանի ձկնաբուծական նպատակով ջրօգտագործման նորմին (1000 ԳԱՄ/մլ):

$$L_{max} = L \exp\left(K \frac{S}{V}\right)$$

որտեղ $K = 2,2 \times 10^{-4}$ վ⁻¹, $L = 1000$ ԳԱՄ/մլ, $S = 5$ կմ, $V = 1,2$ մ/վ: Տվյալ դեպքում աղտոտման կետում օրգանական աղտոտման թույլատրելի սահմանաչափը (ըստ սապրոֆիտ մանրէների քանակի), որի դեպքում 5 կմ ներքև գետահատվածում ձկնատնտեսական գործունեությունն էկոլոգիական վնաս չի կրի, կլինի 2500 ԳԱՄ/մլ: Առաջարկվող մեթոդով նման գնահատում կարելի է իրականացնել նաև ջրի որակի հիդրոկենսաբանական ցուցանիշների փոխարեն հիդրոքիմիական ցուցանիշների կիրառմամբ կամ դրանց համադրությամբ:

Առաջարկվում է նաև գետային ջրերի ինքնամաքրման գործակցի դասակարգում: Առաջարկվող մեթոդով գետահատվածի ինքնամաքրման գործակցի առավելագույն արժեքն ընդունվում է որպես I դաս, իսկ հաջորդող դասերը (II, III, IV և V) նվազում են 2 հայտարարով՝

երկրաչափական պրոգրեսիայով: Մեթոդն ավելի լավ հասկանալու համար ենթադրենք գետահատվածի ինքնամաքման գործակցի (K) տարեկան առավելագույն արժեքը կամ I դասը $5 \times 10^{-4} \text{ վ}^{-1}$ է, ապա հաջորդող դասերը կլինեն՝ $K/2 = 2,5 \times 10^{-4} \text{ վ}^{-1}$ (II դաս), $K/4 = 1,25 \times 10^{-4} \text{ վ}^{-1}$ (III դաս), $K/8 = 0,625 \times 10^{-4} \text{ վ}^{-1}$ (IV դաս) և $<0,625 \times 10^{-4} \text{ վ}^{-1}$ (V դաս):

3.4 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոմորֆոլոգիական բաղադրիչ

Դեռևս 2000թ. ԵՄ-ի կողմից ընդունված ՋՇԴ-ով նախատեսվում է ԵՄ երկրների տարածքում ջրային ռեսուրսների որակի բարելավման և կառավարման նոր մեխանիզմների ներդրում: ԵՄ պետությունները պետք է ձգտեն մինչև 2015թ., եթե ոչ, ապա 2021թ. և ավելի ուշ՝ 2027թ., հասնել բոլոր մակերևութային և ստորերկրյա ջրային մարմինների լավ կարգավիճակի: Լավ կարգավիճակ ասելով ընկալվում է էկոլոգիական, քիմիական, մորֆոլոգիական, ջրի քանակական ստանդարտների պահպանում: Ներկայումս ՀՀ բազմաթիվ գետեր ենթարկվում են հիդրոմորֆոլոգիական ճնշման (հոսքի ռեժիմի, հունի, ողողատի, հատակի նստվածքների, անկման, թեքության, կենսամիջավայրի և այլ փոփոխությունների), որն իր ազդեցությունն է ունենում ջրում կենդանական ու բուսական աշխարհների վրա, իսկ վերջինիս վատթարացմամբ պայմանավորված նվազում է ջրի որակը:

Ըստ ԵՄ ՋՇԴ-ի՝ ջրային մարմնի էկոլոգիական կարգավիճակը դասակարգվում է գերազանց, լավ, միջին, անբավարար և վատ դասերի: «Գերազանց» կարգավիճակը բնութագրվում է մարդու կողմից կենսաբանական, քիմիական և մորֆոլոգիական միջամտության բացակայությամբ կամ թույլ ազդեցությամբ:

Ըստ ԵՄ ՋՇԴ-ի՝ հիդրոմորֆոլոգիական տարրերը դիտարկվում են որպես կենսաբանական տարրերի զարգացմանը նպաստող գործոններ, հետևաբար հիդրոմորֆոլոգիական ճնշման գնահատման նպատակով առանձնացվում են հետևյալ տարրերը.

- Հիդրոլոգիական ռեժիմը (ջրի հոսքի քանակը, դինամիկան, կապվածությունը ստորերկրյա ջրերին).
- Անընդհատությունը (նստվածքների և միզրացվող տեսակների ազատ տեղաշարժը հոսանքով վեր ու վար).
- Մորֆոլոգիան (բնակության ֆիզիկական միջավայրը՝ սուբստրատի կոմպոզիցիան, լայնության և խորության փոփոխությունները, հատակի և ողողատի կառուցվածքը):

Հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի գնահատման մեթոդները կարելի է բաժանել բալային գնահատման, բացարձակ արժեքներով գնահատման և գործակիցային գնահատման մեթոդների:

Բալային գնահատման մեթոդները հենվում են հետազոտվող տեղամասի տարբեր հատվածներում գետի հոսքի, հունի, ողողատի և ափերի տարրերի հիդրոմորֆոլոգիական գնահատման վրա և ներկայացվում բալերով: Այս մեթոդը հնարավորություն է տալիս

գնահատելու գետի ընդհանուր հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակը: Եվրոպական շատ երկրներում, օրինակ՝ Սլովենիայում, 2013թ.-ին մշակվեց նմանատիպ մեթոդիկա և կիրառվեց գետերում կենսամիջավայրի որակի գնահատման նպատակով (*Guideline for Hydromorphological Monitoring and Assessment of Rivers in Croatia 2013*): Համանման մեթոդ է կիրառվել նաև Արևելյան Գործընկերության երկրներում՝ Բելառուսում, Ուկրաինայում, Վրաստանում, ինչպես նաև Հայաստանում: Այս եղանակով հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի գնահատման մեթոդը կիրառվել է գետի էկոլոգիական կարգավիճակի գնահատման նպատակով, որտեղ բացի հիդրոմորֆոլոգիայից հաշվի են առնվում նաև հիդրոկենսաբանական և հիդրոքիմիական կարգավիճակները: Այդ աշխատանքներից կարելի է հիշատակել Բելառուսիայի օրինակով գետերի էկոլոգիական կարգավիճակի գնահատումը (*Vladimir Korneev 2018*):

ԱՄՆ-ում և Եվրոպական երկրներում տարածված է հիդրոմորֆոլոգիական գնահատումը մորֆոմետրական բացարձակ արժեքներով: Այս մեթոդը կիրառվում է հիմնականում պլանկտոնի բնադրավայրերի գնահատման նպատակով: Այս տեսակետից գոյություն ունեն գնահատման մի շարք մոդելներ, որոնցից կարելի է հիշատակել MesoHABSIM մոդելը (*Parasiewicz Piotr*): Այս մեթոդը նպատակահարմար չէ կիրառել գետերի ինքնամաքման կարողության գնահատման համար, քանի որ այն նախատեսված է գետերի հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի վերականգնման համար՝ պլանկտոնի բնադրավայրերը վերականգնելու նպատակով:

Գետի հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի գործակիցային գնահատումն ապահովում է ավելի փոքր սուբյեկտիվ ազդեցություն՝ կախված գնահատողի կողմից կատարվող չափումներից: Գործակիցային մոտեցման հիմքում դրված են դաշտային գործիքային չափումները: Չափումները սովորաբար իրականացվում են երկչափ (2D) և եռաչափ (3D) տեսքով՝ գետն իր հունով ամբողջականորեն գնահատելու նպատակով: Այս տեսակետից հաճախ տարբեր հետազոտողներ կիրառում են այսպես կոչված հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակիցները: Սլովենացի հետազոտողները տարբերակում են հիդրոմորֆոլոգիական ձևափոխման և հիդրոմորֆոլոգիական որակի գործակիցները, որոնք կապել են գետի բնակեցման ձևափոխման և գետի բնակեցման որակի գործակիցների հետ (*Tavzes, B. 2009*):

Ավստրիացի հետազոտողները կիրառել են հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակիցը՝ գետի հունի հիդրոմորֆոլոգիական գնահատման նպատակով, և այն կապել հիդրոկենսաբանական վիճակի հետ (*Gostner W. 2012*): Այս աշխատանքն արժևորվում է այն տեսակետից, որ կիրառվել են հիդրոմորֆոլոգիական այնպիսի տարրեր, ինչպիսիք են գետի ջրի տուրբուլենտայնությունը, հատակային նստվածքների տեղափոխման լարվածությունը, թավվեզի և լայնակի պրոֆիլների բազմազանությունը, որոնք հանդիսանում են նաև գետի ինքնամաքման կարողության վրա ազդող գործոններ: Շատ դեպքերում գետի ինքնամաքման կարողության գնահատման համար, որպես աբիոտիկ գործոնի, հիդրոմորֆոլոգիական տարրերի գնահատումն իրականացվում է այս խմբի մեթոդների միջոցով:

3.4.1 Հիդրոմորֆոլոգիական գնահատման համար առաջարկվող մեթոդ

Գետի հիդրոմորֆոլոգիական գնահատման համար հարմար է կիրառել հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակցի (HMID) որոշման մեթոդը: Այն հնարավորություն է տալիս մեկ ընդհանուր գործակցով գնահատելու գետի հիդրավլիկական, հունի մորֆոմետրական և հատակի նստվածքների բազմազանությունը:

Գետի ինքնամաքման կարողությունը կախված է նրա հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանությունից: Որքան մեծ է բազմազանությունը, այնքան մեծ է ինքնամաքման կարողությունը: Գետի ինքնամաքման կարողության վրա ազդող հիմնական տարրերից են գետի ջրի տուրբուլենտայնությունը, հատակի նստվածքների տեղափոխման լարվածությունը, հատակի մորֆոլոգիան, գետի հոսքի արագությունը և խորությունը:

Տուրբուլենտայնության հաշվարկ

Գետի ջրի տուրբուլենտայնությունը, որը կարևոր հիդրոմորֆոլոգիական տարրերից է, մեծ դեր ունի գետի ինքնամաքման գործընթացում: Գետի ջրի տուրբուլենտայնությունը, ջրի ջերմաստիճանը և ջրում լուծված թթվածնի քանակը ֆունկցիոնալ կապի մեջ են: Որքան բարձրանում է ջերմաստիճանը, այնքան ավելանում է տուրբուլենտայնությունը ու նպաստում լուծված թթվածնով հարստացմանը: Մյուս կողմից, ջրի բարձր ջերմաստիճանից նվազում է լուծված թթվածնի քանակը: Հետևաբար լամինար հոսքով և բարձր ջերմաստիճանով ջուրը կունենա ավելի փոքր ինքնամաքման կարողություն, քան նույն ջերմաստիճանի տուրբուլենտային հոսքով ջուրը: Բացի ջրի ջերմաստիճանից՝ գետի հոսքի տուրբուլենտայնությունը ֆունկցիոնալ կապի մեջ է գետի հոսքի արագության և խորության հետ:

Գետի հոսքի տուրբուլենտայնությունը որոշվել է Ռեյնոլդի և Ֆրոուդի արժեքներով, որոնց հաշվարկի բանաձևերը լայն կիրառություն ունեն հիդրոինժինեռության մեջ:

Ռեյնոլդի արժեքը գետերի համար ստացվում է հետևյալ բանաձևով.

$$Re = \frac{V * 4h}{\nu}$$

որտեղ Re -ը Ռեյնոլդի արժեքն է, V -ն՝ գետի ջրի միջին արագությունը, h -ը գետահատածքի միջին խորությունը, իսկ ν -ն՝ ջրի կինեմատիկ մածուցիկությունը, որն ստացվում է $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ հարաբերությունից, որտեղ μ -ն ջրի դինամիկ (բացարձակ) մածուցիկությունն է, իսկ ρ -ն՝ ջրի խտությունը, որոնց արժեքները կախված են ջրի ջերմաստիճանից: Ռեյնոլդի արժեքը դասակարգվում է ըստ ստորև բերված աղյուսակի:

Լամինար	$Re < 2300$
Մեցուլային	$2300 < Re < 4000$
Տուրբուլենտային	$Re > 4000$

Ջրի հոսքի շատ մեծ արագությունների դեպքում Ռեյնոլդի արժեքը կիրառելի չէ գետի ջրի տուրբուլենտայնության որոշման համար, ուստի զուգահեռաբար կիրառվում է Ֆրոուդի արժեքը:

Ֆրոուդի արժեքը նախատեսված է կրիտիկական տուրբուլենտայնության որոշման համար և ստացվում է հետևյալ բանաձևով.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * h}}$$

որտեղ Fr -ը Ֆրոուդի արժեքն է, V -ն՝ գետի ջրի միջին արագությունը, h -ը՝ գետահատածքի միջին խորությունը, իսկ g -ն՝ ազատ անկման արագացումը, որ հավասար է 9,81 մ/վ²:

Ֆրոուդի արժեքը դասակարգվում է ըստ ստորև բերված աղյուսակի:

Մերձկրիտիկական	$Fr < 1$
Կրիտիկական	$Fr = 1$
Գերկրիտիկական	$Fr > 1$

Հատակային նստվածքների տեղափոխման լարվածություն

Հատակի նստվածքների տեղափոխման լարվածությունը կարևոր նշանակություն ունի գետի բենթոսի և միկրոբների կենսապայմանների ու սապրոբայնության աստիճանի համար, հետևաբար կարևոր գործոն է գետի ինքնամաքման կարողության գնահատման համար:

Հատակային նստվածքների տեղափոխման լարվածությունը որոշվել է հետևյալ կերպ.

$$r = \left(\frac{V}{5.75 * \log\left(\frac{12 * h}{K_s}\right)} \right)^2 * \rho$$

որտեղ r -ը նստվածքների տեղափոխման լարվածությունն է, V -ն՝ հոսքի միջին արագությունը, h -ը՝ գետահատածքի ջրի միջին խորությունը, ρ -ն՝ ջրի տեսակարար կշիռը: $K_s = 2 * D_{65}$, որտեղ D_{65} -ը նստվածքների այն տրամագծի մեծությունն է, որից բոլոր նմուշների 65%-ն ունեն ավելի փոքր մեծություն:

Հունի մորֆոմետրական բազմազանություն

Գետի հունի մորֆոլոգիան կարևոր նշանակություն ունի հիդրոկենսաբազմազանության համար, ինչը նպաստում է գետի ինքնամաքման կարողությանը: Այս տեսակետից կարևոր է գնահատել գետի թալվեզի մորֆոլոգիական բազմազանությունը (*TWD*) և հունի լայնակի կտրվածքի մորֆոլոգիական բազմազանությունը (*CSD*):

Թալվեզի մորֆոմետրական բազմազանությունը որոշվել է հետևյալ կերպ.

