

С.Б. Саиров¹, А.С. Пшенчинова^{1,*}, Б.Б. Айтымова¹,
Н.Н. Абаев¹, Т.А. Тілләкәрім^{1,2}, Н.Т. Серікбай^{1,2}

¹«Қазгидромет» РМК, Қазақстан, Астана қ.

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: pshenchinova_a@meteo.kz

АРАЛ-СЫРДАРІЯ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІ АҒЫНДЫСЫНЫҢ ЖЫЛ САЙЫНҒЫ РЕСУРСТАРЫН БАҒАЛАУ

Жұмыс Арал – Сырдария су шаруашылығы алабы өзендері ағындысының жыл сайынғы ресурстарын бағалауға арналған. Өзен ағындысының жылдық су ресурстарын бағалау, бақыланған және шартты-табиғи ағынды деректері негізінде жүргізілді. Жергілікті ағын мен көрші елдерден келіп түсетін ағындардың мәндері жеке-жеке қарастырылды. Зерттелген аумақтың жергілікті ағынының ресурстарын бағалау тең қамтамасыздықтандырылған мәндер әдісімен жүргізілді. Ол үшін тірек бекеттерінің бақылау қатарларын қайта тұрғызу бойынша жұмыстар орындалды және таңдалған 1932 – 2019 жж. есептік кезең негізінде жылдық ағындының статистикалық сипаттамалары анықталды (ағын көлемінің орташа көпжылдық мәні, вариация және асимметрия коэффициенттері). Бағалау нәтижелері бойынша Арал-Сырдария су шаруашылығы алабының 1932 – 2019 жж. дейінгі көп жылдық кезеңдегі өзен ағындысының жиынтық ресурстары орта есеппен 21,5 км³ құрайды, оның ішінде: Қазақстан шегінде қалыптасатын ресурстар – 3,22 км³, сырттан келетін ресурстар – 18,2 км³. Табиғи ағындыға қарқынды ықпал байқалған кезеңде алап шегінде қалыптасатын ағынды мөлшері шартты – табиғи кезеңге қарағанда 4,66 %, сырттан келіп түсетін ағынды 4,98 %, ал жиынтық су ресурстары 4,92 % азайған.

Түйін сөздер: өзен ағындысының ресурстары, Арал-Сырдария су шаруашылық алабы, республика шегінде қалыптасатын су ресурстары, сырттан келіп түсетін ағынды, статистикалық сипаттамалар, тең қамтамасыздық мәндер әдісі.

S.B. Sairov¹, A.S. Pshenchinova^{1,*}, B.B. Aitymova¹,
N.N. Abayev¹, T.A. Tillakarim^{1,2}, N.T. Serikbai^{1,2}

¹RSE "Kazhydromet", Kazakhstan, Astana

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: pshenchinova_a@meteo.kz

Assessment of annual resources of the Aral-Syrdarya water basin's river flow

The work is devoted to the assessment of the annual resources of the Aral-Syrdarya water basin's river flow. Annual river runoff resources were estimated on the basis of observed and conditionally natural runoff, while the values of local runoff and inflow coming from neighboring countries were separated. The assessment of the resources of the local runoff of the studied territory was carried out by the method of equidistant values. For this purpose, work was carried out on the reconstruction of the observation series of reference points and, based on the selected calculation period for 1932-2019, the statistical characteristics of the annual runoff were determined (the average long-term value of the runoff volume, coefficients of variation and asymmetry). According to the results of the assessment, the total resources of the river flow of the Aral-Syrdarya water basin for the long-term period from 1932 to 2019 on average amount to 21,5 km³, of which: resources formed within Kazakhstan – 3,22 km³, resources coming from outside – 182 km³. During the disturbed period, local runoff, relative to the conditionally natural period, decreased by 4,66%, inflow from outside decreased by 4,98%, and total water resources by 4,92%.

Key words: Aral-Syrdarya water basin, restoration of the observed runoff, regression equation, resources formed within the republic, inflow, statistical characteristics, method of equidistant values.

С.Б. Саиров¹, А.С. Пшенчинова^{1,*}, Б.Б. Айтымова¹,
Н.Н. Абаев¹, Т.А. Тілләкәрім^{1,2}, Н.Т. Серікбай^{1,2}

¹ РГП «Казгидромет», Казахстан, г. Астана

² Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: pshenchinova_a@meteo.kz

Оценка ежегодных ресурсов речного стока Арало-Сырдарьинского бассейна

Работа посвящена оценке ежегодных ресурсов речного стока Арало-Сырдарьинского водохозяйственного бассейна. Ежегодные ресурсы речного стока оценивались на основе наблюдаемого и условно-естественного стока, при этом разделялись значения местного стока и притока, поступающего из соседних стран. Оценка ресурсов местного стока исследуемой территории произведена методом равнообеспеченных значений. Для этого были выполнены работы по реконструкции рядов наблюдений опорных пунктов и на основе выбранного расчетного периода за 1932-2019 гг. определены статистические характеристики годового стока (среднее многолетнее значение объема стока, коэффициенты вариации и асимметрии). По результатам оценки суммарные ресурсы речного стока Арало-Сырдарьинского водохозяйственного бассейна за многолетний период с 1932 – 2019 гг. в среднем составляют 21,5 км³, из них: ресурсы, формирующиеся в пределах Казахстана – 3,22 км³, ресурсы, поступающие извне – 18,2 км³. За нарушенный период местный сток, относительно условно-естественного периода сократился на 4,66 %, приток с извне, сократился на 4,98 %, а суммарные водные ресурсы на 4,92 %.

Ключевые слова: ресурсы речного стока, Арало-Сырдарьинский водохозяйственный бассейн, местные водные ресурсы, приток, статистические характеристики, метод равнообеспеченных значений.

Кіріспе

Су адамзаттың ең маңызды ресурстарының бірі және жаңартылатын ресурс болып табылады (Достай, 2012: 380), бірақта біздің еліміздің су ресурстарының біркелкі таралмауына, халық санының өсуіне байланысты елімізде су тапшылығы байқалады. Бұл өз кезегінде елдің тұрақты дамуына кедергі келтіретін негізгі экологиялық проблемаларды туындатады. Су ресурстарының территория бойынша біркелкісіз таралуы жағдайды едәуір нашарлатуда (ПРООН, 2004: 23), (William, 2015: 17). Қазақстан Республикасы су ресурстарының негізгі тұтынушысы суармалы егіншілік болып табылады, ол вегетациялық кезеңде суды алады және сол арқылы ағынның жылішілік үлестірімін өзгертеді (Воскресенский, 1973: 26), (Ли, 2008: 292), (ОГХ, 1967: 473), (РПВ, 1970: 644), (Endendijk, 2023: 59).

Осыған байланысты су ресурстарын тиімді пайдалану және басқару үшін (WMO, 2012: 122), бүкіл республика бойынша, сондай-ақ су шаруашылығы алаптары шегінде олардың мөлшері (UNESCO, 2021: 206) туралы мәліметтер болуы қажет (Sorg, 2014: 10). Мұндай бағалаулар кезіндегі «Кеңес Одағы аумағының су ресурстары және су балансы» монографиясында келтірілген, жер үсті суларының ресурстары одақтас республикалар (облыстар, ұлттық

округтер) бойынша және жалпы ел бойынша орташа көпжылдық шамалар түрінде берілген (Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза, 1967: 200). Сонымен қатар, онда 1960-шы жылдардың КСРО аумағының әртүрлі бөліктерінде орналасқан жекелеген ірі өзендер мен салалар бойынша, сулылығы аз жылдарға да арналған су ресурстары (ағындының 75, 90 және 95% қамтамасыз етілген) деректері келтірілген (Zhupankhan, 2018: 11).

