

Աշխարհագրություն

УДК 556.06

ԱՂՍՏԵՎ ԳԵՏԻ ՋՐԻ ԱՌԱՎԵԼԱԳՈՒՅՆ ԵԼՔԵՐԻ ԽՈՑԵԼԻՈՒԹՅԱՆ
ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԿԼԻՄԱՅԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա. Է. ՄԻՍԱԿՅԱՆ^{1*}, Ա. Ա. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ^{2**}, Վ. Գ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ^{3***},
Լ. Վ. ԱԶԻԶՅԱՆ^{1****}, Ե. Վ. ԳԱՅՐՈՒԿՈՎԱ^{4*****}, Հ. Հ. ԱԶԻԶՅԱՆ^{1*****},
Հ. Բ. ՖՐՈՒԿՆՆԻԿՅԱՆ^{1*****}

¹ ՀՀ ՇՄՆ հիդրոտերևոլոգիայի և մոնիթորինգի կենտրոն,
Հայաստան

² ՀՀ ԳԱԱ երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ, Հայաստան

³ ԵՊՀ ֆիզիկական աշխարհագրության և ջրատերևոլոգիայի ամբիոն,
Հայաստան

⁴ Ռուսաստանի պետական ջրատերևոլոգիայի համալսարան,
Սանկտ-Պետերբուրգ, Ռուսաստանի Դաշնություն

Աշխատանքում ներկայացվում է կլիմայի գլոբալ փոփոխության պայմաններում Աղստև գետի ավազանում զարնանային վարարումների ժամանակ ջրի առավելագույն ելքերի մեծության խոցելիության գնահատականը: Օգտագործվել են «Հիդրոտերևոլոգիայի և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ-ի Աղստև գետի ավազանում ներկայումս գործող հինգ հիդրոլոգիական դիտակետերի և չորս օդերևոլոգիական կայանների դիտարկումների պատմական տվյալները: Խոցելիության գնահատման համար կիրառվել է բազմագործոն գծային ռեգրեսիոն մեթոդը:

Ֆիզիկալիմակազրակային կոռելյացիաներ են հաստատվել զարնանային վարարումների ընթացքում դիտարկված առավելագույն ելքերի և տեղումների քանակի ու օդի ջերմաստիճանների հաշվարկված սեզոնային տվյալների միջև, և Աղստևի գետավազանում գործող յուրաքանչյուր հիդրոլոգիական դիտակետի համար մշակվել են բազմագործոն գծային ռեգրեսիոն հավասարումներ: Գնահատվել են ստացված հավասարումների որակի վիճակազրակային ցուցանիշները, որոնք ունեն բավարար որակ և գործնականում կիրառելի են:

Մշակված հավասարումների միջոցով և Հայաստանի տարածքում օդի միջին ջերմաստիճանի և մթնոլորտային տեղումների քանակի կանխատեսվող սեզոնային գնահատականների հիման վրա գնահատվել է առավելագույն ելքերի մեծությունների խոցելիությունը մինչև 2040, 2041–2070 և 2071–2100 թթ. ժամանակահատվածների համար: ՀՀ տարածքում օդի միջին ջերմաստիճանի և մթնոլորտային տեղումների քանակի կանխատեսվող սեզոնային գնահատականների արդյունքները՝ ըստ Կլիմայական համակարգի մոդել 4-ի՝ CCSM4 մոդելի (տարածական լուծաչափ 100 կմ) և արտանետումների RCP8.5 (A2) և RCP6.0 (B2) սցենարների, ինչպես նաև METRAS տարածաշրջանային կլիմայական մոդելի (տարածական լուծաչափ 12 կմ) և արտանետումների

* E-mail: miamalya@yandex.ru

** E-mail: alex.arakelyan@outlook.com

*** E-mail: vmargaryan@ysu.am

**** E-mail: levon_azizyan@yahoo.com

***** E-mail: oderiut@mail.ru

***** E-mail: shaykuhi86@yandex.ru

***** E-mail: h.frunzikyan@mail.ru

վատատեսական RCP8.5 (A2) սցենարի, վերցվել են Կլիմայի փոփոխության չորրորդ ազգային հաղորդագրությունից:

Համաձայն ստացված արդյունքների՝ Աղստև գետի ավազանում կլիմայի կլիմայի փոփոխության նկատմամբ գարնանային վարարումների ջրի առավելագույն ելքերի մեծությունների բավական մեծ խոցելիություն: Ուսումնասիրվող տարածքի գրեթե բոլոր գետահատվածքներում (բացառությամբ «Փիոլետովո» գետահատվածքի) CCSM4 մոդելի RCP6.0 սցենարի դեպքում մինչև 2040 թ. կանխատեսվում է գարնանային վարարումների առավելագույն ելքերի մեծությունների 1961–1990 թթ. բազիսային ժամանակահատվածի միջինի նկատմամբ 10–25%-ով նվազում: «Փիոլետովո» հիդրոլոգիական դիտակետի համար բոլոր սցենարների դեպքում մինչև 2100 թ. կանխատեսվում է առավելագույն ելքերի ան 1961–1990 թթ. բազիսային ժամանակահատվածի միջինի նկատմամբ, ընդ որում, ամենամեծ ան ($2.88 \text{ մ}^3/\text{վրկ}$ կամ 29%) կանխատեսվում է CCSM4 մոդելի RCP8.5 սցենարի դեպքում 2071–2100 թթ. ժամանակահատվածի համար:

<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2022.56.1.025>

Keywords: Aghstev River, maximum water discharges of spring floods, multiple regression equations, climate change, vulnerability.

