

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ БАКСАН

Кучменова И.И., Атабиева Ф.А.

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, e-mail: ira_kuchmenova@mail.ru

Целью исследования является анализ многолетней изменчивости стока воды и суммы ионов в реке Баксан, а также оценка влияния температуры воздуха и осадков на формирование речного стока. В исследовании рассматривается влияние метеорологических показателей на долгосрочные изменения стока реки Баксан. Многолетние гидрометеорологические данные были представлены ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» с гидрологического поста р. Баксан – с. Заюково и метеорологической станции Терскол. Статистическая обработка данных проведена с помощью стандартного пакета Excel. Анализ 55-летних (1967 – 2022 гг.) наблюдений показал значительное повышение температуры воздуха с 1990 года, но отсутствие изменений в общем количестве осадков. Исследование показало, что повышение среднегодовых температур после 1990 года привело к изменениям внутригодового распределения стока. За период наблюдений с 1967 по 2022 г. р. Баксан – с. Заюково в соответствии с классификацией В.Л. Шульца имеет ледниково-снеговое питание, за исключением 5 лет, когда тип питания можно охарактеризовать как снего-ледниковое. Кроме того, был проведен сравнительный анализ изменения суммы ионов в 1970 – 1972 гг. с современными данными за 2020 – 2022 гг. Выявлено, что в настоящее время как в межливневый период, так и в период половодья в воде р. Баксан – с. Заюково сумма ионов уменьшилась по сравнению с 1970 – 1972 гг.

Ключевые слова: ледниково-снеговой тип питания, атмосферные осадки, температура воздуха

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL INDICATORS ON THE HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL REGIME OF THE BAKSAN RIVER

Kuchmenova I.I., Atabieva F.A.

High Mountain Geophysical Institute, Nalchik, e-mail: ira_kuchmenova@mail.ru

The aim of the study is to analyze the long-term variability of water runoff and the sum of ions in the Baksan River, as well as to assess the influence of air temperature and precipitation on the formation of river runoff. The study considers the influence of meteorological indicators on long-term changes in the Baksan River runoff. Long-term hydrometeorological data were provided to the Federal State Budgetary Institution “North Caucasus Administration for Hydrometeorology and Environmental Monitoring” from the Baksan River – Zayukovo village hydrological post and the Terskol meteorological station. Statistical data processing was carried out using the standard Excel package. The analysis of 55-year (1967 – 2022) observations showed a significant increase in air temperature since 1990, but no changes in the total amount of precipitation. The study showed that the increase in average annual temperatures after 1990 led to changes in the intra-annual distribution of runoff. During the observation period from 1967 to 2022, the Baksan River – Zayukovo village changed its flow rate in accordance with the classification of V.L. The Schultz River has glacial-snow feeding, with the exception of 5 years, when the feeding type can be characterized as snow-glacial. In addition, a comparative analysis of the change in the sum of ions in 1970-1972 with modern data for 2020-2022 was carried out. It was revealed that at present, both during the low-water period and during the flood period in the water of the Baksan River – Zayukovo village, the sum of ions has decreased compared to 1970-1972.

Keywords: glacial-snow type of nutrition, atmospheric precipitation, air temperature

Введение

Российская Федерация из-за своих больших размеров сталкивается с различными региональными водными проблемами [1]. В последние десятилетия водные ресурсы во многих районах европейской части России увеличились, но таяние ледников сказывается на водных ресурсах, главным образом крупных рек [2; 3; 4, с. 405].

Бассейн реки Баксан является мощным очагом оледенения на Большом Кавказе, около 70% которого расположено на высоте более 1000 метров. Водосборный бассейн реки Баксан граничит с бассейнами рек Малка

на севере и северо-западе, с р. Риони и р. Ингури на юге, с р. Кубань на юго-западе, с р. Урух, р. Лескен и р. Аргудан на востоке. Наиболее крупными из притоков р. Баксан являются р. Черек и р. Чегем, которые стекают с ледников северного склона Центрального Кавказа. Река Баксан берет начало в ледниковом гроте ледника Большой Азау, 8 км к северо-западу от с. Терскол на высоте 2480 м на южном склоне г. Эльбрус, и до впадения в р. Донгуз-Орун (7 км от истока) она называется р. Азау. Гидрографические характеристики водосборного бассейна реки Баксан представлены в таблице 1.

