

УДК 556.16

Геогр. ғылымд. докторы

С.К. Давлетғалиев¹Ә.С. Абдуллаева¹**ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІНІҢ ОҢ САЛАЛАРЫНЫҢ КӨКТЕМГІ АҒЫНДЫСЫНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫН ЕСЕПТЕУ**

Түйін сөздер: көктемгі ағынды қабаты, максималды ағынды, регрессия теңдеуі, аналогия әдісі, статистикалық сипаттамалар, айырымдық интеграл қисығы

Мақалада Жайық өзенінің оң салаларының көктемгі ағынды қабаты және максималды су өтімі бойынша есептеулер нәтижелері көрсетілген. Сонымен қатар, ағынды шамалары көпжылдық кезеңге келтіріліп, статистикалық сипаттамалары үш кезең бойынша есептелген. Жылдық ағынды сипаттамаларының дәлділігіне бағалау жұмыстары жүргізілген.

Кіріспе. Жайық өзені – басым бөлігі қар суымен қоректенетін өзендердің біріне жатады. Өзеннің көктемдік ағыны жылдық ағынның 80...90%-ын құрайды. Бұл уақытта өзен суының деңгейі 2...2,5 м дейін көтеріледі. Өзен өндірістік мақсатта кеңінен қолданылады, және оның бойында тұратын миллиондаған адамдардың су көзі болып табылады.

Жайық өзенінің оң салаларының көктемгі ағынды сипаттамаларын зерттеу, ең алдымен, тұрғындардың тұрмыс тіршілігі үшін үлкен маңызға ие. Жылдық ағындының нақты сипаттамаларын есептеу су қорының тұрғындардың тұрмыс тіршілігі үшін, рационалды пайдаланылуы үшін және гидротехникалық бекеттердің сипаттамаларын нақтылау үшін қажетті су шаруашылық есептемелеріндегі маңызды қызметтердің бірі. Сол себепті, Жайық өзенінің оң салаларының жылдық ағындысының сипаттамаларын есептеу, су ресурстарын пайдаланудағы тиімділікті арттыру болып табылады.

Қарастырылып отырған Жайық өзенінің оң жағалауындағы негізгі өзендерге – Шаған, Чижан-1, Чижан-2, Деркөл өзендері жатады. Өзендер орналасу жағдайына байланысты жамылғы беттік сипатымен ерекшеленеді.