Ներածություն: Հայաստանը՝ որպես չորային կլիմայական պայմաններով լեռնային երկիր, իր ամբողջ տարածքով և խոցելի էկոհամակարգերով համարվում է կլիմայի փոփոխության նկատմամբ առավել զգայուն: Վերջին տարիներին ոչ միայն գրանցվել է օդի ջերմաստիճանի ան և մթնոլորտային տեղումների նվազում, այլև զգալիորեն ավելացել են եղանակային արտակարգ երևույթների (երաշտ, ջերմային ալիքներ, ցրտահարություն, կարկտահարություն, ուժեղ քամիներ և տեղատարափ տեղումներ) և դրանց հետևանքով առաջ եկող բնական աղետների (սելավներ, հեղեղումներ, անտառային հրդեհներ և այլն) հաճախականությունը և ինտենսիվությունը, որոնք բացասական ազդեցություն են թողնում էկոհամակարգերի, տնտեսության, մարդկանց գործունեության և առողջության վրա [1]: Հայաստանի տարածքի ավելի քան 30%-ը հեղեղման վտանգի տակ է. բնակչությանն ու սոցիալ-տնտեսական համակարգին հասցված տարեկան վնասը կազմում է մոտ 2.0 միլիարդ ՀՀ դրամ [2]:

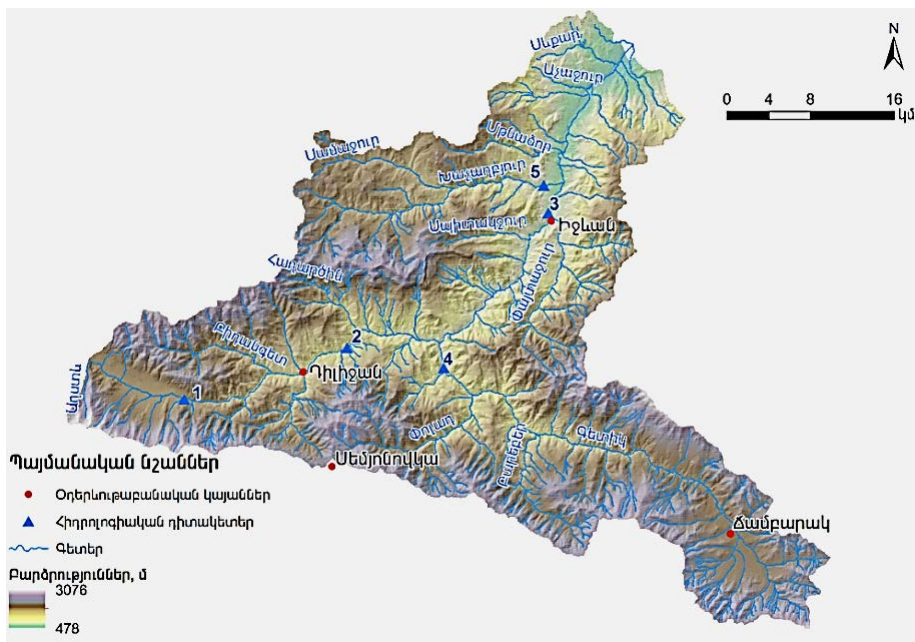
Աղստևի գետավազանում ջրի առավելագույն ելքերի անցումը և դրանցով պայմանավորված հեղեղումները հաճախ զգալի վնաս են պատճառել տնտեսությանը՝ հանգեցնելով միջպետական մայրուղիների և այլ ենթակառուցվածքների վնասման ու քանդման, զգալի վնաս հասցրել բնակավայրերին և գյուղատնտեսությանը [3]: Հետևապես, առավելագույն ելքերի մեծությունների, դրանց անցման ժամկետների կանխատեսումները և դրանց մեծությունների ապագա փոփոխությունների ուսումնասիրությունը և գնահատումը մեծ կարևորություն ունեն:

Գետերում ջրի առավելագույն ելքերը և հաճախ դրանցով ուղեկցվող հեղեղումները ձևավորվում են մի շարք գործոնների միաժամանակյա ազդեցության հետևանքով, ուստի դրանց ձևավորման պայմանների վերլուծությունը և հետևապես նաև կանխատեսումը շատ բարդ խնդիր են: Գարնանային վարարումների առավելագույն ելքերը, որոնք հիմնականում համարվում են նաև տարեկան առավելագույն ելքեր (բացառությամբ առանձին դեպքերի), Աղստև գետի ավազանում դիտվում են հիմնականում մայիսի երկրորդ և երրորդ տասնօրյակներում: Աղստև գետի ավազանում դիտվում են առավելագույն ելքերի բոլոր տիպերը՝ ձնհալքային, խառը և անձրևային ծագման,

սակայն գերակշռում են վերջին երկուսը: Առավել մեծ վտանգ են ներկայացնում խառը ծագման առավելագույն ելքերը, որոնք դիտվում են ձնհալքի և միաժամանակ անձրևներ տեղալուծամանակ [4]:

Հաշվի առնելով կլիմայի գոբալ փոփոխության պայմաններում օդի ջերմաստիճանի, տեղումների քանակի, դրանց ինտենսիվության և տարեկան կտրվածքով բաշխվածության փոփոխությունները, որոնք անմիջական ազդեցություն են ունենում գետերում ջրի առավելագույն ելքերի ձևավորման պայմանների, դրանց մեծության և անցման ժամկետների վրա, աշխատանքում նպատակ է դրվել գնահատել տեղումների և ջերմաստիճանի փոփոխության ազդեցությամբ Աղստևի գետավազանում ջրի առավելագույն ելքերի մեծությունների խոցելիությունը:

Ուսումնասիրության օբյեկտը և մեթոդիկան: Աշխատանքի իրականացման համար օգտագործվել են ՀՀ Շրջակա միջավայրի նախարարության «Հիդրոօդերևութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ-ի՝ Աղստև գետի ավազանում գործող հիդրոլոգիական 5 դիտակետերի և օդերևութաբանական 4 կայանների դիտարկումների պատմական (1940, 1961–2020 թթ.) տվյալները (տես նկարը և աղ. 1):



Աղստև գետի ավազանի ջրաբանական դիտակետերի և օդերևութաբանական կայանների տեղաբաշխման քարտեզ: 1. Աղստև–Ֆիդլետովո; 2. Աղստև–Դիլիջան; 3. Աղստև–Իջևան; 4. Գետիկ–Գոշ; 5. Պաղշուր–Գետահովիտ:

