

River runoff resources of the Shu-Talas water management basin in the context of climate change

A.U. Safina*

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: aminatsafina8@gmail.com

Abstract. This article analyzes the change in the flow of the rivers of the Shu-Talas water management basin, considering climate change. During the study, linear trends in river flow were compiled, as well as meteorological parameters such as annual precipitation and average temperature in the basin region. The data were obtained from the annual collections of RSE «Kazhydromet» with further statistical processing. Data from 9 gauging stations of the considered basin and 9 meteorological stations closest to the basin were subjected to analysis. The materials obtained can be practically significant for long-term planning and development of large-scale measures for the integrated use, protection of water resources and solving complex problems of water supply in the Republic of Kazakhstan.

Keywords: Shu-Talas water management basin, climate change, river runoff, transboundary basin, annual precipitation.

1. Введение

Роль воды в развитии человеческого общества исключительно высока. К началу XXI века одной из самых важных проблем мирового масштаба становится проблема водных ресурсов. Интенсивный рост антропогенной нагрузки и тенденции в изменении климата еще более усложняют решение «водной» проблемы.

Немаловажным фактором, напрямую влияющим на качество воды, является объем речного стока. Маловодье приводит к увеличению концентрации загрязняющих веществ по всему течению рек водохозяйственного бассейна, что может негативно отразиться на состоянии природных экосистем, а также на здоровье населения. Наоборот, в многоводные годы увеличивается способность рек к самоочищению.

Речной сток и осадки довольно тесно зависят от высоты местности, доступности местности и ориентации хребтов по отношению к влагонесущим массам воздуха, и особенностей синоптических процессов. Практически при относительной однородности этих условий можно предположить, что между осадками и стоком рек существует вполне тесная связь. При этом определяющим фактором водоносности рек являются осадки, аккумулярованные за холодный период года, и осадки весеннего периода. Под аккумулярованной влагой не стоит понимать лишь твердые осадки. Осеннее увлажнение или состояние увлажнения почвы перед установлением снежного покрова также можно отнести к аккумулярованной, только уже не в поверхности, а в слое почвы влаги. Нередко водность лет различна при одном и том же запасе твердых осадков, но при различном увлажнении почвы в предзимний период. Также нельзя исключить жидкие осадки периода снеготаяния или весеннего периода, коэффициент стока которых очень высок.

1.1. Район исследования

Регион рассматриваемого Шу-Таласского водохозяйственного бассейна в гидроклиматическом отношении является одним из наиболее благоприятных в РК. Простирающиеся почти в широтном направлении высокогорные системы Таниртау и Жетису Алатау предопределяют процессы трансформации атмосферной влаги, поступающей в поверхностный сток. Климатические особенности подвергаются мощному воздействию орографического строения местности, что, прежде всего, сказывается на увеличении атмосферных осадков и снижении температуры воздуха. Закономерное, соответственно географической зональности, уменьшение осадков и влажности воздуха с севера на юг, а также с запада на восток в связи с удаленностью от очагов влажных воздушных масс определенно нарушается орографией исследуемого региона. Иными словами, в рассматриваемом регионе преобладают закономерности высотной поясности природно-климатических условий, в том числе и поверхностного стока. Региональные кривые зависимостей стока от средней взвешенной высоты водосборов, четко характеризуют особенности пространственного распределения речного стока. Таким образом, горы выступают как важный гидроклиматический фактор или как конденсаторы влаги [1].

Однако «водный» вопрос здесь несколько осложнен определенными факторами. Эти факторы касаются проблем как естественного, так и антропогенного характера. В силу расположенности региона очень сильно зависит от степени ее поступления извне. Основная масса осадков в регион, как известно, поступает с юга, юго-запада, запада и с северо-запада (циклоны с юга Каспийского моря, из долин Геджен и Мургаб и полярные воздушные массы). При прохождении через регион южных циклонов в горных районах зимой выпадает до 400-450 мм осадков (70-80% годовой суммы) [2].

Реки Шу и Талас, имеющие смежные бассейны, протекают по территории Северной Кыргызии и Южного Казахстана. Зарождаясь в горах Тянь-Шаня, они текут преимущественно в северо-западном направлении и теряются в Туранской низменности. Река Шу оканчивается в разливах внутриконтинентальной дельты, а река Талас, являющаяся левобережным притоком реки Шу, в настоящее время не достигает главной реки, так как разбирается на орошение [1].

