

УДК 556.5:556.16:551.583(470.5)

Мягков С.В., Мягков С.С., Хабибуллаев Ш.Х.

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан

СТОК ГОРНЫХ РЕК КАК ИНДИКАТОР ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Аннотация. Основными элементами в оценке изменения климата являются динамика осадков и температуры воздуха. Сток рек является результатом режима осадков и температуры воздуха в речном бассейне. В качестве объекта исследования рассматривается формирование речного стока двух соседних бассейнов (водоразделов). Сток горных рек рассматривается как независимый индикатор изменения климата за период наблюдения (1931-2020 гг.). Метод исследования – множественный регрессионный анализ и методы математической статистики. Построение полиномиальных трендов гидрологических рядов осуществлялось с использованием наборов статистических функций и методов расчета по программам. Рассмотрена возможность построения трендов речного стока для анализа динамики формирования водных ресурсов и определены различные временные периоды формирования стока. Полученные результаты показывают значительные расхождения в характеристиках стока соседних речных бассейнов при различных входных режимах осадков и температуры воздуха.

Ключевые слова: изменение климата, гидрологический режим, гидрологические расчеты, водосбор, бассейн реки, снежный покров, полиномиальный тренд, годовой расход.

Myagkov S.V., Myagkov S.S., Khabibullaev Sh.Kh.

Hydrometeorological Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

MOUNTAIN RIVERS RUNOFF AS AN INDICATOR OF CLIMATE CHANGE

Abstract. The main elements in assessing climate change are the dynamics of precipitation and air temperature. The flow of rivers is the result of the precipitation regime and air temperature in the river basin. The object of study is the formation of river runoff in two neighboring basins (watersheds). The runoff of mountain rivers is considered as an independent indicator of climate change over the observation period (1931-2020). Research method - multiple regression analysis and methods of mathematical statistics. The construction of polynomial trends of hydrological series was carried out using sets of statistical functions and calculation methods for programs. The possibility of constructing river runoff trends for analyzing the dynamics of water resources formation is considered, and various time periods of runoff formation are determined. The results obtained show significant discrepancies in the runoff characteristics of neighboring river basins for different input precipitation and air temperature regimes.

Key words: climate change, hydrological regime, hydrological calculations, watershed, river basin, snow cover, polynomial trend, annual discharge.

Введение и постановка проблемы. Актуальность исследования заключается в необходимости прогнозирования стока рек Ферганской долины, водные ресурсы которых используются для орошения сельскохозяйственных угодий и водоснабжения населенных пунктов региона. Население Ферганской долины составляет около 15 млн человек, площадь территории – около 22 тыс. км², а вместе с окружающими горами до 80 тыс. км². В плане Ферганская долина напоминает эллипс длиной около 300 км и шириной до 170 км.

Как отмечается в работе [16], обширные снежники и многочисленные горные ледники дают начало большинству рек в глобальном масштабе. В пределах Ферганской долины годовое количество осадков около 150 мм, в предгорьях 250-300 мм.

Наблюдаемое изменение климата проявляется в виде повышения температуры воздуха и изменения режима осадков. Для горных рек эти факторы являются основными в формировании стока. Поверхностный сток напрямую зависит от режима выпадения осадков [12].

Температурный режим воздуха сказывается на режиме таяния снега, выпавшего зимой. Температурный режим формирует таяние ледников, расположенных в высокогорьях, которые являются одним из источников речного стока. Недостаточная достоверность прогноза температуры и режима осадков делает практически невозможным прогноз речного стока на вегетацию [11].

Режим осадков неравномерный, большая часть их выпадает в период октябрь-март и часто наблюдаются сильные дожди, приводящие к затоплению территорий и возникновению паводков.

Изученность проблемы. В настоящее время во многих исследованиях [1, 3] речного стока в горах отражено изучение трендов температуры воздуха и режима осадков в бассейнах рек с последующим использованием полученных данных в математических моделях формирования стока и, таким образом, трендов динамики стока, которые строятся в зависимости от сценариев изменения климата [19].

В качестве научной основы рассматривается оценка трендов стока горных рек непосредственно по динамике стока для разных климатических периодов с использованием линейных и полиномиальных статистических зависимостей.

По многочисленным исследованиям горной территории водосборного бассейна Аральского моря (бассейны рек Сырдарья и Амударья) отмечается, что за период 1980-2010 годы значительно сократилась площадь оледенения, что, в свою очередь, может привести к сокращению объема ледникового стока [6, 7].