¹ әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ, Қазақстан

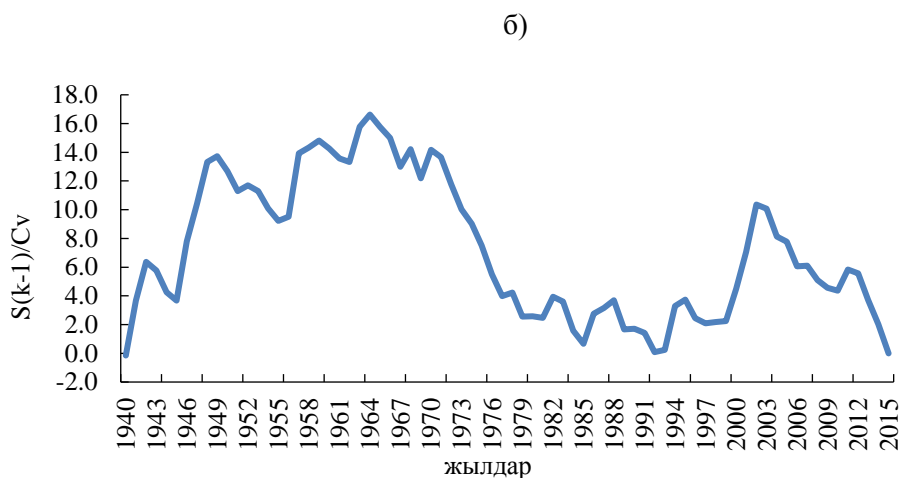
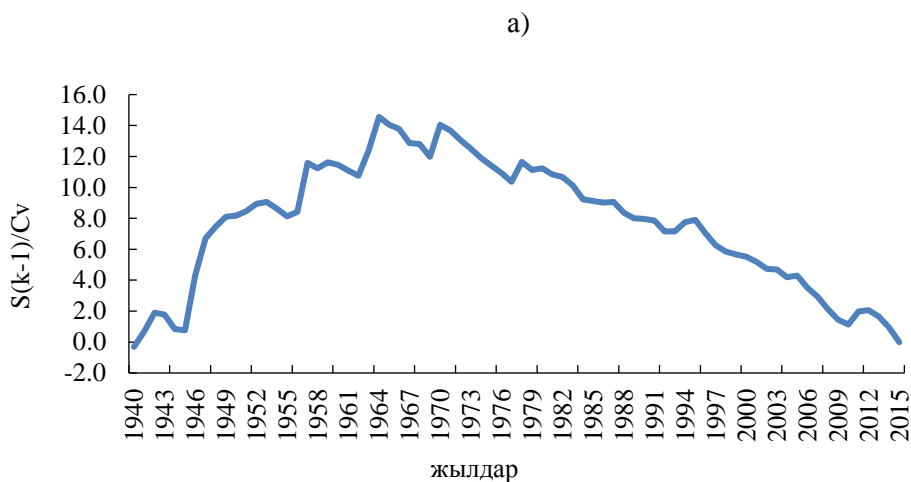
Олардың бойында көпжылдық бақылау жүргізіп отыратын бес бекет жұмыс жасауда. Олар ө. Шаған – а. Чувашинское (ауданы – 4600 км²), ө. Чижа-1 – а. Чижа-1 (ауданы – 456 км²), ө. Чижа-2 – а. Чижа-2 (ауданы – 509 км²), ө. Деркөл – а. Белес (ауданы – 1820 км²), ө. Деркөл – а. Таскала (ауданы – 392 км²) бекеттері. Өзендердің ағын сипаттамалары өткен ғасырдың 70 жылдары зерттелген [6]. Бұл ақпараттар соңғы бақыланған 1965 жылдан кейінгі деректерді, алаптағы шаруашылықтарды, ауа-райының өзгеруінен мүмкін болған әсерлерді есепке ала отырып, нақтылауды қажет етеді. Сондықтан, соңғы 30...35 жылдың деректері жеткіліксіз болғандықтан, ағын сипаттамаларын көпжылдық кезеңге келтіру қажет [4, 5].

Бастапқы деректер және зерттеу нәтижелері. Жайық өзенінің көктемгі ағындысының статистикалық сипаттамаларын анықтау үшін есептелу кезеңі белгіленді. Жайық өзені оң жағалауындағы аталған бес бекеттің көктемгі ағын қабатының айырымдық интеграл қисықтары бойынша есептелу кезеңі ретінде 1940...2015 жж. алынды (1 сурет).

Бұл жұмыста регрессия тендеуін қолдана отырып, аналогия әдісі бойынша жылдық ағынды қатарына қалпына келтіру жұмыстары жүргізілді. Аналог-өзендер қойылған талапқа сай таңдалынып, $R_{кр} > 0,70$ шарты бойынша орындалды [4, 5] (2 сурет). Сонымен, ө.Шаған – а.Чувашинское, ө.Чижа-1 – а. Чижа-1, ө. Чижа-2 – а. Чижа-2, ө.Деркөл – а.Белес, ө.Деркөл – а.Таскала бекеттеріндегі R мәндері сәйкесінше 0,95, 0,76, 0,75, 0,73, 0,71 (1 кесте).

Жайық өзені оң жағалауының ағыны 1974 ж. бастап су қоймаларының салынуы және өзен суының әртүрлі шаруашылық қажеттіліктеріне қарқынды алынуы нәтижесінде бұрмаланған болып есептелінеді [1]. Сондықтан көктемгі ағын сипаттамалары әртүрлі кезеңде – 1940...1974 жж. нақты бақылау деректері, 1940...2015 жж. көпжылдық бақылау кезеңі, сонымен қатар соңғы қырық жыл 1975...2015 жж. бойынша анықталды. Көктемгі ағын сипаттамаларының 3 кезең бойынша есептік нәтижелері 2 және 3 кестелерде көрсетілген.