Строение поверхности водосборов рек Шу и Талас сложно и разнообразно: юго-восточная часть - горные хребты и межгорные впадины Северного Тянь-Шаня, а северо-западная - равнинные и низменные пространства с песками Мойынкум и пустыней Бетпақдала [1,2].

Изменения в строении поверхности водосборов рек Шу и Талас сказываются на формировании стока. Так, горная территория является зоной формирования речного стока, тогда как на равнинных участках происходят трансформация и перераспределение стока между различными его звеньями, потери на испарение и орошение [2].

Климат рассматриваемой территории, особенно равнинной ее части, является сухим и характеризуется резкой континентальностью. Преобладающая ясная и сухая погода в зимний период обусловлена влиянием областей высокого давления, а в летний - поступающим с юга тропическим воздухом. Выходы циклонов с запада и северо-запада вызывают резкое потепление и осадки зимой, а летом - осадки обложного и ливневого характера. В низкогорных районах (до 1000-1500 м над уровнем моря), где циклоническая деятельность развита более сильно, континентальность и сухость климата по сравнению с равнинной местностью значительно ослаблена. Выше 1500 м над уровнем моря континентальность климата вновь усиливается [1].

Возобновляемые водные ресурсы Шу-Таласского ВХБ состоят из суммарного стока бассейнов рек Шу, Талас и Ассы, часть водосборов которых (верховья) расположена в соседнем государстве - Кыргызской Республике.

В многолетнем ходе колебания стока рек рассматриваемого бассейна характерны следующие особенности. За многолетний период, охваченный инструментальными наблюдениями, резко выделяются два различных цикла водности, первый с 1930 по 1972-1973 гг. и второй с 1972-1973 по настоящее время [3].

В силу расположенности в системе глобального водобмена увлажненность региона очень сильно зависит от степени ее поступления извне. Основная масса осадков в регион, как известно, поступает с юга, юго-запада, запада и с северо-запада (циклоны с юга Каспийского моря, из долин Теджен и Мургаб и полярные воздушные массы). При прохождении через регион южных циклонов согласно в горных районах зимой выпадает до 400-450 мм осадков (70-80% годовой суммы) [3].

Распределение атмосферных осадков на исследуемой территории характеризуется крайней неравномерностью и зависит в основном от высоты местности и ориентации хребтов по отношению к влагонесущим воздушным массам. Наибольшие годовые суммы осадков (около 1000 мм) наблюдаются в высокогорных районах хребтов Кыргызского и Таласского Алатау, наименьшие - в низовьях рек Шу и Талас, то есть в пустынях Бетпақдала и Мойынкум, где они составляют от 170 до 200 мм [3,4].

В Таласской долине, закрытой с севера и юго-запада хребтами, до высоты 3000 м над уровнем моря за год выпадает осадков в среднем на 20-30% меньше, чем на соответствующих высотах в Шуйской долине. На более высоких уровнях различия в увлажнении сглаживаются [2].

2. Методы и материалы

Для написания данной статьи использовались данные с 9 гидропостов и 9 метеостаций. Период наблюдений начинается с 1933...1936 годов по 2020 год. Данные подверглись статистическому анализу.

В работе для определения закономерности изменения процесса стока во времени был использован метод линейного тренда, широко применяемая в гидрометеорологии, который записывается в виде уравнения линейной регрессии

$$y(t)=a_0+a_1t \quad (1)$$

где $y(t)$ – значения годового стока; t – порядковый номер наблюдаемой величины; a_0 и a_1 – регрессионные коэффициенты.

Значимость линейного тренда является основой принятия (отклонения) гипотезы. Простейший прием решения этой задачи сводится к оценке коэффициента корреляции зависимости осредненных значений стока от времени, по отношению к среднеквадратической ошибке коэффициента регрессии или по отношению к удвоенной или утроенной средней квадратической ошибке. Если значение коэффициента корреляции окажется больше удвоенного или утроенного значения средней квадратической погрешности коэффициента корреляции, то соответственно на 5% или 1% уровне признается альтернативная гипотеза о нестационарности гидрометеорологического ряда, то есть наличие линейного тренда.