Жоғарыда аталған монографияның (Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза, 1967: 200) деректерін пайдалана отырып, 2005-2006 жж. кезеңінде «Казгидромет» РМК-да В.В. Голубцов, В.И. Ли, В.П. Попова сияқты жетекші ғылыми қайраткерлердің және т. б. ғылыми-зерттеу жұмыстарының (ҒЗЖ) есебі жасалды. Олар бұрын әзірленген сегіз су шаруашылығы алаптары шегінде су ресурстарын бағалаудың әдістемесіне, «Қазақстан Республикасының жер үсті суларының ресурстары» мемлекеттік су кадастрын жасау үшін өз үлестерін қосты.

Айта кететін жәйт, өткен ғасырдың 60-шы жылдарында жарияланған материалдар ғылыми-әдістемелік тұрғыда ескірді және болып жатқан климаттық, су алаптары мен су ағындарының антропогендік өзгерістерін есепке ала отырып, соңғы онжылдықтардың байқалған деректерімен нақтылауды қажет ететінін

атап өткен жөн. Сондай-ақ, трансшекаралық өзендері бар аудан бөліктерінің әртүрлі тәуелсіз мемлекеттерге (ЕДС, 2003: 89) тиесілі болуына байланысты, мәселе аса маңызды мәнге ие болады. Өз кезегінде трансшекаралық өзендер ағындысы ресурстарын бағалау, іргелес елдерден келетін су ағындарын есепке алуда ерекше маңызға ие (Достай, 2012: 380). Қазақстан аумағы үшін Сырдария өзені олардың бірі ретінде танылады.

Сырдария өзенінің алабы суармалы егіншілікті дамытудың ғасырлар бойғы тарихи аймағы болып табылады. Сондықтан, осы алаптың су ресурстары туралы сөз болғанда, олардың климат элементтерінің әсерінен пайда болған табиғи мәндері емес (атмосфералық жауын-шашын мен ауа температурасы т.б), сонымен қатар суды тұтынудың тарихи деңгейі тұрғысынан (Муминова, 1995: 189), (Ли, 2008: 292) қарастырылатынын түсіну қажет (Bissenbayeva, 2021: 15).

Бүгінгі таңда, Сырдария өзенінің гидрологиялық режимі Қайраққұм (1956 ж.), ең бастысы-Тоқтоғұл (1980 ж.), сондай-ақ Андиян (1981 ж.) су қоймалары каскадымен су ағынын реттеуге байланысты айтарлықтай өзгерді. 1988 жылға дейін Тоқтоғұл су қоймасын пайдалану суару режимінде жүргізілді, оның вегетациялық ағындары жылдық ағын көлемінің 75-80% құрады. Осы кезеңде Қазақстан шекарасына Сырдария өзені ағынының 42% – ы қыста, 58% – ы жазда келіп түсіп жатқан. Бұл режим Түркістан және Қызылорда облыстарында 300 мың гектардан астам суармалы жерлерді және 100 мың гектар су басқан шабындықтарды сумен қамтамасыз етуге, су аз жылдары Сырдария өзенінің жайылмасы мен атырауындағы шаруашылық-экологиялық және балық өсіру-көл жүйелерінің суландыруын ең төменгі деңгейде ұсталып тұрылуына мүмкіндік берді (Shi, 2021: 25), (Kai, 2015: 28), (Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза, 1967: 200), (Достай, 2012: 380), (Ли, 2008: 292), (ОГХ, 1967: 473), (РПВ, 1970: 644).

Соңғы онжылдықта Қырғызстан Тоқтоғұл су қоймасының жұмысын энергетикалық режимге ауыстыра бастады, нәтижесінде қысқы су ағындары 60% – ға дейін және одан да жоғары, ал жазғы су ағындары 40% – дан да төмендеді. Арнасайға құрдан-құр су жіберу салдары су ресурстарының үлкен шығынына, Сырдарияның жазғы ағынының қысқаруына жеткізді (Достай, 2012: 380).

Су ресурстарын және оларға шаруашылық қызметтің әсерін нықты бағалаудың өзектілігі, 1980 жылдардың аяғынан бастап су ресурстарының қалыптасуына ықпал ететін жаһандық және аймақтық климаттық сипаттамалардың өзгеруіне байланысты одан әрі өсті.

Осы себепті, бұл жұмыстың мақсаты – қарастырылып отырған су шаруашылық алабы (США) өзен ағынының жыл сайынғы ресурстарын және олардың динамикасын табиғи жағдайда да, су тұтыну жағдайында да бағалау. Бұған дейін авторлар Тобыл-Торғай США үшін су ресурстарын бағалау бойынша осындай жұмыс жүргізген болатын (Айтымова, 2022: 10).