Таблица 1

Гидрографические сведения
о водосборном бассейне р. Баксан

Характеристика	Значение
Длина реки	173 км (от ледника Большой Азау)
Площадь водосбора	6800 км ²
Средняя высота водосбора	2023 м
Средний уклон	15°

Годовой ход уровня воды р. Баксан характеризуется сравнительно низкой зимней меженью и продолжительным половодьем в тёплую часть года. Кроме того, отмечается значительное число паводков в период половодья. В верховьях реки Баксан половодье длится около 5 месяцев и до 6-7 месяцев в нижнем течении. В июле – августе на реке Баксан отмечаются наибольшие среднемесячные расходы воды, а в январе – феврале наименьшие. Около 60-70% годового объёма стока проходит за тёплый период, 12-16% приходится на долю осеннего стока, и не более 8-14% – зимний сток. Питание верховьев реки Баксан осуществляется в основном за счет ледниковых и подземных источников. Источники питания изменяются вниз по течению, происходит увеличение дождевого, с 8,3 до 18,2%, а ледниковое питание уменьшается до 11,5% у села Заюково [5, с. 63].

В настоящее время обращает на себя внимание деградация ледников в горных реках. По мере таяния ледников сток воды в реках с ледниковым питанием увеличивается, однако этот вопрос достаточно не изучен и остаётся дискуссионным.

Цель исследования – анализ многолетней изменчивости стока воды и суммы июнов в реке Баксан, а также оценка влияния температуры воздуха и осадков на формирование речного стока.

Материалы и методы исследований

Изменение водности горных рек рассматривалось на примере реки Баксан и было изучено с использованием многолетних данных с гидрологического поста р. Баксан – с. Заюково и метеорологической станции Терскол. Гидрометеорологические данные были представлены ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Статистическая обработка данных проведена с помощью стандартного пакета Excel.

Согласно данным источника «Водные ресурсы России и их использование» [6] многолетние колебания речного стока связаны с климатическими ритмами. Потепление климата и таяние ледников приводят к увеличению стока воды в реках. В настоящее время обсуждается и остается недостаточно изученным вопрос влияния таяния ледников на сток воды горных рек. В целом, таяние ледников увеличивает расход воды в горных реках, питаемых ледниками, наблюдается увеличение стока воды, но после исчезновения ледника сток реки уменьшается. Тенденции изменения климата также оспариваются исследователями, причем одни рассматривают их как глобальные и направленные, в то время как другие считают их циклическими [7; 8].

Гидрологический режим рек зависит от количества осадков и температуры воздуха [9, с. 169; 10]. Водный режим и источники питания рек можно охарактеризовать с помощью классификации В.Л. Шульца, которая основана на соотношении объемов стока за периоды с июля по сентябрь и с марта по июнь (коэффициент δ). На основании коэффициента В.Л. Шульца реки подразделяются на четыре типа:

- 1) ледниково-снегового ($\delta \geq 1,0$);
- 2) снего-ледникового ($0,26 \leq \delta \leq 0,99$);
- 3) снегового ($0,18 \leq \delta \leq 0,25$);
- 4) снего-дождевого ($0,001 \leq \delta \leq 0,17$) питания [11; 12, с. 11-16].

Результаты исследования и их обсуждение

Среднегодовые значения температуры воздуха изменялись от 1,4 до 4,5°C с 1967 по 2022 г., значительное увеличение наблюдается с 1990 г. с разницей от 1,9 до 3,1°C. В 1992 г. наблюдалась минимальная среднегодовая температура за рассматриваемый период, максимальная – в 2010 г. (рис. 1а). Изменение среднегодовой температуры с 1967 по 2022 г. имеет положительный тренд и увеличивается на 0,02°C, то есть за исследуемый период среднегодовая температура воздуха увеличилась на 1,1°C.

