

**ԱՂԱՏՆԵՎ ԳԵՏԻ ՋՐԻ ԱՌԱՎԵԼԱԳՈՒՅՆ
ԵԼՔԵՐԻ ԿԱՆԽԱՏԵՍՈՒՄԸ**

Միսակյան Ա.Է.¹, Առաքելյան Ա.Ա.², Ազիզյան Հ.Հ.¹, Միսակյան Է.Է.¹

¹ ՀՀ ՇՄՆ «Հիդրոդերմոլոգիայի և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ,
0025, Երևան, Չարենցի փ. 46
E-mail: miamalya@yandex.ru

² ՀՀ ԳԱՍ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ,
0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պ. 24ա,
E-mail: alex.arakelyan@outlook.com
Հանձնված է խմբագրություն 09.09.2020

Աշխատանքում ներկայացվում են Աղստևի գետավազանում գործող հիդրո-լոգիական դիտակետերի համար մշակված առավելագույն ելքերի կանխատեսումների մեթոդիկաները: Կանխատեսումների մեթոդիկաները մշակվել են բազմագործոնային գծային ռեգրեսիայի մեթոդի հիման վրա: Ստացված հավասարումներով կազմվել են ստուգողական կանխատեսումներ, գնահատվել է մեթոդիկայի որակի և կիրառելիության ցուցանիշները: Ստուգաճշտման արդյունքների համաձայն, ստացված հավասարումները բավարարում են կանխատեսումների թողարկման համար անհրաժեշտ պահանջներին և կարող են կիրառվել օպերատիվ աշխատանքներում:

Հանգուցային բառեր. Աղստև գետ, ջրի առավելագույն ելք, հիդրո-լոգիական դիտակետ, կանխատեսում, բազմագործոնային ռեգրեսիոն կապ, կանխատեսումների արդարացում, ստուգաճշտում:

Աղստևի գետավազանում ջրի տարեկան առավելագույն ելքերը դիտվում են գարնանային վարարումների ընթացքում, սակայն առանձին դեպքերում կարող են ձևավորվել նաև ամառ-աշնանային սակավաջրության ընթացքում՝ հորդառատ անձրևների հետևանքով:

Առավելագույն ելքերի ձևավորման, դրանց մեծության և անցման ժամկետների վրա ազդող որոշիչ գործոններն են համարվում գարնանային վարարումների ժամանակահատվածին նախորդող նախաձմեռային և ձմեռային, և վարարմանը ուղեկցող՝ գարնանային, օդերևութաբանական պայմանները: Այդ գործոններն են՝ ավազանում ձնածածկույթի հզորությունը, ձյան մեջ ջրի պաշարը, ձմռան ջերմաստիճանային ռեժիմը, ձնհալքի տևողությունը և ինտենսիվությունը, հողի խոնավությունը, վարարումների ընթացքում դիտվող անձրևների տևողությունը և ինտենսիվությունը, գարնան ջերմային ռեժիմը, գետի հունի խորդորորությունը, ավազանի բուսածածկը և այլն:

Աղստևի ավազանի համար առավել բնորոշ են *խառը և անձրևային*

ծագման առավելագույն ելքերը: Առավել մեծ վտանգ են ներկայացնում *խառք* ծագման առավելագույն ելքերը, որոնք ձևավորվում են ձնհալքի և միաժամանակ անձրևների թափման ժամանակ (որոնց շերտը գերազանցում է 10-15մմ-ը), երբ այդ ելքերի ձևավորման մեջ դժվար է տարբերել հալոցքային և անձրևային ջրերի գերակշռող դերը: *Անձրևային* ծագման առավելագույն ելքերը ձևավորվում են ձնհալքից հետո կամ ավազանի ընդհանուր մակերեսի 10-15 %-ից ոչ ավել ձնածածկվածության դեպքում և, երբ տեղումների օրական քանակը կազմում է 10-20մմ և ավել: Ընդ որում առավելագույն ելքերը ձևավորվում են այնպիսի օդերևութաբանական պայմաններում, երբ նախորդ օրվա տեղումները հիմնականում ծախսվում են հողի խոնավության պակասորդը լրացնելու համար, իսկ հետագա տեղումները, որոնք երբեմն իրենց ինտենսիվությամբ զիջում են նախորդին, առաջացնում են աղետալի բնույթի առավելագույն ելքեր (Միսակյան, 2016; Միսակյան և ուր., 2020): Գարնանային վարարումների ընթացքում հաճախ ձևավորվում են այնպիսի մեծության առավելագույն ելքեր, որոնք հեղեղումների պատճառ են դառնում, ողողելով և ջրածածկելով գետի հարակից բնակավայրերը, ցանքատարածությունները, հիդրոտեխնիկական կառուցվածքները, շինություններն ու ձեռնարկություններն և այլն, պատճառելով զգալի վնասներ և կորուստներ: Հետևաբար գետերի ջրի առավելագույն ելքերի վերաբերյալ կանխատեսումային տեղեկատվությունը խիստ կարևոր է և ունի մեծ տնտեսական նշանակություն, քանի որ թույլ է տալիս արդյունավետ պլանավորել և իրականացնել կանխարգելիչ միջոցառումներ՝ բացառելու կամ նվազագույնի հասցնելու նմանատիպ ելքերից սպասվող վնասը: Չնայած կանխատեսումների մեծ պահանջարկին, առավելագույն ելքերի կանխատեսումների մեթոդիկաների մշակումը՝ հատկապես լեռնային պայմաններում, շատ բարդ խնդիր է, քանի որ դրանք ձևավորվում են մի շարք գործոնների միաժամանակյա ազդեցության հետևանքով և հետևապես առավել դժվար հաշվարկելի և բնականաբար դժվար կանխատեսելի են:

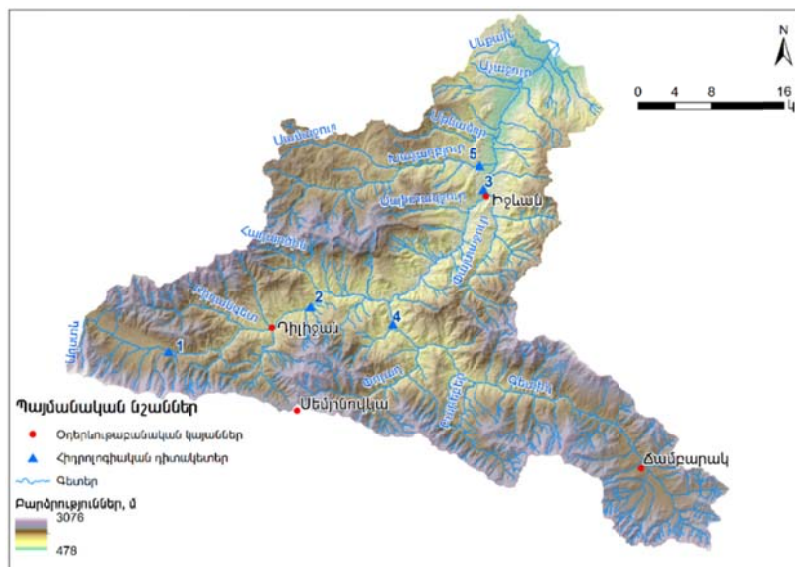
Առավելագույն ելքերի կանխատեսման մեթոդիկաների մշակում

Լեռնային գետերի հոսքի և դրա բնութագրիչների կանխատեսումների պրակտիկ մեթոդները մշակվում են հիմնականում ռեգրեսիոն կախվածությունների հիման վրա, այսինքն մոտավոր ֆիզիկավիճակագրական կորելյացիոն կապեր են հաստատվում հոսքի բնութագրիչի և այն պայմանավորող հիմնական հիդրոոդերևութաբանական գործոնների միջև: Այդ կերպ մշակված կանխատեսման մեթոդները կոչվում են *ֆիզիկավիճակագրական*: Այժմ հոսքի բնութագրիչների կանխատեսման մեջ օգտագործվում է հիմնականում բազմագործոն ռեգրեսիոն մեթոդը (Руководство по гидрологической практике, 2012; Руководство по гидрологическим прогнозам, 1989; Георгиевский, 2007; Միսակյան, 2016):