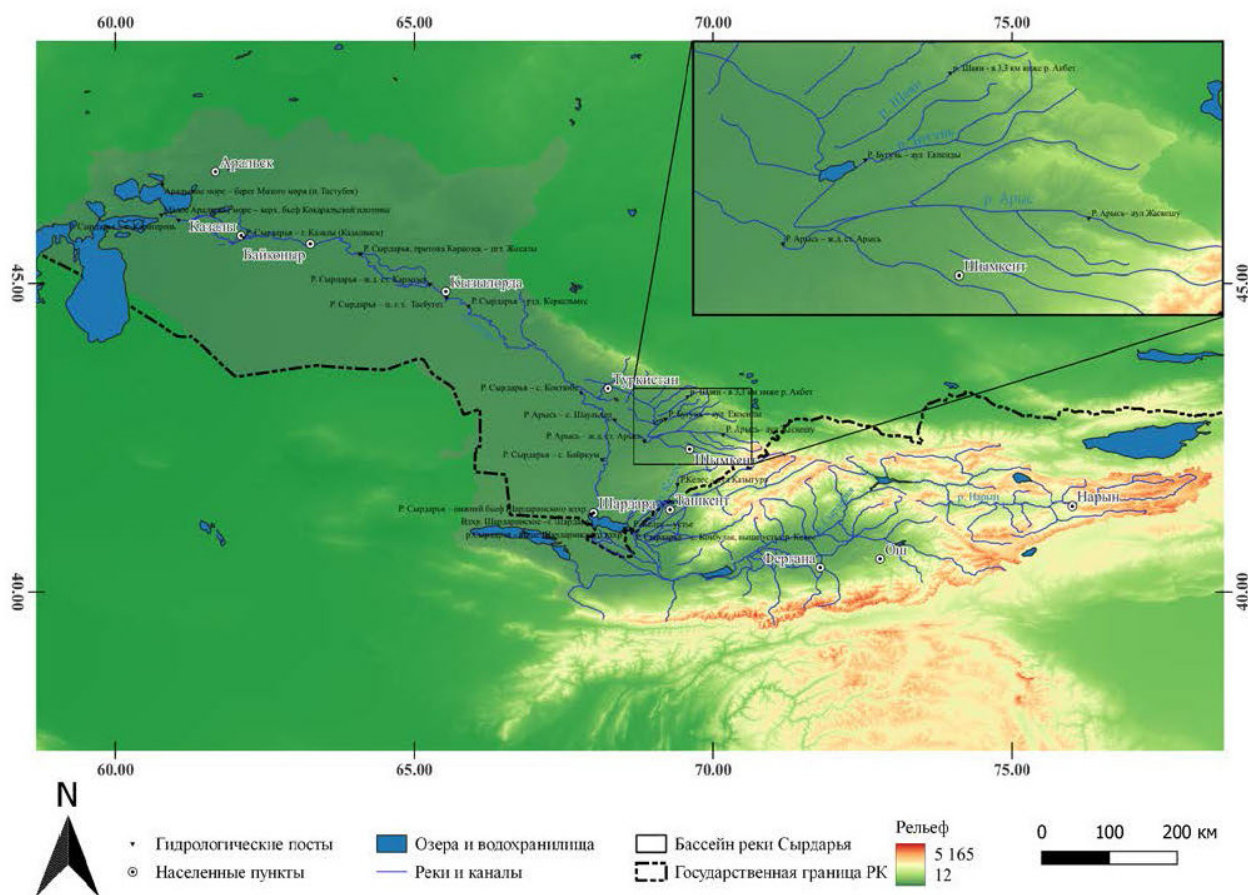
Зерттеу нысаны

Арал – Сырдария су шаруашылығы алабы Қазақстан Республикасының оңтүстігінде Сырдария өзені алабының орта және төменгі бөліктерінде орналасқан Түркістан және Қызылорда облыстарының аумағын қамтиды (1 сурет). США ауданы шамамен 345 мың км² (Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза, 1967: 200), (Горошков, 1979: 433), (ЕДС, 2003: 89).

Алаптың басты артериясы Сырдария өзені өз атауын Қазақстаннан тыс жерлерде орналасқан екі өзен – Қарадария мен Нарын қосылғаннан кейін алады. Олар Тәңіртау тау жүйесінің тереңінен ағып, еріген қар мен мұздықтардан мол қорек алады. Нарын өзенінің сулылығы жоғырақ. Түйіскен жерінен жалпы ұзындығы 2212 км, ал Нарынның бастауынан – 3019 км. Қазақстан шегінде Шардара су қоймасынан Арал теңізіне дейінгі өзеннің ұзындығы 1627 км құрайды, оның ішінде Түркістан облысының аумағында – 346 км, Қызылорда облысында – 1281 км (Zou, 2019: 3084). Өзен Орталық Азияның төрт тәуелсіз мемлекетінің (Қырғызстан, Тәжікстан, Өзбекстан және Қазақстан) аумағы арқылы ағып өтеді және оның алабында ұзындығы 10 км және одан асатын 497-ге жуық тұрақты өзендер бар. Бұл өзендердің жалпы ұзындығы 14 750 км-ден асады. Өзеннің су жинау алабының ауданы 462 мың км² құрайды. Алаптың таулы бөлігінің ауданы (Төменарық бекетіне дейін) 219 000 км² құрайды. Сырдария алабының негізгі су жинау бөлігі Тәңіртау (Тянь-Шань) тау жүйесінің Батыс жартысы және Алтай және Түркістан жоталарының солтүстік беткейлері болып табылады (Достай, 2012: 380), (Roberts, 2022: 12).

Қазіргі таңда Сырдария өзені алабында 1500-ден көп каналдар, 40-қа жуық ірі және орта су қоймалары және 300-ден астам коллекторлар бар. Көптеген алапаралық ағысты

жіберу, бұру іске асырылған, коллекторлы-кәрізді және қашыртқы каналдардың тармақталған жүйесі құрастырылған (Достай, 2012: 380).



1-сурет – Сырдария өзені алабының орналасу картасы

Тоқтағұлсу қоймасынан төмен жақтарындағы су өтімінің жыл ішіндегі, сонымен қатар айлық, тәуліктік мерзімдердегі күрт тербелісі, Сырдария өзенінің төменгі ағысының гидрологиялық режимі мен аумақтың барлық экологиялық жағдайын нашарлатады (Достай, 2012: 380).

Зерттеу материалдары мен әдістері

Бастапқы мәліметтер

Сырдария өзенінің алабында әр кезеңдерде өзен ағындысы режимін бақылайтын, ұзақтығы 1 жылдан 96 жылға дейінгі, барлығы 194 гидрологиялық бекеттер жұмыс жасаған, алайда үздіксіз бақылау жүргізген бекет өзен алабында жоқ. Жергілікті су ресурстарын бағалауда

қолданылатын және тірек бекеті болып табылатын Арыс өзені – Арыс т.ж. ст. гидрологиялық бекеті 1927 жылдың басында ашылған. Ал, осы өзенде ең алғашқы бақылау – Шәуілдір ауылы маңында 1904 жылы басталған.

Жұмыста бастапқы мәліметтер ретінде «Қазгидромет» РМК Жер үсті суларының режимі мен ресурстары туралы жыл сайынғы деректер (ЖЖД), Негізгі гидрологиялық сипаттамалар (НГС), Жер үсті суларының режимі мен ресурстары туралы көпжылдық деректер (КЖД), 1932-2019 жылдар кезеңіндегі КСРО Жер үсті суларының ресурстары сияқты жарияланған анықтамалық-кадастрлық, мұрағаттық материалдары пайдаланылды. Аталған деректердің негізгі кемшіліктері – бақылаулар қатарларының

қысқалығы мен деректердің қатарлардағы ара-ішілік болмауы. Зерттелетін аумақ алаптарының көп бөлігі қарқынды шаруашылық жүргізілген өзендер қатарына жатады (су жинау құрылыстарын, су қоймаларын салу және т.б.) және бұл үрдіс ағындыға құралдық өлшеу жүргізілгенге дейін басталған (ЕДС, 2003: 89), (ОГХ, 1967: 473).

Зерттеліп отырған сушаруашылық алабында ағындысы шартты-табиғи деп қабылданған Сайрам өзені – Тасарық ауылы, Ақсу өзені – Сарқырама ауылы (Подгорное ауылы), Жабағлысу өзені – Жабағлы ауылы, Боралдай өзені – Боралдай ауылы гидрологиялық бекеттері деректері, қатарлардағы дерексіз жылдар мәнін қалпына келтіруге қолданылды.

Зерттеу әдістері

Бақылаулар қатарларындағы жоқ деректер гидрологиялық ұқсастық әдісімен қалпына келтіру арқылы көпжылдық кезеңге келтірілді (Горошков, 1979: 433).

Жылдық ағындының циклдік тербеліс (ауытқу) кезеңдерін анықтау мақсатында айырымдық интегралды қисықтары (АИК) тұрғызылды, сонымен қатар осы қисықтардың көмегімен бақылаудың ұзақ қатарының репрезентативті есептеу кезеңі таңдалды. Алынған мәліметтердің толықтығы мен сапасына талдау жасалды, және ағынды қатарларының статистикалық параметрлері есептелді, яғни: орташа көпжылдық ағынды Q_0 , вариация коэффициенті C_v , асимметрия коэффициенті C_s және олардың орташа квадраттық қателіктері (Горошков, 1979: 433), (СП 33-101-2003, 2003: 75).

