

DOI: 10.26104/NNTIK.2022.63.17.010

*Калашникова О.Ю., Подрезова Ю.А., Павлова И.А., Нурбацина А.А.***НАРЫН ДАРЫЯСЫНЫН ЖОГОРКУ АГЫМЫНЫН ӨТКӨН
ЖАНА КЕЛЕЧЕК УБАКЫТТАГЫ ДИНАМИКАСЫ***Калашникова О.Ю., Подрезова Ю.А., Павлова И.А., Нурбацина А.А.***ДИНАМИКА СТОКА ВЕРХОВЬЕВ РЕКИ НАРЫН
В ПРОШЛОМ И БУДУЩЕМ***O. Kalashnikova, Yu. Podrezova, I. Pavlova, A. Nurbatsina***DYNAMICS OF THE FLOW OF THE UPPER REACHES OF THE
NARYN RIVER IN THE PAST AND FUTURE**

УДК: 551.5 + 556.06

Ар кандай мезгилдеги климаттык мүнөздөмөлөрдүн жана гидрологиялык агымдардын өзгөрүүлөрү талданып, Нарын дарыясынын жылдык агымынын айырма-интегралдык ийри сызыгы менен аныкталат, Нарын шаарынын трассасында дарыя мөңгү-кар менен азыктанат. 2020-жылдан 2100-жылга чейинки мезгил үчүн суунун орточо айлык керектөөсү алынды. Тянь-Шань метеорологиялык станциясынын CMIP5 RCP4.5 жана RCP8.5 эки сценарийи боюнча абанын температурасынын жана жаан-чачындын эсептелген өзгөрүүлөрү каралды. 1931-2020-жылдары. Тянь-Шань метеорологиялык станциясынын маалыматы боюнча абанын орточо температурасынын туруктуу жогорулашы жана жаан-чачындын азайышы байкалууда. CMIP5 RCP4.5 жана RCP8.5 сценарийлерине ылайык, XX кылымдын аягында абанын температурасы да жогорулайт, ал эми жаан-чачындар азаят. CMIP5 RCP4.5 боюнча температуранын жана жаан-чачындын болжолдуу баалолорун эске алуу менен HBV light моделин колдонуу менен дарыянын агымын гидрологиялык моделдөө, жана RCP8.5 Нарын участкасына дарыянын жылдык агымынын бир аз азайгандыгын көрсөттү. Агымдын эң чоң өзгөрүүлөрү май-август айларында болот. Селдин эң жогорку чеги жана суунун максималдуу агып чыгышы бир ай мурда – июнь айында байкалат.

Негизги сөздөр: дарыянын агымы, жогорку дарыя, Нарын дарыясы, температуранын өзгөрүшү, жаан-чачындын өзгөрүшү, агымды болжолдоо, моделдөө, метеорологиялык станция.

Проанализированы происходящие изменения климатических характеристик и гидрологического стока по различным периодам, выделенным по разностно-интегральной кривой годового стока реки Нарын в створе г. Нарын в пределах которого река имеет ледниково-снеговое питание. Получены средние месячные расходы воды на период с 2020 по 2100 гг. по рассчитанным изменениям температуры воздуха и осадков по данным метеостанции Тянь-Шань для двух сценариев CMIP5 RCP4.5 и RCP8.5. В период 1931-2020гг. по данным метеостанции Тянь-Шань наблюдается устойчивое повышение средних температур воздуха и понижение осадков. Согласно сценариям CMIP5 RCP4.5 и RCP8.5, температура воздуха к концу XX века также будет повышаться, а осадки – понижаться. Гидрологическое моделирование стока реки по модели HBV light с учетом прогнозных оценок температуры и осадков по CMIP5 RCP4.5 и RCP8.5 показало незначительное уменьшение годового стока реки до створа г.Нарын. Наибольшие изменения стока произойдут в период с мая по август. Пики паводков и максимальные расходы воды будут отмечаться на месяц раньше – в июне.

Ключевые слова: сток реки, верховья реки, река Нарын, изменения температуры, изменения осадков, прогноз, моделирование стока, метеорологическая станция.

