

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-83-90.14>

GTAMP 70.19.15

ӨОЖ 556.048 631.67:255. 631.563.2

А. Р. Вагапова*¹, К. Е. Калиева², М. С. Набиоллина³, Б. С. Ботантаева⁴

¹Т. ғ. к., аға оқытушы (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; vagapova-alina@rambler.ru)

²PhD, аға оқытушы (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; karla_3@mail.ru)

³А-ш.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; nabiollina73@mail.ru)

⁴Т.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Қ. И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; botantaeva_b@mail.ru)

ШУ ӨЗЕНІНІҢ МЫСАЛЫНДА СУ ТАРАТУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ӘДІСІ

Аннотация. Суармалы егіншілік пен табиғи-шаруашылық кешендерінің су тұтынушыларын сумен қамтамасыз етудің «қысымшылық» коэффициентін бағалау және тағайындау әдістемесі әзірленді. Су ресурстары ағынының белгісіздігі жағдайында суды бөлуді оңтайландыру мәселелері қарастырылады. Көп мақсатты мәселені шешу үшін қоршаған ортаны қорғау шығарындыларын су аз және орташа жылдары интервалында критерийлік жағдайда «қысымшылық» шектеумен суды бөлуді оңтайландыру әдісі ұсынылған. Мақалада су ресурстары ағынының анықталмағандығы жағдайында су таратуды оңтайландыру мәселелері қарастырылған. Суармалы егіншіліктің су тұтынушыларына және табиғи-шаруашылық кешендеріне су берудің "қысымшылық" коэффициентін бағалау және тағайындау әдістемесі әзірленді. Ең маңызды теріс экологиялық нәтиже-жыл ішінде де, көпжылдық кезеңде де ағынның төмендеуі, сондай-ақ су аз жылдар циклінің жасанды өсуі. Көп мақсатты мәселені шешу үшін суы аз және суы орташа жылдар аралығындағы табиғатты қорғау ағындарын шектеудің критерийлік шартымен су бөлуді оңтайландыру әдісі ұсынылды. Өзен экожүйелерін сақтау үшін қазіргі кезеңдегі ең маңызды міндет өзендердің экологиялық ағынын алу мен орнатудың рұқсат етілген көлемін ғылыми негіздеу болып табылады. Сонымен қатар, бұл экологиялық нормалау барлық су ағындарына ортақ қасиеттерге ие. Дегенмен, әр өзеннің экожүйесінің географиялық орналасуымен, климаттық, морфологиялық, гидрологиялық және басқа жағдайлармен анықталатын өзіндік ерекшеліктері мен ерекшеліктері бар. Сондықтан, экожүйелердің даралығы мен бірегейлігіне байланысты олардың әрқайсысы үшін экожүйенің әсері мен жай-күйінің антропогендік факторларының барлық түрлерін бағалау бойынша тиісті зерттеулер жүргізілуі керек.

Түйін сөздер: өзен бассейні, "қысымшылық" коэффициент, суды бөлу, су тұтыну, критериялды бағалау, өзеннің экологиялық ағынын болжамды қамтамасыз ету.

Кіріспе. Шетелдік тәжірибеде қазіргі уақытта экологиялық ағынды қалыптастырудың блоктық әдісі кеңінен қолданылады. Әдетте, ағынның бүкіл жылдық кезеңі 4-5 блокқа бөлінеді. Блоктардың әрқайсысының өзіндік функционалды мақсаты бар. Мысалы, қысқы режим кезеңі, су тасқыны кезеңі, су тасқынының құлдырау кезеңі, мұз қату кезеңі. Осы экологиялық ағын блоктарының әрқайсысы өзен экожүйесін сақтауға байланысты белгілі бір міндеттерді шешеді. Мысалы, қыста (Жайық өзені) типтік гидробиологиялық режимді және стандартты оттегі режимін қамтамасыз ету, көктемгі мезгілде жайылма шалғындардың (Ертіс өзені, Шу өзені) және атыраулық аймақтардың (Іле өзені) түрлік биоәртүрлілігін және флора мен фаунаның көбеюін қамтамасыз ету, су тасқынынан кейін жас балықтарды өзенге жіберу (Ертіс өзені, Жайық өзені), топырақтың шайылуы, стандартты гидрохимиялық жағдайлар мен температуралық жағдайларды қамтамасыз ету және т.б.

Өзендік экожүйелерінің даму сценарийлерін қолданыстағы математикалық модельдер арқылы бағалауға болады, бірақ модельдеу үшін өзен арнасының да, жайылмалардың морфометриялық сипаттамаларын да, өзеннің гидрологиялық режимін де, ең бастысы, су тасқынының реакциясын белгілеу қажет.