Այս աշխատանքում, Աղստև գետի ջրի առավելագույն ելքերի կանխատեսումների մեթոդիկաների մշակման հիմքում ևս դրվել է ֆիզիկավիճակագրական մեթոդը, մշակվել են բազմագործոն ռեգրեսիոն

հավասարումներ առավելագույն ելքերի և այն պայմանավորող հիդրո-օդերևութաբանական տարրերի միջև:

Աշխատանքի իրականացման համար օգտագործվել են ՀՀ Շրջակա միջավայրի նախարարության «Հիդրոօդերևութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ-ի Աղստն գետի վրա գործող Ֆիզլետովո, Դիլիջան, Իջևան, Գետիկ գետի՝ Գոշ, Պաղջուր գետի՝ Գետահովիտ հիդրոլոգիական դիտակետերի մինչև 2020 թվականի դիտարկումների տվյալները, ինչպես նաև Դիլիջան, Իջևան, Ճամբարակ, Սեմյոնովկա, Վանաձոր օդերևութաբանական կայանների օդի ջերմաստիճանի և տեղումների դիտարկումների տվյալները (նկ.1):



Նկ.1. Աղստն գետի ավազանի հիդրոլոգիական դիտակետերի և օդերևութաբանական կայանների տեղաբաշխման քարտեզ

1.Աղստն-Ֆիզլետովո, 2.Աղստն-Դիլիջան, 3.Աղստն-Իջևան, 4.Գետիկ-Գոշ, 5. Պաղջուր-Գետահովիտ

Բազմագործոն ռեգրեսիոն հավասարումների մշակման համար օգտագործվել են հիդրոլոգիական դիտակետերի բացման օրվանից մինչև 2014թթ. ընկած ժամանակահատվածի զարնանային վարարումների ընթացքում դիտված առավելագույն ելքերի, ջրի միջին ամսական ելքերի, զարնանային վարարումների հոսքի ծավալների (որն առավելագույն ելքերի մեծությունը որոշող գլխավոր գործոններից մեկն է և ինչքան մեծ է հոսքի ծավալը, այնքան մեծ է առավելագույն ելքի մեծությունը), օդի միջին ամսական ջերմաստիճանի, տեղումների դիտարկումների տվյալները: 2015-2020թթ. դիտարկումների տվյալները, հավասարումները կազմելիս չեն ներառվել, որպեսզի օգտագործվեն կանխատեսումների հուսալիության գնահատման համար, որպես անկախ ժամանակահատվածի դիտարկումների տվյալներ:

Առավելագույն ելքերի կանխատեսումների համար մշակված բազմագործոն ռեգրեսիոն հավասարումները ըստ գետային հիդրոլոգիական դիտակետերի ներկայացվում են ստորև.

Աղստև-Ֆիոկտովո

$$Q_{max} = -10.13 - 4.64Q_{III} + 2.93Q_{IV} + 0.025 \sum P_{\text{Սեմյոնովկա } VII-III-I} \\ + 0.058P_{\text{Իջևան } II} - 0.031P_{\text{Սեմյոնովկա } III} \\ + 6.28K_{\text{Դիլիջան } IV-V} + 0.78T_{\text{Իջևան } II} - 0.48T_{\text{Վանաձոր } II} \\ + 0.74T_{\text{Դիլիջան } III} - 1.22\Delta T_{\text{Սեմյոնովկա } IV}$$

Աղստև-Դիլիջան

$$Q_{max} = -3.91 + 2.00Q_I + 0.16W_{IV-VI} + 0.075 \sum P_{\text{Դիլիջան } X-III} \\ - 0.034 \sum P_{\text{Իջևան } VIII-III} + 0.0014 \sum P_{\text{Սեմյոնովկա } VII-III} \\ - 4.46K_{\text{Իջևան } IV} + 16.5K_{\text{Դիլիջան } IV-V} - 0.50T_{\text{Սեմյոնովկա } II} \\ + 0.46T_{\text{Իջևան } II} - 1.25T_{\text{Իջևան } III} - 1.00\Delta T_{\text{Դիլիջան } IV-VI}$$