2-кесте бойынша анықталған нәтижелерді талдайтын болсақ, зерттелген өзендердің ағынды шамаларында өзгерістердің жүргенін байқауға болады. Ө. Чижа-1-а.Чижа-1 бекетінде 1940...1974 жж. үшін көктемгі ағынды қабаты 40,2 мм болса, 1975...2015 жж. 35,1 мм-ді құрайды. Көктемгі ағынды қабатының екі кезең бойынша салыстыру нәтижесі, оның 12,8 %-ға төмендегенін көрсетеді.



Сур. 1. Жайық өзені оң салалары бойындағы негізгі бекеттер бойынша тұрғызылған айырымдық интеграл қисығы. (а) өз.Шаған – а.Чувашинское; (б) өз.Деркөл – а.Белес.

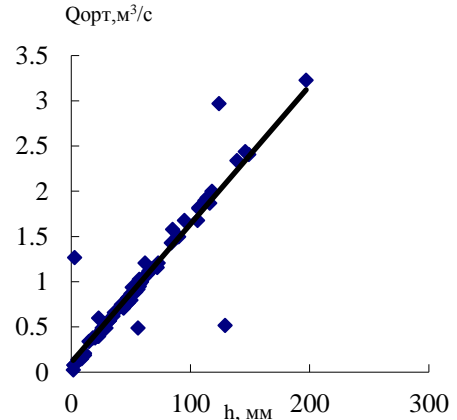
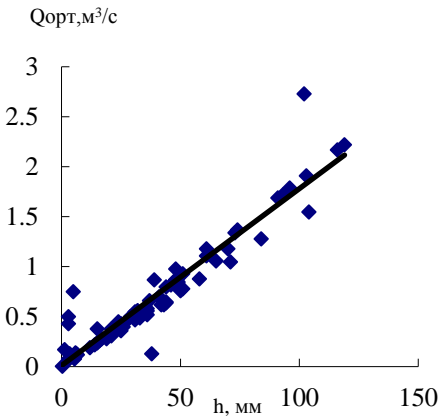
Келесі ө.Чижа-2 – а.Чижа-2 бекетінде 1940...1974 жж. көктемгі ағынды қабаты 56,7 мм болса, 1975...2015 жж. 58,5 мм-ге тең болғаны анықталды. Бұл бекетте көктемгі ағынды қабатының керісінше 3,2 %-ға өскен.

Ал, ө.Шаған–а.Чувашинское бекетінде 1940...1974 жж. бойынша көктемгі ағынды қабаты 53,6 мм, 1975...2015 жж. үшін 45,4 мм-ді құрайды, яғни соңғы қырық жылда 15,3 %-ға өзгерген.

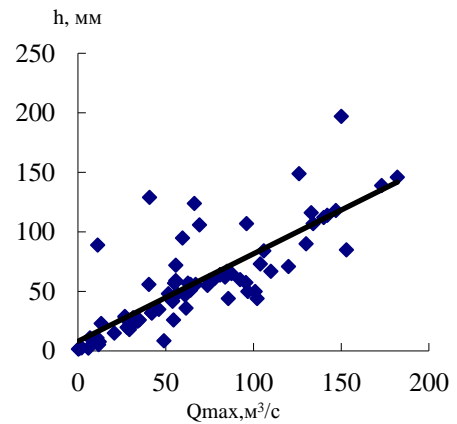
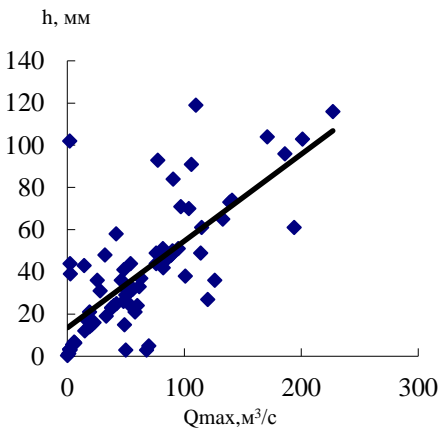
ө. Чижа-1 – а. Чижа-1