Көптеген зерттеушілер мойындаған өзен жайылмаларының экожүйесінің жай-күйінің көрсеткіштерінің бірі өсімдіктер бірлестігінің биоөнімділігі мен флористикалық құрамы болып табылады. Өсімдіктердің биомассасы фотосинтездің бастапқы өнімі болып табылады және ол бүкіл экожүйенің дамуы мен тұрақтылығын анықтайды.

Су ресурстарын шекті алудағы бағалау проблемасын шешудегі ең әлсіз жер өзендердің жайылмаларының шабындық қауымдастықтарының гидрологиялық режимімен, су тасқыны кезеңіндегі су жіберу көлемімен сандық байланыстарының болмауы болып табылады. ҚР өзендерінің атыраулары мен жайылмалары бойынша ботаникалық зерттеулердің елеулі ақпараттарының болуына қарамастан, бұл зерттеулер, ең алдымен, атыраулар мен жайылмалардың өсімдік өнімдерін шаруашылық пайдалануды бағалауға бағытталған. Көп жағдайда биоөнімділік гидрологиялық режимнің сандық көрсеткіштерімен байланысты болмады.

Экологиялық рұқсат етудің кепілдендірілген көлемін белгілеу мәселесін шешу үшін жайылма экожүйелерінің биоөнімділігінің өзеннің гидрологиялық режиміне тәуелділігін анықтау қажет. Биоөнімділік, жоғарыда айтылғандай, сумен қамтамасыз етілуіне, су басу уақыты мен ұзақтығына байланысты.

Өз кезегінде су қоймасынан су жіберу кезінде су басудың ауданы мен ұзақтығы су жіберу көлемімен және су беру графигімен анықталады. Табиғи жағдайда су тасқынының көлемі және оның гидрографы.

Қазіргі уақытта экологиялық ағынды орнату мәселесі өткір тұр.

Экологиялық ағынды орнатуды талдауға көптеген авторлар атап айтсақ: Авакян А. Б., Маркина В. Н., Владимирова А. М., Дубинина В. Г., Раткович Д. Я., Яцык А. В., Черняева А. М., Шахова И. С., Фащевский және т. б. [1-9] өз жарияланымдарын арналған. Қазіргі уақытта су қоймаларымен ағынды реттеу кезінде өзендердің экологиялық шығарылымдарын негіздеу үшін бекітілген нормативтердің болмауына байланысты өзен экожүйелерінің барлық жерінде деградация процестері жүріп жатыр. Тіпті «Су ресурстарын кешенді пайдалану және қорғау схемалары» (СРКПҚС) жобаларында да экологиялық шығарылымдар түсінігі «санитарлық шығарылымдар», «қоршаған ортаны қорғау шығарындылары» сияқты анықтамалармен шектеледі және көп жағдайда өте шектеулі және өзен экожүйесін сақтауды қарастырмайды [1].

Бұл мәселе бойынша А. В. Яциктің ұстанымы белгілі, өзеннің экологиялық ағыны қамтамасыз етуі керек [4]:

– өзен ағынында «гидродинамикалық тепе-теңдікті» сақтау, ағынның тасымалдау қабілетін және арнаның қалыптасу процесін қамтамасыз ету, бұл ағынның жылдамдығын есепке алуды негіздеуге келеді;

– қолайлы су режимін сақтау, су экожүйелерінің биологиялық өнімділігін және ағындағы еріген оттегінің мөлшерімен бағаланатын су ағындарын тазарту мүмкіндігін қамтамасыз ету.

Бұл ережелер барынша ықшамдалған және тек жалпы сапалық талаптарды тұжырымдайды.

Фащевский Б. Ф., Бурлибаев М. Ж. осы берілген дереккөзде су ресурстарын шекті рұқсат етілген сандық алудың нормативтерін (ЖҚҚ) экологиялық ағынды (ЭҚ) максималды алу нормаларын әзірлеуді ұсынады. Орындалған зерттеулерге сәйкес, қажетті қоршаған орта ағыны орташа жылдық ағынның 40-65% құрайды [1].

Заманауи жағдайларда аридті аймақта өзен жайылмалары игерілді, жайылма шалғындар – шабындық және жайылымдық жерлер болып табылады, өзен және атырау көлдері балық аулау үшін пайдаланылады және қазірдің өзінде инженерлік сумен жабдықтау жүйесімен қамтамасыз етілген табиғи шаруашылық жүйелерге (ТШЖ) жатады.