$$TWD = \frac{\sum_{i=2}^n |\Delta Z_i|}{\sum_{i=1}^{n-1} W_i}$$

որտեղ՝

$$\Delta Z_i = \Delta Z_{i-1} - (S_{i-2} * W_i) - Z_i$$

որտեղ ΔZ_i -ը թալվեզի չափված կետի բարձրության և տեսական բարձրության միջև տարբերությունն է, որն ստացվում է այնպես, որ կետից հոսանքով վեր կետի թալվեզի թեքությունը մնում է հաստատուն: S_i -ը թալվեզի i -րդ հատվածի թեքությունն է, Z_i -ը՝ թալվեզի i -րդ կետի բարձրությունը, W_i -ն թալվեզի i -րդ կետի և հոսանքի ուղղությամբ հաջորդ կետի միջև հեռավորությունը (նկար 1):

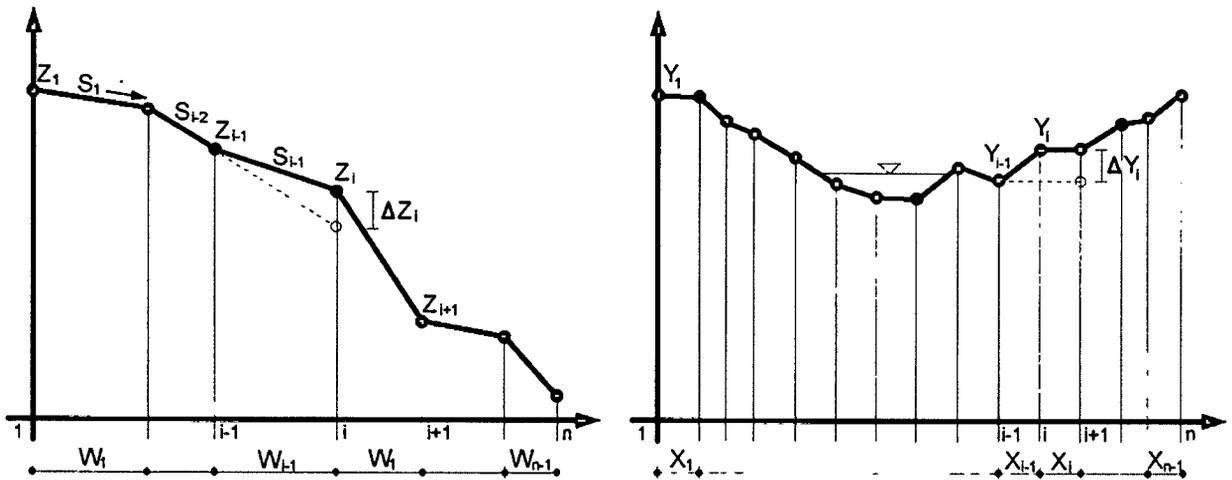
Լայնակի կտրվածքի մորֆոմետրական բազմազանությունը որոշվել է հետևյալ բանաձևով.

$$CSD = \frac{\sum_{i=2}^n |\Delta Y_i|}{\sum_{i=1}^{n-1} X_i}$$

որտեղ՝

$$\Delta Y_i = Y_{i-1} - Y_i$$

որտեղ ΔY_i -ը գետի լայնակի կտրվածքի, չափված երկու հարևան կետերի միջև բարձրությունների տարբերությունն է, իսկ X_i -ը՝ i -րդ կետի և հաջորդ կետի միջև հեռավորությունը (Նկար 1):



Նկար 1. Թավվեզի և հունի լայնակի կտրվածքի մոդիֆիկացիայի փազմազանության որոշման գրաֆիկական պատկերը

Հիդրոմորֆոլոգիական փազմազանության գործակցի որոշումը

Հիդրոմորֆոլոգիական փազմազանության գործակիցը հնարավորություն է տալիս գնահատելու գետի հետազոտվող տեղամասը: Տարբեր հետազոտվող տեղամասեր կարտահայտվեն առանձին հիդրոմորֆոլոգիական փազմազանության գործակիցների տեսքով:

Հիդրոմորֆոլոգիական փազմազանության գործակիցը որոշելու համար նախ ստացվել են տեղամասի բոլոր հատվածների համար պարամետրերի վարիացիայի գործակիցները՝ հետևյալ բանաձևով.

$$CV_i = \left(\frac{\sigma_i}{\mu_i} \right)$$

որտեղ CV_i -ն i -րդ պարամետրի վարիացիայի գործակիցն է, σ_i -ն՝ i -րդ պարամետրի արժեքների միջին քառակուսային շեղումը, μ_i -ն՝ i -րդ պարամետրի արժեքների միջին թվաբանականը:

Այնուհետև յուրաքանչյուր պարամետրի համար որոշվել է պարզիալ գործակիցը ($V(i)$), որն ստացվել է հետևյալ բանաձևով.

$$V(i) = (1 + CV_i) = \left(1 + \frac{\sigma_i}{\mu_i} \right)$$

Տեղամասի հիդրոմորֆոլոգիական փազմազանության գործակիցը ($HMID_s$) որոշվել է հետևյալ բանաձևով.

$$HMID_s = \sqrt{\frac{n}{2} \prod_{i=1}^n V(i)^2}$$

որտեղ n-ը պարամետրերի քանակն է:

Հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակիցները դասակարգվում են ըստ ստորև բերված աղյուսակի:

Աղյուսակ 1. Հիդրոմորֆոլոգիական գործակիցներ և դասեր

Հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակից	Հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի դասը	Նկարագիր
0-1,5	վատ	Բնորոշ է դրենաժավորված գետային հուներին և ջրանցքներին
1,5-3	անբավարար	Բնորոշ է լեռնային արագահոս վտակներին, խիստ փոփոխված հուներով գետերին
3-4,5	միջին	Բնորոշ է զգալի փոփոխված հուներով գետերին
4,5-6	լավ	Բնորոշ է թույլ փոփոխված հուներով գետերին
6-ից ավելի	գերազանց	Բնորոշ է բնական կամ չնչին փոփոխված հուներով գետերին

3.5 Գետի ինքնամաքրման կարողության գնահատման ինտեգրալ գործակցի ստացում

Հիդրոմորֆոլոգիական, հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական գործակիցներից ինքնամաքրման ինտեգրալ գործակցի (ԻՄԳ) ստացման համար կիրառվել է վերլուծական հիերարխիայի (AHP) հայտնի մեթոդը, ըստ որի գետի ինքնամաքրման ինտեգրալ գործակցի ստացման նպատակով հիդրոկենսաբանական և հիդրոքիմիական գործակիցներին տրվել է կրկնակի ավելի մեծ կարևորություն, քան հիդրոմորֆոլոգիական գործակցին (աղյուսակ 2):

Աղյուսակ 2. Վերլուծական հիերարխիայի գործընթաց

	ՀՄ	ՀՔ	ՀԿ
ՀՄ	1	0.5	0.5
ՀՔ	2	1	1
ՀԿ	2	1	1
Գումարը	5	2.5	2.5

ՀՄ՝ հիդրոմորֆոլոգիական, ՀՔ՝ հիդրոքիմիական, ՀԿ՝ հիդրոկենսաբանական

Արդյունքում ստացվել են գետի ինքնամաքման կարողության՝ հիդրոմորֆոլոգիական, հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական գործակիցների կշիռները (աղյուսակ 3):

Աղյուսակ 3. Գործակիցների կշիռներ

	ՀՄ	ՀՔ	ՀԿ	Կշիռը
ՀՄ	0.2	0.2	0.2	0.2
ՀՔ	0.4	0.4	0.4	0.4
ՀԿ	0.4	0.4	0.4	0.4

ՀՄ՝ հիդրոմորֆոլոգիական, ՀՔ՝ հիդրոքիմիական, ՀԿ՝ հիդրոկենսաբանական

Ստորև բերված բանաձևով հաշվարկվել է ինտեգրալ ինքնամաքման գործակիցը (ԻՄԳ), որտեղ հիդրոմորֆոլոգիական (ՀՄ), հիդրոքիմիական (ՀՔ) և հիդրոկենսաբանական (ՀԿ) ինքնամաքման գործակիցները բազմապատկվել են համապատասխանաբար 0,2, 0,4, 0,4 կշռային մեծություններով: Հիդրոմորֆոլոգիական գործակիցը՝ հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական գործակիցների հետ նույն ստանդարտի բերելու նպատակով նախապես բաժանվել է 10-ի:

$$\text{ԻՄԳ} = \text{ՀՄ} * 0,2 + \text{ՀՔ} * 0,4 + \text{ՀԿ} * 0,4$$

Ստացված ինտեգրալ ինքնամաքման գործակիցները խմբավորվել են առանձին դասերում: Ստորև ներկայացված են գետերի ինքնամաքման գործակիցները և դրանց դասերը:

ԻՄԳ	ԻՄԳ դաս
0-0.1	V (վատ)
0.1-0.2	IV (անբավարար)
0.2-0.3	III (միջին)
0.3-0.44	II (լավ)
>0.44	I (գերազանց)

ԳԼՈՒԽ 4. ՊԻԼՈՏԱՅԻՆ ԳԵՏԱՎԱԶԱՆԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԿԱՏԱՐՎԱԾ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

4.1 Պիլոտային գետավազանի ընտրության հիմնավորում

Գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար որպես պիլոտային գետավազան ընտրվել է Քասախի գետավազանը: Քասախը ՀՀ համեմատաբար խոշոր գետերից է (89 կմ), որը սկիզբ է առնում Արագած և Փամբակ լեռների լանջերից: Քասախի գետավազանը գտնվում է վերին հոսանքներում՝ ՀՀ Արագածոտնի և ստորին հոսանքներում՝ Արմավիրի մարզերում: Գետավազանի բնական պայմանները բազմազան են: Տարածքի ռելիեֆը խիստ կտրտված է, համեմատաբար ցածրադիր մասերը՝ Աշտարակի ու Թալինի տարածաշրջանների, Արարատյան գոգավորության նախալեռնային հատվածներն ունեն ծովի մակարդակից 1000-1500մ բարձրություն: Գետավազանի տարածքում լավ արտահայտված է բնական պայմանների վերընթաց գոտիականությունը:

Գետավազանի ջրային ռեսուրսների ջրի որակի վրա առկա են ինչպես մարդածին, այնպես էլ բնական ճնշումներ: Հիդրոքիմիական ռեժիմով այն մոտ է Հրազդանի գետավազանի գետերին, մասամբ՝ Ողջի, Որոտանի, Դեբեդի և Ախուրյանի գետավազաններին: Գետավազանը ջրային ռեսուրսների ջրի որակով և առկա մարդածին ճնշումներով արտացոլում է ՀՀ-ի գրեթե մյուս բոլոր գետավազանների էկոլոգիական վիճակը: Այստեղ գետերի և Ապարանի ջրամբարի ջրի որակի վրա ճնշում են գործադրում բնակավայրերի կոմունալ-կենցաղային ջրահեռացումը (կենտրոնացված և ցրված աղբյուրներից), գյուղատնտեսությունից հետադարձ հոսքերը, լքված հանքերի և պոչամբարների տարածքներում ձևավորվող մակերևութային հոսքաջրերը, սննդի արդյունաբերության և այլ միջին ու փոքր ձեռնարկությունների չմաքրված կեղտաջրերը:

Քասախի գետավազանի Գեղարոտ գետի ջրի որակի վրա վառ արտահայտված է նաև բնական ճնշումների ազդեցությունը, որը քիչ նկատելի է ՀՀ մյուս գետերի դեպքում:

Բացի վերը թվարկված գործոններից՝ Քասախի գետավազանի ընտրությունը պայմանավորված է նաև ջրի որակի մոնիթորինգի երկարամյա տվյալների առկայությամբ և հիդրոքիմիական ցուցանիշների բազմազանությամբ: Քասախի՝ որպես պիլոտային գետի ընտրության բացասական կողմերից է հիդրոկենսաբանական տվյալների գրեթե բացակայությունը:

4.2 Հիդրոմորֆոլոգիական գնահատման համար ընտրված գետերի հիմնավորում

Դիտարկման համար ընտրվել է Քասախ գետը: Նրա հիդրոլոգիական և հիդրոմորֆոլոգիական առանձնահատկությունները բնորոշ են ՀՀ գետերի մեծ մասին:

Գետի ընտրության համար հիմք են ընդունվել ստորև բերված բնութագրիչները:

Հիդրոլոգիական սնման ռեժիմը

Քասախ գետի հիդրոլոգիական ռեժիմը բնորոշ է ՀՀ գետերի մեծ մասին: Այն ունի խառը սնուցում և աչքի է ընկնում հոսքի մեծության սեզոնային տատանումներով, գարնանային վարարումներով և հորդացումներով, ամառային սակավաջուր շրջաններով և աշնանային անձրևներից հոսքի ավելացմամբ: Գետի այսպիսի ռեժիմը հնարավորություն է տալիս գնահատելու գետի ինքնամաքման կարողությունը ֆիզիկական գործոնների փոփոխությունների պայմաններում:

Գետային ցանցի մորֆոլոգիան

Կարևոր են գետային ցանցի ընդհանուր մորֆոլոգիան, գետային ցանցի զարգացվածության մակարդակը, ակունքի և գետաբերանի ծովի մակարդակից բարձրությունները և դրանց տարբերության մեծությունը, գետի երկայնքով տարբեր թեքությունների առկայությունը: Քասախն այս տեսակետից ունի բավականին զարգացած գետային ցանց, ակունքի և գետաբերանի նիշերի մեծ տարբերություն, տարբեր հատվածներում փոխում է թեքությունները: Այսպիսի բազմազանությունը հնարավորություն է տալիս այլ գետերի հետ կատարելու անալոգային համեմատություն:

Հիդրավլիկական առանձնահատկությունները

Գնահատման համար նպատակահարմար է ունենալ հիդրավլիկական տարրերի (գետի լայնությունը, խորությունը, ծախսը, թեքությունը) բազմազանություն: Այս տեսակետից Քասախն ունի ինչպես սեզոնային, այնպես էլ ակունքից մինչև գետաբերանի հիդրավլիկ տարրերի տարասեռություն, ինչը ինքնամաքման կարողության գնահատման մեթոդի մշակման համար ապահովում է տվյալների բազմազանություն:

Հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի գնահատման տարրերի բազմազանությունը

Գետի հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի գնահատման տարրերը (հոսքի տիպը, հատակի մորֆոլոգիան ու նստվածքների տիպերը, ողողատի տիպերը, մակրոֆիտների ու առափնյա բուսականության առկայությունը և մարդածին ազդեցության ներքո դրանց փոփոխվածության աստիճանը) էական ազդեցություն ունեն գետի ինքնամաքման կարողության վրա: Այս տեսակետից Քասախ գետն աչքի է ընկնում բազմազանությամբ: Առկա են ինչպես բնական, այնպես էլ բնականին մոտ, միջին ուժեղ և շատ ուժեղ փոփոխված հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակով տեղամասեր: Այդ բազմազանությունը հնարավորություն է տալիս գտնելու հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական գործոնների հետ կապը:

4.3 Նմուշառման դիտակետերի ընտրություն և հիդրոքիմիական, հիդրոկենսաբանական, հիդրոմորֆոլոգիական մոնիթորինգի կազմակերպում

4.3.1 Հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական մոնիթորինգ

Քասախի գետավազանից ջրի նմուշառումները և հիդրոքիմիական ցուցանիշների որոշումն իրականացվել են ՀՀ ՇՄՆ ՀՄԿ ՊՈԱԿ-ի կողմից: Հիդրոկենսաբանական նմուշառումներն ու անալիզներն իրականացվել են ՀՀ ԳԱԱ կենդանաբանության և հիդրոէկոլոգիայի գիտական կենտրոնի և ծրագրի հիդրոկենսաբան-փորձագետի կողմից:

Նմուշառումներ

Քասախի գետավազանում գետերի հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական ցուցանիշների վերաբերյալ տվյալների հավաքման, ինչպես նաև ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար առաջարկվող մեթոդների փորձարկման նպատակով ընտրվել է 11 դիտակետ, որոնցից 7-ը ՀՀ ՇՄՆ ՀՄԿ ՊՈԱԿ-ի գործող դիտակետերն են, իսկ 4-ը՝ հետազոտական նպատակներով ժամանակավորապես առաջադրված:

Ստորև ներկայացված է հիդրոքիմիական մոնիթորինգի դիտակետերի տեղադրությունը:

Աղյուսակ 4. Հիդրոքիմիական մոնիթորինգի դիտակետերի տեղադրություն

Հ/Հ	Դիտակետի համարը	Ջրային ռեսուրսի անվանումը	Նմուշառման դիտակետի տեղադիրքը
1	43	Քասախ գետ	ք.Ապարանից 0,5 կմ վերև
2	44		ք.Ապարանից 0,5 կմ ներքև
3	45		ք.Աշտարակից 1 կմ վերև
4	46		ք. Աշտարակից 3.5 կմ ներքև
5	47		գետաբերանի մոտ
6	111-1	Ապարանի ջրամբար	Քասախ գետը մինչև Ապարանի ջրամբար
7	111-2	Ապարանի ջրամբար	Քասախ գետը Ապարանի ջրամբարի ելքից

Հ/Հ	Ղիտակետի համարը	Ջրային ռեսուրսի անվանումը	Նմուշառման ղիտակետի տեղադիրքը
9	48	Գեղարոտ գետ	գ. Արագածից 0.5 կմ վերև
10	49		գետաբերանի մոտ
11	1	Հալավար գետ	գետի ակունք
12	2		Մելիք գյուղի մոտ

Ինքնամաքրման կարողության գնահատման մեթոդի փորձարկման և ճշգրտության ստուգման համար անհրաժեշտ էին հիդրոքիմիական տվյալներ տարվա բոլոր սեզոնների համար: Այդ իսկ պատճառով, նմուշառումները կազմակերպվել են ամսական կտրվածքով՝ 2019թ.-ի մայիսից մինչև 2020թ.-ի ապրիլն ընկած ժամանակահատվածում: Հիդրոքիմիական նմուշառումը, նմուշների պահպանումը և տեղափոխումը լաբորատոր պայմաններ իրականացվել են համաձայն ԻՍՕ 5667 ստանդարտի:



Հիդրոքիմիական մոնիթորինգ

Գետի ինքնամաքրման կարողության գնահատման համար ընտրված ղիտակետերից կատարվել է ջրի նմուշառում, և տեղում որոշվել են ջրի ջերմաստիճանը, pH-ը, լուծված թթվածինը: Լաբորատոր պայմաններում վերցված ջրի նմուշներում որոշվել են նաև թթվածնի հագեցվածության, հանքայնացման, հանքայնացման ռեժիմի տարրերի, ԹԿՊ₅-ի և ԹՔՊ-ի արժեքները, կենսածին նյութերի և մետաղների կոնցենտրացիաները: Ընդհանուր առմամբ ջրի նմուշներում որոշվել են 47 հիդրոքիմիական ցուցանիշներ: Հիդրոքիմիական ցուցանիշների արժեքները որոշվել են ԻՍՕ միջազգային ստանդարտներին համապատասխան վերլուծական մեթոդներով:

Հիդրոքիմիական մոնիթորինգի տվյալների հավաքում

Տվյալների հավաքման և հաշվարկների ավտոմատացման համար MS Excel ծրագրում կազմվել է ընդհանուր շտեմարան, որտեղ առանձին թերթերում (Excel sheet) ներմուծվել են պիլոտային գետավազանի՝ Քասախի գետերից վերցված նմուշների հիդրոքիմիական և

հիդրոլոգիական (գետի ջրի ծախսը և արագությունը) տվյալները 2019թ. մայիսից մինչև 2020թ. ապրիլ ժամանակահատվածի համար:

ՀՀ գետերի ինքնամաքման կարողության գնահատման համար առաջարկվող մեթոդը, ինչպես նաև ջրի որակի համապարփակ գնահատման ՋՈԿԻ մեթոդը կառուցված են բարդ մաթեմատիկական մոտեցումների և մեխանիզմների հիման վրա, որը կարող է խոչընդոտ հանդիսանալ առաջարկվող մեթոդի լայն կիրառելիության համար: Այդ նպատակով MS Excel ծրագրում մշակվել է թվային մոդել, որը թույլ է տալիս անհրաժեշտ տվյալների մուտքագրմամբ արագ, ավտոմատ եղանակով գնահատելու նշված գետահատվածի ինքնամաքման կարողությունը՝ տվյալ տարվա կամ ամսվա կտրվածքով: Ծրագիրը հիմնված է 8 թվային թերթերի (Excel sheet) վրա, որոնք փոխկապակցված են, և յուրաքանչյուրը պատասխանատու է իր առանձին ֆունկցիայի համար:

Առաջին թերթում՝ “Data Input” կամ «Մուտքային տվյալներ», մուտքագրվում են ուսումնասիրվող գետավազանի/գետի/գետահատվածի մոնիթորինգի դիտակետերում նշված տարվա ընթացքում որոշված հիդրոքիմիական և հիդրոլոգիական ցուցանիշների ամենամյա տվյալները: «Data Input» կամ «Մուտքային տվյալներ» թերթում մուտքագրվում են ջրի որակի բոլոր որոշված ցուցանիշները, իսկ հիդրոլոգիական ցուցանիշներից պարտադիր են գետի ջրի ծախսի և արագության արժեքները:

The image shows a screenshot of an MS Excel spreadsheet titled "2019". The spreadsheet is organized into columns labeled A through AC. The data is presented in a grid format with rows corresponding to different dates and parameters. The spreadsheet is divided into sections for different months and years, with data points for various parameters listed in the columns.

Նկար 2. MS Excel ծրագրում մշակված մոդելի "Data Input" կամ «Մուտքային տվյալներ» թերթը

“Water quality norms” կամ «Ջրի որակի նորմեր» թերթում բերված են տվյալ գետի համար ըստ ՀՀ կառավարության N 75-Ն որոշմամբ սահմանված էկոլոգիական նորմերի 2-րդ դասի արժեքները: Այս տվյալներն օգտագործվում են գետահատվածի վերին և ստորին

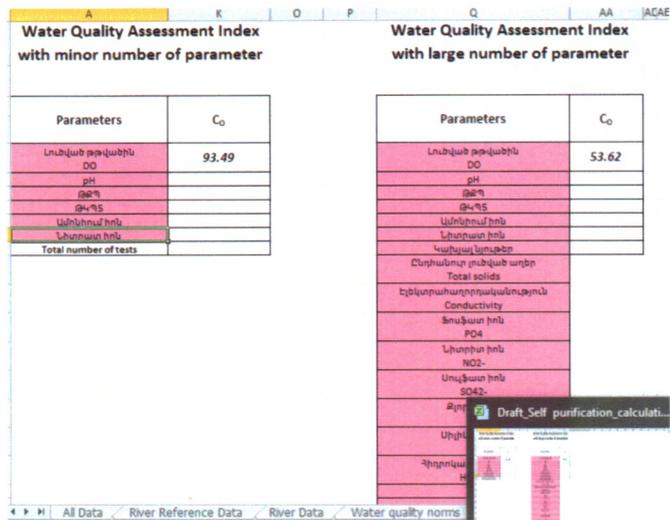
դիտակետերում ջրի որակի համապարփակ գնահատման համար՝ ըստ Ջրի որակի կանադական ինդեքսի:

Տվյալ ցուցանիշի համար սահմանված էկոլոգիական նորմի մուտքագրման դեպքում այն ավտոմատ արտադվում է "WQ reference" կամ «ՋՈ ներկայացուցչական» և "WQ assessment" կամ «ՋՈ գնահատում» թերթերում:

	A	B
1	River Basin	Kasakh
2		
3	Ջրի որակի ֆիզիկաքիմիական	Ջրի որակի
4	ցուցանիշեր/Water quality physicochemical	նորմը/ Water
5	Գույն Color	
6	Դուր Odor	
7	Ջրի ջերմաստիճան Temperature	
8	Թափանցելիություն Transparency	
9	Կասկած կուտակ Suspended Solids	
10	Ընդհանուր լուծված աղեր Total solids	191.6
11	Էլեկտրահաղորդականություն Conductivity	296.8
12	pH	6.5
13	ԹՔՊ COD	25
14	ԹԿՊՏ BOD5	5
15	Թթվածնի հագեցվածություն DO2	
16	Լուծված թթվածին DO	6
17	Ֆոսֆատ իոն PO4	0.1
18	Նիտրիտ իոն NO2-	
19	Ամոնիում իոն NH4+	0.514
20	Սուլֆատ իոն SO42-	30.6
21	Քլորիդ իոն Cl-	7
22	Նիտրատ իոն NO3-	11.07
23	Սիլիկատ իոն Si	22.68
24	Գիդրոկարբոնատ իոն HCO3-	
25	Li	0.001

Նկար 3. MS Excel ծրագրում մշակված մոդելի "Water quality norms" կամ «Ջրի որակի նորմեր» թերթը

Ուսումնասիրվող գետահատվածի համար անհրաժեշտ տվյալները "Data Input" կամ «Մուտքային տվյալներ» թերթից ընտրելու համար դրանք պետք է կանչել (ներմուծել) "River Reference Data" կամ «Գետի ներկայացուցչական տվյալներ» և "River Data" կամ «Գետի տվյալներ» թերթերի "Data Input" թերթերից: "River Reference Data" կամ «Գետի ներկայացուցչական տվյալներ» թերթը նախատեսված է գետահատվածի վերին հոսանքներում գտնվող դիտակետից ստացված տվյալների համար, իսկ "River Data" կամ «Գետի տվյալներ» թերթը՝ համապատասխանաբար ստորին դիտակետի, որտեղ ինքնամաքրման գործընթացների հաշվին դիտվում են աղտոտիչների կոնցենտրացիաների նվազում և ջրի որակի բարելավում (գետահատվածում աղտոտման աղբյուրների բացակայության պայմաններում):

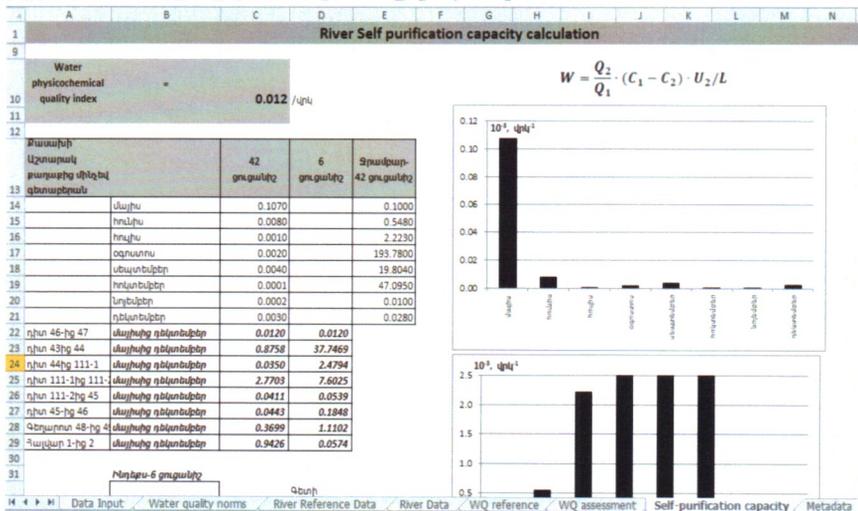


Նկար 4. Մոդելի "WQ reference" կամ «ԶՈ ներկայացուցչական» և "WQ assessment" կամ «ԶՈ գնահատում» թերթերը

"WQ reference" կամ «ԶՈ ներկայացուցչական» և "WQ assessment" կամ «ԶՈ գնահատում» թերթերը համապատասխանաբար նախատեսված են գետահատվածի վերին և ստորին հատվածների դիտակետերում ջրի որակի համապարփակ գնահատման համար՝ ըստ ջրի որակի կանադական ինդեքսի: Թերթում ցույց են տրված ԶՈԿԻ-ի ամփոփ արժեքները հիդրոքիմիական ցուցանիշների 2 համախմբի համար՝

- 6 ցուցանիշով (ԼԹ, ԹԿՊ5, ԹՔՊ, pH, NH₄⁺, NO₃⁻)
- 42 ցուցանիշով

Թերթում վարդագույնով նշվում են նաև այն ցուցանիշները, որոնք ներառվել են ջրի որակի համապարփակ գնահատման մեջ: Տվյալների բացակայության դեպքում տվյալ ցուցանիշի վանդակը նշվում է կանաչ գույնով:



Նկար 5. Մոդելի "Self-purification capacity" կամ «Ինքնամաքման կարողություն» թերթը

Այս երկու թերթերում բոլոր մաթեմատիկական գործողությունները կատարվում են ավտոմատացված ձևով՝ "River Reference Data" կամ «Գետի ներկայացուցչական տվյալներ» և "River Data" կամ «Գետի տվյալներ» թերթերում տվյալների առկայության պայմաններում:

MS Excel ծրագրի վերոնշյալ թերթերի գործողությունների հիման վրա "Self-purification capacity" կամ «Ինքնամաքրման կարողություն» թերթում, ըստ ՀՀ գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման բանաձևի, ավտոմատ կերպով հաշվարկվում և ներկայացվում է ուսումնասիրվող գետի տվյալ գետահատվածի ինքնամաքրման կարողությունը:

MS Excel ծրագրի վերջին "Metadata"՝ «Մետատվյալներ», թերթը նախատեսված է օգտագործված տվյալների աղբյուրի և այլ նշումների համար: Այստեղ նշվում է, թե որտեղից են վերցվել օգտագործված հիդրոքիմիական տվյալները և համապատասխան էկոլոգիական նորմերը, ինչպես նաև տրվում է գետահատվածի և աղտոտման աղբյուրների մասին տեղեկատվություն:

Հիդրոկենսաբանական նմուշառում և վերլուծություն

Գետի ինքնամաքրման կարողության հիդրոկենսաբանական գնահատման համար իրականացվել է սապրոֆիտ մանրէների և հատակային անողնաշարավորների ուսումնասիրություն: Հիդրոկենսաբանական ցուցանիշների նմուշառումը և վերլուծությունն իրականացվել են հիդրոկենսաբանության մեջ ընդունված մեթոդներով:



Մանրէաբանական ուսումնասիրությունների համար գետից ջրի նմուշները վերցվել են ստերիլ տարաներով, որոնք պահպանվել են ջերմապահ արկղերում՝ ցածր

ջերմաստիճանային պայմաններում: Լաբորատոր պայմաններում իրականացվել է մանրէների ցանքս՝ չոր սննդարար ազարից նախօրոք պատրաստված միջավայրում: Այնուհետև նմուշները ենթարկվել են ինկուբացիայի 20°C և 37°C ջերմաստիճանային պայմաններում՝ 24-48 ժ տևողությամբ: Ինկուբացիայից հետո հաշվարկվել է միջավայրում աճած մանրէների քանակը՝ արտահայտված գաղութ առաջացնող միավորների թվով: Փորձերն իրականացվում են ստերիլ պայմաններում:

Գետից հատակային կենդանիների նմուշառումն իրականացվել է Սուրբերի նմուշառման սարքով (Surber sampler): Փորձանմուշները դաշտային պայմաններում ֆիքսվել են ֆորմալդեհիդով: Լաբորատոր պայմաններում սուբստրատից առանձնացվել են հատակային մակրոանողնաշարավորները, և տարբեր տեսակի մանրադիտակների օգնությամբ իրականացվել է մակրոզոոբենթոսի որակական վերլուծություն: Կարգաբանական խմբերը որոշվել են քաղցրահամ ջրերի որոշիչների օգնությամբ: Իրականացվել է յուրաքանչյուր դիտակետում գրանցված կարգաբանական խմբերի կենդանիների քանակական հաշվարկ: Հատակային մակրոանողնաշարավորների յուրաքանչյուր խմբի կենդանիները չորացվել են ֆիլտրի թղթի վրա, այնուհետև կշռվել՝ յուրաքանչյուր տաքսոնի ընդհանուր չոր զանգվածը որոշելու համար:

4.3.2 Հիդրոմորֆոլոգիական մոնիթորինգ

Հետազոտվող գետահատվածի առանձնացում

Հետազոտվող գետահատվածն իրենից ներկայացնում է գետի 100-500մ երկարությամբ հատված, որտեղ առկա է գետի հունի մորֆոլոգիական տարրերի հաջորդական փոփոխություն: Հետազոտվող գետահատվածն ընտրվել է այնպես, որ գետի տվյալ տեղամասի համար լինի ներկայացուցչական: Ուստի հաշվի են առնվել թեքության միանմանությունը, հոսքի կանալի մորֆոլոգիան (ուղիղ, գալարվող, ճյուղավորվող), առափնյա բուսականությունը, երկրաբանական ապարները և մարդածին ազդեցությունների ներքո փոփոխվածությունը:

Գետահատածքների տեղերի որոշում

Հետազոտվող գետահատվածը բաժանվել է 10-50մ հեռավորությամբ գետահատածքների, այնպես, որ յուրաքանչյուր հաջորդ գետահատածք հիդրոմորֆոլոգիական տեսակետից որոշակիորեն տարբերվի նախորդից: Յուրաքանչյուր հատվածի համար ստեղծվել է ռեպերային կետ, որի վրա հենվելով բոլոր գետահատածքների համար իրականացվել են հիդրավլիկական և հիդրոմորֆոլոգիական չափումներ:

Ռեպերային կետերի ստեղծում

Ռեպերային կետը տեղադրվել է հետազոտվող գետահատածքների տեղամասում՝ գետի ողողատից վեր, վերողողատային դարավանդի վրա, գետին մոտ հատվածում: Ռեպերային կետը պահպանվել է դիտարկումների ժամանակահատվածի ողջ ընթացքում: Որոշվել են

ռեպերային կետի X, Y, Z կոորդինատները: Ամսական դիտարկումներն իրականացնելիս որպես հենման կետ է ընդունվել ռեպերային կետը: Ռեպերային կետն ամրացվել է՝ օգտագործելով 40-50 սմ երկարությամբ մետաղյա ձողեր:

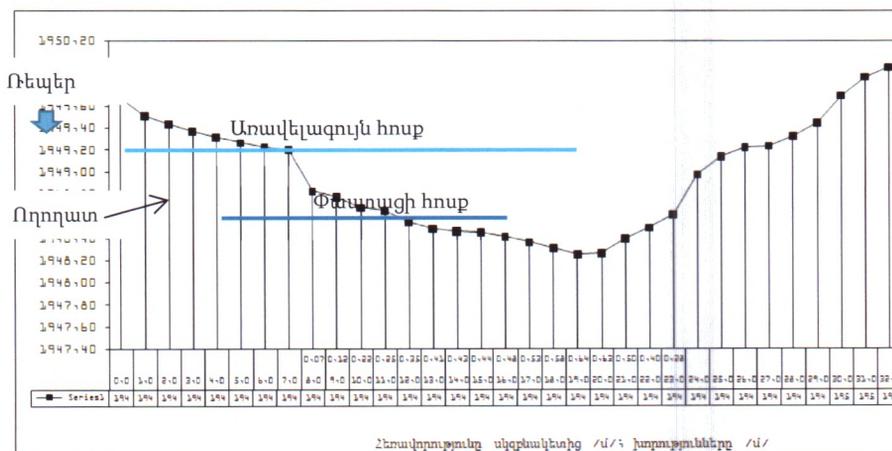
Օգտագործված չափիչ սարքերն ու գործիքները

Չափումներն իրականացնելու համար կիրառվել են Layca Zeno GIS մոդելի դիֆերենցիալ GPS սարքավորում, որի չափման ճշտությունը հավասար է 1սմ-ի: Գետի ջրի արագությունը չափվել է էլեկտրոնային ջրաչափական պտուտանով: Ջրի ջերմաստիճանը չափվել է ջրի ջերմաչափով՝ 1°C չափման ճշտությամբ: Հատակի նստվածքների չափը որոշվել է սովորական քանոնի օգնությամբ: Օգտագործվել է 50սմ երկարությամբ չափերիզ:



Գետահատածքի չափում

Գետահատածքը չափվել է հետազոտվող տեղամասի բոլոր գետահատվածներում: Չափումը կատարվել է ամրացված ռեպերից գետի հունին ուղղահայաց ուղղությամբ: Լայնակի կտրվածքն ստեղծվել է այնպես, որ գետի հունից բացի ներառի նաև ողողատը (նկար 6):



Նկար 6. Գետի հունի ընդլայնական պրոֆիլի օրինակ

Ռեպերային կետից չափվել են հեռավորությունը և ծովի մակարդակից բարձրությունը՝ սանտիմետրի ճշտությամբ: Հեռավորությունը ցանկալի է ընդունել հաստատուն միջակայքով մեծությամբ, փոքր գետերի համար՝ 1մ, իսկ մեծերի համար՝ 2մ միջակայքով: Չափվել է նաև ողողատի (առավելագույն հոսքի) մակարդակը և փաստացի հոսքի ջրի մակարդակը: Կտրվածքների համադրելիությունն ապահովելու նպատակով, չափումներն իրականացվել են մշտապես աջից ձախ ամր կամ հակառակը:

Գետահատածքը չափելու համար կիրառվել է Layca Zeno GIS մոդելի դիֆերենցիալ GPS սարքավորում: Հեռավորությունները որոշվել են չափերիզով: Գետահատածքը չափելու համար կարելի է օգտագործել հարթաչափ (սիվեյիթ) կամ թեոդոլիտ:

Գետի հիդրոմետրական պարամետրերը (միջին խորությունը, լայնությունը, թրջված պարագիծը, հիդրավիկ շարավիղը և գետահատածքի մակերեսը) ստացվել են հաշվարկների միջոցով:

Ջրի արագության չափում

Ջրի արագությունը չափվել է հետազոտվող տեղամասի գետահատածքներից մեկում: Չափումներն իրականացվել են ջրաչափական պտուտանի օգնությամբ: Արագությունը կարելի է չափել նաև լողանների միջոցով: Փոքր գետերի համար ամից 1 մետրը մեկ հեռավորությամբ, իսկ մեծ գետերի համար՝ 2 մետրը մեկ: Չափվում է լողանի անցած ճանապարհը (10մ կամ 20մ) և ժամանակը: Ջրի միջին արագությունը որոշվում է հաշվարկների միջոցով: Մյուս գետահատածքների համար ջրի արագությունը որոշվել է Մոնինգի բանաձևով: Այն է՝

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

որտեղ՝ V – ն միջին արագությունն է, n – ը՝ հունի անհարթության գործակիցը, R_h – ը՝ հիդրավիկ շառավիղը, իսկ i – ը՝ թեքությունը: n – ի արժեքը ստացվում է հետևյալ բանաձևով.

$$n = \frac{i^{\frac{1}{2}} * H^{\frac{5}{3}} * B}{Q}$$

որտեղ՝ i – ը թեքությունն է, H – ը՝ միջին խորությունը, B – ն՝ լայնությունը, իսկ Q – ն՝ գետի ջրի ծախսը: n – ի արժեքը կարելի է որոշել նաև հետևյալ բանաձևով.

$$n = \frac{0,15}{\sqrt{g}} * K^{\frac{1}{6}}$$

որտեղ՝ g – ն ազատ անկման արագացումն է, իսկ K – ն՝ հատակի նստվածքների միջին չափը:

Գետի հունի թեքության որոշում

Գետի հունի թեքությունը որոշելու համար հետազոտվող տեղամասի հատվածներում ստեղծվել են հունի երկայնական պրոֆիլներ: Այդ նպատակով իրականացվել է գետի թափվեզի երկայնքով կետերի բարձրությունների և նրանց միջև հեռավորությունների չափում՝ սկսած

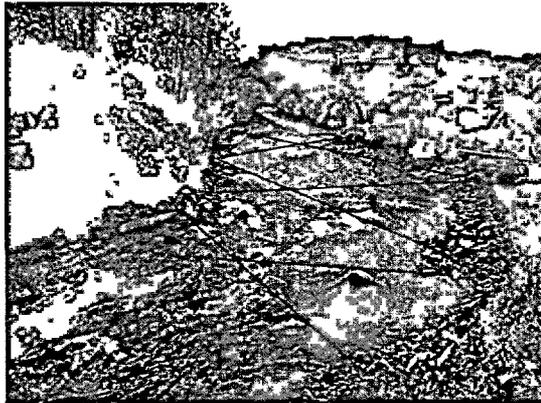
հետազոտվող տեղամասի 1-ին հատվածից, հատված առ հատված, հոսանքի ուղղությամբ: Չափումների համար կիրառվել է Layca Zeno GIS մոդելի դիֆերենցիալ GPS սարքավորում: Կարելի է օգտագործել նաև նիվելիր կամ թեոդոլիտ: Վերջնական թեքությունը որոշվել է չափված տվյալներով կատարված հաշվարկի արդյունքում:

Գետի լայնության որոշում

Գետի լայնությունը որոշվել է հետազոտվող տեղամասերում ստեղծված լայնակի պրոֆիլների միջոցով:

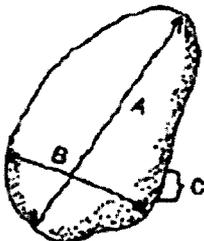
Հատակի նստվածքների նմուշառում

Յուրաքանչյուր տեղամասում կատարվել է հատակի նստվածքների նմուշառում՝ դրանց հատիկաչափական կազմը որոշելու նպատակով: Նմուշառումը կատարվել է հետևյալ կերպ՝ հետազոտվող տեղամասի ամեն մի հատվածի համար առանձնացվել են ներկայացուցչական նստվածքներով տեղամասերը՝ ներառյալ գետի հունը և ողողատը:



Նկար 7. Նմուշառման զիգզագաձև երթուղու սխեման

Զիգզագաձև երթուղով անցնելով գետի հատվածի տեղամասով, հոսանքին հակառակ ուղղությամբ՝ ամեն մի քայլում նստվածքներից վերցվել է նմուշ (նկար 7), չափվել է միայն միջին (B) առանցքը քանոնի օգնությամբ՝ մմ-ով (նկար 8): Արդյունքները համարակալվել են և գրանցվել մատյանում: Նույնը կրկնվել է հոսանքի ուղղությամբ՝ սկսելով հակառակ ափից: Յուրաքանչյուր հատվածի համար վերցվել է ավելի քան 100 նմուշ:



Նկար 8. Գետային գլաքարի երկար (A), միջին (B) և կարճ (C) առանցքները

Որոշվել է հատակի նստվածքների հատիկաչափական կազմը և դրանց տոկոսային հարաբերությունները:

**ԳԼՈՒԽ 5. ՀՀ ԳԵՏԵՐԻ ԻՆՔՆԱՄԱՔՐՄԱՆ ԿԱՐՈՂՈՒԹՅԱՆ
ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ԱՌԱՋԱՐԿՎՈՂ ՆՈՐ ՄԵԹՈԴԻ
ՀԻՂՈՒՔԻՄԻԱԿԱՆ և ՀԻՂՈՒԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲԱՂԱԴՐԻՉՆԵՐԻ
ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄ**

Այս գլխում բերված են ՀՀ գետերի ինքնամաքման կարողության գնահատման համար առաջարկվող մեթոդի փորձարկման արդյունքները՝ պիլոտային գետավազանի գետերի (Քասախ, Գեղարոտ, Հալավար) օրինակով:

5.1 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոքիմիական բաղադրիչի փորձարկում

Գլուխ 3-ում առաջարկված մեթոդով գնահատվել է պիլոտային գետավազանի գետերի ինքնամաքման կարողության ամենամյա փոփոխությունը Քասախ գետի 6, Գեղարոտ և Հալավար գետերի մեկական տարբեր գետահատվածներում, ցուցանիշների երկու համախմբի համար: Առաջին դեպքում գնահատումը կատարվել է 42 հիդրոքիմիական ցուցանիշների հիման վրա, իսկ 2-րդ դեպքում՝ 6:

Ընտրված գետահատվածներն են՝

Քասախ գետ

1. *ակունքից մինչև ք. Ապարանից ներքև (երկարությունը՝ 2624 մ)*
2. *ք. Ապարանի ներքևից մինչև ջրամբար (3767 մ)*
3. *ջրամբարի հատված (3287 մ)*
4. *ջրամբարի ելքից մինչև ք. Աշտարակ (21841 մ)*
5. *ք. Աշտարակի տարածքում (7259 մ)*
6. *ք. Աշտարակի ներքևից մինչև գետաբերան (14700 մ)*