В период с 1967 по 2022 год годовое количество осадков варьировалось от 696 до 1425 мм. Количество атмосферных осадков за период с 1967 г. по 2022 г. увеличилось почти на 50 мм (рис. 1б). Таким образом, на метеостанции Терскол в последние годы наблюдаются климатические изменения, которые характеризуются в первую очередь повышением температуры воздуха.

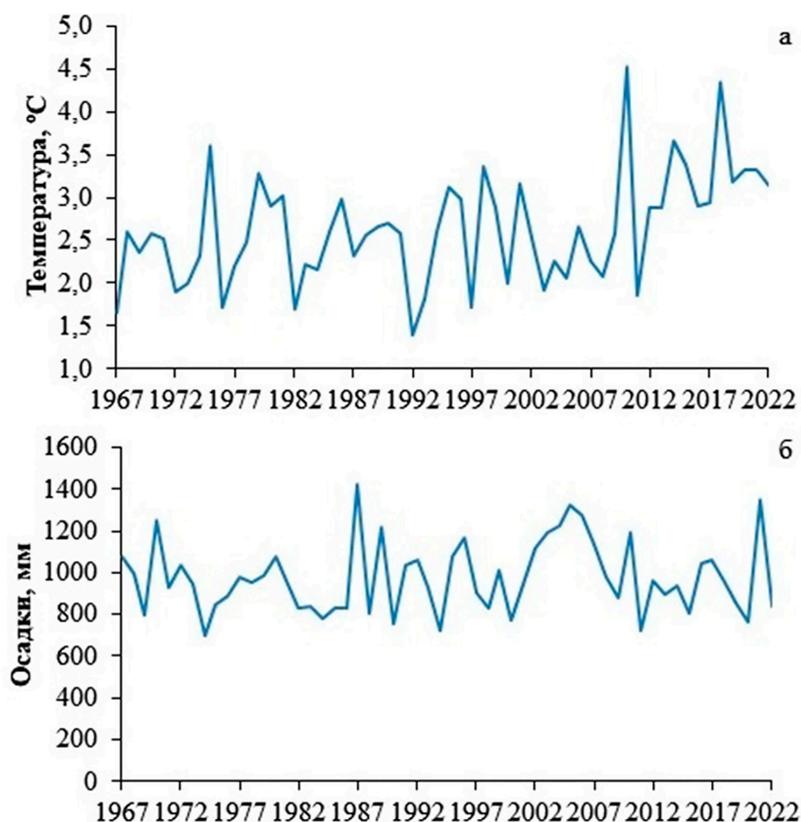


Рис. 1. Изменение многолетних значений среднегодовой температуры воздуха (а) и многолетней годовой суммы осадков (б) в 1967 – 2022 гг. по метеорологической станции Терскол



Рис. 2. Изменение многолетних значений среднегодового расхода воды и среднемноголетнего расхода воды в период с 1967 по 2022 г. р. Баксан – с. Заюково

Среднегодовые расходы воды для р. Баксан – с. Заюково с 1967 по 2022 г. изменялись от 27,1 до 48,5 м³/с. Максимальное значение расхода воды характерно для 2002 г. и равно 48,5 м³/с, также повторяемость многоводных лет увеличивается с 2000 г. Кроме того, стоит отметить и то, что разница между минимальными и макси-

мальными расходами воды увеличивается после 2000 г. (рис. 2).

В целом, сток р. Баксан – с. Заюково за исследуемый период (1967 – 2022 гг.) имеет положительную тенденцию и увеличился почти на 2 м³/с, что подтверждается уравнением тренда, имеющим следующий вид: $y = 0,03x - 21,4$.