Осы жағдайларда шаруашылық салаларының және экологиялық-экономикалық жүйелердің су пайдаланушылары арасында өзен бассейндеріндегі су ресурстарын бөлу бойынша практикалық мәселелерді шешу қажеттілігі туындайды.

Зерттеу жұмысының мақсаты: судың таралуын оңтайландыруды, жыл ішінде де, көпжылдық кезеңде де ағынның төмендеуін, сондай-ақ су аз жылдар циклінің жасанды өсуін ұстап тұру.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Бұл мақалада өзен бассейнінің су балансы негізінде су ресурстары үшін «қысымшылық» коэффициентін бағалау және тағайындаудың әзірленген әдіс-төмесі және суару және табиғи жүйелердегі 10%-ға дейінгі шекті рұқсат етілген қысымшылық қарастырылады [1, 10].

Шу өзені бассейнінің мысалында екі мақсатты міндет қарастырылады, оларға төмендегідей мақсатты міндеттер кіреді:

1) Қолданыстағы суару жүйелерін оңтайлы сумен қамтамасыз ету;

2) өзеннің төменгі ағысына қоршаған ортаны қорғау (экологиялық) шығарындылары суымен қамтамасыз ету.

Бұл жағдайда оңтайландыру критерийін таңдаудың күрделілігі осы мақсаттардың сәйкессіздігінен туындайды.

Табиғи органы сумен қамтамасыз ету мен өзен алабындағы суаруды дамыту арасындағы қайшылық мынада: өзен ағынының кез келген елеулі өзгерісі (су қоймасымен реттелуі, шаруашылық мақсатындағы қайтарымсыз су алуы) тіршілікті қамтамасыз ететін фактор болғандықтан, қолайсыз экологиялық зардаптарға әкеледі.

Су шаруашылығы мақсатында ұсынылып отырған әдіс инженерлік сипатта болуы, есептеу формулалары болуы және өзен аңғарында тұратын халықтың қажеттіліктерін ескеруі қажет.

Қарастырылып отырған мәселеде ең алдымен табиғи жүйелердің даму заңдылықтарына жүгіну қажет.

Нәтижелер және оны талқылау. Ішкі динамикалық тепе-теңдік заңына сәйкес (і.д.т.т.) негізгі көрсеткіштердің кез келген өзгерісі (зат, энергия, биологиялық популяциялардың ақпараты, экожүйелердің динамикалық сапалары) жүйелердің заттық-энергетикалық, ақпараттық және динамикалық сапаларының жалпы сомасын сақтайтын ілеспелі функционалдық-құрылымдық сандық және сапалық өзгерістерді тудырады [10, 11].

Ішкі динамикалық тепе-теңдік заңның салдарына мыналар жатады:

1) Қоршаған ортаның кез келген өзгерісі өзгерісті бейтараптандыруға қарай жүретін табиғи тізбекті реакциялардың дамуына сөзсіз әкеледі. Қоршаған ортадағы елеулі өзгерістермен процесс қайтымсыз сипат алуы мүмкін.

2) Материалдық-энергетикалық экологиялық компоненттердің, табиғи жүйелердің ақпараттық және динамикалық сапаларының өзара әрекеттесуі сандық жағынан сызықты емес, яғни әлсіз әсерде немесе көрсеткіштердің біреуінің өзгеруі басқаларында күшті ауытқуларын тудыруы мүмкін.

3) Табиғаттың кез келген жергілікті түрленуі биосфераның жаһандық жиынтығында және оның ірі бөлімшелерінде үлкен реакциялар туғызады, экологиялық және экономикалық әлеуеттің салыстырмалы өзгермейтіндігіне әкеледі, оның артуы тек энергетикалық инвестициялардың айтарлықтай ұлғаюы арқылы мүмкін болады. Экологиялық және экономикалық потенциалдың жасанды өсуі табиғи жүйелердің термодинамикалық тұрақтылығымен шектеледі.

Ішкі динамикалық тепе-теңдік заңы табиғатты пайдаланудағы негізгі ережелердің бірі болып табылады. Қоршаған ортадағы өзгерістер әлсіз және салыстырмалы түрде шағын аумақта өндірілетін болса, олар экожүйелік иерархия тізбегінде өшеді. Өзгерістер ірі экожүйелер үшін маңызды мәндерге жеткенде, мысалы, ірі өзен бассейндерінің (Арал теңізі бассейні) масштабында, олар осы кең түзілімдердің елеулі ығысуына әкеледі.

