Калашникова О.Ю., Эсенаман уулу Мухаммед, Усубалиев Р.А.

1915-2018-ЖЖ. МЕЗГИЛ ИЧИНДЕ АЛА-АРЧА СУУ БАССЕЙНИНИН АГЫМЫНА ЖАНА МӨҢГҮЛӨНҮҮСҮНӨ КЛИМАТТЫН ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮНҮН ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ

Калашникова О.Ю., Эсенаман уулу Мухаммед, Усубалиев Р.А.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СТОК И ОЛЕДЕНЕНИЕ БАССЕЙНА РЕКИ АЛА-АРЧА ЗА ПЕРИОД 1915-2018 ГГ.

O.Yu. Kalashnikova, Esenaman uulu Mukhammed, R.A. Usubaliev

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE RUNOFF AND GLACIERS OF THE ALA-ARCHA RIVER BASIN FOR THE PERIOD 1915-2018

УДК: 551.48 + 551.5 + 551.32

Акыркы он жылдары Кыргызстандын суу агымынын өсүшү глобалдык жылуулуктун, мөңгүлөнүүнүн деградациясы жана климаттын башка параметрлеринин өзгөрүшү менен байланыштуу. Жалпы 1915-2017-жж. мезгилдеги көп жылдык байкоолор боюнча авторлор Кыргызгидромет тармагынын Байтык метеостанциясы жана Ала-Арча суусунун – Кашка-Суу суусунун куймасы гидропостунун климаттык параметрлеринде болуп жаткан өзгөрүүлөрдүн маалыматтары боюнча Ала-Арча суусунун суу агымынын жана мөңгүлөнүүсүнүн өзгөрүүлөрүнүн себептерин анализдеген. 1915-2017-жж. мезгилдеги метеорологиялык жана 1929-2017-жж. гидрологиялык параметрлердин негизги мүнөдөмөлөрү, 1964-2018-жж. мөңгүлөнүүнүн аянты келтирилген. БДМУда кабыл алынган мезгил шартка ылайыктуу абанын температурасынын жаан-чачындардын өзгөрүштөрү жана 1915-1975-жж. жана 1976-2017-жж. мезгилдери үчүн суу агымынын жогоруланышы анализделген.

Негизги сөздөр: климаттын өзгөрүшү, суу агымы, суу агымымын жыл ичинде өзгөрүшү, мөңгүлөнүү, мөңгүлөрдүн аянтынын азаяшы, Ала-Арча суу алабы, Кыргызстан.

Увеличение стока рек Кыргызстана в последние десятилетия связаны с глобальным потеплением и увеличением количества осадков. По многолетним наблюдениям за общий период 1915-2017 гг. авторами проанализированы причины изменения оледенения и стока реки Ала-Арча, происходящие изменения климатических параметров по данным метеостанции Байтик и гидропоста р. Ала-Арча – устье р. Кашка-Суу сети Кыргызгидромета. Представлены основные характеристики метеорологических параметров за период 1915-2017 гг. и гидропогических параметров 1929-2017 гг., площади оледенения за период 1964-2018 гг. В статье проведен анализ изменения температуры воздуха и количества осадковдля периода принятого ВМО и повышения стока 1915-1975 гг. и 1976-2017 гг.

Ключевые слова: изменение климата, сток реки, изменение стока, оледенение, сокращение площади ледников, река Ала-Арча, Кыргызстан.

The increase in river flow in Kyrgyzstan in recent decades is associated with global warming, degradation of glaciation and changes in other climatic parameters. According to

long-term observations for the period 1915-2017, the authors analyzed the causes of changes in the glaciation and flow of the Ala-Archa river, the changes in climatic parameters according to the weather station Baitik and the hydropost of the Ala-Archa river — the mouth of the Kashka-Suu network of Kyrgyzhydromet. The main characteristics of meteorological parameters for the period 1915-2017 and hydrological parameters for the period 1929-2017, areas of glaciation for the period 1964-2018 are presented. In the article the analysis of the changes the temperatureandprecipitation for the period adopted WMO and the period of increasing runoff 1915-1975 1976-2017 22.

Key works: climate change, the flow of the river, change of the river flow by month, glaciers, degradation of glaciers, the basin of the river Ala-Archa, Kyrgyzstan.