В работе [4] отмечается, что нынешнее глобальное потепление приведёт к увеличению уровня эвапотранспирации и, следовательно, к сокращению пополнения запасов подземных вод. В таких обстоятельствах любое простое, но эффективное средство увеличения запасов воды, такое как искусственное пополнение запасов подземных вод, приобретает жизненно важное значение для устойчивости водоснабжения и выживания в пустынных экосистемах. Рост плотности населения и экономической активности, особенно в городских районах, а также изменение моделей водопользования бросают вызов ограниченным водным ресурсам, доступным для людей.

В исследовании [9] приводятся данные о том, что в Северном полушарии происходит некоторое увеличение расходов воды в реках, обусловленное таянием ледников и общими процессами дегляциации, связанной с потеплением климата.

Исследования в работе [8] показывают, что процессы деградации ледяного щита в Азии продолжаются, но таяние ледяного щита не увязывается с гидрологическими показателями стока рек, расположенных ниже по течению, и не принимается во внимание величина сезонного снежного покрова в бассейнах рек, который оказывает непосредственное влияние на характеристики и объем речного стока.

В научной статье Кривенко В.Г. [3] излагается концепция многовековой и внутривековой циклической изменчивости климата материков Северного полушария, имеющая место в последние 12 тыс. лет и протекающая во временных интервалах 7-11, 32-45 и 70-80 лет. Изменчивость климата расценивается как составная часть единых природных циклов (гидроклиматических, геофизических, биологических). Это положение доказывается на материале по изменению гидрологического изменения озер засушливых территорий.

В работе Кузьменко Я.В., Лисецкого Ф.Н., Пичура В.И. [4] указывается, что малые реки особенно чутко реагируют на антропогенные воздействия и служат интегральным индикатором сложных природно-антропогенных процессов, происходящих на их водосборах. В современных исследованиях бассейновые

территориальные структуры рассматриваются как иерархические общности пространственных отношений, определяемых стоком воды.

Международными научными организациями [10, 17, 18] отмечается, что изменение климата проявляется, в частности, в изменении гидрологического режима рек, режима оледенения водных объектов.

Климат Земли и земной водный цикл имеют очень тесную и сложную взаимосвязь [15], таким образом, динамика изменения климата будет влиять на водные ресурсы. Например, дефицит дождевых осадков снизит влажность почвы, речной сток и пополнение подземных вод, но величина этого эффекта перетока будет зависеть от местных условий, таких как свойства почвы, геология, растительность и водопользование.

Из-за различных временных масштабов вовлеченных процессов воздействие на дефицит грунтовых вод (хотя они обычно менее выражен, чем для поверхностных вод, и приходит с задержкой) может длиться намного дольше, чем исходная метеорологическая засуха, вызвавшая его, таким образом иницируя «эффект памяти».

С другой стороны, наводнения могут повлиять на доступность воды, санитарную и другие аспекты жизнеобеспечения людей через повреждение ключевой инфраструктуры и услуг.

В то же время гидрологический цикл сам по себе является важным компонентом климатической системы, контролирующим взаимодействие между атмосферой и земной поверхностью и обеспечение механизмов обратной связи в транспортировке, хранении и обмене массой и энергией.

На взаимосвязь между климатом и водными ресурсами влияет множество антропогенных факторов, включая, помимо прочего, землепользование и изменение земного покрова, системы регулирования и водозабора, а также загрязнение воды.

Изменение климата влияет на наземный водный цикл посредством множества различных процессов [15]. Отзывы и взаимодействия между этими процессами, которые не все полностью поняты или измеримы в соответствующих масштабах, очень затрудняют количественную оценку и прогноз последствий.

Хотя гидрологические данные, собранные в прошлом, предоставляют ценную информацию о процессах и событиях, они не обязательно указывают на будущий гидрологический режим. Более того, даже при обнаружении гидрологических изменений, объяснение причин, включая изменение климата, часто остается неопределенным [12, 13]. Спекторман Т.Ю. в исследовании [7] утверждает, что оценка воздействия изменения климата на водные ресурсы бассейна позволит учитывать возможные изменения гидрологических характеристик при планировании развития сельскохозяйственного и других секторов экономики, а также для разработки адаптационных мероприятий.

