





Г.Б. Бекахмет*,  Ж.А. Абдырахманова,  Е.Б. Нысанбай, 
Д.К. Джусупбеков 

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,
e-mail: gulzhan.bekakhmet@gmail.com

ІЛЕ ӨЗЕНІНІҢ САБАЛЫҚ КЕЗЕҢ АҒЫНЫН БАҒАЛАУ

Жұмыста Іле өзенінің Қапшағай шатқалы тұстамасындағы минимал ағыны зерттелген. 1940-2015 жылдар аралығындағы минимал ағынды мәліметтер жинақталып, сипатты жылдар үшін біріктірілген минимал ағынды гидрографтары тұрғызылған. Гидрографтарға талдау жүргізу нәтижесінде сабалық кезеңдердің орнау мерзімі нақтыланып, Іле өзенінің сабалық кезеңдерінің басталу және аяқталу мерзімі анықталған. Іле өзені – СЭС-нен 37 км төмен орналасқан гидрологиялық бекет бойынша тұрғызылған су өтімдері гидрографтарына талдау жүргізу нәтижесінде тұрақты күздік межень кезеңі үшін қазан – қараша айлары, ал қыстық кезең үшін желтоқсан – наурыз айлары қабылданған. Орнатылған күздік және қыстық сабалық кезеңдер үшін минимал су өтімдерінің сипаттамалары есептелген. Іле өзені бойында Қапшағай су қоймасы салынғаннан кейін минимал ағынды шамасының өзгерісі болғаны анықталған. Сондықтан минимал су өтімдерінің сипаттамаларына гидрологиялық есептеулер 1940-1971 жылдық шартты түрдегі табиғи және өзен алабына түсетін антропогендік салмақ өскен 1971-2015 жылдық кезеңдер үшін жеке-жеке жүргізілген. Аталған кезеңдер үшін күздік және қыстық сабалық кезеңдердің минимал су өтімдері қатарларының статистикалық параметрлері есептелінген. Іле өзеніне антропогендік жүктеме өскен кезең үшін күздік межень жағдайында минимал ағын қатарының вариация коэффициенті екі еседен артық, ал қыстық межень үшін біршама өскені көрсетілген. Әр сабалық кезең үшін минимал ағындының 75-97%-дық қамтамасыздықтағы мәндері анықталған. Соңғы кезең үшін Іле өзенінің минимал су өтімдерінің біршама төмендегені көрсетілген.

Түйін сөздер: Сабалық кезең, минимал ағынды, су өтімі, гидрограф, вариация коэффициенті, асимметрия коэффициенті, қамтамасыздық қисығы.

G.B. Bekakhmet*, Zh.A. Abdyrakhmanova,
Y.B. Nyssanbay, D.K. Dzhusupbekov
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
*e-mail: gulzhan.bekakhmet@gmail.com

Assessment of the low-water flow of the Ili river

The study examined the low-water flow of the Ili River in the Kapshagai Gorge. Data on low-water water consumption for the period 1940-2015 were collected. Hydrographs of the low-water flow for typical years are constructed. As a result of the analysis of hydrographs, the dates of the onset and end of the low-water periods of the Ili River were clarified. As a result of the analysis of hydrographs built on the hydrological post located 37 km below the HPP, the months October-November for the winter period and December-March for the winter period were taken. The characteristics of the low-water flow for the autumn and winter low-water periods are calculated. It was revealed that after the construction of the Kapshagai reservoir along the Ili River, there was a change in the low-water flow. Therefore, the hydrological calculations of the characteristics of the low-water water flow were carried out separately for the period 1940-1971, when the conditional natural water regime of the Ili River was still observed, and for the period from 1971 to 2015, when there was an increase in the anthropogenic load on the flow of the river basin. For these periods, the statistical parameters of the low-water flow of autumn and winter low water were calculated. It is shown that during the period of increased anthropogenic load on the Ili River, the coefficient of variation of the low-water flow series of the autumn low – water period increased more than twice, and for the winter period – significantly. The values of 75-97% of the low-water consumption security were determined for each period separately. It is shown that the low-water flow of the Ili River has significantly decreased over the last period.

Key words: Low-water period, low-water flow, water flow, hydrograph, coefficient of variation, coefficient of asymmetry, security curve.

Г.Б. Бекахмет *, Ж.А. Абдырахманова,
Е.Б. Нысанбай, Д.К. Джусупбеков

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,

*e-mail: gulzhan.bekakhmet@gmail.com

Оценка меженного стока реки Иле

В ходе исследования был изучен минимальный сток реки Или в ущелье Капчагай. Были собраны данные минимальных расходов воды за период 1940-2015 гг. Построены гидрографы минимального стока для типичных лет. В результате анализа гидрографов уточнены даты наступления и окончания меженных периодов реки Иле. В результате анализа гидрографов, построенных по гидрологическому посту, расположенному на 37 км ниже ГЭС, приняты месяцы октябрь-ноябрь для зимнего периода и декабрь-март для зимнего периода. Рассчитаны характеристики минимального стока для осеннего и зимнего меженных периодов. Выявлено, что после строительства Капчагайского водохранилища вдоль реки Или произошло изменение минимального стока. Поэтому, гидрологические расчеты характеристик минимальных расходов воды проводились отдельно для периода 1940–1971 гг., когда еще наблюдался условно-естественный водный режим реки Иле и для периода с 1971 по 2015 годов, когда наблюдался рост антропогенной нагрузки на сток бассейна реки. Для этих периодов рассчитывались статистические параметры минимального стока осенних и зимних межени. Показано, что за период повышенной антропогенной нагрузки на р. Иле коэффициент вариации ряда минимального стока осенней межени увеличился более чем вдвое, а для зимней – значительно. Значения 75-97% обеспеченности минимального расхода были определены для каждого периода по отдельности. Показано, что за последний период минимальный сток реки Или значительно снизился.