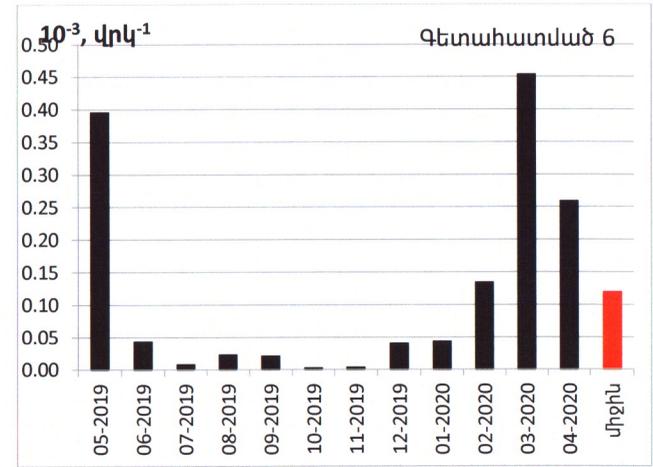
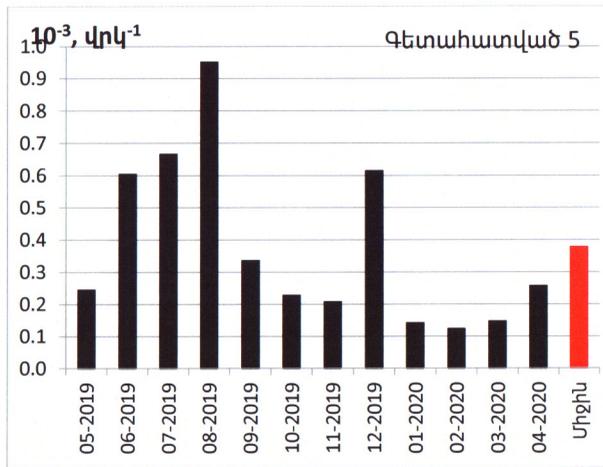
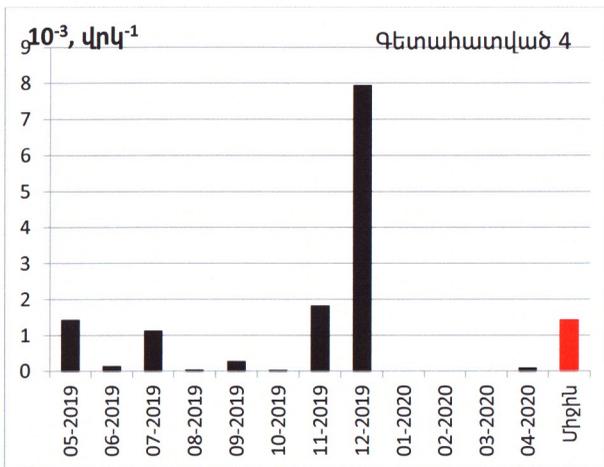
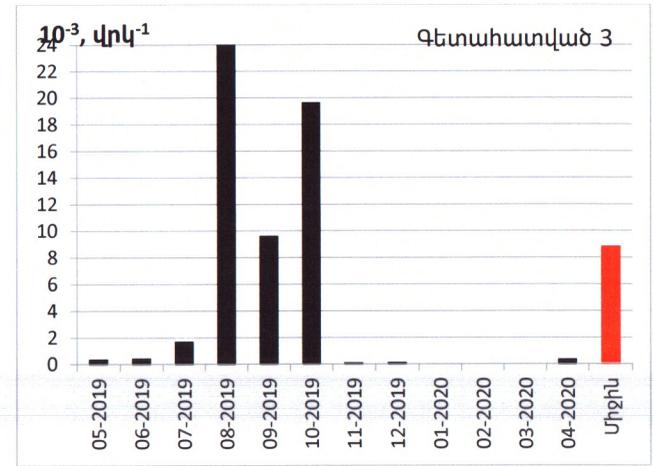
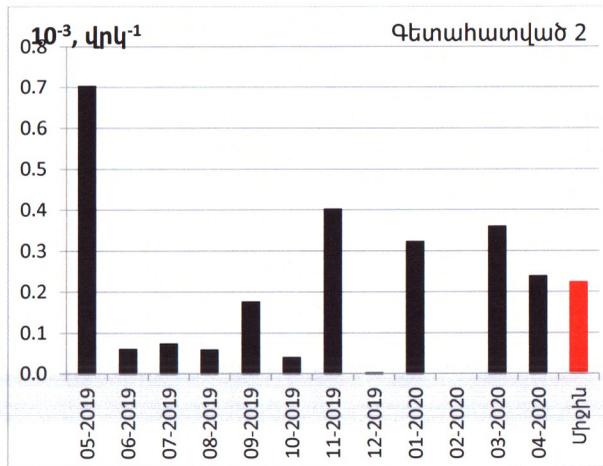
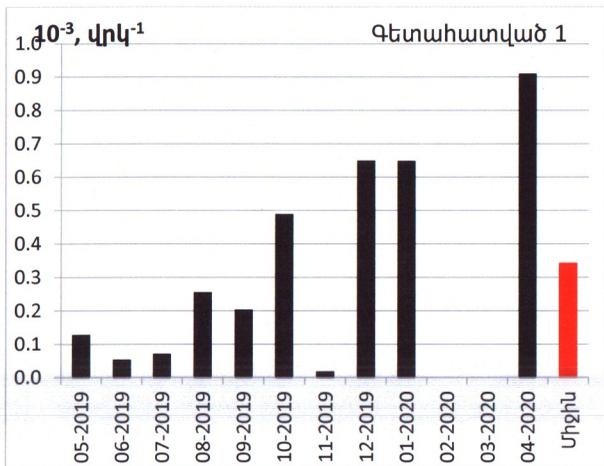
Գեղարոտ գետ

1. *գ. Արագածից 0,5 կմ վերև հատվածից մինչև գետաբերան (7303 մ)*

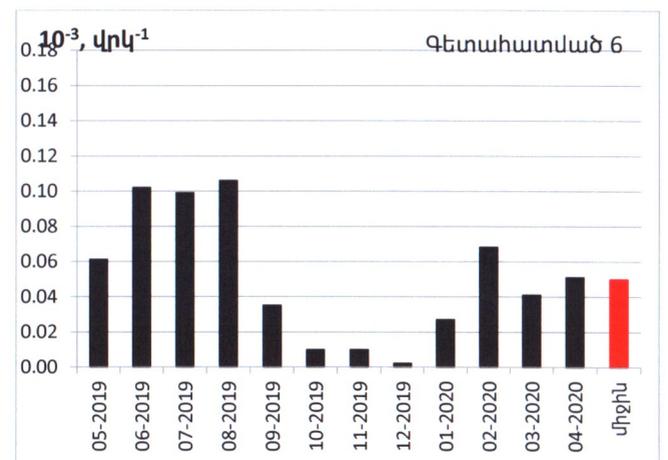
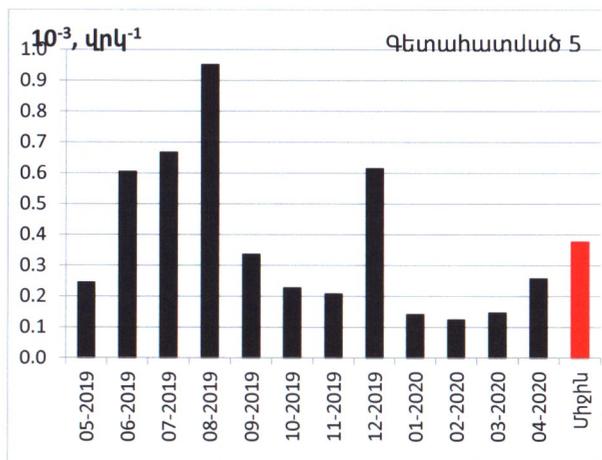
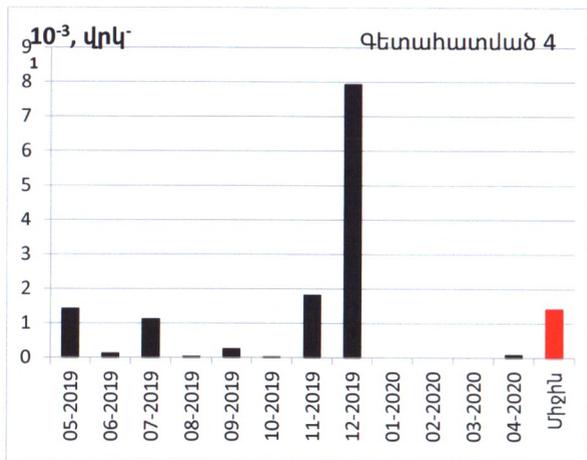
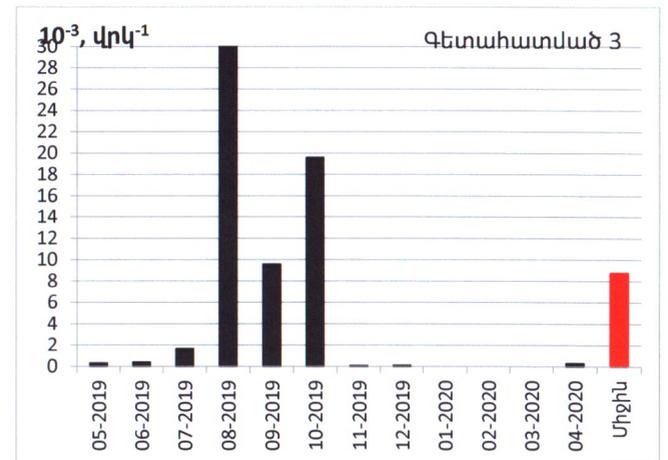
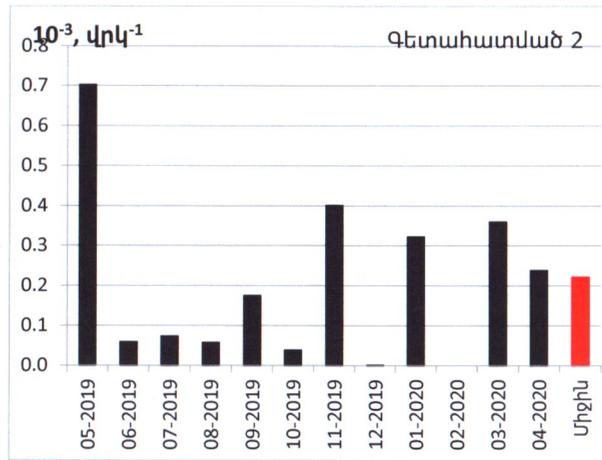
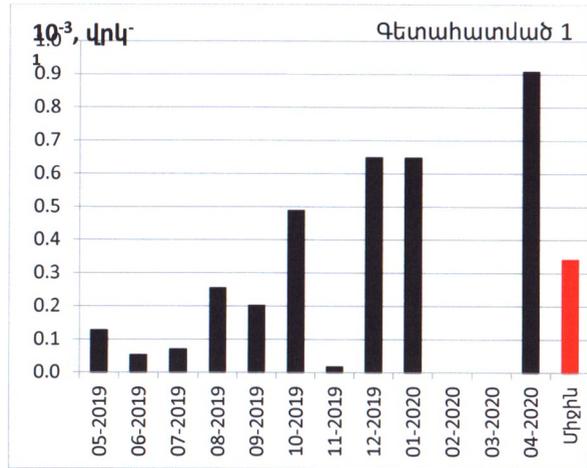
Հալավար գետ

1. *ակունքից մինչև գ. Մելիք (1165 մ)*

Ստացված արդյունքները բերված են ստորև՝ նկարներ 9-13-ում:



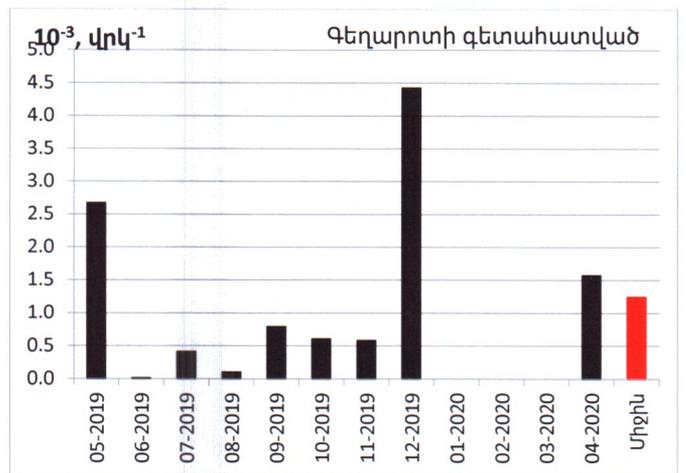
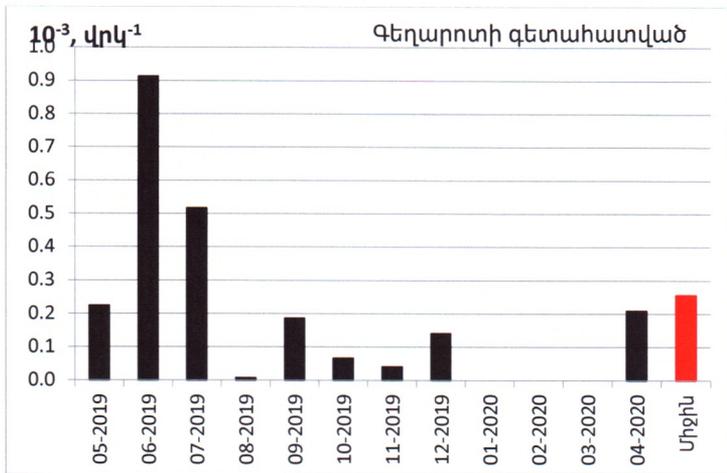
Նկար 9. Քաասախ գետի ինքնամաքման կարողության գնահատում 42 ցուցանիշով