ө. Чижа-2 – а. Чижа-2

а)



б)



Сур. 2. (а) Көктемгі ағынды қабаты мен орташа жылдық су өтімі $h=f(Q_{орт})$, (б) максималды су өтімі мен көктемгі ағынды қабаты $Q_{max}=f(h)$ арасындағы байланыс графигі.

Сонымен қатар, ө.Деркөл-а.Таскала және ө.Деркөл-а.Белес бекеттерінде көктемгі ағынды қабаты 1940...1974 жж. 114,6 және 41,8 мм-ді көрсетсе, 1975...2015 жж. 64,3 және 38,2 мм-ді құраған, яғни 43,4 %-ға және 8,7 %-ға өзгергені белгілі болды.

Қалпына келтірілген қатарлар, регрессия теңдеуі, теңдеу сипаттамалары және аналог өзендер туралы мәліметтер

Өзен	Регрессия теңдеуі	Теңдеу сипаттамалары				Қалпына Келтірілген жылдар
		R	σ_R	$\frac{R}{\sigma_R}$	$\frac{K}{\sigma_{kh}}$	
ө. Чижа-1– а.Чижа-1	$y=0,002x+0,93$	0,76	0,123	6,14	4,18	1940...1957, 1989, 1994...1995, 1998...2001, 2003, 2004, 2006, 2008...2012
ө. Чижа-2– а.Чижа-2	$y=0,34x+0,20$	0,75	0,086	8,74	10,7	1940...1953, 1956, 1987, 1991...1992, 1998...1999, 2005, 2006, 2007...2011
ө. Шаған– а.Чувашин- ское	$y=0,021x+0,143$	0,95	0,029	12,9	10,4	1942...1951, 1984, 1991, 1999
ө. Деркөл– а.Тасқала	$y=0,143x+0,068$	0,71	0,157	4,53	3,08	1940...1965, 1992, 1995, 1998...2008
ө. Деркөл– а.Белес	$y=0,30x+0,20$	0,73	0,156	4,69	4,33	1940...1963, 1979, 1984, 1989, 1993, 1995, 1996, 1998...2003, 2006...2009

Көпжылдық орташа максималды өтімдердің нәтижелеріне келетін болсақ (3 кесте), 1940...1974 жж. аралығында ө.Чижа-1 – а.Чижа-1 бекеті үшін максималды су өтімі $78,8 \text{ м}^3/\text{с}$, ал 1975...2015 жж. $52,6 \text{ м}^3/\text{с}$. Көпжылдық кезеңде, яғни 1940...2015 жж., орташа максималды су өтімі $65 \text{ м}^3/\text{с}$ құрайды. Табиғи (1940...1974 жж.), шартты-табиғи кезеңдердің (1975...2015 жж.) максималды өтімдерін салыстыру барысында, оның 33,2%-ға өзгергені байқалды.

