

ӘОК 556.5.0.6:519.22

КӨКТЕМГІ СУ ТАСУДЫҢ НЕГІЗГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІН БОЛЖАУ

М.М. Молдахметов<sup>1</sup>, Л.К. Махмудова<sup>2</sup>, Г.М. Камбарбеков<sup>3</sup>, М.Н. Жулқайнарлова<sup>2</sup>

*1Халықаралық Тараз инновациялық институты, Тараз қ-сы, Қазақстан*

*2Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ-сы, Қазақстан*

*3Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ-сы, Қазақстан*

*E-mail: Makhmudova.Lyazzat@kaznaru.edu.kz*

Мақалада су тасқыны мониторингі мен болжауын іске асыру процесі су тасқынының басталуына дайындық процесін оңтайландыруға, алдын алу іс-шараларының құрамын, орындалу мерзімдерін және басқа да ерекшеліктерін анықтауға, халықты, шұғыл және жедел қызмет көрсететін мекемелерді аумақты су басу қаупі туралы уақтылы және жедел хабардар етуге мүмкіндік беретіні негізделген. Ғылыми зерттеуде регрессиялық талдау негізінде көктемгі ағынды көлемін болжаудың нәтижелері келтірілген. Көпөлшемді деректерді корреляциялық – регрессиялық талдау әдісін (көптік регрессия теңдеуі) қолдана отырып, есептелген болжамдық мәндер бақыланған нақты мәндерге айтарлықтай жуық мәндерге ие болды. Көпжылдық кезең байланысының тығыздығын сипаттайтын корреляция коэффициентінің мәні қанағаттанарлық (Есіл өзені – Түрген ауылы үшін  $R=0,76$ ; ал Есіл өзені – Нұр-Сұлтан қаласы үшін  $R=0,72$ ). Су тасқыны ағындысын талдау мен болжаудың ең қарапайым әдістері ұсынылған болжамдық ақпараттарының сапасы бойынша күрделі физикалық негізделген модельдерді пайдалану кезінде алынған болжамдардан кем түспейді деген қорытынды жасалған.

**Түйін сөздер:** су тасу, су тасқыны көлемі, ағынды қалыптастырушы факторлар, су тасқыны мониторингі, болжам

Қабылданды: 6.05.22

DOI: 10.54668/2789-6323-2022-104-1-95-102

**КІРІСПЕ**

Өзендердің су тасқыны мен су басу қаупінің туындау мүмкіндігін болжау қазіргі заманғы шаруашылық жүйелерінің жай-күйіне, олардың табиғи және техногендік апаттарға қарсы тұру қабілетінің осалдығына байланысты өте өзекті міндет болып саналады. Су тасқыны құбылыстары мен су басудың теріс әсеріне ұшырауы мүмкін аймақтарда көптеген елді мекендер, қауіп туғызу әлеуеті жоғары және аса маңызды өнеркәсіптік объектілер, инфрақұрылым объектілері және ауыл шаруашылығы алқаптары бар. Өзеннің су деңгейінің күрт көтерілуінің және су басудың әсерінен экономикалық нысандардың жойылуын туғызатын қауіпті гидрологиялық құбылыстарды болжау – өте күрделі көп деңгейлі міндет. Мына ғалымдардың пікірінше (Виноградов Ю.Б., 1988); (Борщ С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В.,

2015), қауіптің алдын-алу шараларының дайындығы мен жүзеге асырылуын тиімді қамтамасыз ету саласында зиянды азайтудың ең тиімді құралдарының бірі - күні бұрын ескерту жүйесінің жақсы жұмыс істеуі.