The ongoing changes in climatic characteristics and hydrological runoff for different periods, selected by the difference-integral curve of the annual runoff of the Naryn River in the alignment of the city of Naryn, within which the river has glacier-snow feeding have been analyzed. The average monthly water discharge for the period from 2020 to 2100 has been obtained according to the calculated changes in air temperature and precipitation according to the Tien Shan meteorological station for two scenarios CMIP5 RCP4.5 and RCP8.5. According to the Tien Shan meteorological station, there was a steady increase in average air temperatures and a decrease in precipitation during the period 1931-2020. According to the CMIP5 RCP4.5 and RCP8.5 scenarios, air temperature will also increase by the end of the 21st century, while precipitation will decrease. Hydrological modelling of river flow according to HBV light model taking into account forecast estimates of temperature and precipitation by CMIP5 RCP4.5 and RCP8.5 showed a slight decrease in the annual flow of the river to the alignment of Naryn. The greatest flow changes will occur between May and August. Flood peaks and maximum water discharges will be observed a month earlier - in June.

Key words: river flow, upper reaches of the river, Naryn river, temperature changes, precipitation changes, forecast, flow modeling, meteorological station.

Введение. Увеличение стока высокогорных рек Тянь-Шаня связано с глобальным потеплением и происходящим сокращением площади оледенения, а также с увеличением талого снегового стока.

В верховьях реки Нарын сосредоточена большая часть оледенения – около 70% от площади всего оледенения бассейна реки Нарын (до створа Уч-Терек (Учкурган)) [1]. По данным снимков Landsat в 2013-2016 годах площадь современного оледенения в верховье реки Нарын составляла 511,4 км² и сократилась на 20% по сравнению с данными Каталога ледников СССР за 40-70-е годы XX века (618,6 км²), при этом количество ледников с размерами менее 0,1 км² увеличилось в два раза [2]. По расчетам, проведенным А.Н. Диких доля ледникового стока составляет на реке Малый Нарын - 24 % и на реке Большой Нарын - 30,9% от годового стока, и, соответственно, 37,7% и 51,9% в летнем стоке [1]. Исследования В.Г. Коновалова, показывают, что доля ледникового стока в годовом

стоке реки Нарын в створе г. Нарын составляет в среднем 34% [3].

С 1976 г. на территории Кыргызстана наблюдался повсеместный рост средней годовой температуры приземного воздуха – в среднем на 0,22°C за каждые 10 лет (оценка линейного тренда) [4], что согласуется с ростом глобальной температуры воздуха за тот же период - на 0,17°C за каждые 10 лет.

Цель данной работы - оценить динамику стока в верховьях реки Нарын в прошлые и будущие периоды. При этом решались следующие задачи:

- оценить наблюдаемые изменения температуры воздуха и осадков по данным метеостанции Тянь-Шань за период наблюдений с 1931 по 2020 гг. и сопоставить их с изменениями стока в верховьях реки Нарын;
- оценить изменения температуры воздуха и осадков по данным метеостанции Тянь-Шань для двух сценариев CMIP5 RCP4.5 и RCP8.5 на период с 2020 по 2100 гг.,
- оценить динамику стока реки Нарын в верховьях бассейна по гидрологической модели HBV light 2.0.

Использованные данные и методика обработки данных. Бассейн реки Нарын до гидропоста г.Нарын расположен ориентировочно в пределах района 76°00'-78°30' в.д. и 41°00'-42°00' с.ш. Площадь бассейна реки Нарын до гидропоста г. Нарын составляет 10500 км², средняя высота водосбора - 3570 м.н.у.м., длина реки - 190 км. Бассейн простирается в диапазоне высот от 1974 до 5133 м.н.у.м. Среднегодовой сток реки за период наблюдений с 1940 по 2019гг. составил 92,9 м³/с, максимальный наблюденный расход воды зафиксирован 19 июня 1966 г. - 858 м³/с, минимальный – 22 января 1938 г. 5,9 м³/с [5].

Наблюдаемые изменения температуры воздуха и количества осадков в районе формирования стока реки Нарын рассматривались за основной исследуемый период 90 лет (1931-2020 гг.) и по двум дополнительным периодам, которые хорошо прослеживаются в динамике стока реки – это с 1931 г. по 1992 г. период понижения стока и с 1993 г. по настоящее время, когда наблюдается период повышения стока. Для расчетов по наблюдаемым данным метеостанции Тянь-Шань использовался гидрологический год.

Оценка изменения гидрологических и метеорологических параметров проводилась общепринятыми методами статистического анализа [6].