Жайық өзені оң салаларының көктемгі ағынды қабатының статистикалық сипаттамалары

Өзен-бөкөт	Бақылау кезеңдері	Бак. жыл. саны	Көктемгі ағынды сипаттамалары											
			Бақыланған кезең			1940...2015 ж.			1940...1974 ж.			1975...2015 ж.		
			h , мм	C_v	C_s	h , мм	C_v	C_s	h , мм	C_v	C_s	h , мм	C_v	C_s
ө. Чижка-1 – а. Чижка-1	1940, 1942, 1948...1988, 1990...1994, 2002...2003, 2005, 2007, 2010	44	39,1	0,74	0,86	40,20	0,73	0,89	46,21	0,75	0,71	35,1	0,63	0,62
	1954...1986, 1988...1990, 1993...1996, 2000...2004, 2012		54,9	0,71	1,40	57,70	0,70	0,89	56,67	0,65	0,79	58,5	0,73	1,16
ө. Шаған – а. Чувашиинско е	1940...1941, 1948...1950, 2010	64	46,4	0,62	1,17	49,20	0,66	1,25	53,63	0,71	1,42	45,4	0,57	0,36
	1965...90, 1992, 1994, 1996...97, 2009...2012		43,1	0,94	1,20	74,30	1,07	2,83	114,6	1,07	2,83	64,3	0,95	1,00
ө. Деркөл – а. Тасқала	1963...1978, 1980...1995, 1997, 2003...2006, 2009...2012	38	35,7	0,89	1,80	53,10	0,97	1,35	41,80	0,73	0,90	38,2	0,83	1,51

Жайық өзені оң салаларының максималды ағын сипаттамалары

Өзен-бекет	Бақылау кезеңдері	Бак. жыл саны	Максималды ағынды сипаттамалары											
			Бақыланған кезең			1940...1974 ж.			1975...2015 ж.					
			Q, м ³ /с	C _v	C _s	Q, м ³ /с	C _v	C _s	Q, м ³ /с	C _v	C _s	Q, м ³ /с	C _v	C _s
ө. Чижка-1 – а. Чижка-1	1940, 1942, 1948...1988, 1990...1994, 2002...2003, 2005, 2007, 2010	44	61,2	0,84	1,01	65,00	0,80	1,34	78,8	0,76	0,87	52,6	0,74	0,52
ө. Чижка-2 – а. Чижка-2	1954...1986, 1988...1990, 1993...1996, 2000...2004, 2012	47	63,4	0,62	0,32	67,55	0,65	0,61	72,8	0,64	0,84	62,8	0,64	0,29
ө. Шаған – а. Чувашинское.	1940...1941, 1948...1950, 2010	64	278	0,85	2,29	301,5	0,92	2,10	406,9	0,89	2,10	211,6	0,68	1,36
ө. Дөркөл – а. Тасқала	1965...1990, 1992, 1994, 1996...1997, 2009...2012	35	49,6	1,22	1,69	123,1	1,11	1,34	155,2	1,01	1,17	95,7	1,14	1,36
ө. Дөркөл – а. Белес	1963...1978, 1980...1995, 1997, 2003...2006, 2009...2012	38	140	0,78	0,68	164,6	0,80	0,93	185,6	0,78	0,95	146,6	0,79	0,8

Ө.Чиж-2-а.Чиж-2 бекетінде максималды өтімнің көпжылдық орташа мәні 1940...1974 жж. 72,8 м³/с тең болса, 1975...2015 жж. үшін 62,8 м³/с. Шартты табиғи кезең үшін (1940...2015жж.) көпжылдық орташа максималды өтімнің мәні 67,55 м³/с-ке тең болды. Екі кезенді салыстыру нәтижесінде, максималды өтім 13,7%-ға төмендеген.

Ұқсас көрініс ө.Шаған-а.Чувашинское бекетінде де байқалады. Табиғи кезеңде (1940...1974 жж.) максималды өтім 406,9 м³/с көрсетсе, шартты-табиғи кезеңде (1975...2015 жж.) 212,7 м³/с болды. Көпжылдық орташа максималды өтімнің 1940...2015 жж. тең мәні – 301,5 м³/с. Өтімнің мәні 47,7%-ға төмендеген.

Ал, ө.Деркөл-а.Тасқала бекетінде көпжылдық орташа максималды өтім 38,3%-ға, ал ө.Деркөл – а.Белес бекетіндегі көпжылдық орташа максималды өтім 1975...2015 жж. бақылау жылдарында 21%-ға төмендегені байқалды.

Бақыланған және көпжылдық қатарға келтірілген қатарлар бойынша жылдық көктемгі ағынды сипаттамаларының дәлділігін бағалау жұмыстары жүргізілді.