Табиғатты пайдаланудағы он пайыздық ережеде былай дейді: экологиялық пирамиданың бір трофикалық деңгейінен екіншісіне 10% (7% -дан 17% -ға дейін) энергияның (немесе энергетикалық мағынада материяның) орташа максималды өтуі, әдетте, экожүйе үшін жағымсыз салдарларға әкелмейді [1, 10].

Табиғи жүйеге ықтимал әсерлерді бағалау үшін белгілі бір өзен бассейніндегі адамның шаруашылық қызметінің жинақталған тәжірибесін пайдалану немесе шектеу критерийлерін белгілеу қажет.

Тәжірибе көрсеткендей, стационарлық популяцияларда 10-30% организмдердің жойылуы популяцияның стационарлық (дәлірек айтқанда квазистационарлық) күйден кетуіне әкелмейді [10, 12].

Осылайша, аридті аймақ өзендерінің жайылма шалғындарының жайылымдық-шабындық су ресурстарының максималды шегі 30%-дан аспауы мүмкін.

Табиғи жүйелер дамуының жоғарыда аталған заңына сүйене отырып, өзен бассейнінің табиғи жүйесінің өзгеруіне адам қызметінің әсерін бағалаудың бірден-бір критерийі берілген экологиялық және экономикалық потенциалдар үшін табиғи жүйенің термодинамикалық тұрақтылығының критерийі болуы мүмкін.

Бұл тәсілдің бүкіл күрделілігі оны экономикалық тұрғыдан бағалаудың мүмкін еместігімен қиындай түседі, өйткені ол табиғи жағдайлардың «салмақсыз артықшылықтарын» қамтиды [13].

Экологиялық шектеулерді ескере отырып, табиғи және энергетикалық әлеуетті критериялды бағалауды жүргізу ұсынылады.

Бұл жағдайда өзен бассейндеріндегі агроөнеркәсіптік ландшафттарды дамытудың практикалық тәжірибесіне сүйенген жөн болар. Біріншіден, табиғи жүйелердің деградациясының критерийлері мен антропогендік әсерлердің жеткілікті нақты сапалық және сандық бағасы қажет.

Аридтік аймақтағы негізгі және абсолютті шектеуші көрсеткіштердің бірі су шаруашылығы балансы болып табылады [11, 13]:

$$W_j \geq \sum_{i=1}^{i=n} Potr_i, \quad (1)$$

мұндағы W_j – су алу орнындағы болжамды қамтамасыз етудің жылдық ағыны; $Potr_i$ – су пайдаланушылардың жылдық су тұтынуы.

Өзен бассейнінің су ресурстарын су пайдаланушылар арасында бөлу үшін келесі мәселелерді шешу қажет:

- 1) су ресурстарын сандық және сапалық тұрғыдан бағалау, олардың жыл ішінде бөлінуі;
- 2) әртүрлі су пайдаланушылардың сумен жабдықтауға қойылатын талаптарын анықтау, орны толмас ысыраптардың шамасын және тұтынушылардың су сапасына әсерін белгілеу;
- 3) мүмкін болатын ысыраптарды ескеріп, ағынды реттеуді жүргізе отырып және қабылданған уақыт шкаласы бойынша жеке учаскелер бойынша арна баланстарын (егер резервуар болса) жасау;
- 4) нақты табиғи бассейнің объектілеріне су факторының рұқсат етілген әсерін, ағын сапасының өзгеруін бағалай отырып, су ресурстарын алудың ықтимал көлемдерін белгілеу;
- 5) белгіленген өлшемдерді басшылыққа ала отырып, су ресурстарын түйіндік нүктелер (кима) бойынша бөлуді жүзеге асыру.

Әдетте орташа жылдық немесе белгіленген (75-90%) қамтамасыздандықтан бастау. Бұл жағдайда берілген сенімділік интервалында барлық су тұтынушыларының қажеттіліктерін қанағаттандыру мәселесін шешу қажет:

$$W_{min} \leq W_i \leq W_{max}. \quad (2)$$

Мұндағы, W_{min} , W_{max} – болжамды қамтамасыз ету ағынының ықтимал көлемдері.

Егер күтілетін ағынды болжау мүмкін болса, күтілетін ағынның ықтимал ауытқу аймағы болжам дәлдігі сенімділік интервалымен шектеледі, яғни шектік мәндер қабылданған сенімділік шартымен анықталады. Осылайша 95% сенімділікте

$$W_i = W_{cp} \pm 2\sigma. \quad (3)$$

Осылайша, негізгі детерминирленген шешім, орташа ұзақ мерзімді ағын суға сәйкес табиғи кешендерді қоса алғанда, барлық қажеттіліктерді қанағаттандыру шарты болып табылады.