Նկար 10. Քասախ գետի ինքնամաքման կարողության գնահատում 6 ցուցանիշով

42 ցուցանիշով

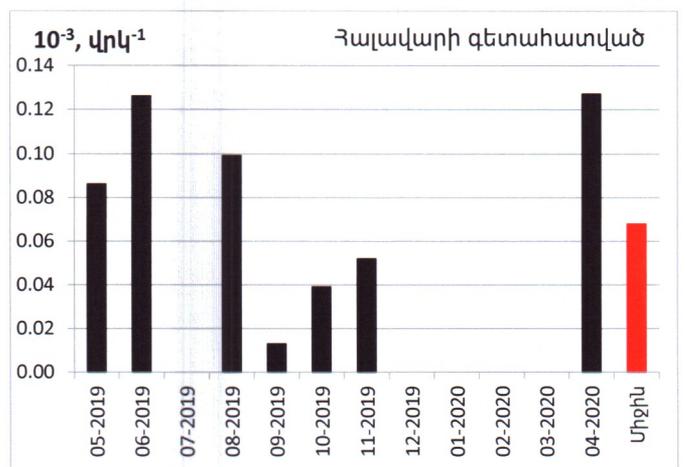
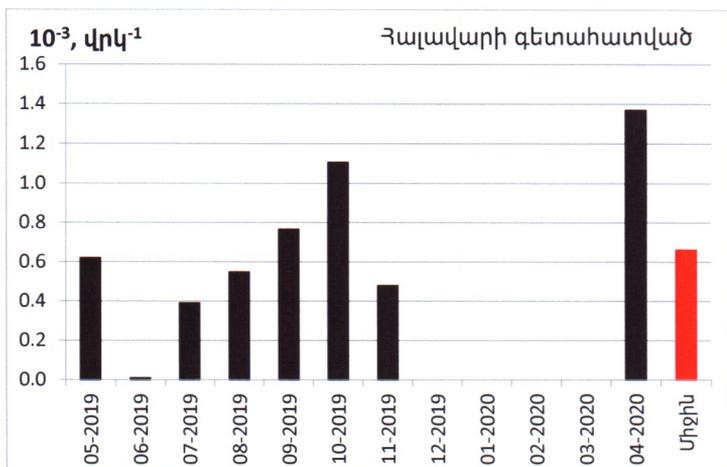
6 ցուցանիշով



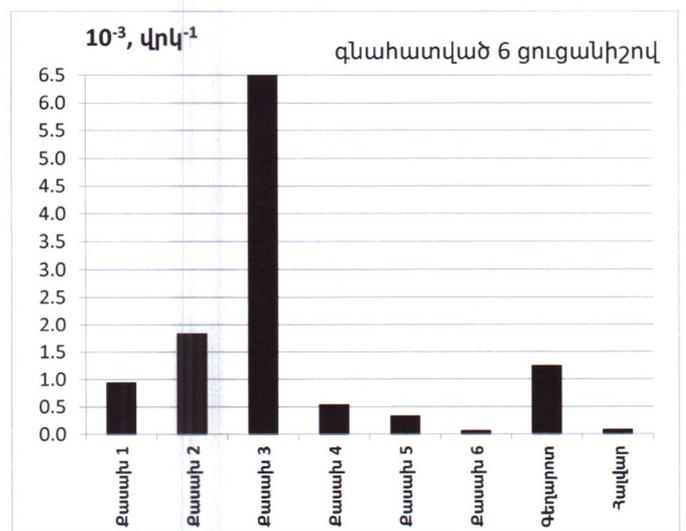
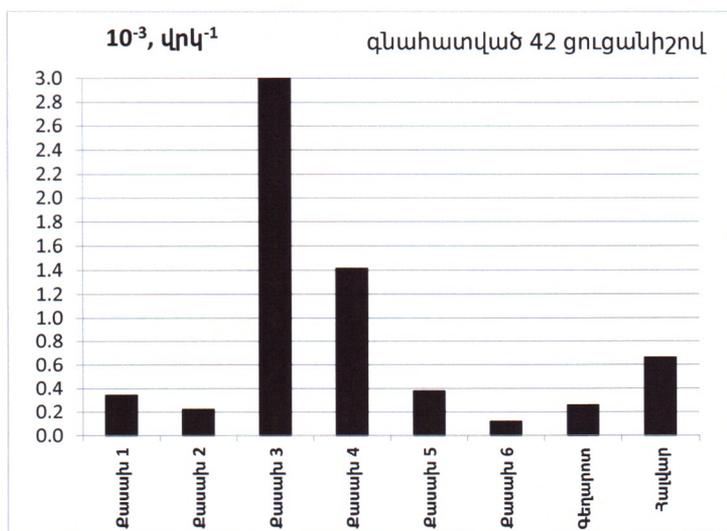
Նկար 11. Գեղարոտ գետի ինքնամաքման կարողության գնահատում

42 ցուցանիշով

6 ցուցանիշով



Նկար 12. Հալավար գետի ինքնամաքման կարողության գնահատում

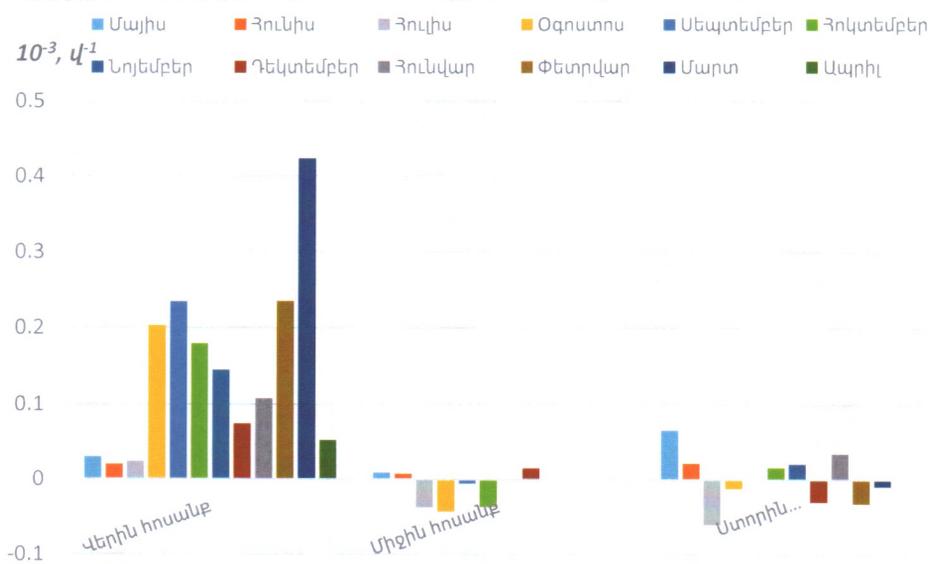


Նկար 13. Քառախի գետավազանի գետերի ինքնամաքման կարողության համեմատություն

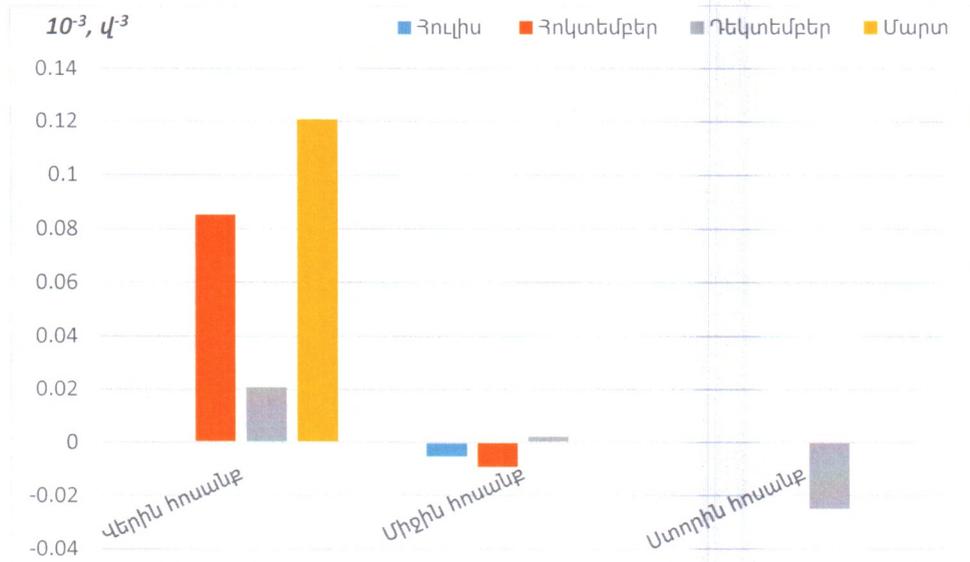
5.2 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոկենսաբանական բաղադրիչի փորձարկում

Գլուխ 3-ում առաջարկված մեթոդը փորձարկվել է պիլոտային Քասախ գետի ինքնամաքման կարողության հիդրոկենսաբանական գնահատման համար: Հաշվի առնելով ՀՀ գետերի աշխարհագրական և հիդրոմորֆոլոգիական բնույթը՝ մեր կողմից ուսումնասիրվել են ջրի որակն առավել բնութագրող այնպիսի հիդրոկենսաբանական ցուցանիշներ, ինչպիսիք են սապրոֆիտ մանրէները և հատակային մակրոանոդնաշարավորները: Ստորև՝ նկարներ 14 և 15-ում բերված են առաջարկված մեթոդով, նշված ցուցանիշների կիրառմամբ Քասախ գետի վերին, միջին և ստորին հոսանքների ինքնամաքման կարողության գնահատման օրինակներ: Գնահատման արդյունքները ցույց են տալիս ինքնամաքման գործակցի ինչպես դրական աճող, այնպես էլ 0 և բացասական նվազող արժեքներ: Ըստ ստացված արժեքների՝ Քասախ գետն առավելագույն ինքնամաքման կարողությամբ օժտված է վերին հոսանքներում, որտեղ տարվա կտրվածքով գրեթե միշտ տեղի են ունեցել ինքնամաքման գործընթացներ՝ առավել բարձր ուժգնությամբ զարնան սկզբին, և ցածր՝ ամռան սկզբին, ինչը բացատրվում է ինքնամաքման գործընթացի մաս կազմող հիդրոլոգիական ռեժիմի բարենպաստ (զարնանային վարարումներով պայմանավորված) և անբարենպաստ (ամառային սակավաջրությամբ պայմանավորված) փոփոխություններով:

Ինքնամաքման գործընթացների ուժգնությունը համեմատաբար ցածր է ստորին հոսանքներում, որտեղ շատ դեպքերում գրանցվել են ինքնամաքման գործակցի բացասական արժեքներ՝ վկայելով այնպիսի մարդածին ազդեցության մասին, որի դեպքում օրգանական աղտոտումը գերազանցում է ինքնամաքման կարողությանը: Էական մարդածին ազդեցության չենթարկվող միջին հոսանքներում գրանցվել են ինքնամաքման գործակցի մեծամասամբ բացասական արժեքներ, իսկ մնացած դեպքերում՝ զրո և զրոյին մոտ դրական արժեքներ, ինչը վկայում է գետահատվածում տեղի ունեցող ոչ ինտենսիվ ինքնամաքման գործընթացների մասին: Այստեղ արժեքները նույնպես տրամաբանական են՝ հաշվի առնելով ջրամբարի միջոցով գետի ջրի որակական բարելավման կամ մաքրման և տվյալ գետահատվածի վրա էական մարդածին ազդեցության բացակայության հանգամանքները:



Նկար 14. Առաջարկվող մեթոդի բաղադրիչի փորձարկում հիդրոկենսաբանական ցուցանիշներով. սապրոֆիտ մանրէներ



Վերին հոսանք՝ Ապարանից ներքև մինչև ջրամբար, միջին հոսանք՝ Ապարանի ջրամբարի ելքից մինչև Աշտարակից վերև, ստորին հոսանք՝ Աշտարակից ներքև մինչև գետաբերան

Նկար 15. Առաջարկվող մեթոդի բաղադրիչի փորձարկում հիդրոկենսաբանական ցուցանիշներով. ընդլայնված բիոտիկ ինդեքս ըստ մակրոզոոբենթոսի

Ստորև աղյուսակ 5-ում բերված է առաջարկվող մեթոդով հիդրոկենսաբանական ցուցանիշների հիման վրա հաշվարկված Քասախ գետի ինքնամաքման գործակիցը (Վ⁻¹)՝ ըստ մեր կողմից առաջարկված դասակարգման համակարգի:

Աղյուսակ 5. Քասախ գետի ինքնամաքման գործակիցը

Հիդրոկենսաբանական ցուցանիշներ	Գործակցի դաս				
	I	II	III	IV	V
Վերին հոսանք					
Սապրոֆիտ մանրէների քանակ	≥0,42	0,21	0,105	0,0525	<0,0525
Ընդլայնված բիոտիկ ինդեքս ըստ մակրոզոոբենթոսի	≥0,08	0,04	0,02	0,01	<0,01
Միջին հոսանք					
Սապրոֆիտ մանրէների քանակ	≥0,014	0,007	0,0035	0,00175	<0,00175
Ընդլայնված բիոտիկ ինդեքս ըստ մակրոզոոբենթոսի	≥0,002	0,001	0,0005	0,00025	<0,00025
Ստորին հոսանք					
Սապրոֆիտ մանրէների քանակ	≥0,066	0,033	0,0165	0,00825	<0,00825
Ընդլայնված բիոտիկ ինդեքս ըստ մակրոզոոբենթոսի	>0	0	<0	<0	<0

Այսպիսով, Քասախ գետի օրինակով ինքնամաքման կարողության գնահատման արդյունքները փաստում են առաջարկվող մեթոդի ճկունության մասին: Գործակիցը կարող է ցույց տալ ինքնամաքման կարողության աստիճանը (արժեքը մեծանում է կարողության մեծանալուն զուգընթաց), բացակայությունը (արժեքը հավասար է զրոյի) և վերականգնման հնարավորությունը (բացասական արժեք, որը նվազում է վերականգնման հնարավորության նվազմանը զուգընթաց), ինչպես նաև կարող է ընդունել ջրի որակի ցանկացած ցուցանիշ: Մեթոդը ոչ միայն ճկուն է, այլ նաև բավականին հեշտ կիրառելի, քանի որ գնահատման համար անհրաժեշտ են ջրի որակի ընտրված ցուցանիշների, ուսումնասիրվող գետահատվածի ջրի հոսքի միջին արագության և երկարության չափումներ ու ստացված արժեքների պարզ մաթեմատիկական հաշվարկ:

5.3 Առաջարկվող մեթոդի հիդրոմորֆոլոգիական բաղադրիչի փորձարկում

Հիդրոմորֆոլոգիական գնահատումն իրականացվել է Քասախ գետի ու նրա վտակների օրինակով: Հետազոտվող տեղամասեր են ընտրվել հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական նմուշառման կետերի միջև ընկած հատվածները:

Քասախ գետի համար.

- Տեղամաս 1- Ապարան քաղաքի վերնից մինչև Ապարան քաղաքից ներքև՝ 2624 մ ձգվածությամբ
- Տեղամաս 2- Ապարան քաղաքի ներքևից մինչև Ապարանի ջրամբարից վերև (3767 մ)
- Տեղամաս 3- Ապարանի ջրամբարի վերնից մինչև Ապարանի ջրամբար (3287 մ)
- Տեղամաս 4- Ապարանի ջրամբարից մինչև Աշտարակ քաղաքից վերև (21841 մ)
- Տեղամաս 5- Աշտարակ քաղաքի վերնից մինչև Աշտարակ քաղաքից ներքև (7259 մ)
- Տեղամաս 6- Աշտարակ քաղաքի ներքևից մինչև գետաբերան (14700 մ)

Գեղարոտ վտակի համար.

- Տեղամաս 1- Արագած գյուղի վերնից մինչև գետաբերան՝ 7303մ ձգվածությամբ

Հալավար վտակի համար.