Введение. Бассейн р. Ала-Арча расположен в Кыргызстане на северных склонах хребта Кыргызский Ала-Тоо и относится к Тянь-Шанской горной системе (74°24'E–74°34'E; 42°25'N-42°39'N). Длина реки Ала-Арча составляет 78 км, площадь бассейна 270 км² [1].

Площадь исследуемого бассейна реки до гидропоста р. Ала-Арча — устье р. Кашка-Суу составляет 233 км², оледенение бассейна занимает около 17% от всей площади. Бассейн простирается в диапазоне высот от 1570 до 4750 м над уровнем моря (рис.1).

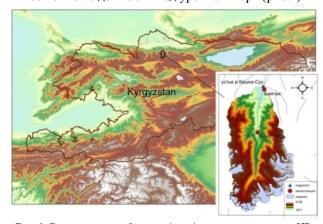


Рис.1. Расположение басс. р. Ала-Арча на территории КР.

За период наблюдений среднегодовой сток реки с 1929 г. по 2017 г. по данным гидропоста р. Ала-Арча в устье р. Кашка-Суу 1560 м н.у.м. по сети Кыргызгидромета составил $4,69 \text{ M}^3/\text{c}$.

Максимальный расход воды наблюдался 22 июня 1953 г. и составил 50,0 м 3 /с. Минимальный 16 января 1934 г.- 0,81 м 3 /с.

Средняя годовая сумма осадков составляет на высоте 1500-2000 м - 550 мм, среднегодовая температура воздуха 6,5 °C на высоте 1560 м н.у.м. по данным метеостанции Байтык и 2,9°C на высоте 2100 м.н.у.м. по данным метеостанции Альплагерь. На высоте 2100 м н.у.м. осадки выпадают в виде снегопада зимой и имеют пиковые штормы в весеннелетние месяцы [2-4].

Река Ала-Арча протекает через г. Бишкек, население которого составилона 2019 г.1 027 200 чел. или 17% от общей численности населения Кыргызстана и имеет чрезвычайно важное значение для Чуйского региона. Водные ресурсы р. Ала-Арча используется для орошаемого земледелия Аламединского и Сокулукского районов Чуйской области.

Площадь орошаемых пахотных земель в этих областях составляет 90620 га. Кроме того, в нижнем течении реки находится Ала-Арчинское водохранилище с проектным объемом 39 млн.м³, которое используется как источник поливной воды для орошения в засушливый летний период.

В верхнем течении реки находится крупнейший Орто-Алышский водозабор, который обеспечивает столицу Кыргызстана г. Бишкек 43% питьевой воды.

Использованные данные и методика обра-ботки данных. Для анализа изменения расходов воды на р. Ала-Арча использованы фондовые данные Кыргызгидромета по гидропосту р. Ала-Арча — устье р. Кашка-Суу за период с 1929 по 2017 гг. [5].

Для оценки изменения стока на р. Ала-Арча использовался анализ дифференциально-интегральной кривой и статистический анализ. Для оценки изменения основных источников питания грунтового стока, талого снегового и ледникового - метод расчленения гидрографа. Анализ изменения средней температуры воздуха проведен по фондовым данным Кыргызгидромета по метеостанции Байтык за период с 1915 по 2017 гг.

Оценка изменения количества осадков по данным той же станции имеется за более короткий период — 1926-1917 гг., а в период наблюдений 1915-1925 гг. имелись пробелы в наблюдениях за осадками в отдельные месяцы [5].

Метеостанция Байтык, находится на месте расположения гидропоста устье р.Кашка-Суу на правом берегу р.Ала-Арчарасположена на высоте 1579 м н.у.м. и была открыта в 1913 г.

В первые годы наблюдений за ряд месяцев в архивах Кыргызгидромета наблюдались пропуски в данных, поэтому мы использовали постоянный ряд наблюдений за метеопараметрами с 1915 по 2017 г.г. по температуре воздуха и с 1926 по 2017 гг. по количеству осадков. В бассейне р. Ала-Арча на высоте 2130 м н.у.м. расположена метеостанция Альплагерь, однако она имеет более короткий ряд наблюдений с 1978 г., то есть не охватывает период принятый ВМО как стабильный период мирового климата (1930 1975). Поэтому мы не проводили в нашей статье анализ изменения климатических характеристик по данным этой метеостанции.