Для анализа прогнозных изменений характеристик климата и стока в исследуемом районе были использованы данные средней суточной температуры воздуха и суммы осадков за сутки по метеостанции Тянь-Шань (3614 м.н.у.м.) и суточные расходы воды

по данным гидропоста Нарын - г. Нарын (2040 м. н. у.м.) наблюдательной сети Кыргызгидромета [5] за период наблюдений с 2006 по 2019 гг.

Для моделирования стока на будущие периоды использовалась гидрологическая модель HBV light. Модель HBV, разработанная Бергстрёмом в Шведском метеорологическом и гидрологическом институте, представляет собой концептуальную модель водосбора, которая преобразует осадки, температуру воздуха и потенциальное суммарное испарение либо в снеготаяние, либо в сток [7]. Модель была неоднократно модифицирована, и ее различные версии существуют во многих странах. В данной работе применялась версия HBV light 2.0.

В проекциях климата на будущее представлены данные средних по ансамблю моделей, средние многолетние характеристики и средние многолетние характеристики изменения климата в узле координатной сетки для глобальных полей данных суточного осреднения для пяти периодов (2006-2019; 2020-2039; 2040-2059; 2060-2079; 2080-2099) для двух сценариев репрезентативных траекторий концентрации парниковых газов: РТК4.5 и РТК8.5 (в английском варианте RCP4.5 и RCP8.5). Мультимодельный ансамбль из 21-ой модели для расчетов температуры воздуха и осадков в узле координатной сетки 0,25° x 0,25° был подготовлен в РГП «Казгидромет» для региона Центральной Азии.

Результаты исследования. Проведенный анализ разностно-интегральной кривой годового стока в верхнем течении реки Нарын в створе г. Нарын (1940-2019 гг.) показал, что повышение среднегодовых расходов воды отмечается с 1993 года по настоящее время [8], что совпадает с периодом, который был определен в работе Институтом водных проблем и гидроэнергетики НАН КР [9]. Средние многолетние расходы воды в верховьях реки Нарын за период с 1993 по 2018 годы в сравнении с периодом 1940 - 1992 гг. повысились на 23% и составили 107 м³/с (в 1940-1992 гг. – 87,5 м³/с) [8].

Анализ двух сравнительных лет в работе [8], 1992 г., принятого как приближенного к средним значениям за период понижения стока (1945-1992 гг.), и 2017г., приближенного к средним значениям за период повышения стока (1993-2019 гг.), показал, что объем талого снегового стока увеличился в два раза, а ледникового стока – в 1,3 раза. Доля снеготалого стока в годовом стоке реки в 2017 году была выше и составила 29%, в 1992 году – 23%, доля ледникового стока, наоборот, в 2017 году была ниже и составила 34%, а в 1992 году – 38% годового стока реки. Значительная доля талого снегового стока в 2017 г. связана с накоплением осадков за холодный период, превысивших значения за 1992 год в 2,4 раза.

Исходя из полученного анализа по изменению годового стока в верхнем течении реки Нарын в створе г.Нарын рассмотрим, как изменялись климатические характеристики, влияющие на сток.

На рисунке 1 показан ход средних годовых температур на метеостанции Тянь-Шань за весь период наблюдений с линией и уравнением линейного тренда. Годовые температуры в течение 1931-2020 гг. изменялись в пределах от $-9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1936 г.) до $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$

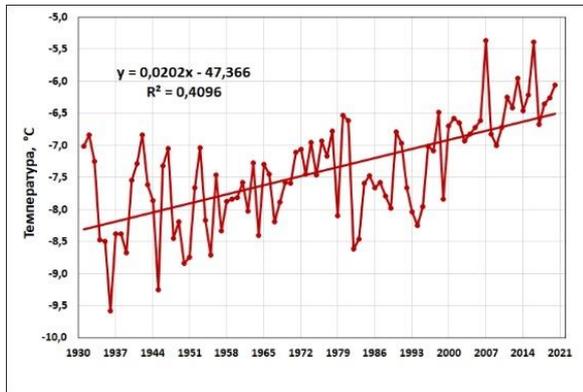


Рис. 1. Ход годовых температур по метеостанции Тянь-Шань за весь период наблюдений 1931-2020 гг. с линией и уравнением линейного тренда.