- Տեղամաս 1-Մելիքգյուղի վերնից դեպի ակունք՝ 1165 մ ձգվածությամբ

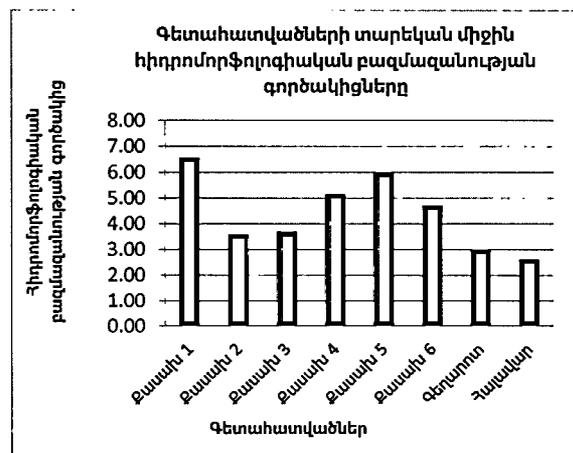
Յուրաքանչյուր հետազոտվող տեղամասի համար առանձնացվել են գետի հիդրոմորֆոլոգիան բնութագրող ներկայացուցչական գետահատվածներ, որտեղ անցկացվել են նվազագույնը թվով 5 գետահատածքներ: Արդյունքները ներկայացված են ստորև բերված աղյուսակ 6-ում:

Աղյուսակ 6. Գետերի գետահատվածները

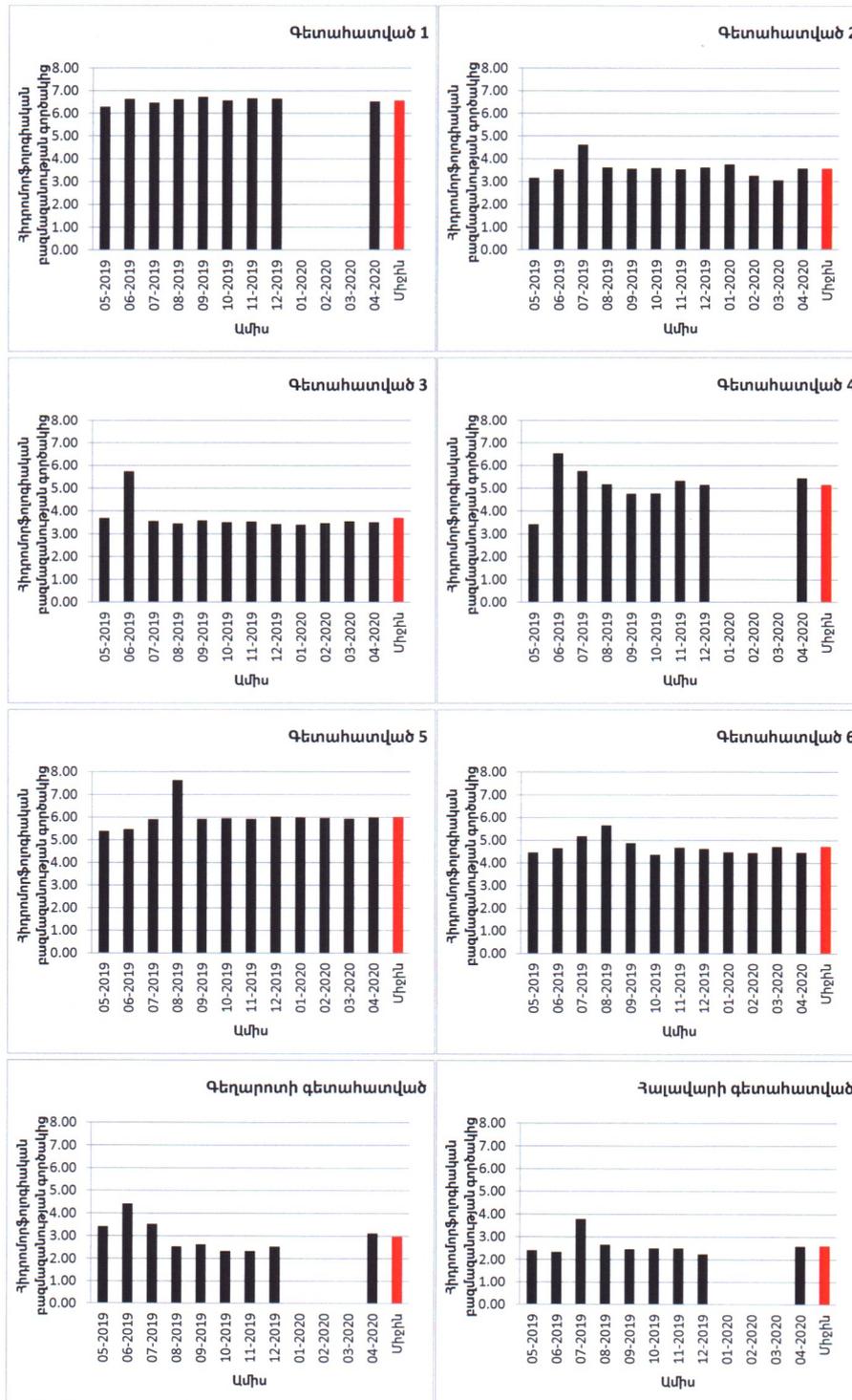
Հետազոտվող տեղամաս	Ներկայացուցչական գետահատվածի երկարությունը (մ)	Գետահատածքների քանակը
Քասախ տեղամաս 1	127	7
Քասախ տեղամաս 2	185	6

Հետազոտվող տեղամաս	Ներկայացուցչական գետահատվածի երկարությունը (մ)	Գետահատածքների քանակը
Քասախ տեղամաս 3	145	5
Քասախ տեղամաս 4	258	5
Քասախ տեղամաս 5	104	5
Քասախ տեղամաս 6	329	5
Գեղարոտ տեղամաս 1	106	5
Հալավար տեղամաս 1	115	5

Հետազոտվող տեղամասի հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գնահատումն իրականացվել է ամսական կտրվածքով՝ հաշվի առնելով թվով 7 հիդրոմորֆոլոգիական պարամետրեր: Դրանք են՝ թալվեզի մորֆոլոգիան, գետահատածքի հատակի մորֆոլոգիան, գետի ջրի հոսքի տուրբուլենտայնությունը ըստ Ֆրաուդի և Ռեյնոլդի արժեքների, գետի հատակի նստվածքների տեղափոխման լարվածությունը, գետի ջրի հոսքի արագությունը և խորությունը (նկարներ 16, 17): Այն տեղամասերում, որտեղ ձմռան ամիսներին գետի մակերևույթը սառցակալած է եղել, հիդրոմորֆոլոգիական չափումներ և հաշվարկներ չեն իրականացվել:



Նկար 16. Քասախ գետի և նրա Գեղարոտ ու Հալավար վտակների հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության տարեկան միջին գործակիցները ըստ հետազոտվող տեղամասերի



Նկար 17. Քասախ գետի և նրա Գեղարտո ու Հալավար վտակների հիդրոմոնիթորիզիական բազմազանության գործակիցները ըստ հետազոտվող տեղամասերի՝ ամսական կտրվածքով

5.4 Արդյունքների քննարկում

5.4.1 Գետի ինքնամաքրման կարողության հիդրոքիմիական գնահատում

Քասախ գետ

Համաձայն ստացված արդյունքների՝ Քասախ գետի ինքնամաքրման կարողությունը մեծ է հատկապես գարնան և աշնան ամիսներին, երբ դիտվում է գետի ջրի առավելագույն ծախս և արագություն: Այս ժամանակահատվածում գետի ջրի թթվածնով հագեցվածությունը բավական բարձր է, որն, ինչպես հայտնի է, կարևոր դեր ունի ինքնամաքրման գործընթացում: Համաձայն ստացված տվյալների՝ շարունակական մարդածին ճնշումների առկայությունը հանգեցնում է Քասախ գետի ինքնամաքրման կարողության նվազման: Հետևաբար գետի ինքնամաքրման կարողությունը հոսանքով դեպի ներքև աստիճանաբար նվազում է, և ինքնամաքրման ամենացածր աստիճանը դիտվում է 6-րդ գետահատվածում՝ Աշտարակ քաղաքից ներքև դեպի գետաբերան՝ 14700 մ հատվածի վրա: Սակայն, Աշտարակ քաղաքի չմաքրված կոյուղաջրերի արտանետման կետից հետո մարդածին ճնշումները համեմատաբար քիչ են կամ գրեթե բացակայում են:

Քասախ գետի բնական ինքնամաքրման գործընթացներում մեծ դեր է կատարում Ապարանի ջրամբարը, որտեղ հատկապես ամռան ամիսներին նստեցման և կենսաքիմիական գործընթացների հաշվին գետի ջուրն էականորեն մաքրվում է, և վերականգնվում է ինքնամաքրման կարողությունը: Սակայն հարկ է նշել, որ այս պարագայում տեղի է ունենում ջրամբարի հատակին աղտոտիչների կուտակում և ջրամբարի աղտոտում՝ հետագայում երկրորդային աղտոտման վտանգով: Ջրամբարի հատակին կուտակված աղտոտիչները շարունակում են քայքայվել և ենթարկվել ինքնամաքրման գործընթացների, բայց ավելի դանդաղ:

Տարբեր հիդրոքիմիական ցուցանիշների համախմբով գնահատված ինքնամաքրման կարողության արժեքները ցույց են տալիս, որ գետի ջրում բարձր է օրգանական աղտոտիչների պարունակություն, և բնական ինքնամաքրման գործընթացներն ուղղված են այդ նյութերի քայքայմանը: Սա խոսում է Քասախ գետի վրա կոմունալ-կենցաղային կեղտաջրերից աղտոտման բարձր ճնշման առկայության մասին:

Գեղարոտ գետ

Գեղարոտ գետի ինքնամաքրման կարողությունը մեծ է գարնանը և ամռան առաջին ամիսներին (հունիս, հուլիս), երբ դիտվում են գետի ջրի ծախսի բարձր արժեքներ (ինտենսիվ ձնհալքով պայմանավորված), սակայն օգոստոս ամսից գետի ինքնամաքրման կարողությունը կտրուկ նվազում է: Ինքնամաքրման գործընթացները հատկապես դանդաղում են օգոստոս և նոյեմբեր ամիսներին՝ մոտենալով զրոյական արժեքների:

Տարբեր հիդրոքիմիական ցուցանիշների համախմբով գնահատված ինքնամաքրման կարողության արժեքները ցույց են տալիս, որ գետի ջրում օրգանական աղտոտիչների պարունակությունը բավական ցածր է, և ինքնամաքրման գործընթացներն ուղղված են մետաղների և ջրի թթվային միջավայրի կայունացմանը:

Հալավար գետ

Ի տարբերություն Քասախ և Գեղարոտ գետերի՝ Հալավարի ակունքային գետահատվածում ինքնամաքրման կարողությունը բարձր է ամռան և աշնան ամիսներին, երբ

գետի ջրում նվազում է մակերևութային ջրերի ներհոսքը և հետևաբար՝ աղտոտիչների ներթափանցումը: Սա խոսում է այն մասին, որ գետի բնական գործընթացներն ակտիվորեն ուղղված են հանքարդյունաբերական տարածքներից մակերևութային հոսքով դեպի գետ բերված աղտոտիչների չեզոքացմանը: Որքան քիչ է մակերևութային ջրերի ներհոսքը, այնքան քիչ է գետի ջուրն աղտոտվում մետաղներով, և ինքնամաքման գործընթացները չեն տուժում: Գետի ինքնամաքման կարողության ամենացածր արժեքը դիտվում է հունիսին՝ ինտենսիվ ձնհալքի ժամանակ:

Տարբեր հիդրոքիմիական ցուցանիշների համախմբով գնահատված ինքնամաքման կարողության արժեքները ցույց են տալիս, որ Հալավար գետի ջրերում ինքնամաքման գործընթացները հիմնականում ուղղված են մետաղների չեզոքացմանը, իսկ օրգանական աղտոտիչների պարունակությունը քիչ է:

Քասախի գետավազանի գետերի ինքնամաքման կարողության համեմատություն

Քասախ, Գեղարոտ և Հալավար գետերի ինքնամաքման կարողության արժեքների համեմատությունը ցույց է տալիս, որ առավելագույն ինքնամաքման կարողությամբ օժտված են լեռնային արագահոս գետերը՝ Գեղարոտն ու Հալավարը, իսկ Քասախն ունի համեմատաբար ցածր ինքնամաքման կարողություն, որը պայմանավորված է առավել մեծ գետային հոսքով և մարդածին ճնշումների առկայությամբ: Մարդածին ճնշումների շարունակական ազդեցության տակ գետն աստիճանաբար կորցնում է ինքնամաքման կարողությունը:

Նույն երևույթը նկատվում է նաև Գեղարոտ գետում. գետահատվածում մարդածին գործոնով պայմանավորված ինքնամաքման գործընթացների խաթարումը հանգեցնում է ողջ գետի ինքնամաքման կարողության կտրուկ նվազման օգոստոս-նոյեմբեր ամիսներին:

Ինքնամաքման կարողության հիդրոքիմիական բաղադրիչի դասակարգում

Քասախի գետավազանի գետերի ինքնամաքման կարողության հիդրոքիմիական բաղադրիչի ֆոնային արժեքի որոշման համար որպես ներկայացուցչական գետահատված ընտրվել է Քասախ գետի ակունքից մինչև Ապարան քաղաքից ներքև ընկած հատվածը: Կիրառելով տեսակարար լոգարիթմական բաշխման վիճակագրական մեթոդը՝ Քասախի գետավազանի գետերի ինքնամաքման կարողության ֆոնային արժեքը ստացվել է 0.411վրկ⁻¹:

Աղյուսակ 7-ում ներկայացվում է Քասախի գետավազանի գետերի դասակարգումը՝ ըստ ինքնամաքման կարողության:

Աղյուսակ 7. Քասախի գետավազանի գետերի ինքնամաքման կարողության դասերը

Գետ	Գետահատված	Գետահատվածի երկարությունը, մ	Ինքնամաքման կարողության միջին արժեքը	Ինքնամաքման կարողության դասը
Քասախ	Գետի ակունքից մինչև Ապարան քաղաքից ներքև	2624	0.340	II (լավ)
	Ապարան քաղաքից մինչև ջրամբար	3767	0.221	IV (անբավարար)

Գետ	Գետահատված	Գետահատվածի երկարությունը, մ	Ինքնամաքրման կարողության միջին արժեքը	Ինքնամաքրման կարողության դասը
	Ջրամբարի հատված	3287	8.755	I (գերազանց)
	Ջրամբարի ելքից մինչև Աշտարակ քաղաքը	21841	1.413	I (գերազանց)
	Աշտարակ քաղաքի վերևից մինչև քաղաքից ներքև	7259	0.376	II (լավ)
	Աշտարակ քաղաքի ներքևից մինչև գետաբերան	14700	0.118	V (վատ)
Գեղարոտ	Ակունքից մինչև գետաբերան	7303	0.256	IV (անբավարար)
Հալավար	Ակունքից մինչև Մելիքյուղ	1165	0.660	I (գերազանց)