Гидрологиялық апаттық құбылыстардың алдын алу және олардың әсерін бәсеңдету үшін өзендер мен су қоймаларында қауіпті гидрологиялық құбылыстарды бақылау мен болжаудың кешенді көп деңгейлі жүйесін құру қажеттілігі туындайды. Су нысандарының гидрологиялық жағдайының дамуын мониторингілеу және болжау үшін әлемнің барлық дерлік елдерінде гидрологиялық станциялар мен бекеттер желісі құрылып, жұмыс істеуде. Олар су нысандарының гидрологиялық режимі мен жай-күйі туралы негізгі ақпарат көзі болып табылады.

Қауіпті гидрологиялық құбылыстардың тәуекелін, олардың сипаттамаларын, көріну уақытын және

бағалауға қабілетті су тасқыны мен су тасу мониторингінің жүйесі мынадай элементтерді қамтуы тиіс:

1. Шығу тегі әртүрлі апаттық құбылыстардың даму қаупін есептеу. Бұл іс-шаралар аумақтың гидрометеорологиялық сипаттамасын қамтиды, оның негізінде мүмкін болатын қауіпті деңгейлердің генезисі, оларды анықтайтын факторлар, олардың үйлесуі және ықтимал өзара іс-қимыл туралы қорытынды жасалады. Статистикалық деректер бойынша (олар болған жағдайда) судың ең жоғары деңгейлері мен су өтімінің қамтамасыздық қисықтарын тұрғызу, қамтамасыздығы әртүрлі су тасқыны мен көктемгі су тасу кезінде аумақтың су басу аймағын көрсететін картографиялық материал жасауды қамтитын осы құбылыстардың даму тәуекеліне талдау жүргізіледі. Сондай-ақ қамтамасыздығы әртүрлі су басу аймақтарына түсетін қауіптілік әлеуеті жоғары, аса маңызды инфрақұрылым объектілерін, елді мекендерді бөле отырып, аумақты кеңістіктік талдау.

2. Алдағы су тасқыны сулылығының ұзақ мерзімді болжамы. Зерттеудің бұл сатысында нақты жылда судың апатты жайылуының қаупі бағаланады. Негізгі бағаланатын параметрлер – ағынды қалыптастырушы факторлар. Әр түрлі аудандар үшін ағынды қалыптастырушы факторлардың жиынтығы мен комбинациясы әртүрлі болады, бірақ олардың негізгілері мыналар: – қардағы су қоры мен қар еру кезеңінде түскен жауын-шашын мөлшерін жалпы бағалау, олардың кеңістік бойынша таралуы; – еріген қар суымен жаңбыр суының топыраққа сіңуіне кететін шығындар (топырақтың қату тереңдігі мен су жинау алабының көктем алдындағы ылғалдылығының сипаттамалары негізінде бағаланады); – микробедер формалары арқылы беттік су ұстау, сондай-ақ ағынсыз аудандарды толтыруға кететін шығындар; – ыза суларының қорын толтыруға кететін шығындар; – су тасқыны кезеңіндегі булану шығынын бағалау және т.б.

3. Екінші кезеңде алынған фондық ақпараттың негізінде аумақты және ондағы нысандарды су басу қаупін сипаттайтын ең жоғары су өтімдері мен ең жоға-

ры су деңгейлерінің алдын ала болжамдық есептеулері жүргізіледі. Бұл кезеңде нақты маусым жағдайында қолайсыз апаттық құбылыстардың даму қаупі бағаланады.

4. Негізгі және анағұрлым жауапты кезең – жағдайдың дамуын қысқамерзімді болжау, су тасу толқындарының үйлесімін есептеу, шұғыл гидрометеорологиялық ақпараттың негізінде олардың түсу уақыты есептеледі (Кумани М.В., Апухтин А.В., 2012).

## **БАСТАПҚЫ ДЕРЕКТЕР ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ**

Бастапқы материалдар ретінде «Қазгидромет» РМК кадастрлық деректері (КСРО беттік су ресурстары, 1977, 1980); (Мемлекеттік су кадастры, 1987, 2002, 2004, 2017) пайдаланылды.