Աղստև գետը Կուր գետի աջակողմյան վտակներից է, սկիզբ է առնում Փամբակի լեռնաշղթայի Թեժլեռ գագաթի հյուսիսային լանջերից՝ ծովի մակարդակից 2985 մ բարձրությունից: Աղստևի գետավազանը սահմանային է Հայաստանի և Ադրբեջանի միջև: Գետի երկարությունը Հայաստանի տարածքում 81 կմ է: Աղստև գետի ավազանում հաշվարկվում է շուրջ 1000 գետ և գետակ, այդ թվում՝ ավելի քան 10 կմ երկարությամբ 20 գետ և ավելի քան 50 կմ

երկարությամբ երկու գետ: Աղստևի ձախակողմյան գլխավոր վտակներն են Բլրանը (15 կմ երկարություն), Հաղարծինը (10 կմ), Պաղջուրը (31 կմ) և Ոսկեպարը (58 կմ), իսկ աջակողմյան՝ Գետիկը (58 կմ) և Նալտիգետը (22 կմ): Աղստևի ավազանի կլիման աչքի է ընկնում մեղմ ձմեռներով և զով ամառներով: Հովիտներում օդի տարեկան միջին ջերմաստիճանը 7°C և ավելի է: Չնայած իր փոքր տարածքին՝ Աղստևի գետավազանը բնութագրվում է կլիմայական պայմանների բազմազանությամբ: Դիլիջանի, Իջևանի և Գետիկի հովիտները միմյանցից տարբերվում են միկրոկլիմայական յուրահատուկ պայմաններով: Աղստևի ավազանում տարեկան տեղումների քանակը ձորակների հատակից մինչև գետավազանի լեռնագագաթները տատանվում է 450–850 մմ սահմաններում [3, 5, 6]:

Աղյուսակ 1

Աղստև գետի ավազանում գործող ջրաբանական դիտակետերի և օդերևութաբանական կայանների ցուցանիշները [5]

Հիդրոլոգիական դիտակետեր						
№	Գետ	Դիտակետ	ջրավազ ավազանի մակերեսը, կմ ²	դիտակետի 0 նիշի բարձրությունը, մ	Աշխարհագրական կոորդինատները (WGS84)	
					լայնություն	երկայնություն
1	Աղստև	Ֆիդլետովո	80,0	1653,36	44,7303	40,7172
2	Աղստև	Դիլիջան	287	1145,41	44,9152	40,7621
3	Աղստև	Իջևան	1270	676,32	45,1437	40,8784
4	Գետիկ	Գոշ	581	921,70	45,0247	40,7450
5	Պաղջուր	Գետահովիտ	204	679,52	45,1386	40,9023
օդերևութաբանական կայաններ						
№	օդերևութաբանական կայան	բարձրություն, մ	աշխարհագրական կոորդինատներ (WGS84)			
			լայնություն	երկայնություն		
1	Դիլիջան	1256	40,7411	44,8656		
2	Իջևան	732	40,8717	45,1472		
3	Սեմյոնովկա	2104	40,6597	44,8981		
4	Ճամբարակ	1861	40,6011	45,3494		

Աղետների նվազեցման և վերականգնման գլոբալ հիմնադրամի համաձայն՝ Աղստևի գետավազանը դասվում է հեղեղման վտանգավորության բարձր մակարդակ ունեցող ավազանների թվին: Ակնկալվում է, որ ավազանում առաջիկա 10 տարիների ընթացքում առնվազն մեկ անգամ տեղի կունենան պոտենցիալ վնաս հասցնող և կյանքին սպառնացող հեղեղումներ [3]:

Կլիմայի գլոբալ փոփոխության պայմաններում ջրային ռեսուրսների խոցելիության գնահատման համար կիրառվում են տարբեր մեթոդներ՝ ծածկույթի և ինդեքսի, պրոցեսի վրա հիմնված, վիճակագրական, կամ նշված մեթոդները համակցված տարբերակներով [7]: Վիճակագրական, այդ թվում ֆիզիկամաթեմատիկական մեթոդները հիմնվում են կլիմայի և դրա ազդեցության օբյեկտի միջև վիճակագրական կախվածությունների վրա: Դրանց օգտագործման տիրույթը շատ լայն է՝ սկսած միաչափ ռեգրեսիոն մոդելից, վերջացրած բարդ, բազմազործոն մոդելներով [1, 8–11]:

Աշխատանքի գիտական նորույթը այն է, որ Աղստև գետի ջրի առավելագույն էլքերի մեծությունների խոցելիության գնահատման համար ֆիզիկավիճակագրական մեթոդի կիրառմամբ, առաջին անգամ մշակվել են բազմագործոն գծային ռեգրեսիոն մոդելներ, որոնց միջոցով գնահատվել է առավելագույն էլքերի մեծությունների խոցելիությունը տարբեր գետահատածքներում (դիտակետերում):

Ռեգրեսիան ընդգրկուն կոռելյացիոն մոտեցումն է, որի շնորհիվ ստանում են բանաձև, որի միջոցով կարելի է հաշվարկել անհրաժեշտ փոփոխականը մեկ կամ ավելի դիտարկումների տվյալներով: Բազմագործոն գծային կոռելյացիոն մեթոդը թույլ է տալիս կոռելյացիայի գործակցի օգնությամբ գնահատել յուրաքանչյուր պարամետրի և գումարային էֆեկտի ազդեցությունը: Ըստ այս մեթոդի՝ ենթադրվում է, որ կանխատեսվող կամ հաշվարկվող մեծության Y և հայտնի փոփոխականների (այդ երևույթը պայմանավորող գործոններ կամ պրեդիկտորներ) X_1, X_2, \dots, X_n , միջև գոյություն ունի գծային կապ, որոնք ընդհանուր ձևով արտահայտվում են հետևյալ կերպ.

$$Y = C_0 + C_1 X_1 + \dots + C_n X_n,$$

որտեղ Y -ը կանխատեսվող մեծությունն է; C_0 -ն ազատ անդամն է; C_1, \dots, C_n -ն ռեգրեսիայի գործակիցներն են, X_1, X_2, \dots, X_n -ը անկախ փոփոխականներ են [12]:

Արդյունքներ և քննարկումներ: Աղստև գետի ավազանում գործող ջրաբանական դիտակետերի գարնանային վարարումների առավելագույն էլքերի դիտարկումների պատմական տվյալների և ավազանում գործող օդերևութաբանական կայանների տեղումների ու օդի ջերմաստիճանների դիտարկումների տվյալներով հաշվարկված սեզոնային տվյալների հիման վրա մշակվել են բազմագործոն ռեգրեսիոն հավասարումներ (մոդելներ) յուրաքանչյուր դիտակետի համար: Քանի որ գարնանային վարարումների առավելագույն էլքերի ձևավորման և անցման ընթացքում որոշիչ են համարվում վարարման ժամանակահատվածին նախորդող և վարարմանը ուղեկցող հիդրոօդերևութաբանական պայմանները, այդ իսկ պատճառով աշխատանքում օգտագործվել են նախորդ տարվա աշնան սեզոնային բնութագրերը և տվյալ տարվա ձմռան, գարնան և ամռան սեզոնային բնութագրերը: Արդյունքում առավելագույն էլքերի խոցելիության գնահատման համար ստացվել են հետևյալ ռեգրեսիոն հավասարումները (մոդելները).

$$Q_{\max \text{ Ֆիդետովո}} = -12,582 + 0,055 \sum P_{\text{դիվիզան III-V}} + 0,047 \sum P_{\text{սեմյոնովկա IX-XI}} + 0,025 \sum P_{\text{սեմյոնովկա XII-II}} - 0,046 \sum P_{\text{Իջևան III-V}} + 5,065 \bar{T}_{\text{դիվիզան III-V}} - 2,32 \bar{T}_{\text{սեմյոնովկա III-V}} + 1,95 \bar{T}_{\text{Իջևան IX-XI}} - 4,57 \bar{T}_{\text{Իջևան III-V}},$$

$$Q_{\max \text{ Դիվիզան}} = 27,69 + 0,11 \sum P_{\text{դիվիզան XII-II}} + 0,11 \sum P_{\text{դիվիզան III-V}} + 0,031 \sum P_{\text{սեմյոնովկա IX-XI}} + 0,0037 \sum P_{\text{Իջևան XII-II}} + 1,01 \bar{T}_{\text{դիվիզան XII-II}} - 2,00 \bar{T}_{\text{դիվիզան III-V}} - 2,98 \bar{T}_{\text{դիվիզան VI-VIII}} - 1,24 \bar{T}_{\text{սեմյոնովկա XII-II}} - 0,34 \bar{T}_{\text{սեմյոնովկա VI-VII}} + 1,12 \bar{T}_{\text{Իջևան VI-VIII}},$$

$$Q_{\max \text{ Իջևան}} = -7,58 + 0,19 \sum P_{\text{դիվիզան IX-XI}} + 0,39 \sum P_{\text{դիվիզան XII-II}} + 0,32 \sum P_{\text{դիվիզան III-V}} + 0,051 \sum P_{\text{Իջևան VI-VIII}} - 9,67 \bar{T}_{\text{դիվիզան VI-VIII}} + 8,76 \bar{T}_{\text{Իջևան VI-VIII}} - 0,091 \sum P_{\text{սեմյոնովկա IX-XI}} - 0,25 \sum P_{\text{սեմյոնովկա XII-II}} - 0,013 \sum P_{\text{սեմյոնովկա III-V}} - 6,43 \bar{T}_{\text{սեմյոնովկա III-V}} - 0,53 \bar{T}_{\text{սեմյոնովկա VI-VIII}},$$

$$Q_{\max \text{ Գոշ}} = 53,83 + 0,081 \sum P_{\text{ճամբարայ IX-XI}} + 0,19 \sum P_{\text{Իջևան XII-II}} + 0,085 \sum P_{\text{Իջևան III-V}} \\ - 0,016 \sum P_{\text{Իջևան VI-VIII}} - 2,72 \bar{T}_{\text{ճամբարայ IX-XI}} + 3,71 \bar{T}_{\text{ճամբարայ VI-VIII}} \\ - 7,38 \bar{T}_{\text{Գիլիջան IX-XI}} - 3,34 \bar{T}_{\text{Գիլիջան III-V}} - 6,26 \bar{T}_{\text{Գիլիջան VI-VIII}} + 9,10 \bar{T}_{\text{Իջևան IX-XI}}$$

$$Q_{\max \text{ Գետահովիտ}} = -38,43 + 0,11 \sum P_{\text{Իջևան IX-XI}} + 0,32 \sum P_{\text{Իջևան XII-II}} + 0,23 \sum P_{\text{Իջևան III-V}} \\ + 0,22 \sum P_{\text{Գիլիջան III-V}} + 0,005 \sum P_{\text{Գիլիջան VI-VIII}} - 0,032 \sum P_{\text{Սեմյենովկա XII-II}} \\ + 0,063 \sum P_{\text{Սեմյենովկա VI-VIII}} + 12,18 \bar{T}_{\text{Իջևան IX-XI}} - 17,02 \bar{T}_{\text{Գիլիջան IX-XI}} \\ + 2,54 \bar{T}_{\text{Սեմյենովկա IX-XI}} - 2,20 \bar{T}_{\text{Սեմյենովկա XII-II}}$$

Հավասարումներում Q_{\max} -ը զարնանային վարարումների առավելագույն ելքն է, $u^3/վրկ$ (ինդեքսում գրված ջրաբանական դիտակետի համար); ΣP -ն մթնոլորտային տեղումների գումարային քանակն է, u (ինդեքսում նշված սեզոնի համար); \bar{T} -ն ինդեքսում նշված սեզոնի օդի միջին ջերմաստիճանը, °C: Ինդեքսներում գրված են օդերևութաբանական կայանների անունները, իսկ հռոմեական թվերով՝ սեզոնները:

Կանխատեսումների արդարացվածության աստիճանի գնահատման համար կիրառվել են մաթեմատիկական վիճակագրության մեթոդներ: Համաձայն մեթոդական ցուցումների [13]՝ կանխատեսման մեթոդիկական կարող է օգտագործվել կանխատեսումներ կազմելիս, եթե այն բավարար ճիշտ է: Որպես նրա ճշտության չափանիշ օգտագործվում է ստուգողական կանխատեսումների միջին քառակուսային սխալը՝ \bar{S} -ը.