Анализ изменения площади оледенения проводился по данным спутникового зондирования Sentinel-2, имеющие пространственное разрешение снимка 10 м. и полосу захвата 290 км. Для анализа изменения метеорологических и гидрологических параметров использовался статистический метод. По данным температуры воздуха и количества осадков получены оценки линейных трендов, соответствующие четырем выделенным периодам: 1915 (1926) — 1975 в сравнении с 1976-2017 гг.

Оценка изменения площади ледников проводилась методом дешифрирования спутниковых изображений Sentinel-2 за сентябрь 2018 г. в сравнении с данными с оценкой за период 1964-2010 гг.

Изменение стока р. Ала-Арча. Река Ала-Арча имеет ледниково-снеговой тип питания и среднюю высоту водосбора — 3290 м н.у.м. [7].

Соотношение компонентов стока р. Ала-Арча следующее: доля грунтового стока составляет 44%, талого снегового – 22 %, ледникового – 30 % и дождевого – 4 % от годового стока реки [1].

Половодье на р. Ала-Арча, вызванное таянием сезонного снега и ледников, отмечается в период с апреля по сентябрь. Ледниковое таяние наблюдается с июля по сентябрь, при этом сток реки в этот период в 2,5 раза выше, чем в период с апреля по июнь, пик паводков отмечается в июле.

График среднегодовых расходов воды за период с 1926-2017 г.г. показывает, что наблюдается устойчивая тенденция повышения водности реки (рис. 2).

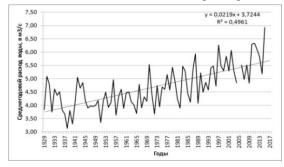


Рис. 2. Изменение среднегодовых расходов воды р. Ала-Арча устье р. Кашка-Суу

Проведенный анализ разностно-интегральной кривой показывает, что повышение среднегодовых значений происходит с 1976 года по настоящее время (рис.3).



Рис. 3. Разностно-интегральная кривая среднегодовых расходов воды р. Ала-Арча – устье р. Кашка-Суу

Можно выделить три периода изменениясреднегодовых расходов воды: 1929-1975 гг. – период понижения, 1976-1993 – период небольшого постепенного повышения, 1994-2017 гг. – период значительного повышения стока. Среднегодовые расходы воды за период 1976-2017 г.г. составил 5,26 м³/с или 125% от значений за период 1929-1975 гг. (4,21 м³/с).

Внутригодовое распределение стока показывает его увеличение за период 1974-2017 гг. на 120-134% в сравнении со значениями за период 1929-1975 гг. Наибольшее увеличение стока отмечается в апрелемае и октябре-декабре, январе-на 128-134 % (рис. 4.)

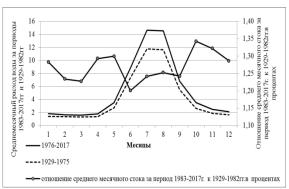


Рис. 4. Внутригодовое изменение стока р. Ала-Арча за периоды 1976-2017 гг. и 1929-1975 гг. за 1950 г.

Метод расчленения гидрографа для оценки изменения основных источников питания грунтового стока, талого снегового и ледниковогоприменен к 2-м основным периодам 1929-1975 гг. и 1976-2017 гг.

Среднегодовые значения расходов воды в 1950. приближались к расходам воды за период 1929 - 1975 гг., 2008 г. – к расходам воды за период 1976-2017 гг. (рис. 5 и 6). Половодье на р. Ала-Арча в 1950 и 2008 г. началось приблизительно в одни даты (конец апреля - начало мая), но закончилось в 2008 г. на 14 дней позже, что связано с увеличением продолжительности теплого периода.

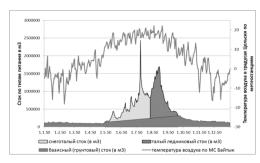


Рис. 5. График расчленения гидрографа по типам питания

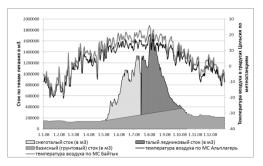


Рис. 6. График расчленения гидрографа по типам питания за 2008 г. воздуха за 2008 и 1950 гг.