Ағын сипаттамаларының дәлділігі нақты бақыланған кезең деректері, көпжылдық кезеңге келтірілген деректер және соңғы қырық жылдық кезең (1975...2015 жж.) деректері бойынша есептелінді.

Бірінші жағдайда таңдалған орта мәннің кездейсоқ орташа квадратталған қателігі келесі тәуелділік бойынша анықталды:

$$\sigma_{\bar{Q}} = (\sigma_Q / \sqrt{n}) \sqrt{(1+r)/(1-r)}, \quad (1)$$

мұнда $r < 0,5$. Жылдық ағын қатарларында $r=0,2...0,3$ [2].

Вариация коэффициентінің орташа квадратталған қателігі келесі тәуелділік бойынша С.Н.Крицкой және М.Ф.Менкельдің формуласымен анықталған [3, 7]:

$$\sigma_{Cv} = \frac{Cv}{n + 4Cv^2} \sqrt{\frac{n(1 + Cv^2)}{2}} \left(1 + \frac{3Cvr^2}{1+r}\right) \quad (2)$$

Ағын нормасын көпжылдық кезеңге келтіру тиімділігін сандық бағалау үшін тиімділік көрсеткіші К пайдаланылады [4]:

$$Ky = \left[1 - \sqrt{1 - R^2 + nR^2 / N} / (1 - \sqrt{n / N})\right] \cdot 100\%, \quad (3)$$

мұндағы R -жұп корреляция коэффициенті, n -бақыланған жылдар саны.

Тиімділік көрсеткіші қатарды N кезеңге ұзарту барысында орташан қателіктің төмендеуін сипаттайды.

Вариация коэффициентін көпжылдық кезеңге келтірудегі тиімділік көрсеткіші келесі формула бойынша анықталады:

$$K_{cv} = \left[(1 - \sqrt{1 - R^4 + nR^4 / N}) / (1 - \sqrt{n / N}) \right] 100\% \quad (4)$$

Тиімділік көрсеткіші қатарды көпжылдық кезеңге келтіру барысындағы орташа қателіктің және вариация коэффициентінің төмендеу пайызын көрсетеді.

Көктемгі ағынды қабаты нормасы және вариация коэффициентін көпжылдық кезеңге келтіру барысында тиімділікті бағалау жұмыстары жүргізілді. Есептеу нәтижелері бойынша ағын нормасының тиімділік көрсеткіші – 97...76%, вариация коэффициенті – 77...56%-ды құрады.

(3) және (4) теңдеулер регрессия теңдеуінің көпжылдық кезеңге келтірілген орта және вариация коэффициентінің дәлділігін бағалауда қолданылады.

Бақыланған жылдарға балама мәлімет қорын алу нормасының эквиваленттіліні $N_{\bar{\sigma}}$ және оның орташа квадраттық ауытқуы N_{σ} сәйкес [6, 7] формулалар арқылы анықтайды:

$$N_{\bar{\sigma}} = \frac{N}{\left[1 + \frac{N-n}{n-2} (1-R^2) \right]} \quad (5)$$

$$N_{\sigma} = \frac{Nn}{n + (N-n)(1-R^4)} \quad (6)$$

мұндағы n – зерттеліп отырған қатардың, аналог қатарлардың бірлестіріліп бақыланған жылдар саны;

