

УДК 556.16

Геогр. ғылымд. докторы

С.К. Давлетғалиев<sup>1</sup>  
Г.Т. Чапаева<sup>1</sup>**ЕЛЕК АЛАБЫ НЕГІЗГІ ӨЗЕНДЕРІНІҢ КӨКТЕМГІ АҒЫНДЫСЫН  
ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ БОЛЖАУ**

**Түйін сөздер:** көктемгі ағынды, көктемгі су тасу, бақылау қатары, статистикалық сипаттамалар, регрессия теңдеуі, көктемгі ағындыны болжау, гармоникалық талдау.

*Мақалада Елек өзені алабы негізгі өзендерінің көктемгі және максималды ағындысы бойынша есептеулер мен болжау нәтижелері көрсетілген. Сондай-ақ, ағындының бақылау қатарлары қалпына келтіріліп, статистикалық сипаттамалары төрт кезең бойынша есептелген. Жауын-шашын мәліметтеріне гармоникалық талдау жүргізу негізінде көктемгі су тасудың ағынды мәндерін болжау жұмыстары жүргізілген.*

**Кіріспе.** Елек өзені – Жайық өзенінің ірі сол жақ саласы. Өзеннің жалпы ұзындығы 623 км, бассейн ауданы 41,3 мың км<sup>2</sup> құрайды. Елек өзені трансшекаралық өзендер қатарына жатады. Елек өзенінің суы өндірісте, ауыл шаруашылығы қажеттіліктеріне пайдаланылады. Ақтөбе қаласы маңында Елек өзені жағасында «Ақбұлақ» ОАҚ, «АХҚЗ» АҚ, «Ақтөбе ЖЭО» АҚ, «Ақтөбе феррокорытпа зауыты» акционерлік қоғамы сияқты өндіріс орындары, сонымен қатар, Ақтөбе, Шелек, және Қарғалы су қоймалары орналасқан. Сондықтан Елек алабы негізгі өзендерінің көктемгі ағындысын болжау өте маңызды болып табылады. Көктемгі ағындыны болжау алдағы жылдарда өзен алабында болуы мүмкін жағдайларды, ондағы су мөлшерінің экономикаға әсерін болжауға мүмкіндік береді.

Елек алабының негізгі өзендеріне Елек, Қарғалы, Үлкен Қобда, Қаракобда, Сарықобда, Қосістек жатады. Осы өзендердің көктемгі ағындысының статистикалық сипаттамаларын анықтау бақылау қатарын көпжылдық кезеңге келтірумен бірге жүреді, өйткені, Елек алабы өзендерінің көктемгі ағындысына бақылау жүргізілген бақылау қатары

---

<sup>1</sup> әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан

қысқа болып келеді. Осыған байланысты бақылау қатарын қалпына келтіру қажеттілігі туындайды [1,2].

**Қатарды қалпына келтіру және ағынды сипаттамаларын анықтау.** Елек алабының аумағында ағынды режиміне шамамен 1 жылдан 75 жылға дейін бақылау жүргізген бірнеше бекеттер жұмыс істеген. Бірақ, өкінішке орай, алапта үздіксіз бақылау қатары бар бірде-бір өзен табылмайды. Мысалы, Елек өзені – Ақтөбе қаласы бекетінде 2000...2006 жж. және 2013-2015 жж., Елек өзені – Шелек ауылы гидробекеті бойынша 1940...1948, 1955, 1993...1994, 2001, 2002, 2006 жылдар аралығындағы бақылау мәліметтері жоқ. Елек алабы негізгі өзендері бойынша жылдық ағынды аналогия әдісі арқылы көпжылдық кезеңге келтірілді.

Бақылау қатарын қалпына келтіру кезінде аналог-өзендер ретінде Елек өзені – Ақтөбе қ., Үлкен Қобда – Новоалексеевка а., Қарақобда – Алпайсай а. бекеттері қолданылды. Аналог-өзенді таңдауда аналог-өзен мен зерттелетін өзен арасындағы жұп корреляция коэффициенті  $R > 0,70$  болуы тиіс. Елек – Ақтөбе қ., Елек – Шелек а., Қарғалы – Қарғалы а., Ақтасты – Белогорский к., Қосістек – Қосістек а. бекеттері бойынша жұп корреляция коэффициенті 0,91, 0,97, 0,90, 0,88, 0,76 мәндеріне ие болды. Елек алабы негізгі өзендерінің жылдық ағындысын аналог ретінде ала отырып, максималды ағынды және көктемгі ағынды қабатының бақылау қатары қалпына келтірілді.