Су аз болған жылдары ($j = 75-95\%$) су ресурстарының тапшылығы байқалады:

$$D_j = W_j - Potr_{cp}. \quad (4)$$

Оңтайландырудың келесі мәселесі тұтынушыларды сумен қамтамасыз ету көлемдерін белгілеу және тұтынушылар мен табиғи кешендердің құрамдас бөліктерінің судағы қысымшылық критерийлерін таңдау болып табылады.

Сумен жабдықтауды қысымшылық коэффициенттері α_i барлық тұтынушыларды қанағаттандыру үшін енгізілген. Қысымшылық коэффициентінің орташа мәні анықтамалық жылдың су тапшылығымен анықталады:

$$\alpha_i = W_j / Potr_{cp}, \quad (5)$$

мұнда W_j – берілген ықтималдықтағы өзен алабындағы жылдық ағынның көлемі; $Potr_{op}$ – орташа ұзақ мерзімді жылдағы су шығыны.

α_i орташа мәні негізінде әрбір су пайдаланушыға қысымшылық коэффициенттері тағайындалады. Мысалы, экологиялық шығарылымдар үшін 0,9-0,7 қабылданады; суармалы алқаптар үшін 0,9-0,7; бірінші суару 0,8-0,5. Содан кейін есептік сумен жабдықтауда су ресурстарының балансы бақыланады [12]:

$$W_j \geq \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i Potr_i, \quad (6)$$

мұнда $Potr_i$ – орташа ұзақ мерзімді жылдағы су пайдаланушыға жылдық су беру көлемі; α_i – су пайдаланушылардың қысымшылық коэффициенттері.

Өте құрғақ жылдарда $P_j \geq 90\%$ қысымшылық коэффициенттері қабылданған есептелгеннен төмен белгіленген кезде өзеннің жоғарғы ағысынан бастап әрбір суармалы массив үшін суармалы алқапқа шектеулер енгізу қажет болады.

Су шаруашылығын жоспарлауда «есептелген қолжетімділік» критерийі кеңінен қолданылады, бұл тұтынушыны толық сумен қамтамасыз етуге кепілдік берілген барлық есеп айырысу кезеңінің ықтимал жылдарының санын білдіреді.

Есептелген сумен жабдықтауды белгілеу мәселесі сумен жабдықтау көлемінің азаюынан келтірілген залалды экономикалық бағалаудағы үлкен белгісіздікпен байланысты.

Сондықтан су қажеттілігін қамтамасыз етудің бірқатар нұсқаларын қарастырып, нұсқалардың техникалық-экономикалық негіздемесін жасаған дұрысырақ болар еді.

Есептелген қолжетімділік су ресурстарын басқару балансын әзірлеудегі негізгі бастапқы мәндердің бірі болып табылады.

Белгіленген жобалау тәжірибесі негізінде жобалау қауіпсіздігінің келесі мәндері қабылданады (%-бен) [11, 13]:

Ауыз және өндірістік сумен қамтамасыз ету	95-97;
гидроэнергетика	90-95;
су транспорты (магистралдың класына байланысты)	90-99;
жүйелі суару	75-85;
көлтабандап суару	50-75;
балық шаруашылығы	75-95.

Ауыл шаруашылығы өндірісінің бірқатар қосалқы салалары, табиғи кешендер үшін бағалау қауіпсіздігінің белгіленген мәндері жоқ. Қолданыстағы жобалау және пайдалану тәжірибесін талдау негізінде жобалау қауіпсіздігінің келесі мәндерін ұсынуға болады (%-бен):

Ауыл шаруашылығын сумен қамтамасыз ету	95-97;
Суландыру	90-95;
суару ағындары арқылы жайылмалардың су басуы	70-80;
көл-өзен жүйесін сақтауға арналған ағындар	75-90;
судың сапасын сақтау үшін санитарлық шығарылымдар	95-97.

Жоғарыда келтірілген мәндерді бассейнің нақты жағдайлары негізінде, ең алдымен, су көзі ағынының нақты өзгермелілігіне негіздеп нақтылауға болады.