Աղստև-Իջևան

$$Q_{max} = -7.28 - 0.25Q_I + 0.30W_{IV-VI} + 0.073 \sum P_{\text{Դիլիջան } VIII-III} \\ - 0.086 \sum P_{\text{Սեմյոնովկա } XII-III} - 0.068P_{\text{Իջևան } III} \\ + 3.60K_{\text{Իջևան } IV} + 13.95K_{\text{Դիլիջան } IV-V} - 1.89T_{\text{Սեմյոնովկա } III} \\ - 1.92\Delta T_{\text{Իջևան } IV}$$

Գետիկ-Գոշ

$$Q_{max} = -11.14 + 1.16Q_2 - 1.32Q_3 + 0.20W_{IV-VI} \\ + 0.037 \sum P_{\text{Դիլիջան } V-II} + 0.11 \sum P_{\text{Իջևան } XI-III} \\ + 0.025 \sum P_{\text{Ճամբարակ } VIII-III} + 6.42K_{\text{Ճամբարակ } IV} \\ - 1.13T_{\text{Վանաձոր } II} + 5.37T_{\text{Վանաձոր } III} - 6.28T_{\text{Իջևան } III}$$

Պաղջուր-Գետահովիտ

$$Q_{max} = 29.09 + 0.51W_{IV-VI} + 0.62P_{\text{Իջևան } II} + 0.33P_{\text{Դիլիջան } III} \\ - 0.38 \sum P_{\text{Վանաձոր } I-III} - 6.44T_{\text{Իջևան } I} + 5.77T_{\text{Իջևան } II} \\ - 2.66T_{\text{Իջևան } III} + 5.44T_{\text{Սեմյոնովկա } I} - 4.02T_{\text{Սեմյոնովկա } II} \\ + 1.24\Delta T_{\text{Վանաձոր } IV}$$

Հավասարումներում, $Q_{առավ-ը}$ ջրի առավելագույն ելքի մեծությունն է, W_{IV-VI} -ը դիտակետում գարնանային վարարումների հոսքի ծավալի

կանխատեսված մեծությունն է, ΣP -ով նշանակված է նշված ամիսների կամ ամսվա տեղումների գումարը, T -ն ինդեքսում նշված ամսվա միջին ամսական ջերմաստիճանն է, ΔT -ն ինդեքսում նշված ժամանակահատվածի օդի ջերմաստիճանի շեղումն է նույն ժամանակահատվածի նորմայից, իսկ K -ն ինդեքսում նշված ժամանակահատվածի տեղումների քանակի մոդուլային գործակիցն է (տվյալ ժամանակաշրջանի տեղումների քանակի հարաբերությունը բազմամյա միջին արժեքին): Ինդեքսներում տառերով նշված են համապատասխան օդերևութաբանական կայանների անունները:

Հիդրոլոգիական կանխատեսումների արդարացվածության աստիճանի գնահատման համար կիրառվում են մաթեմատիկական վիճակագրության մեթոդները: Համաձայն կանխատեսումների վերաբերյալ մեթոդական ցուցումների, հիդրոլոգիական կանխատեսումների արդարացվածությունը հաստատվում է թույլատրելի սխալների և կանխատեսման սխալների համադրությամբ (Наставление по службе прогнозов, 1962; Руководство по гидрологическим прогнозам, 1989):

Մշակված հավասարումների համար հաշվարկվել են վիճակագրական բնութագրերը, որոնց արժեքները ներկայացված են աղյուսակ 1-ում:

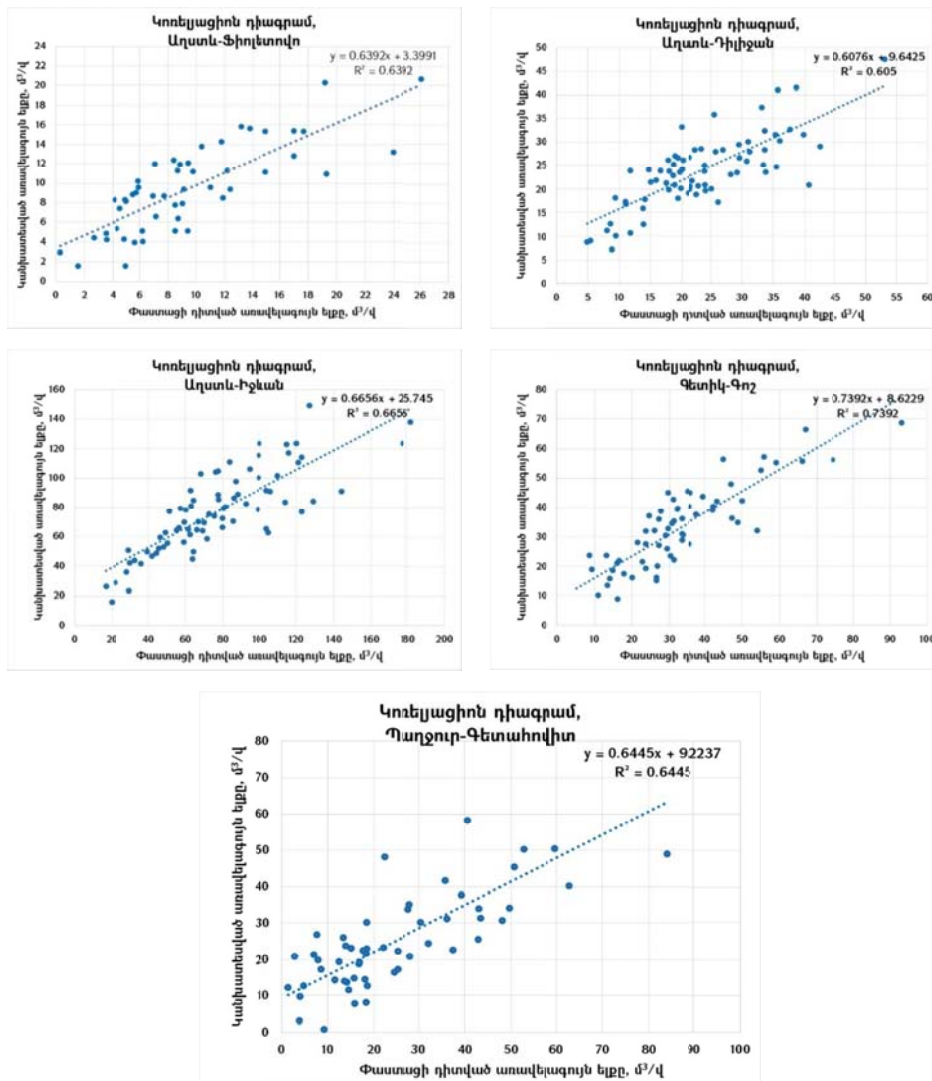
Աղյուսակ 1

Առավելագույն ելքերի կանխատեսման ռեգրեսիոն հավասարումների
բնութագրերը

Գետ	Դիտակետ	Տարիներ	Թույլատրելի սխալը, $m^3/վրկ$, $\delta_{թույլ} = \pm 0.674\sigma$	Կոռելյացիայի գործակիցը R	$\bar{S}/\bar{\sigma}$	Թույլատրելի սխալի ապահովվածությունը, %
Աղստև	Ֆիդլետովո	1964-2014	3.68	0.80	0.60	80
Աղստև	Դիլիջան	1940-2014	6.65	0.75	0.66	77
Աղստև	Իջևան	1938-2014	22.8	0.82	0.58	80
Գետիկ	Գոշ	1946-2014	11.1	0.86	0.51	83
Պաղջուր	Գետահովիտ	1955-2014	12.5	0.80	0.60	78