Для выделенных двух дополнительных периодов понижения и повышения стока реки получены следующие угловые коэффициенты: $b_1 = 0,115\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, который рассчитан для периода 1931-1992 гг. (62 года), а второй – $b_2 = 0,604\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, рассчитанный для периода 1993-2020 гг. (28 лет). Из этих данных видно, что с 1993 года скорость роста средней годовой температуры увеличилась в 5,2 раза. Расчет по уравнению регрессии показывает, что к 2030 году средняя годовая температура повысится еще на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, и потепление за 100 лет составит $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для холодного (октябрь-апрель) и теплого (май-сентябрь) периодов также были получены уравнения

(2007, 2016 гг.), имея среднее значение $-7,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Хорошо прослеживается устойчивое повышение температуры на протяжении всего периода. Скорость роста средних годовых температур, согласно уравнению тренда, составила $0,202\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, и температура воздуха повысилась на $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 1). По предыдущим оценкам, полученным работе [10], повышение температуры воздуха по метеостанции Тянь-Шань к 2015 г. составило $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

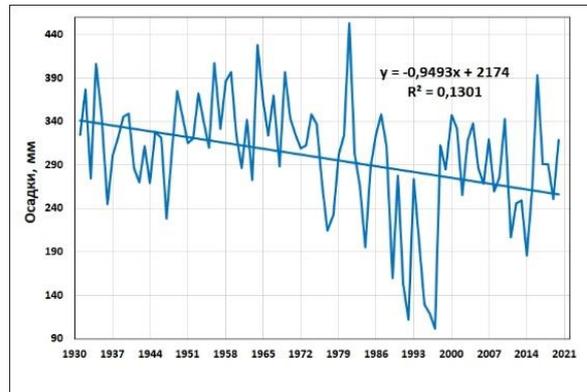


Рис. 2. Ход годовых осадков по метеостанции Тянь-Шань за весь период наблюдений 1931-2020 гг. с линией и уравнением линейного тренда.

регрессии и оценки изменения температуры, результаты приведены в таблице 1.

Основной тенденцией средних температур воздуха для холодного и теплого времен года, так же, как и для года, является их повышение. Скорость потепления в период 1931 по 2020 год составила $0,214\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $0,179\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ соответственно для холодного и теплого периодов, что дало рост температуры на $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 90 лет. Из табл.1, хорошо видно, что наиболее высокие скорости повышения средних температур отмечались в холодное полугодие периода 1993-2020 гг., они превысили в 9 раз скорости роста температуры предыдущего периода.

Таблица 1

Изменения температуры и суммы осадков, полученные по уравнениям тренда, и угловые коэффициенты трендов для различных периодов по данным метеостанции Тянь-Шань (жирным шрифтом выделены статистически значимые значения)

Параметры	1931-1992	1993-2020	1931-2020
Год			
$\Delta T, ^{\circ}\text{C}$	0,7	1,7	1,8
Скорость изменения, $^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$	0,1	0,6	0,2
$\Delta X, \text{мм}$	-69 (23%)	78 (26%)	-85 (29%)
Скорость изменения, $\text{мм}/10\text{ лет}$	-11,1	27,8	-9,5
Теплое полугодие			
$\Delta T_{\text{май-сентябрь}}, ^{\circ}\text{C}$	0,9	0,3	1,6
Скорость изменения, $^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$	0,1	0,1	0,2
$\Delta X_{\text{май-сентябрь}}, \text{мм}$	-59 (33%)	47 (26%)	-91 (51%)
Скорость изменения, $\text{мм}/10\text{ лет}$	-9,5	16,7	-10,1
Холодное полугодие			

$\Delta T_{\text{октябрь-апрель}}, ^\circ\text{C}$	0,6	2,4	1,9
Скорость изменения, $^\circ\text{C}/10$ лет	0,1	0,9	0,2
$\Delta X_{\text{октябрь-апрель}}, \text{мм}$	-10 (8%)	31 (26%)	5 (5%)
Скорость изменения, мм /10 лет	-1,6	11,1	0,6

Основная тенденция изменения годовых сумм осадков за весь период наблюдения (1931-2020 гг.) – это их понижение на 85 мм или на 29% от среднего многолетнего значения, которое составляет 299 мм. Угловый коэффициент тренда, показывающий скорость изменения осадков, равен $b_1 = -9,493$ мм/10 лет (рис. 2, табл. 1). Согласно работе [10], уменьшение осадков по метеостанции Тянь-Шань к 2015 г. составило 67,8 мм.