Есіл су шаруашылығы алабының гидрологиялық жағдайы өте айрықша (жазықтық Қазақстан, Орталық Азияның ағынсыз аудандарына жататын ағындысы тұрақты Қазақстанның оңтүстігі мен Батыс Сібірдің тоғысында орналасқан), осыған байланысты жергілікті ағынды қар еритін қысқа кезең ішінде ғана қалыптасады (қарастырылып отырған аймақ климатының өте құрғақ болуына байланысты). Сонымен қатар, жергілікті ағынды қалыптасу жағдайы қатты ерекшеленеді:

– суы аз жылдары жергілікті ағынды толығымен өзен арналарындағы жер бедерінің депрессияларын толтыруға жұмсалады, ағынды мөлшерінің аздығы соншалықты, ол өзен арналарына қардың жиналуына қарай қалыптасады;

– суы мол жылдары жер бедерінің депрессиялары суға толып, олар негізгі арнаға ағын береді (көктемнің қысқа мерзім ішінде өтуі, еріген қар суының өзен арнасына түсуіне ықпал етеді, нәтижесінде ағынды шығыны өте аз, ал су тасқыны жоғары болады) (Гальперин Р.И. және басқалар, 2012).

Аталған ауданның гидрологиялық жағдайының ерекшелігі – ағындының уақыт бойынша көпжылдық кезеңде де, жыл ішінде де барынша әркелкі таралуымен анықталады. Беттік ағынды қалыптастырудағы қардың айрықша рөліне орай Есіл су шаруашылығы алабының барлық өзендерінің су режимінің негізгі фазасы күрт айқындалатын көктемгі

су тасқыны кезеңінде ғана қалыптасады (көктемгі ағынды көлемі жылдық ағынды көлемінің 90-95 % - ын құрайды).

Ресейдің МГИ зерттеулерінің нәтижелері (КСРО беттік су ресурстары, 1959)

$$Y=f[(S+X), W, L] \quad (1)$$

мұндағы  $Y$  – ағынды көлемі, м<sup>3</sup>;  $S$  – көктемнің басында қар жамылғысына жинақталған су қоры, мм;  $X$  – көктемгі су тасқыны кезінде түскен жауын-шашын мөлшері, мм;  $W$  – су жинау алабы топырағының ылғалдылығы, мм;  $L$  – су жинау алабы топырағының қату тереңдігі, м.

### **ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ НӘТИЖЕЛЕРІ**

Қарастырылып отырған ылғалдылығы жеткіліксіз аумақ үшін, тек қана еріген қар суынан қалыптасатын беттік ағынды шамасы қар еру басталғанға дейінгі ылғал қорына ғана тәуелді емес, сонымен қатар еріген қар суының шығынына әсер ететін факторлармен анықталады. Есіл өзені алабы жағдайында көктемгі ағынды шығыны негізінен топыраққа сіңу арқылы жүреді. Бұл шығындардың мөлшеріне топырақ-грунттың сипаты және су жинау алабының бедері

Солтүстік және Орталық Қазақстанның далалық аймақтары аудандарының жылдық ағынды сипаттамаларын есептеу үшін тәуелділіктің келесі түрін пайдалану неғұрлым тиімді екенін көрсетті:

айтарлықтай ықпалын тигізеді, күз айларында топырақ-грунттың ылғалдануы ағындының сүзілу қабілетін едәуір төмендетеді.

Топырақтың ылғалдылығы мен қату тереңдігі жөнінде деректер жоқ болған жағдайда топырақ ылғалдылығының жанама сипаттамаларын пайдалануға болады. Көктемгі ағындымен айтарлықтай байланысы бар топырақ ылғалдылығының жанама сипаттамасы – өткен жылдың қыркүйек-қазан айларында, қар жинақталу басталғанға дейін алапқа түскен жауын-шашын мөлшері. Қардағы максимал су қорын қар жинақталу кезеңі қараша-наурыз айларында алапқа түскен қысқы жиынтық жауын-шашын мөлшерімен алмастыруға болады (Гальперин Р.И. және басқалар, 2012).