Մեթոդիկան կարող է կիրառվել կանխատեսումներ թողարկելու համար, եթե այն ունի ապացուցված բավարար ճշտություն: Որպես դրա ճշտության չափանիշ օգտագործվում է ստուգողական կանխատեսումների (կանխատեսումը նախորդ տարիների դիտարկումների տվյալների հիման վրա) միջին քառակուսային սխալը $\bar{S}$: Կանխատեսման մեթոդի գնահատականը իրականացվում է ստուգողական կանխատեսումների սխալների մեծությամբ (Руководство по гидрологическим прогнозам, 1989): Ստացված հավասարումների միջոցով յուրաքանչյուր դիտակետի համար կազմվել են առավելագույն ելքերի

ստուգողական կանխատեսումներ ըստ տարիների: Այնուհետև, փաստացի ու հաշվարկային արժեքների փոխկապակցվածության վերլուծության նպատակով կազմվել են կորելյացիոն դիագրամներ (նկ. 2):



Նկ.2. Աղստև գետի ավազանի հիդրոլոգիական դիտակետերի փաստացի ու հաշվարկային արժեքների կորելյացիոն դիագրամներ

Ինչպես երևում է նկարից, հաշվարկային և փաստացի արժեքների միջև առկա է դրական կորելյացիա, բավարար գործակիցներով:

Կանխատեսումային կապերի հուսալիության գնահատման համար, կազմվել են ստուգողական կանխատեսումներ նաև անկախ ժամանակահատվածի՝ 2015-2020թթ. համար, որոնց քանակական արժեքները տրված է աղյուսակ 2-ում:

Ջրի առավելագույն ելքերի ստուգողական կանխատեսումների արդարացվածությունը, 2015-2020թթ. անկախ ժամանակահատվածի համար

Գետ	Դիտակետ	Տարիներ	Թույլատրելի սխալը, $\text{մ}^3/\text{վրկ}$, $\delta_{\text{թույլ}} = \pm 0.674\sigma$	Արդարացած կանխատեսումների թիվը	
				արդարացել է	չի արդարացել
Աղստև	Ֆիոլետովո	2015-2020	3.68	4	2
Աղստև	Դիլիջան	2015-2020	6.65	4	2
Աղստև	Իջևան	2015-2020	22.8	5	1
Գետիկ	Գոշ	2015-2020	11.1	5	1
Պաղջուր	Գետահովիտ	2015-2020	12.5	5	1

Ինչպես երևում է աղյուսակ 2-ից, բոլոր դիտակետերի համար, ընտրված՝ 2015-2020թթ. անկախ ժամանակահատվածի համար իրականացված կանխատեսումները գերազանցապես արդարացել են, այսինքն կանխատեսման սխալները գտնվում են թույլատրելի սահմաններում:

Որպես պրակտիկայում կանխատեսման մեթոդիկայի կիրառելիության և որակի ցուցանիշ ընդունվում է $\bar{S}/\sigma$ հարաբերությունը, այսինքն ստուգողական կանխատեսումների միջին քառակուսային սխալի հարաբերությունը, կանխատեսվող մեծության միջին քառակուսային սխալին σ , և որքան փոքր է այդ արժեքը, այնքան բարձր է հաշվարկման ճշգրտությունը: Քանի որ մեր աշխատանքում դիտարկումների շարքերի երկարությունը գերազանցում է 25 տարին՝ եթե $n > 25$, ապա պետք է բավարարվի հետևյալ պահանջը՝ $\bar{S}/\sigma \leq 0.80$ (Наставление по службе прогноза, 1962): Ինչպես երևում է աղյուսակ 1-ից, մեր բոլոր հավասարումների համար նշված պայմանը բավարարում է, այսինքն մեթոդիկան կիրառելի է օպերատիվ կանխատեսումների թողարկման համար:

Կանխատեսման մեթոդիկայի որակը ևս հաստատվում է $\bar{S}/\sigma$ -ի մեծությամբ, և դրա արժեքներին համապատասխան կոռելյացիայի գործակցի և թույլատրելի սխալի ապահովվածության արժեքներով: Այսպիսով, կանխատեսումների վերաբերյալ մեթոդական ցուցումների համաձայն (Наставление по службе прогноза, 1962), ըստ աղյուսակ 1-ում ներկայացված բնութագրերի, ստացված բոլոր կապերը բավարարում են կանխատեսման մեթոդիկայի բավարար որակի ցուցանիշների համար անհրաժեշտ պահանջներին և կարող են կիրառվել կանխատեսումների թողարկման համար:

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ գիտության կոմիտեի տրամադրած ֆինանսավորմամբ՝ «Աղստևի ավազանի գետերի

առավելագույն ելքերի կանխատեսումը և դրանց խոցելիության գնահատումը կլիմայի փոփոխության պայմաններում» 19YR-1E005 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ՀՀ ՇՄՆ «Հիդրոոդերևութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ-ի հիդրո-
ոդերևութաբանական տվյալների ֆոնդ: 1935-2020թթ.:
- Միսակյան Ա.Է., Առաքելյան Ա.Ա., Մուրեկյան Գ.Հ., Ազիզյան Հ.Հ.** 2020. Աղստև գետի
ավազանում 2020 թվականի մայիսին դիտված զարնանային վարարումների առա-
վելագույն ելքերի ձևավորման հիդրոոդերևութաբանական պայմանների վերլուծու-
թյունը, ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, հ. 73, N 3, էջ 3-10:
- Միսակյան Ա.Է.** 2016. Գարնանային վարարումների հոսքի կանխատեսման մեթո-
դիկայի մշակումը լեռնային երկրների համար (ՀՀ տարածքի գետերի օրինակով):
Թեկնածուական ատենախոսություն, Երևան, ՀՀ ակադեմիկոս Ի. Վ. Եղիազարովի
անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ, 150 էջ:
- Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В.** 2007. Гидрологические прогнозы. Учебник. –СПб.,
изд РГГМУ, 436с.
- Наставление по службе прогнозов, раздел 3, часть 1. 1962, Прогнозы режима вод суши.
Ленинград: Гидрометеиздат, 193с.
- Руководство по гидрологической практике. 2012, Том II. Управление водными ресурсами и
практика применения гидрологических методов. ВМО-№ 168. Шестое издание. 324с.
- Руководство по гидрологическим прогнозам. 1989. Выпуск 1. Долгосрочные прогнозы
элементов водного режима рек и водохранилищ. Л., Гидрометеиздат, 358с.

ПРОГНОЗ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕКИ АГСТЕВ

Мисакян А.Э., Аракелян А.А., Азизян А.О., Мисакян Э.Э.

Резюме

В статье представлены методики прогнозирования максимальных расходов воды для гидрологических постов в бассейне реки Агстев. Методики прогнозирования были разработаны на основе метода многофакторной линейной регрессии.

Посредством полученных уравнений были составлены проверочные прогнозы и оценены точность и применимость разработанной методики. По результатам верификации прогнозов, полученные уравнения удовлетворяют необходимым требованиям для выпуска прогнозов и могут применяться в оперативной работе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке МОНКС РА в рамках научного проекта № 19YR-1E005 - “Прогнозирование максимальных расходов рек бассейна р. Агстев и оценка уязвимости в условиях изменения климата”.

FORECAST OF MAXIMUM WATER DISCHARGES OF THE AGSTEV RIVER

Misakyan A.E., Arakelyan A.A., Azizyan H.H., Misakyan E.E.

Abstract

The article presents the developed methods for the forecast of maximum water discharges in hydrological stations in the Aghstev river basin. The forecast methods were developed based on the multi-criteria linear regression method.

Using the obtained equations, verification of forecasts was conducted and the reliability and applicability of the method were evaluated.

According to the verification results, the obtained equations meet the requirements necessary for the issuance of forecasts and can be applied in an operational work.

This work was supported by the RA MESCS Science Committee, in the frames of the research project № 19YR-1E005 - “The forecast of maximum discharges of Aghstev Basin rivers and assessment of the vulnerability in the context of climate change”.