Цель и задачи работы. Основная цель работы – показать, что исследование динамических изменений климата непосредственно изменяет сток рек, в то же самое время, оценить влияние изменения климата непосредственно на сток рек.

Задачи работы включают оценку изменений режима стока горных рек за различные временные периоды увеличения и снижения стока рек не только в связи с температурами воздуха и сезонным снегонакоплением, но и кратковременными изменениями параметров гидрологического цикла, измерение которых инструментальными методами наблюдений не представляется возможным, а также рассмотрение трендов изменения стока для соседних водосборных бассейнов, в которых отражается локальная динамика стока.

Материалы и методы. Для гидрологического анализа были выбраны водоразделы рек Сох и Шахмардан, южные склоны Ферганской долины. Обе реки расположены в соседних бассейнах (рис. 1). Водотоки, стекающие по склонам Ферганской долины, имеют большое значение для сельскохозяйственного

производства, но сток в них невелик и только на этих основных реках организованы гидрологические замеры. Но даже объемы годового стока значительно различаются. Среднеголетний сток реки Сох около $1,26 \text{ км}^3$ в год, площадь водосбора 3510 км^2 , тогда как сток реки Шахимардан – до $0,304 \text{ км}^3$ в год, а площадь водосбора – 1300 км^2 .

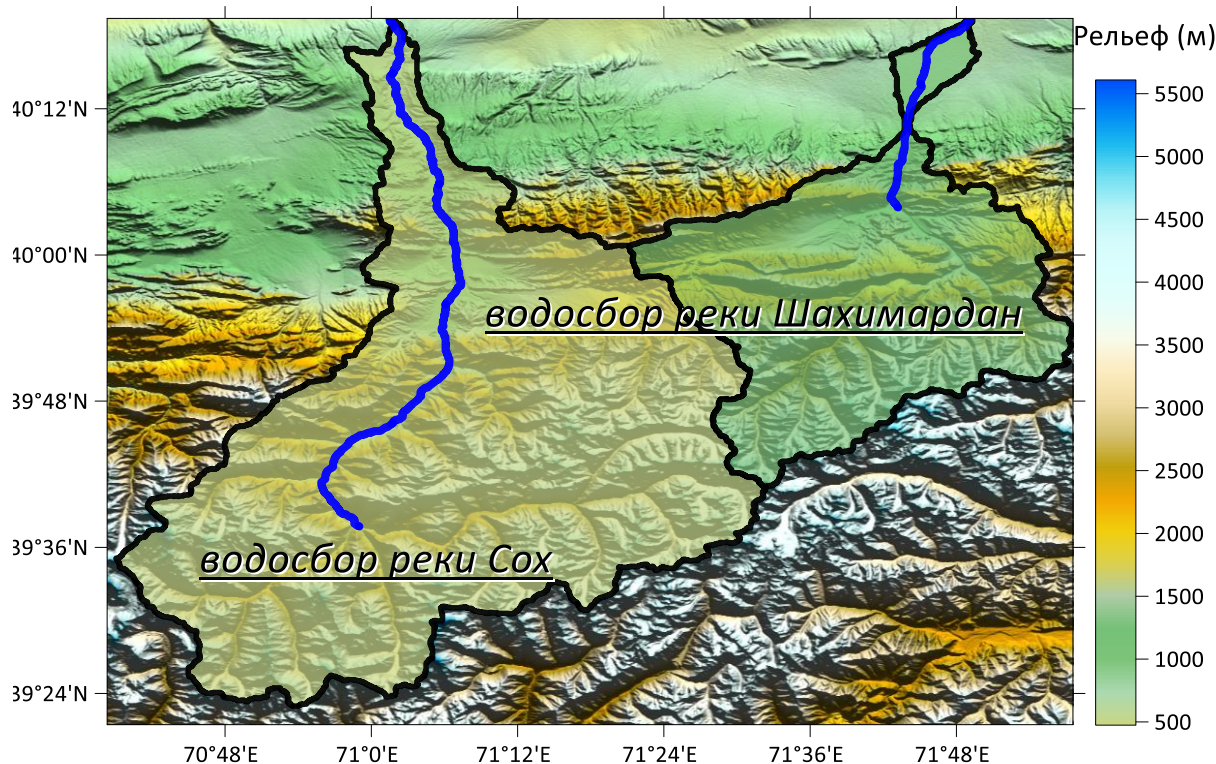


Рис. 1. Географическое положение бассейнов рек Сох и Шахимардан

Шкала справа показывает высоту рельефа

Река Сох протекает на территории Кыргызской Республики (Баткенская область) и Узбекистана (Ферганская область). Она берет начало у села Коргон на северных склонах Алайского хребта на высоте более 3000 м и образуется слиянием рек Ак-Терек и Ходжа-Ачкан. Течет, в основном, на север. В среднем течении служит основным источником водоснабжения Сохского района (эксклав Узбекистана). Вода реки Сох полностью используется для орошения, теряясь в оросительном веере на собственном конусе выноса. Сох не доходит до Сырдарьи с конца 1940-х гг. Среднеголетнее водопотребление в районе поселка Сарыканда составляет $42,1 \text{ м}^3/\text{с}$. Питание смешанное, ледниково-снеговое и подземное. Половодье наблюдается в период интенсивного таяния ледников с июня по сентябрь.

Река Шахимардан берет начало на территории Шахимарданского эксклава Узбекистана при слиянии рек Аксу и Коксу, которые берут начало на северных склонах Алайского и Туркестанского хребтов.

Для анализа режима стока использовались многомерная статистическая модель и регрессионный анализ речного стока на основе модели формирования водного баланса [2, 5].