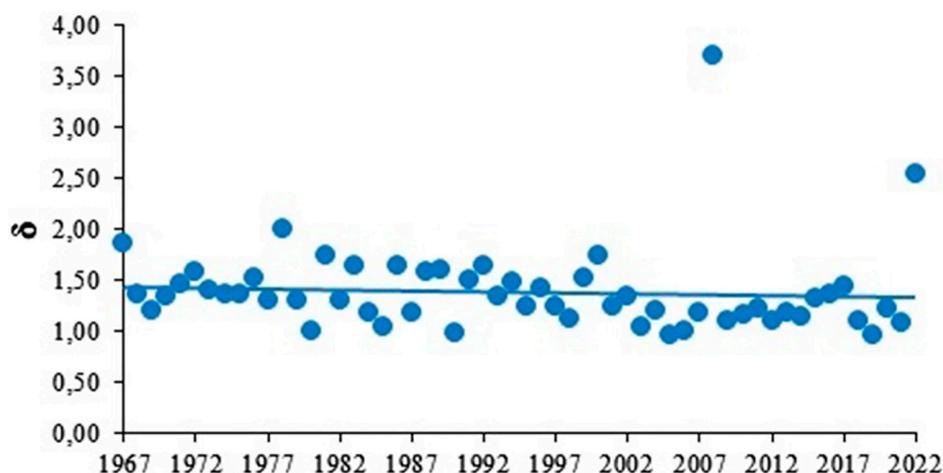


Рис. 3. Изменение коэффициента δ -показателя типа питания рек, рассчитанного по классификации В.Л. Шульца для р. Баксан – с. Заюково

Гидрологический режим рек Центрального Кавказа зависит от типа их питания. Наиболее широко используемым методом характеристики водного режима и питания для ледниковых рек является классификация В.Л. Шульца, которая основана на соотношении объемов стока в период с июля по сентябрь и с марта по июнь.

За период наблюдений с 1967 по 2022 г. р. Баксан – с. Заюково определен коэффициент $\delta \geq 1,0$, таким образом, полученный результат говорит о том, что тип питания реки в соответствии с классификацией В.Л. Шульца характеризуется как ледниково-снеговое питание, за исключением 5 лет (1980, 1990, 2005, 2006 и 2019 гг.), когда тип питания можно охарактеризовать как снегово-ледниковое ($0,26 \leq \delta \leq 0,99$) (рис. 3).

Кроме того, в работе было проведено сравнение изменений температуры воздуха и осадков по метеостанции Терскол и расходов воды на гидрологическом посту р. Баксан – с. Заюково до и после 1990 г. После 1990 г., по данным метеостанции Терскол, наблюдается повышение температуры воздуха в теплое время года с апреля по октябрь (рис. 4а), сумма осадков увеличилась в январе – апреле, в июле и в сентябре – октябре (рис. 4б). Для внутригодового распределения стока после 1990 г. проявляются следующие изменения: на пике (июнь, июль) и спаде (сентябрь, октябрь) половодья характерно повышение стока воды в р. Баксан – с. Заюково, для мая и августа – уменьшение (рис. 4в).

Климатические изменения оказывают влияние как на изменения гидрологиче-

ских характеристик, так и на гидрохимический режим рек. В таблице 2 приведены данные изменения суммы ионов в зависимости от фазы водного режима и в разные периоды наблюдений. В литературе самые ранние данные по наблюдению ионного состава р. Баксан – с. Заюково представлены за 1970-е годы [13, с. 318]. В работе был проведен сравнительный анализ изменения суммы ионов в 1970 – 1972 гг. с современными данными за 2020 – 2022 гг., полученными сотрудниками испытательного лабораторного центра ФГБУ «Высокогорный геофизический институт». В результате анализа выявлено, что в настоящее время как в меженный период, так и в период половодья в воде р. Баксан – с. Заюково сумма ионов уменьшилась более чем в 1,5 раза за 2020 – 2022 гг. по сравнению с 1970 – 1972 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика изменения суммы ионов в воде р. Баксан – с. Заюково в разные фазы водного режима в 1970 – 1972 гг. и в 2020 – 2022 гг.