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (y - y')^2}{n}},$$

(շարքի փոքր թվով անդամների դեպքում $\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (y - y')^2}{n-m}}$), որտեղ y -ը փաստացի, իսկ y' -ը կանխատեսված արժեքներն են; n -ը շարքի անդամների թիվն է; m -ը կանխատեսումային հավասարումներում տարրերի թիվն է, այսպես՝ $y=ax+b$ -ի դեպքում $m=2$):

Որպես կանխատեսման մեթոդիկայի կիրառության և որակի ցուցանիշ բնութագրվում է $\bar{S} / \bar{\sigma}$ հարաբերությունը, որտեղ

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}},$$

y_i -ն կանխատեսվող տարրի արժեքներն են, \bar{y} -ը միջին արժեքն է [12, 13]: Որքան փոքր է այդ հարաբերությունը, այնքան բարձր է հաշվարկման ճշտությունը:

Կանխատեսվող երևույթի և նրա գործոնների միջև կապի ճշգրտությունը բնութագրվում է նաև կոռելյացիոն հարաբերությունը.

$$\bar{\rho} = \sqrt{1 - \left(\frac{\bar{S}}{\bar{\sigma}}\right)^2}:$$

Գծային կախվածությունների դեպքում կոռելյացիոն հարաբերության թիվը համապատասխանում է կոռելյացիայի գործակցին՝ $R=\rho$: $\bar{S} / \bar{\sigma}$ հարաբերության նվազումը և R -ի մեծացումը վկայում են կանխատեսման ճշգրտության բարձրացման մասին [12]:

Համաձայն մեթոդական ցուցումների [12, 13]՝ 25 տարուց ավել երկարության շարքի դեպքում մեթոդիկան համարվում է.

գործնականորեն ընդունելի և բավարար որակի,

➤ եթե արժեքները 0,51–0,80 միջակայքում են, կոռելյացիայի գործակիցը R -ը 0,86–0,60 միջակայքում է, իսկ կանխատեսումների թույլատրելի սխալի ապահովվածությունը 81–60%-ի սահմաններում է,

ու գործնականորեն ընդունելի և լավ որակի,

➤ եթե $\bar{S} / \bar{\sigma}$ արժեքները $\leq 0,50$, կոռելյացիայի գործակիցը՝ $R \geq 0,87$, իսկ կանխատեսումների թույլատրելի սխալի ապահովվածությունը $\geq 82\%$:

Մշակված բոլոր բազմագործոն ռեգրեսիոն հավասարումների դեպքում շարքերի երկարությունը գերազանցում է 55 տարին, և հավասարումների որակի վիճակագրական ցուցանիշները բերված են աղյ. 2-ում:

Աղյուսակ 2

Բազմագործոն ռեգրեսիոն հավասարումների որակի վիճակագրական ցուցանիշները

Գետ	Դիտակետ	Կոռելյացիայի գործակից, R	$\bar{S} / \bar{\sigma}$	Թույլատրելի սխալի ապահովվածությունը, %
Աղստև	Ֆիդլետովո	0,80	0,61	69
Աղստև	Դիլիջան	0,81	0,59	74
Աղստև	Իջևան	0,84	0,54	83
Գետիկ	Գոշ	0,82	0,58	81
Պաղջուր	Գետահովիտ	0,77	0,64	75

Ինչպես երևում է աղյ. 2-ից և համաձայն մեթոդական ցուցումների ներկայացված պահանջների՝ մշակված բոլոր հավասարումները գործնականորեն ընդունելի ու կիրառելի են և ունեն բավարար որակ:

Աղստև գետի ավազանի ջրի առավելագույն ելքերի խոցելիության գնահատումն իրականացվել է մշակված բազմագործոն գծային ռեգրեսիոն հավասարումների (մոդելների) միջոցով, և Հայաստանի տարածքում օդի միջին ջերմաստիճանի և մթնոլորտային տեղումների քանակի կանխատեսվող սեզոնային գնահատականների արդյունքների հիման վրա: Այդ ջերմաստիճանի և մթնոլորտային տեղումների գնահատականները վերցվել են ՀՀ Կլիմայի փոփոխության մասին չորրորդ ազգային հաղորդագրությունից [1], որում գնահատականները տրվել են ըստ Կլիմայական համակարգի մոդել 4-ի՝ CCSM4 մոդելի (տարածական լուծաչափ 100 կմ) և արտանետումների RCP8.5 (A2) և RCP6.0 (B2) սցենարների, ինչպես նաև METRAS տարածաշրջանային կլիմայական մոդելի (տարածական լուծաչափ 12 կմ) և արտանետումների վատատեսական RCP8.5 (A2) սցենարի: Նշվում է նաև, որ գլոբալ առումով տեղումների փոփոխության գնահատականներում առկա են զգալի անորոշություններ՝ պայմանավորված մթնոլորտային տեղումների մեծ փոփոխականությամբ և դրանց վրա ազդող բազմաթիվ գործոններով, և տեղումների քանակի ապագա փոփոխությունների վերաբերյալ եզրահանգումները գնահատվում են խիստ սահմանափակ, և առաջարկվում է դիտարկել վերապահումներով, ինչը բնականաբար կանդրահաշիվ է գնահատվող մեծությունների կանխատեսումների վրա [1]:

Ջրի առավելագույն ելքերի մեծությունների խոցելիությունը գնահատվել է մինչև 2040, 2041–2070 և 2071–2100 թթ. ժամանակահատվածների համար: Ստացված արդյունքները ներկայացված են աղյ. 3-ում:

Աղյուսակ 3

Աղստև գետի ջրի առավելագույն երբեքի մեծությունների խոցելիության գնահատականներն ըստ դիտակետերի, կլիմայի փոփոխության համառոտքառում, մինչև 2040, 2041–2070 և 2071–2100 թթ. համար տարբեր սցենարների դեպքում