Основная часть. Формирование стока горной реки происходит в результате таяния снежного покрова, выпавшего зимой, таяния ледников, притока грунтовых вод и дождей. При условии, что сток формируется пропорционально осадкам в бассейне и таянию снегов и ледников, то в общем виде уравнение водного баланса за определенный период можно записать в виде:

$$Q = \alpha X + \beta T + \gamma \quad (1)$$

где Q - водопотребление, X - осадки, T - температура воздуха, α , β - коэффициенты пропорциональности, γ - некоторый постоянный коэффициент, ибо гидрограф реки можно рассматривать как аналог притока подземных вод.

Используя уравнение (1) как уравнение статистической множественной регрессии для рек Сох и Шахмардан, были получены множественные коэффициенты детерминации за многолетний период (1931-2019 гг.), равные 0,672 и 0,647 соответственно, при множественном коэффициенте корреляции, равном 0,45 и 0,42.

В работе [6] подробно рассмотрена возможность использования уравнений многофакторной регрессии в качестве статистических зависимостей для разработки методов прогнозирования стока р. Сох.

В связи с тем, что значения стока рек Сох и Шахмардан различаются почти в три раза, для графического сравнения гидрографов стока необходимо их нормировать и привести к сопоставимым значениям по уравнению:

$$Q_{\text{норм}} = 1 - (Q_{\text{макс}} - Q_i) / (Q_{\text{макс}} - Q_{\text{мин}}) \quad (2)$$

В уравнении $Q_{\text{норм}}$ – нормированная величина, имеющая значение $0 \leq Q_{\text{норм}} \leq 1$, $Q_{\text{макс}}$, $Q_{\text{мин}}$ – максимальное и минимальное значения в ряду наблюдений, Q_i – значение в ряду наблюдений, « i » – порядковый номер члена серии.

На рисунке 2 представлены гидрографы нормированных значений среднегодовых расходов воды для участков Сох и Шахмардан за период 1930-1997 гг.

8 июля 1998 года по руслу реки Шахмардан прошел селевой поток, что привело к человеческим жертвам (178 человек), разрушению сооружений, в том числе гидрологического поста. Образование селей произошло в результате резкого повышения температуры воздуха, усиленного таяния ледников и разрушения моренных дамб ледниковых озер. По этой причине гидрограф среднегодовых значений стока реки Шахмардан изменился и провести сравнение с гидрографом стока реки Сох после 1998 года не представляется возможным.

Рассмотрим линии сглаживания на гидрографах обеих рек. Для периода 1930-1960 гг. линии сглаживания по обеим рекам практически совпадают. Однако минимумы различаются по времени для р. Сох, минимум приходится на 1962 г., для р. Шахмардан минимум – 1972 г., разница составляет 10 лет.

В период с 1972 г. для реки Шахмардан начинается подъем линии сглаживания, а для реки Сох, начиная с 1992 г., начинается спад, с максимумом в 1991 г.