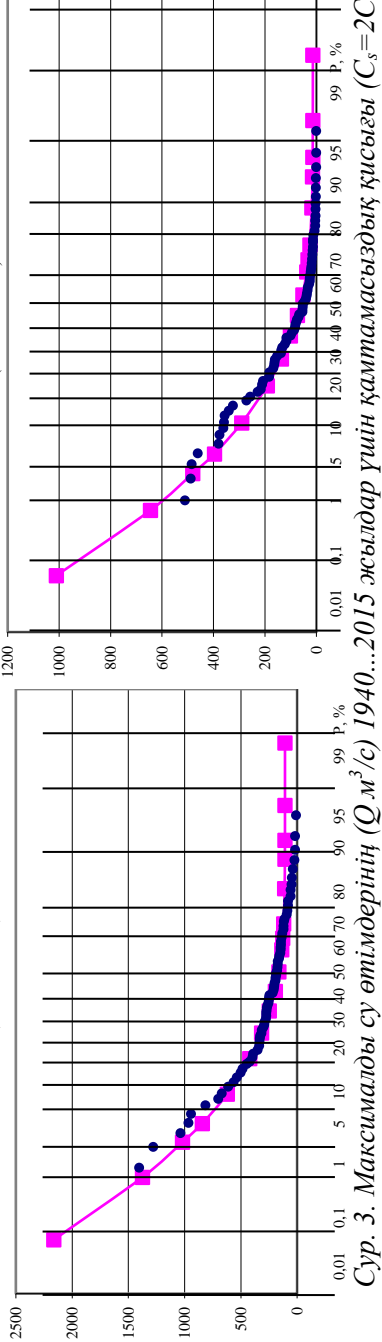
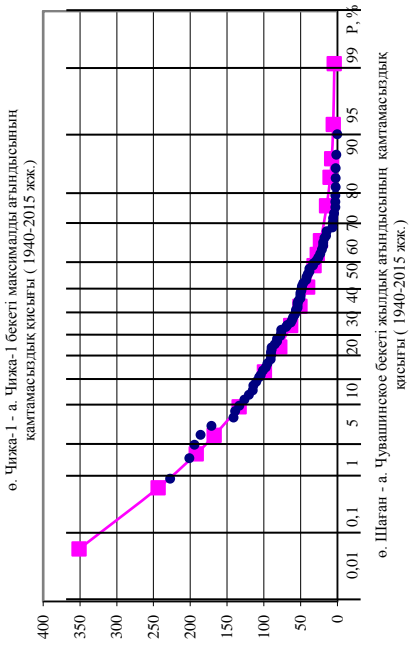
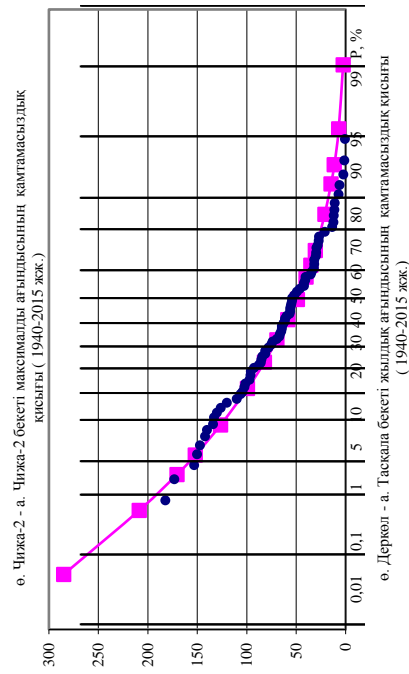
$(N-n)$ – регрессия теңдеуі бойынша қалпына келтірілген қатар саны;

R – жұп немесе жиынтық корреляция коэффициенті.

Сонымен қатар, қамтамасыздық қисығының максималды ағынды шамалары 4 кестеде келтірілген. Алынған деректерді сараптау нәтижесінде, жылдық ағындының қамтамасыздық қисығы Крицкий-Менкельдің ($C_s=2C_v$) қисығымен сәйкес сипатталды (3 сурет).