Елек алабының ағындысы 1975 жылдан бастап Ақтөбе, Шелек, Қарғалы су қоймаларының салынуы әсерінен бұрмаланған болып есептелінеді. Осыған байланысты көктемгі және максималды ағындының статистикалық сипаттамалары төрт нұсқада: табиғи режим кезеңі (1940...1974 жж.), режимнің бұзылған кезеңі (1975...2015жж.), есептелме (1940...2015жж.) және бақылған кезең бойынша есептелді (кесте 1,2) [3].

Көктемгі ағынды нормасын және вариация коэффициентін есептеу дәлдігін бағалау Қазақстанның жазық өзендері үшін маңызды рөл атқарады, өйткені, бұл өзендер ағындының жоғары өзгермелілігімен ерекшеленеді. Оның үстіне, территорияның аз зерттелгендігін, су өтімін өлшеу құралдары сапасының төмендігін және көптеген өзен, бекеттердегі бақылау қатарының қысқа болуын қоссақ болады.

Бақылған және есептелме кезеңдері үшін көктемгі ағынды қабатының сипаттамалары дәлдігін бағалау жұмыстары жүргізілді.

Бірінші жағдайда іріктелген орташа шаманың орташа квадраттық қателігі мына тәуелділік бойынша анықталады:

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

мұндағы,  $n$  – бақыланған жылдар саны;  $r$  – автокорреляция коэффициенті;  $\sigma_Q$  – ағындының кездейсоқ орташа квадраттық қателігі. Бұл теңдеу қатардағы іргелес мүшелердің арасындағы автокорреляция коэффициенті  $r < 0,5$  болғанда қолданылады. Жылдық ағынды қатары үшін  $r=0,2...0,3$ . Елек алабы негізгі өзендерінің көктемгі ағындысының автокорреляция коэффициенті  $0,10$  тең болып қабылданды.

Вариация коэффициентінің орташа квадраттық қателігі төменгі тәуелділік бойынша анықталады:

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

мұндағы,  $n$  – бақыланған жылдар саны;  $r$  – автокорреляция коэффициенті;  $Cv$  – вариация коэффициенті.

Елек алабы негізгі өзендерінің көктемгі ағынды қабатының сипаттамалары дәлділігін бағалау (1) және (2) формулалары арқылы жүзеге асырылды. Өзен алабы бойынша орташа шаманың кездейсоқ орташа квадраттық қателігі бақыланған кезең үшін  $12,2...27,8$  % аралығында, ал есептелме кезеңде бұл шама  $9,62...20,7$  % арасында өзгерді. Сондай-ақ вариация коэффициентінің орташа квадраттық қателігі бақыланған кезеңде  $12,6...25,5$  %, есептелме кезеңде  $10,7...18,5$  % аралығында болды.

Ағынды нормасын көпжылдық кезеңге келтіру тиімділігін сандық бағалау үшін  $K$  тиімділік көрсеткіші пайдаланылады:

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

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

Тиімділік көрсеткіші қатарды  $N$  кезеңге келтіру барысындағы орташа шаманың төмендеу пайызын сипаттайды.

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

Елек алабы өзендерінің 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 <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	h, мм	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	h, мм	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	h, мм	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>
Елек – ж.д.рзд №47	1955, 1958...1984, 1987...1990	32	42,4	0,84	1,2	42,8	0,81	1,4	41,6	0,90	1,6	43,7	0,75	1,34
Елек – Ақтөбе к.	1940...1974, 2013	35	48,9	0,73	1,3	46,4	0,62	1,5	48,9	0,73	1,3	44,0	0,50	1,45
Елек – Целинный а.	2004, 2006...2015	11	16,08	0,92	4,1	29,9	0,92	1,5	37,1	0,90	1,2	23,8	0,84	1,35
Елек – Шелек а.	1949...1974, 2013...2015	26	24,0	0,81	2,1	24,7	0,90	1,9	30,4	0,90	1,8	19,7	0,73	1,66
Қарғалы – Қарғалы а.	1957...1974, 2013...2015	21	57,2	0,64	0,8	67,4	1,18	3,6	68,8	0,69	1,3	66,2	1,50	3,49
Қосістек – Қосістек а.	1957...1961, 1963...2004, 2006...2015	57	86,0	1,12	5,5	89,6	1,14	3,6	97,9	1,01	2,2	82,4	1,33	3,96
Үлкен Қобда – Қоғалы а.	1983...1984, 1986...1991, 2006, 2008...2015	17	7,00	0,85	1,6	15,2	0,95	1,9	19,7	0,90	1,5	11,2	0,83	1,35
Қарақобда – Алпайсай к.	1963...1984, 1986...2012	49	26,4	0,79	1,2	32,1	0,92	1,7	40,5	0,86	1,6	24,6	0,88	1,47