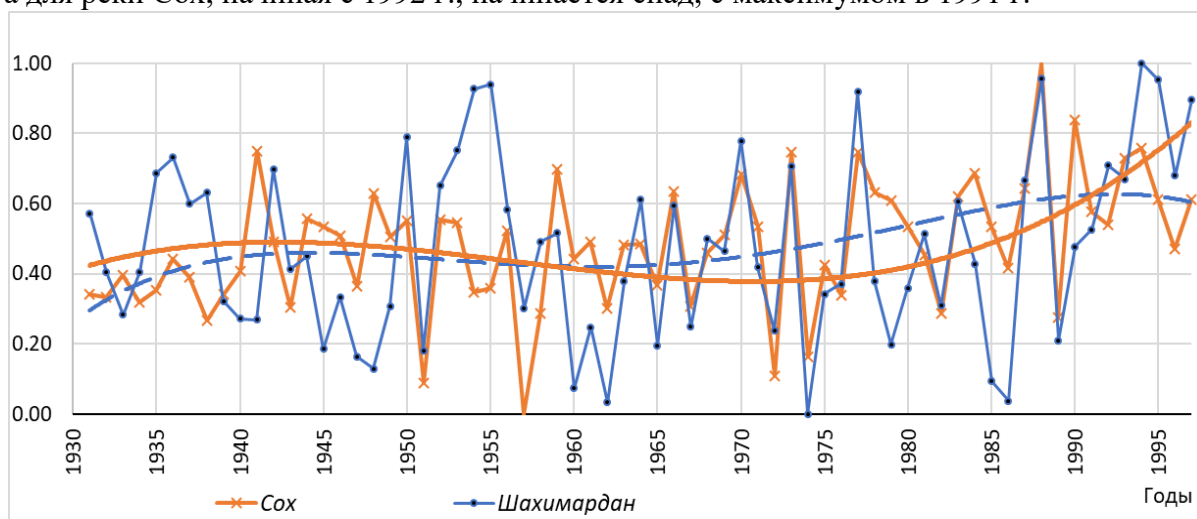


Рис. 2. Комбинированный гидрограф нормализованных величин стока рек Сох и Шахмардан (представлены полиномиальные линии сглаживания)

Теперь рассмотрим гидрографы (рис. 2). В период 1930-1962 гг. имеются различия и несовпадения, хотя в ряде случаев наблюдается тенденция к повторению пиков максимумов и минимумов – 1943, 1951, 1957, 1959 гг. Обратим внимание на период 1953-1956 гг., в этот период наблюдается абсолютное несовпадение гидрографов. В период 1964-1977 гг. наблюдается практически одинаковый ход нормированных гидрографов обеих рек. В период 1978-1997 гг. снова линии гидрографов часто расходятся, хотя в отдельные годы – 1982, 1987-1989 гг. нормированные гидрографы совпадают.

В Таблице 1 приведены уравнения линейной регрессии между нормированными значениями стока рек Сох и Шахимардан.

Таблица 1

Уравнения линейной регрессии между нормированными значениями стока рек Сох и Шахимардан

	Период	Уравнение	Коэффициент регрессии	Коэффициент корреляции
1	1931-1987 гг.	$y = 0,6298x + 0,1715$	$R^2 = 0,199$	0,45
2	1931-1960 гг.	$y = 0,2119x + 0,3414$	$R^2 = 0,033$	0,18
3	1964-1977 гг.	$y = 1,3342x - 0,4879$	$R^2 = 0,818$	0,90
4	1978-1987 гг.	$y = 0,3782x + 0,578$	$R^2 = 0,317$	0,56
5	2001-2020 гг.	$y = -0,0407x + 7,6107$	$R^2 = 0,0066$	0,08

Таким образом, можно утверждать, что в одних случаях большое влияние на речной сток оказывают местные ландшафтно-географические и климатические условия формирования стока, в другие периоды большее влияние оказывают климатические факторы регионального характера, общие для обоих речных бассейнов.

С помощью этого метода анализа динамики речного стока можно определить периоды преимущественного влияния на сток местных или региональных климатических факторов [14].

Обратим внимание на высокий коэффициент корреляции за период 1964-1977 гг. между нормированными значениями стока (линия 3) и совершенно незначительную связь за весь период (1931-1987 гг.). Небольшие связи за периоды (1931-1960) и (1978-1987). Эти уравнения подтверждают полиномиальное осреднение и сравнение гидрографов стока, приведенных на рисунке 2.