Таяние сезонного снежного покрова в 2008 г. закончилось на 13 дней раньше (15 июля), чем в 1950 г. (28 июля), и продолжительность периодаснеготаяния составила 72 дня, что на 20 короче, чем в 1950 г.

Соответственно, таяние ледников в 2008г. отмечалось на 13 дней раньше, чем в 1950г., но продолжительность таяния ледников составила 80 дней.

Наряду с повышением температуры воздуха, отмечается увеличение объема общего стока и по источникам питания в 2008 г. по сравнению с 1950 г. Объем талой ледниковой воды в 2008 г. на 20 млн.м³, талой снеговой воды — на 6 млн.м³ и грунтового стока на 16 млн. м³ выше, чем в 1950 г. (рис. 7).

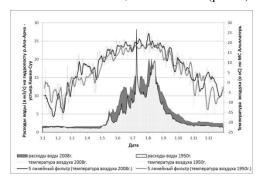


Рис. 7. Совмещенные гидрографы стока и температуры

Изменение оледенения в бассейне р. Ала-Арча. Примерно 83 % ледниковой зоны бассейна р. Ала-Арча состоит из крупных долинных ледников, при этом около 76 % всей ледниковой зоны расположено между 3700 и 4100 м н.у.м. [4, 8, 9].

Для расчета площади ледников широко используются снимки высокого разрешения. Для анализа изменения площади оледенения в 2018 г. в статье были использованы космоснимки Sentinel-2.

Дешифрирование космоснимка Sentinel-2 за сентябрь 2018 г. и ASTER GDEM-2 за октябрь 2011 г. показало, что в бассейне р. Ала-Арча насчитывается 29 ледников общей площадью 31,1 км². Из них 10 крупных ледников (с площадью более 1 км²) занимают площадь 26 км², остальную площадь занимают 19 ледников с площадью менее 1 км². Диапазон высот, на которых расположены ледники — 3300-4670 м н.у.м.

В табл. 1 приведены расчеты доли стока по типам питания (в млн.м³) и в процентах от общего стока, даты начала и окончания периода таяния сезонного снега и ледников в 1950 и 2008 гг. В табл. 2 размещены результаты расчетов площади оледенения в различные годы за период 1964 по 2010 гг. [10] и полученные нами результаты за 2018 г. В табл.3 приведены результаты расчетов площади различных по размеру ледников, которые показывают, что с 1964 г. по 2018 г. наблюдалось постепенное сокращение площади ледников на 23 % (9,3 км²). Наибольшее сокращение площади на 4,15 км², отмечалось на ледниках размером более 5 км². Изменение

температуры воздуха в бассейне р. Ала-Арча. На рис 8. представлены графики и тренды изменения среднемесячной температуры воздуха по данным метеостанции Байтык.

За период наблюдений 1915-2017 гг. по графикам наблюдается положительный тренд изменения температуры воздуха, исключение - октябрь, где наблюдается отрицательный тренд. Наибольшее повышение тренда наблюдается в марте, апреле и июне, то есть в месяцы таяния сезонного снежного покрова. Начиная с 2000 по 2017 г., температура воздуха в марте имеет положительные среднемесячные значения (исключение 2012 и 2015 г. -0,5 и -0,3 °C), что указывает на увеличение теплого периода в бассейне р. Ала-Арча. Также наблюдается повышение трендов в сентябре, ноябре и декабре, из которых следует отметить ноябрь. В ноябре температура воздуха с 1986 по 2016 г. имеет положительные значения, лишь в отдельные годы температура воздуха отмечается в пределах от -1 до -0,3 °C (1993, 1996, 1997, 2000, 2011 и 2014 г.). Этот факт тоже указывает на увеличение теплого периода. Коэффициенты bдля средних годовых температур изменялись в диапазоне от 0,0003 до 0,05 °C/100 лет. В табл.4 помещена информация об изменении среднемесячной температуры воздуха за периоды 1915-1975 и 1976-2017.

Таблица 1.

Доля по типам питания ледников в 1950 и 2008 гг.