Ключевые слова: Меженный период, минимальный сток, расход воды, гидрограф, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, кривая обеспеченности.

Кіріспе

Іле өзені Қазақстанның басты өзендерінің бірі. Іле өзенінің алабы Алматы облысының аумағында және Қытай жерінде орналасқан. Іле өзені Текес пен Күнгес өзендерінен құралады. Өзен өте үлкен аумақты қамтып, 74-84⁰ шығыс бойлық пен 43-46⁰ солтүстік ендік аралығында жатыр. Текес өзенінің бастауынан ұзындығы 1439 км, Текес пен Күнгес өзені бастауларының қосылған жерінен 1001 км. Қазақстанда өзеннің ұзындығы – 815 км, шығысында Тянь-Шань тауынан басталып, Балқаш көліне құяды. Су жинау алабының ауданы 140 мың км². Өзеннің жоғарғы бөлігі таулы сипатта болып келеді. Оң жақ ірі саласының аңғары Қаш сағасынан төмен қарай кеңейеді де, бірнеше тармаққа бөлінеді. Қапшағай қаласына дейін Іленің жағасы аласа, кең аңғармен ағады, жайылмаларының кей жерлері батпақтанады. Іленің Қапшағай шатқалымен ұласқан жерінде Қапшағай су электр станциясы салынған. Сол саласы Күрті өзені құйғаннан кейін аңғары бірден кеңіп, Сарыесік Атырау және Тауқұм аралығымен ағады. Сағасынан 340 км жерде Іледен Бақанас құрғақ арнасы бөлініп шығады. Іле атырауында көп тармақтанады. Солардың ішіндегі ірі тармақтарына – Жиделі, Іле, Топар, Көкөзек жатады (Ресурсы поверхностных вод

СССР, 1996; Проблемы гидро экологической устойчивости в бассейне озера Балхаш, 2003).

Өзеннің негізгі бөлігі таулы жерде орналасқандықтан, тау биіктігіндегі қармен және мұздықтармен қоректенеді. Текес өзені басын Теріскей Алатауынан алады. Ол 150-км-де Қытай аумағына кіреді де, Күнгеі өзеніне құйылады. Екі өзеннің қосылған жері Іле деп аталады.

Іле өзені алабының аумағы айтарлықтай табиғи жағдайлармен ерекшеленеді. Осы аумақты үш гидрологиялық ауданға бөлуге болады:

1. Балқаш маңы – құмдауыт-жазықтық аудан;
2. Іле маңы – таулық аудан;
3. Шығыс – тауішілік аудан (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1970).

Зерттеу нысаны мен әдістері

Өзендердің сабалық кезең (судың сабасына түсу кезеңі) ағындысының сипаттамаларын бағалау алаптың су ресурстарын тиімді пайдалану сұрақтарын, сондай-ақ өзен суларын сарқылудан (тартылуынан) және ластанудан қорғау мәселелерін шешуде маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар өзеннің минималды ағыны су нысандарының сыртқы әсерлерінің өзгеруіне ең сезімтал сипаттамасы саналады. Өзендердің су режимінің жылдық циклын-

да сабалық ағынды әдетте ұзақ уақытқа, 5-7 айға созылады. Өзендердің сабалық кезеңдегі суының мөлшері төмен болып келеді, көп дегенде жылдық ағындының 10-30%-ын ғана құрайды. Сол кезеңде су тұтынушылар суды жеткілікті түрде пайдалануға қол жеткізе алмауы мүмкін. Сондықтан ең кіші (минимал) ағын сипаттамаларын бағалау суды қолдану стратегияларын және алаптың су ресурстарын қорғау шараларын жасаудың негізгі анықтауыш көрсеткіштері болады (Bolgov M, Korobkina E, Filippova I., 2014:65-74; Norvatov, A. M., Popov O. V., 1961:20-28).

Балқаш алабы өзендерінде әдетте сабалық кезең жаз – күзде және қыс мезгілінде орнайды. Жаз-күздік және қыстық сабалық кезеңдерді бөлу ағынды гидрографтарын тұрғызу арқылы жүргізіледі. Жаз-күздік сабалық кезең көктемгі су тасуы аяқталғаннан басталып, өзенде тұрақты мұз орнау құбылыстары орнағанға дейін созылады. Мұздық құбылыстар болмаған жағдайда қыстық сабалық кезеңнің басталуы ауа температурасының тұрақты 0°-тан өту күнінен саналады (Владимиров А.М., 1990; Болдырев В.М., 1985: 68-87; Методы расчета низкого стока, 1984).