Если рассматривать два дополнительно выделенных периода (1931-1992 гг. и 1993-2020 гг.), то изменения годовых сумм осадков имеют совершенно разные знаки. Для первого 62-летнего периода угловый коэффициент $b_1 = -11,138$ мм/10 лет, а для второго 28-летнего – $b_2 = 27,752$ мм/10 лет, в результате за эти периоды понижение сумм осадков составило 69 мм (23%), а рост осадков – 78 мм (26%).

Аналогичные результаты получены для холодного (октябрь-апрель) и теплого (май-сентябрь) полугодий (табл. 1) для выделенных дополнительных периодов, при этом рост осадков с 1993 года по 2020 год составил 26%.

Таким образом, наблюдающееся устойчивое потепление климата в этом районе в течение рассматриваемых 90 лет вначале сопровождалось уменьшением осадков, а затем их ростом.

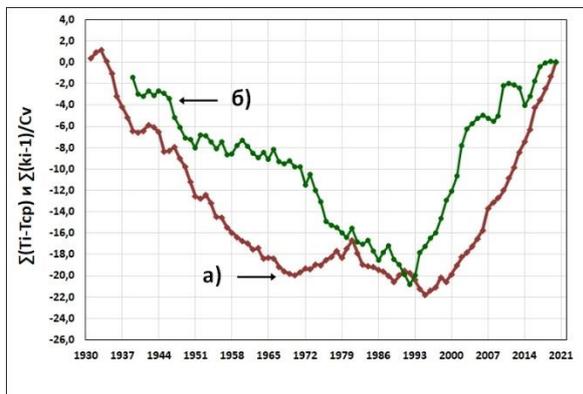


Рис. 3. Интегральная кривая изменения нарастающих сумм отклонений температуры от среднего многолетнего значения на метеостанции Тянь-Шань за 1931-2020 гг. (а) и разностная интегральная кривая годового стока реки Нарын (б) [8].

Для сценариев CMIP5 RCP4.5 и RCP8.5 по осредненным значениям 21 модели на период с 2020 по 2100 гг. были рассчитаны температуры воздуха и осадки с суточным шагом. На рис. 5 и 6 представлены отклонения температуры воздуха и

По рассчитанным отклонениям средней годовой температуры воздуха от среднего многолетнего значения были получены их нарастающие суммы, представленные интегральной кривой на рисунке 3. С 1931 года до середины 90-х годов преобладали отрицательные отклонения от нормы (на фоне положительного тренда температуры). В последующий период до настоящего времени, наоборот, большинство отклонений положительны. Полученная интегральная кривая нарастающей суммы отклонений и разностно-интегральная кривая годового стока в створе г. Нарын [8] имеют между собой хорошую связь (рис. 3), коэффициент корреляции составил 0,83. Фаза уменьшения стока реки совпадает с частью кривой отрицательных отклонений температур от нормы, а фаза роста стока – с частью положительных отклонений.

Сравнительный анализ полученной интегральной кривой изменения нарастающих сумм отклонений осадков от среднего многолетнего значения с разностно-интегральной кривой годового стока (рис. 4) показал обратную связь между ними, коэффициент корреляции составил -0,73. В период с 1931 по 1989 гг. осадки были больше нормы, но отмечалась фаза уменьшения стока. В последующие годы преобладали осадки меньше нормы, но сток начал с 1993 года увеличиваться.

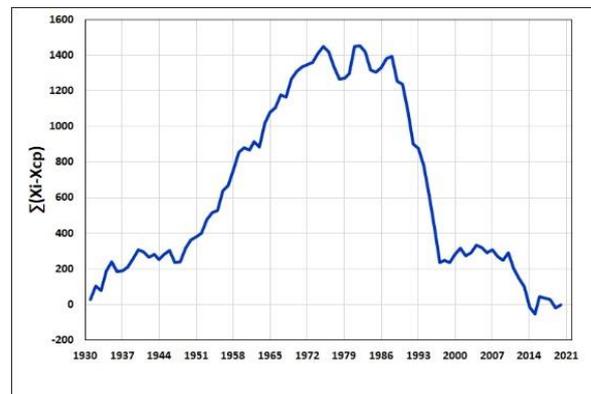


Рис. 4. Интегральная кривая изменения нарастающих сумм отклонений осадков от среднего многолетнего значения на метеостанции Тянь-Шань за 1931-2020 гг.