Қарастырылып отырған алаптың жекелеген өзендерінің жыл сайынғы *жергілікті су ресурстарын* бағалау үшін негіз ретінде, олардың *негізгі өзендерінің жылдық ағындысына* тәуелділіктері пайдаланылып, табиғи ағынды қалпына келтірілді. Осындай жолмен алынған ағынды қатарлары үлестірімінің статистикалық сипаттамалары пайдаланылып, Арал – Сырдария су шаруашылық алабы өзендері ағындыларының қамтамасыздық мәндері (5 %, 10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %, 95 %), (Ли, 2008: 292), (СП 33-101-2003, 2003: 75).

Қарастырылып отырған су шаруашылық алабының шегінде қалыптасатын өзен ағындысының жыл сайынғы ресурстары, оның негізгі өзендерінде орналасқан гидрологиялық бекеттер, яғни: Арыс өзені – ж.д.-ст. Арыс, Бөген өзені – Екпенді ауылы және Шаян өзені 1 – Ақбет

өзенінің сағасынан 3,3 км төмен гидрологиялық бекеттерінің табиғи жиынтық ағындысымен бағаланады, олар негізінен осы алаптың жер үсті су ресурстарын айқындайды және шамамен барлық жергілікті су ресурстарының 70 % құрайды.

Шектес аумақтардан келіп түсетін өзен ағынының жыл сайынғы ресурстарын бағалау үшін Сырдария өзені – Келес өзенінің сағасынан жоғары гидрологиялық бекеті бойынша, байқалған (тұрмыстық) ағындының қалпына келтірілген жалпыланған статистикалық сипаттамалары пайдаланылды.

Арал – Сырдария су шаруашылық алабының өзен ағындысының жалпы ресурстарын бағалау үшін *жергілікті* және *сырттан келіп түсетін* су ресурстары жинақталды.

Зерттеу нәтижелері және талқылау

Бұл жұмыста жалпы су ресурстары көрші елдерден келетін су ағындысы және жергілікті ағындының қосындысымен бағаланды.

Арал – Сырдария су шаруашылық алабына келіп түсетін су ағындысы ретінде Сырдария өзені – Келес өзенінің сағасынан жоғары гидрологиялық бекетінде тіркелетін су өтімдері деректері алынды. Су ағыны екі нұсқада бағаланды: бақыланған және шартты-табиғи кезеңдер ағындылары негізінде.

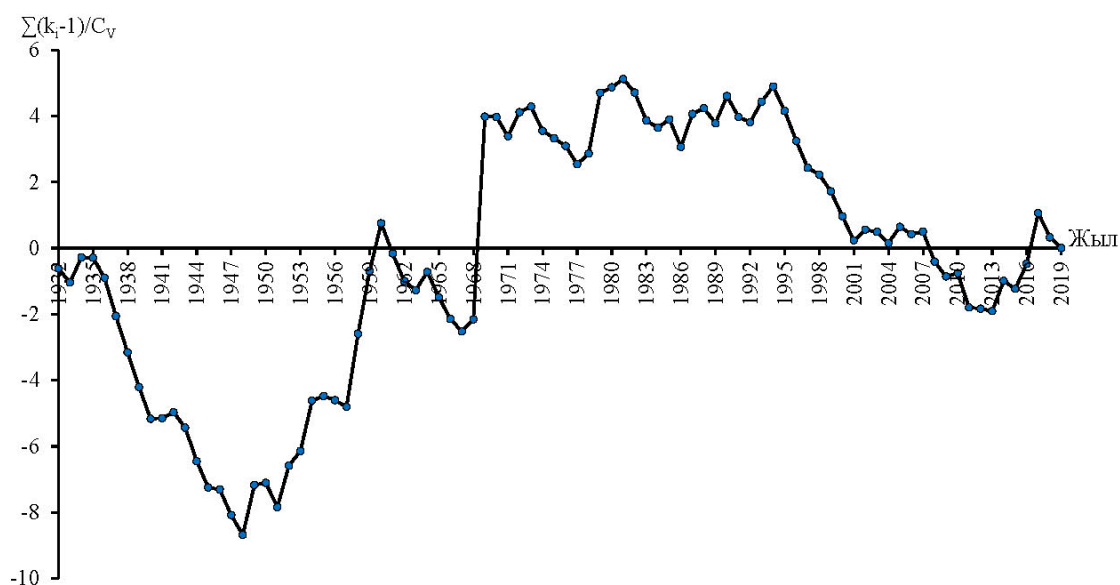
Қазақстанның жергілікті су ресурстары, алаптың басқа өзендерімен салыстырғанда, орташа жылдық су өтімдері ең жоғары болатын негізгі өзендерінің деректері бойынша бағаланды.

Арал – Сырдария су шаруашылық алабының, сонымен бірге зерттелмеген учаскелерін қоса алғандағы жыл сайынғы жергілікті су ресурстары (Достай, 2012: 380) монографиясында келтірілген 1932-2007 жылдар аралығында көпжылдық бағалау негізінде тең қамтамасыздықтың қамтамасыздығын мәндер әдісімен есептелінді.

Бұл зерттеуде Арал – Сырдария су шаруашылық алабының өзен ағындысының ресурстарын бағалау үшін есептік кезеңдегі бақылау деректерін талдау негізінде деректер қатарын қалпына келтіру және ұзарту нәтижесінде 1932 жылдан 2019 жылға дейінгі кезең таңдалды, ол толық сулылығы төмен, сулылығы жоғары су циклдерін қосатын 88 жылдық бақылауларды қамтиды (Горошков, 1979: 433).

Бірліктен жылдық ағынның модульдік коэффициенттерінің нормаланған ауытқуларының дифференциалды интегралды қисықтары арқылы жүргізілген жергілікті 3 өзеніндегі гидрологиялық бекеттер: Арыс өзені – ж.д. – ст. Арыс, Бөген өзені – Екпенді ауылы және Шаян өзені – Ақбет өзені сағасынан 3,3 км төмен деректері ұзақтығы әртүрлі сулылығы жоғары және сулылығы аз фазаларының ауысуын көрсетеді. Негізгі өзендердің көпжылдық

ағындысында (2 – сурет) бақылаудың басталуы сәтінен бастап 1948 жылға дейін сулылығы аз кезең, содан кейін 1949 жылдан 1960 жылға дейін сулылығы мол кезең, 1961 жылдан 1968 жылға дейін сулылығы аз кезең болса, 1969 жылдан 1995 жылға дейін – сулылығы мол кезең байқалады. 2014 жылдан 2017 жылға дейін сулылығы мол жылдар сериясы бар, 1996 жылдан бастап сулылығы аз жылдар фазасы байқалады.