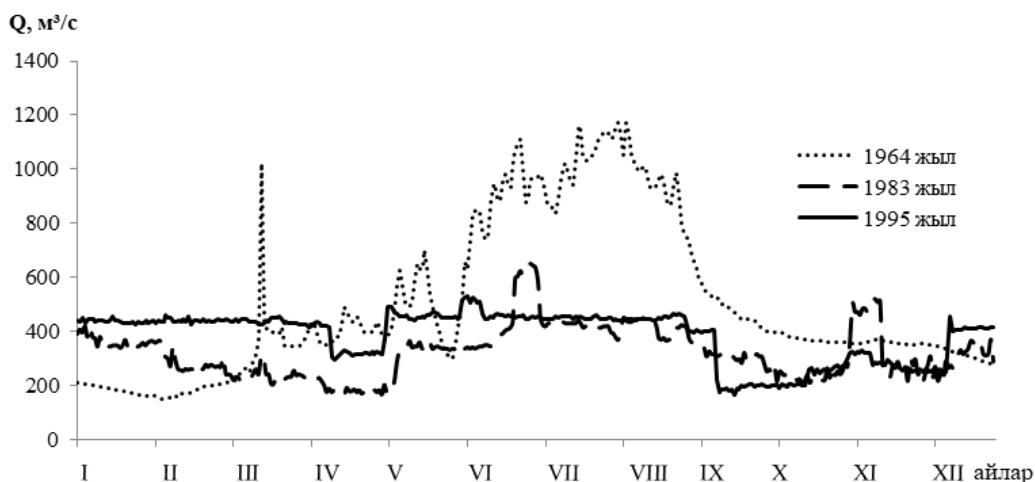
Сабалық кезеңдердегі су режимі мен су өтімі шамасы көптеген факторлармен анықталады. Ағынның мөлшері мен өзгергіштігін анықтайтын – климаттық факторлар. А. М. Владимиров минималды ағынның қалыптасу генезисіне сәйкес факторларды үш топқа топтастырды (Владимиров А.М., 1990; Болдырев В.М., 1985: 68-87). Бірінші топқа ағынды құрайтын факторлар кіреді, оларға жер үсті ағындарының қалыптасуының негізгі көзі болып табылатын жауын-шашын және ұзақ уақыт бойы жауын-шашын түспеген кезде ағынды анықтайтын жер асты сулары жатады. Сабалық кезеңдегі жер асты қоректенуінің шамасы тұрақты мәнге ие; тұрақты сабалық кезеңде жер үсті сулары іс жүзінде ең аз ағынды қалыптастыруға қатыспайды. Екінші факторлар тобы – жанама факторлар, төмен (минимал) ағынды қалыптастыруға тікелей қатыспайды, бірақ жауын-шашынның кеңістіктік-уақыт бойымен таралуы арқылы төмен ағынды режиміне әсер етеді. Олардың негізгілері – су жинау құрылымының гидрогеологиялық керекшеліктері, буланудың өсуі (температураның жоғарылауы, ауа ылғалдылығының жетіспеушілігі), сондай-ақ рельеф, орман және батпақтану, өсімдіктердің түрлері, карстың болуы (Евстигнеев В.М. 1990: Методы расчета низкого стока, 1984).

Факторлардың үшінші тобына су жинаудың зональды сипаттамаларынан тұратын бассейндік реттеу факторлары кіреді (су жинау алабының ауданы, орташа биіктігі, еңістігі, өзен желісінің жиілігі, эрозия тереңдігі). Сондай-ақ ең төменгі су өтімдерінің мөлшеріне тікелей әсер ететін антропогендік факторларды су қоймаларын тұрғызу, ағаш ағызу және ағынды реттеу, өзен суларын егістік алқаптарды суармалауға кеңінен қолдану түрлерін де атап өткен жөн. Әртүрлі гидрологиялық есептеулерде 30 тәуліктік орташа минимал су өтімдері, тәуліктік минимал су өтімдері және абсолюттік минимал су өтімдері алынады. Ұсынылып отырған жұмыста минимал ағындының негізгі сипаттамалары ретінде күздік-жаздық және қыстық сабалық кезеңдердің орташа минимал су өтімдері, олардың ағынды қатарларының параметрлері қарастырылған (Абдрахимов Р.Г. Амиргалиева А.С., 2018: 41-50).

Іле өзені алабы өзендерінің сабалық кезеңі әдетте жаз-күздік болып басталып, одан әрі үздіксіз түрде қыстық сабалық кезеңге ауысады. Тек кей жылдары алаптың бірқатар өзендерінде олар күздік жаңбырлар әсерінен кішігірім су тасқындарымен бөлінеді. Біз қарастырып отырған Балқаш алабының ең ірі өзені – Іле өзенінің минимал ағындысы Қапшағай су электр станциясынан 37 км төмен орналасқан гидрологиялық бекеттен алынған гидрологиялық мәліметтер (Государственный водный кадастр, 1988) бойынша зерттелді. Жаз-күздік және қыстық сабалық кезеңдерді бөлу суы мол, суы орташа және суы төмен жылдар үшін жылдық ағынды гидрографтарын тұрғызу арқылы жүргізілді. 1-суретте Іле өзенінің Қапшағай шатқалы тұстамасындағы (СЭС-тен 37 км төмен) гидрологиялық бекет бойынша тұрғызылған жылдық су өтімдері гидрографтары берілген.

Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Гидрограф негізінде сабалық кезеңдердің басталуы мен аяқталу мезеттерін (мерзімдерін) және оның тұру ұзақтығын анықтау үшін тұрғызылған. Гидрографқа талдау жүргізу нәтижесінде күз бен қыс кезінде тұрақты межень орнайтындығы анықталды. Ал көктем-жаз айларында Іле өзені суының толысатынын көреміз. Іле өзені бойындағы гидрологиялық СЭС-тен 37 км төмен орналасқан гидрологиялық бекет бойынша тұрғызылған су өтімдері гидрографтарына (1-сурет) талдау жүргізу нәтижесінде тұрақты күздік межень кезеңі үшін қазан-қараша айлары, ал қыстық кезең үшін желтоқсан-наурыз айлары қабылданды.