Здесь, необходимо отметить главный недостаток метода, заключающийся в недоучете условий формирования речных вод. Предположения о сохранении общей тенденции изменения водных ресурсов на долгие сроки (до 2020–2050 гг.) вряд ли окажутся правомерными. Поэтому здесь нельзя обойтись без факторного анализа многолетних колебаний речного стока, а именно, изменения климатических условий. Известно, что в глобальном, так и в региональном масштабе, с конца 80-х годов XX-века наблюдается резкий направленный рост приземной температуры воздуха. При относительно слабых тенденциях изменений атмосферных осадков, речной сток в регионе имеет явную тенденцию к увеличению, в котором сыграла свою роль деградация ледников. В ходе многолетней изменчивости баланса массы наиболее изученного ледника Туйыксу исследователи выделяют три периода. С 1879 по 1914 г. – период с положительным балансом, с 1915 по 1972 г. – период со слабой тенденцией изменения баланса в отрицательную сторону, и с 1973 г. по настоящее время – период наиболее прогрессивной деградации ледника [2].

Таким образом, учитывая многолетние изменения, как климата, так и одного из основных факторов стокообразования горных районов - степени оледенения, представляемого на основе динамики баланса ледника Туйыксу, можно предположить, что для прогноза стока рек региона на долгосрочную перспективу необходимо за основу принять тенденцию за многолетний период, а тенденцию современного периода рассматривать в каче-

стве основы на ближайшие годы (до 5-6 лет). При этом оценку необходимо принять как среднюю величину за будущий прогнозируемый период, а не привязывать к конкретному году. Используемый линейный тренд, как известно, является скользящей (осредненной) средней линией хода многолетнего колебания стока.

3. Результаты и обсуждение

Возобновляемые водные ресурсы Шу-Таласского водохозяйственного бассейна состоят из суммарного стока

бассейнов рек Шу, Талас и Ассы, часть водосборов которых (верховья) расположена в соседнем государстве - Кыргызской Республике.

В многолетнем ходе колебания стока рек Шу-Таласского водохозяйственного бассейна характерны следующие особенности. За многолетний период, охваченный инструментальными наблюдениями, резко выделяются два различных цикла водности, первый – с 1930 по 1972-1973 гг. и второй – с 1972-1973 по настоящее время (рисунок 1).