Қамтамасыздық қисығының максималды ағындылары P , %

Өзен-бет	F , км ²	Бақыланған кезең үшін					Есептелген кезең үшін (1940...2015)				
		Жылдар саны, n	Q_m , м ³ /с	C_v	b_Q	b_{Cv}	Q_m , м ³ /с	C_v	b_Q	b_{Cv}	
ө. Чижан-1 – а. Чижан-1	456	48	39,1	0,74	<u>5,11</u> 13,10%	<u>0,1</u> 13,50%	41,3	0,91	<u>5,44</u> 13,20%	<u>0,11</u> 12,10%	
ө. Чижан-2 – а. Чижан-2	509	49	54,9	0,71	<u>6,82</u> 11,50%	<u>0,09</u> 12,10%	59,9	0,68	<u>6,06</u> 10,00%	<u>0,08</u> 11,80%	
ө. Шаған – а. Чу- вашинское	4600	62	46,4	0,62	<u>4,48</u> 9,65%	<u>0,07</u> 11,30%	49,9	0,66	<u>4,74</u> 9,50%	<u>0,07</u> 10,60%	
ө. Деркөл – а. Тасқала	392	34	43,1	0,94	<u>8,51</u> 19,60%	<u>0,15</u> 16,00%	82,5	0,9	<u>11,8</u> 14,30%	<u>0,12</u> 13,30%	
ө. Деркөл – а. Бе- лес	1820	35	35,7	0,89	<u>6,57</u> 18,40%	<u>0,14</u> 18,40%	40	0,75	<u>4,53</u> 14,40%	<u>0,09</u> 12,00%	



Сур. 3. Максималды су өтімдерінің (Q м³/с) 1940...2015 жылдар үшін қамтамасыздық қисығы ($C_s=2C_v$)

Қорытынды. Осылайша, Жайық өзені оң салаларындағы бес бекеттің бақылау мәліметтері және қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу барысында көпжылдық орташа максималды ағынды және көктемгі ағынды қабаты сипаттамалары есептелінді. Сипаттамалар табиғи және қалпына келтірілген ағын көлемін ескере отырып, әртүрлі кезеңде анықталды.

Есептеу нәтижесінде 1975 жылдан кейін максималды су өтімі мен көктемгі ағынды қабаты көлемдерінің біршама төмендегені байқалды. Төмендеудің бірден-бір себебі, 1970 жылдардан бастап су қоймаларының қарқынды салынуы, өндіріс орындарының дамуы, шаруашылықтардың су қорын аса жоғары көлемде талап етуімен түсіндіріледі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Давлетғалиев С.К., Расчет нормы годового стока рек правобережья бассейна р.Жайык в пределах границы РК // Гидрометеорология и экология – 2008. – №2-3. – С. 64-74.
2. Давлетғалиев С. К. Оценка точности параметров кривых распределения годового стока рек Урало-Эмбинского района//Гидрометеорология и экология. – 2007.– №3. – 85-93с.
3. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М.: Наука, 1981. – 249 с.
4. Определение основных расчетных гидрологических характеристик СП-33-101-2003. М.: Госстрой России, 2004 – 71 с.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР Т.12, вып.2. Урало-Эмбинский район – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 511 с.
7. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 276 с.

Поступила 04.02.2019

Доктор геогр. наук

С.К. Давлетгалиев

Ә.С. Абдуллаева

РАСЧЕТ (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕСЕННЕГО СТОКА ЮЖНЫХ ПРИТОКОВ РЕКИ ЖАЙЫК

Ключевые слова: слой весеннего стока, максимальный сток, уравнение регрессии, метод аналогии, статистические параметры, разностная интегральная кривая

Представлены результаты расчета слоя весеннего стока и максимального расхода воды южных притоков реки Жайык. Характеристики стока приведены в многолетний период и статистические параметры определены по трем периодам. Произведена оценка точности расчета параметров годового стока

.K. Davletgaliyev, A. S. Abdullayeva

CALCULATION OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF THE SPRING FLOW OF THE SOUTHERN TRIBUTARIES OF THE ZHAYIK RIVER

Keywords: spring run layer, maximum runoff, regression equation, analogy method, statistical parameters, difference integral curve

The results of the calculation of the spring runoff layer and the maximum water discharge of the southern tributaries of the Zhaik River are presented. The characteristics of the runoff are given in a multiyear period and the statistical parameters are determined for three periods. The estimation of the accuracy of the calculation of the parameters of the annual flow.