Дата	Сумма ионов, мг/дм ³
Зимняя межень	
Март, 1970 – 1972 гг.	540
Март, 2020 – 2022 гг.	346
Летнее половодье	
Июль, 1970 – 1972 гг.	174
Июль, 2020 – 2022 гг.	107

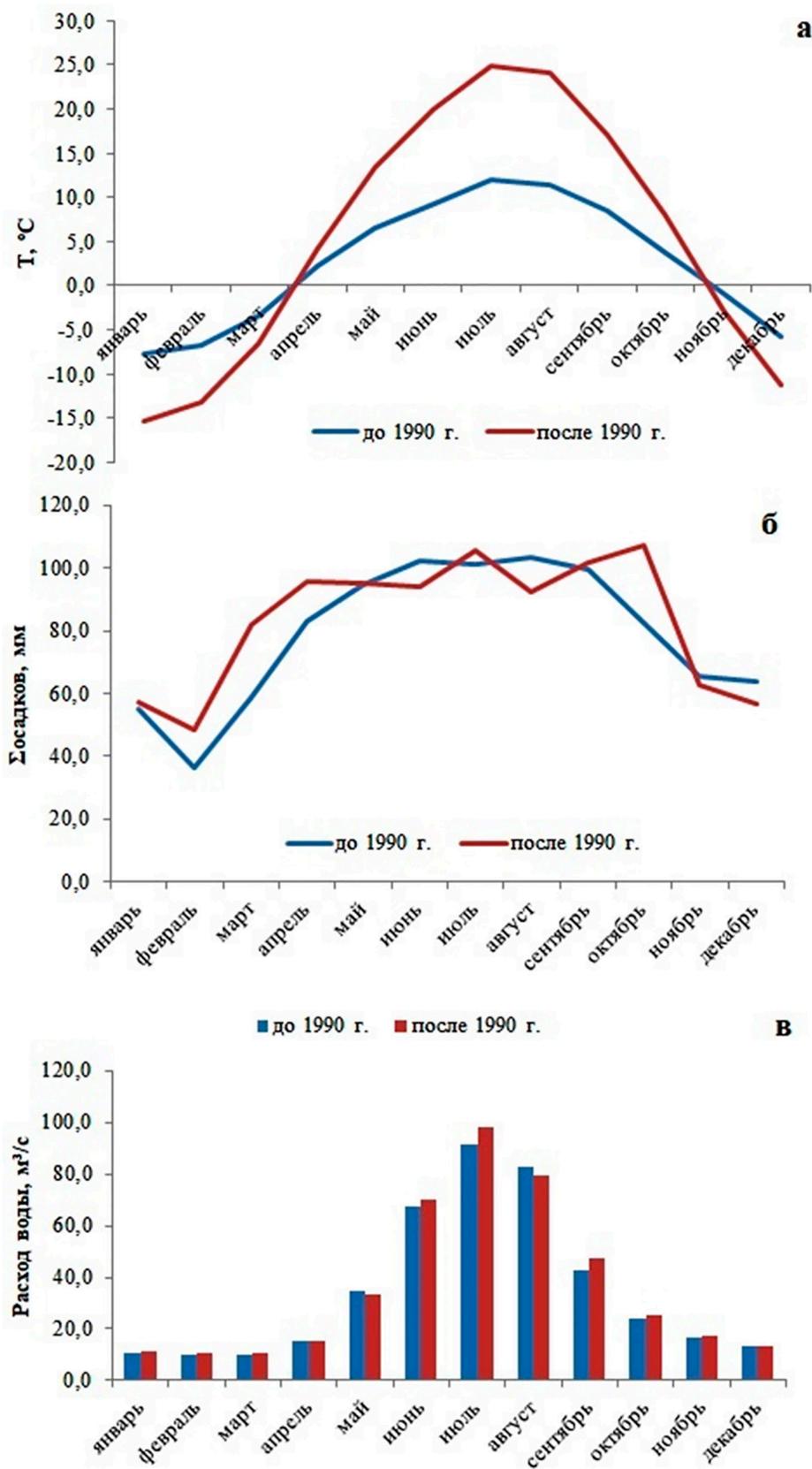


Рис. 4. Изменения внутригодового распределения температуры воздуха (а), суммы осадков (б) по данным метеорологической станции Терскол и расходов воды (в) по данным гидрологического поста на р. Баксан – с. Заюково