Күтілетін құрғақ жылдардағы есептеулерден кейін әрбір берілген P_j үшін су пайдаланушылардың орташа өлшенген қысымшылығы есептеледі:

$$\alpha_{op} = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i p_i / Pop. \quad (7)$$

Барлық су пайдаланушылар үшін су қамтамасыздығының жалпы көрсеткіші келтірілген қамтамасыздық болуы мүмкін [11]:

$$P = \alpha_{50} P_{50} + (P_{75} - P_{50}) \alpha_{75} / \alpha_{50} + (P_{90} - P_{75}) \alpha_{90} / \alpha_{75} + (P_{100} - P_{90}) \alpha_{100} / \alpha_{90}, \quad (8)$$

Мұнда α_{50} , α_{75} , α_{90} , α_{100} – жобалық нысанаға сәйкес келетін су ағынының болуымен орташа өлшенген қысымшылық коэффициенттері.

Ауыл шаруашылығы өндірісін сумен қамтамасыз ету мәселесін, экологиялық және әлеуметтік талаптарды бірлесіп шешу кезінде бірнеше мақсатты функцияларды қанағаттандыру қажет. Оның бірнеше тәсілдер бар.

Ауыл шаруашылығы өнімдерін максималды өндіру қажет деп есептейік (табиғи кешендердің биоөнімділігін ескере отырып), онда бұл мақсатты функцияның энергиямен өрнектелген биомас-самен көрсетуге болады:

$$\max_{\{x_{ij}\}} \sum_{j=1}^n p_j x_j. \quad (9)$$

Мұнда p_j – барлық инвестицияланған энергия шығындарын алып тастағандағы су басқан алқаптардың, іргелес жайылымдардың, су экожүйелерінің, суармалы жерлердің ауданы бірлігіне шаққандағы энергетикалық өнімділігі; x_j – сумен жабдықтау көлеміне байланысты айнымалы көрсеткіштер.

Табиғи және экологиялық талаптар шектеулер түрінде бөлуге болады:

$$P\% = 75\%, \quad (10)$$

$$\alpha_1 \leq x_1 / x_{1 \max} \leq 1, \quad (11a)$$

$$\alpha_2 \leq x_2 / x_{2 \max} \leq 1, \quad (11b)$$

$$\alpha_3 \leq x_3 / x_{3 \max} \leq 1, \quad (11b)$$

мұнда $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – сумен қамтамасыз етуде табиғи кешендердің рұқсат етілген шектеулері; $x_{1 \max}, x_{2 \max}, x_{3 \max}$ – ылғалды жылдарда су басу көрсеткіштері ($P\% = 10\%$).

Шу өзені бассейнінде суды бөлуді оңтайландыру мәселесін шешу кезінде (10) және (11с) критерийлері және Созақ ауданы бойынша шектеу критерийі ($Zat x_3$) келесі түрде пайдаланылды:

$$0,7 \leq x_3 / x_{3 \max} \leq 1 \text{ при } P\% = 75\%. \quad (12)$$

Төмендегі 1-кестеде үш аудан бойынша рұқсат етілген су алу және күтілетін су тасқыны аумақтары көрсетілген.

Су алудың рұқсат етілген көлемі және аудандар бойынша жайылманы су басуы, %

P, % ағын	Жылдық ағын, млн м ³	Су алу, млн м ³	% аудандар бойынша су басу		
			Мойынкүм	Сарысу	Созақ
50	1900	450	89	93	83
75	1600	300	86	89	70
90	1280	250	78	73	30

Қорытынды. Шу өзенінің төменгі ағысы мысалында су тасқыны алаңдары, су ресурстарының таралуы және 900-ден 2600 млн.м³ аралығындағы су тасқыны кезінде экожүйелердің тұрақты жұмыс істеуі анықталды. Жайылманың соңғы буынында (ОҚО төгілуі) су басудың рұқсат етілген ауданы кезінде Шу өзенінің төменгі ағысындағы экожүйелерді тұрақты шаруашылық пайдалану аймағы 30%-ға дейін белгіленді.

– 75% ағынды сумен қамтамасыз етілгенде, егер су қоймасындағы булану мен сүзілу ысыраптарын есепке алатын болсақ, онда кепілдік берілген қамтамасыз ету 260 млн. м³ болуы керек, бұл Тасөткел су қоймасынан төмен орналасқан 42 мың га суармалы жерді сумен қамтамасыз етуге жеткілікті;

– 90% қамтамасыз етілгенде және одан төмен жылдарда 210 млн м³ ге, ал 260 млн м³-ге жеткенде яғни, $\alpha_{суару} = 0,7$ рұқсат етілгенге дейін суаруды шектеу қажеттілігі туындайды, Өте аз қамтамасыздық жағдайында суару көлемін азайту қажет;

