

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՍԻՄՈՆՅԱՆ ԱՐՍԵՆ ԳԵՎՈՐԳԻ

ՀՀ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԱՅԻՆ ԶՐԵՐԻ ՈՐԱԿԻ ՀԱՄԱԼԻՐ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՆՈՐ ԻՆԴԵՔՍՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆ

ԻԴ. 04.01 – «Երկրաբնապահպանություն» մասնագիտությամբ տեխնիկական
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Գիտական ղեկավար՝
տեխնիկական գիտությունների դոկտոր,
պրոֆեսոր՝ Գ.Պ. Փիրումյան

ԵՐԵՎԱՆ 2017

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱՍՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՊԱՎՈՒՄՆԵՐԻ ՑԱՆԿ	4
ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ	5
ԳԼՈՒԽ I	
1.1 Մակերևութային ջրերի որակի համալիր գնահատման ինդեքսային մեթոդները..	9
1.2 Համաձայն ԵՄ ԶՇԴ-ի ՀՀ մակերևութային ջրերի որակի գնահատման նոր համակարգ.....	30
ԳԼՈՒԽ II	
ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ	
2.1 Ուսումնասիրման օբյեկտների նկարագրությունը.....	35
2.1.1 Դեբեդ գետի ավազանի գետերի ջրաբանական նկարագրությունը	35
2.1.2 Աղստև գետի ավազանի գետերի ջրաբանական նկարագրությունը.....	37
2.1.3 Արփա գետի ավազանի գետերի և Կեչուտի ջրամբարի ջրաբանական նկարագրությունը.....	39
2.1.4. Ողջի գետի ավազանի գետերի ջրաբանական նկարագրությունը	40
2.1.5 Որոտան գետի ավազանի գետերի ջրաբանական նկարագրությունը.....	41
2.1.6 Սևանա լճի ջրաբանական նկարագրությունը	43
2.2 Մակերևութային ջրերից փորձանմուշների վերցման կարգը և դաշտային չափումներ	45
2.3 Օգտագործված սարքավորումներ.....	46
2.4 Անալիզի անալիտիկ մեթոդներ.....	47
2.5 Զրի որակի ինդեքսների էլեկտրոնային մոդել	49
2.6 Կորեկյացիոն կախվածության որոշման մեթոդալոգիան.....	50
ԳԼՈՒԽ III	
ՀՀ որոշ ջրային օբյեկտների ջրի որակի գնահատում.....	51
3.1 Զրային էկոլոգիական համակարգերի վիճակի գնահատման էնտրոպիական մոտեցում.....	51

3.2 Դեբեդ գետի ավազանի գետերի ջրերի որակի վերլուծություն.....	61
3.3 Աղստև և Գետիկ գետերի ջրերի որակի վերլուծություն.....	75
3.4 Որոտան. Սիսիան և Գորիս գետերի ջրերի որակի վերլուծություն.....	79
3.5 Արփա գետի և Կեչուտի ջրամբարի ջրերի որակի վերլուծություն.....	82
3.6 Ողջի գետի ավազանի գետերի ջրերի որակի վերլուծություն.....	85
3.7 Սևանա լճի ջրի որակի վերլուծություն.....	88
3.8 Բնական համակարգերի որակի վերլուծություն մշակված ինդեքսների միջոցով.....	89
ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ.....	91
ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ.....	92
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ.....	93
ՀԱՎԵԼՎԱԾ.....	108

ՄԱՍՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՊԱՎՈՒՄՆԵՐԻ ՑԱՆԿ

ԼԹ	Լուծված թթվածին
ԹԿՊ ₅	Թթվածնի հնգօրյա կենսաքիմիական պահանջ
ԹԿՊ	Թթվածնի քիմիական պահանջ
ՍՏԻ	Սիներգիկ տեղեկատվական ինդեքս
ՋՈԻ	Ջրի որակի ինդեքս
ՋԱԻ	Ջրի աղտոտվածության ինդեքս
ՋԱՏԿԻ	Ջրի աղտոտվածության տեսակարար կոմբինատորային ինդեքս
ՋՈԿԻ	Ջրի որակի կանադական ինդեքս
ՋՈՄԻ	Ջրի որակի մալազիական ինդեքս
ՋՈՕԻ	Ջրի որակի օրեգոնյան ինդեքս
ՋՈԷԻ	Ջրի որակի էնտրոպիական ինդեքս
ՋՈՀԻ	Ջրի որակի հայկական ինդեքս
ԷԻ	Էնտրոպիական ինդեքս
ՀԻ	Հայկական ինդեքս
ՍԹԿ	Սահմանային թույլատրելի կոնցենտրացիա
ՖԿ	Ֆոնային կոնցենտրացիա

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ջրային միջավայրի էկոլոգիական քիմիայի կարևոր խնդիրներից են համարվում բնական ջրերի որակի քանակական բնութագրումը, ֆոնային կոնցենտրացիաների գնահատումն ու օգտագործումը, աղտոտումների հետևանքների կանխատեսումը, ջրային օբյեկտների վրա թույլատրելի մարդածին ծանրաբեռնվածության հիմնավորված նորմերի մշակումը: Ջրային օբյեկտների էկոլոգիական հետազոտության և գնահատման ոլորտում մեծ ուշադրություն է դարձվում ջրի որակի համալիր գնահատման միջոցների ստեղծման և օգտագործման խնդիրներին, որոնք ուսումնասիրությունից ստացված ամբողջ ելային ջրաքիմիական տեղեկատվությունը կենտրոնացնում և ընդգրկում են մեկ ընդհանուր համալիր արժեքի՝ ինդեքսի մեջ:

Մակերևութային ջրերի համալիր գնահատման ինդեքսները լինելով բարձր կարգի տեղեկատվական, միանշանակ կերպով բնորոշում են մակերևութային ջրերի քիմիական բաղադրությունն ըստ այս կամ այն քանակությամբ տարաբնույթ բաղադրիչների և միացությունների համադրության: Նրանք ունեն բարդ կառուցվածք և առանձնահատուկ են տվյալ երկրի համար: Ինդեքսային մեթոդները հնարավորություն են տալիս ըստ արժեքի դասակարգել ջրային օբյեկտի ջրի որակը, իրար հետ համեմատել տվյալ ջրահոսքը մեկ այլ ջրահոսքի հետ կամ այդ ջրահոսքի տարբեր հատվածները :

Աշխատանքի արդիականությունը

Մակերևութային ջրերի որակի ուսումնասիրման ժամանակ, ելնելով ջրի որակի գնահատման և ջրօգտագործման նպատակներից, մշակվում և օգտագործվում են տարբեր տեսակի ինդեքսներ, որոնք արտահայտում են ջրային օբյեկտին բնորոշ առանձնահատկությունները, տվյալ տարածքի բնակլիմայական պայմանները, աղտոտվածության տարատեսակները և այլն: Շատ կարևոր է նաև ինդեքսի հաշվարկի մեջ մտնող ջրաքիմիական ցուցանիշների ընտրությունը:

Միջազգային նորմերին համապատասխան նոր ինդեքսների մշակումը և առաջարկումը ժամանակակից երկրաբնապահպանության խիստ արդիական և կարևոր խնդիրներից է, որը ցույց է տալիս նաև ազգային գիտական դպրոցի

նվաճումները և դերը գիտության տվյալ ճյուղի զարգացման և առաջխաղացման գործում:

Աշխատանքի նպատակը

- Մշակել և առաջարկել ջրի որակի գնահատման նոր՝ ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ ինդեքսներ և սանդղակներ:
- Ուսումնասիրել և գնահատել Դեբեդ գետի ջրերի ցուցանիշները 2013–2015թթ և գնահատել ջրի որակը ՍԹԿ-ի և ՖԿ-ի միջոցով:
- ՀՀ որոշ գետերի, ջրամբարների և լճերի ջրի ջրաքիմիական բազմամյա (2009-2012թթ.) ցուցանիշների հիման վրա գնահատել ջրերի որակը և աղտոտվածության մեծությունը ՋԱԻ, ՋՈԿԻ, ՋԱՏԿԻ, ՍՏԻ, ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ ինդեքսային եղանակներով և համեմատել միմյանց հետ:
- Ջրի որակի էնտրոպիական ինդեքսը կիրառել բնական համակարգերի որակի և էկոլոգիական կայունության ու նավթիդների հասունության գնահատման համար:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

Աշխատանքում առաջին անգամ.

- Մշակվել և կիրառվել են ջրի որակի գնահատման նոր ինդեքսներ՝ ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ:
- Գնահատվել է Դեբեդ գետի ջրի որակը ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ միջոցով՝ համադրելով ՍԹԿ-ի և ֆոնային կոնցենտրացիաները: ՀՀ որոշ գետերի, ջրամբարների և լճերի ջրի որակը գնահատվել է ՋՈԷԻ, ՋՈՀԻ միջոցով և համեմատվել են ջրի որակի գնահատման այլ միջազգային ինդեքսների հետ:
- Ցույց է տրվել, որ ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ հնարավոր է կիրառել նաև բնական համակարգերի՝ քաղաքային լանդշաֆտում բուսականության վիճակի գնահատման և նավթիդների՝ բնական գազ, ուղեկցող գազ և նավթի հանքերի հասունության գնահատման համար:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը

Ատենախոսությունում կատարված հետազոտությունները հնարավորություն են տալիս մշակված նոր ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ ինդեքսները կիրառել մակերևույթային

ջրերի, գետերի, ջրամբարների և լճերի ջրի որակի գնահատման գործընթացում: Ուսումնասիրությունները հնարավորություն են տվել նշված ինդեքսները կիրառել նաև քաղաքային լանդշաֆտում բուսականության էկոլոգիական վիճակի գնահատման և կանխատեսման գործընթացում, նավթիդների հասունության գնահատման և կանխատեսման համար: Կան համապատասխան ներդրման ակտեր:

Պաշտպանության ներկայացվող դրույթները

- Ջրի որակի գնահատման ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ նոր ինդեքսների և սանդղակների առաջարկում:
- Դեբեդ գետի ավազանի գետերի ջրի որակի գնահատում ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ ինդեքսների միջոցով՝ համեմատելով ՍԹԿ և ՖԿ-ները:
- Աղստև, Գետիկ, Ողջի, Գեղի, Արծվանիկ, Որոտան, Սիսիան, Գորիս, Արփա գետերի, ինչպես նաև Կեչուտի ջրամբարի ու Սևանա լճի ջրի որակի գնահատման համար նոր ինդեքսների կիրառումը և համեմատումը միջազգային ընդունված ինդեքսների հետ:
- ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ կիրառման հնարավորությունը բնական համակարգերի՝ քաղաքային լանդշաֆտում բուսականության էկոլոգիական վիճակի և նավթիդների հասունության գնահատման գործընթացում:

Փորձահավաստիությունը և հրատարակումները Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել են ԵՊՀ էկոլոգիական քիմիայի ամբիոնի և էկոլոգիական անվտանգության կենտրոնի գիտական սեմինարներում, «Ուսանողական գիտական ֆորում 2015» VII միջազգային ուսանողական գիտական կոնֆերանսում (2015թ., ք. Մոսկվա, ՌԴ), «Գիտության և արտադրության ժամանակակից միտումներն ու նորարարությունները» IV միջազգային գիտագործնական կոնֆերանսում (2015թ., ք. Մեծդուռեչենսկ, ՌԴ), «Քիմիա եւ քիմիական տեխնոլոգիաներ» IV միջազգային կոնֆերանսում (2015թ., Երևան), «Ջրաքիմիայի և մակերևութային ջրերի որակի մոնիտորինգի ժամանակակից խնդիրները» միջազգային կոնֆերանսում (2015թ., ք. Դոնի Ռոստով, ՌԴ), «Տարածքային ուսումնասիրություններ: Նպատակները, արդյունքները և հեռանկարները» երիտասարդ գիտնականների եւ ուսանողների VIII

համառուսական դպրոց-սեմինարում (2015թ., ք. Բիրոբիջան, ՌԴ), «Ծովերի ու օվկիանոսների երկրաբանություն» Գիտական XX միջազգային գիտաժողովում (2015թ., ք. Մոսկվա, ՌԴ), «Շրջակա միջավայրի մոնիտորինգ» միջազգային գիտաժողովում (2016, ք. Հռոմ, Իտալիա), «Ռուսաստանի ինդուստրիալ տարածաշրջանների էկոլոգիան» միջազգային գիտաժողովում (2016, ք. Լոնդոն, Անգլիա), «Բնօգտագործում և շրջակա միջավայրի պահպանություն» միջազգային գիտաժողովում (2016, ք. Փարիզ, Ֆրանսիա), «Էկոլոգիա և շրջակա միջավայրի քիմիա-2017» 6-րդ միջազգային գիտաժողովում (2017, ք. Քիշնև, Մոլդովա): Ատենախոսության թեմայով տպագրվել է 12 գիտական հոդված, ստացվել է գյուտի 1 արտոնագիր:

Ատենախոսության ծավալը և կառուցվածքը: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 3 գլուխներից, եզրակացություններից, առաջարկություններից և 142 անուն գրականության ցանկից ու հավելվածից: Ատենախոսությունը կազմված է 107 էջից, պարունակում է 31 աղյուսակ և 13 նկար:

ԳԼՈՒԽ 1

ԳՐԱԿԱՆ ԱԿՆԱՐԿ

1.1 Մակերևութային ջրերի որակի համալիր գնահատման ինդեքսային մեթոդները

Համաձայն 1977 թ. ԽՍՀՄ-ում գործող նորմատիվի (ГОСТ 17.1.1.01-77) «ջրի որակը» ցույց է տալիս ջրի հատկության ու բաղադրության բնորոշիչները, որոնք որոշում են ջրի պիտանելությունը որոշակի ջրօգտագործման համար [1]. Հետագայում ГОСТ 27065-86-ում օգտագործվել է «ջրի որակի նորմեր» հասկացողությունը, որը սահմանվում է որպես որոշակի ջրօգտագործման համար ջրի որակի ցուցանիշների արժեքների հաստատում [2]: 2002 թ-ից գործող (РД) 52.24.643-2002 [3] փաստաթղթում պայմանականորեն տարանջատվում են «մակերևութային ջրերի որակի գնահատում» և «մակերևութային ջրերի աղտոտվածության աստիճանի գնահատում» հասկացողությունները: Սակայն, ինչպես նշվում է [4] աշխատանքում Ա.Մ. Նիկոնորովը «Ջրի որակի մոնիտորինգի գիտական հիմքերը» մենագրությունում [5] «մակերևութային ջրերի որակի համալիր գնահատում» և «մակերևութային ջրերի աղտոտվածության աստիճանի համալիր գնահատում» հասկացողությունները նույնակացնում է, բերելով այս հասկացությունների հետևյալ սահմանումը: «Մակերևութային ջրերի աղտոտվածության մակարդակի (կամ որակի) համալիր գնահատումը» հաջորդական գործողությունների համախումբ է, որն ուղղված է ջրի բաղադրությունն ու հատկությունները բնորոշող ցուցանիշներով ջրի աղտոտվածության աստիճանի կամ նրա որակի մասին որոշակի տեղեկատվություն ստանալու ուղղությամբ՝ ելնելով ջրային օբյեկտի ջրօգտագործման և ջրասպառման նպատակներից [5]: Տ.Ի Մոխսեենկոն և Մ.Գ. Խուբլարյանը էկոլոգիական հարահոսի տեսանկյունից ելնելով սահմանում են, որ ջրի որակը դա ջրավազանում և ջրահավաք ավազանում ընթացող քիմիական, ֆիզիկական և կենսաբանական գործընթացներում ձևավորված ջրի հատկությունն է, որը համապատասխանում է օրգանիզմների, այդ թվում մարդու առողջության պահպանման պահանջներին և

ապահովում է տվյալ ջրային էկոհամակարգում առավել զգայուն կենսաբանական տեսակների վերարտադրությունը [6,7]:

Շրջակա միջավայրի առանձին բաղադրիչների վրա աղտոտիչների ազդեցության բացասական հետևանքների կանխարգելման համար անհրաժեշտ է իմանալ նրանց թույլատրելի սահմանները, որոնց դեպքում հնարավոր է կենդանի օրգանիզմների նորմալ կենսագործունեությունը: Բնական միջավայրում վնասակար քիմիական նյութերի պարունակության էկոլոգիական նորմավորման հիմնական մեծությունը հանդիսանում է ՍԹԿ-ն:

Սահմանային թույլատրելի կոնցենտրացիան շրջակա միջավայրում վնասակար նյութի այնպիսի պարունակությունն է, որը շարունակական ներմուծման կամ որոշակի ժամանակահատվածում ներգործության դեպքում չի ազդում մարդու առողջության վրա և չի բերում անբարենպաստ հետևանքներ ապագա սերունդների մոտ [4,5,8-13]:

Համաձայն մակերևութային ջրերի որակի նորմավորման, ըստ ջրօգտագործման մակերևութային ջրերն ստորաբաժանվում են տնտեսական-խմելու, կուլտուր-կենցաղային և ձկնատնտեսական: Տնտեսական-խմելու և կուլտուր-կենցաղային ջրերի որակի գնահատման համար որոշիչ են սանիտարահիգիենիկ նորմաները: Ձկնատնտեսական ջրամբարների և ջրահոսքերի համար վնասակար նյութերի ՍԹԿ-ները հաստատված են 521 աղտոտիչների համար, որոնք միավորված են հետևյալ վնասակարության լիմիտավորող ցուցանիշների խմբի մեջ՝ թունաբանական, օրգանոլեպտիկ, ձկնատնտեսական և ընդհանուր սանիտարական [5]: Հայաստանի Հանրապետությունում մակերևութային ջրերի գնահատման համար գործում են հիմնականում ձկնատնտեսական ՍԹԿ-ները [14-16]:

Հարկ է նշել, որ մակերևութային ջրերի աղտոտիչների ՍԹԿ-ներով գնահատման կիրառվող այս մեթոդները բնական ջրերի վիճակի մասին լիակատար պատկերացում չեն տալիս և չեն հանդիսանում բավարար երաշխիք աղտոտումից դրանց պահպանման համար: Վերը նշված կանոնները հաշվի են առնում միայն խմելու, կուլտուր-կենցաղային կամ ձկնատնտեսական ջրօգտագործման համար գետերի և ջրամբարների մաքրության ապահովումը:

ՍԹԿ-ները հանդիսանալով մարդու առողջության պահպանմանն ուղղված նորմատիվներ իրենց բնույթով չեն պահպանում հենց էկոհամակարգը: Այս խնդիրների լուծման համար անհրաժեշտ են նոր մոտեցումներ:

Մակերևութային ջրերի մոնիտորինգի արդյունքում սովորաբար կուտակվում է հսկայական քանակի տվյալների բազա, որը դժվար է վերլուծել և բացատրել որոշված ցուցանիշների բարդ փոխազդեցությունների հետևանքով: Այս տվյալները հաճախ դժվար է վերածել պարզ տարրերի, որպեսզի հասարակության հետաքրքրվող անդամները կարողանան հասկանան մոնիտորինգային արդյունքների իմաստը:

Մակերևութային ջրերի որակի գնահատման հետազոտությունների հիմքում ընկած են ջրաքիմիական ցուցանիշների երկու խումբ՝ բնական և հարաբերական հաշվարկային:

Մակերևութային ջրերի քիմիական բաղադրության անալիտիկական ճանապարհով որոշված ֆիզիկական և ֆիզիկաքիմիական ցուցանիշները կամ բաղադրիչները հանդիսանում են բնական ցուցանիշներ, որոնք լինում են դիֆերենցված, խմբային և համալիր [4,5,17-19]: Դիֆերենցված ցուցանիշը բնութագրում է ջրի միայն մեկ հատկություն (օրինակ, նիտրատ կամ որևէ այլ իոնի կոնցենտրացիա): Ջրի քիմիական բաղադրության առանձին բաղադրիչների կոնցենտրացիաների բացարձակ արժեքները համեմատելով նորմերի հետ գնահատման այս համակարգով ի հայտ են բերվում ջրի որակի փոփոխությունները: Խմբային ցուցանիշները (օրինակ, նավթամթերքներ, ֆենոլներ, ԹՔՊ-ն, ԹԿՊ₅-ն և այլն) որպես կանոն միավորում են ավելի մեծ թվով նյութերի տվյալներ և տեղեկատվություն: Համալիր (ինտեգրալ) ցուցանիշները բնութագրում են ջրի ֆիզիկաքիմիական և որոշ դեպքերում նաև կենսաբանական պրոցեսների համախմբով պայմանավորված համասեռ հատկությունները՝ (օրինակ, рН, ջրում ԼԹ-ի հազեցվածության աստիճան, օքսվեր պոտենցիալ և այլն): Իրենց հիմնական նշանակության հետ միասին դրանք հիմք են հանդիսանում հաշվարկային ցուցանիշների որոշման համար: Ջրի որակն արտահայտող ցուցանիշները բացարձակ են, գնահատականները միշտ հարաբերական են:

Սովորաբար հարաբերական հաշվարկային ցուցանիշները ստացվում են անալիտիկական ճանապարհով որոշված տվյալների ձևափոխումից: Որպես կանոն դրանք լրացնում և հարստացնում են ելային տեղեկատվությունն և վերջինից ունեն տարբեր իմաստ: Հարաբերական ցուցանիշները տալիս են մակերևութային ջրերի աղտոտվածության վիճակին միանշանակ քանակական և որակական բնութագրում և գնահատական՝ միաժամանակ հաշվի առնելով քիմիական բաղադրության տարբեր բաղադրիչները: Կախված թե ո՞ւմ համար և ի՞նչ նպատակով է գնահատվում ջրի որակն, այն միշտ ունի սուբյեկտիվ բնույթ: Հարաբերական ցուցանիշները լինում են բաղադրիչային, խմբային և համալիր: Ըստ ընդհանրացման և ձևափոխման ձևի հարաբերական ցուցանիշները բաժանվում են վիճակագրական, կողմնակի, ընդհանրացված և ինտեգրալ ենթատիպերի: Մակերևութային ջրերի որակի վրա ճնշումների ազդեցությունների գնահատման ժամանակ լայնորեն տարածված մեթոդ է մոդելների կազմումը: Սակայն և՛ մոդելները, և՛ վիճակագրական մեթոդները պետք է համարել ջրային օբյեկտների մոնիտորինգի արդյունքները լրացնող տվյալ: Նրանք տարբերվում են մոդելավորված քիմիական պարամետրերով, ներկայացվող գործընթացով և դրանց թվային մեթոդներով: Գետերի համար նման մոդելների սահմանափակումն այն է, որ անհրաժեշտ է ունենալ մեծաքանակ տեղեկատվություն աղտոտման ցրված և կետային աղբյուրների մասին:

Ըստ արտահայտման ձևի, հարաբերական ցուցանիշները բաժանվում են գործակիցների, ցուցանիշների, ինդեքսների, դասակարգումների (տիպեր, ռանգեր, կատեգորիաներ և այլն): Բաղադրիչային հարաբերական ցուցանիշները լինելով ավանդական, ունեն ընդհանրացման ցածր մակարդակ և արտահայտում են ջրի որակն ըստ առանձին բաղադրիչների: Վիճակագրական բնութագրիչներից են միջին թվաբանականը, միջին կշռայինը, միջին քառակուսային սխալը և այլն: Կողմնակի հարաբերական ցուցանիշներից են ՍԹԿ-ից գերազանցման աստիճանը, ջրի աղտոտվածության դեպքերի կրկնվողականությունը և այլն: Խմբային հարաբերական ցուցանիշները թույլ են տալիս կատարել առանձին համասեռ քիմիական նյութերի գնահատում: Նրանք կարող են մշակվել և կիրառվել այնպիսի

նյութերի համար, որոնք ընդհանրացված են հետևյալ ցուցանիշներով՝ գլխավոր իոններ, կենսածին նյութեր, լուծված գազեր, միկրոտարրեր, ռադիոակտիվ տարրեր և այլն: Այդպիսի ցուցանիշները տալիս են ջրի որակի նեղ ուղղվածության մասնակի գնահատականները: Ջրի որակը կարող է գնահատվել ոչ միայն համասեռ նյութերի որոշակի համախմբով, այլ նաև ջրի որակի ցուցանիշների տարասեռ համակեցություններով, այսինքն ջրի որակի համալիր գնահատմամբ [1]: Բոլոր համալիր գնահատականները ներառում են ջրի որակի գնահատման մեծ տեղեկատվություն և ավելի տրամաբանական ու կիրառական են: Համալիր գնահատման հիմնական գաղափարն է համախմբել ջրի բաղադրության տարբեր բաղադրիչների անալիտիկական տվյալները մեկ սկալյար մեծության միջոցով: Ըստ արտահայտման ձևի համալիր գնահատականները բաժանվում են գործակիցների, ինդեքսների և դասակարգումների: Ինդեքսներն առավել տեղեկատվական են և մեծ կիրառություն են գտել ջրի որակի գնահատման ոլորտում:

Ներկայումս մակերևութային ջրերի որակի գնահատման համար օգտագործվում են ինդեքսային մեթոդներ [4,5,8-10,20-23]:

Կիրառություն գտած շրջակա միջավայրի վիճակը բնութագրող ինդեքսների փիլիսոփայությունը նորություն չէր: Ինդեքսների գաղափարը մինչ այդ լայնորեն կիրառվում էր տնտեսագիտության մեջ: Առավել մեծ կիրառություն ունեւ շուկայի վիճակի ինդիկատոր հանդիսացող սպառողների գնային ինդեքսը:

Ջրային օբյեկտների էկոլոգիական հետազոտությունների ոլորտում աղտոտվածության համալիր գնահատման ժամանակ ելային ջրաքիմիական ողջ տեղեկատվությունն ընդգրկվում է մեկ ընդհանուր արժեքի մեջ, որը անվանվում է ինդեքսային մեծություն: Կարևոր է ինդեքսի հաշվարկի մեջ մտնող ջրաքիմիական ցուցանիշների ընտրությունը, որը նույնպես կախված է գնահատման նպատակից, ինդեքսի կիրառման ոլորտի պահանջներից, ջրային օբյեկտին բնորոշ առանձնահատկություններից և այլն: Այդ պատճառով նրանք ունեն բարդ կառուցվածք: Չնայած իրենց բազմազանությանը, ինդեքսների հաշվարկը կատարվում է հիմնականում 2 փուլով: Սկզբում չմշակված ջրաքիմիական տվյալները, որոնք ունեն չափման տարբեր միավորներ ձևափոխվում են միատիպ

ենթահինդեքսային արժեքների, այնուհետև այդ ենթահինդեքսները համակցվում են, ստանալով ջրի որակի մեկ ընդհանուր ինդեքսային արժեքը:

Ինդեքսների օգտագործումը հնարավորություն է տալիս ընդհանրացնել ջրի որակի արժեքների տարբեր տիրույթ ունեցող մեծաքանակ ջրաքիմիական տվյալները մեկ արժեքի ձևով: Ստացված ինդեքսային արժեքները մատչելի տեղեկատվություն են ապահովում ջրային ռեսուրսները կառավարողների և օգտագործողների, ինչպես նաև հասարակության լայն շրջանակների համար: Ունենալով ֆիզիկական և քիմիական ցուցանիշների որոշակի համախումբ, ջրի որակի ինդեքսների միջոցով հնարավոր է գաղափար կազմել ջրի ընդհանուր որակի, նրա ժամանակային և տարածական փոփոխությունների մասին՝ առանց լրացուցիչ միջոցներ ծախսելու հետազոտությունների և մոդելների կազմման վրա, ինչը ևս ֆինանսական սահմանափակ միջոցներ ունեցող երկրի համար, ինչպիսին Հայաստանն է, շատ կարևոր հանգամանք է: Ինդեքսներով գնահատումը հնարավորություն է տալիս նաև որոշել ջրային օբյեկտի համար «հղումային» (reference) վիճակը:

Ըստ Օթթի, [20] ջրի որակի ինդեքսը մաթեմատիկական գործիք է, որը կարելի է կիրառել հետևյալ նպատակային ուղղություններով.

1) օգնել ջրային ռեսուրսները կառավարողներին աղտոտվածության հնարավոր աղբյուրների գերակայության որոշման գործում,

2) դասակարգել ջրահոսքերը էկոլոգիապես վնասված հատվածների,

3) գնահատել ջրային ռեսուրսների ստանդարտների հետ համապատասխանությունը,

4) որոշել ջրային ռեսուրսների էկոլոգիական վիճակի ժամանակային փոփոխությունները,

5) իրազեկել հասարակությանը,

6) գնահատել էկոլոգիական մոնիտորինգային ծրագիրը, կանխատեսել միջավայրի վիճակի կարճաժամկետ և երկարաժամկետ հնարավոր փոփոխությունները:

Մակերևութային ջրերի որակի գնահատման գործընթացում ՋՈՒ-ներն առաջին անգամ տրվել են ԱՄՆ-ում Հորթոնի կողմից 1965թ. [21] և ապա կիրառվել Եվրոպայում (առաջինը Մեծ Բրիտանիայի Միացյալ Թագավորությունում 1970թ. [22]): Հորթոնը ինդեքսի հաշվարկի համար ընտրել էր ջրի որակի 10 ցուցանիշ ԼԹ, pH, տեսակարար էլեկտրահաղորդականություն (ՏԷ), հիմնայնություն, Cl⁻ և այլն, որն է թունավոր տարր չէր ընդգրկվել:

$$\text{ՋՈՒ} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i I_i}{\sum_{i=1}^n w_i} M_1 M_2$$

որտեղ M_1 և M_2 գործակիցները արտահայտում են ջերմաստիճանը և տեսանելի աղտոտվածությունը համապատասխանաբար, w -ն i -րդ ցուցանիշի ենթաինդեքսի (ԵԻ) արժեքն է: Ինդեքսի արժեքը փոփոխվում է 1-4 տիրույթում:

Բրաունը և ուրիշները (1970թ.) օգտագործելով Դելֆիի տարբեր փորձագետների կարծիքները հաշվի առնելու տեխնիկան, ձևակերպեցին ՋՈՒ-ն [23], որպեսզի կարողանան տարբեր ջրային օբյեկտների ջրի որակը համեմատել: Բրաունը ինդեքսի հաշվարկի համար օգտագործել է ջրի որակի 9 ցուցանիշ (ԼԹ, pH, ԹԿՊ₅, ջերմաստիճանի փոփոխությունը հոսքից վերև մեկ միլ հեռավորության վրա, ընդհանուր ֆոսֆատների պարունակությունը, նիտրատ իոնի պարունակությունը, պղտորությունը, աղերի ընդհանուր պարունակությունը և ֆեկալ կոլիֆորմը): Այս ինդեքսն մինչև օրս կիրառվում է ԱՄՆ-ի գրեթե բոլոր նահանգներում: Փաստորեն ինդեքսի հաշվման համար օգտագործվում է կշռային միջին թվաբանական մեթոդը [23], որը հիմնված է հետևյալ բանաձևի վրա

$$\text{ՋՈՒ} = k \frac{\sum_{i=1}^n c_i x P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

որտեղ C_i -ն i -րդ ցուցանիշի չափողականություն չունեցող ԵԻ է, որը ստացվում է յուրաքանչյուր ցուցանիշի անալիզի արդյունքների նորմալացումից՝ կորերի օգնությամբ վերածելով 0-ից 100 արժեքների: P_i -ն՝ i -րդ ԵԻ կշիռն, որն ընդունում է 1-ից 4 արժեք: k -ն սուբյեկտիվ հաստատուն է, որը արտահայտում է գետի ջրի

տեսանելի աղտոտվածությունը: Այն կարող է ընդունել 0.25-ից (մեծ աղտոտվածություն ունեցող ջրերի դեպքում, որոնք ունեն սևավուն գույն, վատ հոտ, տեսանելի ֆերմենտացիա և այլն) մինչև 1 արժեքներ (առանց տեսանելի աղտոտվածության, մաքուր կամ բնական կախված մասնիկներով ջրերի դեպքում): Ինդեքսի արժեքները դասակարգվում են 0–25 - շատ վատ, 26–50 - վատ, 51–70 - միջին, 71–90 - լավ, 91–100 - գերազանց:

Հետագայում ինդեքսները տարբեր ձևակերպումներով կիրառություն գտան Եվրոպական երկրներում, իսկ ավելի ուշ նաև Ասիայի և Աֆրիկայի շատ երկրներում[24-31]:

Ջրի որակի գնահատման ոլորտում որոշ ինդեքսներ ավելի մեծ կիրառություն են գտել: Այդ ինդեքսներն են՝ ԱՄՆ-ի Ազգային Սանիտարական հասարակության ջրի որակի ինդեքսը [27], ջրի որակի կանադական ինդեքսը [28], Բրիտանական Կոլումբիայի ջրի որակի ինդեքսը [29], ջրերի որակի օրեգոնյան ինդեքսը [30] և ջրերի որակի մալազիական ինդեքսը [31]:

Որոշ ինդեքսներ իրենց ձևակերպման մեջ պարունակում են միայն ջրի որակի ֆիզիկաքիմիական ցուցանիշներ, իսկ որոշ ինդեքսներ ընդգրկում են նաև կենսաբանական ցուցանիշներ:

Մալազիայում կիրառվող ջրերի որակի ինդեքսի դեպքում կիրառվում է պարզապես ԵԻ-ի և կշռային արժեքի արտադրյալի գումարման եղանակը՝ առանց միջինացնելու: Այս մոտեցումը կիրառում են շատ հեղինակներ:

Ջրի որակի մալազիական ինդեքսի օգնությամբ կատարվում է ջրային օբյեկտի ջրաքիմիական որակի նախնական գնահատում՝ ստորաբաժանելով այն 5 աղտոտվածության մակարդակի՝ ըստ ջրօգտագործման պիտանելիության: Այս մեթոդում գործում է նույն մոտեցումը, որն ընկած է ՋՈՕԻ հիմքում: Նմանապես վերցվում են քիչ թվով ցուցանիշներ, որոնք ընդհանուր առմամբ կարող են բնութագրել ջրային օբյեկտի քիմիական աղտոտվածության վիճակը, ձևափոխվում են իրար հետ համեմատելու նպատակով լոգարիթմական արժեքների (հաշվի առնելով ցուցանիշների պարունակության փոփոխության վրա ազդող բնական պրոցեսները) և համադրելով ստանում մեկ ընդհանուր ինդեքսային միավոր: Որպես

գետի ջրի որակը բնութագրող հիմնական ցուցանիշներ, այս մեթոդում ընտրված են ջրի թթվածնային հագեցվածության, կախված մասնիկների, ամոնիումային ազոտի պարունակության և ջրածնային ցուցիչի, ԹԿՊ_5 -ի, ԹՔՊ_{Cr} -ի արժեքները [8,31]:

ՋՈՄԻ-ն որոշվում է հետևյալ բանաձևով [8,31].

$$\text{ՋՈՄԻ} = 0.22 \cdot \text{SI}_{\text{DO}} + 0.19 \cdot \text{SI}_{\text{BOD}} + 0.16 \cdot \text{SI}_{\text{COD}} + 0.15 \cdot \text{SI}_{\text{AN}} + 0.16 \cdot \text{SI}_{\text{SS}} + 0.12 \cdot \text{SI}_{\text{pH}}$$

որտեղ n -ը ցուցանիշների թիվն է, SI -ը՝ համապատասխան ցուցանիշի ենթահիմքը: Ենթահիմքային արժեքները որոշվում են ըստ սխեմայի [8,9,30]:

Ըստ ստացված ՋՈՄԻ արժեքի, ջրային օբյեկտի ջրի որակը դասակարգվում է 5 դասի. 1-ին կարգ՝ մաքուր, $\text{ՋՈՄԻ} > 92.7$, 2-րդ կարգ՝ թույլ աղտոտված, $\text{ՋՈՄԻ} = 92.7-76.5$, 3-րդ կարգ՝ աղտոտված, $\text{ՋՈՄԻ} = 76.4-51.9$, 4-րդ կարգ՝ կեղտոտ, $\text{ՋՈՄԻ} = 51.8-31.0$, 5-րդ կարգ՝ արտակարգ կեղտոտ, $\text{ՋՈՄԻ} < 31.0$, որոնք էլ իրենց հերթին պայմանավորում են ջրային օբյեկտի ջրօգտագործման ոլորտը:

Համաձայն վերը բերված սխեմայի, ՋՈՄԻ 1-ին կարգին պատկանելու դեպքում գետի ջուրը կարող է օգտագործվել ջրամատակարարման համար, առանց նախնական մաքրման, ինչպես նաև ձկնաբուծության նպատակով՝ կիրառելով շատ զգայուն ձկնատեսակների աճեցման համար:

2-րդ կարգին պատկանող գետի ջուրը կարող է օգտագործվել ջրամատակարարման՝ նախապես մաքրում անցնելուց հետո, ռեկրացիոն նպատակների և ձկնաբուծության համար:

3-րդ կարգին պատկանելու դեպքում գետի ջուրը պիտանի է ոչ զգայուն ձկնատեսակների բուծման և խոր մաքրման ենթարկվելուց հետո՝ ջրամատակարարման նպատակներով օգտագործման համար:

4-րդ կարգին պատկանելու դեպքում գետի ջուրը կարող է օգտագործվել միայն ոռոգման նպատակներով, իսկ 5-րդ կարգին պատկանելու դեպքում՝ ջրօգտագործման համար պիտանի չէ [8.31]:

Շոտլանդիայում ձևավորված կշռային միջին թվաբանական մեթոդը [22] ձևափոխված տարբերակով կիրառություն է գտել Անգլիայում, Պորտուգալիայում և Իսպանիայում [29]: Դինիուսը և համահեղինակները ջրերի որակի ինդեքսի ձևակերպման ժամանակ կիրառել են կշռային միջին երկրաչափական մեթոդը [32]

Ինդեքսում ընդգրկված է 12 ցուցանիշ՝ ջերմաստիճան, գույն, L^* , a^* , b^* , pH, SE, կոշտություն, կոլիֆորմների քանակ, E-կոլիների քանակ, հիմնայնություն, Cl^- և NO_3^- : Ցուցանիշների կշռային գործակիցները հաստատվել են հիմնվելով կարևորության գնահատման վրա՝ ըստ Դեֆիի սկզբունքի: Ինդեքսի արժեքները փոխվում են 0–100 տիրույթում:

Տվյալների ընդհանրացման ժամանակ կիրառվում է նաև անկշիռ հարմոնիկ միջին քառակուսային ֆունկցիա: Այս սկզբունքն է կիրառվում նաև ԱՄՆ-ի Օրեգոնա նահանգի ջրերի որակի ինդեքսի դեպքում: ՋՈՕԻ գնահատում է բնական ջրային օբյեկտի կոմունալ-կենցաղային, տնտեսական, մասամբ նաև գյուղատնտեսական հոսքաջրերով աղտոտվածությունը: ՋՈՕԻ ինդեքսում գործում է այն մոտեցումը, որ հաշվարկներում ջրի որակի շատ ցուցանիշների կիրառումը թույլ չի տալիս նկատել ջրային օբյեկտում տեղի ունեցող փոքր, յուրակերպ փոփոխությունները, այդ պատճառով էլ վերցվում է հնարավորինս քիչ թվով ցուցանիշ, որոնց համադրությունը դեռ կարող է համալրորեն գնահատել ջրի որակը: Ընտրվել են 6 ցուցանիշ՝ ջրի ջերմաստիճան, pH, L^* , a^* , b^* , լուծված աղեր, ամոնիումային և նիտրատային ազոտների գումար, որոնք վերցվել են որպես աղտոտվածությունը բնորոշող գործոններ (թթվածնային անբավարարություն, էվտրոֆիկացիա, ֆիզիկական բնութագրերի փոփոխություն, կախված մասնիկների քանակության աճ, առողջության համար վտանգի առկայություն) բնութագրող ցուցանիշներ: ՋՈՕԻ հաշվարկի համար օգտագործվում է ընտրված ցուցանիշների կոնցենտրացիաների լոգարիթմական ձևափոխումը ենթաինդեքսային արժեքների՝ հաշվի առնելով այն փաստը, որ ջրային օբյեկտում ջրի աղտոտվածության ցածր մակարդակների դեպքում փոփոխություններն ավելի մեծ ազդեցություն ունեն, քան այդ նույն փոփոխությունները՝ ջրի աղտոտվածության ավելի բարձր մակարդակներում [8,30, 33-36]:

ՋՈՕԻ որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\text{ՋՈՕԻ} = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{SI_i^2}}},$$

որտեղ n-ցուցանիշների թիվն է, SI_i i-րդ ցուցանիշի ենթաինդեքսը:

Վերը նշված ցուցանիշների ենթահիմքերը հաշվում են ըստ սխեմայի [8,29,32-34].

Վերը նշված ցուցանիշների ենթահիմքերի ձևափոխման լոգարիթմական հավասարման մեջ հաշվի են առնվում նաև բնական պայմաններում տվյալ ցուցանիշի պարունակության փոփոխության վրա ազդող բնածին պրոցեսները՝ մոդելավորելով մեկ ընդհանուր հավասարման մեջ:

Ջրի աղտոտվածության համալիր գնահատման ՋՈՕԻ մեթոդով ջրային օբյեկտի ջրի որակը դասակարգվում է 5 բալանոց համակարգով ըստ հետևյալ սկզբունքի [8,30,33-36]. 1-ին կարգ՝ մաքուր, ՋՈՕԻ = 100–90, 2-րդ կարգ՝ թույլ աղտոտված, ՋՈՕԻ = 89–85, 3-րդ կարգ՝ աղտոտված, ՋՈՕԻ = 84–80, 4-րդ կարգ՝ կեղտոտ, ՋՈՕԻ = 79–60, 5-րդ կարգ՝ արտակարգ կեղտոտ, ՋՈՕԻ = 59–10:

Լիուն և համահեղինակները առաջարկել են Տայվանի ջրի որակի համընդհանուր ինդեքս (A generalized water quality index for Taiwan) [37]: Ինդեքսում ընդգրկված է 13 ցուցանիշ՝ ջերմաստիճան, $\text{L}\theta$, BOD_5 , pH, պղտորությունը, կախված մասնիկները, կոլիֆորմների քանակ, ամոնիակի ազոտի քանակը, Cd, Pb, Cr, Cu և Zn: Ցուցանիշները բաժանվում են երեք խմբավորման՝ «օրգանիկա» ($\text{L}\theta$, BOD_5 և ամոնիակի ազոտի քանակը), «պինդ մասնիկներ» (պղտորությունը և կախված մասնիկները), և «միկրոօրգանիզմներ» (կոլիֆորմների քանակ): Ընդհանուր ինդեքսն այս երեք խմբավորումների միջին թվաբանականն է բազմապատկած երեք գործակիցներով, որոնք ընդգրկում են ջերմաստիճանը, pH և տոքսիկությունը (Cd, Pb, Cr, Cu և Zn):

Հնդկաստանի գետերի ջրի որակի գնահատման համար օգտագործվում է ջրի որակի Բհարգավայի մոդելի համընդհանուր ինդեքսը (Use of a Water Quality Index for River Classification and Zoning of the Ganga River) [38]: Ինդեքսում ընդգրկված է 9 ցուցանիշ՝ ջերմաստիճան, $\text{L}\theta$, BOD_5 , pH, պղտորությունը, կախված մասնիկներ, կոլիֆորմների քանակ, նիտրատների և ֆոսֆատների քանակ: Ցուցանիշները բաժանվում են չորս խմբավորման: Համաձայն Բհարգավայի մոդելի ջրային օբյեկտի ՋՈԻ արժեքը գտնվում է 0–100 միջակայքում և ջրի որակը դասակարգվում է 5 բալանոց համակարգով ըստ հետևյալ սկզբունքի. 1-ին կարգ՝ շատ լավ, ՋՈԻ=90–

100, 2-րդ կարգ՝ լավ, ՋՈԻ = 65–89, 3-րդ կարգ՝ միջին, ՋՈԻ = 35–64, 4-րդ կարգ՝ վատ, ՋՈԻ = 11–34, 5-րդ կարգ՝ շատ վատ, ՋՈԻ = 1–10:

Ջրի որակի կանադական ինդեքսի միջոցով հնարավոր է ստորաբաժանել ջրային ռեսուրսներն ըստ խմելու, ռեկրեացիոն, ոռոգման, ձկնաբուծական և այլ ջրօգտագործման պիտանելիության[29,40-42]:

ՋՈԿԻ-ը հիմնված է պարզ մաթեմատիկական մեխանիզմի վրա, ըստ որի ջրի որակը բնութագրող ցուցանիշների ելային տվյալներն, իրենց նորմատիվներին համապատասխան, ձևափոխվում են հարաբերական մեծությունների, որոնք էլ իրենց հերթին, հաշվի առնելով աղտոտվածության կրկնման հաճախականությունը՝ ուսումնասիրվող ժամանակահատվածում վերածվում են մեկ ընդհանուր ինդեքսային արժեքի: Այս մեթոդը օգտագործվում է Կանադայի շրջակա միջավայրի վարչության գործունեության շրջանակներում՝ ջրային օբյեկտների աղտոտվածության հսկման, էկոլոգիական վիճակի համալիր գնահատման համար: ՋՈԿԻ բաղկացած է 3 բաղադրիչներից՝ F_1 - աղտոտվածության հնարավորություն, F_2 - աղտոտվածության կրկնվողականություն, F_3 - աղտոտվածության սահման:

$$\text{ՋՈԿԻ} = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732}$$

ՋՈԿԻ և իր բաղադրիչները հաշվարկվում են հետևյալ ձևով.

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

որտեղ N' -ը՝ ջրի որակի նորմավորված ցուցանիշների այն քանակն է, որոնք գերազանցել են համապատասխան ՍԹԿ-ները, N -ը՝ ջրի որակի նորմավորված

ցուցանիշների ընդհանուր քանակն է: $F_2 = \frac{n'}{n} \cdot 100,$

որտեղ n' -ը ջրի որակի նորմավորված ցուցանիշների այն անալիզների արդյունքների թիվն է, որոնցում գերազանցվել է տվյալ ցուցանիշի համապատասխան ՍԹԿ, 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 $excr_i = \frac{C_i}{U\theta^U q_i} - 1$, i-րդ ցուցանիշի 'շեղումն' է բնական ֆոնից, C_i -ն՝ i-րդ ցուցանիշի միջին կոնցոնտրացիան է ուսումնասիրվող ժամանակահատվածի համար (մգ/դմ3), $U\theta^U q_i$ -ն՝ i-րդ ցուցանիշի սահմանային թույլատրելի նորման:

Ըստ ՋՈԿԻ արժեքի, ջրի որակը ստորաբաժանվում է 5 դասի՝

1-ին կարգ՝ մաքուր, ՋՈԿԻ = 100–95,

2-րդ կարգ՝ թույլ աղտոտված, ՋՈԿԻ = 94–80,

3-րդ կարգ՝ աղտոտված, ՋՈԿԻ = 79–65,

4-րդ կարգ՝ կեղտոտ, ՋՈԿԻ = 64–45,

5-րդ կարգ՝ արտակարգ կեղտոտ, ՋՈԿԻ = 44–0:

ՋՈԿԻ-ն ունի ջրի որակի ցուցանիշների ընտրության լայն միջակայք, որոնք կարող են կրել ջրաքիմիական և ջրակենսաբանական բնույթ: Մեթոդը գործում է նվազագույնը 4 ցուցանիշի 4-անգամյա անալիզի տվյալների հիման վրա, իսկ առավելագույն քանակը սահմանափակված չէ, սակայն պետք է նկատի ունենալ այն հանգամանքը, որ մեծ թվով ցուցանիշների ընդգրկումը կարող է բերել տվյալ ջրային օբյեկտի էկոլոգիական վիճակի իրական պատկերի աղավաղման:

Ելնելով ինդեքսների ձևակերպման շարքում եղած ցուցանիշներից, կարելի է ասել, որ նրանցով հնարավոր է գնահատել միայն մարդածին ազդեցությունները: Բացի այդ, նշված ինդեքսներով հնարավոր չէ կատարել նպատակային գնահատումներ: Ինդեքսի հաշվումը հեշտացնելու համար Սեյդն ու համահեղինակներն ինդեքսի հաշվարկի համար վերցրել են հինգ ցուցանիշ՝ ԼԹ, ընդհանուր ֆոսֆոր, ֆեկալ կոլիֆորմ, պղտորություն և տեսակարար էլեկտրահաղորդականությունը: Այս դեպքում ցուցանիշների նորմալացում տեղի չի ունենում: Ինդեքսը հաշվարկվում է երկու քայլով. սկզբում ցուցանիշներին ըստ կարևորության տրվում են արժեքներ, այնուհետև լոգարիթմական ֆունկցիայի միջոցով և կշռային արժեքների կիրառմամբ ցուցանիշների անալիզի արդյունքները վեր են ածվում պարզ ինդեքսի արժեքների: Ինդեքսի արժեքները փոխվում են 0–3

տիրույթում: Ջրի լավ որակին համապատասխանում է 3 արժեք, վատ որակին՝ 0–1 արժեքներ:

Ինդեքսների հաշվարկման մյուս մոտեցումը կշռային գործակիցների և ԵԻ-ների փոխարեն ջրի որակի ցուցանիշների համար սահմանված թույլատրելի նորմերի (ՍԹԿ-ի) կիրառումն է [44]:

ՍԹԿ-ների կիրառմամբ ջրերի որակի գնահատման օրինակ է ջրերի աղտոտվածության հիդրոքիմիական ինդեքսը (ՋԱԻ) [45], որը հաստատվել է ԽՍՀՄ Պետկոմհիդրոմետի կողմից 1986թ. և լայնորեն կիրառվել ԱՊՀ անդամ պետություններում, չնայած նրա կիրառելիության անհրաժեշտությունը հաստատված չէ որևէ պաշտոնական նորմատիվային փաստաթղթով: ՀՀ-ում մակերևութային ջրերի որակի գնահատման համար մինչ այժմ շարունակվում է կիրառվել ՋԱԻ: Այս ինդեքսը տիպիկ գումարային գործակից է և իրենից ներկայացնում է խիստ սահմանափակ թվով ցուցանիշների ՍԹԿ-ից գերազանցման միջին արժեքը.

$$\text{ՋԱԻ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i / \text{ՍԹԿ}_i,$$

որտեղ C_i -ն i -րդ բաղադրիչի կոնցենտրացիան է, n -ը ինդեքսի հաշվարկման ժամանակ կիրառված ցուցանիշների թիվը, ՍԹԿ-ն համապատասխան ջրային օբյեկտի համար հաստատված i -րդ ցուցանիշի նորմը:

ՋԱԻ-ը հաշվարկվում է հաստատված վեց ցուցանիշով (pH , ԹԿՊ_5 , ԼԹ , NH_4^+ և NO_2^- , նավթամթերքներ) անկախ այն բանից՝ դրանք ՍԹԿ-ն գերազանցում են, թե ոչ, որոնցից պարտադիր են ԼԹ -ը և ԹԿՊ_5 -ը: ՋԱԻ-ի հաշվարկի մեջ ընդգրկված ցուցանիշների շարքը նույնպես կարգավորված է համապատասխան փաստաթղթով:

ՋԱԻ հաշվարկի ժամանակ $C_i / \text{ՍԹԿ}_i$ նորմատիվային բաղադրիչների համար կիրառվում է հետևյալ պայմանների որոշակի շարք.

- թթվածնի կենսաբանական պահանջարկ՝ ԹԿՊ_5 սպառման համար (ՍԹԿ՝ $3 \text{ մգ } \text{O}_2 / \text{դմ}^3$ ոչ ավել տնտեսական-խմելու ջրօգտագործման ջրամբարների, ոչ ավել $6 \text{ մգ } \text{O}_2 / \text{դմ}^3$ տնտեսական-կենցաղային ջրօգտագործման համար) հաստատում են նորմատիվների հատուկ արժեքեր կախված ԹԿՊ_5 արժեքից.

ԹԿՊ ₅ ցուցանիշը (մգ Օ ₂ /լ)	Նորմատիվի արժեքը (ՍԹԿ)
3 -ից պակաս	3
3 – 15	2
15 -ից բարձր	1

- լուծված թթվածնի կոնցենտրացիան նորմավորվում է համանման ձևով, սակայն հակառակը. դրա պարունակությունը նմուշում չպետք է ցածր լինի 4մգ/դմ³-ից, այդ իսկ պատճառով բաղադրիչի կոնցենտրացիայի յուրաքանչյուր միջակայքի համար հաստատում են C_i/ՍԹԿ_i բաղադրիչների հատուկ արժեքները.

Խտություն (մգ Օ ₂ /լ)	C _i /ՍԹԿ _i բաղկացուցիչի արժեքները
6-ից ավելին կամ հավասար	6
6-5 պակաս	12
5-4 պակաս	20
4-3 պակաս	30
3-2 պակաս	40
2-1 պակաս	50
1-ից պակաս	60

- տարբեր նշանակության ջրամբարների pH ցուցանիշի համար ջրի նորմատիվները կարգավորում են թույատրվող արժեքների՝ 6,5-8,5 միջակայքում, այդ իսկ պատճառով pH-ի յուրաքանչյուր նորմայից դուրս ցուցանիշի համար հաստատվում են C_i/ՍԹԿ_i բաղկացուցիչների հատուկ արժեքներ.

pH < 6,5	pH > 8,5	C _i /ՍԹԿ _i բաղկացուցիչի արժեքները
6,5-6-ից պակաս	8,5- 9	2
3-5-ից ցածր	9- 9,5	5
5-ից պակաս	9,5-ից բարձր	20

Երկմտանք է առաջացնում մեթոդաբանության պահանջը. «C_i/ՍԹԿ_i մեծությունների հավասարության ժամանակ նախապատվությունը տրվում է նյութերին, որոնք ունեն թունաբանական վնասակարության նշաններ», քանի որ

ՋԱԻ հաշվարկների արդյունքները կախված չեն նրանից, թե որ բաղկացուցիչներն են հայտնվել ընտրվող «վեցնյակի» մեջ:

Ջրերի ատոտվածության աստիճանը ըստ ՋԱԻ-ի արժեքի ստորաբաժանվում է 7 դասի [8, 45]՝ 1-ին կարգ՝ շատ մաքուր, $\text{ՋԱԻ} < 0.3$, 2-րդ կարգ՝ մաքուր, $\text{ՋԱԻ} = 0.3-1.0$, 3-րդ կարգ՝ չափավոր աղտոտված, $\text{ՋԱԻ} = 1.0-2.5$, 4-րդ կարգ՝ աղտոտված, $\text{ՋԱԻ} = 2.5-4.0$, 5-րդ կարգ՝ կեղտոտ, $\text{ՋԱԻ} = 4.0-6.0$, 6-րդ կարգ՝ շատ կեղտոտ, $\text{ՋԱԻ} = 6.0-8.0$, 7-րդ կարգ՝ արտակարգ կեղտոտ, $\text{ՋԱԻ} = 8.0-10.0$:

ՋԱԻ հիմնական թերությունը կայանում է նրանում, որ այն օգտագործում է միայն 6 ջրաքիմիական ցուցանիշներ, հաշվի չառնելով շատ աղտոտիչ նյութեր, որոնք 6 ցուցանիշների մեջ չեն մտնում:

Որպես ՋԱԻ -ի տարատեսակ օգտագործվում է նաև ձևափոխված քիմիական աղտոտվածության գումարային ցուցանիշը (ՔԱՑ-10). ՔԱՑ-10-ի որոշման ժամանակ 6 ցուցանիշի փոխարեն օգտագործվում է 10 ցուցանիշ [46]:

Ռուսաստանի Դաշնությունում կիրառվող ջրերի աղտոտվածության կոմբինատորային (ՋԱԿԻ) և ջրի որակի տեսակարար կոմբինատորային (ՋՈՏԿԻ) ինդեքսները ևս հիմնված են ՍԹԿ-ների վրա [3, 46]: ՋԱԿԻ և ՋՈՏԿԻ ինդեքսներով կատարվում է ջրային օբյեկտի քիմիական որակի գնահատում: Այս եղանակում յուրաքանչյուր բաղադրիչի համար փաստացի կոնցենտրացիայի հիման վրա հաշվարկում են ՍԹԿ-ի գերազանցման բազմապատիկության բալերը, K_i -ն H_i -ը գերազանցման դեպքերի կրկնելիությունը, ինչպես նաև ընդհանուր գնահատումային B_i բալը.

$$K_i = C_i / \text{ՍԹԿ}_i, \quad H_i = N_{\text{ՍԹԿ}_i} / N_i, \quad B_i = K_i H_i,$$

որտեղ C_i -ին՝ ջրում i -րդ բաղադրիչի կոնցենտրացիան է, ՍԹԿ_i -ն՝ i -րդ բաղադրիչի սահմանային թույլատրելի կոնցենտրացիան ձկնաբուծական ջրամբարի համար, $N_{\text{ՍԹԿ}_i}$ -ի՝ ՍԹԿ գերազանցման դեպքերի թիվը ըստ i -րդ բաղադրիչի, N_i -ը՝ i -րդ բաղադրիչների չափումների ընդհանուր թիվն է:

Ջրի աղտոտվածության համալիր գնահատման ՋՈՏԿԻ մեթոդը հնարավորություն է տալիս ջրի քիմիական բաղադրության անալիտիկ տվյալները ձևափոխել հարաբերական ցուցանիշների և համալիր գնահատել ջրահոսքի աղտոտվածության

մակարդակն ու ջրի որակը: Որպես գետի ջրի որակը բնութագրող հիմնական ցուցանիշներ, այս մեթոդում ընտրվում են առնվազը 16 ցուցանիշ՝ ջրի թթվածնային հագեցվածության, ԹԿՊ_5 -ի, ԹՔՊ_{Cr} -ի, ֆենոլների, նավթամթերքների, նիտրիտ իոնի, նիտրատ իոնի, ամոնիում իոնի, ընդհանուր երկաթի (Fe^{+2} և Fe^{+3}), պղնձի (Cu^{2+}), ջինկի (Zn^{2+}), նիկելի (Ni^{2+}), մանգանի (Mn^{2+}), քլորիդների և սուլֆատների արժեքները [3,46-48]: ԶԱՏԿԻ-ում աղտոտիչների քանակի ընտրման առավելագույնի քանակը սահմանափակված չէ [3,8,46,47]: Ջրի աղտոտվածության մակարդակի նախնական գնահատման համար որոշվում է ջրի աղտոտվածության համալրության գործակիցը [47,48].

$$K_j = \frac{N'_j}{N_j},$$

որտեղ K_j -ն j -րդ ամսում տվյալ դիտակետից վերցված ջրի աղտոտվածության համալրության գործակիցն է; N_j -ն՝ j -րդ ամսում վերցված փորձանմուշում որոշված ցուցանիշների թիվը; N'_j -ն՝ j -րդ ամսում վերցված նմուշում որոշված, համապատասխան սահմանային թույլատրելի կոնցենտրացիաները (ՍԹԿ) գերազանցող ցուցանիշների թիվն է [14-16,49]:

Յուրաքանչյուր դիտակետի համար որոշվում է համալրության գործակցի միջին տարեկան արժեքը.

$$K = \frac{\sum_{j=1}^n K_j}{n},$$

որտեղ n -ը գետից տարվա ընթացքում վերցված նմուշների անալիզների քանակն է; K -ն՝ վերցված ջրի աղտոտվածության համալրության գործակցի միջին տարեկան արժեքը: Ջրի աղտոտվածության համալրության գործակիցը հանդիսանում է շատ պարզ, բայց միևնույն ժամանակ ջրի որակի վրա մարդածին ազդեցության բավական ստույգ գնահատական: Դրա արժեքների միջակայքն է 0 –1: Որքան մեծ է նրա արժեքը, այնքան ջրին բնորոշ է բարձր համալիր աղտոտվածություն, այնքան ցածր է ջրի որակը և ջրի որակի ձևավորման վրա այնքան մեծ ազդեցություն ունեն մարդածին գործոնները: Աղտոտվածության համալրության գործակցի աճը հաճախ վկայում է դիտարկվող ջրում նոր աղտոտող

նյութերի հայտնվելու մասին: Եթե $K \geq 0.1$, կիրառվում է ջրի որակի գնահատման համալիր եղանակ, իսկ երբ $K < 0.1$, ապա ջրի աղտոտվածությունը պայմանավորված է հատուկենտ բաղադրիչներից և պետք է կատարել դիֆերենցացված հետազոտություն:

Գետի աղտոտվածության համալիր գնահատման համար որոշվում է ընդհանրացված գնահատող բալի (ԸԳԲ) և ջրի աղտոտվածության տեսակարար կոմբինատոր ինդեքսի (ՋԱՏԿԻ) արժեքները: ԸԳԲ-ի և ՋԱՏԿԻ-ի որոշման համար նախ հաշվում են աղտոտվածության դեպքերի կրկնվողականությունը՝ α_i , որը հավասար է.

$$\alpha_i = \frac{n'_i}{n_i} \cdot 100\%,$$

որտեղ n'_i -ն տվյալ դիտակետում ուսումնասիրվող ժամանակահատվածի, այս դեպքում տարվա ընթացքում, i -րդ ցուցանիշի այն արժեքների թիվն է, որոնք գերազանցում են իրենց ՍԹԿ-ն; n_i -ն՝ տվյալ դիտակետում տարվա ընթացքում i -րդ ցուցանիշի արժեքների ընդհանուր թիվն է: Ըստ α_i -ի արժեքի տրվում է ջրի աղտոտվածության տեսականությունը:

Այնուհետև որոշում են ՍԹԿ-ն գերազանցման պատիկության միջին արժեքը՝ β_i , որը հաշվվում է փորձանմուշում որոշված միայն այն ցուցանիշների համար, որոնք գերազանցել են ՍԹԿ-ն (նորմաների սահմաններում դիտվող ցուցանիշները հաշվարկի մեջ չեն ներառվում): β_i -ն որոշում են [3, 47, 48].

$$\bar{\beta}_i = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ij} / U\theta\psi_i}{n'_i} \quad \text{բանաձևով,}$$

որտեղ C_{ij} -ն j -րդ փորձանմուշում i -րդ ցուցանիշի կոնցենտրացիան է, որը գերազանցել է իր ՍԹԿ-ն, իսկ $U\theta\psi_i$ -ն՝ i -րդ ցուցանիշի սահմանային թույլատրելի նորմն է: Լուծված թթվածնի համար, օրինակ,

$$\sum_{i=1}^n \frac{U\theta\psi_{O_2}}{C_{iO_2}},$$

β_i -ի միջոցով տրվում է ջրի աղտոտվածության մակարդակը:

Աղտոտվածության դեպքերի կրկնվողականության և ՍԹԿ-ի գերազանցման պատիկության միջին արժեքի միջոցով որոշվում է աղտոտվածության դեպքերի կրկնվողականության մասնակի գնահատման բալլը՝ S_{α_i} (աղ. 1), և ՍԹԿ-ի գերազանցման պատիկության մասնակի գնահատման բալլը՝ S_{β_i} (աղ. 2), որոնց միջոցով էլ հաշվում են ԸԳԲ և ԶԱՏԿԻ արժեքները.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{N_j} S_{\alpha_i} \cdot S_{\beta_i}}{N},$$

որտեղ $S_{\alpha_i} S_{\beta_i}$ արտադրյալը տվյալ դիտակետի համար ջրի աղտոտվածության ըստ առանձին ցուցանիշների ընդհանրացված գնահատող բալն է, որը ցույց է տալիս ուսումնասիրված աղտոտիչներից յուրաքանչյուրի ներդրման չափը ջրի ընդհանուր աղտոտվածության մեջ: Բաղադրիչները, որոնց համար ընդհանուր գնահատումային բալլ մեծ կամ հավասար է մեկի, առանձնացվում են որպես աղտոտվածության սահմանային ցուցանիշներ: Աղտոտվածության կոմբինատորային ինդեքսը հաշվարկվում է որպես բոլոր հաշվարկվող բաղադրիչների գնահատումային բալլերի գումար: Այսինքն S -ը տվյալ դիտակետի համար ջրի աղտոտվածության տեսակարար կոմբինատոր ինդեքսն է, որը ջրի աղտոտվածության համալիր գնահատականն է, N -ը՝ գնահատման մեջ հաշվի առնվող ցուցանիշների թիվը: ԸԳԲ-ի արժեքը տատանվում է 1-16 տիրույթում, և մեծ արժեքներին համապատասխանում է ջրի վատագույն որակ: Եթե այն ≥ 9 -ից, ապա որոշվում է ջրի աղտոտվածության կրիտիկական ցուցանիշը՝ F [3,8,47]:

F -ի արժեքի միջոցով որոշվում է պահուստային գործակիցը՝ k -ն [3,47].

$$k = 1 - 0.1 \cdot F :$$

k -ն հաշվվում է, երբ $F \leq 5$, իսկ երբ $F > 5$, ապա ջուրը առանց հաշվարկների միանգամից դասում են 5-րդ դասին և գնահատվում է որպես «արտակարգ կեղտոտ»: Ինդեքսի ցածր արժեքներին համապատասխանում է ջրի լավ որակ, իսկ բարձր արժեքներին՝ վատ: Զրի որակի դասակարգման համար կիրառվում են k -ի, N -ի և S -ի արժեքները: Բնական ջուրը ըստ որակի բաժանվում է 5 դասի [47]՝

Գետի ջրի որակի դասակարգումը ըստ առանձին ջրաքիմիական ցուցանիշներով աղտոտվածության դեպքերի կրկնվողականության:

Աղտոտվածության դեպքերի կրկնվողականություն, %	Ջրի աղտոտվածության բնույթը	Ընդհանրացված գնահատող բալ՝ ըստ կրկնվողականության, $S_{\alpha i}$	Կրկնվողականության արժեքի 1%-ին բաժին ընկնող ընդհանրացված գնահատող բալի մասը
[1*; 10]	հազվադեպ	[1; 2)	0.11
[10; 30]	անկայուն	[2; 3)	0.05
[30; 50]	կայուն	[3; 4)	0.05
[50; 100]	բնութագրական	4	-

* առավել փոքր արժեքների դեպքում $S_{\alpha i} = 0$

Գետի ջրի որակի դասակարգումն ըստ առանձին ջրաքիմիական ցուցանիշներով ՍԹԿ գերազանցման պատիկության արժեքի:

ՍԹԿ գերազանցման պատիկության արժեքը	Ջրի աղտոտվածության մակարդակի բնույթը	Ընդհանրացված գնահատող բալ՝ ըստ ՍԹԿ գերազանցման պատիկության, $S_{\beta i}$	ՍԹԿ գերազանցման պատիկության արժեքի 1%-ին բաժին ընկնող ընդհանրացված գնահատող բալի մասը
(1; 2)	ցածր	[1; 2)	1.00
[2; 10)	միջին	[2; 3)	0.125
[10; 50)	բարձր	[3; 4)	0.025
[50; ∞]	արտակարգ բարձր	4	0.025

1-ին կարգ՝ պայմանականորեն մաքուր, $S \leq N^*k$

2-րդ կարգ՝ քիչ աղտոտված, $N^*k < S \leq 2^*N^*k$

3-րդ կարգ՝ աղտոտված, $2^*N^*k < S \leq 4^*N^*k$

3ա-րդ կարգ՝ աղտոտված, $2^*N^*k < S \leq 3^*N^*k$

3բ-րդ կարգ՝ շատ աղտոտված, $3^*N^*k < S \leq 4^*N^*k$

4-րդ կարգ՝ կեղտոտ, $4 \cdot N^*k < S \leq 11 \cdot N^*k$

4ա-րդ կարգ՝ կեղտոտ, $4 \cdot N^*k < S \leq 6 \cdot N^*k$

4բ-րդ կարգ՝ կեղտոտ, $6 \cdot N^*k < S \leq 8 \cdot N^*k$

4գ-րդ կարգ՝ շատ կեղտոտ, $8 \cdot N^*k < S \leq 10 \cdot N^*k$

4դ-րդ կարգ՝ շատ կեղտոտ, $10 \cdot N^*k < S \leq 11 \cdot N^*k$

5-րդ կարգ՝ արտակարգ կեղտոտ, $S > 11 \cdot N^*k$ կամ $F > 5$

ԶԱՏԿԻ ջրային օբյեկտը համալիր գնահատում է միայն ջրաքիմիական ցուցանիշներով, և կախված մեթոդում օգտագործված նորմատիվներից բնութագրում է խմելու, ռեկրեացիոն, ձկնաբուծական և ոռոգման նպատակներով կիրառման պիտանելիությունը [3,47]: ԶՈԿԻ-ի նկատմամբ ԶԱՏԿԻ-ի առավելությունը այն է, որ այս դեպքում համակցված են գնահատման դիֆերենցման և համալիր մեթոդները, որի արդյունքում ցուցանիշների տարբեր չափման միավոր և չափման տիրույթ ունեցող կոնցենտրացիայի արժեքները վերածվում են միևնույն չափման տիրույթ ունեցող հաշվարկային պարամետրերի: Դրանց միջոցով հնարավոր է պարզել ջրային ռեսուրսի որակը ձևավորող աղտոտիչների շարքը, կատարել աղտոտման չափերի համեմատություն, որոշել աղտոտման աղբյուրները: ԶԱՏԿԻ-ի այս առավելության շնորհիվ ջրերի որակի գնահատման ժամանակ պարտադիր է դառնում նրա կիրառելիությունը կանադական ինդեքսի հետ համատեղ: Նշված մեթոդի թերություններն են.