Выводы

Проанализировав данные по метеостанции Терскол (температура воздуха и сумма осадков) с 1967 по 2022 г., гидрологического режима (расход воды) и гидрохимических (суммы ионов) изменений в воде р. Баксан – с. Заюково, авторы пришли к следующим выводам:

- на 1,1 °С наблюдается повышение температуры воздуха за последние 55 лет;
- количество атмосферных осадков на протяжении всего наблюдаемого периода увеличилось более чем на 50 мм;
- сток реки имеет положительную тенденцию, и увеличился почти на 2 м³/с;
- во внутригодовом распределении стока тоже происходят изменения (рис. 4);
- в настоящее время как в меженный период, так и в период половодья наблюдается уменьшение суммы ионов в воде р. Баксан – с. Заюково более чем в 1,5 раза за 2020 – 2022 гг. по сравнению с 1970 – 1972 гг.

На реках Центрального Кавказа гидрологический режим формируется в зависимости от типа питания рек. За период наблюдений с 1967 по 2022 г. р. Баксан в соответствии с классификацией В.Л. Шульца имеет ледниково-снеговое питание ($\delta \geq 1,0$), за исключением 5 лет (1980, 1990, 2005, 2006 и 2019 гг.), когда тип питания можно охарактеризовать как снегово-ледниковое ($0,26 \leq \delta \leq 0,99$). Результаты исследования показывают, что увеличение среднегодовых температур и суммы годовых осадков после 1990 г. приводит к изменению внутригодового распределения стока.

Список литературы

1. Болгов М.В., Лепихин А.П. Региональные водные проблемы и актуальные задачи гидрологических исследований // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 2. С. 5-6.
2. Калугин А.С. Сток рек Европейской части России при глобальном потеплении на 1,5 и 2 градуса // Водные ресурсы. 2023. Т. 50, № 4. С. 451-464.
3. Виноградова О.В., Виноградова Н.Н. Реакция горных рек Кавказа на изменения климата // Вестник Московского университета. Серия: География. 2013. № 4. С. 44-48.
4. Река Терек. Гидрография и режим стока / под ред. В.Д. Панов, А.А. Базелюк, П.М. Лурье. Ростов н/Д.: Донской издательский дом, 2015. 608 с.
5. Каталог ледников СССР. Т. 8. Ч. 5 Северный Кавказ. Бассейны рек Малки, Баксана. Л.: Издательство Ленинград, 1970. 148 с.
6. Калиманов Т.А., Усова Е.В., Татосян М.Л. Водные ресурсы Российской Федерации, их использование и состояние // Общество. Среда. Развитие. 2017. № 4. С. 136-144.
7. Omani N., Srinivasa, R., Karthikeyan R., and Smith P., Hydrological modeling of highly glacierized basins (Andes, Alps, and Central Asia) // Water. 2017. Vol. 9. Is. 2. P. 1-23. DOI: 10.3390/w9020111.
8. Bliss A., Hock R., Radic V., Global response of glacier runoff to twenty-first century climate change // Journal of Geophysical Research: Earth Surface. 2014. Vol. 119, Is. 4. P. 717-730. DOI: 10.1002/2013JF002931.
9. Реки Средней Азии / под ред. В.Л. Шульца. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 691 с.
10. Duethmann D., Bolch T., Farinotti D., Kriegel D.; Vorogushyn S., Merz B., Pieczonka T., Jiang T., Su B., Güntner A. Attribution of streamflow trends in snow and glacier melt-dominated catchments of the Tarim River, Central Asia // Water Resources Research. 2015. Vol. 51. Is. 6. P. 4727-4750. DOI: 10.1002/2014WR016716.
11. Тургунов Д.М., Сазонов А.А., Хикматов Ф.Х., Фролова Н.Л. Маловодья на горных реках Республики Узбекистан: причины и особенности // Вестник Московского Университета, Серия 5. География. 2020. № 1. С. 23-34.
12. Чуб В.Е. Изменение климата – трагедия или реальность? Ташкент, 2015. 41 с.
13. Куприянов В.В. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8. Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 448 с.