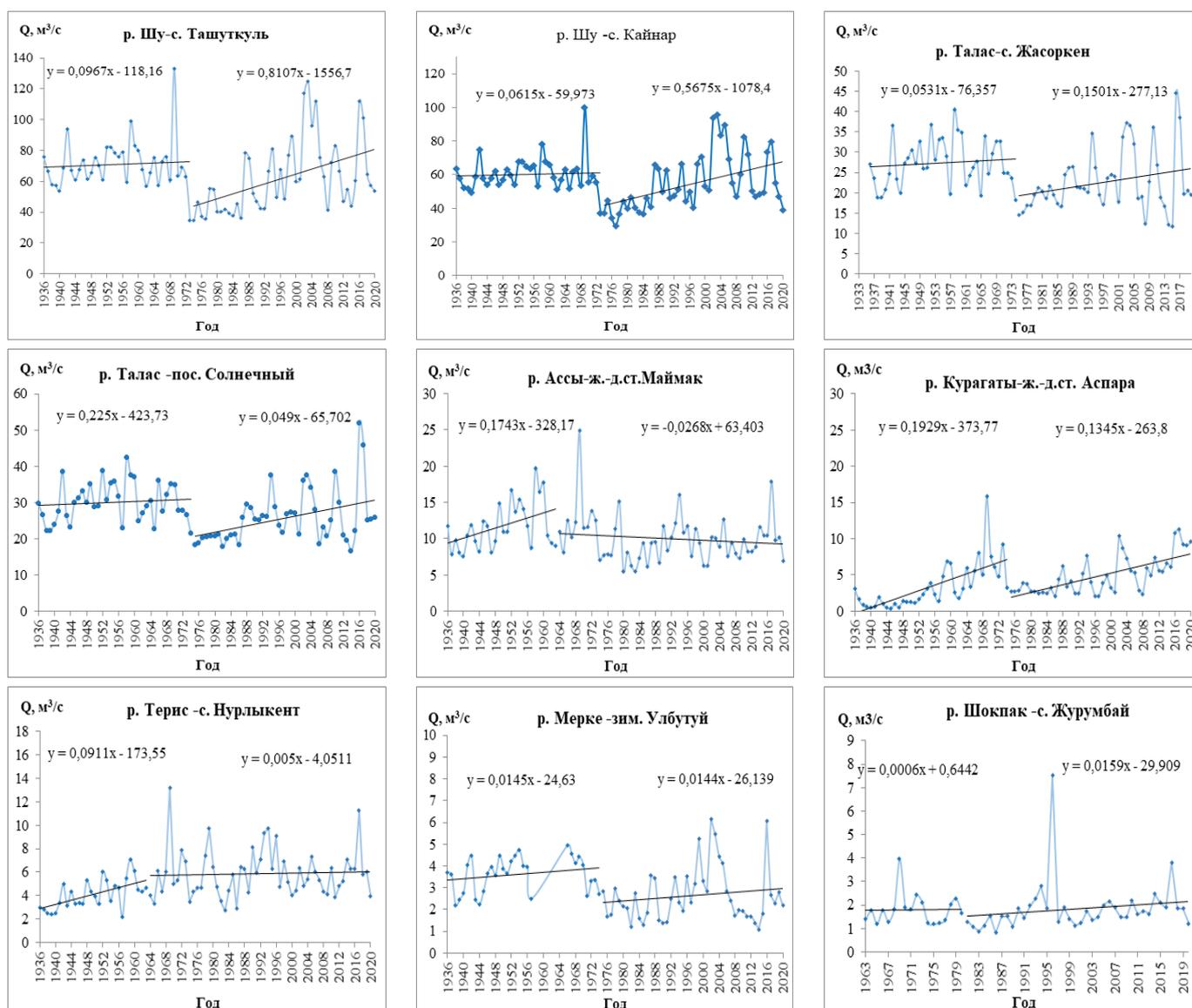


Рисунок 1. Линейные тренды изменения речного стока на некоторых гидропостанциях Шу-Таласского водохозяйственного бассейна

В многолетнем колебании стока, формирующегося на территории Кыргызстана, за первый период имеет место слабая отрицательная тенденция, которая особо не повлияла на общее направление изменения стока за многолетний период. А во всех остальных случаях сток имеет тенденцию к увеличению. Однако увеличение стока наиболее заметно лишь для бассейна р. Шу с относительно большим водосбором, следовательно, имеющим наибольшие запасы влаги, аккумулированной за многолетний период.

Вероятно, повышение температуры воздуха в целом отрицательно сказывается на ежегодной составляющей речного стока. Согласно исследованию, количество осадков на территории рассматриваемого бассейна практически не изменилось (рисунок 2). Между тем необходимо отметить, что сток рек имеет некоторую более или менее статистически выраженную тенденцию к увеличению, предположительно из-за «сработки» многолетних запасов снегово-ледниковых ресурсов. Например, местный (казахстанский) сток бассейна реки Талас имеет