1. ՍԹԿ-ի գերազանցման բազմապատիկության բալերը հաշվարկվում են հատուկ աղյուսակի օգնությամբ օգտագործելով ՍԹԿ-ի գերազանցման բազմապատիկության միջին արժեքը 1-4 սանդղակով:
2. ՍԹԿ-ի գերազանցման դեպքերի կրկնելիության բալը ևս հաշվարկվում է հատուկ աղյուսակի օգնությամբ, 1-4 սանդղակով:
3. Ընդհանուր գնահատումային բալը որոշվում է ևս աղյուսակային մեթոդով 1-16 սանդղակով:

Երևանի պետական համալսարանի Էկոլոգիական քիմիայի ամբիոնում և Էկոլոգիական անվտանգության կենտրոնում ՀՀ որոշ գետերի և ջրամբարների ջրի որակի գնահատման համար օգտագործվել են ջրի որակի մի շարք ինդեքսներ՝

ՋԱԻ,ՋՈԿԻ, ՋՈՄԻ, ՋՈՕԻ և ՋՈՏԿԻ [9,50-56]: Այսպես գնահատվել են Արփա, Ազատ և Վեդի գետերի [50], Մարմարիկ [9] և Հրազդան [9,56] գետերի, Կուրի ավազանի ՀՀ գետերի [51] Սյունիքի Մարզի գետերի [52], Սևանի ավազանի գետերի [53], Ախուրյան գետի [54,56] և Արփի, Ախուրյան, Կեչուտի, Ապարանի, Ազատի և Երևանյան լիճ ջրամբարների [55] ջրերի աղտոտվածության աստիճանը:

1.2 Ըստ եվրոպական միության ջրային շրջանակային դիրեկտիվի

ՀՀ մակերևութային ջրերի որակի գնահատման նոր համակարգ

Ըստ եվրոպական միության (ԵՄ) կողմից մշակված ջրային շրջանակային դիրեկտիվի (ՋՇԴ) (2000/60/EC)՝ եվրոպական բոլոր մակերևութային ջրերը 2015թ-ից հետո պետք է ունենան էկոլոգիական լավ վիճակ, իսկ ջրի վատ որակ ունեցող ջրային օբյեկտները պետք է նպատակային միջոցառումների միջոցով բարելավեն որակը մինչև ավելի լավ կարգավիճակ [57]: ԵՄ անդամ երկրներից յուրաքանչյուրը ՋՇԴ-ի համաձայն ջրի որակի դասակարգման համար մշակել է դասակարգային սխեմաներ [51-53,58-61]: Օրինակ, Ֆրանսիայում գետերի ջրերի որակի դասակարգման համար կիրառվում է SEQ-համակարգն, որը բաղկացած է երեք բաժիններից: Ջրի որակը դասակարգելու համար առանձնացնվում են 15 նկարագրիչներ 156 ցուցանիշներով՝ հաշվի առնելով համանման գործոնները և ներգործությունները [58]: Գնահատումն իրականացվում է սահմանային արժեքների աղյուսակի օգտագործմամբ, որը սահմանում է դասերի սահմանները: Այնուհետև հաշվարկվում են ինդեքսի արժեքները, որոնց հիման վրա ջրի որակը դասակարգվում է 5 դասի՝ ելնելով ջրօգտագործման համար պիտանիությունից: Գերմանիայում մշակված ջրի քիմիական որակի դասակարգման սխեման բաղկացած է 4 հիմնական դասերից և 3 ենթադասերից՝ համանման կենսաբանական դասակարգմանը: Ստացված գնահատականները ներկայացվում են քարտեզավորման միջոցով՝ գունային կոդերի միջոցով [59]:

Դանուբ գետի ավազանում ԵՄ ՋՇԴ (2000/60/EC) իրականացման համար մշակված ծրագրի համաձայն ջրի որակի գնահատումը իրականացվում է ըստ առանձին ցուցանիշների [60]: Դասակարգման այս սխեմայում ցուցանիշները

դասակարգվում են հինգ դասի: I դասը արտահայտվում է «հղումային» վիճակը կամ ֆոնային կոնցենտրացիան, II դասը նպատակային արժեքն է, որը պետք է պահպանել, III-V դասերը դասակարգման սխեմայում «չիրականացվող» մասն է, և նրանց արժեքները սովորաբար 2-5 անգամ մեծ են նպատակային արժեքից [59]:

Համաձայն ԵՄ ԶՇԴ-ի գետերի ջրերի որակի գնահատման ժամանակ կենսաբանական մոնիտորինգի բացակայության պատճառով գնահատումը կատարվել է միայն ջրի որակի քիմիական ցուցանիշների կիրառմամբ: Հաշվի են առնվել ջրաքիմիական ցուցանիշների բնական ֆոնային կոնցենտրացիաները: Ֆոնային կոնցենտրացիաների որոշումը համաձայն ԵՄ ԶՇԴ-ի կատարվել է հավանականությունների լոգնորմալ բաշխման ֆունկցիայի կիրառմամբ վիճակագրական մեթոդով: «Հղումային վիճակը» ակնկալվող ֆոնային վիճակն է մարդածին ճնշման ազդեցության ամբողջությամբ բացակայության կամ աննշան լինելու դեպքում: Այն սերտորեն կապված է ՖԿ-ի հետ: Ֆոնային կոնցենտրացիա է անվանվում ջրի որակի ցուցանիշի կոնցենտրացիայի արժեքը՝ նախքան որևէ աղտոտման աղբյուրի ազդեցության ենթարկվելը [61]:

ՖԿ-ի հաշվարկները կատարվել են ՀՀ գետերի 2005-2010թթ. ջրաքիմիական մոնիտորինգի հիման վրա:

ՀՀ կառավարության «Կախված տեղանքի առանձնահատկություններից՝ յուրաքանչյուր ջրավազանային կառավարման տարածքի ջրի որակի ապահովման նորմերը սահմանելու մասին» որոշմամբ (ՀՀ կառավարության 2011 թվականի մարտի 27-ի N 75-Ն որոշում) ՀՀ-ում մակերևութային ջրերի որակի գնահատման համակարգը ջրի քիմիական որակի յուրաքանչյուր ցուցանիշի համար տարբերակում է կարգավիճակի հինգ դաս՝ «գերազանց» (1-ին դաս), «լավ» (2-րդ դաս), «միջակ» (3-րդ դաս), «անբավարար» (4-րդ դաս) և «վատ» (5-րդ դաս): Ջրի քիմիական որակի ընդհանրական գնահատականը ձևավորվում է վատագույն որակ ցուցաբերող ցուցանիշի դասով [62]:

Եթե մակերևութային ջրային օբյեկտի որակի տարբեր ցուցանիշներ ընկնում են որակի տարբեր դասերի մեջ, ապա վերջնական դասակարգման մեջ հաշվի է

առնվում վատագույնը: Գործում է հետևյալ սկզբունքը. «Եթե մեկը վատ վիճակում է, ապա բոլորն են վատ վիճակում» կամ «մեկը դուրս՝ բոլորը դուրս» սկզբունքը:

Աղյուսակ 3

Ըստ ԵՄ ԶՇԴ-ի գետերի ջրի որակի դասակարգում 5 բալանոց համակարգով:

Ջրի որակի դասերը	Գունավորում	Ջրի որակը
1		Գերազանց
2		Լավ
3		Միջակ
4		Անբավարար
5		Վատ

ՀՀ գետերի ջրի որակի ընդունված նոր նորմերի առավելություններն են

- Էկոլոգիական նորմերի դասակարգման հիմքում ընկած են բնական ՖԿ-ները:
- Ցուցանիշների ընտրությունը կատարվել է հաշվի առնելով ՀՀ մակերևութային ջրերի վրա առկա ճնշումները (հիմնականում 43 ցուցանիշ):
- Ջրի որակի վրա իրական ճնշումների բացահայտում:
- Գետավազանային հատուկ աղտոտիչների բացահայտում:
- Սահմանվել են ՀՀ 14 խոշոր գետավազանների համար:

ՀՀ գետավազանների համար «հղումային վիճակ» դիտակետերի ընտրություն

1. Հարավային ջրավազանային կառավարման տարածք՝ Որոտան, Ողջի գետերի գետավազաններ:
2. Արարատյան ջրավազանային կառավարման տարածք՝ Արփա, Վեդի, Ազատ գետերի գետավազաններ:
3. Սևանի ջրավազանային կառավարման տարածք՝ Արգիճի, Կարճաղբյուր, Մասրիկ, Սոթք, Ձկնագետ, և այլ գետերի գետավազաններ:

ՀՀ կառավարության 2011 թվականի հունվարի 27-ի N 75-Ն որոշման

Հյուսիսային ջրավազանային կառավարման տարածքի Դեբեդ գետի ավազանի գետերի ջրերի որակի էկոլոգիական նորմերը:

Որակի ցուցանիշներ	Որակի դասը					Միավորը
	I	II	III	IV	V	
Լուծված թթվածին	>7	>6	>5	>4	<4	մգ _{o2} /լ
ԹԿՊ ₅	3	5	9	18	>18	մգ _{o2} /լ
ԹՔՊ-Cr	10	25	40	80	>80	մգ _{o2} /լ
Կախված մասնիկներ	2.84	3.41	5.68	11.36	>11.36	մգ/լ
Ընդհ. հանքայնացում	142	284	1000	1500	>1500	մգ/լ
Ամոնիում իոն	0.191	0.4	1.2	2.4	>2.4	մգN/լ
Նիտրիտ իոն	0.012	0.06	0.12	0.3	>0.3	մգN/լ
Նիտրատ իոն	1.62	2.5	5.6	11.3	>11.3	մգN/լ
Ֆոսֆատ իոն	0.031	0.1	0.2	0.4	>0.4	մգ/լ
Ցինկ, ընդհանուր	4.3	100	200	500	>500	մկգ/լ
Պղինձ, ընդհանուր	3.0	23.0	50	100	>100	մկգ/լ
Քրոմ, ընդհանուր	1.3	11.3	100	250	>250	մկգ/լ
Արսեն, ընդհանուր	0.42	20	50	100	>100	մկգ/լ
Կադմիում, ընդհանուր	0.24	1.24	2.24	4.24	>4.24	մկգ/լ
Կապար, ընդհանուր	0.66	10.66	25	50	>50	մկգ/լ
Նիկել, ընդհանուր	1.10	11.10	50	100	>100	մկգ/լ
Մոլիբդեն, ընդհանուր	0.76	1.52	3.04	6.08	>6.08	մկգ/լ
Մանգան, ընդհանուր	32.0	64.0	128.0	256.0	>256.0	մկգ/լ
Վանադիում, ընդհ.	2.9	5.8	11.6	23.2	>23.2	մկգ/լ
Կոբալտ, ընդհանուր	1.4	2.8	5.6	11.2	>11.2	մկգ/լ
Երկաթ, ընդհանուր	0.09	0.18	0.5	1	>1.00	մգ/լ
Կալցիում	40	100	200	300	>300	մգ/լ
Մագնեզիում	7.2	50	100	200	>200	մգ/լ
Կալիում	1.4	2.8	5.6	11.2	>11.2	մգ/լ
Նատրիում	9.02	18.04	36.08	72.16	>72.16	մգ/լ
Ալյումին	258.6	517.2	1034.4	5000	>5000	մկգ/լ
Սելեն, ընդհանուր	1	20	40	80	>80	մկգ/լ
Ծարիր, ընդհանուր	0.22	0.44	0.88	1.76	>1.76	մկգ/լ
Անագ, ընդհանուր	0.11	0.22	0.44	0.88	>0.88	մկգ/լ
ԹՔՊ-Mn	2.21	10	15	20	>20	մգ _{o2} /լ
Ընդհանուր ֆոսֆոր	0.050	0.2	0.4	1	>1	մգ/լ
Քլորիդ իոն	6.3	12.6	150	200	> 200	մգ/լ
Սուլֆատ իոն	35.42	70.84	150	250	> 250	մգ/լ

- 4 Հրազդանի ջրավազանային կառավարման տարածք՝ Հրազդան գետ (Գեղամավանի դերիվացիոն ջրանցքի և միջին, ներքին հոսանքներ), Քասաղ, Մարմարիկ գետերի գետավազաններ:
 - 5 Ախուրյանի ջրավազանային կառավարման տարածք՝ Մեծամոր, Ախուրյան գետերի գետավազաններ:
 - 6 Հյուսիսային ջրավազանային կառավարման տարածք՝ Կուր գետի փոքր վտակներ, Աղստև, Դեբեդ գետերի գետավազաններ:
- Չեն մշակվել ջրի որակի նոր նորմեր Սևանա լճի և Արաքս գետի համար:
Անհրժեշտություն կա հաշվարկել ՖԿ ըստ սեզոնների, ինչպես նաև ՖԿ սահմանել ելնելով ջրօգտագործման նշանակությունից [62.63]:

ԳԼՈՒԽ II

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԱՍ

2.1 Ուսումնասիրման օբյեկտների նկարագրությունը

Աշխատանքում որպես ուսումնասիրության օբյեկտ ընտրվել են Կուր գետի ավազանի Դեբեդ գետը և նրա ջրահավաք ավազանի Փամբակ, Ձորագետ, Մարցիգետ, Տաշիր և Ախթալա գետերը, ինչպես նաև Աղստև գետն ու նրա վտակ Գետիկը: Ուսումնասիրվել է նաև Արաքս գետի ավազանի Ողջի, Գեղի և Արծվանիկ գետերը, Որոտան, Գորիս, Սիսիան, Արփա գետերը, Կեչուտի ջրամբարն ու Սևանա լիճը:

2.1.1 Դեբեդ գետի ավազանի գետերի ջրաբանական նկարագրությունը

Դեբեդը Կուր գետի ավազանի ամենախոշոր գետն է: Այն կազմվում է երկու գետակներից, որոնցից մեկը Փամբակն է, որն սկիզբ է առնում Զաջուտի լեռնանցքի մոտից, իսկ մյուսը՝ Ձորագետը, որը սկսվում է Լոռվա սարահարթը եզրապատող լեռներից: Դրանք իրար են միանում Թումանյան կայարանից երկու կմ հյուսիս: Դեբեդը Հայաստանի Հանրապետության ամենաջրառատ լեռնային գետն է: Դեբեդը կազմվում է Ձորագետի ու Փամբակի միացումից և թափվում է Խրամի գետ: Երկարությունը, հաշված Փամբակի ակունքներից, 178 կմ է, 152 կմ Հայաստանում, մնացածը՝ Վրաստանում: Ավազանը՝ 4080 կմ² է, որից 3790 կմ² Հայաստանում: Ունի խառը սնում, անհավասարաչափ ռեժիմ. հորդանում է գարնանը՝ բարձրանալով մինչև 1մ: Դեբեդն ունի հիդրոէներգետիկ և ոռոգման կարևոր նշանակություն: Հիմնականում նրա ջրերով է ոռոգվում Նոյեմբերյանի շրջանի ցածրադիր վայրերի պտղատու այգիների մեծ մասը: Նշանավոր վտակներն են՝ Մարցիգետը, Աջիրը, Շնողը [64-67]:

Դեբեդ գետի ջրի որակի մոնիտորինգի դիտակետերը տեղակայված են՝ № 5 - 0.5 կմ Մարցիգետ գետի թափման կետից ներքև ընկած հատվածում, № 6 - 0.5 կմ ք. Այրումից վերև ընկած հատվածում և № 7 - սահմանի մոտ ընկած հատվածում [68,69]:

Փամբակ գետը Դեբեդի հիմնական վտակն է: Գետի երկարությունը 86 կմ է, ավազանը 1370 կմ² է: Շրջապատված է՝ հյուսիսից Բազումի, հարավից՝ Փամբակի

լեռնաշղթաներով: Առավել խոշոր վտակը Գետիկն (Չիչխան) է, որը Փամբակ գետ է թափվում գետաբերանից 52 կմ հեռավորության վրա [64-67]: Փամբակ գետի ջրի որակի մոնիտորինգի 4 դիտակետերը տեղակայված են՝ № 1 - 0.5 կմ գ. Արտաշենից վերև, № 2- 0.5 կմ ք. Սպիտակից ներքև, № 3 - 0.5 կմ ք. Վանաձորից վերև և № 4- 4.5 կմ ք. Վանաձորից ներքև [68,69]:

Ձորագետը Դեբեդի խոշոր վտակներից: Երկարությունը 67 կմ է: Սկիզբ է առնում Զավախքի լեռնաշղթայի լանջերից: Լեռնահարթավայրային տիպի գետ է: Վերին հոսանքում՝ Լոռվա դաշտում, ունի հարթավայրային բնույթ՝ դանդաղահոս է, ցածրադիր, երբեմն ճահճապատ ավերով և հաճախ առաջացնում է գալարներ: Ստեփանավան քաղաքից ներքև գետը, ընդունելով Տաշիր խոշոր վտակը, մտնում է խոր, մինչև 100-120 մ խորությամբ, կիրճերի մեջ: Գետահովիտը նեղանում է՝ վերածվելով կիրճի, այնուհետև նեղ ու խորը կանիոնի: Ձորագետի ջրահավաք ավազնի մակերեսը 1460 կմ² է [64-67]: Ձորագետի ջրի որակի մոնիտորինգի դիտակետերը տեղակայված են՝ № 8 - 0.5 կմ ք.Ստեփանավանից վերև և № 10- գետաբերանում [68,69]:

Մարցիգետը Դեբեդի աջ վտակն է: Երկարությունը՝ 29 կմ է, ավազանը՝ 252 կմ²: Սկիզբ է առնում Գուգարաց լեռների Պաղակն լեռնագագաթի հարավային լանջից, մոտ 2000 մ բարձրությունից: Անտառապատ ձորով հոսում է դեպի հարավ-արևմուտք, ապա՝ հյուսիս-արևմուտք: Թումանյան քաղաքատիպ ավանի մոտ թափվում է Դեբեդի մեջ: Սնումը խառն է՝ գարնանային հորդացումներով, ամառային վարարումներով: Դիտվում են թույլ ակտիվության ջրաքարային սելավներ [64-67]: Մարցիգետի ջրի որակի մոնիտորինգի № 13 դիտակետերը տեղակայված է գետաբերանում՝ Դեբեդ գետի մեջ թափման կետում [68,69]:

Տաշիր գետը սկիզբ է առնում Վիրահայոց լեռների արևմտյան մասից Գետավան գյուղից 4 կմ հարավ ձախից միախառնվելով Ձորագետին: Ունի 54 կմ երկարություն: Գետի վտակներից է Աչքաջուրը [64-67]: Տաշիր գետի ջրի որակի մոնիտորինգի դիտակետերը տեղակայված են՝ № 11 - 0.5 կմ գ. Միխայլովկայից վերև և № 12- 0.5 կմ գ. Սարատովկայից ներքև[68,69]:

Ախթալա գետը Դեբեդի ձախակողմյան վտակն է: Սկիզբ է առնում Վիրահայոց լեռներից: Երկարությունը 14 կմ է, ջրահավաք ավազանի մակերեսը 48,42 կմ²: Գետի հիմնական աղտոտման աղբյուրն է Ախթալայի պոչամբարը [64-67]: Թափվում է Դեբեդ գետը Ախթալա ավանի մոտ: Մոնիտորինգային № 14 - դիտակետը գտնվում է գետաբերանում [68,69]:



Նկ.1 Դեբեդ գետի ավազանի մակերևութային ջրերի մոնիտորինգի դիտացանցը:

2.1.2 Աղստև գետի ավազանի գետերի ջրաբանական նկարագրությունը

Աղստև գետը սկիզբ է առնում Փամբակի լեռնաշղթայի հյուսիսային լանջերից 3000մ բարձրությունից: Վերին հոսանքում սկզբում հոսում է Մարգահովտի գոգավորությունով, այնուհետև նեղ կիրճով, ապա ընդարձակվում Դիլիջան և Իջևան քաղաքների մոտ: ՀՀ-ից դուրս գետը հոսում է հարթավայրով և թափվում Կուր գետը՝ Կցիա-Խրամի գետի գետաբերանից 32կմ ներքև: Գետի երկարությունը 121կմ է, ջրհավաք ավազանի մակերեսը 2500կմ² (հանրապետության տարածքում, համապատասխանաբար, 81կմ և 1730կմ²): Վերին հոսանքներում և միջին հոսանքների շրջանում այն ամբողջովին անտառածածկ է, ուստի այստեղ սելավներ

չեն առաջանում, սակայն ավազանի մի զգալի մասը, հատկապես Դիլիջան քաղաքը և նրա հարակից շրջանները, գտնվում են ակտիվ սողանքների շրջանում:

Աղստև գետի սնման մեջ գերակշռում է մակերևութային հոսքը, այսինքն հիմնականում ունի հալոցքաանձրևային սնում. հալոցքային՝ 41%, անձրևային՝ 27%, ստորերկրյա՝ 32%: Գարնանային հորդացումը սկսում է ապրիլից և երկարաձգվում մինչև հուլիս [64-67]:

Աղստևի ձախակողմյան վտակներից են Բլդանը՝ 15 կմ, Շտողանը՝ 16 կմ, Հաղարծինը՝ 10 կմ, Դեղին աղբյուրը՝ 12 կմ, Սառնաջուրը՝ 31 կմ, Մթնածորը՝ 14 կմ, Աչաջուրը՝ 10 կմ, Սևքարը՝ 10 կմ, Զողազը՝ 38 կմ, իսկ աջակողմյան վտակներն են՝ Հովջուրը (Գոլովինկան)՝ 11 կմ, Կոբխանը՝ 10 կմ: Առավել խոշոր վտակներն են Գետիկը և Ոսկեպարը: Աղստև գետի ջրի որակի մոնիտորինգի դիտակետերը տեղակայված են՝ № 15 - 1.2 կմ Դիլիջան քաղաքից վերև, № 16 - 0.5 կմ Դիլիջան քաղաքից ներքև, № 17 - 1 կմ Իջևան քաղաքից վերև և № 18 - 8 կմ Իջևան քաղաքից ներքև՝ սահմանի մոտ [68,69]:

Գետիկը սկիզբ է առնում Սևանի լեռնաշղթայի Քաշաթաղ գագաթի հյուսիս-արևմտյան լանջերի աղբյուրներից, 2450 մետր բարձրությունից, հոսում է հյուսիս-արևմուտք: Խոշոր վտակները երկուսն են, երկուսն էլ ձախակողմյան, որոնցից է Բարեբերը: Վերին հոսանքում հարթավայրային է, Մարտունի գյուղից մինչև գետաբերան տիպիկ լեռնային է, այստեղ հոսում է խոր, անտառապատ V-աձև հովտով՝ շրջապատված Արեգունու և Միափորի լեռնաշղթաներով: Սնումը հիմնականում ձնաանձրևային է, ջրի միջին տարեկան ծախսը՝ 2,95 մ³/վրկ: Վարարում է մայիս-հունիսին: Աղստև գետի մեջ է թափվում աջ ափից, գետաբերանից 63 կմ հեռավորության վրա՝ Հաղարծին գյուղից 5 կմ ներքև [64-67]:

Դիլիջան, Իջևան, Ճամբարակ քաղաքների կոմունալ – կենցաղային ջրերն առանց մաքրման կամ նախնական մասնակի մեխանիկական մաքրումից հետո թափվում են Աղստև գետը: Աղստևի ջրհավաք ավազանի տարածքում տեղակայված են արդյունաբերական համեմատաբար խոշոր ձեռնարկություններ, մասնավորապես գորգագործական ֆաբրիկան և փայտամշակման կոմբինատը, որոնց

թափոնաջրերը, մաքրման կայանների անսարքության պատճառով, նույնպես գետ են թափվում առանց նախնական մաքրման: Գետիկ գետի ջրի որակի մոնիտորինգի դիտակետերը տեղակայված են՝ № 19 - 0.5 կմ Վահան գյուղից վերև և № 20 - Աղստև թափվելու վայրում, 1.5 կմ Հաղարծին գյուղից ներքև [68,69]:



Նկ.2 Աղստև գետի ավազանի մակերևութային ջրերի մոնիտորինգի դիտացանցը:

2.1.3 Արփա գետի ավազանի գետերի և Կեչուտի ջրամբարի ջրաբանական նկարագրությունը

Արփա գետը սկիզբ է առնում Զանգեզուրի և Վարդենիսի հորդաբուխ աղբյուրներից: Վերին հոսանքում գետը դանդաղահոս է, բայց դեռ չհասած Զերմուկ առողջարան՝ դառնում է արագահոս և, ճեղքելով Վարդենիսի լեռնալանջերը, գահավիժում է անտառապատ խոր կիրճը: Զերմուկից ներքև Արփան հոսում է գալարումներով և իր ընթացքը մերթ արագ, մերթ դանդաղ շարունակում է մինչև Արենի գյուղը: Ստորին հոսանքում Արփան բաժանվում է բազմաթիվ մեծ ու փոքր առուների և ամռան ամիսներին ամբողջովին օգտագործվում է դաշտերն ու այգիները ջրելու համար: Արաքսի մեջ է թփվում Նախիջևանի Հանրապետության

գրանիտե ժայռերի մեջ: Ողջիի ծայրաստիճան նեղ հովիտը տեղ-տեղ ներկայացնում է ահավոր անդունդ, որի մեջ մոլեգնող գետերը իր հսկայական մեխանիկական ուժի շնորհիվ պոկում է լեռներից վիթխարի ժայռաբեկորներ, մանրացնում դրանք և տանում հասցնում մինչև Արաքս: Ողջի գետը ունի մեծ անկում, որը գետի վերին հոսանքում մեկ կիլոմետրի վրա հասնում է 60 մետրի: Ողջի գետի վտակն է Վաչագանգետը, Նորաշենիկը [64-67]: Ողջի գետի ջրի որակի մոնիտորինգը իրագործվում է չորս դիտակետերում՝ №91 - 1.7 կմ Քաջարանից վերև, № 92 - 1.8 կմ Քաջարանից ներքև, № 93 - 0.8 կմ Կապանից վերև և № 94 - 0.8 կմ Կապանից ներքև [68,69]:

Արծվանիկ՝ գետ Սյունիքի մարզում, Ողջի գետի ձախ վտակն է: Սկիզբ է առնում Բարգուշատի լեռնաշղթայի հարավային լանջերից և Կապան քաղաքից 3 կմ արևելք միախառնվում է մայր գետին: Երկարությունը 17 կմ է [64-67]: Արծվանիկ գետի ջրի որակի մոնիտորինգը իրագործվում է 2 դիտակետերում: № 95 - 0.5 կմ պոչամբարից վերև և № 96 - գետաբերան, 3.0 կմ Կապանից ներքև [68,69]:

Գեղի գետն Ողջիի ձախ վտակն է: Սկիզբ է առնում Զանգեզուրի լեռնաշղթայի կենտրոնական մասից՝ 3130 մ բարձրությունից: Երկարությունը 30 կմ է, ջրահավաք ավազանը՝ 310 կմ²: Գետահովիտը վերին հոսանքում սառցադաշտային տրոգ է, այնուհետև վերածվում է V-աձև և կիրճանման հովտի: Սնումը հիմնականում հալոցքային (51%) և ստորերկրյա (40%) է, վարարումը՝ ապրիլ-հուլիսին: Գեղին սելավատար է. սելավային երևույթները կրկնվում են 3- 5 տարին մեկ: Ավերիչ սելավներ եղել են 1947 թ. և 1956 թ.-ին: Ջրերն օգտագործվում են ոռոգման նպատակով [64-67]: Գեղի գետի ջրի որակի մոնիտորինգը իրագործվում է 2 դիտակետերում՝ № 97 - 0.5 կմ գ.Աջաբաջից վերև և № 98 – գետաբերանում [68,69]:

2.1.5 Որոտան գետի ավազանի գետերի ջրաբանական նկարագրությունը

Որոտանը գետը Սյունիքի մայր գետն է, Արաքսի ձախ վտակը: Սկիզբ է առնում Սյունիքի բարձրավանդակի հյուսիս-արևմտյան լանջերից՝ 3045 մ բարձրության վրա գտնվող Խալխա լճակից ու հարակից աղբյուրներից, իր մեջ է

ընդունում ևս մի քանի մանր լճակներից հոսող առվակների, ինչպես նաև Գորայք գյուղի աղբյուրների ջուրը, ապա դեպի հարավ-արևելք ուղղությամբ հոսում Սիսիանի, Գորիսի տարածքով, ներառում է Հագարի Աղվան վտակը և Միջնավան կայարանից միախառնվում է Արաքսին: Երկարությունը 178 կմ է, ՀՀ սահմաններում՝ 119 կմ, ավազանը 5650 կմ², ՀՀ սահմաններում 2300 կմ²: Որոտան գետի վրա կառուցված է հիդրոկայանների կասկադ՝ երեք հիդրոկայաններով, 404,2 մեգավատ հզորությամբ, տարեկան 1,1 միլիարդ կվտ-ժամ էլեկտրաէներգիայի արտադրությամբ, և չորս ջրամբարներով (Սպանդարյանի, Անգեղակոթի, Տոլորսի, Շամբի): Սպանդարյանի ջրամբարից՝ կառուցվել է 22 կմ երկարությամբ Արփա-Սևան թունելը, որը տարեկան 200 միլիոն մ³ ջուր է տեղափոխում Սևանա լիճ: Գետի սնումը խառն է, ջրի կեսից քիչ պակաս՝ մոտ 40 % -ը ստացվում է լճակներից ու աղբյուրներից, որոնք բխում են առավելապես ձախափնյա լանջից, ստորերկրյա ջրերով հարուստ Սյունիքի բարձրավանդակից: Որոտանը համեմատաբար ջրառատ գետ է. նրա տարեկան հոսքը կազմում է մինչև 600-700 միլիոն մ³: Որոտանի հոսանքը սրընթաց է, ունի հունի մեծ անկում [64-67]: Որոտան գետի ջրի որակի մոնիտորինգը իրագործվում է չորս դիտակետերում՝ № 99 - 0.5 կմ գ. Գորայքից վերև, № 100 - 1.0 կմ Սիսիան քաղաքից վերև, № 101 - 2.0 կմ Սիսիան քաղաքից ներքև և № 102 - 0.5 կմ գ. Որոտանից ներքև [68,69]:

Սիսիանը Որոտանի աջ վտակն է: Սկիզբ է առնում Զանգեզուրի լեռնաշղթայի Շահապոնք լեռնագագաթի հյուսիսային լանջից՝ 3040 մ բարձրությունից: Երկարությունը 33 կմ է, ջրհավաք ավազանը՝ 395 կմ²: Վերին և միջին հոսանքում հոսում է V-աձև հովտով, այնուհետև՝ ընդարձակ, դարավանդային գոգահովտով, որտեղ կառուցված է Տոլորսի ջրամբարը: Սնումը խառն է, գերակշռում է ձնաանձրևայինը (71%), վարարումը՝ մարտ-հունիսին, որի ընթացքում ձևավորվում է տարեկան հոսքի 72%-ը, ամռանը երբեմն հորդանում է: Զրերն օգտագործվում են ոռոգման և էներգետիկ նպատակներով [64-69]: Սիսիան գետի ջրի որակի մոնիտորինգը իրագործվում է 2 դիտակետերում՝ № 103 - 0.5 կմ գ. Արևիսից վերև և № 104 -գետաբերանում [68,69]:

Գորիս գետն Որոտանի ձախ վտակն է: Սկիզբ է առնում Այունիքի բարձրավանդակի Մեծ Իշխանասար լեռնագագաթի հարավ-արևելյան լանջից՝ 2750 մ բարձրությունից: Երկարությունը 29 կմ է, ջրհավաք ավազանը՝ 146 կմ²: Սնումը խառն է. ստորերկրյա (76%), ձնաանձրևային (24%), վարարումը՝ ապրիլ-մայիսին: Ջրերն օգտագործվում են ոռոգման և էներգետիկ նպատակներով [64-67]: Գորիս գետի որակի մոնիտորինգը իրագործվում է 2 դիտակետերում՝ №106 - 3.0 կմ ք. Գորիսից վերև և № 107 - 1.5 կմ ք. Գորիսից ներքև [68,69]:

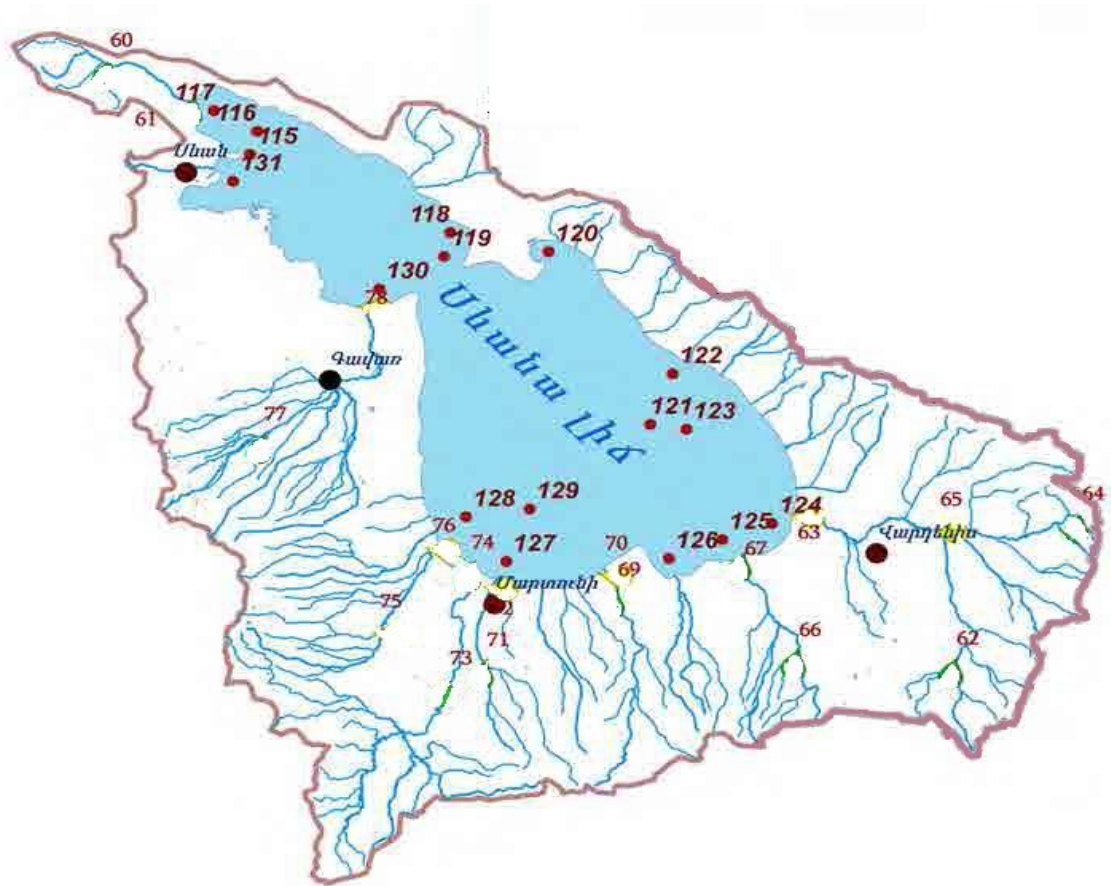


Նկ.4 Ողջի և Որոտան գետերի ավազանի մակերևութային ջրերի մոնիտորինգի դիտացանցը:

2.1.6 Սևանա լճի ջրաբանական նկարագրությունը

Սևանա լիճը գտնվում է Գեղարքունիքի մարզում՝ ծովի մակարդակից մոտ 1900 մետր բարձրության վրա: Այն աշխարհի՝ քաղցրահամ ջուր ունեցող 2-րդ բարձրադիր լիճն է՝ Հարավային Ամերիկայի Տիտիկակա լճից հետո: Երկարությունը 70 կմ է, առավելագույն լայնությունը՝ 55 կմ: Հայելու մակերեսը

կազմում է 1260 կմ², որով ամենախոշորն է Հարավային Կովկասի տարածքում: Միջին խորությունը 26.8 մ է, ամենախոր վայրը՝ 83 մ (Փոքր Սևան): Զրի ծավալը 32,92 մլրդ մ³ է: Սևանա լիճը Շորժայի ստորջրյա թմբով բաժանվում է 2 մասի՝ Մեծ Սևանի (37.7 մ միջին խորություն) և Փոքր Սևանի (50.9 մ միջին խորություն): Լիճ են թափվում 28 մեծ ու փոքր գետակներ, սակայն սկիզբ է առնում միայն Հրազդանը: Վերջինիս շնորհիվ ջրերի տարեկան արտահոսքը կազմում է 0.7 կմ³ [64]: Սևանա լճի ջրի մոնիտորինգային դիտակետերի տեղադրությունն է՝ №115 - 3.5 կմ թերակղզուց դեպի արևելք, №116 - 70° ազիմուտով թերակղզուց, №117- Ձկնագետի գետաբերանի շրջանում, մակերեսից, №117' - Ձկնագետի գետաբերանի շրջանում, 20 մ խորությունից, №118 - 0.5 կմ Շորժայից հարավ-արևմուտք, №119 - 6 կմ Շորժայից հարավ-արևմուտք, մակերեսից, №119- 6 կմ Շորժայից հարավ-արևմուտք, 20 մ խորությունից, №120 - 2 կմ գյ. Արտանիշի 135° ազիմուտով մակերեսից, №120 - 2 կմ գյ. Արտանիշի 135° ազիմուտով 20 մ խորությունից, №121 - 10 կմ գյ. Փամբակից 270° ազիմուտով մակերեսից, №121 - 10 կմ գյ. Փամբակից 270° ազիմուտով 20 մ խորությունից, №122 - 2.2 կմ գյ. Փամբակից 255° ազիմուտով մակերեսից, №122' -2.2 կմ գյ. Փամբակից 255° ազիմուտով 20 մ խորությունից, №123 - 13 կմ գյ. Փամբակից 235° ազիմուտով մակերեսից, №123' - 13 կմ գյ. Փամբակից 235° ազիմուտով 20 մ խորությունից, №124 - Մասրիկ գետի գետաբերանի շրջանում, №125 - Կարճաղբյուր գետի գետաբերանի շրջանում, №126 - Արփա-Սևան թունելի ելքի մոտ, №127- Մարտունի գետի գետաբերանի շրջանում, №128 - 15 կմ գյ. Երանոսից 90° ազիմուտով մակերեսից, №128' - 15 կմ գյ. Երանոսից 90° ազիմուտով 20 մ խորությունից, №129 - 24 կմ գյ. Երանոսից 90° ազիմուտով մակերեսից, №129' - 24 կմ գյ. Երանոսից 90° ազիմուտով 20 մ խորությունից, №130 - 7 կմ գյ. Նորատուսից հյուսիս-արևմուտք, №131 - 7.5 կմ Չկալովկայից հյուսիս, մակերեսից, №131' - 7.5 կմ Չկալովկայից հյուսիս, 20 մ խորքից [68,69]:



Նկ.5 Սևանա լճի ավազանի մակերևութային ջրերի մոնիտորինգի դիտացանցը

2.2 Մակերևութային ջրերից փորձանմուշների վերցման կարգը և դաշտային չափումները

Նմուշը պետք է ներկայացնի գետը, ջրամբարը կամ դրանց որոշ հատվածը և բնութագրի ջրի վիճակը խիստ որոշակի ժամանակահատվածում: Այն աստիճանը, մինչև որ եզակի նմուշը կարող է համարվել բնութագրական ողջ ջրի զանգվածի համար, կախված հետևյալ փաստերից.

- նմուշառված ջրի զանգվածի համասեռությունից,
- նմուշառման կետերի քանակից,
- առանձին նմուշների մեծությունից,
- նմուշառման եղանակից:

Բացի այդ, նախնական մշակումը, տեղափոխումը և պահպանումը պետք է իրականացվեն այնպես, որ ջրի հատկությունները և բաղադրությունը չփոփոխվեն:

Նմուշառման ժամանակ պետք է հաշվի առնել ջրամբարների ֆիզիկաքիմիական և կենսաբանական առանձնահատկությունները [70]:

Ջրերի նմուշների նմուշառումն ու տեղափոխումը կատարվել է համաձայն ISO 5667 միջազգային ստանդարտի: Նմուշառումներն իրականացվել են 1 լիտրանոց պոլիպրոպիլենային պլաստիկ շշերով՝ նախապես առնվազն 3 անգամ ողողելով դրանք նմուշառվող ջրով, այնուհետև սառցային բաղնիքում տեղափոխվել լաբորատորիա՝ հետագա ուսումնասիրման համար: Դաշտային պայմաններում նմուշառվող ջրում YSI Environmental 556 MPS սարքի միջոցով որոշվել են pH-ը և Lթ-ը: Յուրաքանչյուր օրվա չափումից առաջ կատարվել է սարքի համապատասխան ստուգաչափում [71,72]: Լաբորատոր պայմաններում, ջրի նմուշները կոնսերվացվել են 1մլ 3%-ոց ազոտական թթվով: Ջրի նմուշները նախապես ֆիլտրվել են 0.45 մկմ միկրոծակոտկեն մեմբրանային ֆիլտրով: Նմուշները պահվել են 4°C պայմաններում մինչև անալիզի իրականացումը [73]:

Օգտագործվել է գերմաքուր, իոնազրկված ջուր, որն ստացվել է EASYpure II RF ջրի իոնազրկման սարքի միջոցով: EASYpure II RF սարքի միջոցով [74]:

2.3 Օգտագործված սարքավորումներ

Ջրի նմուշներում ծանր մետաղների որոշումը կատարվել է ինդուկցիոն կապված պլազմայով մասս-սպեկտրոմետրի՝ ICP-MS ELAN 9000 (PerkinElmer, ԱՄՆ) սարքի միջոցով: Ինդուկցիոն կապված պլազմայով մասս-սպեկտրոմետրը (ԻԿՊ-ՄՍ) բազմատարր սարքավորում է, որն օգտագործվում է տարբեր տեսակի նմուշներում ավելի քան ութսուն տարրերի ճշգրիտ չափման համար, ինչպես նաև կատարում է իզոտոպային հարաբերությունների չափումներ և արագ կիսաքանակական անալիզ՝ առանց աստիճանավորման: Սարքը հնարավորություն է տալիս նույնականացնելու ինչպես հազվագյուտ, այնպես էլ տարրերի հետքային քանակները լայն տիրույթում, մինչև նգ/լ: Ինդուկցիոն կապված պլազմայով մասս-սպեկտրոմետրիկ մեթոդով որոշման ժամանակ կիրառվել է 99,99% մաքրության արգոն գազ: Որպես ներքին ստուգաչափման լուծույթ օգտագործվել է 1մլ ինդիումի 10մգ/լ լուծույթ [72,74-76]:

2.4 Անալիզի մեթոդներ:

Անալիզի անալիտիկ մեթոդները վերցվել են հետևյալ մեթոդական ձեռնարկներից և աշխատանքներից [54,70,72,77-81]:

Քլորիդ իոն (Cl^-): Գրեթե բոլոր բնական ջրերում, ինչպես նաև անձրևաջրերում, պարունակվում է քլորիդ իոն: Քլորիդ իոնը որոշում են արգենտոմետրիկ եղանակով (Մորի եղանակ): Այս մեթոդով հնարավոր է որոշել 5-150մգ/լ:

Հիդրոկարբոնատ իոն (HCO_3^-): Հիդրոկարբոնատ իոնը որոշում են հակադարձ տիտրման մեթոդով:

Մեթոդի էությունը կայանում է նրանում, որ HCO_3^- իոնները պարունակող ջրին թթու ավելացնելիս, այդ իոնները փոխարկվում են H_2CO_3 -ի, որը հետագայում առաջացնում է CO_2 և H_2O : Այնուհետև CO_2 -ը ջրից հեռացվում է: Տրվում է թթվի ավելցուկ, որը այնուհետև հետ է տիտրվում ինդիկատորի (մեթիլենային կարմիր) ներկայությամբ տետրաբորատի ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) լուծույթով:

Սուլֆատ իոն (SO_4^{2-}): Սուլֆատ իոնների որոշման համար կիրառվում է գրավիմետրիկ մեթոդը, որը կիրառելի է բոլոր տիպի ջրերի մեջ սուլֆատ իոնների որոշման համար: Այս մեթոդով որոշում են SO_4^{2-} -ի 10-5000մգ/լ քանակներ (նմուշի $V=10-200$ մլ): Ավելի բարձր կոնցենտրացիաները կարելի է որոշել նմուշի նոսրացումից հետո:

Մեթոդի էությունը կայանում է նրանում, որ սուլֆատ իոնը նստեցնում են բարիումի չլուծվող աղի տեսքով, հետագա գրավիմետրիկ որոշման համար:

NO_2^- -ի որոշումը: Նիտրիտ իոնի որոշման համար վերցնում ենք նմուշից 50մլ ջուր, ավելացնում 0.1գ Գրիսսի ռեակտիվ: Առաջանում է վարդագույն գունավորում: Թողնում են 40 րոպե, ապա նայում ԿՓԿ-ով 540 նմ ալիքի տակ, 10մմ-ոց կյուվետով: Չափման ժամանակ դնում ենք նաև համեմատական լուծույթ, որը այս դեպքում թորած ջուրն է:

NO_3^- -ի որոշումը: Մեթոդի հիմքում ընկած է մետաղական Cd-ով NO_3^- վերականգնումը: Վերականգնման աստիճանը կախված է լուծույթի pH-ից և առավելագույնը հասնում է, երբ $\text{pH}=9.6$: Հետագա որոշումը կատարվում է Գրիսսի

ռեակտիվով: Որոշման համար նմուշից վերցնում են 100մլ, ավելացնում են 2մլ NH_4Cl լուծույթ և անց ենք կացնում Cd -ով լցված աշտարակով: Առաջին 70 մլ-ը թափում ենք: Մնացած 30մլ-ից վերցնում ենք 25մլ և ավելացնում Գրիսի ռեակտիվ: Առաջանում է վարդագույն գունավորում: Թողնում ենք 40 րոպե, ապա նայում են ֆոտոմետրով՝ 540նմ երկարության ալիքի տակ, 10մմ-ոց քյուվետով: Որպես համեմատական լուծույթ վերցնում ենք թորած ջուրը:

NH_4^+ -ի որոշումը: Որոշման համար նմուշից վերցնում են 100մլ ջուր, ավելացնում 2մլ Նեստլերի ռեակտիվ և 2մլ սեգնետյան աղի լուծույթ: Թողնում են 10րոպե և նայում $\text{K}\Phi\text{K}$ -ով 440նմ ալիքի տակ, 20 մմ-ոց կյուվետով: Որպես համեմատական լուծույթ վերցնում են թորած ջուր:

PO_4^{3-} -ի որոշումը: Ֆոսֆատ իոնի որոշման համար վերցնում ենք 50 մլ նմուշ, ավելացնում 10 մլ ռեակտիվների խառնուրդ (H_2SO_4 -ի լուծույթ, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ և կալիումի ծարիրագինեթթվի լուծույթ): Առաջանում է կապույտ գունավորում նայում են $\text{K}\Phi\text{K}$ -ով 670նմ ալիքի երկարության տակ, 50 մմ կյուվետով: Չափման ժամանակ դրվում է նաև համեմատական լուծույթ (թորած ջուր):

Կախության մասնիկների քանակության որոշում:

Վերցրած նմուշը պետք է պարունակի 100-250մգ կախության նյութեր: Նմուշը ֆիլտրում են նախապես չորացրած և կշռված ֆիլտրերի օգնությամբ: Առաջացած նստվածքը՝ ֆիլտրի վրա, լվանում են ոչ մեծ քանակության թորած ջրով, որից հետո ֆիլտրը նստվածքով տեղափոխում են բյուքս և չորացնում բաց վիճակում 105°C -ի պայմաններում: Այնուհետև բյուքսը փակում են, սառեցնում են էքսիկատորում և կշռում 0.0002 գ ճշտությամբ: Նստվածքի չորացման և կշռման գործողությունները կատարում են մի քանի անգամ մինչև հաստատուն կշիռը:

ԹՔՊ-ի որոշումը բիքրոմատային օքսիդացման մեթոդով:

Որոշման հիմքում ընկած է ծծմբական թթվի միջավայրում կալիումի բիքրոմատով օրգանական նյութերի օքսիդացումը: ԹՔՊ_{cr} – ի որոշման համար 20մլ փորձանմուշին ավելացնում են 10մլ բիքրոմատ, 30մլ ծծմբաթթվական արծաթ՝ խիտ ծծմբական թթվում և եռացնում մոտ 2 ժամ: Սառեցնելուց հետո ավելացնում են 15

կաթիլ ինդիկատորի լուծույթ և տիտրում երկաթաամոնիումային կվարցի լուծույթով՝ մինչև լուծույթի կարմրակապտավունից կապտականաչավունի անցնելը:

ԹԿՊ₅ –ի որոշման համար կիրառվում է սրվակային եղանակը:

Մեթոդը հիմնված է մթության, 20°C-ի և առանց օդի մուտքի պայմաններում փորձանմուշի 5 օր պահումից առաջ և հետո լուծված թթվածնի պարունակության տարբերության վրա: Մեթոդը նախատեսված է մակերևույթային ջրերում կենսաքիմիական օքսիդացման ենթարկվող նյութերի պարունակության մինչև 6մգ O₂/դմ³ ԹԿՊ համապատասխան արժեքների տիրույթում որոշման համար:

Նմուշից վերցվում է որոշակի ծավալ, չափվում լուծված թթվածնի պարունակությունը, բերվում 20°C ջերմաստիճանի և թափահարման միջոցով հազեցվում թթվածնով: Այնուհետև տեղադրվում է թերմոստատում և պահվում 5 օր մթության պայմաններում, որից հետո նորից չափվում լուծված թթվածնի պարունակությունը:

2.5 Ջրի որակի ինդեքսների էլեկտրոնային մոդել

Ջրի որակի ինդեքսները կառուցված են բարդ մաթեմատիկական մոտեցումների և մեխանիզմների հիման վրա, որը բերում է նրանց լայնածավալ կիրառության արգելքների: Դրանց հեշտ և արագ հաշվարկման համար մշակված է WQIECM էլեկտրոնային մոդելը, որը թույլ է տալիս կարճ ժամանակամիջոցում, ավտոմատ եղանակով, անհրաժեշտ տվյալների մուտքագրման շնորհիվ գնահատել տվյալ տարվա կտրվածքով գետի նշված դիտակետում աղտոտվածության աստիճանը միաժամանակ մի քանի ինդեքսներով՝ ՋԱԻ, ՋՈԿԻ, ՋՈՏԿԻ և այլն:

Ծրագիրը հիմնված է 9 էլեկտրոնային excel թերթերի վրա, որոնցից յուրաքանչյուրը պատասխանատու է իր առանձին ֆունկցիայի համար և գործում է ավտոմատ համակարգով [8,9]:

Առաջին թերթում՝ «Data Input», մուտքագրվում են ուսումնասիրվող ջրային օբյեկտի տվյալ մոնիտորինգային դիտակետում նշված տարվա ընթացքում որոշված ջրաքիմիական և ջրաբանական ցուցանիշների ամենամսյա տվյալները:

«Data Input» թերթում անհրաժեշտ ջրաքիմիական և ջրաբանական տվյալների մուտքագրումից հետո մնացած 8 թերթերը աշխատում են ավտոմատ կերպով:

Ծրագրի այս ընդունակությունը կարելի է օգտագործել աղտոտիչների տարբեր համախմբերով գետի նշված հատվածում ջրի որակի գնահատման համար՝ մեծացնելով կամ կրճատելով ինդեքսի հաշվարկներում ընդգրկվող աղտոտիչների քանակը, որը հնարավորություն կտա պարզել առանձին ցուցանիշների ներդրման չափը ջրի համալիր աղտոտվածության մեջ:

Այս թերթում գործում է մի ֆունկցիա, ըստ որի այն ցուցանիշները, որոնց տվյալները առկա են «Data Input» թերթում, ներկվում են վարդագույն գույնով, իսկ բացակայության դեպքում՝ կանաչ:

Ծրագրում ստեղծված է նաև «Pollution Level» թերթը, որտեղ բերվում են ինդեքսների վերջնական ամփոփ տվյալները: Այս թերթում բերվում են ինդեքսների անվանումները, նրանց համապատասխան ստացված արժեքները և ջրի աղտոտվածության դասը:

2.6 Կորելյացիոն կախվածության որոշման մեթոդոլոգիան

$\Delta N < H = A + B \cdot \Delta N$ հավասարման ուսումնասիրման համար ընտրվել է «Origin – 6» էլեկտրոնային ծրագիրը: Նշված հավասարման լուծումից ստացվում A և B հաստատունների արժեքներն ու կորելյացիայի գործակիցը (R): Կորելյացիոն գործակիցը որոշում է կորելյացիայի ուժգնությունը, և կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ. $0 < |R| < 0.3$ ցածր կորելյացիա, $0.3 < |R| < 0.7$ միջին կորելյացիա, $|R| > 0.7$ բարձր կորելյացիա [82,83]:

ԳԼՈՒԽ III

ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ՔՆՆԱՐԿՈՒՄ

ՀՀ որոշ ջրային օբյեկտների ջրի որակի գնահատում

3.1 Ջրային էկոլոգիական համակարգերի վիճակի գնահատման

Էնտրոպիական մոտեցում

Դիսկրետ համակարգերի կառուցվածքում քառսի և կարգավորվածության քանակական կողմը բնութագրվում է վիճակագրական թերմոդինամիկայի կամ ավանդական տեղեկատվական տեսության միջոցով: Երկու դեպքում էլ որպես քառսի չափանիշ կիրառվում է էնթրոպիան: Էկոլոգիական համակարգերում կարող են ընթանալ գործընթացներ ինչպես էնտրոպիայի մեծացմամբ, այնպես էլ փոքրացմամբ: Այդ ժամանակ էկոհամակարգում նյութը բաշխվում է այնպես, որ մի տեղ էնտրոպիան աճում է իսկ մյուս տեղում նվազում է: Բայց ընդհանուր դեպքում համակարգը չի կորցնում իր կարգավորվածությունը: Համակարգի ունակությունը նվազեցնելու կարգավորվածությունը իր ներսում բացատրվում է որպես սինտրոպիա կուտակելու ունակություն: Թերմոդինամիկայում դա L . Բոլցմանի էնթրոպիան է (S), որը վիճակագրորեն արտահայտում է թերմոդինամիկայի երկրորդ սկզբունքը և մոլեկուլային խմբավորումների վերլուծության դեպքում ունի հետևյալ տեսքը.

$$S = k \cdot \ln \Omega,$$

որտեղ Ω - տվյալ վիճակի վիճակագրական կշիռն է՝ հնարավոր միկրովիճակների թիվը, որոնց օգնությամբ կարելի է գալ տվյալ մակրոսկոպիկ վիճակին:

Իսկ տեղեկատվական տեսության մեջ դա H . Շեննոնի էնթրոպիան է (H), որը ծառայում է նաև որպես տեղեկատվության քանակի չափանիշ, որը կապի տեխնիկական ուղիներով փոխանցվում է նշանային հաղորդագրությունների տեսքով [84-86]:

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i ,$$

որտեղ p_i - ն որոշակի դեպքի հանդիպման հաճախության հավանականությունն է:

Շենոնի տեղեկատվական էնտրոպիան սկիզբ է առնում Հարտլիի փորձի էնտրոպիայից, որն երկու տարբեր ելքերի անորոշությունների միջին հանրահաշվականն է [87]: Էնտրոպիան (կամ ելքի անորոշությունը) հավասար է զրոյի, եթե իրադարձություններից մեկի հավանականությունը հավասար է 1, և մաքսիմալ արժեք է ընդունում հավասար հավանական ելքերի դեպքում:

Համակարգի կառուցվածքային կարգավորվածությունն իր հերթին նույնպես գնահատվում է էնթրոպիայի օգնությամբ, սակայն վերցրած հակառակ նշանով: Կարճ ասած, ընդունված է, որ քառսն (էնթրոպիա) ու կարգավորվածությունը (տեղեկատվություն) հավասար են իրար, սակայն իրար հակառակ են ուղղված:

Կառուցվածքային քառսի և կարգավորվածության հարաբերակցությունն հասկանալու առումով վճռորոշ դեր են խաղացել հայտնի ֆիզիկոս Է. Շրեդինգերի [88], Ֆիշերի [89], Կոլգամորոսի [90] և կիբեռնետիկայի հիմնադիր Ն. Վիների [91] աշխատանքները: Է. Շրեդինգերը ֆիզիկական տեսանկյունից հաշվի առնելով, թե ինչ է կյանքը, և հիմնվելով Լ. Բոլցմանի էնթրոպիայի բանաձևի վրա՝ թերմոդինամիկական հավանականության վերաբերյալ գրել է, որ եթե H -ն անկարգության չափն է, ապա $1/H$ -ն ուղղակի կարելի է դիտարկել որպես կարգավորվածության չափ: Քանի որ լոգարիթմ $1/H$ -ը նույնն է, ինչ լոգարիթմ S -ը հակառակ նշանով, ապա Լ. Բոլցմանի հավասարումը մենք կարող ենք գրել հետևյալ տեսքով (էնթրոպիա) $= k \lg(1/H)$: Հիմնվելով իր վիճակագրական տեղեկատվական տեսության վրա, նմանատիպ կարծիք է հայտնել Ն. Վիները, որ տեղեկատվության քանակ հասկացողությունը բնականաբար կապված է դասական վիճակագրական մեխանիկայի՝ էնթրոպիայի հասկացողության հետ:

Կենսացենոզների կառուցվածքայնության աստիճանի գնահատման համար 1955թ. Ռ. Մակ-Արտուրն առաջին անգամ կիրառել է Կ. Շենոնի հավասարումը [92] ընդունելով, որ $p_i = n_i / N$, n_i - կենսացենոզում մի տեսակի առանձնյակների թիվն է, իսկ N - ամբողջ կենսացենոզում առանձնյակների թիվն է: 1957թ. Ռ. Մարգալեֆը կանխադրեց տեսական կոնցեպցիա, որի համաձայն բազմատեսակությունը համապատասխանում է անորոշությանը (այսինքն էնտրոպիային) համակեցությունից տեսակերի պատահական ընտրության դեպքում

[93]: Այդ աշխատանքների արդյունքում մեծ տարածում և համընդհանուր կիրառություն ստացավ Շենոնի բազմազանության տեղեկատվական ինդեքսը: Էկոլոգիայում և մասնավորապես կենսաբանական համակարգերի բարդության աստիճանի դիտարկման և տեսակային կառուցվածքի բաղկացուցիչների համաչափության տեսանկյունից Շենոնի ինդեքսի կիրառումը բազմակողմանի քննարկված են հետևյալ աշխատանքներում [17,18,94-97]:

Ըստ Շոնոնի էնտրոպիայի հաշվարկման ժամանակ ընդունվում է, որ յուրաքանչյուր նմուշը պատահական ընտրություն է համակեցությունից, իսկ նմուշում տեսակների հարաբերակցությունը արտահայտում է իրական համապատասխանելիությունը բնության մեջ: Ակնհայտ իրադարձությունների p_i հավանականությունների գնահատման համար կարող են կիրառվել հետևյալ փորձի վրա հիմնված հարաբերությունները.

- i -երորդ տեսակի տեսակարար քանակությունը՝ որպես դրա N_i քանակության հարաբերություն վերլուծության համար վերցված բոլոր տեսակների ընդհանուր քանակությանը. $p_i = N_i / \sum N_i$;

- i -երորդ տեսակի տեսակարար կենսազանգվածը՝ որպես դրա կենսազանգվածի հարաբերություն վերլուծության համար վերցված բոլոր տեսակների ընդհանուր կենսազանգվածին. $p_i = B_i / \sum B_i$:

Շենոնի H ինդեքսի կիրառությունը էկոլոգիայում կապված է դրա մի շարք իրական և կարծեցյալ հատկությունների հետ, որնք քննարկված են [17,18,97] աշխատանքներում:.

1. Շենոնի ինդեքսում բազմազանությունը մեկնաբանվում է որպես մեկ առանձնյակին հասնող տեղեկատվության քանակություն՝ ընդգրկված ըստ տեսակների, առանձնյակների կամ ըստ տրոֆիկ կապերի էներգիաների բաշխումներում: Ինչպես արդեն դիտարկվել է վերևը, էնտրոպիան արտացոլում է միայն մեկ ասպեկտ՝ անկախ իրադարձությունների հավասարեցման աստիճանը (այսինքն որևէ տեսակի հանդիպելու անորոշության աստիճանը):

2. Շենոնի ինդեքսը հանդիսանում է էկոլոգիական համակարգում առկա տեղեկատվության չափանիշ՝ կապի ուղիներում բիթային ազդանշանների հաջորդականությամբ ինֆորմացիայի քանակության նման:

3. Շենոնի ինդեքսը համակցում է օրգանիզմների տեսակային կազմի և քանակության վերաբերյալ մեծ թվով տեղեկատվություն՝ հաշվի առնելով տեսակների քանակությունը և դրանց դոմինացման աստիճանը: Բազմազանության ինդեքսի էական արժանիքը հանդիսանում է դրա լիարժեք անկախությունը համեմատվող համակեցությունների կենսացենոտիկ նմանությունից և յուրաքանչյուր ցենոզի բազմազանության աստիճանի առանձին գնահատման հնարավորությունը: Իսկապես, գոյություն ունի ուղիղ ֆունկցոնալ կապ H -ի և համակեցությունում տեսակների թվի՝ S -ի հետ: Եթե տեսակային կազմը հարաբերականորեն մեծ է ($S < 30$), ապա H մեծության վրա գերադրապես ազդում է տեսակների քանակության արժեքը, քան առանձնյակների թվի էկվիտաբելության բնույթը: $S > 60$ արժեքի մեծացմանը զուգահեռ H մեծության տեսակների թիվը էականորեն նվազում է: Շենոնի ինդեքսի զուգահեռ կախվածությունը կենսատարատեսակության երկու գործոններից (տեսակային խտություն և հավասարեցում) հանդիսանում է միաժամանակ դրա առավելությունը և թերությունը: Արժանիքը կայանում է ինդեքսի «համալրության» մեջ, իսկ թերությունը՝ անհնարին է գնահատել ըստ ներկայացված արժեքի, թե որն է այդ գործոններից գերակայում: Ասվածից բխում են գործնական պահանջներ տարբեր կենսացենոզների համար Շենոնի ինդեքսների համեմատության կորեկտությանը: Համեմատվող կառուցվածքային կոմպլեքսների տեսակային տարածության չափայնությունը պետք է գրեթե նույնը լինի: Խուսափել դրանից հնարավոր է կիրառելով նմուշում հայտնաբերված ոչ բոլոր տեսակները, այլ միայն որոշակի «ստանդարտ» 10-15 գերակայող տեսակներից, որոնք կազմում են մոտավորապես ընդհանուր քանակության կամ կենսահամակարգի 90%-ը, քանի որ հատկապես դրանք են ի վերջո որոշում համակեցության արդյունավետությունը և կառուցվածքը:

4. Տեսակների թվի ազդեցության բացառման համար է. Պիելուն առաջարկեց էկոլոգիական համակեցությունների հավասարեցման ինդեքսը:

$$H' = H/H_{\max} = H/\log_2(1/S),$$

որը կախված է միայն ըստ տաքսոնների բաշխման հավասարաչափությունից, քանի որ իրենից ներկայացնում է H էնտրոպիայի շեղումը իր մաքսիմալ $H_{\max} = H/\log_2(1/S)$ արժեքից [98] :

4. Ինդեքսի հաշվարկման ժամանակ ավելի լավ է չօգտագործել տեսակների քանակությունը, այլ օգտագործել կենսազանգվածը, քանի որ այն առավել լիարժեք է արտացոլում համակեցության ընդհանուր էներգետիկայում ֆունկցոնալ կապերը: Ինդեքսի գլխավոր թերությունը՝ հազվադեպ տեսակներից նվազ զգայունությունն է: «Լավ» կամ «վատ» հասկացությունները տվյալ դեպքում հանդիսանում են դժվար ձևակերպվող գնահատական և լիարժեքորեն կախված են կենսաբազմազանության հիպոթեզից, որը կիրառվում է հետազոտողների կողմից հաշվարկման ժամանակ p_i հավանականությունների հավասարեցման դեպքում լինի դա առանձնյակների քանակությունը, դրանց զանգվածը կամ այլ ֆունկցիա այս կամ այն ցուցանիշից: Կարելի է առաջարկել, օրինակ հաշվարկման համար հետևյալ բանաձևը

$$p_i = (N_i B_i)^{1/2} / \sum (N_i B_i)^{1/2},$$

որտեղ $(N_i B_i)^{1/2}$ -ը՝ բնակեցման խտության ինդեքսն է, որը հարմոնիկ ձևով կհամակցի լիության երկու գործոնները [17,18]:

Բացառիկ տեսակների առանձնացման համար կարելի է կիրառել ցանկացած, նախապես մշակված զանգվածային a_i գործակիցների սանդղակը և հաշվարկել առանձին տաքսոնների նշանակության հավանականությունները $p_i = a_i N_i / \sum a_i N_i$: Հնարավոր է հավասարեցման նաև այլ կառուցվածքներ:

5. Այս ինդեքսի արժեքը սերտորեն կապված է էկոհամակարգի այլ բազմաթիվ ցուցանիշների հետ.