– 50 мың га суару көлемін қамтамасыз ету үшін $\alpha = 0,9$ қайтарымдылық коэффициентімен ұзақ мерзімді реттеу қажет.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Бурлибаев М. Ж., Фашевский Б. В., Опп К., Бурлибаева Д. М., Кайдарова Р. К., Вагапова А. Р. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. – Алматы: Каганат, 2014. – 408 с.
- [2] Шахов И. С. Водные ресурсы и их рациональное использование. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 289 с.
- [3] Черняев А. М., Дальков М. П., Шахов И. С., Прохорова Н. Б. Бассейн. Эколого-водохозяйственные проблемы, рациональное водопользование. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1995. – 365 с.
- [4] Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования. – Киев: Генеза, 1997. – 628 с.
- [5] Ковалевский В. С., Раткович Д. Я. Об экологически допустимых изъятиях речных вод // Водные ресурсы. – Алматы: Атамура, 2003. – 432 с.
- [6] Дубинина В. Г. Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). – М.: Экономика и информатика, 2001. – 120 с.
- [7] Владимиров А. М., Имамов Ф. А. Принцип оценки экологического стока рек. Вопросы экологии и гидрологические расчеты. – СПб., 1994.
- [8] Маркин В. Н. Внутригодовое распределение экологического стока малых рек // Материалы Международной научно-практической конференции. – М., 2006. – Ч. 1. – 9 с.

- [9] Авакян А. Б., Широков В. М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1994. – 319 с.
- [10] Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
- [11] Справочник мелиорация и водное хозяйство // Водное хозяйство. – М.: ВО Агропромиздат, 1988. – Т. 5. – 399 с.
- [12] Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М.: Изд-во "Наука", 1978. – 400 с.
- [13] Великанов А. Л. Водохозяйственные системы и расчетная обеспеченность // Водные ресурсы. – 1973. – № 5. – С. 179-183.
- [14] Экологические попуски // Публикации Тренингового центра МКВК. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2003. – Вып. 1. – 78 с.
- [15] Об утверждении Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов Постановление Правительства Республики Казахстан от 8 апреля 2016 года № 200 <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1600000200#z5>.

REFERENCES

- [1] Burlibayev M. Zh., Fashchevsky B. V., Opp K., Burlibayeva D. M., Kaidarova R. K., Vagapova A. R. Scientific basis for rationing the environmental flow of rivers in Kazakhstan. Almaty: Kaganat, 2014. 408 p. (in Russ.).
- [2] Shakhov I. S. Water resources and their rational use. Ekaterinburg: «AQUA-PRESS» Publishing House, 2000. 289 p. (in Russ.).
- [3] Chernyayev A. M., Dalkov M. P., Shakhov I. S., Prokhorova N. B. Swimming pool. Ecological and water management problems, rational water use. Ekaterinburg: Publishing house “Victor”, 1995. 365 p. (in Russ.).
- [4] Yatsyk A. V. Ecological foundations of rational water use. Kyiv: Geneza, 1997. 628 p. (in Russ.).
- [5] Kovalevsky V. S., Ratkovich D. Ya. On environmentally acceptable withdrawals of river waters // Water Resources. Almaty: Atamura, 2003. 432 p. (in Russ.).
- [6] Dubinina V. G. Methodological principles of environmental regulation of irrevocable withdrawal of river flow and establishment of environmental flow (release), M.: Economics and Informatics, 2001. 120 p. (in Russ.).
- [7] Vladimirov A. M., Imamov F. A. The principle of assessing the environmental flow of rivers. Ecological issues and hydrological calculations. St. Petersburg, 1994 (in Russ.).
- [8] Markin V. N. Intra-annual distribution of the ecological flow of small rivers // Materials of the International Scientific and Practical Conference. M., 2006. Part 1. 9 p. (in Russ.).
- [9] Avakyan A. B., Shirokov V. M. Rational use and protection of water resources. Ekaterinburg: Publishing House “Victor”, 1994. 319 p. (in Russ.).
- [10] Reimers N. F. Nature management: Dictionary-reference book. M.: Mysl, 1990. 639 p. (in Russ.).
- [11] Handbook of land reclamation and water management // Water management. M.: VO Agropromizdat, 1988. Vol. 5. 399 p. (in Russ.).
- [12] Buslenko N. P. Modeling of complex systems. M.: Publishing house “Nauka”, 1978. 400 p. (in Russ.).
- [13] Velikanov A. L. Water management systems and calculated supply // Water Resources. 1973. No. 5. P. 179-183 (in Russ.).
- [14] Ecological releases // Publications of the ICWC Training Center. Tashkent: SIC ICWC, 2003. Issue 1. 78 p. (in Russ.).
- [15] On approval of the General Scheme for the integrated use and protection of water resources Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated April 8, 2016 No. 200 <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1600000200#z5>. (in Russ.).