Гидрологиялық болжам жасауға қажетті бастапқы деректердің оңтайлы жиынтығын анықтау үшін көктемгі су тасқынының қалыптасуының жалпы заңдылықтарына назар аударайық:

$$Y=S+X-P \quad (2)$$

мұндағы  $Y$  – көктемгі су тасқынының ағынды көлемі;  $S$  – қар жамылғысындағы ең жоғары су қоры;  $X$  – қар еріген кезеңде түскен жауын-шашын мөлшері;  $P$

– еріген қар суының жиынтық шығыны. Еріген қар суының жиынтық шығыны былайша анықталады:

$$P=E+\Delta W+\Delta U_{\text{ыз}}+\Delta U_{\text{бет}} \quad (3)$$

мұндағы  $E$  – еріген қар суының қалыптасу кезеңіндегі булану шығыны;  $\Delta W$  – топырақтың ылғалдануына кеткен шығын;  $\Delta U_{\text{ыз}}$  – ыза суларының қорын толтыруға кеткен еріген қар суының шығыны;  $\Delta U_{\text{бет}}$  – еріген қар суының беттік тұтылуға кеткен шығыны.

Топырақтың аса жоғары ылғалдылығы күзде топырақ жамылғысында ылғалдылықтың жеткілікті деңгейде жоғары болуына және қыста жылымықтың жиі байқалуына байланысты. Сондықтан еріген қар суы шығынының негізгі факторы – топырақтың қату тереңдігі, ал қосымша фак-

торы – ылғал жеткіліксіз жылдардағы топырақтың ылғалдылығы. Топырақ-грунттың ылғалдануына кететін еріген қар суының шығыны негізінен топырақтың көктемгі ылғалдану мөлшері мен топырақтың қату тереңдігімен анықталады. Жер асты суларын толықтыру топырақтың су өткізгіштігімен анықталады, сондықтан  $\Delta U_{\text{ыз}}$  шамасын  $W$  және  $L$  мәндерімен байланыстыруға болады.

Зерттелетін аумақтағы көктемгі су тасқынының ағынды көлеміне және ең жоғары су өтіміне айтарлықтай әсер ететін қосымша фактор ағындының тоғандармен және

бөгендермен реттелуі болып табылады, олардың көпшілігі маусымдық реттеу санатына жатады (Есіл алабы су қоймаларының 40 %). Есіл су шаруашылығы алабында тоғандар мен бөгендердің белсенді құрылысы 1991 жылы, Есіл өзенінің өзінде 1973 жылы тоқтанды. (Есіл су қоймасы – 1958 ж., Астана су қоймасы – 1971 ж., Сергеев су қоймасы – 1969

ж., Петропавл су қоймасы – 1973 ж.). Көктемгі ағынды көлемін ұзақ мерзімді болжау үшін бастапқы деректер 1974 жылдан бастап 2018 жылға дейінгі кезең үшін алынады.

Сонымен, көктемгі су тасқынының ағынды көлемін регрессиялық теңдеулердің келесі түрлерін қолдана отырып, есептеуге болады:

$$Y=f(S, X, P) \tag{4}$$

$$P=f(W, L) \tag{5}$$

$$Y=f(S, X, W, L) \tag{6}$$

Регрессиялық теңдеулердің предикторлары ретінде келесі сипаттамалар таңдалды:

1. қар жамылғысындағы ең мол су қоры шамасы (S);
2. топырақтың көктем алды ылғалдылығының сипаттамасы (W);
3. топырақтың қату тереңдігі (L);
4. бірнеше уақыт аралығында алапқа түскен жауын-шашын мөлшері (X): қардағы ең мол су қорын анықтаған сәттен бастап қар еру басталғанға дейінгі уақыт (X1); қар еру басталғаннан қар жамылғысы кеткенге дейінгі уақыт (X2); қар жамылғысы кеткеннен су тасу аяқталғанға дейінгі уақыт (X3). (Абаев Н.Н., Биримбаева Л.М., Тілләкәрім Т.А., Серікбай Н.Т., 2021).