1-сурет – Іле өзені – СЭС-тен 37 км төмен (Қапшағай шатқалы) гидрологиялық бекеті бойынша сипатты жылдарға тұрғызылған су өтімдерінің гидрографтары

Іле өзені гидрологиялық режимі бойынша таулық өзенге жатқандықтан, жоғарыда айтылғандай қар және биіктіктерде орналасқан мұздықтардың еруінен қоректенуіне байланысты суының толысуы көктем-жаз айларына сәйкес келеді. Сондықтан жұмыста біз тек сабалық кезеңдердегі минимал ағынды және олардың сипаттамаларын қарастырдық. Сондай-ақ графиктен (1-сурет) Қапшағай қоймасы салынғаннан кейін минимал ағынды режимінің өзгерісі болғанын, яғни өзен суы реттелгеннен кейін минимал ағындының СЭС жұмысына тәуелді режимге ауысқанын көреміз. Дегенмен, жалпы алғанда, СЭС жұмысы режимінің өзеннің табиғи режиміне біршама

сәйкестігі де байқалады, яғни сабалық кезеңдерде Қапшағай бөгенінен суды жіберу шамасы біршама төмендеу болып келсе, судың толысу кезеңі жаз айларында жоғары болады (1-сурет).

Су шаруашылығында өзеннің минимал ағынының негізгі есептік сипаттамаларының бірі ретінде сабалық кезеңдердегі бақыланған 30 тәуліктік (айлық) минимал су өтімдері (расходь воды) қолданылады. Осы жұмыста Іле өзені бойында орналасқан Іле өзені – СЭС-тен 37 км төмен гидрологиялық бекеті бойынша айлық минимал су өтімдері мәліметтері жинақталып, сабалық кезеңдер үшін минимал ағындының орташа мәндері есептелінді (1-кесте).

1-кесте – Іле өзені – Қапшағай бекеті тұстамасы бойынша сабалық кезеңдердің орташа минималды су өтімдері

№	Жылдар	Межень кезеңдері	Минимал ағынды, м³/с	№	Жылдар	Межень кезеңдері	Минимал ағынды, м³/с
1	1940-1941	күздік	340	19	1979-1980	күздік	169
		қыстық	254			қыстық	162
2	1941-1942	күздік	349	20	1983-1984	күздік	144
		қыстық	222			қыстық	145
3	1942-1943	күздік	338	21	1995-1996	күздік	156
		қыстық	192			қыстық	184
4	1943-1944	күздік	270	22	1996-1997	күздік	175
		қыстық	155			қыстық	257
5	1944-1945	күздік	312	23	1997-1998	күздік	230
		қыстық	162			қыстық	224

6	1948-1949	күздік	270	24	2002-2003	күздік	540
		қыстық	185			қыстық	168
7	1957-1958	күздік	252	25	2003-2004	күздік	493
		қыстық	187			қыстық	384
8	1958-1959	күздік	406	26	2004-2005	күздік	594
		қыстық	272			қыстық	429
9	1959-1960	күздік	417	27	2005-2006	күздік	392
		қыстық	244			қыстық	213
10	1960-1961	күздік	301	28	2006-2007	күздік	288
		қыстық	250			қыстық	196
11	1963-1964	күздік	314	29	2010-2011	күздік	246
		қыстық	182			қыстық	283
12	1966-1967	күздік	305	30	2011-2012	күздік	468
		қыстық	178			қыстық	284
13	1967-1968	күздік	297	31	2012-2013	күздік	273
		қыстық	236			қыстық	272
14	1968-1969	күздік	242	32	2013-2014	күздік	247
		қыстық	149			қыстық	207
15	1969-1970	күздік	401	33	2014-2015	күздік	210
		қыстық	232			қыстық	216
16	1976-1977	күздік	136		Орташа 1940-1970 жж. кезеңге	күздік	307
		қыстық	136			қыстық	193
17	1977-1978	күздік	158		Орт.1971-2015 жж. кезеңге	күздік	277
		қыстық	164			қыстық	206
18	1978-1979	күздік	160		Орт.1940-2015 жж. кезеңге	күздік	289
		қыстық	116			қыстық	200

Минимал ағындының параметрлерін есептеу екі кезеңге бөліп жүргізілді: 1970 жылға дейін – алапта шартты-табиғи кезең орын алған кезең үшін және 1970 – 2018 жылдық кезең яғни, алапта антропогендік жүктеме өскен кезең үшін.