Выводы. Результаты исследований показали, что за длительный период наблюдений наблюдаются периоды снижения и увеличения значений расходов воды на общем климатическом фоне.

По результатам нормированных значений стока для бассейнов соседних рек наблюдаются периоды с отклонениями стока одной реки от другой, при сходных географических, геоморфологических и ландшафтных условиях.

О сходстве географических и ландшафтных условий свидетельствуют периоды очень близкого совпадения нормированных гидрографов.

Анализ гидрографов показывает, что на фоне различий имеются близкие совпадения нормированных гидрографов речного стока, из чего можно сделать вывод о влиянии общих факторов формирования речного стока на формирование стока, а также о сильном влиянии местных погодных условий, и климатические явления на формирование стока.

Использование нормирования значений стока для бассейнов различных рек позволяет анализировать сходство и различие условий формирования стока. Это

особенно важно для анализа влияния изменения климата на конкретные территории и географические условия.

Анализ корреляции между нормированными значениями стока горных рек показал, что в многолетнем периоде наблюдения существуют периоды увеличения и уменьшения стока рек. Говорить об однозначности влияния изменения климата на увеличение или уменьшение речного стока в будущем является спорным вопросом и требует дальнейших исследований.

Использованная литература:

1. Бубин М.Н. Ритмичность многолетних колебаний стока рек как интегральный показатель изменчивости климата. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 279 с.
2. Денисов Ю.М. Математическое моделирование процесса стока горных рек. Ленинград: Гидрометеоздат, 1972. 150 с.
3. Кривенко В. Г. Концепция внутривековой и многовековой изменчивости климата как предпосылка прогноза // Климаты прошлого и климатический прогноз. Москва, 1992. С. 39-40.
4. Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Пичура В.И. Оценка и прогнозирование стока малых рек в условиях антропогенных воздействий и изменений климата // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. Электронный доступ: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7640>.
5. Меркулова Н.Н., Михайлов М.Д. Разностные схемы для обыкновенных дифференциальных уравнений. Томск, 2014. 122 с.
6. Мягков С.В., Гавриленко Н.Н., Мягков С.С., Гофуров Т.К. Оценка ледникового стока в бассейне реки Сох графо-статистическим методом // Известия Географического общества Узбекистана. 2020. Том 58. С. 225-231.
7. Спекторман Т.Ю. Сценарии изменения климата для территории Узбекистана и зоны формирования стока рек Сырдарья и Амударья // Изменение климата, причины, последствия и меры реагирования. Бюллетень № 9. Ташкент, 2015. С. 29-39.
8. Arnell N. (1999), *Climate change and global water resources. Global Environmental Change*, Washington, pp. 31-49.
9. Fillon R.H., Williams D.F. (1984), Dynamics of meltwater discharge from Northern Hemisphere ice sheets during the last deglaciation, *Nature*, No.310. pp. 674–677.
10. IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.
11. Lins, H.F. (2012), USGS Hydro-Climatic Data Network 2009 (HCDN–2009): U.S. Geological Survey Fact Sheet 2012–3047, 4 p., available only at <https://pubs.usgs.gov/fs/2012/3047/>.
12. Mallakpour, I., Villarini G. (2015). The changing nature of flooding across the central United States, *Nature Climate Change*, No.5, pp. 250–254.
13. Myagkov S.V. (1995), A model of water and salt exchange between a river and groundwater, *IAHS Publ.*, No. 229, pp. 249-254.
14. Rodriguez-Iturbe I. and Eagleson P.S. (1987), Mathematical Models of Rainstorm Events in Space and Time, *Water Resources Research*, No. 23, pp. 181-190.
15. Teller J. (2017), *Volume and Routing of Late-Glacial Runoff from the Southern Laurentide Ice Sheet*, Published online by Cambridge University Press.
16. *Water and Climate Change* (2020), UNESCO, 236 p. www.unesco.org/water/wwap
17. Wigley T.M.L. MAGICC/SCENGEN 5.3: Technical Manual, Tom Wigley, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO 80307. June 2008.
18. Wuebbles DJ, DW Fahey, KA Hibbard, DJ Dokken, BC Stewart, and TK Maycock, USGCRP (US Global Change Research Program). Climate science special report: Fourth National Climate Assessment, 2017, volume I. eds. doi:10.7930/J0J964J6.