Қарастырылып отырған гидрологиялық бекеттер бойынша көктемгі су тасудың ағынды көлемін болжау үшін осы

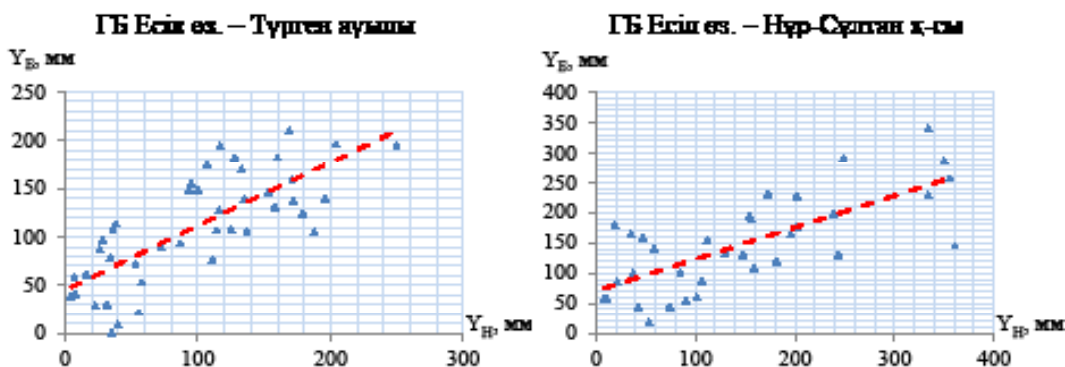
алапта орналасқан метеорологиялық станциялардың жоғарыда аталған шамаларының орташа арифметикалық мәндері пайдаланылды (Христофоров А.В., 1994); (Сикан А.В, 2007); (Давлетғалиев С.К., 2015).

Регрессиялық талдаудың негізінде көктемгі су тасудың ағынды көлемін есептеуге арналған келесі формулалар алынды (7), (8):

Есіл өзені – Түрген ауылы гидрологиялық бекеті үшін:  $Y=0,86 \times S + 1,28 \times P - 96,4$ ; (R=0,82) (7)

Есіл өзені – Нұр-Сұлтан қ-сы гидрологиялық бекеті үшін:  $Y=2,43 \times S + 2,58 \times P - 167$ ; (R=0,85) (8)

Ағынды көлемінің нақты және болжамдық мәндері байланысының графигі сурет 1 берілді.



**Сур. 1.** Көктемгі су тасудың ағынды көлемінің нақты және болжамдық мәндерінің байланысы

Көпөлшемді деректердің корреляциялық – регрессиялық талдауын (көптік регрессия теңдеуін) қолдана отырып, есептелген болжамдық мәндер бақыланған нақты

мәндерге айтарлықтай жуық мәндерге ие болды. Көпжылдық кезең байланысының тығыздығын сипаттайтын корреляция коэффициентінің мәні қанағаттанарлық (Есіл

өзені – Түрген ауылы үшін  $R=0,76$ , ал Есіл өзені – Нұр-Сұлтан қаласы үшін  $R=0,72$ ).

## **ҚОРЫТЫНДЫ**

Су тасқынының мониторингі және болжау жүйесінің барлық төрт кезеңін іске асыру процесі су тасқынының басталуына дайындық процесін оңтайландыруға, алдын алу іс-шараларының құрамын, орындалу мерзімдерін және басқа да ерекшеліктерін айқындауға, халықты, шұғыл және жедел қызмет көрсететін мекемелерді аумақты су басу қаупі туралы уақтылы және жедел хабардар етуге мүмкіндік береді.