изменения суммы осадков в процентах от периода 2006-2019 гг. По сценарию CMIP5 RCP4.5 температура воздуха повышается на 1,5 – 2 $^\circ\text{C}$, по сценарию CMIP5 RCP8.5 – на 4,5-5 $^\circ\text{C}$, годовая сумма осадков по сценарию CMIP5 RCP4.5 имеет

межгодовую вариабельность от 70 до 80%, по сценарию CMIP5 RCP8.5 - от 75 до 85% от значений за 2006-2019 гг.

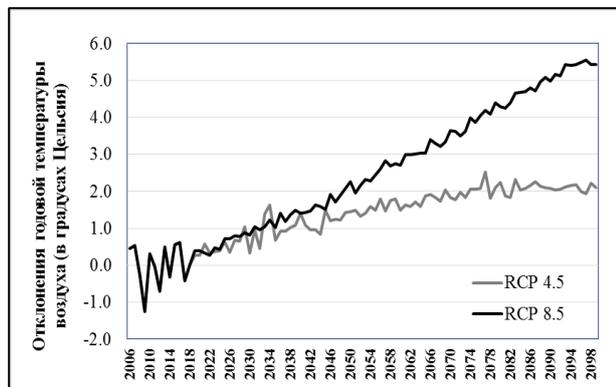


Рис. 5. Наблюдаемые и рассчитанные для сценариев CMIP5 RCP4.5 и RCP8.5 отклонения температуры воздуха в градусах Цельсия от среднего значения за период 2006-2019 гг. по данным метеостанции Тянь-Шань.

Изменения средних месячных расходов воды по климатическим сценариям CMIP5 на десятилетние периоды текущего столетия представлены на графиках 7 и 8 и в таблицах 2 и 3.

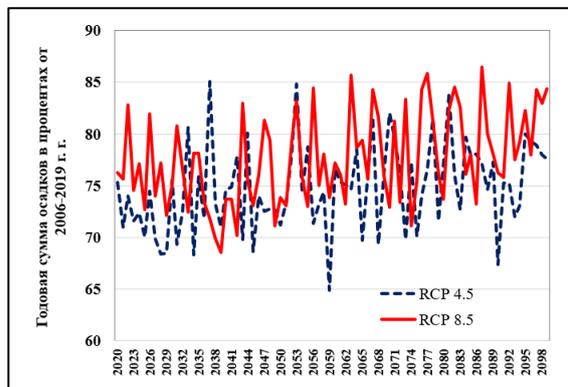


Рис. 6. Наблюдаемые и рассчитанные для сценариев CMIP5 RCP4.5 и RCP8.5 изменения годовых сумм осадков в процентах от среднего значения за период 2006-2019 гг. по данным метеостанции Тянь-Шань.

Таблица 2

Средние значения расходов воды по месяцам и за год на будущие десятилетние периоды в процентах от значений периода 2006-2019 гг. по сценарию CMIP5 RCP4.5.

Месяцы	2020-2030	2031-2040	2041-2050	2051-2060	2061-2070	2071-2080	2081-2090	2091-2099
Апрель	78	79	79	79	79	80	80	79
Май	48	62	60	69	72	74	82	74
Июнь	97	102	105	108	107	108	109	115
Июль	91	88	83	85	84	79	80	82
Август	70	69	67	70	69	68	67	68
Сентябрь	95	94	96	99	98	99	99	88
Год	91	92	92	95	94	94	95	95

Анализ расходов воды, полученных по сценариям CMIP5 RCP4.5 и RCP8.5 показывает наибольшую изменчивость стока в мае, июне и августе. Наибольшая вариабельность осадков и расходов воды по сценариям CMIP5 отмечается в мае. Повышение температуры воздуха приведет к понижению ледникового стока в августе и увеличению стока за счет таяния сезонного снежного покрова в июне, максимальные расходы воды постепенно смещаются с июля на июнь.