Քետ-դիտակետ	Մոդել/սցենար	Օդի ջերմաստիճանի և տեղումների քանակի կանխատեսում	Առավելագույն երբեք, $m^3/կրկ$	Առավելագույն երբի փոփոխությունը		Ժամանակահատվածը
				$m^3/կրկ$	%	
Աղստև-Փիոլետովո	CCSM4/RCP6.0	Բազիս	9,92	0	0	1961–1990
		T+1.7, 1.03Q	11,0	1,08	10,9	2011–2040
		T+2.3, 1.02Q	11,2	1,28	12,9	2041–2070
	CCSM4/RCP8.5	T+3.1, 1.04Q	11,8	1,88	19,0	2071–2100
		T+1.8, 1.01Q	10,7	0,78	7,9	2011–2040
		T+3.2, 1.05Q	12,3	2,38	24,0	2041–2070
	METRAS/RCP8.5	T+4.7, 1.02Q	12,8	2,88	29,0	2071–2100
		T+1.4, 0.97Q	10,8	0,88	8,9	2011–2040
		T+3.1, 0.95Q	11,5	1,58	15,9	2041–2070
	Աղստև-Դիլիջան	CCSM4/RCP6.0	Բազիս	27,8	0	0
T+1.7, 1.03Q			20,9	-6,90	-24,8	2011–2040
T+2.3, 1.02Q			17,8	-10,0	-36,0	2041–2070
CCSM4/RCP8.5		T+3.1, 1.04Q	14,4	-13,4	-48,2	2071–2100
		T+1.8, 1.01Q	19,3	-8,50	-30,6	2011–2040
		T+3.2, 1.05Q	14,4	-13,4	-48,2	2041–2070
METRAS/RCP8.5		T+4.7, 1.02Q	5,93	-21,9	-78,7	2071–2100
		T+1.4, 0.97Q	17,1	-10,7	-38,5	2011–2040
		T+3.1, 0.95Q	9,14	-18,7	-67,1	2041–2070
Աղստև-Իջևան	CCSM4/RCP6.0	Բազիս	71,2	0	0	1961–1990
		T+1.7, 1.03Q	63,9	-7,3	-10,3	2011–2040
		T+2.3, 1.02Q	58,8	-12,4	-17,4	2041–2070
	CCSM4/RCP8.5	T+3.1, 1.04Q	53,8	-17,4	-24,4	2071–2100
		T+1.8, 1.01Q	60,8	-10,4	-14,6	2011–2040
		T+3.2, 1.05Q	53,4	-17,8	-25,0	2041–2070
	METRAS/RCP8.5	T+4.7, 1.02Q	38,0	-33,2	-46,6	2071–2100
		T+1.4, 0.97Q	55,6	-15,6	-21,9	2011–2040
		T+3.1, 0.95Q	43,4	-27,8	-39,0	2041–2070
Գետիկ-Գոշ	CCSM4/RCP6.0	Բազիս	38,6	0	0	1961–1990
		T+1.7, 1.03Q	30,4	-8,20	-21,2	2011–2040
		T+2.3, 1.02Q	25,9	-12,7	-32,9	2041–2070
	CCSM4/RCP8.5	T+3.1, 1.04Q	20,4	-18,2	-47,2	2071–2100
		T+1.8, 1.01Q	28,2	-10,4	-26,9	2011–2040
		T+3.2, 1.05Q	20,8	-17,8	-46,1	2041–2070
	METRAS/RCP8.5	T+4.7, 1.02Q	9,79	-28,8	-74,6	2071–2100
		T+1.4, 0.97Q	26,7	-11,9	-30,8	2011–2040
		T+3.1, 0.95Q	15,9	-22,7	-58,8	2041–2070
Պաղջուր-Գետահովիտ	CCSM4/RCP6.0	Բազիս	31,7	0	0	1961–1990
		T+1.7, 1.03Q	27,1	-4,60	-14,5	2011–2040
		T+2.3, 1.02Q	24,2	-7,50	-23,7	2041–2070
	CCSM4/RCP8.5	T+3.1, 1.04Q	20,0	-11,70	-36,9	2071–2100
		T+1.8, 1.01Q	25,2	-6,50	-20,5	2011–2040
		T+3.2, 1.05Q	21,8	-9,90	-31,2	2041–2070
	METRAS/RCP8.5	T+4.7, 1.02Q	13,6	-18,1	-57,1	2071–2100
		T+1.4, 0.97Q	24,4	-7,30	-23,0	2011–2040
		T+3.1, 0.95Q	15,0	-16,7	-52,7	2041–2070
METRAS/RCP8.5	T+4.5, 0.92Q	6,67	-25,0	-79,0	2071–2100	

Եզրակացություն: Այսպիսով, ստացված արդյունքները ցույց են տալիս կլիմայի փոփոխության նկատմամբ Ադստև գետի ավազանում զարնանային վարարումների ընթացքում դիտվող ջրի առավելագույն ելքերի մեծությունների բավական մեծ խոցելիություն: Ադստևի գետավազանում գործող չորս ջրաբանական դիտակետերի համար բոլոր սցենարների դեպքում մինչև 2100 թ. կանխատեսվում է ջրի առավելագույն ելքերի մեծությունների զգալի նվազում 1961–1990 թթ. բազիսային ժամանակահատվածի միջինի նկատմամբ: Բացառություն է միայն Ադստև գետի Ֆիդետովո ջրաբանական դիտակետը, որտեղ կլիմայի փոփոխության բոլոր սցենարների դեպքում ստացվում է ջրի առավելագույն ելքի որոշակի աճ 1961–1990 թթ. բազիսային ժամանակահատվածի միջինի նկատմամբ:

Համաձայն ստացված արդյունքների՝ ջրի առավելագույն ելքերի մեծությունները մինչև 2040 թ. CCSM4 մոդելի RCP6.0 սցենարի դեպքում կնվազեն 10–25%-ով: METRAS մոդելի վատատեսական RCP8.5 սցենարի դեպքում 2071–2100 թթ. Իջևան ջրաբանական դիտակետում ջրի առավելագույն ելքերի մեծությունները կնվազեն 53%-ով, Գետահովիտ դիտակետում՝ 79%-ով, Դիլիջան և Գետիկ դիտակետերում՝ 94–96%-ով: Այսինքն՝ առավելագույն ելքերի մեծության բավականին զգալի խոցելիություն է սպասվում Դիլիջան և Գետիկ ջրաբանական դիտակետերում: Հավելենք նաև, որ 1991–2020 թթ. ընթացքում ավազանում հիմնականում դիտվում է ջրի առավելագույն ելքերի տարբեր չափերի նվազման միտում (բացառությամբ Գետիկ–Գոշ դիտակետի):