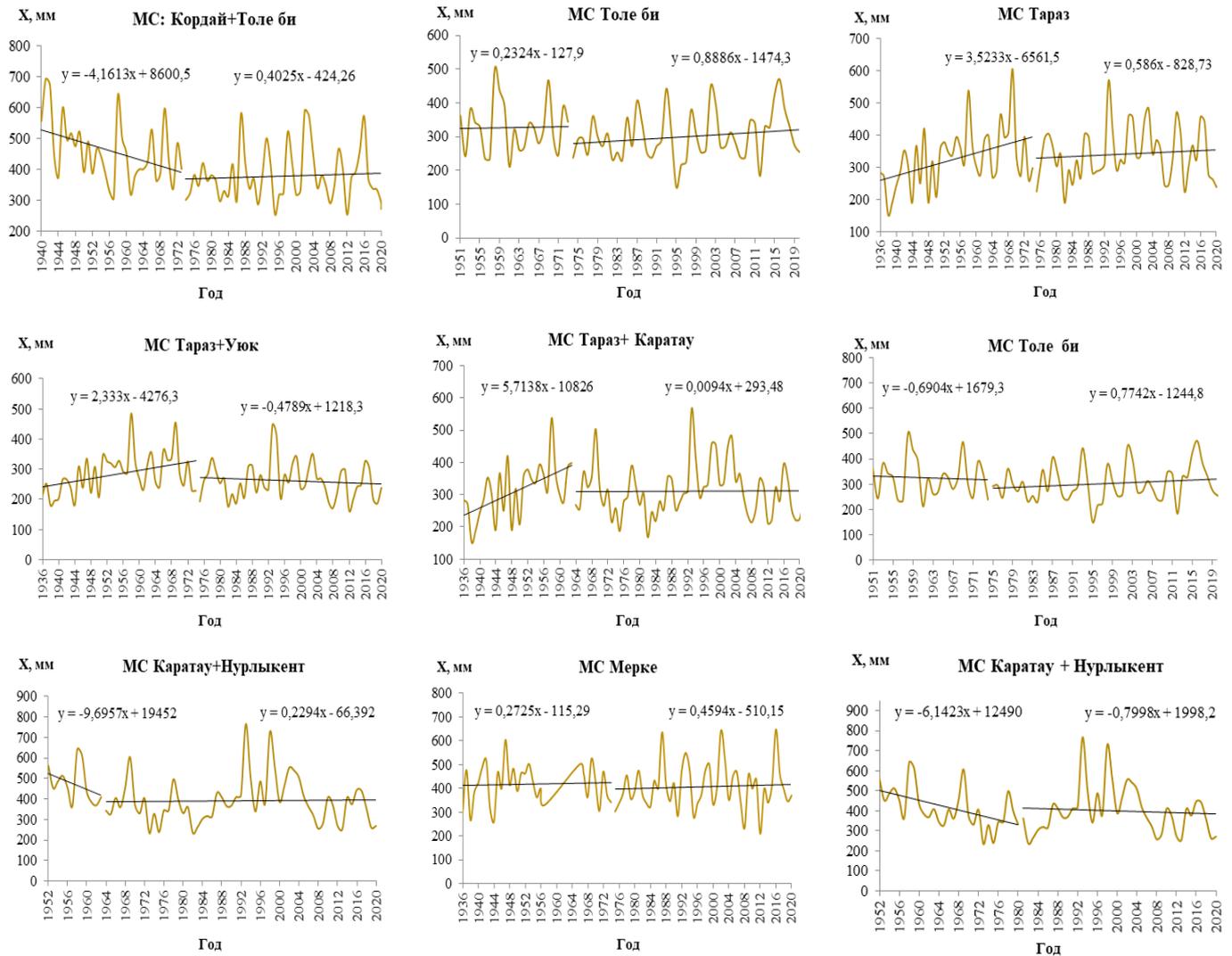


Рисунок 2. Линейные тренды изменения количества осадков в районе Шу-Таласского водохозяйственного бассейна

отрицательную тенденцию, в то же время сток на территории Кыргызской Республики – положительную. Так вот объем ледников Кыргызского хребта, на северных склонах которого главным образом формируется местный сток, почти три раза меньше объема ледников в Таласском Алатау.

Выявленные в ходе исследований линейные тренды изменения речного стока (рисунок 1) очень слабые, нередко статистически незначимы. В целом, распределение речного стока соответствует распределению годовых сумм осадков.

Явные, статистически значимые тенденции хода стока имеют место для современного периода и их значимость растет прямо пропорционально степени оледенения. При дальнейшем увеличении приземной температуры, следовательно, деградации многолетних запасов влаги в бассейне, вряд ли эта тенденция сохранится.

По результатам исследований прошлых лет по региону, за современный период ресурсы речных вод несколько увеличились. За период с 80-х годов прошлого века по настоящее время роль срабатываемых многолетних влагозапасов водосборов была велика. К настоящему времени эти запасы, главным образом, снегово-ледниковыена порядок сократились.

В большинстве случаев на местный сток Шу-Таласского ВХБ атмосферные осадки влияют положительно (теснота связей $R=0.45-0.70$), температура воздуха – отрицательно ($R=0.45-0.50$). Это хорошо прослеживается по графикам зависимостей (рисунки 3, 4) [2].

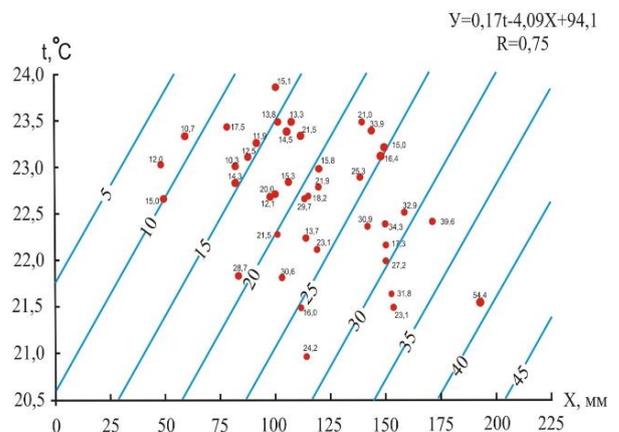


Рисунок 3. Зависимость местного стока (m^3/c) бассейна Шу от суммы атмосферных осадков за зимне-весенний и температуры воздуха за весенне-летний периоды [2]