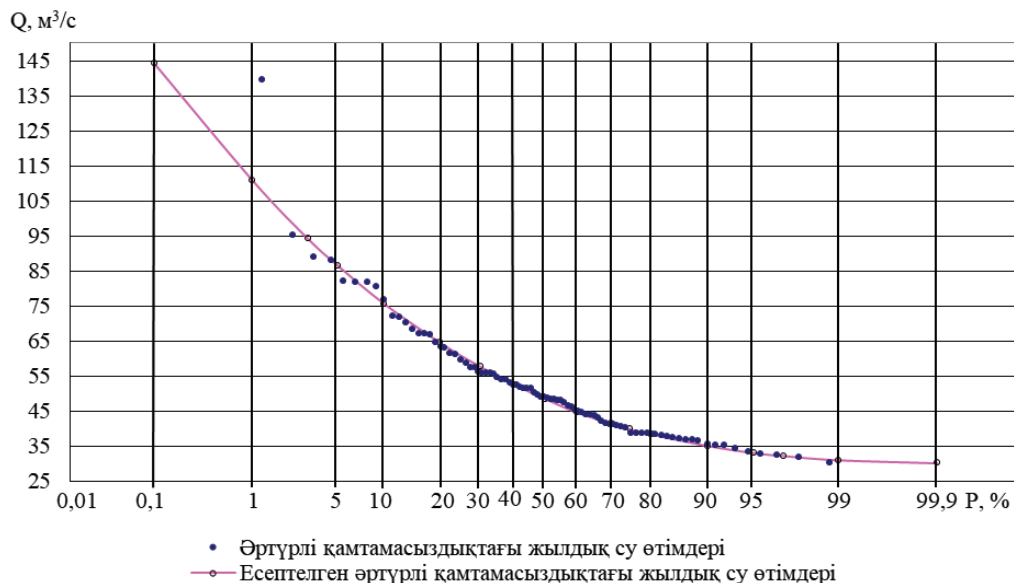
2-сурет – Арал-Сырдария США Арыс, Бөген және Шаян өзендерінің 1932 – 2019 жж. кезеңі үшін жиынтық табиғи ағындысының айырымдылық-интеграл қисығы

Таңдалынған есептік кезең үшін әр түрлі қамтамасыздықтағы ағындыны бағалау мақсатында көпжылдық кезең үшін 1932-2019 жж.

негізгі 3 өзеннің жиынтық жылдық ағындысының үлестірім параметрлері есептелінді (1-кесте, 3-сурет).

1-кесте – Арал-Сырдария США 3 өзенінің жергілікті су ресурстары мен жиынтық ағынының статистикалық сипаттамалары және олардың әртүрлі қамтамасыздықтағы мәндері, млн. м³

США су ресурстары	Орташа көпжылдық статистикалық сипаттамалары			Әр түрлі қамтамасыздықтағы су ресурстары						
	W	Cv	Cs	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
1933-2007 жж. кезеңіндегі жергілікті су ресурстары (Достай, 2012: 380)	3280	0,30	0,60	5051	4589	3880	3182	2570	2099	1850
1933-2019 жж. кезеңіндегі 3 өзеннің жиынтық ағыны	1660	0,33	1,53	2732	2389	1930	1529	1260	1108	1044



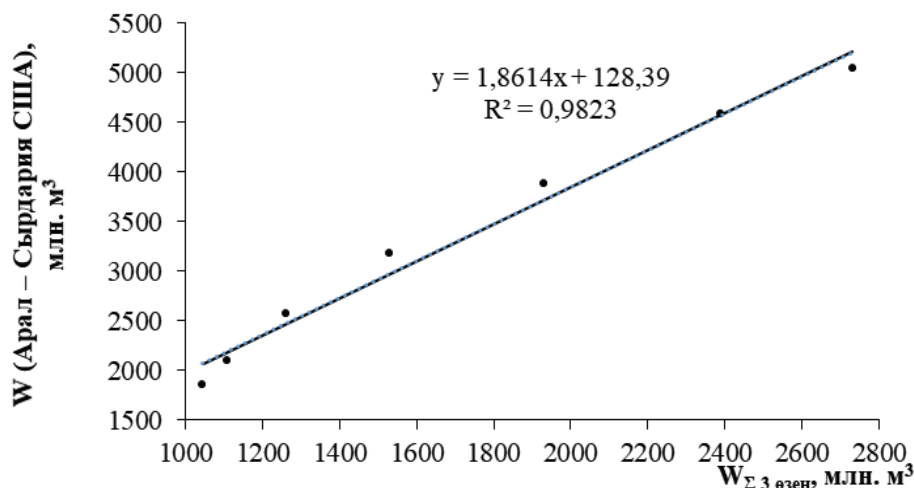
3-сурет – Арал-Сырдария США-ның 3 өзеннің жиынтық табиғи ағынының қамтамасыздық қисығы

Жергілікті ағын ресурстарын сапалы бағалау мақсатында тең қамтамасыздыктандырылған мәндер әдісі пайдаланылды. Арал – Сырдария су шаруашылық алабында қалыптасатын су ресурстарының тең қамтамасыздыктандырылған мәндерінің 3 өзеннің жиынтық табиғи ағынына тәуелділігі 4 – ші суретте көрсетілген және келесі теңдеуге ие:

$$W_{\text{ж}} = 1,86 \times W_{\Sigma 3} + 128 \quad (1)$$

мұндағы $W_{\text{ж}}$ – Арал – Сырдария су шаруашылық алабының өзен ағынының жергілікті ресурстары, млн. м³;

$W_{\Sigma 3}$ – Арыс өзені – ж.- д. ст. Арыс станциясы, Бөген өзені – Екпенді ауылы және Шаян өзені 1 – Ақбет өзенінің сағасынан 3,3 км төмен тұстамалардағы табиғи ағынының жиынтық су ресурстары, млн.м³.



4- сурет – Арал-Сырдария США өзен ағыны ресурстарының тең қамтамасыздық мәндерінің/ (W , млн. м³) өзендердің жиынтық ағынына тәуелділігі ($W_{\Sigma 3}$ өзен, млн. м³)

(1) байланыс теңдеуін пайдалана отырып, ҚР аумағында қалыптасатын алаптың өзен ағындысының жыл сайынғы жергілікті ресурстары айқындалды. Бұдан әрі Сырдария өзені Келес өзенінің сағасынан жоғары орналасқан гидрологиялық бекетте тіркелетін Өзбекстаннан келеітн су ағындысын жергілікті су ресурстарына қоса отырып, Арал-Сырдария су шаруашылық алабы өзен ағындысының жиынтық ресурстары және олардың қамтамасыздық мәндері анықталды (2-кесте).

1933 – 2019 жж. аралығындағы көп жылдық бақылау кезеңінде су ағынының орташа көлемі 18,2 км³ құрады. Жергілікті су ресурстары осы

кезеңде 3,22 км³ бағаланды, сәйкесінше Арал – Сырдария су шаруашылық алабының жиынтық су ресурстары 21,4 км³ бағаланды.

Жиынтық ресурстардың есептелген статистикалық сипаттамаларына сәйкес, есептік кезең үшін есептелген жалпы өзен ағындысының көпжылдық мәні 75% қамтамасыздық мәніне тең сулылығы аз жылдар мәні 15,4 км³ құрайды, ал 95% қамтамасыздық мәніне тең өте сулылығы аз жылдар ресурстары 10,2 км³ дейін азаяды. 25% қамтамасыздық мәніне сәйкес сулылығы мол жылдары ресурстар мәні 26,4 км³ құрайды, ал өте сулылығы мол жылдары (5 %) ресурстар 36,9 км³ дейін жетеді.