Көктемгі ағындыны ұзақ мерзімді болжау және орта мерзімді болжау міндеттерін шешу үшін ағындыны талдау мен болжаудың анағұрлым қарапайым әдістері қолданылды. Болжау сұлбаларында ақырғы нәтижесінде ең мол ағындының қалыптасуын сипаттайтын, өзеннің су жинау алабында жүріп жатқан процестерді барынша толық сипаттауға қабілетті күрделі, детерминистік, стохастикалық моделдердің болмауы, болжамдық сұлбаларды құруға кететін шығынның аздығымен және күрделі физикалық тұрғыдан негізделген моделдердің көмегімен алынатын болжамдардан кем түспейтін болжамдық ақпараттың сапасымен өтеледі.

## **ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

1. Абаев Н.Н., Биримбаева Л.М., Тілләкәрім Т.А., Серікбай Н.Т. Прогнозирование объема стока половодья реки Есиль методом распознавания образов // Гидрометеорология и экология. – 2021. – №3. – С. 27-35.  
2. Борщ С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В. Система прогнозирования паводков и раннего оповещения о наводнениях на реках Черноморского побережья Кавказа и бассейна Кубани // Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра РФ. – 2015. – №356. – С. 1-247.  
3. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 312 с.  
4. Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К., Молдахметов М.М., Чигринцев А.Г., Махмудова

Л.К., Аvezова А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Том VII. Ресурсы речного стока Казахстана. Книга 1. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / под ред. Р.И. Гальперина – Алматы: Арко, 2012. – 684 с.  
5. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – Т.5, вып. 1. – 467 с.  
6. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1981-1990 гг. Бассейны рек Иртыш, Ишим, Тобол. – Алматы, 2002. – Книга 2, выпуск 1, часть 1. – 284 с.  
7. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1991-2000 гг. Бассейны рек Иртыш, Ишим, Тобол. – Алматы, 2004. – Книга 1, выпуск 1, часть 1. – 171 с.  
8. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 2001-2010 гг. Бассейны рек Ертыс, Есиль и Тобол (верхнее течение). – Астана, 2017. – Книга 1, выпуск 1, часть 1 и 2. – 266 с.  
9. Давлетгалиев С.К. Статистические методы обработки гидрологической информации. – Алматы: Қазақ университеті, 2015. – 276 с.  
10. Кумани М.В., Апухтин А.В. Прогнозирование основных элементов весеннего стока в рамках реализации системы мониторинга и прогнозирования половодья // Civil Security Technology. – 2012. – №4. – С. 68-74.  
11. Молдахметов М.М., Махмудова Л.К., Құрманғазы Е. Статистические параметры временных рядов стока весеннего половодья рек Есильского водохозяйственного бассейна // Вестник КазНУ, серия географическая. – 2020. – №1(56). – С. 39-49.  
12. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, Акмолинская область Казахской ССР. Под редакцией В.А. Урываева. – Л.: Гидрометеоздат, 1959. – вып. 1. – 789 с.

13. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 и весь период наблюдений). Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – Т.15, вып. 2. – 383 с.
14. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 и весь период наблюдений). Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – Т.15, вып. 2. – 291 с.
15. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2007. – 279 с.
16. Христофоров А.В. Теория случайных процессов в гидрологии. – М.: Изд. МГУ, 1994. – 143 с.