Жұмыста сабалық кезеңдер үшін минимал ағынның орташа шамалары мен оның әртүрлі қамтамасыздықтағы мәнін анықтау мақсатында бақыланған күнтізбелік (календарлық) су өтімдері қатарлары гидрологиялық қатарлар түріне келтірілді, яғни, минимал ағынды шамасын есептеу өткен жылдың сабалық кезеңінің басталуы күзден басталып, келесі жылдың қыс айларымен қоса жүргізілді. 1-кестеден шартты түрдегі табиғи кезеңде (1940-1970 жылдар) күздік минимал ағынды шамаларының қыстық межень кезеңінің минимал ағындарынан біршама жоғары болып келетіндігі көрінеді. Мысалы, осы

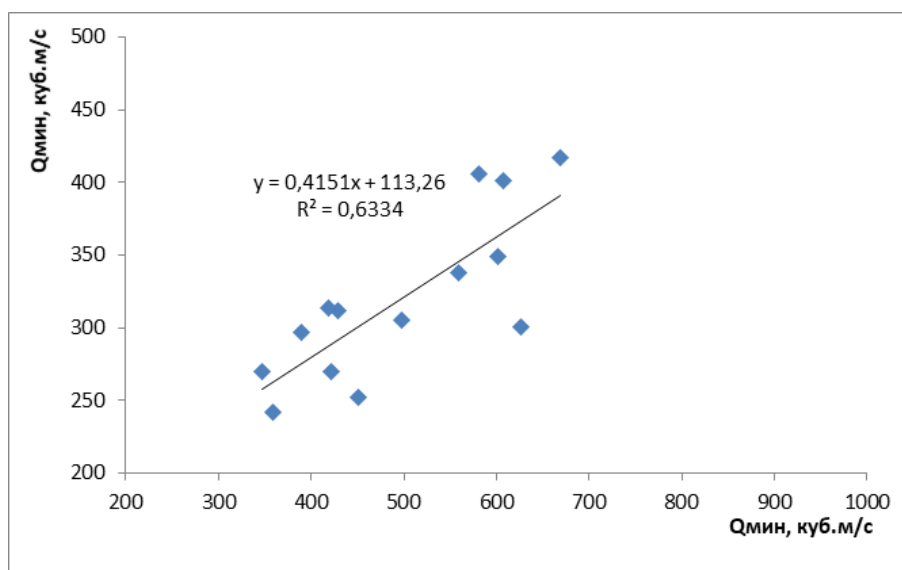
кезең үшін қыстық минимал су өтімінің орташа мәні 193 м³/с болса, осыған сәйкес күздік орташа минимал ағынды мәні 308 м³/с. Бұл жағдай күзде өзен аздап болса да жаңбыр және еріген қар суларымен қоректенетін болса, ал қыс айларында тұрақты жер асты (грунт) суымен қоректенуге көшетіндігін көрсетеді. Қапшағай су қоймасы салынғаннан кейін (1971-2015 жылдары) күздік кезең минимал ағындысы біршама төмендеп, 277 м³/с құраса, қыстық минимал ағынды шамасы бірқатар өскені байқалады, яғни алдыңғы кезеңде 193 м³/с болса, соңғы кезеңде 206 м³/с-ке өскенін көреміз.

Сабалық кезеңдердің орташа минимал ағынды шамаларын және олардың үлестірім қатарларының параметрлерін есептеу үшін 1940-2015 жылдардағы бақылау мәліметтері негізінде 75 жылдық кезең қабылданды.

Бұл гидрологиялық қатар суы аз және су мол жылдық кезеңдерді қамтиды және қарастырып отырған аймақтың ылғалдану жағдайының көпжылдық өзгерісін көрсете алады. Қарастырылып отырған қатарда бақылау толық немесе мүлдем жүргізілмеген жекелеген жылдар болды. Минимал ағынға гидрологиялық есептеулер жүргізгенде су аз жылдардың мәліметтері міндетті түрде ескерілуі тиіс, ал ондай деректер болмаса, онда минимал ағынды қатары гидрологиялық-аналогия әдісін қолдану арқылы қайта қалпына келтірілуі керек (Свод правил по определению основных гидрологических характеристик, 2004; Турсунова А., Куркебаев А.А., Мырзахметов А.Б., 2018: 118-128; Чигринец А.Г., Долбешкин М.В., 2013: 31-36). Көпжылдық орташа жылдық ағынды мен минимал ағынды тербелістерін салыстыра отырып, олардың үйлесімді тербелісте болатындығы анықталды.

Соның нәтижесінде минимал ағындының жылдық ағындымен байланыс графигі тұрғызылды. Әр кезең үшін тұрғызылған графигтік байланыстар қанағаттанарлық деңгейде, байланыс көрсеткіші – корреляция коэффициенті 0,70-0,80 шамасында болып келді (2-сурет). Егер минимал ағынды нормасының орташа квадраттық қателігі 15%-дан аспайтын болса, қолда бар ағынды қатары жеткілікті болып есептеледі. Біздің жағдайда екі сабалық кезеңдер жағдайында да бұл қателік 12%-дан аспайды, яғни нормативтік құжаттардың талабына сай есептеулер жүргізілді (Свод правил по определению основных гидрологических характеристик, 2004; Корнеев, В. Н., Гертман, Л. Н., Титов, К. С., Булак, И. А., 2015; Волчек А.А., Грядунова О.И., 2008: 4-28).

Осындай байланыстар көмегімен айлық минимал су өтімдерінің үзік қатарлары қайта қалпына келтірілді.



2-сурет – 30 күндік күздік минимал ағынды нормаларының орташа жылдық ағынды мәндерімен байланыс графигі

Жұмыста одан әрі Іле өзенінің күздік және қыстық сабалық кезеңдерінің минимал ағынды қатарларының үлестірім параметрлері – вариация (C_v) және асимметрия коэффициенттері (C_s), сондай-ақ C_s/C_v қатынасы шамаларын есептеу үшін

статистикалық математика қолданылды. Іле өзені – СЭС-тен 37 км төмен тұстамасы бойынша сабалық кезеңдердің 30 тәуліктік минимал ағынды қатарының үлестірімі параметрлерінің есептелген мәндері 2-кестеде көрсетілген.