Годы	Доля по типам питания в млн.м ³ и в % от общего стока и дата начала и окончания периода таяния										
	Базисный сток (г	рунтовое питание)	Талый снеговой с	сток	Талый ледниковый сток						
	в млн.м ³	в %	в млн.м ³	в %	в млн.м ³	в %					
1950	63,0	48	35,8 30.04-28.07	27	32,6 29.07-20.09	25					
2008	79,1	45	41,8 4.05-15.07	24	53,6 16.07-4.10	31					

Таблица 2.

Изменения площади ледников (км²) в бассейне р. Ала-Арча

1964	1971	1994	2003	2010	2018
40.9±1.8	39.9±0.9	35.8±3.2	34.6±1.7	33.4±0.8	31.1±1.3

Таблица 3.

Изменение площади разных по размеру ледников

Размеры ледников в км ²	Кол-во ледников		Площадь лед	ников в км²	% от общей	площади	Изменение площади		
	1964	2018	1964	2018	1964	2018	в км ²	в %	
< 0.2	31	10	2,1	1,3	5	4	-0,77	-37	
0.2-0.5	10	6	3,6	1,9	9	6	-1,69	-47	
0.5-1.0	2	2	1,5	1,2	4	4	-0,33	-22	
1.0-5.0	5	8	16,4	13,5	40	44	-2,86	-17	
>5.0	3	3	17,3	13,1	43	42	-4,15	-24	

Таблииа 4.

Изменение среднемесячной температуры воздуха (°С) за периоды времени

Парилания	Среднемесячная температура воздуха в градусах Цельсия											
Периоды	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1915-1975	-5,0	-4,0	0,5	6,7	11,4	15,5	18,2	17,2	12,3	6,5	0,5	-3,2
1976-2017	-4,5	-3,9	0,8	7,4	11,7	16,1	18,3	17,6	12,9	6,5	1,0	-2,8
1976-2017/1915-1975	0,5	0,2	0,4	0,6	0,3	0,5	0,1	0,3	0,6	0,0	0,6	0,4

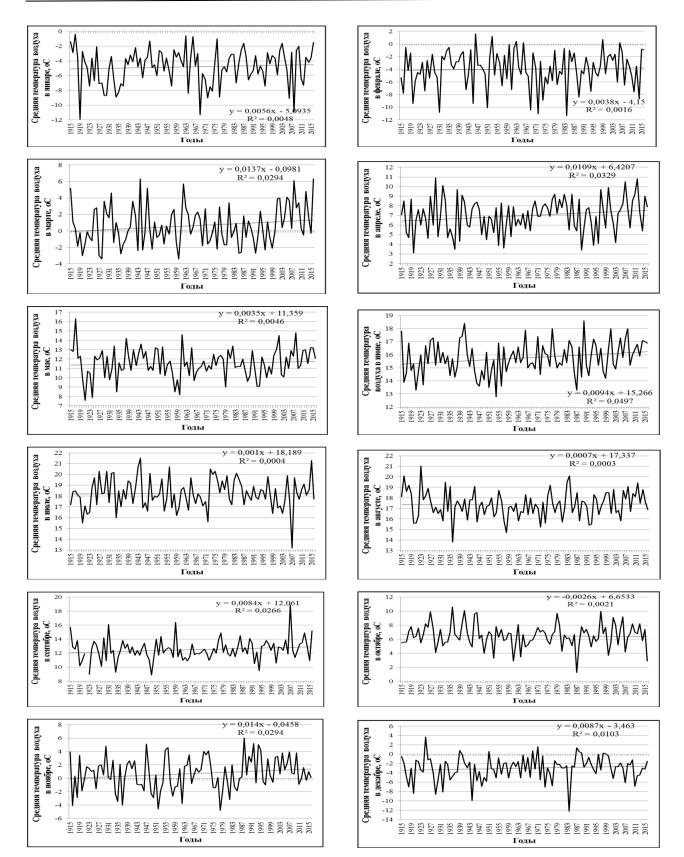
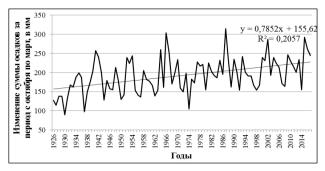


Рис. 8. Изменение средней месячной температуры воздуха



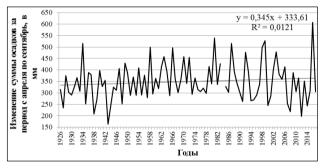


Рис. 9. Изменение суммы осадков за период октябрь-март (слева) и апрель-сентябрь (справа).