- ա) գիշատիչ և խոտակեր կենդանիների սննդային պահանջները համակեցությունում,
- բ) ջրում օրգանական նյութերի պարուակությունը և որոշ այլ աբիոտիկ գործոնները,
- գ) Վուդիվեսի բիոտիկ ինդեքսի արժեքներով, որը արտահայտում է ջրի աղտոտվածության աստիճանը,

դ) օրգանիզմների կենսազանգվածով և դրա միջոցով պոպուլյացիայի արդյունատեսությունը:

6. Շենոնի ինդեքսի արժանահավատվությունը՝ դա անկախությունն է որևէ հիպոթետիկ բաշխումից: Ինդեքսը գրեթե կախված չէ նմուշի մեծությունից և բնութագրվում է նորմալ բաշխմամբ: Այդ հանգամանքը հնարավորություն է տալիս կիրառել սովորական վիճակագրական մեթոդները միջինների միջև տարբերությունների նշանակության ստուգման համար: Ի էնտրոպիան կախված է միայն «նմուշի մեծությունից»՝ վերլուծվող N ելքերի և p հավանականությունների թվից (իսկ դրանց միջոցով՝ տեսակների քանակության կամ կենսազանգվածի բաշխման բնույթից):

7. Էնտրոպիայի ֆունկցիայի համանմանությունը բազմազանության ինֆորմացիոն ինդեքսի հետ մակերեսային է, քանի որ կենսաբանական իմաստով միատարրությունը կարող է մեկնաբանվել որպես «կարգավորվածություն» կամ «անկարգություն»: Միևնույն ժամանակ կենսահամակեցության կողմից օգտագործվող կենսաբանորեն իմաստավորված սահմանափակում կարող է հանդիսանալ, օրինակ, սուբստրակտային-էներգետիկ գործոնների պահպանման հավասարակշռությունը:

8. Էկոլոգիական համակարգի ներքին բազմազանությունը կախված է ոչ միայն տեսակների թվից, որոնք ներառվում են դրա կազմում, այլ նաև նրանից, որքան են այդ տեսակները բազմաֆունկցոնալ: Պոպուլյացիայի բազմազանության ինդեքսների հաշվարկման ժամանակ, որոնք սկզբունքորեն տարբերվում են ըստ իրենց բազմաֆունկցոնալության աստիճանով, լիարժեքորեն հավասարվում են միմյանց, կարծես դրանք կատարում են միանման ներդրում ներքին բազմազանության մեջ:

9. Ինչպես բոլցմանյան էնտրոպիան վիճակագրական ֆիզիկայում, այնպես էլ տեղեկատվական էտրոպիան տեղեկատվության տեսությունում իմաստ ունեն միայն թույլ փոխազդող մասնիկներից կազմված անսամբլների կամ այլ օբյեկտների համար: Նման բազմությունների համար էնտրոպիական միջոցների ներդրումը լիարժեքորեն հիմնավորված է:

Շենոնի բազմազանության ինդեքսի հիման վրա առաջարկվել են նոր ինդեքսներ, որոնք կիրառվում են կենսաբանության և էկոլոգիայի տարբեր բնագավառներում:

Դենիսենկոն օգտագործելով Շենոնի տեղեկատվական էնտրոպիան առաջարկել է ծովային զոոբենթոսի էկոլոգիական բարեկեցությունը գնահատող նոր ինդեքս՝ D_E (difference of the evenness). $D_E = (H_1 - H_2) / \log_2(N)$,

որտեղ H_1 –ը Շենոնի ինդեքսն է հաշվարկված ըստ կենսազանգվածի, H_2 –ը Շենոնի ինդեքսն է հաշվարկված ըստ առանձնյալների թվի, N –ը տեսակների թիվն է [95,96]:

Չեռնիխը Շենոնի ինդեքսի էնտրոպիական-տեղեկատվական վերլուծության հիման վրա առաջարկել է թփուտների հաշվարկի ալգորիթմ և անտառային տեղամասում անտառվերականգնման գնահատում [99]: Բուշկայի և համահեղինակների կողմից Ուկրաինայի Ձախափնյա Անտառատափաստանի կաղնու օրինակով գնահատվել է անտառային էկոհամակարգի կենսաբազմազանության, մասնավորապես, բուսականության վիճակը տարբեր ինդեքսների, այդ թվում Շենոնի բազմազանության ինդեքսի միջոցով [100]:

Մինչև այժմ քննարկվում էին այն աշխատանքները, որոնցում Շենոնի բազմազանության ինդեքսը կիրառվել է կենսաբանական համակարգերի կառուցվածքի, կայունության և որակի գնահատման համար: Իրականում Շենոնի ինդեքսի կիրառության ոլորտներն բազմազան են և հետագա շարադրանքում կբերվեն մի շարք օրինակներ: Օրինակ, [101] աշխատանքի հեղինակները լեռնային տարածաշրջանային լանդշաֆտների ռեկրեացիոն ներուժի գնահատման համար ցուցաբերելով էնտրոպիական մոտեցում, առաջարկում են օգտագործել Շենոնի ֆունկցիան և գնահատումը իրականացնել տասը բաղադրիչների (գործոնների) օգնությամբ, որոնցից յուրաքանչյուրը գնահատվում է մեկից հինգ բալանոց սանդղակով:

Շենոնի ֆունկցիան կիրառվում է նաև բարդ տեխնիկական համակարգերի հուսալիությունը և աշխատունակությունը գնահատելիս և կանխատեսելիս: Տեխնիկական համակարգի հուսալիությունը գնահատելիս պետք է հաշվի առնել դրան ներհատուկ տեղեկատվությունը: Կարևոր է նաև դրա կառուցվածքային

տարրերի որակապես հակադիր բաղադրիչները աշխատունակ և ոչաշխատունակ վիճակները: Այս երկու հակադիր վիճակները բնութագրվում են էնտրոպիայով: Վերջիններիս հաշվարկից հետո, կարելի է հաշվել կառուցվածքային հուսալիության սահմանափակող մակարդակի ցուցիանշը [102-105]:

Վյատկինը, զարգացնելով տեղեկատվական էնտրոպիայի գաղափարը առաջարկել է տեղեկատվության սիներգետիկ տեսությունը (Synergetic information theory): Այս տեսությունում հաստատված է, որ դիսկրետ համակարգերի մասերի ընդհանրության միջոցով անդրադարձման ժամանակ տեղի է ունենում անդրադարձված տեղեկատվության (I_o) բաժանում անդրադարձված՝ ադիտիվ սինտրոպիա (նեգէնտրոպիա) (I_Σ), և չանդրադարձված՝ արտացոլման էնտրոպիա (S) մասերի: Սիներգետիկ ինֆորմացիոն բանաձևերն ունեն հետևյալ տեսքը.

$$I_o = \log_2 M, \quad (1)$$

$$I_\Sigma = \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{M} \log_2 m_i, \quad (2)$$

$$S = - \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{M} \log_2 \frac{m_i}{M}, \quad (3)$$

որտեղ M -ը՝ ընդհանուր մասնիկների թիվն է համակարգում, N -ը՝ համակարգերի միավորների թիվը, m_i -ն մասնիկների թիվն է համակարգի i -րդ մասում:

Հավելյալ նեգէնթրոպիան (2) և արտացոլման էնտրոպիան (3) առնչվում են միմյանց հետ այնպես, որ որքան համակարգի կառուցվածքը քառասյին է, այսինքն, ինչքան շատ հատվածներ են առանձնանում իր կազմում և ինչքան քիչ են այդ հատվածները տարբերվում իրարից մասնիկների թվով, այնքան ավելի մեծ է արտացոլման էնթրոպիան և ավելի քիչ ադիտիվ նեգէնտրոպիան: Եվ ընդհակառակը, ինչքան մեծ է համակարգի կառուցվածքում կարգավորվածությունը, այսինքն, ինչքան քիչ են իր կազմում հատվածներն և մասնիկների թվով որքան շատ է գերիշխում ինչ որ հատված, այնքան ավելի մեծ է ադիտիվ նեգէնտրոպիան և փոքր է արտացոլման էնթրոպիան: Սիներգիկ տեղեկատվական տեսության մեջ որպես այդպիսի ֆունկցիա, օգտագործվում է, այսպես կոչված, R -ֆունկցիան, որն իրենից

ներկայացնում է ադիտիվ նեգենտրոպիայի և արտացոլման էնտրոպիայի հարաբերությունը $R = I/S$:

R-ֆունկցիան օգտագործվել է բնության և հասարակության մեջ հանդիպող տարբեր համակարգերի բնութագրման համար, ինչպիսիք են հանքերը [106-108], քիմիական տարրերի ատոմների էլեկտրոնային կառուցվածքը, սարդերի սարդոստայները և գրական երկերը՝ քառյակները, պառլամենտական ընտրությունները [109]: ԵՊՀ Էկոլոգիական քիմիայի ամբոնում R-ֆունկցիան առաջին անգամ օգտագործվել է մակերևույթային ջրերի որակի գնահատման համար [110]: R-ֆունկցիան ջրային համակարգերի համար անվանվել է ջրի որակի սիներգիկ տեղեկատվական ինդեքս (USI): Ջրային համակարգերի համար հաշվարկում որպես կառուցվածքային տարր ընդունվում է յուրաքանչյուր ջրաքիմիական ցուցանիշի ՍԹԿ-ի գերազանցումների դեպքերի թիվը – m [110,111]: USI – միջոցով գնահատվել են Աղստև և Գետիկ [110], Արփա գետի [112], Ախուրյան և Հրազդան գետերի [56,113], ինրպես նաև ՀՀ որոշ ջրամբարների ջրի որակի գնահատման համար [54,111,114]: Այս ինդեքսի թերությունը կայանում է նրանում, որ հաշվի չի առնում յուրաքանչյուր ջրաքիմիական ցուցանիշի ՍԹԿ-ի բազմապատիկության թիվը:

Հիմնվելով Շենոնի տեղեկատվական էնտրոպիայի գաղափարախոսության վրա մեր կողմից առաջարկվել է մակերևույթային ջրերի աղտոտվածության որակի քանակական գնահատման նոր ինդեքս և սանդղակ [115,116]: Այսպես, ըստ Շենոնի բանաձևի

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i,$$

որտեղ P_i - ն որոշակի դեպքի հանդիպման հաճախության հավանականությունն է, $p_i = n_i / N$, որտեղ n_i - ն համակարգի i - րդ բաղադրիչի քանակն է, իսկ N -ը՝ բոլոր բաղադրիչների քանակների գումարը.

$$H = -\sum n_i / N \log_2 (n_i / N), \quad (4)$$

$$H = \log_2 N - I, \quad (5)$$

$$I = \sum n \log_2 n / N, \quad (6)$$

Որտեղ I -ն կոչվում է գեոէկոլոգիական սինտրոպիա [110]: Առաջարկվել է ջրի աղտոտվածության գնահատման երկու նոր ինդեքս՝ ջրի որակի էնտրոպիական ինդեքսը (ՋՈԷԻ) և ջրի որակի հայկական ինդեքսը (ՋՈՀԻ): Նշված ինդեքսների հաշվարկը կատարվում է ըստ հետևյալ հերթականության.

1. Որոշվում է յուրաքանչյուր ջրաքիմիական ցուցանիշի ՍԹԿ-ի գերազանցումների դեպքերի թիվը՝ n ,
2. Հաշվվում է ՍԹԿ-ի գերազանցումների դեպքերի ընդհանուր թիվը՝ $N = \sum n$,
3. Հաշվարկվում են յուրաքանչյուր ցուցանիշի համար՝ $n \log_2 n$,
4. Որոշվում է գումարը՝ $\sum n \log_2 n$
5. Հաշվարկվում է գեոէկոլոգիական սինտրոպիան և էնտրոպիան՝

$$I = \sum n \log_2 n / N \quad \text{և} \quad H = \log_2 N - I$$

6. Որոշվում է էնտրոպիական ինդեքսը՝ $ԷԻ = H / I$ (7), որն անվանել ենք ՋՈԷԻ
7. Որոշվում է յուրաքանչյուր ջրաքիմիական ցուցանիշի ՍԹԿ-ի բազմապատիկության թիվը՝ m ,
8. Հաշվվում է ՍԹԿ-ի բազմապատիկության գումարը՝ $M = \sum m$,
9. Հաշվարկվում է $\log_2 M$,
10. Հաշվվում է ՀԻ, որը անվանել ենք ջրի որակի հայկական ինդեքս.

$$\text{ՋՈՀԻ} = \text{ՋՈԷԻ} + 0.1 \log_2 M: \quad (8)$$

Ջրերի աղտոտվածության աստիճանը ըստ ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ արժեքների ստորաբաժանվում է 5 դասի:

Աղյուսակ 5

Ջրի որակի դասերը կախված ջրի աղտոտման ինդեքսից:

Կարգը	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ
1-ին մաքուր	<0.7	<1.1
2-րդ, թույլ աղտոտված	0.7-1.0	1.1-1.4
3-րդ. աղտոտված	1.0 -1.4	1.4-1.8
4-րդ, կեղտոտ	1.4-1.7	1.8-2.1
5-րդ, արտակարգ կեղտոտ	>1.7	> 2.1

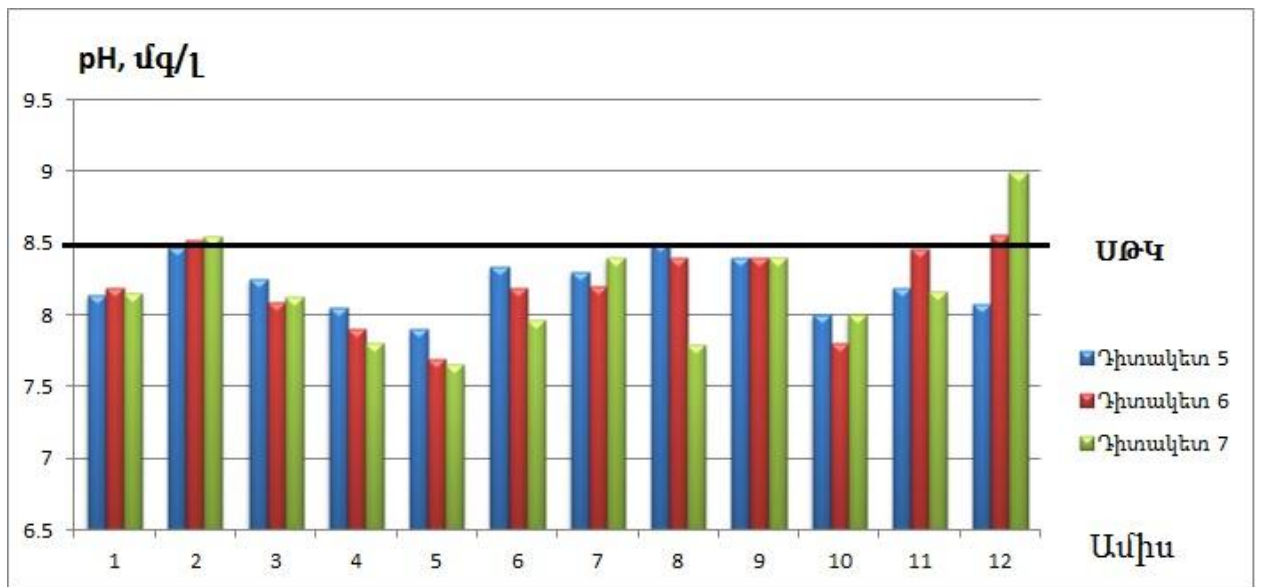
3.2. Դեբեդ գետի ավազանի գետերի ջրերի որակի վերլուծություն

Աշխատանքի շրջանականերում կատարվել է 2013–2015թթ. Դեբեդ գետի ջրի ջրաքիմիական հետազոտություն և 2009-2012թթ. Դեբեդ, Փամբակ, Ձորագետ, Տաշիր, Մարցիգետ և Ախթալա գետերի ջրի որակի համալիր գնահատում [116-124]: Հետազոտության համար ջրի փորձանմուշները վերցվել են բոլոր ամիսներին՝ ամիսը մեկ անգամ: Վերցված փորձանմուշներում լաբորատոր պայմաններում ըստ սահմանված անալիտիկ մեթոդներով որոշվել են $L_{\text{Թ}}$, pH, կախված մասնիկների, հանքայնացման, ԹԿՊ_5 -ի, ԹՔՊ -ի, գլխավոր իոնների, նիտրիտ, նիտրատ, ամոնիում իոնների, ֆոսֆատ իոնների և ծանր մետաղների կոնցենտրացիաները (աղյուսակ 6):

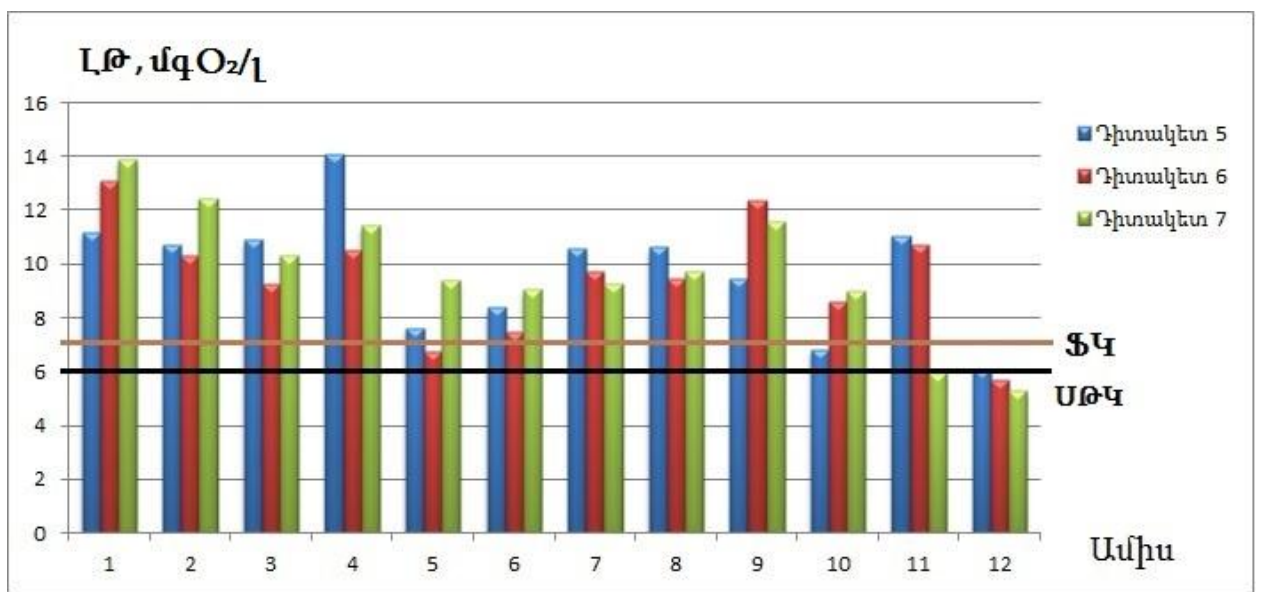
Ստացված տվյալներից երևում է, որ Դեբեդ գետի ջուրը ունի թույլ հիմնային բնույթ (նկ.6), իսկ թթվածնային ռեժիմը ուսումնասիրության ողջ ընթացքում եղել է բավարար ջրային էկոհամակարգերի նորմալ կենսագործունեության համար(նկ.7): Դեբեդ գետի ջրում հանքայնացումը միջին մակարդակի է (նկ.8), իսկ կախված մասնիկների պարունակությունը փոխվել է լայն տիրույթում՝ կտրուկ բարձրանալով գետի վարարման ընթացքում (հատկապես գարնանային վարարումների) (նկ.9):

Ուսումնասիրության արդյունքում պարզվել է, որ Դեբեդ գետի ջրում պարբերաբար գերազանցվել են ԹԿՊ_5 -ի (նկ.10): և ԹՔՊ -ի (նկ.11): ՍԹԿ-ը և ֆոնային կոնցենտրացիաների արժեքները, որոնք վկայում են գետի՝ օրգանական կենսածին բնույթի աղտոտիչներով աղտոտման մասին: Դեբեդ գետի ջրում նկատվել է նաև պարբերաբար նիտրիտ(նկ.12) և ամոնիում(նկ.13) իոնների կոնցենտրացիաների ՍԹԿ-ի և ՖԿ-ի գերազանցումներ 1.2–3.0 անգամ: Ամռան ամիսներին նշված ջրաքիմիական ցուցանիշներով աղտոտվածությունը առավել բարձր է դիտվել՝ հասնելով մինչև 6,8 ՍԹԿ-ի:

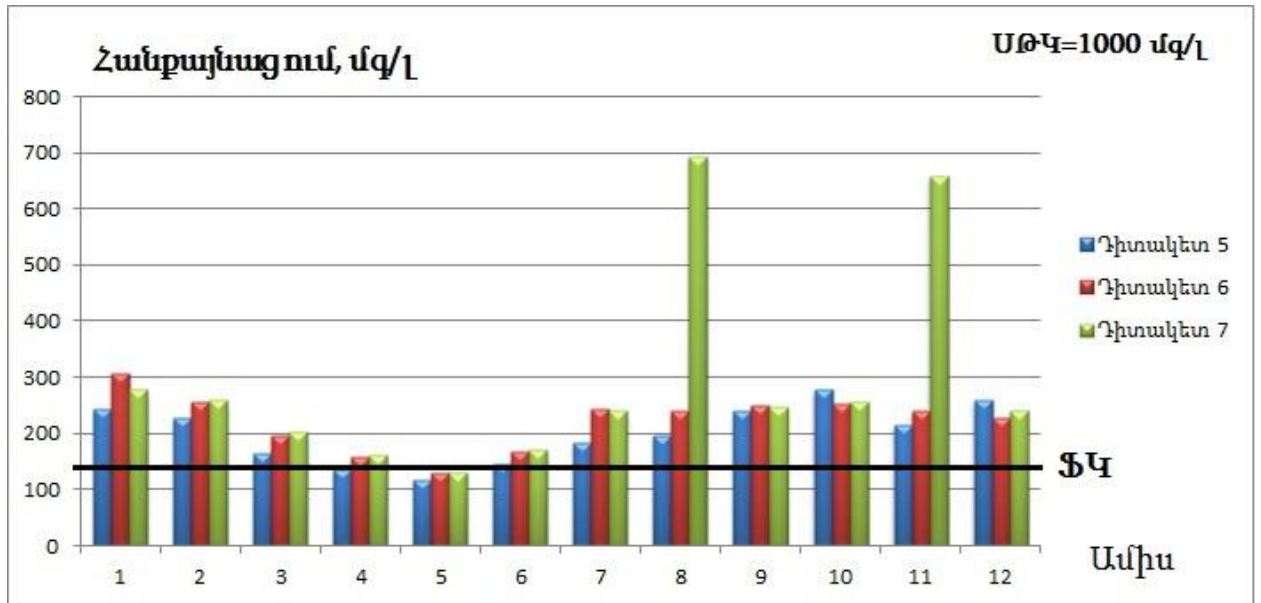
Դեբեդ գետի ջրի ԹԿՊ_5 -ով, ԹՔՊ -ով, նիտրիտ, նիտրատ և ամոնիում իոններով աղտոտվածությունը արդյունք է գետավազանում բնակավայրերի կոմունալ-կենցաղային կեղտաջրերի:



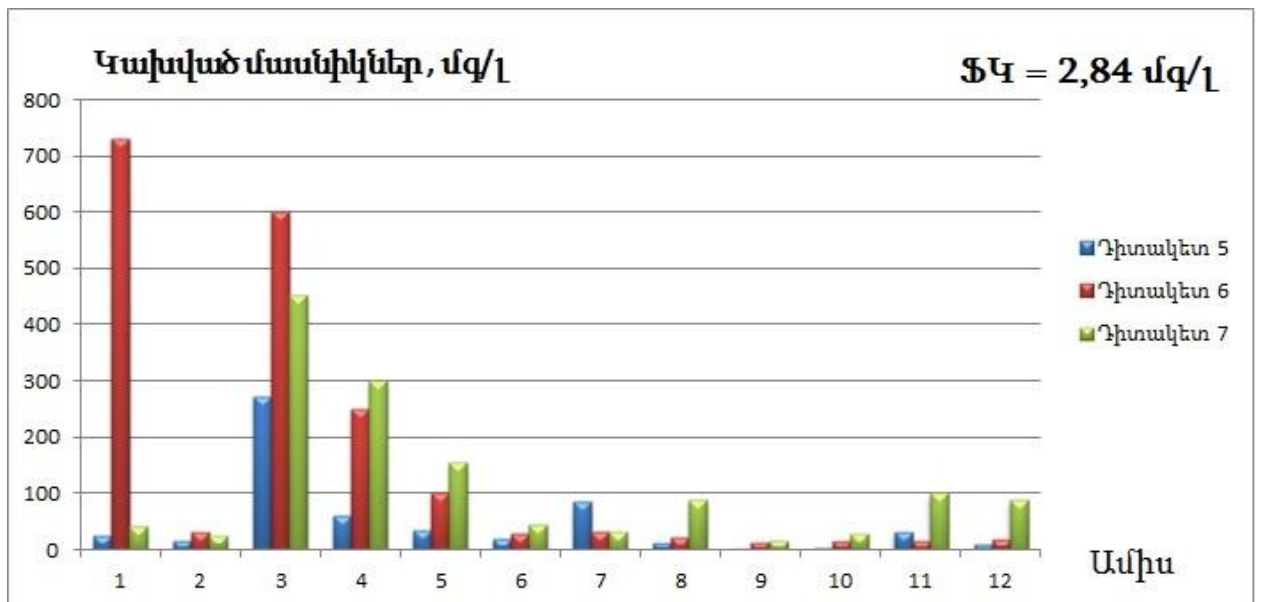
Նկ.6 Դեբեդ գետի ջրերում pH-ի միջին ցուցանիշները ըստ ամիսների ու դիտակետերի:



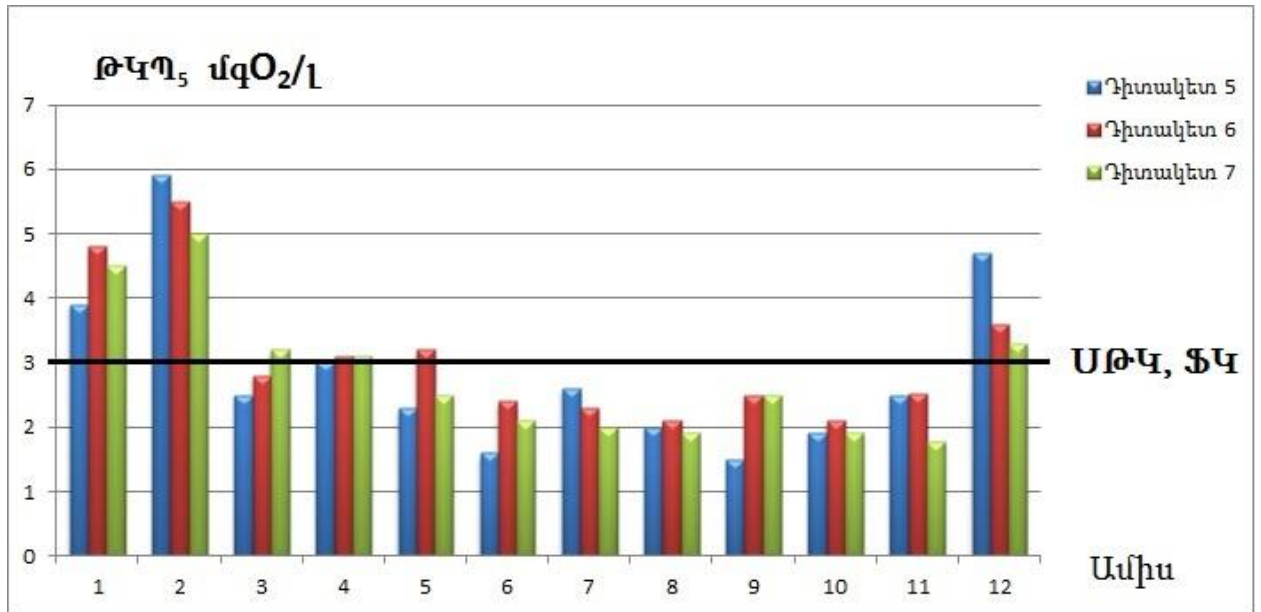
Նկ.7 Դեբեդ գետի ջրերում ԼԹ-ի միջին ցուցանիշները ըստ ամիսների ու դիտակետերի:



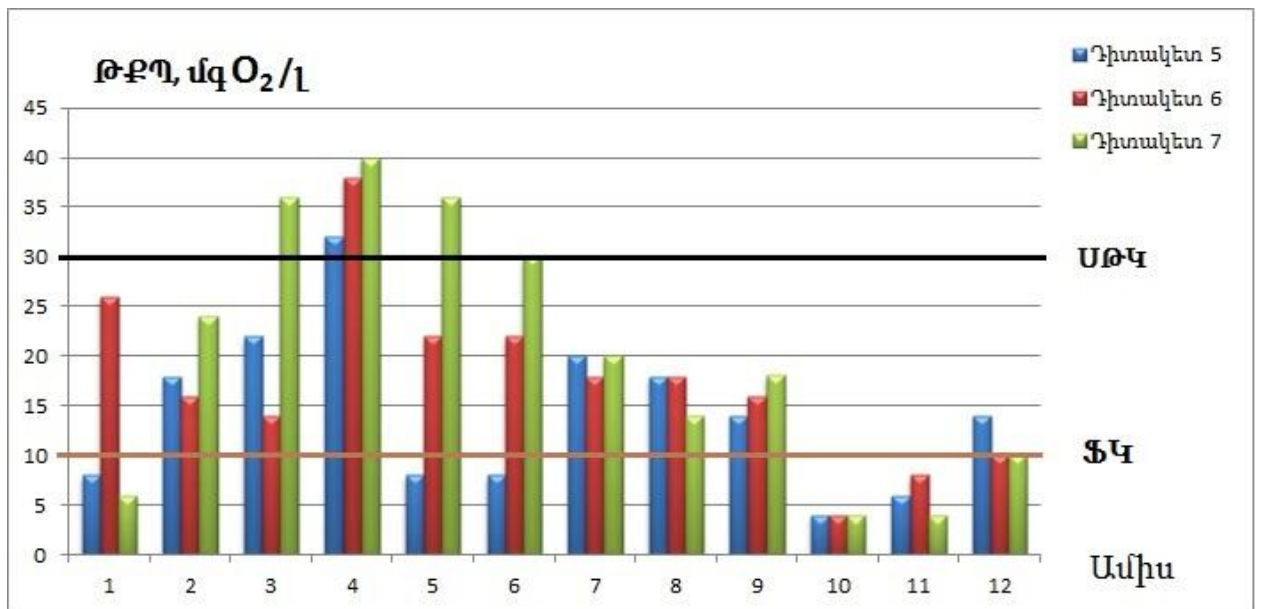
Նկ.8 Դեբեդ գետի ջրերում հանքայնացման միջին ցուցանիշները ըստ ամիսների ու դիտակետերի:



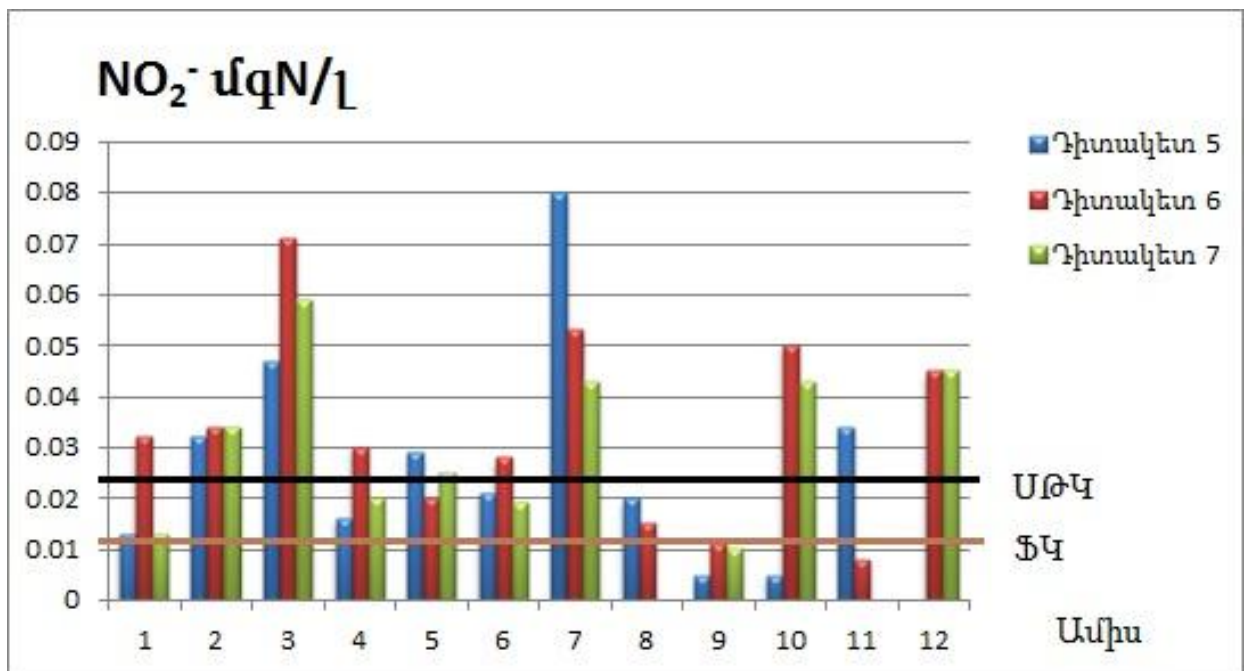
Նկ.9 Դեբեդ գետի ջրերում կախված մասնիկների միջին ցուցանիշները ըստ ամիսների ու դիտակետերի:



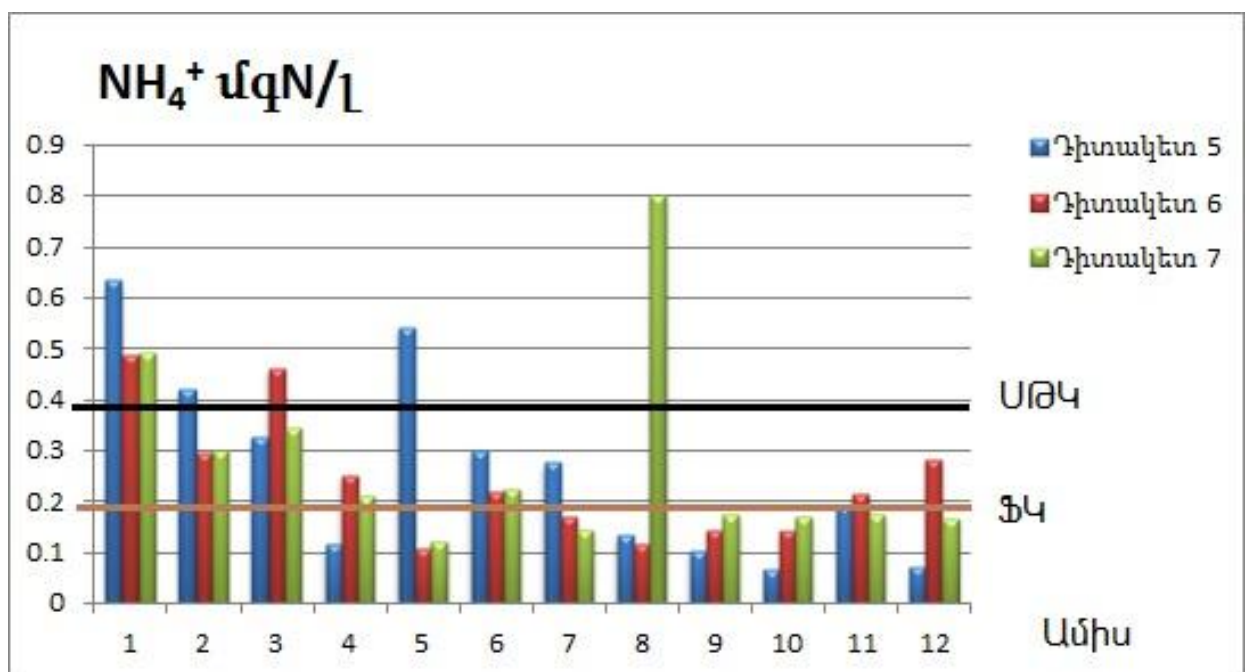
Նկ.10 Դեբեդ գետի ջրերում ԹԿՊ₅-ի միջին ցուցանիշները ըստ ամիսների ու դիտակետերի:



Նկ.11 Դեբեդ գետի ջրերում ԹԲՊ-ի միջին ցուցանիշները ըստ ամիսների ու դիտակետերի:



Նկ.12 Դեբեդ գետի ջրերում նիտրիտ իոնի միջին ցուցանիշները ըստ ամիսների ու դիտակետերի:



Նկ.13 Դեբեդ գետի ջրերում ամոնիում իոնի միջին ցուցանիշները ըստ ամիսների ու դիտակետերի:

Դեբեդ գետի ջրում ՍԹԿ-ն և ՖԿ պարբերաբար գերազանցող մետաղների միջին կոնցենտրացիաները:

Դիտակետ	Ամիս	Cu 0.001 մգ/լ	V 0.001մգ/լ	Al 0.04 մգ/լ	Mn 0.01 մգ/լ	Fe 0.5 մգ/լ	Zn 0.01 մգ/լ	Cr 0.001 մգ/լ	Se 0.001 մգ/լ
5	I	0.0036	0.0049	0.2430	0.0281	0.1693	0.0090	0.0013	0.0017
	II	0.0035	0.0050	0.1283	0.0152	0.1821	0.0068	0.0011	0.0016
	III	0.0052	0.0056	1.1631	0.0183	1.1176	0.0072	0.0012	0.0011
	IV	0.0069	0.0034	1.0551	0.0269	0.9536	0.0035	0.0010	-
	V	0.0034	0.0033	0.8109	0.0197	0.5951	0.0081	0.0007	-
	VI	0.0029	0.0028	0.1595	0.0068	0.1218	0.0058	0.0004	0.0002
	VII	0.0042	0.0047	0.4870	0.0171	0.1493	0.0069	0.0011	0.0016
	VIII	0.0030	0.0055	0.1207	0.0131	0.1284	0.0041	0.0012	0.0038
	IX	0.0034	0.0035	0.1684	0.0027	0.0758	0.0011	0.0009	0.0057
	X	0.0037	0.0019	0.2233	0.0089	0.0720	0.0009	0.0009	-
	XI	0.0025	0.040	0.1912	0.0120	0.0978	0.0027	0.0007	0.0001
	XII	0.0031	0.0017	0.1913	0.0190	0.0925	0.0008	0.0012	0.0009
6	I	0.0073	0.0016	0.0836	0.0274	0.1093	0.0181	0.0010	0.0021
	II	0.0050	0.0047	0.1663	0.0185	0.2200	0.0259	0.0007	0.0017
	III	0.0087	0.0049	0.9714	0.0227	0.5557	0.0189	0.0018	0.0021
	IV	0.0125	0.0035	0.9410	0.0512	0.6925	0.0254	0.0008	-
	V	0.0298	0.0034	0.6998	0.0361	0.8244	0.0335	0.0006	-
	VI	0.0106	0.0028	0.2330	0.0115	0.2165	0.0223	0.0005	0.0004
	VII	0.0721	0.0030	0.5599	0.0273	0.4856	0.1091	0.0012	0.0018
	VIII	0.0071	0.0049	0.1354	0.0115	0.1137	0.0150	0.0014	0.0040
	IX	0.0079	0.0047	0.1378	0.0192	0.1083	0.0165	0.0012	0.0031
	X	0.0068	0.0035	0.0955	0.0098	0.1173	0.0070	0.0014	-
	XI	0.0101	0.0039	0.2875	0.0170	0.2438	0.0160	0.0010	0.0003
	XII	0.0134	0.0043	0.1365	0.0092	0.1889	0.0083	0.0010	0.0007
7	I	0.0173	0.0048	0.2484	0.0394	0.1913	0.0334	0.0010	0.0019
	II	0.0037	0.0047	0.1470	0.0169	0.2033	0.0213	0.0009	0.0026
	III	0.0051	0.0058	0.9845	0.0210	0.4849	0.0159	0.0020	0.0013
	IV	0.0105	0.0057	1.1208	0.0310	0.925	0.0232	0.0012	-
	V	0.0328	0.0056	2.1115	0.0428	1.8731	0.0389	0.0020	-
	VI	0.0103	0.0029	0.2374	0.0109	0.2230	0.0200	0.0005	0.0005
	VII	0.0270	0.0041	0.4317	0.0221	0.1673	0.0536	0.0010	0.0017
	VIII	0.2568	0.0024	0.8670	0.4339	1.3166	0.8204	0.0025	0.0140
	IX	0.0072	0.0045	0.1627	0.0214	0.1275	0.0134	0.0010	0.0009
	X	0.0072	0.0036	0.1771	0.0118	0.1970	0.0060	0.0012	-
	XI	0.4844	0.0016	1.7235	0.4580	4.2760	0.4408	0.0007	0.0005
	XII	0.0152	0.0043	0.1904	0.0135	0.2504	0.0029	0.0010	0.0007

Հաստացված գրված են ՍԹԿ գերազանցումները

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ Դեբեդ գետի ջուրը աղտոտված է նաև որոշ մետաղներով: Գետի ջրում պարբերաբար գերազանցել են պղնձի, ցինկի, վանադիումի, ալյումինի, քրոմի, երկաթի, սելենի և մանգանի ՍԹԿ-ն և ՖԿ (աղ.6-8): Այս մետաղների ձկնատնտեսական սահմանային թույլատրելի նորմերը գերազանցվել են միջինում 1,2-5,8 անգամ: Սակայն, Ախթալա վտակի թափման կետից հետո՝ դիտակետեր 6 և 7, գետի ջրում 10 և ավելի անգամ բարձրանում է պղնձի և ցինկի պարունակությունը՝ գերազանցելով սահմանային թույլատրելի նորմերը 10,3-32,8 անգամ, որոշ դեպքերում մինչև 200 (արտակարգ բարձր աղտոտվածություն) Կատարվել է նաև Դեբեդ գետի ջրի որակի համալիր գնահատում: Հաշվվել են ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ արժեքները ըստ ՍԹԿ-ի (աղյուսակներ 7,8) և ՖԿ-ի արժեքների (աղյուսակ 9):

Աղյուսակ 7

2013թ. Դեբեդ գետի ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ արժեքներն ըստ ՍԹԿ արժեքների:

Դիտակետի համ.	5		6		7	
Ցուցանիշ	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$
ԹՔՊ	1	0	1	0	3	4.755
ԼԹ	0	0	1	0	2	2
pH	0	0	1	0	2	2
ԹԿՊ ₅	3	4.755	5	11.61	5	11.61
NO ₂ ⁻	5	11.610	8	24.000	6	15.510
NH ₄ ⁺	3	4.755	2	2.000	2	2.000
Fe	3	4.755	3	4.755	4	8.000
Cu	12	43.000	12	43.000	12	43.000
V	12	43.000	12	43.000	12	43.000
Al	12	43.000	12	43.000	12	43.000
Cr	6	15.510	5	11.610	5	11.610
Mn	9	28.529	10	33.2	12	43.000
Zn	1	0.000	10	33.2	10	33.2
Se	6	15.510	6	15.510	5	11.610
N	73		88		92	
$\sum n \log_2 n$	214.428		264.875		274.295	
I	2.9373		3.0099		2.9814	
H	3.2489		3.4458		3.5383	
ՋՈԷԻ	1.106		1.1448		1.1868	
$M = \sum m$	36.06		44.76		133.88	
$\sum \log_2 M$	5.1393		5.4809		7.0607	
ՋՈՀԻ	1.6229		1.6929		1.8929	

Դեբեդ գետի ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ արժեքներն ըստ տարիների:

Տարի Դիտ.	2013		2014		2015	
	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ
5	1.106	1.623	0.790	1.208	0.940	1.451
6	1.1448	1.693	0.861	1.372	1.166	1.765
7	1.1868	1.893	1.020	1.599	1.263	1.957

2013թ. Դեբեդ գետի ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ արժեքներն ըստ ֆոնային կոնցենտրացիաների
արժեքների:

Դիտակետ	5		6		7	
Ցուցանիշ	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$
ԼԹ	2	2	2	2	2	2
pH	0	0	1	0	2	2
ԹՔՊ	7	19.64	9	28.5	8	24
ԹԿՊ ₅	3	4.75	5	11.61	5	11.61
NO ₃ ⁻	9	28.50	10	33.2	9	28.5
NH ₄ ⁺	6	15.51	7	19.64	6	15.5
Fe	10	33.20	12	43.000	12	43.000
Cu	11	38.03	12	43.000	12	43.000
V	9	28.5	10	33.200	9	28.500
Al	4	8	5	11.61	6	15.500
Cr	0	0.000	3	4.75	3	4.752
Mn	0	0.000	2	2	4	8.000
Zn	6	15.51	12	43.000	11	38.03
Se	6	15.50	6	15.51	5	11.61
N	73		96		94	
$\sum n \log_2 n$	209.15		291.02		276.02	
I	2.8650		3.0314		2.9364	
H	3.3212		3.5497		3.6144	
ՋՈԷԻ	1.1592		1.1709		1.2308	
M= $\sum m$	27.9		32.7		91.0	
$\sum \log_2 M$	4.80		5.03		6.50	
ՋՈՀԻ	1.6392		1.6737		1.7798	

Գետի ջրի որակը գնահատվել է նաև ըստ ԶԱԻ, ԶՈԿԻ, ԶՈՏԿԻ և ՍՏԻ ինդեքսներով (աղյուսակ 10):

Ջրի որակի համալիր գնահատման արդյունքները ցույց են տվել, որ Դեբեդ գետի ջուրը դասվում է 3-րդ՝ աղտոտված և 4-րդ՝ կեղտոտ որակի: Վերը նշված 4 ինդեքսային արդյունքներով էլ գետի ջրի որակը հոսքով դեպի ներքև աստիճանաբար նվազում է: Եթե Դեբեդ գետի դիտ. 5-ում ջրի որակը 3-րդ՝ աղտոտված դասի է, ապա արդեն դիտ. 7-ում այն նվազում է մինչև 4-րդ՝ կեղտոտ դասի և 5-րդ դասի սահմանագծին:

Աղյուսակ 10

Դեբեդ գետի ջրի որակի ինդեքսների արժեքները:

Դիտակետ Ինդեքս	5	6	7
ԶՈԷԻ _{ՍԹԿ}	1.106	1.1448	1.1868
ԶՈԷԻ _{ՖԿ}	1.1592	1.1709	1.2308
ԶՈՀԻ _{ՍԹԿ}	1.6229	1.6929	1.8929
ԶՈՀԻ _{ՖԿ}	1.6392	1.6737	1.7798
ՍՏԻ	0.9040	0.8715	0.8409
ԶԱԻ	1.9	3.94	14.38
ԶՈՏԿԻ	2.84	3.13	4.29
ԶՈԿԻ	69.13	62.37	45.32

Վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ԶՈԷԻ և ԶՈՀԻ ունեն ուղիղ կախվածություն ԶԱԻ և ԶՈՏԿԻ –ի հետ և հակառակ կախվածություն ԶՈԿԻ և ՍՏԻ հետ:

$$\text{ԶՈՀԻ}_{\text{ՍԹԿ}} = (1.596 \pm 0.018) + (0.021 \pm 0.002) \cdot \text{ԶԱԻ}, \quad R = 0.99505, \quad N=3$$

$$\text{ԶՈՀԻ}_{\text{ՍԹԿ}} = (1.113 \pm 0.040) + (0.182 \pm 0.011) \cdot \text{ԶՈՏԿԻ}, \quad R = 0.99806, \quad N=3$$

$$\text{ԶՈՀԻ}_{\text{ՍԹԿ}} = (0.053 \pm 0.122) + (1.486 \pm 0.115) \cdot \text{ԶՈԷԻ}_{\text{ՍԹԿ}}, \quad R = 0.97966, \quad N=9$$

$$\text{ԶՈՀԻ}_{\text{ՍԹԿ}} = (2.409 \pm 0.018) - (0.011 \pm 0.001) \cdot \text{ԶՈԿԻ}, \quad R = 0.99965, \quad N=3$$

$$\text{ԶՈՀԻ}_{\text{ՍԹԿ}} = (5.449 \pm 1.102) - (4.257 \pm 1.263) \cdot \text{ՍՏԻ}, \quad R = 0.95867, \quad N=3$$

$$\text{ՋՈՀ}_{\text{UՅԿ}} = -(1.509 \pm 0.048) + (1.912 \pm 0.028) \cdot \text{ՋՈՀ}_{\text{ՖԿ}}, \quad R=0.99989, \quad N=3$$

$$\text{ՋՈԷ}_{\text{UՅԿ}} = -(0.0282 \pm 0.4258) + (0.9891 \pm 0.3586) \cdot \text{ՋՈԷ}_{\text{ՖԿ}}, \quad R=0.94011, \quad N=3$$

Աղյուսակ 10-ից երևում է նաև, որ ֆոնային կոնցենտրացիաներով հաշվարկված ինդեքսները հիմնականում ավելի մեծ են, քան ՍԹԿ-ով հաշվարկվածները: Ստացվում է, որ Դեբեդ գետի համար գնահատված ֆոնային կոնցենտրացիաները ավելի խիստ են քան ձկնաբուծական ՍԹԿ-ները:

Աղյուսակ 11

2013թ. Դեբեդ գետի ջրի որակը ըստ նոր նորմերի:

Որակի ցուցանիշներ	Դիտակետ 5	Դիտակետ 6	Դիտակետ 7
ԼԹ	9.79	9.49	9.76
pH	8.21	8.19	8.20
ԹԿՊ ₅	2.9	2.9	3.05
ԹՔՊ	12.7	17.7	20.2
Կախված մասնիկներ	48.21	155.3	114.35
Հանքայնացում	201	223	294
Ամոնիում իոն	0.264	0.240	0.301
Նիտրատ իոն	1.55	1.40	1.55
Նիտրիտ իոն	0.032	0.032	0.026
Ցինկ	0.0047	0.0263	0.1200
Պղինձ	0.0038	0.0137	0.0731
Քրոմ	0.0010	0.0010	0.0013
Մոլիբդեն	0.0005	0.0006	0.0007
Մանգան	0.0150	0.0179	0.0936
Վանադիում	0.0068	0.0038	0.0035
Երկաթ	0.1782	0.3230	0.8530
Ալյումին	0.3705	0.3387	0.7001
Սելեն	0.0017	0.0018	0.0022

Դեբեդ գետի որակը գնահատել ենք նաև ըստ նոր նորմերի (աղյուսակներ 11-13): Ստացվում է, որ դիտ. 5 և 6-ում ըստ ցուցանիշների ՖԿ ջրի որակը 1 և 2 կարգի է վանադիումի և երկաթի համար 3-րդ կարգի, իսկ 7 դիտակետում հիմնական ցուցանիշները վատանում են դառնալով, 4 կարգի «կեղտոտ»: Տարեց տարի ավելացել են նիտրատ իոնի և մոլիբդենի կոնցենտրացիաները: Պետք է նշել, որ ըստ կախված մասնիկների Դեբեդ գետում հիմնականում բոլոր ամիսներին և բոլոր դիտակետերում կախված մասնիկների կոնցենտրացիան գերազանցել է ՖԿ (աղյուսակ 10) Առաջարկում ենք վերանայել ըստ կախված մասնիկների նորմերը:

Աղյուսակ 12

2014թ. Դեբեդ գետի ջրի որակը ըստ նոր նորմերի:

Որակի ցուցանիշներ	Դիտակետ 5	Դիտակետ 6	Դիտակետ 7
ԼԹ	9.82	9.53	9.70
pH	8.15	8.20	8.19
ԹԿՊ ₅	2.7	2.9	3.15
ԹՔՊ	11.8	16.2	22.1
Կախված մասնիկներ	5.4	5.5	10.4
Հանքայնացում	180	233	284
Ամոնիում իոն	0.284	0.340	0.365
Նիտրատ իոն	2.01	2.60	2.80
Նիտրիտ իոն	0.041	0.031	0.031
Ցինկ	0.0057	0.023	0.022
Պղինձ	0.0040	0.0180	0.020
Քրոմ	0.0012	0.0012	0.0018
Մոլիբդեն	0.0011	0.0015	0.0025
Մանգան	0.018	0.023	0.036
Վանադիում	0.004	0.004	0.004
Երկաթ	0.1782	0.48	0.50
Ալյումին	0.236	0.288	0.483
Սելեն	0.0017	0.0018	0.0022

2015թ. Դեբեդ գետի ջրի որակը ըստ նոր նորմերի:

Որակի ցուցանիշներ	Դիտակետ 5	Դիտակետ 6	Դիտակետ 7
ԼԹ	9.82	9.59	9.79
pH	8.18	8.22	8.24
ԹԿՊ ₅	3.5	3.5	3.6
ԹՔՊ	14.5	18.4	24
Կախված մասնիկներ	10.0	11.0	14.2
Հանքայնացում	188	203	290
Ամոնիում իոն	0.245	0.220	0.290
Նիտրատ իոն	1.75	2.70	2.60
Նիտրիտ իոն	0.047	0.029	0.048
Ցինկ	0.005	0.028	0.025
Պղինձ	0.0038	0.018	0.017
Քրոմ	0.002	0.002	0.002
Մոլիբդեն	0.0016	0.0041	0.0055
Մանգան	0.023	0.031	0.04
Վանադիում	0.004	0.0039	0.0041
Երկաթ	0.250	0.3230	0.450
Ալյումին	0.340	0.660	0.788
Սելեն	0.0017	0.0023	0.0024

Ըստ նոր նորմերի 2013–2015թթ. Դեբեդ գետի ջրի որակը վատացել է, առանձնապես 6 և 7 դիտակետերում 2-րդ և 3-րդ կարգից դառնալով 4-րդ կարգի կեղտոտ:

Կատարվել է նաև 2009-2012 թթ. Դեբեդ, Փամբակ, Ձորագետ, Տաշիր, Մարցիգետ և Ախթալա գետերի ջրի որակի համալիր գնահատում [119-124]: Այդ նպատակով հաշվարկի համար օգտվել ենք ՀՀ բնապահպանության նախարարության «Շրջակա միջավայրի վրա ներգործության մոնիթորինգ» ՊՈԱԿ-ի կողմից 2009 -2012 թ. ստացված տվյալներից [69,125-127]:

Նշված գետերի ի ջրերի որակը գնահատվել է ըստ ԶԱԻ, ԶՈԿԻ, ԶԱՏԿԻ, ՍՏԻ, ԶՈԷԻ և ԶՈՀԻ ինդեքսների (աղյուսակ 14 և 15):

Աղյուսակ 14

Դեբեդ, Փամբակ, Ձորագետ, Տաշիր, Մարցիգետ և Ախթալա գետերի ջրի որակի ինդեքսների արժեքները 2009թ.:

Դիտակետ	ԶՈԷԻ	ԶՈՀԻ	ՍՏԻ	ԶԱԻ	ԶՈԿԻ	ԶՈՏԿԻ
1	0.773	1.321	1.29	1.75	62.23	1.78
2	0.741	1.093	1.35	1.33	75.98	2.03
3	0.766	1.309	1.31	2.69	62.12	2.02
4	0.907	1.435	1.10	3.11	61.63	2.83
5	0.575	0.981	1.73	1.88	73.37	2.07
6	0.576	1.027	1.73	2.95	68.51	2.33
7	0.907	1.505	1.10	5.30	56.53	2.47
8	0.314	0.649	3.18	1.25	80.78	1.8
10	0.476	0.837	2.10	1.52	80.86	1.42
11	0.613	1.151	1.63	1.49	64.17	1.99
12	0.914	1.413	1.09	1.78	64.97	2.53
13	0.455	0.722	2.20	1.23	78.2	1.35
14	0.722	1.603	1.38	30.94	41.36	3.59

Դեբեդ գետի 5-րդ դիտակետից առաջ գետ են թափվում Մարցի գետը (N°13 դիտ.), Փամբակ գետը (N°4 դիտ.) և Ձորագետը (N°10 դիտ.): 5-րդ դիտակետի ԶՈՀԻ-ի արժեքն հավասար է նշված երեք դիտակետերի ԶՈՀԻ միջին թվաբանականին:

Վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Դեբեդ գետի ավազանի գետերի ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ ունեն ուղիղ կախվածություն ՋԱԻ և ՋՈՏԿԻ-ի հետ և հակառակ կախվածություն ՋՈԿԻ և ՍՏԻ հետ:

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.809 \pm 0.138) + (0.147 \pm 0.056) \cdot \text{ՋԱԻ} \quad R=0.93854, N=12$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.343 \pm 0.206) + (0.377 \pm 0.092) \cdot \text{ՋՈՏԿԻ} \quad R=0.77709, N=13$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.180 \pm 0.144) + (1.454 \pm 0.207) \cdot \text{ՋՈԷԻ} \quad R=0.90410, N=13$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (2.762 \pm 0.220) - (0.024 \pm 0.003) \cdot \text{ՋՈՏԿԻ} \quad R=0.91115, N=13$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (1.892 \pm 0.131) - (0.451 \pm 0.076) \cdot \text{ՍՏԻ} \quad R=0.87296, N=13$$

Աղյուսակ 15

Դեբեդ, Փամբակ, Ձորագետ, Տաշիր, Մարցիգետ և Ախթալա գետերի ջրի որակի

ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ ինդեքսների արժեքները 2009-2012թթ.:

Տարի Դիտ.	2009		2010		2011		2012	
	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ
1	0.773	1.321	0	0.138	0.54	0.882	0.87	1.388
2	0.741	1.093	0.306	0.549	0.48	0.792	0.88	1.36
3	0.766	1.309	0.436	0.753	0.47	0.876	0.93	1.42
4	0.907	1.435	0.80	1.270	0.76	1.245	0.92	1.49
5	0.575	0.981	0.736	1.150	0.69	1.102	1.02	1.52
6	0.576	1.027	1.046	1.645	0.75	1.262	0.94	1.516
7	0.907	1.505	1.06	1.657	0.95	1.498	0.97	1.52
8	0.314	0.649	0.288	0.634	0.29	0.63	1.05	1.646
10	0.476	0.837	0.611	1.01	0.47	0.83	0.79	1.217
11	0.613	1.151	0.9	1.44	0.7	1.126	0.93	1.535
12	0.914	1.413	0.886	1.382	0.74	1.162	1.12	1.534
13	0.455	0.722	0.6	0.953	0.55	0.956	0.58	1.057
14	0.722	1.603	0.957	1.792	0.93	1.833	1.09	2.08

Աղյուսակներ 14 և 15-ից երևում է, որ գետերի ակունքից մինչև գետաբերան նկատվում են գետերի ջրի որակի վատթարացում: Տարածքի խոշոր քաղաքների՝ Վանաձորի, Ստեփանավանի և Ալավերդիի միջով անցնելուց հետո ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ աճում են, որը վկայում է գետի ջրի որակի վատացման մասին: Դա

պայմանավորված է կոմունալ-կենցաղային և տնտեսական հոսքաշրերի գետի մեջ թափվելու արդյունքում մարդածին ազդեցությամբ:

Տարածքի ամենաաղտոտվածն Ախթալա գետն է, որի ջրի որակը ըստ ՋՈՀԻ 4 կարգի «կեղտոտ» է: Դեբեդ գետի ջրի մետաղներով աղտոտվածության պատճառը Ախթալայի լեռնահարստացման կոմբինատի Շամլուխի պոչամբարն է: Պոչամբարի տարածքում տեղումներով ձևավորվող մակերևութային հոսքերը լվանում են մետաղներով աղտոտված հողաձածկույթը, իրենց մեջ լուծելով դրանք: Այնուհետև, տարածքում առաջացած ակոսներով մակերևութային հոսքաշրերը հոսելով թափվում են Ախթալա գետ, որից հետո Դեբեդ գետ՝ աղտոտելով այն:

3.3. Աղստև և Գետիկ գետերի ջրերի որակի վերլուծություն

Ատենախոսության շրջանականերում կատարվել է նաև Աղստև և Գետիկ գետերի 2009-2012թթ. ջրի որակի համալիր գնահատում [128,129]: Աղյուսակներ 16-19 ից երևում է, որ Աղստև գետի հոսանքով դեպի ներքև (ակունքից գետաբերան) Դիլիջան և Իջևան քաղաքներից ներքև ընկած հատվածներում (դիտ. 16 և 18) դիտվում են նիտրիտ և ամոնիում իոնների պարունակության ավելի բարձր արժեքներ, քան այդ քաղաքներից վերև ընկած հատվածներում (դիտ. 15 և 17): Նիտրիտ և ամոնիում իոնների պարունակության փոփոխությունը պայմանավորվում է առավելապես խոշոր բնակավայրերի՝ Դիլիջան և Իջևան քաղաքների միջով անցնելուց հետո կենցաղային աղբի, կոմունալային, տնտեսական հոսքաշրերի գետի մեջ թափվելու արդյունքում մարդածին ազդեցությամբ: Դրա մասին է վկայում նաև ԹԿՊ₅-ի բարձր արժեքը: Արվել է հետևություն, որ առավել աղտոտված է Աղստև գետի Դիլիջան քաղաքից ներքև ընկած հատվածը, քանի որ մաքրման կայանների անսարքության պատճառով քաղաքից գետն են թափվում կոմունալ - կենցաղային թափոնաշրերը, ինչպես նաև գյուղատնտեսական հոսքաշրերը [130]: Հայտնի է, որ ջրային միջավայրի աղտոտման աղբյուր են հանդիսանում չմաքրված կամ թերի մաքրված կոմունալ-կենցաղային հոսքաշրերը: Դրանք առաջանում են բնակավայրերում, երբ խմելու ջուրը օգտագործվում է կենցաղում և տնտեսության մեջ մարդու ֆիզիոլոգիական կարիքների համար: Կոմունալ կենցաղային հոսքաշրերի ծավալը համարյա հավասար է բնակավայրի

բնակչության կողմից ծախսված խմելու ջրի ծավալին: Բնակավայրերում ջրի օգտագործման չափաբաժինը կախված է մի շարք գործոններից՝ կենտրոնական ջրամատակարարում և կոյուղագիծ, բնակլիմայական պայմաններ և այլն: Քաղաքում մեկ մարդու կողմից օրական ջրօգտագործման չափաբաժինը կազմում է 50-1000լ, այն դեպքում, երբ Նյու-Յորքում այն կազմում է 600լ, Փարիզում՝ 500լ, Մոսկվայում՝ 400լ, Կիևում՝ 300լ իսկ Լոնդոնում՝ 263լ: ՀՀ քաղաքներում այն կազմում է 200լ: Հոսքաջրերի հետ կոյուղի է ներթափանցում մարդու արտաթորանքը և լվացքից, լվացվելուց, լողանալուց, սննդի պատրաստմից, բնակարանի մաքրումից առաջացած աղտոտող նյութերը: Քաղաքների կոմունալ-կենցաղային հոսքաջրերի բաղադրությունը տատանվում է՝ կախված բնակչության տնտեսական և կենցաղային գործունեության ռեժիմից: Ապացուցված է, որ յուրաքանչյուր մարդ օրական կոյուղի է արտազատում միջինը 90 գ կոշտ և 1170 գ հեղուկ արտաթորանք: Մեկ բնակչի կողմից մեկ օրում քաղաքային կոյուղագիծ ներթափանցող աղտոտիչների միջին քանակը հիմնականում հաստատուն մեծություն է: Օրական մեկ մարդու վրա հաշվված քաղաքային կոմունալ-կենցաղային հոսքաջրերեր են ներթափաքնցում 28գ ընդհանուր ազոտ, 7գ ամոնիումային ազոտ, 2.8գ ընդհանուր ֆոսֆոտներ, 22գ կախույթային նյութեր, 2.5գ ՄԱՆ, 0.2գ նավթամթերք և 8գ ճարպեր [64,131]:

Աղյուսակ 16

2009 թ. Աղստև և Գետիկ գետերի դիտակետերում ջրերի ցուցանիշների ՍԹԿ-ի գերազանցման դեպքերի թիվը և ՍԹԿ-ի բազմապատիկության գումարը:

Դիտակետ	15	16	17	18	19	20
NH ₄ ⁺	0	6	0	0	7	0
Cu	7	12	11	12	5	11
V	8	10	10	10	11	8
Al	12	12	12	12	11	11
Mn	0	5	9	6	4	0
N	27	45	42	40	38	30
M= Σm	10.9	17.4	18	19	20.2	16.1

Աղյուսակ 17

2010 թ. Աղստև և Գետիկ գետերի դիտակետերում ջրերի ցուցանիշների ՍԹԿ-ի գերազանցման դեպքերի թիվը և ՍԹԿ-ի բազմապատիկության գումարը:

Դիտակետ	15	16	17	18	19	20
NH_4^+	0	4	0	0	4	0
NO_2^-	0	5	0	0	3	0
Cu	6	10	10	10	6	11
V	9	12	10	11	9	11
Al	10	8	9	10	8	11
Mn	0	5	7	0	4	0
Se	3	4	4	3	0	3
N	28	48	40	34	34	36
$M = \sum m$	15.6	21.8	15.9	18.5	22	17.2

Աղյուսակ 18

2011 թ. Աղստև և Գետիկ գետերի դիտակետերում ջրերի ցուցանիշների ՍԹԿ-ի գերազանցման դեպքերի թիվը և ՍԹԿ-ի բազմապատիկության գումարը:

Դիտակետ	15	16	17	18	19	20
ԹԿՊ_5	0	4	6	0	0	8
NH_4^+	0	5	0	0	0	0
NO_2^-	0	6	0	5	0	0
Cu	0	11	9	10	0	10
V	10	11	10	11	7	0
Al	10	9	9	9	7	12
Mn	6	7	9	0	0	0
N	26	53	43	35	14	30
$M = \sum m$	6.9	13.2	10.7	10.2	4.4	10

Աղյուսակ 19

2012թ. Աղստև և Գետիկ գետերի դիտակետերում ջրերի ցուցանիշների ՍԹԿ-ի գերազանցման դեպքերի թիվը և ՍԹԿ-ի բազմապատիկության գումարը:

Դիտակետ	15	16	17	18	19	20
ԹԿՊ_5	0	0	10	8	0	0
NH_4^+	0	9	0	7	0	0
NO_2^-	0	8	5	9	0	0
Cu	12	12	11	11	7	12
V	10	10	10	10	8	10
Al	11	10	10	10	8	10
Mn	8	8	10	8	4	0
Cr	0	4	6	6	5	5
Se	2	2	2	3	0	0
N	43	63	64	72	32	37
$M = \sum m$	13.5	21	17.6	19.7	27.3	14.6

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ Աղստև և Գետիկ գետերի ջրերը աղտոտվում են նաև որոշ մետաղներով: Գետերի ջրերում պարբերաբար գերազանցել են պղնձի, վանադիումի, ալյումինի, մանգանի, քրոմի, և սելենի ՍԹԿ-ն (աղյուսակներ 16-19): Ինդեքսների արժեքները բերված են աղյուսակ 20-ում:

Աղյուսակ 20

2009թ. Աղստև և Գետիկ գետերի դիկատետերի ջրի որակի ինդեքսները:

Ինդեքսներ	ԶՈՀԻ	ԶՈԷԻ	ԶԱԻ	ԶՈԿԻ	ԶՈՏԿԻ
15	0.828	0.485	0.97	81.61	1.56
16	1.109	0.688	1.59	73.13	2.33
17	1.005	0.588	1.42	74.17	2.06
18	1.006	0.580	1.46	72.23	2.40
19	1.161	0.733	1.5	71.52	2.11
20	0.871	0.476	1.4	72.15	1.95

ՋՈՀԻ-ը ունի ուղիղ համեմատական կախվածություն ՋԱԻ-ի, ՋՈՏԿԻ և ՋՈԷԻ հետ և հակադարձ կախվածություն ՋՈԿԻ հետ

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.338 \pm 0.257) + (0.474 \pm 0.183) \cdot \text{ՋԱԻ}, \quad R=0.79116, N=6$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.358 \pm 0.313) + (0.309 \pm 0.150) \cdot \text{ՋՈՏԿԻ}, \quad R=0.71722, N=6$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.271 \pm 0.065) + (1.227 \pm 0.108) \cdot \text{ՋՈԷԻ}, \quad R=0.98481, N=6$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (2.631 \pm 0.977) - (0.022 \pm 0.013) \cdot \text{ՋՈԿԻ}, \quad R=0.64206, N=6$$

Աղստև գետի համար կորելյացիան բավականին լավ է.