## REFERENCES

1. Abaev N.N., Birimbaeva L.M., Tilləkərim T.A., Serikbai N.T. Prognozirovanie ob»ema stoka polovod'ya reki Esil' metodom raspoznavaniya obrazov (Forecasting the volume of flood runoff of the Yesil river using the pattern recognition method), *Gidrometeorologiya i ekologiya*, 2021, No 3, pp. 27-35.
2. Borshch S.V., Simonov Yu.A., Khristoforov A.V. Sistema prognozirovaniya pavodkov i rannego opoveshcheniya o navodneniyakh na rekakh Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza i basseina Kubani (Flood forecasting and early warning system for rivers of the Black sea shore of Caucasian region and the Kuban river basin), *Trudy gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra RF*, 2015, No 356, pp. 1-247.
3. Vinogradov Yu.B. Matematicheskoe modelirovanie protsessov formirovaniya stoka (Mathematical modeling of runoff formation processes), *Leningrad, Gidrometeoizdat*, 1988, 312 p.
4. Gal'perin R.I., Davletgaliev S.K., Moldakhmetov M.M., Chigrinets A.G., Makhmudova L.K., Avezova A. Vodnye resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz, upravlenie. Resursy rechnogo stoka Kazakhstana. Vozobnovlyaemye resursy poverkhnostnykh vod Zapadnogo, Severnogo, Tsentral'nogo i Vostochnogo Kazakhstana (Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management. Resources of the river flow of Kazakhstan. Renewable surface water resources of Western, Northern, Central and Eastern Kazakhstan), *Vol. VII, Book 1, Almaty, Arko*, 2012, 684 p.
5. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr, Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi, *Basseiny Irtysha, Ishima, Tobola (State Water Cadastre, Long-term data on the regime and resources of land surface waters, River basins off Irtysh, Ishim, Tobol)*, *Leningrad, Gidrometeoizdat*, 1987, Vol. 5, Issue 1, 467 p.
6. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr Respubliki Kazakhstan, Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi 1981-1990 gg., *Basseiny rek Irtysh, Ishim, Tobol (State Water Cadastre of the Republic of Kazakhstan, Long-term data on the regime and resources of surface waters of the land 1981-1990, River basins off Irtysh, Ishim, Tobol)*, *Almaty, 2002, Book 2, Issue 1, Part 1*, 284 p.
7. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr Respubliki Kazakhstan, Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi 1991-2000 gg., *Basseiny rek Irtysh, Ishim, Tobol (State Water Cadastre of the Republic of Kazakhstan. Long-term data on the regime and resources of surface waters of the land 1991-2000. River basins off Irtysh, Ishim, Tobol)*, *Almaty, 2004, Book 1, Issue 1, Part 1*, 171 p.
8. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr Respubliki Kazakhstan, Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi 2001-2010 gg., *Basseiny rek Ertis, Esil' i Tobol (verkhnee techenie) (State Water Cadastre of the Republic of Kazakhstan, Long-term data on the regime and resources of land surface waters 2001-2010, River basins off Irtysh, Ishim, Tobol (upper course))*, *Astana, 2017, Book 1, Issue 1, Part 1-2*, 266 p.
9. Davletgaliev S.K. Statisticheskie metody obrabotki gidrologicheskoi informatsii (Statistical methods of processing hydrological information), *Almaty, Kazak universiteti*, 2015, 276 p.
10. Kumani M.V., Apukhtin A.V. Prognozirovanie osnovnykh elementov vesennego stoka v ramkakh realizatsii sistemy monitoringa i prognozirovaniya polovod'ya (Forecasting of spring drain basic elements within the limits of realization of monitoring