2-кесте – Арал-Сырдария су шаруашылық алабының су ресурстарының статистикалық сипаттамалары және олардың 1932-2019 жж., кезеңіндегі әртүрлі қамтамасыздық мәндері

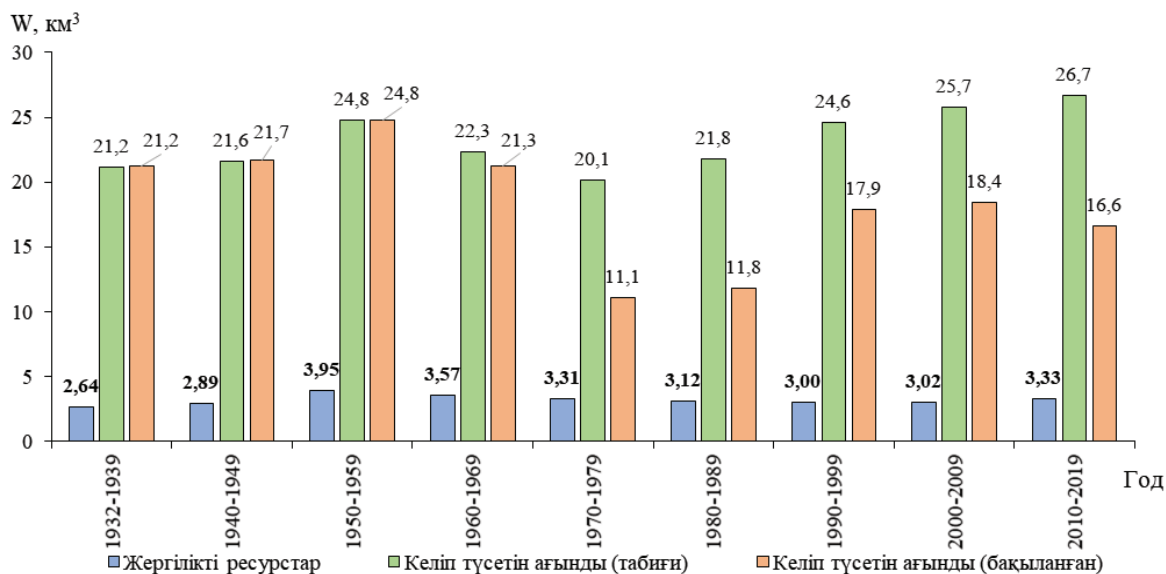
Ресурстар	W, км ³	C _v	Су өтімінің қамтамасыздық мәндері, км ³				
			5 %	25 %	50 %	75 %	95 %
Су шаруашылық алабына келіп түсетін ағынды (бақыланған деректер)	18,2	0,40	31,7	22,6	17,3	12,9	8,17
Су шаруашылық алабына келіп түсетін ағынды (шартты-табиғи деректер)	23,3	0,28	35,3	27,1	22,4	18,5	14,4
Су шаруашылық алабына аумағындағы жергілікті ресурстар	3,22	0,32	5,21	3,75	2,99	2,46	2,01
Су шаруашылық алабына бойынша жиынтық ресурстар	21,4	0,37	36,9	26,4	20,3	15,4	10,2

3-кесте – Арал-Сырдария США өзен ағыны ресурстарының салыстырмалы кестесі

Ресурстар	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
(Ли В.И. Голубцов В.В. Попова В.П. 2008) әдіс бойынша										
Келіп түсетін ағынды	24945	13371	17930	13560	17597	14633	12238	22391	15200	13939
Жергілікті ресурстар	2680	1558	2549	2516	3476	2312	3304	4455	1858	2234
Жиынтық ресурстар	27625	14929	20479	16077	21073	16944	15542	26846	17058	16173
Жаңартылған әдіс бойынша										
Келіп түсетін ағынды (табиғи мәндер)	40882	23830	23231	21060	19527	25703	28121	35185	24689	24502
Келіп түсетін ағынды (бақыланды мәндер)	24945	13371	17930	13560	17597	14633	12238	22391	15200	13939
Жергілікті ресурстар	3343	2062	3193	3150	4250	2961	4092	4955	2403	2861
Жиынтық ресурстар	28288	15433	21123	16710	21847	17594	16330	27346	17603	16800

Арал-Сырдария су шаруашылық алабының аумағында және одан тыс жерлерде қалыптасатын өзен ағындысының жыл сайынғы бақылан-

ған су ресурстарының негізінде су ресурстарының он жыл сайын өзгеру динамикасы бағаланды (5-сурет).



5-сурет – Он жыл сайын жергілікті ағын мен келіп түсетін ағындының орташа көпжылдық жүрісі

Өткен ғасырдың 60-жылдарына қарай бақылаулар басталғаннан бері су ағындысының өзгеру динамикасында су ағындысының 24,8 км³ дейін ұлғаюы байқалады. 1970 – 1979 жж. қарай ағынның 20,1 км³ дейін төмендеуі байқалады, ол негізінен іргелес мемлекеттердің аумақтарында гидротехникалық ғимараттардың белсенді құрылысымен және оларды толтырумен байланысты (Достай, 2012: 380). 1980-1989 жж. кезеңінен бастап соңғы онжылдықта су ағындысының біртіндеп 26,7 км³ дейін өсуі байқалды. Сондай-ақ, есептеулерден жергілікті ресурстар орта есеппен жалпы ресурстардың 12 %, сырттан келіп түсетін ағынды 88% құрайды деп болжауға болады.

Таңдалған 1932-2019 жж. кезең үшін жергілікті және сырттан келетін өзен ағындысы ресурстарының өзгеруіне климаттық өзгерістердің және шаруашылық қызметтің жиынтық ықпалы әсер еткенін атап өткен жөн.

Қорытынды

Арал – Сырдария су шаруашылық алабы өзен ағындысының ресурстарын бағалау нәтижесінде бақылаулар қатарындағы дерексіз жылдар мәндерін (тұрмыстық ағынды), сондай-ақ ұзақ кезенді бақылаулар қатары бар қарастырылып

отырған тұстамалардың шартты – табиғи кезең деректерін қалпына келтіру мақсатында негізгі тәуелділіктер алынды. Олардың статистикалық сипаттамалары есептелінді.

Қарастырылып отырған су шаруашылық алабының жекелеген өзендері мен жалпы өзен ағындысының ресурстарын бағалау әдістемесінің жыл сайынғы су ресурстарын анықтаудың регрессия тендеуі жаңартылды. Нәтижесінде 1932-2019 жж. аралығында Арал – Сырдария су шаруашылық алабының ресурстарына баға берілді.

Су шаруашылығы алабының көпжылдық 1932-2019 жылдар аралығындағы су ресурстары: жалпы ресурстар 21,4 км³, жергілікті ресурстар – 3,22 км³, сырттан келіп түсетін ағынды – 18,2 км³ құрайды. Ол 2005 жылы Голубцов В.В., Ли В.И., Попова В.П. сияқты жетекші ғылыми қызметкерлерімен жасалған ҒЗЖ есеп деректерімен салыстырғанда: жалпы су ресурстары 3 км³-ге артық, оның ішінде жергілікті ағын 0,28 км³-ге кем, Өзбекістаннан келіп түсетін ағын 3,28 км³-ге артық.