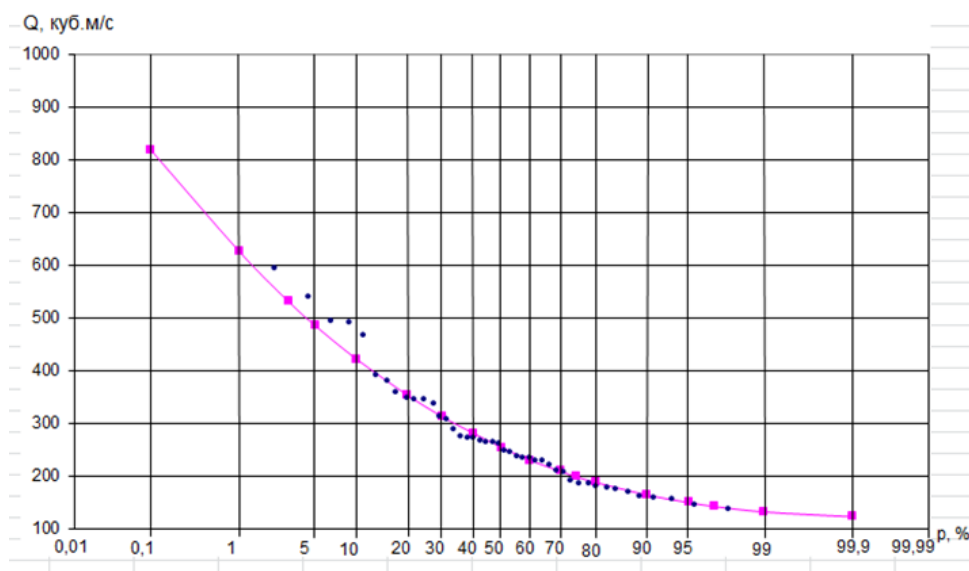
2-кесте – Іле өзені – СЭС-тен 37 км төмен тұстамасы бойынша сабалық кезеңдердің 30 тәуліктік минимал ағынды қатарларының статистикалық параметрлері

Өзен-бекет	F, км ²	Бақылау кезеңі, жылдар	Межень кезеңі	Орташа $Q_{\text{мин}}$, м ³ /с	Cv	Cs	Cs/Cv
Іле өз.– СЭС-тен 37 км төмен	111000	1940-1970	Күздік	307	0,15	1,30	8,6
			Қыстық	193	0,15	1,72	11,5
		1971-2015	Күздік	277	0,39	1,36	3,5
			Қыстық	206	0,23	0,58	2,5

2-кестеге талдау жүргізсек, шартты түрдегі табиғи кезеңде күздік және қыстық сабалық кезеңдердің минимал ағындылары қатарларының вариация коэффициенттері 0,15 шамасында болған, ал Іле өзеніне антропогендік жүктеме өскен кезеңде күздік межень жағдайында бұл коэффициенттің мәні екі еседен артық өсіп, 0,39-ға жеткен, қыстық межень үшін 0,23-ке дейін өскенін көреміз. Яғни, сабалық кезең минимал ағынды қатарлары мәндерінің өзгермелігі немесе қатар мәндерінің ауытқу амплитудасының екі есеге жуық өскені байқалады. Асимметрия коэффициенттері керісінше төмендеген. Мұндай минимал ағынды шамаларының кемуі және ағынды қатарларының статистикалық параметрлерінің жоғары ауытқуы Қапшағай СЭС-інің жұмыс істеу режимімен, жалпы Іле-Балқаш алабының ылғалдануының табиғи

жағдайда төмендеуімен және ҚХР аумағында Іле алабы өзендерінің суын пайдалану қарқындылығының өсуімен түсіндірілуі мүмкін.

30 тәуліктік және сабалық кезеңдердің минимал ағындыларының әртүрлі қамтамасыздықтағы мәндері, әдетте 75-97%-дық диапазонда есептеледі (Владимиров А.М., 1990; Болдырев В.М., 1985: 68-87). Жұмыста одан әрі жоғарыда қарастырылған Іле өзенінің сабалық кезеңдерінің минимал ағындыларының әр жылдық асып түсу ықтималдылықтары есептелініп, минимал су өтімдерінің қамтамасыздық қисықтары тұрғызылды. 3-суретте күздік сабалық кезең минимал ағындыларының антропогендік салмақ өскен – 1971-2015 жылдардағы кезеңі үшін тұрғызылған қамтамасыздық қисығының сұлбасы берілген.



3-сурет – Іле өзенінің 1971-2015 жылдар кезеңіндегі күздік сабалық кезеңінің минимал су өтімдері қатарының қамтамасыздық қисығы

Қамтамасыздық қисықтары жоғарыда есептелген Cs коэффициенттері (2-кесте) ескеріліп, биномдық үлестірім ординаталарын қолдану арқылы тұрғызылды. Одан әрі қамтамасыздық

қисығынан күздік және қыстық сабалық кезеңдердегі минимал су өтімдерінің әртүрлі квантильдік мәндері анықталып, нәтижелері 3-кестеге берілді.