Ինչ վերաբերում է Ադստև–Ֆիդետովո հիդրոլոգիական դիտակետի համար ստացված արդյունքներին, այն է՝ բոլոր սցենարների դեպքում սպասվում է 1961–1990 թթ. բազիսային ժամանակահատվածի միջինի նկատմամբ առավելագույն ելքերի մեծությունների աճ մինչև 2100 թ., ընդ որում ամենամեծ աճը միջինի նկատմամբ ($2,88 \text{ մ}^3/\text{վրկ}$ կամ 29%) կանխատեսվում է 2071–2100 թթ.՝ CCSM4 մոդելի RCP8.5 սցենարի դեպքում: Պետք է նշել, որ վերջինս գլխավորապես պայմանավորված է ավազանի լոկալ առանձնահատկություններով: Սակայն, սույն աշխատանքի շրջանակներում այդ պատճառներն առավել մանրակրկիտ չեն ուսումնասիրվել և լրացուցիչ ու առավել բազմակողմանի վերլուծության և վերանայման կարիք ունեն:

Ամփոփելով ավազանում առավելագույն ելքերի խոցելիության գնահատված արդյունքները՝ հարկ է նշել, որ նույն գետավազանի տարբեր դիտակետերում առավելագույն ելքերի տարբեր չափով խոցելիությունը պայմանավորված է գետավազանի տարբեր հատվածների բնակլիմայական և հոսքի ձևավորման պայմանների առանձնահատկություններով և տարբերություններով: Մրա հետ մեկտեղ, կլիմայական կանխատեսումների համար կիրառվող ժամանակակից մոդելները թույլ չեն տալիս բավարար ճշտությամբ գնահատել տեղումների ինտենսիվության ու քանակի փոփոխությունները, հետևաբար դա առաջացնում է լրացուցիչ անորոշություններ հոսքի սպագա կանխատեսումների մեջ: Զանի որ առավելագույն ելքերի մեծությունները պայմանավորվում են հիմնականում ձմռան ընթացքում կուտակված ձյան պաշարներով և զարնանային վարարումների ժամանակահատվածի եղանակային պայմաններով, իսկ սպագայում ջերմաստիճանի աճով պայմանավորված՝ ձյան տեսքով տեղումների նվազումը և միևնույն ժամանակ անձրևների

ավելացումը, կամ գարնան ջերմաստիճանի փոփոխություններով պայմանավորված՝ հալքի ընթացքը, կարող են իրենց հերթին առաջ բերել տարբեր գետավազաններում և նաև նույն գետավազանի տարբեր հատվածներում հոսքի մեծության և դրա ներտարեկան բաշխման էական փոփոխություններ, հետևաբար դա էլ իր հերթին կանդրադառնա առավելագույն ելքերի մեծության և դրանց անցման ժամկետների վրա: Առավելագույն ելքերի մեծությունները հիմնականում պայմանավորված են ձմռան ընթացքում կուտակված ձյան պաշարներով և գարնանային վարարումների ժամանակահատվածի եղանակային պայմաններով: Ապագայում ջերմաստիճանի աճով պայմանավորված՝ ձյան տեսքով տեղումների նվազումը և միևնույն ժամանակ անձրևների ավելացումը, ինչպես նաև գարնան ջերմաստիճանի աճը՝ կրերի հալքի ընթացքի փոփոխմանը: Այս ամենը կարող է առաջ բերել տարբեր գետավազաններում և նաև նույն գետավազանի տարբեր հատվածներում հոսքի մեծության և դրա ներտարեկան բաշխման էական փոփոխություններ: Հետևաբար դա էլ իր հերթին կանդրադառնա առավելագույն ելքերի մեծության և դրանց անցման ժամկետների վրա:

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ գիտության կոմիտեի ֆինանսավորմամբ՝ «Աղստևի ավազանի գետերի առավելագույն ելքերի կանխատեսումը և դրանց խոցելիության գնահատումը կլիմայի փոփոխության պայմաններում» 19YR-1E005 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

Ստացվել է՝ 02.02.2022

Գրախոսվել է՝ 17.03.2022

Հաստատվել է՝ 14.04.2022

Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. ՀՀ Կլիմայի փոփոխության մասին չորրորդ ազգային հաղորդագրություն: Ըստ կլիմայի փոփոխության մասին ՄԱԿ-ի շրջանակային կոնվենցիայի: Երևան, ՄԱԶԾ Հայաստան (2020):
2. Երկրի նկարագիր: Տարերային և տեխնոստիկ աղետների կանխարգելումը, պատրաստվածությունը և արձագանքումը Արևելյան գործընկերության երկերներում: ԱԿՊԱ Արևելք 2 (2015):
3. Դյուբուա Դ., Գարդին Ն., և ուրիշ. Աղստևի գետավազանում հեղեղումների փոսնգի քարտեզագրման նախնական ուսումնասիրություն՝ Հայաստան: Ավարտական հաշվետվություն: Երևան, «ՇԵԲ Ծարտարագիտական խորհրդատվական կազմակերպություն» (2021):
4. Միսակյան Ա.Է., Առաքելյան Ա.Ա., Սուրենյան Գ.Հ., Ազիզյան Հ.Հ. Աղստև գետի ավազանում 2020 թ. մայիսին դիտված գարնանային վարարումների առավելագույն ելքերի ձևավորման հիդրոոդերևութաբանական պայմանների վերլուծությունը: ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր: Գիտություններ Երկրի մասին 73 (2020), 3–10:
5. ՀՀ ՇՄՆ «Հիդրոոդերևութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն»-ի հիդրոոդերևութաբանական տվյալների ֆոնդ (1935–2020 թթ.):
6. Չիլինգարյան Լ.Ա., Մնացականյան Բ.Պ., Աղաբաբյան Պ.Ա., Թոքմաջյան Հ.Վ. Հայաստանի գետերի և լճերի ջրագրությունը: Երևան, Ազրոպրես (2002), 49 էջ:
7. Soumaila K.I., Niandou A.S., Naimi M., et al. Analysis of Water Resources Vulnerability Assessment Tools. *Journal of Agricultural Science and Technology* **B 9** (2019), 69–86.
<http://doi.org/10.17265/2161-6264/2019.02.001>
8. Հայաստան: Կլիմայի փոփոխության հիմնահարցերը (հոդվածների ժողովածու): Երևան (1999), 373 էջ:
9. Исследование регионального воздействия изменения климата для региона Южного Кавказа (2011), 65 с.