А. Р. Вагапова^{*1}, К. Е. Калиева², М. С. Набиоллина³, Б. С. Ботантаева⁴

¹К. т. н., старший преподаватель (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; vagapova-alina@rambler.ru)

²PhD, старший преподаватель (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; karla_3@mail.ru)

³К. с.-х. н., ассоциированный профессор (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан; nabiollina73@mail.ru)

⁴К. т. н., ассоциированный профессор (Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан; botantaeva_b@mail.ru)

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ШУ

Аннотация. Разработана методика оценки и назначения коэффициента «ущемления» подачи воды водопотребителям орошаемого земледелия и природно-хозяйственным комплексам. Рассмотрены вопросы оптимизации водораспределения в условиях неопределенности притока водных ресурсов. Для решения многоцелевой задачи предложен метод оптимизации водораспределения с критериальным условием ограничения ущемления природоохранных попусков в интервале маловодных и средних по водности лет. Рассматриваются вопросы оптимизации водораспределения в случае неустановления притока водных ресурсов. Разработана методика оценки и назначения коэффициента «ущемления» и «напорного» коэффициента

подачи воды водопотребителям и природно-хозяйственным комплексам орошаемого земледелия. Важнейший отрицательный экологический результат – снижение стока как в течение года, так и в многолетнем периоде, а также неестественный рост цикла маловодных лет. Критерий ограничения природоохранных стоков между маловодными и средними водными годами рассмотрен для решения многоцелевого вопроса. Для сохранения речных экосистем важнейшей задачей на современном этапе является научное обоснование допустимых объемов получения и установления экологического стока рек. Кроме того, экологическое нормирование имеет общие свойства для всех водотоков. Однако экосистема каждой реки имеет особенности, которые определяются географическим положением, климатическими, морфологическими, гидрологическими и другими условиями. Поэтому в зависимости от индивидуальности и уникальности экосистем для каждой из них должны проводиться соответствующие исследования всех видов антропогенных факторов воздействия и состояния экосистемы.

Ключевые слова: речной бассейн, коэффициент ущемления, водораспределение, водопотребление, критериальная оценка, расчетная обеспеченность, экологический сток реки.

A. R. Vagapova^{*1}, K. Ye. Kaliyeva², M. S. Nabiollina³, B. S. Botantaeva⁴

¹Candidate of technical sciences (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; vagapova-alina@rambler.ru)

²PhD (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; karla_3@mail.ru)

³Candidate of agricultural sciences (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; nabiollina73@mail.ru)

⁴Candidate of technical sciences (Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan; botantaeva_b@mail.ru)

METHOD FOR OPTIMIZING WATER DISTRIBUTION BY THE EXAMPLE OF THE SHU RIVER

Abstract. A methodology has been developed for assessing and assigning a coefficient of "infringement" of water supply to irrigated agricultural consumers and natural and economic complexes. The issues of optimizing water distribution in the context of uncertainty of the inflow of water resources are considered. To solve the multipurpose problem, a method was proposed for optimizing water distribution with a criterion condition for limiting the infringement of environmental launches in the interval of low-water and medium-water years. The article discusses the issues of optimizing water distribution in the event of a lack of water inflow. A methodology was developed for assessing and assigning a "infringement" factor for the "pressure" coefficient of water supply to water consumers and natural and economic complexes of irrigated agriculture. The most important negative environmental result is a decrease in runoff both during the year and in the long-term period, as well as an unnatural increase in the cycle of low-water years. The criterion for limiting environmental effluents between low-water and medium-water years has been considered to solve a multipurpose issue. To preserve river ecosystems the most important task at the present stage is the scientific substantiation of the permissible volumes of receiving and establishing the environmental flow of rivers. In addition, this environmental regulation has common properties for all watercourses. However, the ecosystem of each river has its own characteristics and characteristics, which are determined by geographical location, climatic, morphological, hydrological and other conditions. Therefore, depending on the individuality and uniqueness of ecosystems, appropriate research should be carried out for each of them to assess all types of anthropogenic impact factors and the state of the ecosystem.

Keywords: river basin, infringement coefficient, water distribution, water consumption, criteria assessment, estimated security, ecological flow of the river.