3-кесте – Іле өзенінің әртүрлі қамтамасыздықтағы минимал су өтімдерінің мәндері

Өзен-бекет	Бақылау кезеңі, жылдар	Межень кезеңі	Қамтамасыздықтағы әртүрлі минимал су өтімдері, м ³ /с				
			75%	80%	90%	95%	97%
Іле өз.– СЭС-тен 37 км төмен	1940-1970	Күздік	275	269	260	252	248
		Қыстық	172	169	165	162	161
	1971-2015	Күздік	198	187	163	149	141
		Қыстық	172	166	148	136	129

3-кестеден алынған минимал су өтімдерінің әртүрлі қамтамасыздықтағы мәндерін салыстыратын болсақ, табиғи жағдайға қарағанда соңғы 1970-2015 жылдық кезең үшін минимал су өтімдері шамалары біршама төмендегенін көреміз. Мысалы, 75%-дық қамтамасыздықтағы күздік межень кезеңінің орташа минимал ағындысының шамасы соңғы кезеңде 77 м³/с шамасына, 90%-дық квантильдегі минимал су өтімі 103 м³/с-ке кеміген. Ал қыстық кезеңнің минимал ағындылары айтарлықтай төмендей қоймаған, табиғи жағдай шамасында қалған. Мұндай жағдай Қапшағай СЭС жұмысының қыс мезгілінде энергия өндіруді төмендетпеуімен түсіндірілуі мүмкін.

Қорытынды

Мақалада минимал ағындыны бағалау мақсатында Іле өзенінің күздік және қыстық межень кезеңдерінің басталу және аяқталу мерзімдері нақтыланып, сабалық кезеңдер таңдалды. Әр сабалық кезеңнің минимал ағындыларының бақылау қатарлары толықтырылды. Ол үшін Іле өзенінің орташа жылдық ағындысы мен сабалық кезеңдердің минимал ағындылары аралығындағы байланыс қолданылды. 1940-1970 және 1971-2015 жылдар кезеңдері үшін межендік орта-

ша айлық минимал ағындылардың қатарлары үлестірімінің статистикалық параметрлері есептелінді. Соңғы кезеңде күздік минимал ағынды шамасының 10%-ға дейін кемігені көрсетілді. Ал қыстық ағындының орташа мәні соңғы кезеңде, керісінше біршама (6%) өскен. Әр сабалық кезеңдегі минимал ағындылардың қамтамасыздық қисықтары тұрғызылып, асып түсу ықтималдығы 75-97% диапазонындағы минимал су өтімдерінің шамалары есептелінді. Су шаруашылығы есептеулерінде көп қолданылатын 80%-дық қамтамасыздықтағы минимал су өтімінің шамасы күздік межень кезең үшін соңғы қарастырылған 1971-2015 жж. кезеңі үшін шартты-табиғи кезеңге қарағанда 30% шамасында кемігені анықталды. Минимал ағынды шамасы бір жағынан сол өзеннің сулылығының тұрақтылығын көрсететін көрсеткіш болса, екінші жағынан өзен алабының гидроэкологиялық жағдайын бағалауға да қолданылады. Сондықтан алынған минимал ағынды мәндері өзеннің су ресурстарының өзгеру тенденциясын анықтауға, сондай-ақ өзен алабы су ресурстарын пайдалану стратегиясын қалыптастыруда, өзен құятын соңғы су қоймасы деңгейінің өзгерісіне болжам жасауға, сондай-ақ шекаралас елдермен су бөлісу мәселелерін шешуде қолданыс табуы мүмкін.

Әдебиеттер

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т.13, Центральный и Южный Казахстан, Вып. 2, Бассейн оз.Балхаш. – Алматы, 1996. – С. 283-336.

Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш / Под редакцией А.Б. Самаковой. – Алматы: Каганат, 2003. – С. 3-171.

- Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн озера Балхаш. – Т. 13, Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 646 с.
- Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 360 с.
- Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 304 с.
- Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Казахская ССР. Бассейн рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. Т. 5. Вып. 4. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 514 с.
- Болдырев В.М. Расчет минимальных месячных расходов воды горных рек Балхаш-Алакольской впадины // Проблемы комплексного использования водных ресурсов Или-Балхашского бассейна. – Алма-Ата: КазГУ, 1985. – С. 68-87.
- Методы расчета низкого стока. Вклад в международную климатическую программу / Под ред. Т.А. МакМагона и А. Диаза Арена. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 127 с.
- СП 33-101-2003 Свод правил по определению основных гидрологических характеристик // Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу. – М., 2004. – С. 70.
- Абдрахимов Р.Г. Амиргалиева А.С. Оценка характеристик годового стока рек Іле-Балкашского водохозяйственного бассейна // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2018. – №1. – С. 41-50.
- Турсунова А., Куркебаев А.А., Мырзахметов А.Б. // Внутригодовое распределение стока рек бассейна озера Балхаш // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2018. – №4. – С. 118-128.
- Чигринцев А.Г., Долбешкин М.В. Характеристики минимального стока основных рек правобережья Ертысского водохозяйственного бассейна // Вопросы географии и геоэкологии. – №2, апрель-июнь. – Алматы, 2013. – С. 31-36.
- Корнеев В. Н., Гертман Л. Н., Титов К. С., Булак И. А. Определение характеристик экологического стока рек // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Международной научн. конф., 5 – 8 мая 2015 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: П.С. Лопух (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – 337 с.
- Волчек А.А., Грядунова О.И. Методика расчета минимального стока воды рек Беларуси при отсутствии данных наблюдений // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – Екатеринбург, 2008. – С. 4-28.
- Bolgov M, Korobkina E, Filippova I. Bayesian Decision for Low Flow Evaluation in Non-Stationary Conditions//The Grand Challenges Facing Hydrology in the 2nd Century. Dooge Nash International Symposium 2014, Dublin, Ireland. – P.65-74.
- Norvatov, A. M., Popov O. V. «Laws of the formation of minimum stream flow» // Hydrological Sciences Journal, 1961: 20-28.