Елек алабы өзендерінің максималды ағындысының статистикалық сипаттамалары

Өзен-бөкет	Бақылау кезеңдері	Бак. жыл саны	Максималды ағынды сипаттамалары											
			Бақыланған кезең			1940...1974 ж.			1975...2015 ж.					
			Q м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Q м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Q м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Q м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>
Елек – ж.д.рзд №47	1955, 1958...1984, 1987...1990	32	135	0,90	1,6	129	0,90	1,73	140	0,97	1,45	128	0,84	1,94
Елек – Ақтөбе қ.	1940...1974, 2013	36	718	0,83	1,7	544	0,89	2,32	737	0,81	1,71	370,6	0,66	0,84
Елек – Целинный а.	2004, 2006...2015	11	188	0,76	1,0	219	0,81	2,21	253	0,80	1,94	189,4	0,76	2,62
Елек – Шелек а.	1949...1974, 2013...2015	29	1048	1,07	1,8	1005	1,25	2,86	1473	1,09	1,89	604,3	0,98	3,64
Қарғалы – Қарғалы а.	1957...1974, 2013...2015	21	426	0,60	0,4	389	0,87	1,13	477	0,70	1,24	313,7	1,02	1,25
Қосістек – Қосістек а.	1957...1961, 1963...2004, 2006...2015	57	87,2	1,45	3,8	96,3	1,41	2,9	121,3	1,14	1,7	74,9	1,74	4,5
Үлкен Қобда – Қоғалы а.	1983...1984, 1986...1992, 2006, 2008...2015	18	96	1,38	2,7	185	1,05	1,7	253	0,93	1,3	127	0,99	1,4
Қаракобда – Алтайсай қ.	1962...1975, 1977...1984, 1986...2012	48	105	0,97	1,0	135	1,01	1,6	180	0,88	1,4	94,4	1,03	1,2

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

Тиімділік көрсеткіші бақылау қатарын көпжылдық кезеңге келтіру барысындағы орташа шама және вариация коэффициенті қателігінің төмендеу пайызын көрсетеді [4].

(3) және (4) формулалары көмегімен Елек алабы негізгі өзендерінің тиімділік көрсеткіші анықталды. Елек – Ақтөбе қаласы бекетінде  $K_y=97,0$  және  $K_{cv}=73,5$ , ал Шелек гидробекетінде норманың және вариация коэффициентінің тиімділік көрсеткіші 97,6 және 85,7 шамасына тең. Қарғалы – Қарғалы а. және Қосістек – Қосістек а. бекеттерінде  $K_y=98,0; 78,8$  және  $K_{cv}=60,8; 44,2$  екені анықталды.

**Көктемгі ағындыны болжау.** Елек өзенінің көктемгі ағындысын келешектегі онжылдыққа болжау үшін сол кезеңге болжамдалған жауын-шашын мен ауа температурасының мәліметтері қолданылды. Мәліметтер 3 дереккөзден алынды:

- заманауи модельдер бойынша жауын-шашын мен ауа температурасының келешекте өзгеруін модельдеу нәтижелері;

- Қазгидромет ғылыми зерттеулер департаментінің жауын-шашын және ауа температурасының бақылау қатарларын 2030...2040 жылдарға дейін С.А.Долгих басшылығымен жасалған модельдеу нәтижелерінің нақтыланған деректері [5];

- жалпы атмосфералық циркуляция индексінің және жауын-шашын мен ауа температурасының бақылау қатарларын гармоникалдық талдау арқылы алынған және А.В.Чередниченко басшылығымен әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, биология және биотехнология ғылыми-зерттеу институтында жасалған мәліметтер [6,7].

Жауын-шашын және ауа температурасының уақыттық қатарларын модельдеу нәтижелерінің кемшіліктері бар:

- әртүрлі модель арқылы алынған нәтижелердің шашыраңқылығы үлкен, ол зерттелетін шамалардың табиғи өзгермелілігі шамасынан асады;

- кеңістіктік интерполяция қателіктерінің нәтижелері.

Жоғарыда айтылған кемшіліктерге байланысты модельдеу нәтижесінде алынған мәліметтер қолданыла алмайды. Осыған байланысты, Қазгидрометте түзетілген модельдеу мәліметтері сенімдірек болып көрінді. Бірақ, уақыттық қатарлардың динамикасын талдау негізіндегі түзету әдісі сенімсіздеу болды, өйткені, үдеріс физикасы айқын сипатталмады. Осыған

байланысты атмосфералық циркуляция индексінің, жауын-шашын мен ауа температурасының бақылау қатарларын гармоникалды талдау арқылы алынған үшінші әдіс мәліметтерін қолдануға шешім қабылданды.