- system and high water forecasting) Civil Security Technology, 2012, No 4, s. 68-74.
11. Moldakhmetov M.M., Makhmudova L.K., Kurmangazy E. Statisticheskie parametry vremennykh ryadov stoka vesennego polovod'ya rek Esil'skogo vodokhozyaistvennogo basseina (Statistical parameters of time series of spring runoff flood of rivers of the Yesil water-economic basin) Vestnik KazNU, seriya geograficheskaya, 2020, No 1(56), s. 39-49.
12. Resursy poverkhnostnykh vod raionov osvoeniya tselinnykh i zaleznykh zemel', Akmolinskaya oblast' Kazakhskoi SSR (Surface water resources of virgin and fallow lands development areas of Akmola region of the Kazakh SSR), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1959, Issue 1, 789 p.
13. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR, Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki (za 1963-1970 i ves' period nablyudenii), Basseiny Irtysha, Ishima, Tobola (Surface water resources of the USSR, Main hydrological characteristics (for 1963-1970 and the entire observation period), River basins off Irtysh, Ishim, Tobol), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977, Vol. 15, Issue 2, 383 p.
14. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR, Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki (za 1971-1975 i ves' period nablyudenii), Basseiny Irtysha, Ishima, Tobola (Surface water resources of the USSR, Main hydrological characteristics (for 1971-1975 and the entire observation period), River basins off Irtysh, Ishim, Tobol), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1980. Vol. 15, Issue 2, 291 p.
15. Sikan A.V. Metody statisticheskoi obrabotki gidrometeorologicheskoi informatsii (Methods of statistical processing of hydrometeorological information), Sankt-Peterburg, RGGMU, 2007, 279 p.
16. Khristoforov A.V. Teoriya sluchainykh protsessov v gidrologii (Theory of random processes in hydrology), Moscow, MGU, 1994, 143 p.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ

М.М. Молдахметов<sup>1</sup>, Л.К. Махмудова<sup>2</sup>, Г.М. Камбарбеков<sup>3</sup>, М.Н. Жулкайнарова<sup>2</sup>

*1Международный Таразский инновационный институт, г. Тараз, Казахстан*

*2Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан*

*3Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан*

*E-mail: Makhmudova.Lyazzat@kaznaru.edu.kz*

В статье обосновано, что процесс реализации мониторинга и прогнозирования половодья позволит оптимизировать процесс подготовки к наступлению половодья, определения состава, сроков выполнения и других особенностей проведения превентивных мероприятий для своевременного и оперативного оповещения населения о риске затопления территории. В научном исследовании приведены результаты прогнозирования объема стока весеннего половодья с применением регрессионного анализа. Прогнозные значения, рассчитанные с применением корреляционно-регрессионного анализа многомерных данных (уравнение множественной регрессии) показали достаточно близкие значения с фактически наблюдаемыми значениями, с удовлетворительной корреляцией за многолетний период ( $R=0,76$  для р. Есиль – с. Турген;  $R=0,72$  для р. Есиль – г. Нур-Султан). Сделан вывод, что применяемые наиболее простые методы анализа и прогноза стока по качеству предоставляемой прогнозной информации не уступают прогнозам, получаемых при использовании сложных физически обоснованных моделей.

**Ключевые слова:** половодье, объем стока половодья, стокоформирующие факторы, мониторинг половодья, прогноз

**FORECASTING OF THE MAIN ELEMENTS OF THE FLOOD WATER**

**M.M. Moldakhmetov<sup>1</sup>, L.K. Makhmudova<sup>2</sup>, G.M. Kambarbekov<sup>3</sup>, M.N. Zhulkainarova<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>International Taraz Innovative Institute, Taraz, Kazakhstan*

*<sup>2</sup>Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan*

*<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

*E-mail: Makhmudova.Lyazzat@kaznaru.edu.kz*

The article substantiates that the process of implementing flood monitoring and forecasting will optimize the process of preparing for the onset of high water, determining the composition, deadlines and other features of preventive measures for timely and prompt notification of the population about the risk of flooding of the territory. The scientific study presents the results of forecasting the volume of spring flood runoff using regression analysis. The predicted values calculated using correlation and regression analysis of multidimensional data (multiple regression equation) showed fairly close values with the actually observed values, with a satisfactory correlation over a long-term period ( $R=0,76$  for Yesil – Turgen;  $R=0,72$  for Yesil – Nur-Sultan). The conclusion is made that the most simple methods of analysis and prediction of runoff are used in terms of the quality of the forecast information provided are not inferior to the forecasts obtained using complex physically based models.

**Keywords:** flood water, flood runoff volume, runoff-forming factors, flood monitoring, forecast