10. *Vulnerability of Water Resources in the Republic of Armenia under Climate Change*. Ministry of Nature Protection of Republic of Armenia. Yerevan (2009), 25 p.
11. Teutschbein C. *Hydrological Modeling for Climate Change Impact Assessment*. Transferring Large-Scale Information from Global Climate Models to the Catchment Scale. Department of Physical Geography and Quaternary Geology Stockholm University, Stockholm (2013), 44 p.
12. Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. *Гидрологические прогнозы* (учебное пособие). СПб., РГТУ (2007), 436 с.
13. *Наставление по службе прогнозов. Раздел 3, ч. I. Прогнозы режима вод суши*. Ленинград, Гидрометеиздат (1962), 193 с.

А. Э. МИСАКЯՆ, А. А. АРАКЕЛЯՆ, В. Г. МАРГАРՅԱՆ, Л. В. АЗИЗՅԱՆ,
Е. В. ГАЙДУКОВА, А. О. АЗИЗՅԱՆ, О. Б. ФРУНЗИКՅԱՆ

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕКИ АГСТЕВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

В работе представлена оценка уязвимости величин максимальных расходов воды весенних половодий в бассейне р. Агстев в условиях глобального изменения климата. Используются исторические данные пяти гидрологических постов и четырех метеорологических станций ГНКО “Центр гидрометеорологии и мониторинга”, действующих ныне в бассейне р. Агстев. Для оценки уязвимости использован многофакторный линейный регрессионный метод.

Установлены физико-статистические корреляции между наблюдаемыми максимальными расходами весенних половодий и рассчитанными сезонными данными по количеству осадков и температуре воздуха. Для каждого действующего гидрологического поста в бассейне р. Агстев разработаны многофакторные линейные регрессионные уравнения. Оценены статистические показатели качества полученных уравнений, которые имеют удовлетворительное качество и применимы на практике.

С помощью данных уравнений и на основе прогнозируемых сезонных оценок средней температуры воздуха и количества осадков на территории Армении оценена уязвимость величин максимальных расходов для периодов до 2040, 2041–2070 и 2071–2100 гг. Результаты прогнозируемых сезонных оценок на территории Армении взяты из “IV Национального сообщения об изменении климата”, согласно которому прогнозы составлены по Модели климатической системы Сообщества 4-CCSM4 (пространственное разрешение 100 км) и по сценариям выбросов RCP8.5 (A2) и RCP6.0 (B2), а также по региональной климатической модели METRAS (пространственное разрешение 12 км) и пессимистическому сценарию выбросов RCP8.5 (A2).

Согласно полученным результатам, в бассейне р. Агстев прогнозируется довольно большая уязвимость величин максимальных расходов воды во время весенних половодий из-за изменений климата. Почти во всех речных створах изучаемой территории (за исключением речного створа “Фиолетово”) в случае сценария RCP6.0 модели CCSM4 до 2040 г. прогнозируется уменьшение величин максимальных расходов весенних половодий по сравнению со средним значением за базисный период 1961–1990 гг. на 10–25%. Для п. “Фиолетово” в

случае всех сценариев до 2100 г. прогнозируется рост максимальных расходов по сравнению со средним базисного периода 1961–1990 гг. Причем наибольший рост ($2,88 \text{ м}^3/\text{с}$ или 29%) прогнозируется в случае сценария RCP8.5 модели CCSM4 для периода 2071–2100 гг.

A. E. MISAKYAN, A. A. ARAKELYAN, V. G. MARGARYAN, L. V. AZIZYAN,
E. V. GAIDUKOVA, H. H. AZIZYAN, H. B. FRUNZIKYAN

VULNERABILITY ASSESSMENT OF MAXIMUM WATER DISCHARGES OF AGHSTEV RIVER IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

The paper presents an assessment of the vulnerability of the quantities of maximum water discharges of spring floods in Aghstev River basin in the condition of global climate change. In the work there were used historical hydrometeorological observation data from five hydrological observation stations and four meteorological stations currently operating in Aghstev River basin. For vulnerability assessment multiple linear regression method was used.

Physical-statistical correlations have been established between the maximum water discharges observed during spring floods and the calculated seasonal data of amount of precipitation and air temperature, and multiple linear regression equations have been developed for each operating hydrological station in the Aghstev River basin. Statistical indicators of the quality of obtained equations have been estimated.

Using the developed multiple linear regression equations and on the basis of predicted seasonal estimates of the average air temperature and the amount of precipitation in the territory of Armenia, the vulnerability of the quantity of maximum water discharges for the periods up to 2040, 2041–2070 and 2071–2100 has been assessed. The results of the projected seasonal estimates in the territory of Armenia are taken from the “IV National Communication on Climate Change”, according to which the forecasts are made according to the Community Climate System Model 4-CCSM4 (spatial resolution 100 km) and according to the emission scenarios RCP8.5 (A2) and RCP6.0 (B2), as well as according to the METRAS regional climate model (spatial resolution 12 km) and the pessimistic emission scenario RCP8.5 (A2).

According to the obtained results, due to climate change a rather high vulnerability of the quantities of the maximum water discharges of spring floods is predicted in Aghstev River basin. In almost all sections of the study area (with the exception of the «Fioletovo» river section), the values of the maximum water discharges of spring floods in the case of CCSM4 model RCP6.0 scenario until 2040 will decrease by 10–25%, compared with the averages of reference period 1961–1990. The largest growth ($2.88 \text{ м}^3/\text{с}$ or 29%) is predicted in the case of the RCP8.5 scenario of the CCSM4 model for the period 2071–2100.