Сценарий құру әдісінің идеясы қарапайым және физикалық тұрғыда жақсы негізделген: кез келген нүктеде климаттың өзгеруі тек жалпы атмосфера циркуляциясы өзгерген кезде ғана мүмкін. Яғни, жауын-шашын мен температураның ірі масштабы циркуляциясының уақыттық қатарларын [8] талдау қажет, біріншіден, өткен ХХ-шы ғасыр ішінде жауын-шашын мен температураның климаттық тербелістерін анықтау, және екіншіден, осы климаттық тербелістер мен жалпы атмосфера циркуляциясы индексінің тербелістерімен байланыс орнату. Мұндай байланыстар негізінде зерттелетін шамалардың келешекте өзгеру сценарийін құруға болады.

Жалпы циркуляция индекстерін гармоникалық талдау нәтижесінде климаттық тербелістерге жауап беретін ғасырлық және жарты ғасырлық гармоникалар анықталған. Бұл гармоникалар жалпы циркуляция индекстерінде сақталады деген болжаммен, әдіс авторымен Жайық, Елек, Есіл және Орталық Қазақстандағы өзен бассейндері бойынша жауын-шашын мен температура өзгерісінің сценарийлері құрылды [9,10].

Көктемгі ағынды қабаты мен максималды ағындыны болжау жұмыстары Елек өзенінің Ақтөбе қаласы және Шелек ауылы гидробекеттері, Қарғалы өзені–Қарғалы ауылы бекеті бойынша жүргізілді, өйткені, негізінен, осы бекеттерде алаптағы ірі су қоймалар орналасқан. Елек өзені – Ақтөбе қ., Елек өзені - Шелек а., Қарғалы өзені – Қарғалы а. бекеттеріндегі көктемгі ағынды қабатын 2025, 2030 жылдарға болжау  $y = f^{\wedge}(s + x_1 + x_2, u)$  эмпирикалық тәуелділігі арқылы жүзеге асырылды. Мұндағы,  $u$ –Паршин номограммасы бойынша анықталатын топырақтың ылғалдылық көрсеткіші;  $s$ –топырақ бетіндегі қар мен мұз қабықшасындағы су қоры;  $x_1$ –қар жамылғысындағы максималды су қоры тіркелген кезең мен қардың ери бастау кезеңі аралығында түсетін жауын–шашын;  $x_2$ –қардың ери бастау кезеңінен су тасудың соңына дейін түскен жауын-шашын. Жауын-шашын мәліметтерін гармоникалық талдау жүргізу негізінде Елек өзені бассейніндегі негізгі бақылау бекеттері бойынша көктемгі ағынды қабаты мен максималды ағындыға сценарийлік болжам жасалды (кесте 3,4).

Елек өзені алабындағы көктемгі су тасудың жиынтық ағынды қабаты шамаларының 2025 және 2030 жылдарға күтілетін мәндері

Өзен-бекет	h, мм (1975 ...201 5жж.)	Тендеу	R	s/σ	Күтілетін мәндер	
					жылдар	
					2025	2030
Елек – Ақтөбе қ.	44,0	$y = 0,43X_{IX-X} + 0,17 X_{XI-III} + 5,48$	0,58	0,81	47,0	48,4
Елек – Шелек а.	25,1	$y = 0,23X_{IX-X} + 0,11 X_{XI-III} + 1,13$	0,61	0,79	25,5	26,3
Қарғалы – Қарғалы а.	60,0	$y = 0,63X_{IX-X} + 0,18 X_{XI-III} + 12,1$	0,60	0,80	65,2	67,4

Елек өзені алабындағы жиынтық ағынды қабаты арқылы анықталған максималды ағынды мәндерінің 2025 және 2030 жылдарға күтілетін мәндері

Өзен-бекет	h, мм		Тендеу	Күтілетін мәндер, $Q_{max}, M^3/c$	
	2025	2030		2025	2030
Елек – Шелек а.	25,5	26,3	$y = 56,5x - 4,95$	1436	1481
Қарғалы –Қарғалы а.	65,2	67,4	$y = 6,29x + 31,9$	442	456

Гармоникалық талдау кезінде Елек өзені алабында орналасқан Новоалексеевка а. метеостанциясы бойынша жауын-шашынды болжау мәліметтері қолданылды. Болжамдық мәліметтер айлық уақыт интервалы бойынша ұсынылды.