Осылайша, жаңартылған әдістемелік негіз Арал – Сырдария су шаруашылық алабының жыл сайынғы су ресурстарын, сонымен қатар жалпы ресурстарын бағалаудың дәлділігін арттырады.

Литература

- Bissenbayeva S., Abuduwaili J., Saparova A., Toqeer A. «Long-term variations in runoff of the Syr Darya River Basin under climate change and human activities.» *Journal of Arid Land*, № 13 (2021): 56-70.
- Endendijk T., Botzen W. J. W., de Moel H., Aerts J. C. J. H., Slager K., Kok M. «Flood Vulnerability Models and Household Flood Damage Mitigation Measures: An Econometric Analysis of Survey Data.» *Water Resources Research* 59, № 8 (2023): 59.
- Kai W., Rooijen D., Soliev I., Mukhamedova N. «Water Security in the Syr Darya Basin.» *Water* 7, № 9 (2015): 4657-4684.
- Roberts F.J. «Rival Eco-Anxieties: Legacy of Soviet Water Management in the Syr Darya Basin.» *Security and Human Rights* 32, № 1-4 (2022): 41-52.
- Shi H., Luo G., Zheng H., Chen C., Hellwich O., Bai J., Liu T., Liu S., Xue J., Cai P., He H., Ochege F. U., Van de Voorde T., de Maeyer P. «A novel causal structure-based framework for comparing a basin-wide water–energy–food–ecology nexus applied to the data-limited Amu Darya and Syr Darya river basins.» *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, № 25 (2021): 901-925.
- Sorg A., Mosello B., Shalpykova G., Allan A., Hill Clarvis M., Stoffel M. «Coping with changing water resources: The case of the Syr Darya river basin in Central Asia.» *Environmental Science & Policy* 43 (2014): 68-77.
- UNESCO. «Всемирный доклад Организации Объединенных Наций о состоянии водных ресурсов. Ценность воды.» 2021: 206.
- William J. Cosgrove., Daniel P. Loucks. «Water management: Current and future challenges and research directions.» *Water Resources Research* 51, № 6 (2015): 4823-4839.
- WMO. «Technical Material For Water Resources Assessment.» no. №2, 1095 (2012): 122.
- ZHupankhan A., Tussupova K., Berndtsson R. «Water in Kazakhstan, key in Central Asian water management.» *Hydrological Sciences Journal*, 2018.
- Zou S., Jilili A., Duan W., Maeyer P.D., de Voorde T.V. «Human and Natural Impacts on the Water Resources in the Syr Darya River Basin, Central Asia.» *Sustainability* 11, № 11 (2019): 3084.
- Айтымова Б.Б., Пшенчинова А.С., Абаев Н.Н. «Динамика изменения ресурсов речного стока Тобыл -Торгайского водохозяйственного бассейна.» *Гидрометеорология и экология (РГП «Казгидромет»)*, № 1 (Ноябрь 2022): 40-49.
- Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза, 1967. Л.: Гидрометеиздат, 1967.
- Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии, 2004. Серия публикаций ПРООН в Казахстане. Алматы, 2004.
- Воскресенский К. Н. Соколов А. А. Шикломанов И. А. «Ресурсы поверхностных вод СССР и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности.» *Водные ресурсы – Вып. 2* (1973): 33-58.
- Горошков И.Ф. *Гидрологические расчеты.* Л.: Гидрометеиздат, 1979.
- Достай Ж.Д. Алимкулов С.К. Сапарова А.А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Юга и Юго – Востока Казахстана. Редактор Медеу А.Р. Т. VII, Кн.2. Алматы: ТОО «Арко», 2012.
- Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейн реки Сырдарьи, 2003. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейн реки Сырдарьи. 2002 г. Т. – Вып. 5, – Ч. 1 и 2. Алматы: РГП «Казгидромет», 2003.
- Изменчивость климата Средней Азии, 1995. Изменчивость климата Средней Азии, под ред. Муминова Ф.А., Инагамовой С.И. Ташкент: САНИГМИ, 1995.
- Ли В.И. Голубцов В.В. Попова В.П., Айтымова Б.Б., Ортбаева А., Линейцева А.В., Мусенова А.Н., Азнабакиева М.М. Отчет о научно – исследовательской работе. Поверхностные воды. Т. 1. Алматы: РГП «Казгидромет», 2008.
- Основные гидрологические характеристики. Средняя Азия. Бассейн реки Сырдарьи, 1967. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Средняя Азия. Бассейн реки Сырдарьи. Т. 14, – Вып. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1967.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн озера Балхаш, 1970. Т. 13, – Вып. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1970.
- СП 33-101-2003, 2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Москва, 2003.

References

- Aitymova B., Pshenchinova A., Abaev N.N. (2022), Dinamika izmeneniya resursov rechnogo stoka Tobyl -Torgaiskogo vodokhozyaistvennogo basseina [Dynamics of changes in river runoff resources of the Tobyl-Torgai water basin] (In Russian) // *Hydrometeorology and Ecology.* – Almaty: RSE «Kazhydromet». – Issue 1. – pp. 40-49. – ISSN :2789-6323.
- Bissenbayeva S., Abuduwaili J., Saparova A., Toqeer A. «Long-term variations in runoff of the Syr Darya River Basin under climate change and human activities.» *Journal of Arid Land*, № 13 (2021): 56-70.
- Dostai Zh.D., Alimkulov S.K., Saparova A.A. (2012) *Vodnye resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz, upravlenie. Resursy rechnogo stoka Kazakhstana. Vozobnovlyayemye resursy poverkhnostnykh vod Yuga i Yugo – Vostoka Kazakhstana* [Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management. River runoff resources of Kazakhstan. Renewable resources of surface waters of the South and South – East of Kazakhstan] (In Russian) / red. A.R. Medeu. – Almaty: TOO «Arko». – Vol. VII, B.2: p. 360. – ISBN 978-601-7150-33-4.
- Endendijk T., Botzen W. J. W., de Moel H., Aerts J. C. J. H., Slager K., Kok M. «Flood Vulnerability Models and Household Flood Damage Mitigation Measures: An Econometric Analysis of Survey Data.» *Water Resources Research* 59, № 8 (2023): 59.