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.408 \pm 0.074) + (0.426 \pm 0.053) \cdot \text{ՋԱԻ}, \quad R=0.98468, N=4$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.417 \pm 0.207) + (0.273 \pm 0.098) \cdot \text{ՋՈՏԿԻ}, \quad R=0.89146, N=4$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.181 \pm 0.119) + (1.377 \pm 0.203) \cdot \text{ՋՈԷԻ}, \quad R=0.97886, N=4$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (2.823 \pm 0.642) - (0.024 \pm 0.009) \cdot \text{ՋՈԿԻ}, \quad R=0.89661, N=4$$

3.4. Որոտան. Սիսիան և Գորիս գետերի ջրերի որակի վերլուծություն

Կատարվել է նաև Որոտան. Սիսիան և Գորիս գետերի 2009-2012թթ. ջրի որակի համալիր գնահատում [132-134]: Աղյուսակներ 21 և 22-ից երևում է, որ Որոտան գետի դիտ. 101 –ում և Գորիս գետի դիտ. 107-ում նիտրիտ և ամոնիում իոնների պարունակությունը գերազանցել է ՍԹ-Կ-ն: Նշված գետերի ջրերում պարբերաբար գերազանցվել են պղնձի, վանադիումի, ալյումինի, մանգանի, քրոմի, և սելենի ՍԹ-Կ-ն:

Ջրի որակի հայկական ինդեքսի արժեքը համեմատել ենք ՋԱԻ-ի, ՋՈԿԻ, ՋՈՏԿԻ և ՋՈԷԻ հետ (աղյուսակ 23): Նշված գետերի կամար $\text{ՋՈՀԻ} = A + B \cdot \text{ՋՈԻ}$ հավասարման լուծումից ստացված A և B հաստատունների արժեքներն ու կորելյացիայի գործակիցներն բերված են աղյուսակ 24-ում:

ՋՈՀԻ-ը ունի ուղիղ կախվածություն ՋԱԻ-ի, ՋՈՏԿԻ և ՋՈԷԻ հետ և հակադարձ կախվածություն ՋՈԿԻ հետ:

2009-2012թթ. Որոտան գետի դիտակետերի ջրի ցուցանիշների ՍԹԿ-ի գերազանցման դեպքերի թիվը և ՍԹԿ-ի բազմապատիկության գումարն ու ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ արժեքները:

Դիտ. Ցուց.	№ 99				№ 100				№ 101				№ 102			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
NH ₄ ⁺	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	6	5	0	0	0	0
Al	11	11	6	10	5	10	6	8	5	10	6	8	11	10	10	11
V	12	11	7	10	12	10	9	12	12	10	9	11	12	11	11	12
Cr	3	–	–	0	2	–	–	4	3	–	–	4	2	–	–	5
Mn	0	–	0	0	4	–	0	0	4	–	3	3	3	–	3	4
Cu	0	4	0	0	0	0	0	8	0	0	5	8	8	7	10	12
Se	0	–	–	0	0	–	–	0	1	–	–	3	1	–	–	0
N	26	26	13	20	23	20	15	32	31	25	35	42	37	28	34	44
ՋՈԷԻ	0.428	0.453	0.369	0.298	0.610	0.30	0.330	0.61	0.854	0.48	0.962	0.96	0.724	0.480	0.583	0.67
M	9.9	13.3	9.0	8.4	24.0	21.0	20.0	22.5	30.2	24.8	28.8	24	20.1	14.6	14.3	14.7
ՋՈՀԻ	0.758	0.826	0.686	0.605	1.070	0.739	0.762	1.059	1.346	0.943	1.447	1.418	1.157	0.867	0.967	1.058

Ստացվում է, որ Որոտան գետի դեպքում կորելյացիան լավ է: Սիսիան և Գորիս գետերի համար կորելյացիան ևս լավ է:

Լավ կորելյացիա է ստացվում նաև, երբ Որոտան, Սիսիան և Գորիս գետերի ցուցանիշները քննարկվում են միասին:

Աղյուսակ 22

2009թ. Սիսիան և Գորիս գետերի դիտակետերի ջրի ցուցանիշների ՍԹԿ-ի գերազանցման դեպքերի թիվը և ՍԹԿ-ի բազմապատիկության գումարը և ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ արժեքները:

Գետ	Սիսիան		Գորիս			Սիսիան		Գորիս	
Դիտ. Ցուց.	103	104	106	107		103	104	106	107
ԹԿՊ_5	0	0	0	4	N	12	28	19	61
NH_4^+	0	0	0	12	$\sum n \log_2 n$	24.35	90.5	55.75	194.6
NO_2^-	0	0	0	12	I	2.03	3.231	2.934	3.190
Cu	3	8	0	11	H	1.55	1.57	1.311	2.737
V	0	11	12	12	ՋՈԷԻ	0.765	0.487	0.447	0.858
Al	5	9	4	4	M	12.7	10	16.4	39.2
Mn	4	0	0	0	$\log_2 M$	3.70	3.32	4.03	5.369
Cr	0	0	3	5	ՋՈՀԻ	1.135	0.819	0.850	1.395
Se	0	0	–	1					

Աղյուսակ 23

2009թ. Որոտան, Սիսիան և Գորիս գետերի դիտակետերի ջրի որակի ինդեքսները:

Դիտակետ \ Ինդեքս.	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋԱԻ	ՋՈԿԻ	ՋՈՏԿԻ
99	0.7583	0.4278	1.42	86.69	1.08
100	1.0696	0.610	4.36	73.30	1.67
101	1.3457	0.8544	4.33	70.77	2.14
102	1.1567	0.724	2.12	80.05	1.76
103	1.135	0.765	0.80	83.77	1.30
104	0.819	0.487	1.30	87.25	1.47
106	0.850	0.447	2.88	79.99	1.45
107	1.395	0.858	5.76	67.55	2.16

Որոտան, Սիսիան և Գորիս գետերի ջրերի որակի ինդեքսների կորելացիոն գործակիցները:

ՋՈԻ	$A \pm a$	$B \pm b$	R	N
Որոտան				
ՋԱԻ	0.736 ± 0.271	0.113 ± 0.081	0.70050	4
ՋՈՏԿԻ	0.156 ± 0.042	0.558 ± 0.024	0.99807	4
ՋՈԷԻ	0.204 ± 0.083	1.343 ± 0.123	0.99170	4
ՋՈԿԻ	3.361 ± 0.973	-0.029 ± 0.013	0.85675	4
Սիսիան և Գորիս				
ՋԱԻ	0.838 ± 0.215	0.079 ± 0.065	0.65178	4
ՋՈՏԿԻ	0.229 ± 0.554	0.514 ± 0.340	0.73018,	4
ՋՈԷԻ	0.225 ± 0.154	1.290 ± 0.232	0.96899	4
ՋՈԿԻ	3.082 ± 1.044	-0.025 ± 0.013	0.81023	4
Որոտան, Սիսիան և Գորիս				
ՋԱԻ	0.808 ± 0.136	0.089 ± 0.041	0.66599	8
ՋՈՏԿԻ	0.189 ± 0.216	0.538 ± 0.129	0.86133	8
ՋՈԷԻ	0.215 ± 0.075	1.315 ± 0.112	0.97875	8
ՋՈԿԻ	3.181 ± 0.584	-0.027 ± 0.007	0.82942	8

Ստացված տվյալները ցույց են տալիս, որ ոչված գետերի ջուրը հիմնականում 1 կարգի մաքուր է և 2-րդ կարգի թույլ աղտոտված: Սիսիան և Գորիս քաղաքներից դուրս ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ մեծանում են, որը վկայում է նշված քաղաքների կոմունալ կենցաղային հոսքաջրերով գետերի ջրերի աղտոտման և ջրի որակի վատթարացման մասին:

3.5. Արփա գետի և Կեչուտի ջրամբարի ջրերի որակի վերլուծություն

2009-2012 թթ. ջրաքիմիական տվյալների վերլուծությունից ստացվում է որ Արփա գետի և Կեչուտի ջրամբարի ջրում պարբերաբար գերազանցել են պղնձի, վանադիումի, ալյումինի, մանգանի, քրոմի, և սելենի ՍԹԿ-ն [135-137]:

Ինչպես երևում է աղյուսակներ 1-3-ի տվյալներից Արփա գետի բոլոր դիտակետերում և Կեչուտի ջրամբարի ՋՈՀԻ արժեքը փոքր է մեկից, որը խոսում է այն մասին, որ Արփա գետի ջուրը 1 կարգի մաքուր է:

2009 թ. Արփա գետի և Կեչուտի ջրամբարի դիտակետերի ջրի ցուցանիշների ՍԹԿ-ի գերազանցման դեպքերի թիվը և ՍԹԿ-ի բազմապատիկության գումարը:

Դիտակետ	83		84		85		86		87		114	
Ցուցանիշ	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$
NO_2^-	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
Al	10	33.2	9	28.51	11	38.03	11	38.03	10	33.2	10	33.2
V	10	33.2	11	38.03	11	38.03	12	43	12	43	10	33.2
Cr	5	11.6	0	0	0	0	0	0	4	8	0	0
Mn	0	0	0	0	2	2	3	4.75	0	0	0	0
Se	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
N	25		21		27		27		27		20	
$\sum n \log_2 n$	78		66.54		80.06		85.75		84.2		66.4	
I	3,12		3.17		2,96		3.18		3.12		3.32	
H	1.52		1,22		1,79		1,57		1.63		1.0	
ՋՈԷԻ	0.488		0,385		0.604		0,494		0,523		0.301	
$M = \sum m$	8.1		9.0		12.6		12.5		13.9		6.7	
$\log_2 M$	3.016		3.168		3.653		3.642		3.795		2.742	
ՋՈՀԻ	0.7896		0.7018		0.9693		0.8582		0.9025		0.5752	

2009-2012 թթ. Կեչուտի ջրամբարի ՋՈԷԻ ԵՎ ՋՈՀԻ:

Տարի	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ
2009	0.301	0.575
2010	0.530	0.885
2011	0.350	0.822
2012	1.008	1.290

ՋՈՀԻ-ը ունի ուղիղ կախվածություն ՋԱԻ-ի, ՋՈՏԿԻ և ՋՈԷԻ հետ և հակադարձ կախվածություն ՋՈԿԻ հետ:

2009թ. Արփա գետի և Կեչուտի ջրամբարի դիտակետերի ջրի որակի ինդեքսները:

Դիտակետ Ինդեքս	83	84	85	86	87	114
ՋՈՀԻ	0.7896	0.7018	0.9693	0.8582	0.9025	0.5750
ՋՈԷԻ	0.488	0.385	0.604	0.494	0.523	0.301
ՋԱԻ	1.14	1.16	1.45	1.45	1.30	1.16 [54]
ՋՈԿԻ	83.78	82.04	77.67	79.47	76.90	84.34 [54]
ՋՈՏԿԻ	1.60	1.51	1.87	1.76	1.53	1.49 [54]

Արփա գետի համար կորելացիան լավն է .

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.1303 \pm 0.3107) + (0.5492 \pm 0.2378) \cdot \text{ՋԱԻ}, \quad R=0.80004, \quad N=5,$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.0809 \pm 0.4551) + (0.4615 \pm 0.2741) \cdot \text{ՋՈՏԿԻ}, \quad R=0.69692, \quad N=5,$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.2133 \pm 0.0997) + (1.2650 \pm 0.1985) \cdot \text{ՋՈԷԻ}, \quad R=0.96514, \quad N=5,$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (3.1571 \pm 0.9495) - (0.0289 \pm 0.0119) \cdot \text{ՋՈԿԻ}, \quad R=0.81512, \quad N=5:$$

Երբ Կեչուտի ջրամբարն ու Արփա գետը քննարկվում է միասին ապա կորելացիոն գործակիցն փոխվում է.

$$\text{ՋՈՀԻ} = (-0.1726 \pm 0.3996) + (0.7614 \pm 0.3112) \cdot \text{ՋԱԻ}, \quad R=0.77428, \quad N=6,$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = -(0.3131 \pm 0.5132) + (0.6843 \pm 0.3143) \cdot \text{ՋՈՏԿԻ}, \quad R=0.73644, \quad N=6,$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.1846 \pm 0.0548) + (1.3198 \pm 0.1151) \cdot \text{ՋՈԷԻ}, \quad R=0.98511, \quad N=6:$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (3.9903 \pm 0.9229) - (0.0395 \pm 0.0114) \cdot \text{ՋՈԿԻ}, \quad R=0.86573, \quad N=5:$$

3.6.Ողջի գետի ավազանի գետերի ջրերի որակի վերլուծություն

Աշխատանքուն կատարվել է նաև Ողջի, Գեղի և Արծվանիկ գետերի 2009-2012թթ. ջրի որակի համալիր գնահատում [138,139]:

Աղյուսակներ 28–30 - ից երևում է, որ գետերի հոսանքով դեպի ներքև ակունքից գետաբերան նկատվում է ջրի որակի նվազում: Այսպես Քաջարան և Ղափան քաղաքներից ներքև ընկած հատվածներում ջրաքիմիական բոլոր ցուցանիշներն աճել են: Ողջի գետի ջրերի հիդրոքիմիական որակի վրա Քաջարանի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի թափոնաջրերի ներգործության չափը երևում է Ողջի գետի 91 և 92 դիտակետերում տարրերի ՍԹ-ի փոփոխությունների վերլուծությանը հիման վրա: Դիտվում է Ողջի գետի ջրի հիդրոքիմիական 11 ցուցանիշների ՍԹ գերազանցումների դեպքերի թվի մեծացում 14-ից 55: Ջրի որակի Հայկական ինդեքսի աճը քանակապես ցույց է տալիս կոմբինատի թափոնաջրերի բացասական ազդեցությունը:

Ղափան քաղաքի միջով անցնելուց հետո Ողջի գետի ջուրը աղտոտվում է կենցաղային աղբի, կոմունալկենցաղային և տնտեսական հոսքաջրերի գետի մեջ թափման շնորհիվ մարդածին ազդեցության հետևանքով: Հիդրոքիմիական 11 ցուցանիշների ՍԹ գերազանցումների դեպքերի թիվը 24-ից դառնում է 79: Այսպես մեծանում է նիտրիտ, ամոնիում իոնների և ԹԿՊ₅-ի ՍԹ գերազանցումների դեպքերի թիվը: Արծվանիկ գետի ջրերի հիդրոքիմիական որակի վրա Արծվանիկի պոչամբարի ներգործության վերլուծությունը կատարվել է գետի ակունքային հատվածի և գետաբերանի դիտակետերում տարրերի ՍԹ-ի փոփոխությունների հիման վրա հաշվարկված համեմատության հիման վրա: Արծվանիկ գետի հիդրոքիմիական 9 ցուցանիշները՝ NO₂⁻, SO₄⁻², Cu, V, Al, Cr, Mn, Zn և Se ՍԹ գերազանցումների դեպքերի թիվը համապատասխան ակունքի հատվածի 0, 0, 0, 0, 6, 4, 0, 0, 1 արժեքների աճել են մինչև 10, 12, 12, 12, 12, 3, 12, 12, 10 արժեքները Գործնականում բոլոր ցուցանիշներով դիտվում է ջրի որակի վատթարացում գետաբերանում: Իսկ ջրի որակի Հայկական ինդեքսը աճել է, որը քանակապես ցույց է տալիս Արծվանիկի պոչամբարի բացասական ազդեցությունը:

2009 թ.Ողջի, Արծվանիկ և Գեղի գետերի ջրերի որակի ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ

ինդեքսների արժեքները:

Դիտակետ	N	$\sum n \log_2 n$	I	H	ՋՈԷԻ	$M = \sum m$	$\log_2 M$	ՋՈՀԻ
91	14	38	2.714	1.086	0.4	5.5	2.46	0.646
92	55	159.07	2.892	2.891	1	19.1	4.86	1.486
93	24	68.54	2.858	1.734	0.607	12.8	3.54	0.961
94	79	250.71	3.173	3.131	0.987	119.1	6.83	1.67
95	11	23.51	2.131	1.317	0.618	8	3.0	0.918
96	95	329.65	3.47	3.046	0.878	63.1	5.97	1.475
97	8	16	2.0	1.0	0.5	5.3	2.4	0.74
98	17	43.97	2.586	1.495	0.578	6	2.58	0.836

2009-2012թթ.Ողջի, Արծվանիկ և Գեղի գետերի ջրերի որակի ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ

ինդեքսների արժեքները:

Տարի Դիտ.	2009		2010		2011		2012	
	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋՈՀԻ
91	0.4	0.646	0	0.2	0	0.158	0.61	0.98
92	1	1.486	0.8	1.3	0.88	1.39	0.94	1.49
93	0.607	0.961	0.3	0.71	0.33	0.74	0.96	1.30
94	0.987	1.67	0.73	1.41	0.92	1.66	1.03	1.77
95	0.618	0.918	0.49	0.79	0.74	1.04	0.84	1.12
96	0.878	1.475	0.82	1.37	1.02	1.56	1.17	1.77
97	0.5	0.74	0	0.07	0.43	0.73	0.87	1.24
98	0.578	0.836	0.32	0.51	0.33	0.58	0.25	0.51

2009 թ. Ողջի, Արծվանիկ և Գեղի գետերի ջրերի որակի ինդեքսների արժեքները:

Գետ	Դիտակետ	ՋՈՀԻ	ՋՈԷԻ	ՋԱԻ	ՋՈԿԻ	ՋՈՏԿԻ
Ողջի	91	0.646	0.4	0.87	86.05	1.21
	92	1.486	1	6.84	61.26	2.79
	93	0.961	0.607	1.77	79.48	1.71
	94	1.67	0.987	16.68	48.68	2.89
Արծվանիկ	95	0.918	0.618	1.3	85.75	1.19
	96	1.475	0.878	3.69	54.03	2.67
Գեղի	97	0.74	0.5	0.73	88.69	1.34
	98	0.836	0.578	1	84.24	1.83

ՋՈՀԻ-ը ունի ուղիղ կախվածություն ՋԱԻ-ի, ՋՈՏԿԻ և ՋՈԷԻ հետ և հակադարձ կախվածություն ՋՈԿԻ հետ

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.845 \pm 0.108) + (0.059 \pm 0.017) \cdot \text{ՋԱԻ}, \quad R=0.82579, N=8$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.088 \pm 0.140) + (0.514 \pm 0.067) \cdot \text{ՋՈՏԿԻ}, \quad R=0.95168, N=8$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = -(0.082 \pm 0.093) + (1.686 \pm 0.129) \cdot \text{ՋՈԷԻ}, \quad R=0.98297, N=8$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (2.824 \pm 0.164) - (0.023 \pm 0.002) \cdot \text{ՋՈԿԻ}, \quad R=0.97505, N=8:$$

3.7 Սևանա լճի ջրի որակի վերլուծություն

ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ հաշվարկվել են նաև Սևանա լճի ջրի 2009 թ. լճի ջրաքիմիական ցուցանիշների հիման վրա [69]:

Աղյուսակ 31

Սևանա լճի ջրի որակի ինդեքսների արժեքները 2009թ.:

Դիտ	N	$\sum \log_2 n$	I	H	ՋՈԷԻ	M	$\log_2 M$	ՋՈՀԻ	ՋԱԻ	ՋՈԿԻ	ՋՈՏԿԻ
116	35	99.12	2.832	2.298	0.811	13	3.70	1.181	1.41	70.37	1.65
117	34	94.76	2.787	2.303	0.826	14	3.81	1.207	1.42	70.95	1.56
117-	33	90.86	2.753	2.288	0.831	13	3.70	1.201	1.43	70.21	1.81
118	36	98.66	2.768	2.399	0.867	17.1	4.09	1.276	1.87	65.98	1.88
119	31	83.12	2.681	2.270	0.847	14.1	3.82	1.228	1.48	69.12	1.81
119-	38	103.64	2.727	2.518	0.923	17.2	4.10	1.334	1.90	66.35	2.11
120	38	102.79	2.705	2.540	0.939	16.1	4.00	1.340	1.67	67.24	1.65
120-	40	110.79	2.769	2.550	0.921	17.3	4.11	1.332	1.92	65.50	1.96
121	37	106.88	2.889	2.321	0.803	14.3	3.84	1.187	1.60	66.79	1.94
121-	37	107.15	2.895	2.315	0.799	15.2	3.92	1.192	1.56	66.89	1.83
122	35	98.66	2.818	2.312	0.820	14.3	3.84	1.204	1.50	66.65	2.19
122-	35	98.66	2.818	2.312	0.820	15.3	3.93	1.214	1.49	68.68	1.59
123	36	102.75	2.854	2.316	0.811	15.3	3.93	1.205	1.50	67.05	1.69
123-	35	98.66	2.818	2.308	0.819	15.3	3.93	1.212	1.55	66.58	1.75
124	35	98.66	2.818	2.308	0.819	15.3	3.93	1.212	1.53	68.16	1.85
125	35	98.66	2.818	2.308	0.819	16.3	4.02	1.222	1.52	66.49	1.59
126	33	91.15	2.762	2.279	0.825	16.4	4.03	1.229	1.54	67.27	1.82
127	33	90.63	2.746	2.287	0.833	16.5	4.04	1.237	1.55	67.14	1.78
128	36	98.85	2.745	2.425	0.883	19.5	4.28	1.3117	1.75	66.02	2.11
128-	34	94.76	2.786	2.299	0.825	14.3	3.84	1.209	1.44	68.25	2.03
129	35	98.89	2.825	2.301	0.815	14.3	3.84	1.198	1.44	67.60	1.93
129-	35	98.89	2.825	2.301	0.815	14.3	3.84	1.198	1.52	67.96	1.79
130	34	94.76	2.786	2.299	0.825	14.3	3.84	1.209	1.43	68.64	1.63
131	32	87.25	2.727	2.273	0.834	14.3	3.84	1.217	1.43	68.48	1.88
131-	33	91.15	2.762	2.279	0.825	14.2	3.826	1.208	1.46	68.45	1.95

Ինչպես գետերի [140] և ջրամբարի [137,141] ջրերի որակի գնահատման դեպքում Սևանա լճի համար ևս ՋՈՀԻ-ը ունի ուղիղ կախվածություն ՋԱԻ-ի, ՋՈՏԿԻ և ՋՈԷԻ հետ և հակադարձ կախվածություն ՋՈԿԻ հետ:

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.739 \pm 0.074) + (0.313 \pm 0.047) \cdot \text{ՋԱԻ}, \quad R=0.80233, N=26$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (1.047 \pm 0.127) + (0.096 \pm 0.069) \cdot \text{ՋՈՏԿԻ}, \quad R=0.27301, N=26$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (0.203 \pm 0.038) + (1.225 \pm 0.046) \cdot \text{ՋՈԷԻ}, \quad R=0.98339, N=26$$

$$\text{ՋՈՀԻ} = (2.637 \pm 0.513) - (0.021 \pm 0.008) \cdot \text{ՋՈԿԻ}, \quad R=0.49061, N=26:$$

3.8 Բնական համակարգերի որակի վերլուծություն մշակված ինդեքսների միջոցով

Ինչպես վերը նշվել է Շենոնի կենսաբազմազանության ինդեքսը կիրառվել է կենսաբանական համակարգերի կառուցվածքի, անտառային էկոհամակարգի կենսաբազմազանության, մասնավորապես բուսականության վիճակի կայունության և որակի գնահատման համար [100], ինչպես նաև անտառային տեղամասում անտառվերականգնման գնահատման համար [99]: Այդ իսկ պատճառով մենք փորձել ենք կիրառել մեր կողմից մշակված ինդեքսները բուսականության վիճակի կայունության և որակի գնահատման համար ու նավթիդների՝ բնական գազ, ուղեկցող գազ , նավթ հասունության գնահատման համար:

Մեր կողմից էնտրոպիական և Հայկական ինդեքսները կիրառվել են քաղաքային տարածքում, լանդշաֆտում ծառերի և թփերի վիճակի գնահատման համար: Այդ նպատակով կատարվել է Ղազախստանի Աստանա քաղաքի Ս.Սեյֆուլինի անվան Ագրոտեխնիկական համալսարանի տարածքի կանաչապատման համար օգտագործված կանաչ տնկիների և ծառերի էկոլոգիական վիճակի գնահատում մեր կողմից մշակված էնտրոպիական ինդեքսի և հայկական ինդեքսի միջոցով: $I = \sum \log_2 n / N$ և $ՀԻ = ՀՈԷԻ + 0.1 \log_2 M$ բանաձևերում որպես n ընդունվել է ամեն մի ծառատեսակի ըստ կատեգորիաների ծառերի թիվը, իսկ M - ը՝ կտրման ենթակա չորացած ծառերի թիվը: Հաշվարկները կատարվել են Ղազախստանի ագրոտեխնիկական համալսարանի անտառային ռեսուրսներ և անտառային տնտեսություն ամբիոնի հետ գիտական համագործակցության մասին պայմանավորվածության արդյունքում նրանց տվյալների հիման վրա [142] (տես հավելված № 1, ներդրման ակտ):

ԷԻ, ՀԻ և ծառերի միջին կշռային բալերի համեմատությունը ցույց է տալիս, որ նրանց միջև գործում է կորելյացիա

$$ԷԻ = (-0.0055 \pm 0.0482) + (0.1177 \pm 0.0330) \cdot K, R=0.78373, N=10,$$

$$ՀԻ = (-0.6587 \pm 0.2159) + (0.8171 \pm 0.1547) \cdot K, R=0.90717, N=8:$$

ԷԻ-ը կիրառվել է նաև նավթիդների՝ բնական գազի, ուղեկցող գազի և նավթի հանքերի հասունության գնահատման համար: Այդ հետազոտությունները կատարվել

են Ռուսաստանի Դաշնության Ժելեզնոգորսկի «Տիեզերեկան Տեխնոլոգիա» ֆիրմայի հետ համագործակցության շրջանակներում: Արդյունքների վերաբերյալ տրվել է ներդրման ակտ (տես հավելված № 2, ներդրման ակտ): Վերլուծելով բնական գազի, ուղեկցող գազի և նավթի կազմը ըստ բաղադրիչների (տես հավելված № 2, աղյուսակներ 1-3) մենք ցույց ենք տվել, որ բնական գազ → ուղեկցող գազ → նավթ շարքում է՝ աճում է 0.06 –ից մինչև 1:

Առաջարկված է՝ և ՀԻ կարող են կիրառվել ոչ միայն քաղցրահամ ջրային համակարգերի (գետ, ջրամբար, լիճ) այլև բնական համակարգերի կայունության և նավթիդների հասունության գնահատման և կանխատեսման համար:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. ՀՀ Դեբեդ գետի 2013–2015թթ ջրի որակի ջրաքիմիական ցուցանիշների հիման վրա մշակված ջրի որակի էնտրոպիական ինդեքսը և ջրի որակի հայկական ինդեքսը կիրառվել են ջրի որակի գնահատման գործընթացում սահմանային թույլատրելի կոնցենտրացիաների և ֆոնային կոնցենտրացիաների կիրառմամբ: Ֆոնային կոնցենտրացիաներով հաշվարկված ինդեքսներն ավելի մեծ արժեքներ ունեն, քան ՍԹԿ-ով հաշվարկվածները, քանի որ ֆոնային կոնցենտրացիաները ավելի խիստ են, քան ձկնաբուծական ՍԹԿ-ները, որոնք կիրառվում էին ՀՀ-ում:
2. Առաջարկված ջրի որակի էնտրոպիական և ջրի որակի հայկական ինդեքսներով գնահատվել են ՀՀ Դեբեդի գետավազանի, Աղստև, Գետիկ, Ողջի, Գեղի, Արծվանիկ, Որոտան, Սիսիան, Գորիս, Արփա գետերի, Կեչուտի ջրամբարի և Սևանա լճի ջրերի 2009–2012թթ էկոլոգիական վիճակը և ջրաքիմիական աղտոտվածությունը՝ համեմատելով դրանք միջազգային ամենաընդունված և կիրառվող ինդեքսների՝ ջրի աղտոտվածության ինդեքսի, ջրի որակի կանադական ինդեքսի և ջրի որակի տեսակարար կոմբինատորային ինդեքսի հետ: Դրանց կորելյացիան բարձր է ($R = 0.8 - 1$), որն ապացուցում է առաջարկված ինդեքսների ճշտությունը և կիրառելիությունը:
3. Առաջարկված և կիրառված ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ համար սահմանվել և անալիտիկորեն ճշտվել են ջրերի որակի թվային սանդղակները և կարգերը: ՋՈԷԻ համար՝ 0 – 0.7 մաքուր (1-ին կարգ), 0.7 – 1.0 թույլ աղտոտված (2-րդ կարգ), 1.0 – 1.4 աղտոտված (3-րդ կարգ), 1.4 – 1.7 կեղտոտ (4-րդ կարգ), >1.7 արտակարգ կեղտոտ (5-րդ կարգ): ՋՈՀԻ համար՝ 0 – 1.1 մաքուր (1-ին կարգ), 1.1 – 1.4 թույլ աղտոտված (2-րդ կարգ), 1.4 – 1.8 աղտոտված (3-րդ կարգ), 1.8 – 2.1 կեղտոտ (4-րդ կարգ), >2.1 արտակարգ կեղտոտ (5-րդ կարգ):
4. Մեր կողմից մշակված ՋՈԷԻ և ՋՈՀԻ կիրառվել են քաղաքային լանդշաֆտում բուսականության էկոլոգիական վիճակը, նավթիդների (բնական գազ,

նավթին ուղեկցող գազ, նավթ) հասունությունը գնահատելու համար, որն ավելի է ընդլայնում առաջարկված ինդեքսների կիրառման ոլորտները:

ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

- ԶՈԷԻ և ԶՈՀԻ ինդեքսները առաջարկել ՀՀ Բնապահպանության նախարարության և Զրային տնտեսության պետական կոմիտեին ջրային օբյեկտների ջրերի որակի համալիր գնահատման և կանխատեսման համար:
- Զրերի որակի գնահատման և կանխատեսման համար ՀՀ-ում, հաշվի առնելով հանրապետության լեռնային ռելիեֆը, հանքայնացման և կախված մասնիկների ջրաքիմիական ցուցանիշները վերանայել՝ դրանց նորմերի մեծացման ուղղությամբ:
- Կիրառել մշակված ինդեքսները տարբեր բնական համակարգերի էկոլոգիական կայունության գնահատման և կանխատեսման համար:
- Կիրառել մշակված ինդեքսները նաև սոցիալական ոլորտում՝ ռեկրեացիայի, հասարակության սոցիալ-տնտեսական վիճակի և այլ հարցերի լուծման և կանխատեսման համար:
- Համաձայնվել Ղազախստանի Աստանա քաղաքի Ս.Սեյֆուլինի անվան Ղազախստանի Ագրոտեխնիկական համալսարանի և Ռուսաստանի Դաշնության Ժելեզնոգորսկի «Տիեզերեկան Տեխնոլոգիա» ֆիրմայի առաջարկությունների հետ Զրի որակի հայկական ինդեքսը վերանվանել Շրջակա միջավայրի որակի հայկական ինդեքս:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
2. ГОСТ 27065-86 (СТ СЭВ 5184-85) Качество вод. Термины и определения.
3. РД 52.24.643-2002. «Руководящий документ. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 2002. 55 с.
4. **Гагарина О.В.** Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: Учебно-методическое пособие .–Ижевск: Удмуртский университет - 2012. - 199 с.
5. **Никаноров А.М.** Научные основы мониторинга качества воды. Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 2005. 577с.
6. **Моисеенко Т.И.** Методология оценки качества вод с позиций экологической парадигмы // Известия РАН. Серия географическая. - 2009. - №1. - С.23-35.
7. **Хубларян М.Г., Моисеенко Т.И.** Качество вод // Вестник РАН. – 2009. - Том 79. - №5. - С.403-410.
8. **Լ.Ա. Մարգարյան Լ.Ա., Փիրումյան Գ.Պ.** Մակերևութային ջրերի որակի համալիր որոշման ինդեքսային և էլեկտրոնային մոդելներ: Ուսումնամեթոդական ձեռնարկ. Ե.: ԵՊՀ, 2011, 40 էջ:
9. **Մարգարյան Լ.Ա.** Մեծամոր և Հրազդան գետերի ջրի որակի համալիր գնահատում ինդեքսային մեթոդներով. Ատենախոսության սեղմագիր. Ե.: Ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ, 2009, 25 էջ:
10. **Tirkey P., Bhattacharya T., Chakraborty S.** Water quality indices- important tools for water quality assessment: A // International Journal of Advances in Chemistry (IJAC) –2015.– Vol.1, No.1,– P.15-29
11. **Ивчатов А.Л., Малов В.И.** Химия воды и микробиология. М.: ИНФРА-М, 2006, 217с.
12. **Бурков В.Н., Щепкин А.В.** Экологическая безопасность. М.: ИПУ РАН, 2003, 92с.