Изменение количества осадков в бассейне р. Ала-Арча. Как показано на рис. 8, 9, наблюдается увеличение суммы осадков как в теплый (апрельсентябрь), так и в холодный период (октябрь-март) времени. Тенденция изменения осадков за холодный периодвыше, чем за теплый период времени. Так, за холодный период (период межени) средняя сумма осадков в 1976-2017 гг. составила 212 мм или 120 % отсредней суммы осадков периода 1926-1975 г.г. (176 мм). За теплый период времени (период половодья)средняя сумма осадков в 1976-2017 г.г. составила 356 мм или 104 % от средней суммы осадков в 1926-1975 гг. (344 мм). В холодный период времени осадки выпадают преимущественно в виде снега, образуя запасы сезонного снежного покрова. Таким образом, следует отметить увеличение сезонных запасов снега за последние десятилетия.

Выволы

- 1. Повышение стока на реке Ала-Арча за последние десятилетия (с 1976 года по настоящее время) связано с глобальным потеплением и повышением температуры воздуха в течение года.
- 2. Тенденция к увеличению продолжительности теплого периода, способствует смещению начала половодья на более ранние сроки и, также, его окончанию в более поздние сроки времени.
- 3. Наибольшее повышение стока отмечается с 1994 года по настоящее время, связанное с увеличением объема талого снегового обусловленного увеличением запасов сезонного снежного покрова в холодный период времени.
- 4. Наблюдается увеличение объема талой ледниковой воды в бассейне реки Ала-Арча и отступание ледниковой границы, влияющие на повышение стока реки Ала-Арча в период июль-сентябрь.

5. Увеличение меженного стока реки связано с увеличением объема грунтового стока как за счет дождевого, так и талых вод сезонного снега и ледников.

Литература:

- 1. Атлас Киргизской ССР.Т.1, АНКР, М:ГУГиК, 1987 г.
- 2. Айзен В.Б., Айзен Е.М., Мелак Ж.А. Климат, снежный покров, ледники и сток в Тянь-Шане, Центральная Азия. Бюллетень водных ресурсов. 1995. №31(6). С. 1113–1129.
- AizenV.B., AizenE., GlazirinG. and LoaicigaH.A., Simulation of daily runoff in Central Asian alpine watersheds, *Journal of Hydrology*.238, 2000. C.15–34.
- 4. Aizen V.B., Kuzmichenok V.A., Surazakov A.B. and Aizen E.M., Glacier changes in the Tien Shan as determined from topographic and remotely sensed data, *Glob. Planet. Change.* 56, 2007. C.328–340.
- Фонды Агентства по гидрометеорологии при МЧСКР (Кыргызгидромет).
- 6. Подрезов О.А. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений. Часть 1. Бишкек: изд. КРСУ, 2003. 262с.
- 7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14. Средняя Азия. Вып.2. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. С.55-58.
- 8. Усубалиев Р.А. Интенсивность оледенения хребтов бассейна р.Чу. Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып.1, Бишкек: Изд-во КРСУ, 2001.- С. 37-42.
- 9. Диких А.Н., Усубалиев Р.А., ДжумашевК.Дж. Динамика оледенения северного склона хр. Киргизский Ала-Тоо и её проявление в водности рек (на примере р.Ала-Арча). Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып.1. Бишкек: Изд-воКРСУ, 2001. С. 19-26.
- Bolch, T. Glacier area and mass changes since 1964 in the Ala-Archa Valley, Kyrgyz Ala-Too, northern Tien Shan, Ice Snow, 129, 28–39, 2015.
- 11. Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии. Труды. Новая серия, вып.167, географические науки, книга 17. Ташкент: Изд-во СамГУ, 1960. С.51-90.

Рецензент: д.г.-м.н., профессор Усупаев Ш.Э.