Елек өзені алабындағы көктемгі ағынды қабатын 2025 және 2030 жылдарға болжау нәтижелеріне келетін болсақ (кесте 3), 1975..2015 жылдар аралығында Елек – Ақтөбе қаласы бекетінде көктемгі ағынды қабаты 44,0 мм-ге тең болды, ал келешекте бұл көрсеткіш 6,8 – 10%-ға өскенін көруге болады. Елек – Шелек ауылы және Қарғалы – Қарғалы ауылы бекеттерінде көктемгі ағынды қабаты болашақта 1,6-4,8 және 8,7-12,3 пайызға артатыны анықталды. Өзен алабындағы негізгі үш бекет бойынша көктемгі ағынды қабатының 2025, 2030 жылдарға күтілетін мәндері пайдаланылып, максималды ағынды шамалары есептелді.

**Қорытынды.** Елек алабының негізгі бекеттері бойынша бақылау қатарларын қалпына келтіру және максималды ағынды мен көктемгі



ағынды қабатының статистикалық сипаттамаларын анықтау және есептеу дәлділігін бағалау жұмыстары жасалды. Статистикалық сипаттамалар төрт кезең үшін анықталды.

Сонымен қатар, жауын-шашын мәліметтерін гармоникалық талдау жүргізу негізінде көктемгі ағынды қабатын болжау жұмыстары жүзеге асырылды. Нәтижесінде, келешекте көктемгі ағынды қабатының мәндері 1,6-12,3 %-ға артатыны анықталды. Анықталған нәтижелерді пайдалана отырып, максималды ағынды шамалары 2025 және 2030 жж. болжанды. Максималды ағынды мәндері болашақта 442-1436 м<sup>3</sup>/с аралығында болатыны айқындалды.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Т.12-Вып.2. Урало-Эмбинский район – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – С. 512
- 2 Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Т.12.-Вып.3. Актюбинская область. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – С. 514
- 3 Свод правил. СП 33-101-2004. Определение основных расчетных характеристик. – М.: Стройиздат, 2004 – С. 72
- 4 Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – С. 276
- 5 Долгих С.А., Смирнова Е.Ю., Сабитаева А.У. К вопросу о построении сценариев изменения климата // Гидрометеорология и экология. 2006, № 1, С. 7 – 19
- 6 Чередниченко А.В. Изменение климата, как отклик на его глобальные изменения // Гидрометеорология и экология. – 2010. –№ 1. – С. 17-26
- 7 Чередниченко А.В. Проявление динамики индексов циркуляции для Атлантико-Европейского сектора во временных рядах температуры и осадков // Гидрометеорология и экология. – 2010. – № 1. – С. 27-36
- 8 Чередниченко А.В. и др. Временные ряды температуры и осадков. Статистический анализ. – Алматы, 2013. – С. 366
- 9 Кожаметова Э.П., Загидуллина А.Р., Аппазова Т.Б. Точность воспроизведения температуры воздуха и осадков на территории Казахстана климатическим архивом CRHTS 2.1.// Гидрометеорология и экология - 2013. №2/1 (38) – С. 30-41

10 Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Вероятностные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – С. 270

Поступила 04.02.2019

Доктор геогр. Наук

С.К. Давлетгалиев

Г.Т. Чапаева

### **РАСЧЕТ И ПРОГНОЗ ВЕСЕННЕГО СТОКА ОСНОВНЫХ РЕК БАССЕЙНА РЕКИ ЕЛЕК**

**Ключевые слова:** весенний сток, весеннее половодье, ряд наблюдения, статистические параметры, уравнение регрессии, прогноз весеннего стока, гармонический анализ.

*В статье представлены результаты расчета и прогноза весеннего и максимального стока основных рек бассейна р. Елек. Приведены данные наблюдения за стоком за многолетний период и статистические параметры стока полученные по четырем периодам. На основе гармонического анализа данных осадков были составлены сценарные прогнозы стока весеннего половодья.*

K. Davletgaliyev, G. T. Chapaeva

### **CALCULATION AND FORECAST OF THE SPRING RUNOFF OF THE MAIN RIVERS OF THE YELEK RIVER BASIN**

**Keywords:** spring runoff, spring flood, observation row, statistical parameters, regression equation, forecast spring flow, harmonic analysis.

*The article are presented results of the calculation and forecasts of the spring and maximum runoff of the main river basin of the Elek. And also, the data of observation of the flow are given in a long term period and the statistical parameters of the flow are determined for four periods. Based on the harmonic analysis of precipitation data, scenario forecasts of the spring flood flow were compiled.*