13. **Садовникова Л.К., Орлов Д.С., Лозановская И.Н.** Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 2006, 334с.
14. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования и требования к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и культурно-бытового водопользования. Министерство здравоохранения СССР. М.: ГМЦ, 1973, 14с.
15. Рыбоохрана. Сборник нормативных актов. Министерство рыбного хозяйства СССР. М.: Юрид. Лит, 1988, 370с.
16. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Министерство рыбного хозяйства СССР. М.: ВНИЭРХ, 1990, 44с.
17. **Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д.** Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
18. **Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д.** Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2-х кн. М.: Наука, 2005. Кн.1. 281 с.
19. **Гагарина, О.В.** Обзор методов комплексной оценки качества поверхностных вод // Вестник Удмуртского университета. - 2005. - №11. - С. 45-58.
20. **Ott W.R.** Environmental Indices. Theory and Practice. Ann Arbor Science, Michigan USA, 1978. 371p.
21. **Horton R.K.** An index number system for rating water quality. // J. Water Pollution Control Fed. - 1965. - V.37(3). - P.300-305.
22. Scottish Development Department. Great Britain. Towards cleaner water 1975 : report of a second Rivers Pollution Survey of Scotland. Edinburgh : H.M.S.O., - 1976. - 73p.
23. **Brown R.M. McLennald N.I, Deininger R.A., Tozer R.G.** A water quality index: Do we dare? // Water and Sewage Works. - 1970. - V.117(10). - P.339-343.
24. **Bhargava D.S., Saxena B.S., Dewakar R.W.** A study of geo-pollutants in the Godavary river basin in India // *Asian Environ.* - 1998. - V.12. - P.36-59.

25. **Dwivedi S., Tiwari I.C., Bhargava D.S.** Water quality of the river Ganga at Varanasi // Institute of Engineers, Kolkata -1997, V.78.–P.1-4.
26. **Tyagi S., Sharma B., Singh P. Rajendra D. R.** Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index.// American Journal of Water Resources, –2013 V. 1 (3), P.34–38.
27. **Hallock D.A.** Water Quality Index for Ecologys Stream Monitoring Progra, Rcology state of Washington. 2002.–23p.
28. CCME Water Quality Index. Technical Report, Excerpt from Publication Ni 1299, SBN 1-896997-34-1, Winnipeg, 2001.
29. **Zanbergen P. A., Hall K. J.** Analisis of the British Columbia water quality index for watershed managers: A case study of two small watersheds //Water Quality Research Journal of Canada, -1998, –V.33.–P.519-549.
30. **Cude C.G.** Oregon Water Quality Index: A tool for Evaluating Water Quality Management Effectiveness // J. of the American Water Resources Association, -2001. V.37, -№1,- P.125-137.
31. **Zulkifli A.R.** Water quality management in Malaysia.: Department of Environment Malaysia, –2000,– 35p.
32. **Dinius, S. H.** Design of an index of water quality// JAWRA Journal of the American Water Resources Association, –1987.–V.23, №5,– P. 833–843.
33. Oregon water quality index summary report water years 1995-2004. Laboratory Division, Portland, Oregon: Department of Environmental Quality, 2005, 13p.
34. Oregon water quality index summary report water years 1996-2005. Laboratory Division Portland, Oregon: Department of Environmental Quality, 2006, 13p.
35. **Dunnette D.A.** A geographically variable water quality index used in Oregon.//J. Water Pollu. Cont. Fed., –1997. –V.51(1). P. 53-61.
36. **Hubler S., Miller S., Merrick L., Leferink R., Borisenko A.** High level indicators of Oregon’s forested streams”, Lab. Environ. Assess. Div., Hillsboro, Oregon.–2009.
37. **Liou S., Lo S., Wang S.** A generalized water quality index for Taiwan. //Environmental Monitoring and Assessment, –2004.–V96(1),– P.35–52.

38. **Bhargava, D.S.** Use of a water quality index for river classification and zoning of the Ganga River.// Environmental Pollution Series B Chemical and Physical. –1983. –V6(1). –P.51-67.
39. **Bhargava D.S.** Nature and the Ganga, //Environment Conservation, –1987. –V. 14, – P.307- 318
40. **Khan A.A., Tobin A., Paterson R., Khan H., Warren R.** Application of CCME procedures for deriving site-specific water quality guidelines for the CCME water quality index. // Wat. Qual. Res. J. Canada., –2005. –V.40(4). –P.448-456.
41. **Lumb A., Halliwell D., Sharma T.** Application of CCME water quality index to monitor water quality: a case of the Mackenzie river basin, Canada. // Environ. Monit. Assess. – 2006, –V.113. –P 411-429.
42. **Mercier V., Fox D., Khan H., Taylor D., Raymond B., Bond W., Caux P.-Y.** Application and testing of the water quality index in Atlantic Canada. Report Summary.: Canadian Council of Ministers of the environment. 2004, 6p.
43. **Said A, Stevens D.K., Sehlke G.** An Innovative Index for Evaluating Water Quality in Streams// Environmental Management. – 2004. – V.34, №3. –P.406-414.
44. **Bharti N, Katyal D.** Water quality indices used for surface water vulnerability assessment//International Journal of Environmental Sciences –2011. –V.2, No1, – P.154-173.
45. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям, введены в действие указанием Госкомгидромета №250-1163 от 22.09.86. М.: 1986. 5с.
46. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия: методика Министерства природных ресурсов РФ 30.11.1992.
47. **Емельянова В.П., Данилова Г.И., Колесникова Т.Х.** Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. – 1983. – Т. 88. – С. 119 - 120.
48. **Никаноров А.М., Брызгалов В.А.** Пресноводные экосистемы в импактных районах России. Ростов-на-Дону: Нок, 2006, 275с.

- 49.Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. - М.: ВНИРО, -1999. - 304 с.
- 50.**Ավետիսյան Ա.Ա.** Արփա, Ազատ և Վեդի գետերի ջրերի որակի և ռադիկալային ինքնամաքման ընդունակության գնահատում. Ատենախոսության սեղմագիր. Ե.: Ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ, 2008, 20 էջ:
51. **Շահնազարյան Գ.Ա** Կուրի ավազանի ՀՀ գետերի ջրաքիմիական հետազոտություններ և ջրի որակի համալիր գնահատում. Ատենախոսության սեղմագիր. Ե.: Ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ, 2009, 22 էջ:
52. **Վարդումյան Լ.Է.** Սյունիքի Մարզի գետերի ջրերի ջրաքիմիական վերլուծություն և գնահատում. Ատենախոսության սեղմագիր. Ե.: Երևանի պետական համալսարան. 2011, 22 էջ:
- 53.**Սուրմալյան Վ.Վ.** Սևանա լճի հարավ-արևմտյան հատվածի գետերի ջրի որակի ուսումնասիրություն. Ատենախոսության սեղմագիր. Ե.: Երևանի պետական համալսարան. 2013, 25 էջ:
- 54.**Դերձյան Տ.Հ.** Հայաստանի հանրապետության մի քանի ջրամբարների ջրի որակի հետազոտություն և աղտոտվածության գնահատում. Ատենախոսություն. Ե.: Ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ, 2014, 126 էջ:
- 55.**Ղուլյան Կ.Է.** Ախուրյան գետի ջրահավաք ավազանի երկրաբնապահպանական գնահատումը (արևելյան տարածք). Ատենախոսության սեղմագիր. Ե.: Ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ, 2014, 25 էջ:
- 56.**Պետրոսյան Մ.Հ.** Հրազդան և Ախուրյան գետերի ջրի որակի և ինքնամաքման ընդունակության ուսումնասիրություն. Ատենախոսության սեղմագիր. Ե.: Ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ, 2014, 22 էջ:
57. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.

58. Le Nouveau Systeme d'evaluation de la qualite de l'eau des rivières: Le SEG-eau Adour-Garonne, Revue de l'eau, Hiver –2001.–№ 81.–P.7-9.
59. BMU(Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety): Environmental Policy, Water Resource Management in Germany, Part 2-Water Quality 2006, P.33-88.
60. Water quality in the Danube River Basin-2004, Yearbook. International Communications for the Danube River
61. ԵՄ դիրեկտիվ 2008/105/EC Ջրերի քաղաքականության ոլորտում շրջակա միջավայրի որակի ստանդարտների վերաբերյալ՝ վերափոխելով և չեղյալ հայտարարելով Խորհրդի 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC դիրեկտիվները և վերափոխելով Եվրոպական խորհրդարանի և խորհրդի 2000/60/EC դիրեկտիվը, Բրյուսել, 2008թ.:
62. ՀՀ կառավարության «Կախված տեղանքի առանձնահատկություններից՝ յուրաքանչյուր ջրավազանային կառավարման տարածքի ջրի որակի ապահովման նորմերը սահմանելու մասին» 2011 թվականի մարտի 27-ի N 75-Ն որոշում:
63. ENPI/2011/281-959 Տեխնիկական հաշվետվություն «Հայաստանում, Վրաստանում և Ադրբեջանում ջրի որակի գնահատման ներկա համակարգերի վերլուծություն՝ ԶՇԴ պահանջների համատեքստում», ԵՄ «Անդրսահմանային գետերի կառավարման III փուլ – Քուռ գետ – Հայաստան, Վրաստան և Ադրբեջան» ծրագիր, 2012թ.:
64. **Զիլինգարյան Լ.Ա., Մնացականյան Բ.Պ., Աղաբաբյան Կ.Ա., Թորմաջյան Հ.Վ.** Հայաստանի գետերի ու լճերի ջրագրությունը, 2002. – 50 էջ:
65. **Пирумян Г.П., Бабаян Г.Г.** Методология эколого-гидрохимической оценки природных вод, Ереван, Зангак-97, 2008. – 88 с.
66. Հայաստանի Հանրապետության Ֆիզիկաաշխարհագրական օբյեկտների համառոտ տեղեկատու բառարան. Երևան, Գեոդեզիայի և քարտեզագրության կենտրոն ՊՈԱԿ 2007.–136 էջ:
67. **Саркисян В.О.** Воды Армении. Ер. ЕГУАС, 2008, –208с.

68. Наблюдательные пункты качества и количества воды в Армении: Министерство охраны природы Республики Армения Е.: Агенство гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, 2003.– 20с.
69. ՀՀ բնապահպանության նախարարության Շրջակա միջավայրի վրա ներգործության մոնիթորինգի կենտրոնի ՀՀ Շրջակա միջավայրի էկոլոգիական մոնիթորինգի արդյունքների մասին ՏԵՂԵԿԱՆՔ –2009.–55էջ.
- 70.Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, Гидрохимический Институт, Гидрометеиздат, 1977.– 540с.
71. YSI Environmental 556 MPS Multi Probe System Operations Manual, 2009. - 136 p.
72. **Պետրոսյան Վ.Ա.** Հրազդան գետի ջուր-հատակային նստվածքագոյացում համակարգում վնասակար ծանր մետաղների տեղափոխման ուսումնասիրություն. Ատենախոսություն. Ե.: Երևանի պետական համալսարան, 2016, 120 էջ:
73. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition USA. / **Edited by Clesceri L.S., Greenberg A.E., Eaton A.D.**, 1998. - P. 1.27-3.52.
74. EASYpure II Reservoir Feed Water Purification System, Series 1305, Operating Manual and Parts List, USA, 2010. - 42 p.
75. **Thomas R.** Practical Guide to ICP-MS. Scientific Solutions Gaithersburg, Maryland, USA, 2013. – 324 p.
76. PerkinElmer ELAN 9000 ICP-MS Software Reference Guide, 2007. - 204 p.
77. **Фомин, Г.С.** Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Протектор. - 2000. – 848 с.
78. **Սիմոնյան Գ.Ս., Թութունջյան Ա.Ա.** Զրերի գլխավոր իոններ և լուծված գազեր. Երևան, ԵՊՀ հրատարակչություն, – 2013.–72 էջ:
79. **Սիմոնյան Գ., Ավետիսյան Ա., Փիրումյան Է.** Կենսածին նյութեր/ Երևան. ԵՊՀ հրատարակչություն, –2010,–20էջ:

80. **Սիմոնյան Գ., Ավետիսյան Ա., Փիրումյան Է.** Ջրի օրգանոլեպտիկ ցուցանիշները / Երևան, ԵՊՀ հրատարակչություն, –2010.– 21էջ:
81. **Մարաբյան Շ.Լ.** Ջրային միջավայրում որոշ վնասակար ծանր մետաղների շրջապտույտի հետազոտություն Ատենախոսություն. Ե.: Ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ, 2016, 103 էջ:
82. **Gerstman B.** San Jose State University, Department of Health Science, StatPrimer, Chapter 14 - Correlation, 2003. – 9 p.
83. **Пальм В.А.** Основы количественной теории органических реакций. Л., Химия, 1977, –360с.
84. **Shannon C.A.** Mathematical Theory of Communication. Bell System Tech. J., 1948, no. 27, pt. I., 379–423; pt. II., 623–656.
85. **Shannon C.E., Weaver W.** The Mathematical Theory of Communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. 117 p.
86. **Шеннон К.** Работы по теории информации и кибернетике. –М., ИЛ, –1963. – 830 с.
87. **Hartley R.V.L.** Transmission of information // Bell System Technical Journal.–1928. – V.7. –P. 535–563.
88. **Шредингер Э.** Что такое жизнь? Точка зрения физика. – М.: Атомиздат, 1972. – 88с.
89. **Fisher R.A.** The logic of inductive inference. // Journal of the Royal Statistical Society –1935. –V. 98. –P. 39–54.
90. **Колмогоров А.Н.** Интерполяция и экстраполяция стационарных случайных последовательностей // Изв. АН СССР. Сер. матем. –1941. –Т.5, № 3.– С.18-24.
91. **Wiener N.** Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine. — Cambridge – New York. 1948.– 194 p.
92. **MacArthur R.M.** Fluctuation of animal populations and measure of community stability// Ecology.– 1955.– V.36.–№3– P.533-536.
93. **Margalef R.** Information theory in ecology // Gen. Syst. –1958. –V. 3. –P. 36-71.

94. **Шмальгаузен И.И.** Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, Наука,– 1968. –224 с
95. **Denisenko S.G.** Structurally-functional characteristics of the Barents Sea zoobenthos // Proc. Zool. Inst. Russ. Acad. Sci. –2004.– V.300. –P.43–52.
96. **Денисенко, С.Г.** Информационная мера Шеннона и ее применение в оценках биоразнообразия (на примере морского зообентоса) – СПб., [Исследования фауны морей,]. 2006.– Т. 56 (64) – С.35-46.
97. **Розенберг Г.С.** Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер...// Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. –2010. – Т. 19, № 2. – С. 4-25.
98. **Pielou E.C.** Ecological Diversity. N.Y.: Gordon & Breach Sci. Publ.,–1975.– 165 p.
99. **Черных Л. В.** Алгоритм энтропийно-информационного анализа количественных и качественных характеристик подраста на пробных площадях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – No 3 (27). –С. 42-54.
100. **Букша И.Ф., Волкова Р.Е., Пастернак В.П., Пивовар Т.С., Яроцкий В.Ю.** Методические подходы к оценке биоразнообразия лесов на примере дубрав лесостепи харьковской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета, серия Естественные науки. 2014.–№10 (181).– Выпуск –27.С. 24-33.
101. **Гета Р.И., Егорина А.В., Сапаров К.Т., Женсикбаева Н.Ж.** Метод оценки рекреационного потенциала Казахстанской части Алтая на основе теории информации // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 12-1. – С. 10-14.
102. **Дулесов А.С., Карандеев Д.Ю., Кондрат Н.Н.** Определение количества информационной энтропии в структуре технической системы методом минимальных путей // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2-3. – С. 425-429.

103. **Дулесов А.С., Дулесова Н.В., Карандеев Д.Ю.** Показатель разграничения уровня надежности технической системы по качественному признаку: энтропийный подход // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 2-3. – С. 477-481.
104. **Дулесов А.С., Семенова М.Ю., Хрусталева В.И.** Свойства энтропии технической системы // *Фундаментальные исследования*. – №8(3). – 2011. – С. 631-637.
105. **Дулесов А.С., Кондрат Н.Н.** Мера неопределенности информации и её свойства применительно к оценке случайного поведения технического объекта // *Журнал «Научное обозрение»*. – 2014. – № 7. – С. 258–264.
106. **Вяткин В.Б.** Синергетическая теория информации: общая характеристика и примеры использования. // *Наука и оборонный комплекс – основные ресурсы российской модернизации. Материалы межрегиональной научно-практической конференции*. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002, с. 361-390.
107. **Симосян Г.С.** Анализ состояния нефтяных систем в свете синергической теории информации // *Современные наукоемкие технологии*.–2014,– №4.–С.. 108-113.
108. **Симосян Г.С.** Синергический подход к нефтяным системам. // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. №5. Часть 2. С.270-272
109. **Вяткин В.Б.** Хаос и порядок дискретных систем в свете синергической теории информации. // *Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]*. – Краснодар, КубГАУ, – 2009. – №47(1): сайт-URL: <http://ej.kubagro.ru/2009/03/pdf/8.pdf>
110. **Симосян Г.С.** Оценка состояния гидроэкологических систем в свете синергической теории информации // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Экологическая безопасность и природопользование: наука, инновации, управление*.– Махачкала, АЛЕФ, 2013. – С.275-280.

111. **Дерцяг Т.Г., Симонян Г.С., Пирумян Г.П.** Анализ экологического состояния крупных водохранилищ армении с помощью синергической теории информации Zbiór raportów naukowych. „współczesne tendencje w nauce i edukacji„.(27.02.2014 - 28.02.2014) - warszawa: wydawca: «Diamond trading tour», 2014. – 34-39 str.
112. **Հակոբյան Ս.** Միներալի տեղեկատվական ինդեքսի կիրառումը Արփա գետի ջրի որակի գնահատման գործում. ԵՊՀ ՈՒԳԸ գիտական հոդվածների ժողովածու ԵՊՀ հիմնադրման 95-ամյակին նվիրված հոբելյանական գիտական նստաշրջանի նյութեր բնական գիտություններ (կենսաբանություն և քիմիա).– Երեվան:ԵՊՀ հրատարակչություն,– 2015. –1.1 (4).–Է.160-164.
113. **Петросян М.Г., Дерцяг Т.Г., Симонян Г.С., Пирумян Г.П.** Анализ экологического состояния реки Ахурян с помощью синергического индекса. Zbiór raportów naukowych. „współczesne tendencje w nauce i edukacji„.(27.02.2014 - 28.02.2014) - warszawa: wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2014. – 25-28 str.
114. **Simonian G.** Analysis of the state of geo-ecological systems in the view of synergetic theory of information. // GISAP: Physics, Mathematics and Chemistry.– 2014.– №4.–P. 18-21.
115. **Փիրումյան Գ., Փիրումյան Է., Սիմոնյան Գ., Սիմոնյան Ա.** Ջրի աղտոտվածության աստիճանի որոշման եղանակ. ՀՀ արտոնագիր AM20160011, 2016, №3063A
116. **Симонян А.Г., Пирумян Г.П.** Энтропийный подход к оценке экологического состояния реки. //Геология морей и океанов: Материалы XX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии.Т.IV – М: ГЕОС, 2015, - С. 200-203.
117. **Симонян А.Г., Пирумян Г.П.** Анализ экологического состояния реки с помощью синергического информационного индекса на примере р. Дебед // Вода: химия и экология.–2016,–№ 8(98).–С 65-73.
118. **Пирумян Г.П., Симонян А.Г.** Анализ экологического состояния реки с помощью фоновых концентраций// Научный вестник.–2016.–N 4(10),–С.105-110.

119. **Симонян А.Г.** Анализ экологического состояния реки Дебед и её притоков с помощью армянского индекса качества воды.//Успехи современного естествознания. 2016. №8. С.200-204.
120. **Симонян А.Г.** Оценка экологического состояния реки Дзорагет с помощью синергического информационного индекса. Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы IV Международной науч.- практ. конф. Междуреченск, 8-10 апреля 2015 г.- Кемерово, 2015. –с.227-228.
121. **Симонян А.Г., Пирумян Г.П.** Анализ экологического состояния реки Памбак с помощью синергического информационного индекса //Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 6. С. 32-34.
122. **Симонян А.Г.** Анализ влияния реки Ахтала на экологическое состояние реки Дебед . // IV Международная конференция по химии и химической технологии: Сборник материалов.–Ер.: Институт общей и неорганической химии НАН РА, 2015. С.272-274.
123. **Симонян А.Г., Пирумян Г.П.** Оценка качества воды притоков реки Дебед //Сборник материалов научной конференции с международным участием «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод». Часть 1. Ростов-на-Дону, 8-10 сентября 2015 г. – Ростов-на-Дону, 2015. – с.267-269.
124. **Симонян А.Г.** Анализ экологического состояния реки с помощью синергического информационного индекса. Территориальные исследования: цели, результаты и перспективы: Тезисы VIII Всероссийской школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов. Биробиджан, 22–25 сентября 2015 г. / Под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН – ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2015. с.28-31.
125. ՀՀ բնապահպանության նախարարության Շրջակա միջավայրի վրա ներգործության մոնիթորինգի կենտրոնի ՀՀ Շրջակա միջավայրի էկոլոգիական մոնիթորինգի արդյունքների մասին ՏԵՂԵԿԱՆՔ –2010.–56 էջ.

126. ՀՀ բնապահպանության նախարարության Շրջակա միջավայրի վրա ներգործության մոնիթորինգի կենտրոնի ՀՀ Շրջակա միջավայրի էկոլոգիական մոնիթորինգի արդյունքների մասին ՏԵՂԵԿԱՆՔ –2011.–60 էջ.
127. ՀՀ բնապահպանության նախարարության Շրջակա միջավայրի վրա ներգործության մոնիթորինգի կենտրոնի ՀՀ Շրջակա միջավայրի էկոլոգիական մոնիթորինգի արդյունքների մասին ՏԵՂԵԿԱՆՔ –2012.–74էջ.
128. **Пирумян Г.П., Симонян А.Г.** Анализ экологического состояния реки Агстев с помощью энтропийного индекса // Научный вестник.–2016.–N 1(7),–С.191-195.
129. **Simonyan A.G., Simonyan G.S., Pirumyan G.P.** Analysis of environmental status of the rivers Aghstev and Getik with armenian index of water quality.// European journal of Natural History. –2016. –Nº4,– P.22-27.
130. **Россолимо Л.Л.** Изучение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора, М.: Наука, –1977, –144с.
131. **Симонян Г.С., Исаханян М.С., Пирумян Г.П.** Влияние животноводства Иджеванского района на гидрохимические показатели воды реки Агстев //Сборник материалов научной конференции с международным участием «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод». Часть 1. Ростов-на-Дону, 8-10 сентября 2015 г. – Ростов-на-Дону, –2015. – С.113-115.
132. **Пирумян Г.П., Симонян А.Г.** Экологическое состояние реки Воротан// Научный вестник.–2016.–N 3(9),–С.112-117.
133. **Simonyan A.G., Pirumyan G.P.** Analysis of environmental status of the rivers Sisian and Goris with armenian index of water quality // International Scientific Conference «*Nature management and environmental protection*», France (Paris), October, 19–26, 2016, European Journal Of Natural History. 2017. №1, P.70-71.
134. **Simonyan A.G., Pirumyan G.P.** Analysis of environmental status of the rivers Vorotan, Sisian and Goris // Proceedings of YSU, Series Chemistry and Biology .– 2017.–№1.–P. 12-16.

135. **Пирумян Г.П., Симонян А.Г.** Анализ экологического состояния реки Арпа. // Научный вестник.–2016.–N 2(8),–С.44-49.
136. **Simonyan A.G., Pirumyan G.P., Simonyan G.S.** Analysis of environmental status of the Kechut Artificial Reservoir and river Arpa with armenian index of water qualiti // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. –2016.Nº7-8 – P.37-40.
137. **Simonyan A.G., Simonyan G.S., Pirumyan G.P.** Analysis of environmental status of the Kechut artificial // International Scientific Conference «Ecology industrial regions of Russia», Great Britain (London), October, 15–22, 2016, European Journal Of Natural History. 2017. №1. P.69-70.
138. **Пирумян Г.П., Симонян А.Г.** Энтропийный подход к оценке экологического состояния реки Вохчи.// Научный вестник.–2015.–N 4(6),–С.89-94.
139. **Simonyan A.G.** Analysis of environmental status of the river Voghji with Armenian index of water quality.// Proceedings of YSU, Series Cemistry and Biology .–2016.– №2.–P. 20-24.
140. **Simonyan A., Simonyan G., Markaryan L., Pirumyan E., Pirumyan G.** Assessment of ecological status of river with armenian water quality index.// The 6th International Conference "Ecological & environmental chemistry 2017, March, 2-3, 2017: Abstract Book / ed. and conf. chairman : Gheorghe Duca. - Chisinau : Pontos, Europres.–2017. – P.63.
141. **Simonyan A.G., Simonyan G.S., Pirumyan G.P.** Water quality assessment «Yerevan lake» artificial reservoir // International Scientific Conference «Environmental monitoring», Italy (Rome, Florence), September, 6–13, 2016, European Journal Of Natural History. 2017. №1. P.71-71.
142. **Сарсекова Д.Н.** Оценка состояния древесной и кустарниковой растительности на территории казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина // Peer-reviewed materials digest (collective monograph) published following the results of the CXXIX International Research and Practice Conference

and II stage of the Championship in Physics and Mathematics, Chemistry, Earth and Space Sciences (London, September 13 – September 19, 2016 International Academy of Science and Higher Education (London, UK)Published by IASHE London 2016. –P. 23-26.

ՀԱՎԵԼՎԱԾ

Акт

о внедрении Энтропийного индекса качества воды при оценке состояния
древесной кустарниковой растительности на территории городского
ландшафта

Энтропийный индекс качества воды (ЭИКВ), разработанный коллегами Ереванского государственного университета (Республика Армения)- канд. хим. наук, доцентом Геворгом Симоняном, докт.тех. наук, профессором Геворгом Пирумяном и аспирантом Арсеном Симоняном внедрен нами в Казахском агротехническом университета им.С.Сейфулина для исследования состояния зеленых насаждений городской территории с целью определения постоянного негативного влияния повышенной загазованности и запыленности воздуха,, неблагоприятных химических и физических свойств почвы, асфальтового покрытия, наличия подземных коммуникаций и сооружений в зоне корневой системы зеленых насаждений, дополнительного освещения растений в ночное время, механических повреждений и интенсивного режима использования городских насаждений населением.

Исследования зеленых насаждений проводились на территории Казахского агротехнического университета им. С. Сейфулина, расположенного в Сарыаркинском районе г.Астаны по принятой методике, деревья оценивались по четырех балльной шкале. Определялось общее состояние деревьев, кустарников, выявлялись преобладающие основные и дополнительные(сопутствующие) виды деревьев и кустарников, их возраст и степень угнетения растений друг другом и воздействия на них неблагоприятных факторов среды. Полученные результаты по нашей просьбе были обработаны армянскими учеными по методу ЭИКВ.

ЭИКВ позволил рассчитать распределение древесной растительности по

коллегами, показали, что между ними осуществляется хорошая корреляция, что позволило нам предложить метод ЭИКВ для применения оценки состояния древесной и кустарниковой растительности на городской территории.

Предлагаем армянским коллегам назвать ЭИКВ - Энтропийным индексом качества среды (ЭИКС).

Метод ЭИКС нами будет внедрен в учебном процессе.

Заведующая кафедрой лесных ресурсов и лесного хозяйства
АО «КАТУ им.С.Сейфуллина»,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор



Д. Н. Сарсекова

Подпись зав. кафедрой лесных ресурсов и лесного хозяйства
АО «КАТУ им.С.Сейфуллина»,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор Сарсековой Дани
Нургисаевны подтверждаю,

Ученый секретарь

АО «КАТУ им.С.Сейфуллина»



Г.Дерипсалдина

Ծառերի էի և Հի ինդեքսների արժեքները:

Ծառատեսակ	Թեղի ցածրահասակ		Սիբիրյան խնձոր		Թխկի պարզատերև	
Կատեգորիա	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n	$n \log_2 n$
1	949	9380.4	86	552.3	152	1101
2	767	7346	80	505.5	171	1267.7
3	148	1066.4	6	15.5	113	770.2
4	0	0	0	0	0	
N	1883		172		438	
$\Sigma n \log_2 n$	17792.8		1073.3		3138.9	
I	9.45		6.24		7.16	
H	1.42		1.18		1.61	
էի	0.1502		0.1891		0.2242	
M	79		17		63	
$\log_2 M$	6.30		4.085		5.976	
Հի	0.7802		0.5976		0.8218	

Ծառերի էի և Հի ինդեքսների արժեքները:

Ծառի անվանումը	էի	Հի	Միջին կշռային բալլ, K
Բարդի Բալզամային <i>Populus balsamifera</i>	0.1620	0.9775	1.32
Թեղի ցածրահասակ <i>Ulmus pumila</i>	0.1502	0.7802	1.55
Թխկի պարզատերև <i>Acer negundo</i>	0.2242	0.8218	1.91
Խնձոր սիբիրյան <i>Malus</i>	0.1891	0.5976	1.46
Դեղին ակացիա <i>Caragana arborescens</i>	0.073	0.3313	1.07
Կեչի կախված <i>Betula pendula</i>	0.1995	0.4315	1.44
Ուռի ջարդվող <i>Salix fragilis</i>	0.1738	0.3738	1.28
Սոճի սովորական <i>Pinus sylvestris</i>	0.2046	0.3046	2.01
Եղրևանի սովորական <i>Syringa vulgaris</i>	0.1596	0.2596	1.17
Արոսենի սովորական <i>Sorbus aucuparia</i>	0.0907	0.0907	1.08

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

О внедрении Энтропийного индекса качества воды при оценке зрелости нефтяных систем.

Энтропийный индекс качества воды (ЭИКВ) разработанный коллегами Ереванского государственного университета (Республика Армения) Арсеном Симоняном и докт. тех. наук, профессором Геворгом Пирумяном внедрен нами в городе Железногорске на предприятии фирма «Космическая Технология» для оценки зрелости нефтяных систем (природный газ, попутный газ, нефть) в рамках сотрудничества фирмы «Космическая технологии» и центра Экологической безопасности ЕГУ. Для расчета был взят химический и элементарный состав нефтяных.

Мы предлагаем коллегам ЭИКВ назвать более обобщенным названием Армянским индексом качества среды (АИКС).
Думаем, что в дальнейшем этот индекс можно с уверенностью применять для оценки зрелости, важного критерия нефтяных.

Директор фирмы "Космическая Технология"



Тимофеев Д. Н.

Подпись Тимофеева Дмитрия Николаевича подтверждаю.


Ковальчук Л. Г.

Աղյուսակ 1

Բնական գազի քիմիական կազմը, մոլ.%, և I , H և E հ մեծությունների արժեքները:

Բնական գազի բաղադրությունը	n	$n \log_2 n$
CH ₄	94	615.8
C ₂ H ₆	3	4.75
C ₃ H ₈	0.4	0
N ₂	2	2
CO ₂	0.6	0
N	100	
$\sum n \log_2 n$	622.55	
I	6.23	
H	0.41	
E	0.066	

Աղյուսակ 2

Նավթի ուղեկցող գազի քիմիական կազմը, մոլ.%, և I , H և E հ մեծությունների արժեքները:

Հանքավայր	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	CO ₂	I	H	E
Բավլինյան	35,0	20,7	19,9	9,8	5,8	8,4	0,4	4.28	2.36	0.55
Ռոմաշկինյան	38,4	19,1	17,8	8,0	6,8	8,0	1,5	4.28	2.36	0.55
Սամոտլորսկյան	53,4	7,2	15,1	8,3	6,3	9,6	0,1	4.60	2.04	0.44
Ուզենսկյան	50,2	20,2	16,8	7,7	3,0	2,3	–	4.69	1.95	0.42

Աղյուսակ 3

Որոշ Նավթերի ֆրակցիաների I , H և E հ մեծությունների արժեքները:

Նավթի ֆրակցիաները	I	H	E
Կումկոլի նավթի առաջին ֆրակցիան	3.85	2.79	0.72
Կումկոլի նավթի երկրորդ ֆրակցիան	3.45	3.19	0.91
Կարաժամբասի նավթի բենզինային ֆրակցիան	3.18	3.46	1.09
Կարաժամբասի նավթի կերոսինային ֆրակցիան	3.28	3.36	1.02