References:

1. Bubin M.N. (2013), *The rhythm of long-term fluctuations in river flow as an integral indicator of climate variability*, Tomsk, 279 p. (In Russ.).
2. Denisov Yu.M. (1972), *Mathematical modeling of the runoff process of mountain rivers*, Leningrad, 150 p. (In Russ.).
3. Krivenko V.G. (1992), The concept of intra-secular and multi-secular climate variability as a prerequisite for the forecast, *Climates of the Past and Climate Forecast*, Moscow, pp. 39-40. (In Russ.).
4. Kuzmenko Ya.V., Lisetsky F.N., Pichura V.I. (2012), Estimation and forecasting of the runoff of small rivers under the conditions of anthropogenic impacts and climate change, *Modern problems of science and education*, 2012, No. 6, URL: Электронный доступ: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7640>. (In Russ.).
5. Merkulova N.N., Mikhailov M.D. (2014), *Difference schemes for ordinary differential equations*, Tomsk, 122 p. (In Russ.).
6. Myagkov S.V., Gavrilenko N.N., Myagkov S.S., Gofurov T.K. (2020), Estimation of glacial runoff in the Sokh river basin using a graph-statistical method, *The Annales of The Geographic Society of Uzbekistan*, Volume 58, pp. 225-231. (In Russ.).
7. Spektorman T.Yu. (2015), Climate change scenarios for the territory of Uzbekistan and the flow formation zone of the Syrdarya and Amudarya rivers, *Climate Change, Causes, Consequences and Response Measures*, Bulletin No. 9, Tashkent, pp. 29-39. (In Russ.).
8. Arnell N. (1999), *Climate change and global water resources. Global Environmental Change*, Washington, pp. 31-49.
9. Fillon R.H., Williams D.F. (1984), Dynamics of meltwater discharge from Northern Hemisphere ice sheets during the last deglaciation, *Nature*, No.310. pp. 674–677.
10. IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.
11. Lins, H.F. (2012), USGS Hydro-Climatic Data Network 2009 (HCDN–2009): U.S. Geological Survey Fact Sheet 2012–3047, 4 p., available only at <https://pubs.usgs.gov/fs/2012/3047/>.
12. Mallakpour, I., Villarini G. (2015). The changing nature of flooding across the central United States, *Nature Climate Change*, No.5, pp. 250–254.
13. Myagkov S.V. (1995), A model of water and salt exchange between a river and groundwater, *IAHS Publ.*, No. 229, pp. 249-254.
14. Rodriguez-Iturbe I. and Eagleson P.S. (1987), Mathematical Models of Rainstorm Events in Space and Time, *Water Resources Research*, No. 23, pp. 181-190.
15. Teller J. (2017), *Volume and Routing of Late-Glacial Runoff from the Southern Laurentide Ice Sheet*, Published online by Cambridge University Press.
16. *Water and Climate Change* (2020), UNESCO, 236 p. www.unesco.org/water/wwap
17. Wigley T.M.L. MAGICC/SCENGEN 5.3: Technical Manual, Tom Wigley, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO 80307. June 2008.
18. Wuebbles DJ, DW Fahey, KA Hibbard, DJ Dokken, BC Stewart, and TK Maycock, USGCRP (US Global Change Research Program). Climate science special report: Fourth National Climate Assessment, 2017, volume I. eds. doi:10.7930/J0J964J6.

Сведения об авторах:

Мягков Сергей Владимирович – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), доктор технических наук, профессор. E-mail: sergik1961@yahoo.com.

Мягков Сергей Сергеевич – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), базовый (PhD) докторант. E-mail: s.s.myagkov@gmail.com.

Хабибуллаев Шерзод Хабибуллахужаевич - Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), научный сотрудник.

Information about authors:

Myagkov Sergey V. – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Doctor (DSc) of technical sciences, Professor. E-mail: sergik1961@yahoo.com.

Myagkov Sergey S. – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), basic (PhD) doctoral student. E-mail: s.s.myagkov@gmail.com.

Khabibulaev Sherzod – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), researcher.

Для цитирования:

Мягков С.В., Мягков С.С., Хабибуллаев Ш.Х. Сток горных рек как индикатор изменения климата // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2022. № 3-4. С. 73-81.

For citation

Myagkov S.V., Myagkov S.S., Khabibullaev Sh.Kh. (2022), Mountain rivers runoff as an indicator of climate change, *Central Asian journal of the geographical researches*, No 3-4, pp. 73-81.