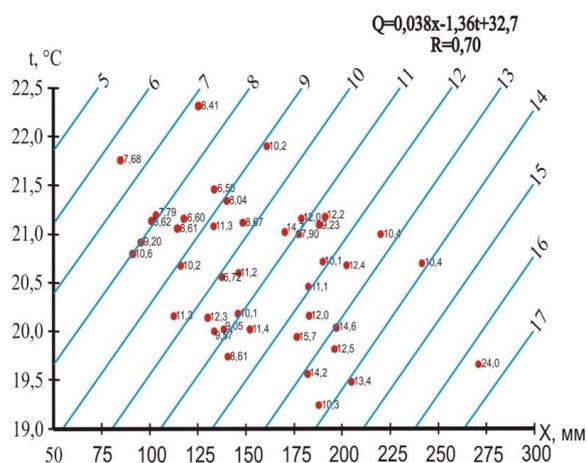


Рисунок 4. Зависимость местного стока (m^3/c) бассейна Талас от суммы атмосферных осадков за зимне-весенний и температуры воздуха за весенне-летний периоды [2]

Наоборот, повышение температуры воздуха влияет на сток рек, поступающих с высокогорных областей Внутреннего Таниртау (басс. рек Шу, Талас), что, вероятно всего, связано с относительно большими запасами многолетних ресурсов влаги их водосборов.

Согласно исследованию, наибольшие изменения (уменьшения) стока рек наблюдаются в казахстанской части бассейнов рек Шу и Талас, где, как указывалось отрицательное влияние температуры воздуха на сток рек значительное.

В целом по Шу-Таласскому водохозяйственному бассейну изменения незначительны, наблюдается небольшое увеличение суммарных ресурсов относительно среднего значения, характеризующего многолетний период, от 3.6-4.9% к 2020 г. до 5.0-7.4% к 2050 г.

Прогнозные оценки ресурсов речного стока с учетом климата и антропогенных нагрузок, представлены в таблице 1. При реализации возможных климатических, антропогенных и трансграничных гидрологических угроз, прогнозируется сокращение ресурсов речного стока: суммарного стока по Казахстану к 2030 г. от 90.1 до 87.1 км³ в год (таблица 1) [1].

Таблица 1. Прогнозные значения фактических ресурсов речного стока Шу-Таласского водохозяйственного бассейна с учетом климата и антропогенных нагрузок до 2030 [4]

Водохозяйственный бассейн	Местные ресурсы	
	Всего	В т.ч. отток за пределы РК (возвратный)
Шу-Таласский	1.01	
	Приток	
	Всего	В том числе сформированный на территории сопредельных стран
	3.21	3.21
	Суммарный	
Всего	Суммарный с учетом антропогенных изменений в русле основной реки	
4.22	4.22	

4. Заключение

Исследования показали, что в многолетней динамике водных ресурсов Шу-Таласского водохозяйственного бассейна наблюдается (особенно в высокогорьях) некоторая тенденция к увеличению. С другой стороны, в большинстве случаев выявленные тренды в динамике речного стока региона статистически не значимы.

Полученные материалы могут быть практически значимыми для перспективного планирования и разработки крупномасштабных мероприятий по комплексному использованию, охране водных ресурсов и решению комплексных проблем водообеспечения в Республике Казахстан.

С учетом того факта, что в последние два десятилетия в Казахстане и на сопредельных территориях произошли серьезные изменения климата и кардинальные преобразования в социально-экономической сфере, изменилась геополитическая ситуация, все оценки и анализ различных характеристик водных ресурсов региона и их использование нами рассмотрены в динамике за весь многолетний период наблюдений, и в том числе отдельно за период стационарного климата, стабильного социально-экономического развития (1900-1974) и за последние 25-30 лет в условиях интенсивного изменения климата и кардинальной перестройки социально-экономической ситуации в стране.

На основании детального анализа данных многолетних наблюдений представлена динамика водных ресурсов бассейна.