References

- Resursy poverhnostnyh vod SSSR (1996) [Surface water resources of the USSR] Gidrologicheskaya izuchennost', t.13, Central'nyi i YUjnyi Kazakhstan, Bassein oz.Balhash, no 2, Almaty. – P. 283-336.
- Problemy gidroekologicheskoi ustoichivosti v basseine ozera Balhash. Pod redakciei A.B. Samakovoі (2003) [Problems of hydroecological stability in the Lake Balkhash basin. Edited by A. B. Samakova] Izd. «Kaganat», Almaty. – P.3-171.
- Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Central'nyi i YUjnyi Kazahstan. Bassein ozera Balhash (1970) [Surface water resources of the USSR. Central and Southern Kazakhstan. Lake Balkhash Basin] L.: Gidrometeoizdat, vol. 13, no 2. – P. 646.
- Vladimirov A.M. (1990) Gidrologicheskie raschety [Hydrological calculations]. L.: Gidrometeoizdat. – P. 360.
- Evstigneev V.M. (1990) Rechnoi stok i gidrologicheskie raschety [River flow and hydrological calculations]. M.:Izd-vo MGU. – P. 304.
- Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Mnogoletnie dannye o rejime i resursah poverhnostnyh vod sushi. Kazahskaya SSR.. (1988) [State Water Cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. Kazakh SSR.] Bassein rek oz. Balhash i besstochnyh raionov Central'nogo Kazahstana, vol.5. no.4. L.: Gidrometeoizdat. – P. 514.
- Boldyrev V.M. (1985) Raschet minimal'nyh mesyachnyh rashodov vody gornyh rek Balhash-Alakol'skoi vpadiny [Calculation of the minimum monthly water consumption of mountain rivers of the Balkhash-Alakol depression]. Problemy kompleksnogo ispol'zovaniya vodnyh resursov Ili-Balhashskogo basseina. Alma-Ata: KazGU. – Pp. 68-87.
- Metody rascheta nizkogo stoka. Vklad v mejdunarodnyu klimaticheskuyu programmu (1984) [Methods for calculating low runoff. Contribution to the international climate program]. Pod red. T.A. MakMagona i A. Diaza Arenasa. L.:Gidrometeoizdat. – P.127.
- SP 33-101-2003 Svod pravil po opredeleniyu osnovnyh gidrologicheskikh harakteristik (2003) [Set of rules for determining the main hydrological characteristics]. Gosudarstvennyj komitet Rossijskoj Federacii po stroitel'stvu i zhilishchno-kommunal'nomu kompleksu. M. – P. 70.
- Abdrahimov R.G. Amirgalieva A.S. (2018) Ocenka haraktristik godovogo stoka rek Іle-Balkashsskogo vodohozyajstvennogo bassejna [Assessment of the characteristics of the annual flow of the rivers of the Іle-Balkash water management basin]. Gidrometeorologiya i ekologiya, Almaty. no 1, pp. 41-50.
- Tursunova A., Kurkebaev A.A., Myrzahmetov A.B. (2018) Vnutrigodovoe raspredelenie stoka rek bassejna ozera Balhash [Intra-annual distribution of river flow in the Lake Balkhash basin]. Gidrometeorologiya i ekologiya, Almaty. No 4. – P.118-128.
- CHigrinec A.G., Dolbeshkin M.V. (2013) Harakteristiki minimal'nogo stoka osnovnyh rek pravoberezh'ya Ertisskogo vodohozyajstvennogo bassejna [Characteristics of the minimum flow of the main rivers of the right bank of the Irtysh water basin]. Vo-prosy geografii i geoeologii. Almaty. No 2. – P. 31-36.
- Korneev, V. N., Gertman, L. N., Titov, K. S., Bulak, I. A. (2015) Opredelenie harakteristik ekologicheskogo stoka rek [Determining the characteristics of the ecological flow of rivers]. Problemy gidrometeorologicheskogo obespecheniya hozyajstvennoj deyatel'nosti v usloviyah izmenyayushchegosya klimata: materialy Mezhdunarodnoj nauchn. konf., 5 – 8 maya 2015 g. Belorus. gos. un-t; redkol.: P.S. Lopuh (otv. red.) [i dr.], Minsk. – P. 337.

Volchek A.A., Gryadunova O.I. (2008) Metodika rascheta minimal'nogo stoka vody rek Belarusi pri otsutstvii dannyh nablyudenij [Method of calculating the minimum water flow of Belarusian rivers in the absence of observational data]. Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie, Ekaterinburg. – P. 4-28.

Bolgov M, Korobkina E, Filippova I. (2014) Bayesian Decision for Low Flow Evaluation in Non-Stationary Conditions. The Grand Challenges Facing Hydrology in the 2nd Century. Dooge Nash International Symposium, Dublin, Ireland. – P.65-74.

Norvatov, A. M., Popov O. V. (1961) «Laws of the formation of minimum stream flow». Hydrological Sciences Journal. – P. 20-28.