- Ezhogodnye dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. Bassein reki Syrdar'i (2003) Gosudarstvennyi vodnyi kadastr [Annual data on the regime and resources of land surface waters. Basin of the Syrdarya river] (In Russian). – Almaty: RSE «Kazhydromet». – Vol. – Issue. 5, – part. 1, 2: pp. 93.
- Goroshkov I.F. (1979), Gidrologicheskie raschety [Hydrological calculations] (In Russian). – L.: Gidrometeoizdat. – pp. 432.
- Izmenchivost' klimata Srednei Azii (1995) [Climate variability in Central Asia], pod red. Muminova F.A., Inagamovoi S.I. – Tashkent: SANIGMI. – pp. 216.
- Kai W., Rooijen D., Soliev I., Mukhamedova N. «Water Security in the Syr Darya Basin.» Water 7, № 9 (2015): 4657-4684.
- Li V.I., Golubtsov V.V., Popova V.P., Aitymova B.B., Ortbaeva A., Lineitseva A.V., Musenova A.N., Aznabakieva M.M. (2008) Otchet o nauchno – issledovatel'skoi rabote. Poverkhnostnye vody [Research report. surface waters] (In Russian). – Almaty: RSE «Kazhydromet». – Vol.1: pp. 292.
- Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki. Srednyaya Aziya. Bassein reki Syrdar'i (1967) [Basic hydrological characteristics. Middle Asia. Basin of the Syrdarya river] Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. (In Russian) – L. : Gidrometeoizdat. – Vol. 14, – Issue. 1: pp. 430.
- Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Tsentral'nyi i Yuzhnyi Kazakhstan. Bassein ozera Balkhash (1970) [Resources of surface waters of the USSR. Central and Southern Kazakhstan. Lake Balkhash basin] (In Russian). – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – Vol. 13, – Issue. 2: pp. 645.
- Roberts F.J. «Rival Eco-Anxieties: Legacy of Soviet Water Management in the Syr Darya Basin.» Security and Human Rights 32, № 1-4 (2022): 41-52.
- Shi H., Luo G., Zheng H., Chen C., Hellwich O., Bai J., Liu T., Liu S., Xue J., Cai P., He H., Ochege F. U., Van de Voorde T., de Maeyer P. «A novel causal structure-based framework for comparing a basin-wide water–energy–food–ecology nexus applied to the data-limited Amu Darya and Syr Darya river basins.» Hydrol. Earth Syst. Sci., № 25 (2021): 901-925.
- SNiP 33-101-2003 (2003) Svod pravil po proektirovaniyu i stroitel'stvu. Opredelenie osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik [Code of Practice for Design and Construction. Determination of the main calculated hydrological characteristics]/ Gos. Komitet SSSR po delam stroitel'stva (In Russian). – Moscow. – p. 36.
- Sorg A., Mosello B., Shalpykova G., Allan A., Hill Clarvis M., Stoffel M. «Coping with changing water resources: The case of the Syr Darya river basin in Central Asia.» Environmental Science & Policy 43 (2014): 68-77.
- UNESCO Vsemirnyi doklad Organizatsii Ob»edinennykh Natsii o sostoyanii vodnykh resursov. Tsennost' vody (2021) [United Nations World Water Report. The value of water] – S. 206.
- Vodnye resursy i vodnyi balans territorii Sovetskogo Soyuza (1967) [Water resources and water balance of the territory of the Soviet Union] (In Russian). – L.: Gidrometeoizdat. – pp. 122-124.
- Vodnye resursy Kazakhstana v novom tysyacheletii (2004) [Water resources of Kazakhstan in the new millennium. A series of UNDP publications in Kazakhstan] Seriya publikatsii PROON v Kazakhstane. – Almaty: 2004.
- Voskresenskii K. N., Sokolov A. A., Shiklomanov I. A. (1973) Resursy poverkhnostnykh vod SSSR i ikh izmenenie pod vliyaniem khozyaistvennoi deyatel'nosti [Resources of surface waters of the USSR and their change under the influence of economic activity] (In Russian)// Vodnye resursy. – Vol.1 – Issue. 2. – pp. 33-58.
- William J. Cosgrove., Daniel P. Loucks., «Water management: Current and future challenges and research directions.» Water Resources Research 51, № 6 (2015): 4823-4839.
- WMO. «Technical Material For Water Resources Assessment.» no. №2, 1095 (2012): 122.
- ZHupankhan A., Tussupova K., Berndtsson R. «Water in Kazakhstan, key in Central Asian water management.» Hydrological Sciences Journal, 2018.
- Zou S., Jilili A., Duan W., Maeyer P.D., de Voorde T.V. «Human and Natural Impacts on the Water Resources in the Syr Darya River Basin, Central Asia.» Sustainability 11, № 11 (2019): 3084.

Авторлар жөнінде ақпарат:

- Саиров Серік Бияхметұлы – кандидат географических наук, «Қазгидромет» РМК бас директорының бірінші орынбасары (Астана қ., Қазақстан, эл.почта: sairov_s@meteo.kz);
- Пиенчинова Альбина Советбекқызы (корреспонденттік автор) – «Қазгидромет» РМК Ғылыми зерттеу орталығының Гидрологиялық процестер мен гидрологиялық есептеулерді модельдеу басқармасының жетекші ғылыми қызметкері (Астана қ., Қазақстан, эл.почта: pshenchinova_a@meteo.kz);
- Айтымова Бота Болатовна – «Қазгидромет» РМК Ғылыми зерттеу орталығының Гидрологиялық процестер мен гидрологиялық есептеулерді модельдеу басқармасының жетекші ғылыми қызметкері (Астана қ., Қазақстан, эл.почта: aitymova_b@meteo.kz);
- Абаев Нурлан Нусипбаевич – «Қазгидромет» РМК Ғылыми зерттеу орталығының директоры (Астана қ., Қазақстан, эл.почта: abayev_n@meteo.kz);
- Тілләкәрім Тұрсын Адамбекқызы – «Қазгидромет» РМК Ғылыми зерттеу орталығының Климаттық зерттеулер басқармасының бастығы (Астана қ., Қазақстан, эл.почта: tillakarim_t@meteo.kz);
- Серікбай Нұрғалым Тажибәевич – «Қазгидромет» РМК Ғылыми зерттеу орталығының Гидрологиялық процестер мен гидрологиялық есептеулерді модельдеу басқармасының бастығы (Астана қ., Қазақстан, эл.почта: serikbai_n@meteo.kz).

Серикбай Нурғалым Тажимаевич – «Қазгидромет» РМК Ғылыми зерттеу орталығының Гидрологиялық процестер мен гидрологиялық есептеулерді модельдеу басқармасының бастығы (Астана қ., Қазақстан, эл.почта: serikbai_n@meteo.kz).

Information about authors:

Sairov Serik – Candidate of Geographical Sciences, First Deputy Director-General of the RSE «Kazhydromet» (Astana, Kazakhstan, e-mail: sairov_s@meteo.kz);

Pshenchinova Albina (corresponding author) – Leading researcher at the Department of Modeling Hydrological Processes and Hydrological Calculations of the Research Center of RSE Kazhydromet (Astana, Kazakhstan, e-mail: pshenchinova_a@meteo.kz);

Aityмова Bota – Leading researcher at the Department of Modeling Hydrological Processes and Hydrological Calculations of the Research Center of RSE Kazhydromet (Astana, Kazakhstan, e-mail: aitymov_a_b@meteo.kz);

Abaev Nurlan – Director of the Research Center of RSE Kazhydromet (Astana, Kazakhstan, e-mail: abayev_n@meteo.kz);

Tillakarim Tursin – Head of the Department of Climate Research of the Research Center of RSE Kazhydromet (Astana, Kazakhstan, e-mail: tillakarim_t@meteo.kz);

Serikbai Nurgalym – Head of the Department of Modeling of Hydrological processes and Hydrological Calculations of the Research Center of RSE Kazhydromet (Astana, Kazakhstan, e-mail: serikbai_n@meteo.kz);

Алғаш жіберілді: 6 маусым 2023 жыл

Өңделіп, қайта тіркелді: 22 қаңтар 2024 жыл

Қабылданды 15 ақпан 2024 жыл