Норма речного стока и суммарных водных ресурсов бассейнов исходя из анализа многолетнего хода изменений речного стока оценена в нескольких вариантах: за многолетний период (с начала – конца 30-х годов по 2007 г.), за современный период (1974-2007 гг.), а также за предшествующий ему период, значительная часть которого характеризуется условно естественным (не существенно трансформированным) стоком рек.

Литература / References

- [1] Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Srednjaja Azija. Bassejn ozera Issyk-Kul', reki Chu, Talas. (1973). Volume 14, Issue 2
- [2] Medeu, A.R., Mal'kovskij, I.M., Toleubaeva, L.S. (2012). Vodnye resursy Kazahstana: ozenka, prognoz, upravlenie. Almaty
- [3] RGP «Kazgidromet». (2021). Annual Bulletin of monitoring the state and climate change in Kazakhstan. Retrieved from: <https://www.kazhydromet.kz/ru/klimat/ezhegodnyy-byulleten-monitoringa-sostoyaniya-i-izmeneniya-klimata-kazahstana>
- [4] Alimkulov, S.K., Tursunova, A.A., Saparova, A.A. (). Re-sursy rechnogo stoka Kazahstana v uslovijah budushhikh klimaticeskikh i antropogennyh izmenenij. (2021). Hydrometeorology and ecology, (1), 59-70
- [5] Injutin, N.Ja., Maksimov, N.V., Fateev, V.P., Cheban, V.A. (1968). Katalog lednikov SSSR. Volume 14. Srednjaja Azija. issue 2. Kirgizija. Chast' 1. Bassejny rek Assa, Talas. Gidrometeo-ologicheskoe izdatel'stvo, Leningrad
- [6] RGP «Kazgidromet». (2020). Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi. Bassejny rek Shu i Talas. Retrieved from: <https://www.kazhydromet.kz/en/gidrologiya/ezhegodnye-dannye-o-rezhime-i-resursah-poverhnostnyh-vod-sushi-eds>

Климаттық өзгерістер жағдайындағы Шу-Талас су шаруашылығы бассейнінің өзен ағынының ресурстары

А.У. Сафина*

ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: aminatsafina8@gmail.com

Андатпа. Бұл мақалада климаттың өзгеруін ескере отырып, Шу-Талас су шаруашылығы бассейні өзендерінің ағынының өзгеруіне талдау жасалды. Зерттеу барысында өзен ағынының өзгеруінің сызықтық тенденциялары, сондай-ақ жауын-шашынның жылдық мөлшері және бассейн аймағындағы орташа температура сияқты метеорологиялық параметрлер жасалды. Деректер одан әрі статистикалық өңдеумен «Қазгидромет» РМК-ның жыл сайынғы жинақтарынан алынды. Қарастырылып отырған бассейнің 9 гидропостынан және бассейнге ең жақын 9 метеостанциядан алынған мәліметтер талдауға алынды. Алынған материалдар Қазақстан Республикасында Су ресурстарын кешенді пайдалану, қорғау және сумен қамтамасыз етудің кешенді проблемаларын шешу жөніндегі ауқымды іс-шараларды перспективалық жоспарлау және әзірлеу үшін іс жүзінде маңызды болуы мүмкін.

Негізгі сөздер: Шу-Талас су шаруашылығы бассейні, климаттың өзгеруі, өзен ағыны, трансшекаралық бассейн, жылдық жауын-шашын мөлшері.

Ресурсы речного стока Шу-Таласского водохозяйственного бассейна в условиях климатических изменений

А.У. Сафина*

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: aminatsafina8@gmail.com

Аннотация. В данной статье выполнен анализ изменения стока рек Шу-Таласского водохозяйственного бассейна с учетом изменения климата. В ходе исследования были составлены линейные тренды изменения речного стока, а также таких метеорологических параметров, как годовые суммы осадков и средняя температура в регионе бассейна. Данные были получены из ежегодных сборников РГП «Казгидромет» с дальнейшей статистической обработкой. Анализу были подвергнуты данные с 9 гидропостов рассматриваемого бассейна и 9 метеостанций, наиболее приближенных к бассейну. Полученные материалы могут быть практически значимыми для перспективного планирования и разработки крупномасштабных мероприятий по комплексному использованию, охране водных ресурсов и решению комплексных проблем водообеспечения в Республике Казахстан.

Ключевые слова: Шу-Таласский водохозяйственный бассейн, изменение климата, речной сток, трансграничный бассейн, годовые суммы осадков.

Received: 11 February 2023

Accepted: 15 June 2023

Available online: 30 June 2023