5.4.2 Գետի ինքնամաքրման կարողության հիդրոմորֆոլոգիական գնահատում

Գետի հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանությունը, որով պայմանավորված է գետի ինքնամաքրման կարողությունը, էական ազդեցություն ունի ինքնամաքրման կարողության հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական բաղադրիչների վրա: Այն հնարավորություն է տալիս հասկանալու ինքնամաքրման կարողության և գետի ֆիզիկական պարամետրերի միջև պատճառահետևանքային կապերը:

Հետազոտության արդյունքում ակնհայտ է դառնում, որ գետի հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության վրա էական ազդեցություն ունեն գետի հունի և ջրի հոսքի արհեստական փոփոխությունները:

Ըստ բերված հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակիցների՝ ամենացածր կարգավիճակն ստացել են լեռնային արագահոս վտակները և գետի հունի էական մորֆոլոգիական փոփոխվածությամբ գետերը: Միջին կարգավիճակ ունեն գետի հունի և ջրի հոսքի մասնակի արհեստական փոփոխություններ կրած գետահատվածները: Լավ և գերազանց կարգավիճակ ունեն գետի հունի և ջրի հոսքի բնական պահպանված կամ թույլ արհեստական փոփոխություններ կրած գետահատվածները:

Քասախ գետի տեղամասերի բնութագիրը

Ապարան քաղաքի վերևից մինչև Ապարան քաղաքից ներքև ընկած տեղամասում հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակիցը բոլոր հետազոտվող տարածքներից ամենաբարձրն է և ունի գերազանց կարգավիճակ: Այն պայմանավորված է հունի բնական պահպանված մորֆոլոգիայով և ջրի հոսքի բնականին մոտ ռեժիմով:

Գետահատվածում լավ արտահայտված են մորֆոլոգիական և հիդրավլիկական տարրերի փոփոխությունները: Ապարան քաղաքի ներքևից մինչև Ապարանի ջրամբարից վերև տեղամասն ունի հիդրոմորֆոլոգիական միջին կարգավիճակ: Այս տեղամասում էականորեն փոփոխված են գետի ափերն ու հատակի մորֆոլոգիան, որի հետևանքով հիդրոմորֆոլոգիական տարրերի

փոփոխությունները վատ են արտահայտված: Հետևաբար այս հատվածում ինքնամաքրման գործընթացներն ինտենսիվ աղտոտման դեպքում դժվար են տեղի ունենում:

Ապարանի ջրամբարի վերևից մինչև Ապարանի ջրամբար հատվածը նախորդի նման ունի միջին կարգավիճակ: Մասնակիորեն փոփոխված են գետի ափերը և հատակը: Խիստ փոփոխված է առափնյա բուսականությունը, ինչի արդյունքում գետը դադարել է ողողատ ձևավորելը: Մեծ ծավալով աղտոտման դեպքում ինքնամաքումը դժվարությամբ կկատարվի:

Ապարանի ջրամբարի ելքի մոտից մինչև Աշտարակ քաղաք տեղամասն ունի հիդրոմորֆոլոգիական լավ կարգավիճակ: Այստեղ գետի հունի բնական մորֆոլոգիան գրեթե փոփոխված չէ: Սակայն, կապված Ապարանի ջրամբարի հետ, գետի բնական հոսքը կարգավորվում է, որն իր ազդեցությունն է թողնում գետի հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի վրա:

Աշտարակ քաղաքի վերևից մինչև քաղաքից ներքև տեղամասն ունի լավ կարգավիճակ, կարելի է ասել մոտ է գերազանց կարգավիճակին: Այս հատվածում առկա են գետի միայն ափերի տեղ-տեղ մորֆոլոգիական փոփոխություններ: Ջրի հոսքը դարձյալ կարգավորվում է: Այն կարող է ապահովել ինքնամաքրման բարձր կարողություն: Աշտարակ քաղաքի ներքևից մինչև գետաբերան տեղամասն ունի լավ կարգավիճակ: Գետի հունի և ափերի փոփոխությունն էական չէ: Գետի ջրի հոսքը կարգավորվում է, որն ազդում է ինքնամաքրման կարողության վրա:

Գեղարոտ գետի տեղամասի բնութագիրը

Արագած գյուղի վերևից մինչև գետաբերան ընկած տեղամասն ունի հիդրոմորֆոլոգիական անբավարար կարգավիճակ: Այս տեղամասն աչքի է ընկնում գետի հունի ամբողջական փոփոխված հատվածներով: Հատակի բնական մորֆոլոգիական տարրերը հարթեցված են, իսկ ափերը՝ փոփոխված: Գետի հունը ստացել է ջրանցքի ձև: Այն ունի ինքնամաքրման ցածր կարողություն:

Հալավար գետի տեղամասի բնութագիրը

Ակունքից մինչև Մելիքցյուղ տեղամասն ունի անբավարար հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակ: Գետի հատակի և ափերի մորֆոլոգիան բնական է՝ շատ քիչ փոփոխություններով: Գետի ջրի հոսքի կարգավորումն աննշան է՝ բացառությամբ ամռան ամիսների: Գետի հունի մորֆոլոգիական բազմազանությունը բնականից արտահայտված չէ, որի արդյունքում ինքնամաքրման կարողությունը թույլ է:

Ստորև բերված աղյուսակ 8-ում ներկայացված են հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակցի միջին արժեքները և հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի դասերը:

Աղյուսակ 8. Քասախի գետավազանի գետերի հիդրոմորֆոլոգիական բազմազանության գործակցի միջին արժեքները և հիդրոմորֆոլոգիական կարգավիճակի դասերը

Գետ	Չեռահատված	Մ-վերականգնելի վտանգություն	Կարգավիճակի դաս	Վերականգնելի վտանգություն դաս	Վերականգնելի վտանգություն դաս
Քասախ	Ապարան քաղաքի վերևից մինչև Ապարան քաղաքից ներքև	2624	6.56	I (գերազանց)	
	Ապարան քաղաքի ներքևից մինչև Ապարանի ջրամբարից վերև	3767	3.56	III (միջին)	
	Ապարանի ջրամբարի վերևից մինչև Ապարանի ջրամբար	3287	3.69	III (միջին)	
	Ջրամբարի ելքից մինչև Աշտարակ քաղաքը	21841	5.14	II (լավ)	
	Աշտարակ քաղաքի վերևից մինչև քաղաքից ներքև	7259	5.99	II (լավ)	
	Աշտարակ քաղաքի ներքևից մինչև գետաբերան	14700	4.70	II (լավ)	
Գեղարոտ	Արագած գյուղի վերևից մինչև գետաբերան	7303	2.97	IV (անբավարար)	
Հալավար	Ակունքից մինչև Մելիքգյուղ	1165	2.60	IV (անբավարար)	

5.4.3 Քասախի գետավազանի գետերի ինքնամաքրման կարողության գնահատման հիդրոմորֆոլոգիական, հիդրոքիմիական, հիդրոկենսաբանական գործակիցների վերլուծում և ինտեգրալ գործակցի ստացում

Գետի ինքնամաքրման հիդրոմորֆոլոգիական, հիդրոքիմիական, հիդրոկենսաբանական կարգավիճակի դասերը համադրելով հնարավոր է լինում դրանք առանձին-առանձին վերլուծել և հասկանալ ինքնամաքրման կարողության վրա ազդող հիդրոմորֆոլոգիական, հիդրոքիմիական, հիդրոկենսաբանական գործոնների դերը և պատճառահետևանքային կապերը (աղյուսակ 9): Վերջինս հնարավորություն է տալիս հետազայում հակազդելու գետերի ինքնամաքրման կարողության վրա բացասական ազդեցություն ունեցող գործընթացներին: Այս տեսակետից հատկապես կարևորվում են գետերի հիդրոմորֆոլոգիական տարրերի բնական վիճակի պահպանումը և մարդածին ազդեցությունից փոփոխված գետերի ապագայում վերականգնումը:

Աղյուսակ 9. Քասախի գետավազանի գետերի հիդրոմորֆոլոգիական, հիդրոքիմիական և հիդրոկենսաբանական կարգավիճակի դասերը

Հետազոտվող տեղամասը	ՀՄ	ՀՔ	ՀԿ	ԻՄԳ	ՀՄ դասը	ՀՔ դասը	ՀԿ դասը	ԻՄԳ դասը
Ապարան քաղաքի վերևից մինչև Ապարան քաղաքից ներքև	0.66	0.34	0.20	0.35	I (գերազանց)	II (լավ)	II (լավ)	II (լավ)
Ապարան քաղաքի ներքևից մինչև Ապարանի ջրամբարից վերև	0.36	0.22	0.20	0.24	III (միջին)	IV (անբավարար)	II (լավ)	III (միջին)
Ապարանի ջրամբարի վերևից մինչև Ապարանի ջրամբար	0.37	8.76	0.20	3.66	III (միջին)	I (գերազանց)	II (լավ)	II (լավ)
Ջրամբարի ելքից մինչև Աշտարակ քաղաքը	0.51	1.41	-0.20	0.59	II (լավ)	I (գերազանց)	V (վատ)	I (գերազանց)
Աշտարակ քաղաքի վերևից մինչև քաղաքից ներքև	0.60	0.38	-0.20	0.19	II (լավ)	II (լավ)	V (վատ)	IV (անբավարար)
Աշտարակ քաղաքի ներքևից մինչև գետաբերան	0.47	0.12	-0.20	0.06	II (լավ)	V (վատ)	V (վատ)	V (վատ)
Արագած գյուղի վերևից մինչև գետաբերան	0.30	0.26	-0.20	0.08	IV (անբավարար)	IV (անբավարար)	V (վատ)	V (վատ)
Ակունքից մինչև Մելիքգյուղ	0.26	0.66	-0.20	0.24	IV (անբավարար)	I (գերազանց)	V (վատ)	III (միջին)

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Namour Ph. and Pimpec Cemagref P. Le. "Simulation of hyporheic self-purification in rivers: the assimilative capacity of proteins", 3bis quai Chauveau, 69336 Lyon cedex 09, France

Stehfest H. "Mathematical modeling of self-purification of rivers, 1977, 100p.

Streeter H.W., etc. A study of the pollution and natural purification of the Ohio river, USA, 1958, 75p

Puklakov V. V., Edel'shtein K. K., Kremenetskaya E. R., Gashkina N. A. Water Self-Purification in the Mozhaisk Reservoir in Winter, Water Resources, Vol. 29, No. 6, 2002, pp. 655–664.

Ostroumov S.A. On the Biotic Self-purification of Aquatic Ecosystems: Elements of the Theory, Doklady Biological Sciences, Vol. 396, 2004, pp. 206–211.

Ostroumov S. A. An Aquatic Ecosystem: A Large-Scale Diversified Bioreactor with a Water Self-Purification Function, Doklady Biological Sciences, Vol. 374, 2000, pp. 514–516.

Shchegol'kova N. M. Urban Effect on the Formation of the Moskva River Environmental State (Historical Aspect), Water Resources, 2007, Vol. 34, No. 2, pp. 217–228.

GuoLiang Wei, ZhiFeng Yang, BaoShan Cui, Bing Li, He Chen, JunHong Bai, ShiKui Dong, "Impact of Dam Construction on Water Quality and Water Self-Purification Capacity of the Lancang River, China" Water Resour Manage (2009) 23:1763–1780

Paweł Wilk, Paulina Orlinska-Woźniak, and Joanna Gębala, "The river absorption capacity determination as a tool to evaluate state of surface water", Hydrol. Earth Syst. Sci., 22, 1033–1050, 2018

GALVIS A., HURTADO I.C., MARTINEZ-CANO C., URREGO J. G., Dynamic condition approach to study the self-purification capacity of Colombian water bodies case: CAUCA RIVER AND SALVAJINA DAM., 11th International Conference on Hydroinformatics, HIC 2014, New York City, USA

Domenica Mirauda, Marco Ostoich, «Assessment of Pressure Sources and Water Body Resilience: An Integrated Approach for Action Planning in a Polluted River Basin», Int. J. Environ. Res. Public Health 2018, 15, 390

<http://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1111246/>

ISO 5667-1:2006, Water quality-Sampling, Part 1: Guidance on the design of sampling programs and sampling techniques, 2006, 31p.

Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition USA: Edited by Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton., 1998, 3.52p.

Методические указания. Методика определения кинетических показателей качества поверхностных (пресных вод). РД 52.18.24.83-89. М.: Гидрометеоздат, 1990, 35с.

Эрозионные процессы (Географическая хайка практике) // Монография Под пед. Н. И. Маккавеева и Р. С. Чалова. М.: „Мысль“, 1984. 256с:

Разработка проекта плана управления водными ресурсами (пилотный бассейн верхнего Днепра, Беларусь) анализ нагрузок и воздействия на водные объекты// РУП «ЦНИИКИВР», Республиканским центром радиационного контроля и мониторинга окружающей среды и Республиканским центром аналитического контроля в области охраны окружающей среды. Республика Беларусь. Май: 2014

Лохтин В. М. Омеханизме речного руцла. СПб., 1897

Wolman, M. G. 1954. A method of sampling coarse river-bed material. Transactions of the American Geophysical Union 35(6):951-956,

Gostner W. The Hydro-Morphological Index of Diversity: a planning tool for river restoration projects. Laboratory of Hydraulic Constructions, Lausanne, 2012

McDonald, J.H. Handbook of biological statistics. University of Delaware. 2008.

Raczynska M., Zurawska J., C. Chojnacki J. 2000. The problem of quality assessment of surface lotic waters as exemplified by rivers Tywa and Rurzyca, EJPAU 3(1), #03.

<http://www.ejpau.media.pl/volume3/issue1/fisheries/art-03.html>

GuoLiang Wei, ZhiFeng Yang, BaoShan Cui, Bing Li, He Chen, JunHong Bai, ShiKui Dong, "Impact of Dam Construction on Water Quality and Water Self-Purification Capacity of the Lancang River, China" Water Resour Manage (2009) 23:1763–1780

European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters (ETC/ICM) Technical Report. Prague, 2/2012

Tavzes, B. and Urbanic, G. New indices for assessment of hydromorphological alteration of rivers and their evaluation with benthic invertebrate communities; Alpine case study. Review of Hydrobiology.2, 2009., pp.133-161.

Guideline for Hydromorphological Monitoring and Assessment of Rivers in Croatia//Proposal, March 2013

Vladimir Korneev Water Framework Directive implementation in Belarus with account to climate changeadaptation// 16th "EUROPE-INBO international conference for the Implementation of the European Water Directives 2018

Parasiewicz Piotr. MesoHABSIM: A concept for application of instream flow models in river restoration planning// Fisheries. vol 26 no 9, September 2001