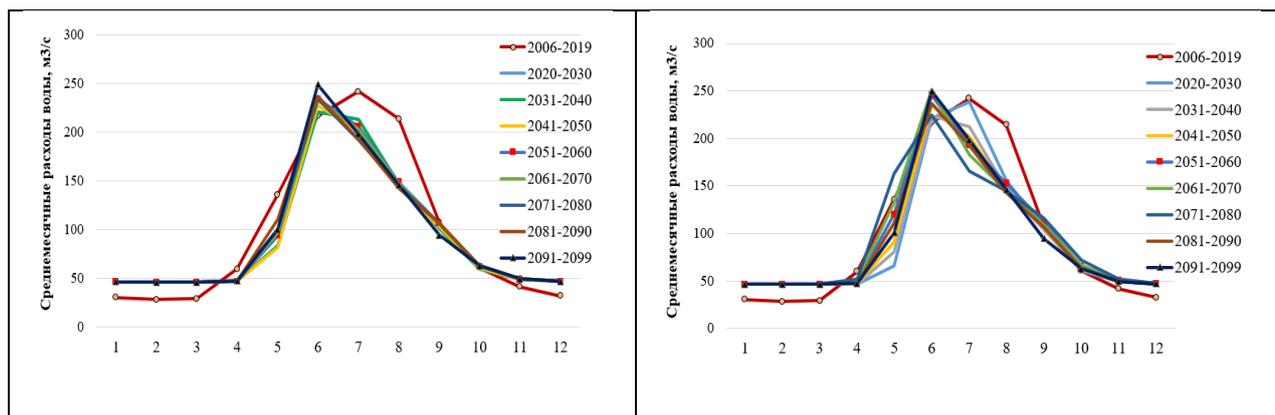


Рис. 7. Рассчитанные средние месячные расходы воды реки Нарын по различным периодам для сценария CMIP5 RCP4.5.	Рис. 8. Рассчитанные средние месячные расходы воды реки Нарын по различным периодам для сценария CMIP5 RCP8.5.
---	---

Таблица 3

Средние значения расходов воды по месяцам и за год на будущие десятилетние периоды в процентах от значений периода 2006-2019 гг. по сценарию CMIP5 RCP8.5

Месяцы	2020-2030	2031-2040	2041-2050	2051-2060	2061-2070	2071-2080	2081-2090	2091-2099
Апрель	78	79	81	85	87	80	79	78
Май	59	67	88	98	120	82	74	48
Июнь	103	109	113	116	103	109	115	102
Июль	88	83	80	76	68	80	82	99
Август	69	68	71	67	68	67	68	73
Сентябрь	97	99	104	102	108	99	88	97
Год	94	93	94	98	98	98	95	95

Полученные по сценариям CMIP5 расчеты внутригодовой и межгодовой динамики стока верховьев реки Нарын хорошо согласуются с результатами предыдущих исследований в [8].

Выводы. В период 1931-2020 гг. по данным метеостанции Тянь-Шань наблюдается устойчивое повышение средних температур воздуха: годовая температура - на 1,8°C, температура холодного полугодия (октябрь-апрель) - на 1,9 °C, температура теплого полугодия (май-сентябрь) - на 1,6 °C.

Наиболее значительный рост температуры отмечался с 90-х годов, скорость роста средней годовой температуры увеличилась в 5,2 раза. При этом потепление в большей степени происходило в холодную половину года, скорость роста средней температуры в это время года увеличилась в 8,4 раза, и очень слабо проявлялось в теплый период года.

Согласно расчету по линейному тренду, от 1930 к 2030 году (за 100 лет) средняя годовая температура воздуха повысится на 2,0°C и будет равна - 6,3°C.

На фоне происходящего повышения температуры воздуха суммы осадков в целом уменьшались со скоростью -9,493 мм/10 лет, уменьшение их за 90 лет составило 85 мм или 29% от среднего многолетнего значения. При этом за последние 28 лет (1993-2020гг.) тренд оказался положительным, рост осадков составил 78 мм или 26%.

В теплый сезон уменьшение осадков за весь 90 летний период составило 51%, за последние 28 лет отмечался рост осадков на 26%. В холодный сезон года в годовом выводе количество осадков увеличилось только на 5%, а за последние 28 лет – на 26%.

Получена хорошая зависимость между периодом понижения стока и периодом отрицательных отклонений температуры воздуха от средних многолетних значений, и между периодом

повышения стока и периодом положительных отклонений. Коэффициент корреляции между разностно-интегральной кривой стока реки в створе г.Нарын и кривой нарастающих сумм отклонений температуры от нормы равен 0,83.

Анализ разностно-интегральной кривой годового стока в верхнем течении реки Нарын в створе г.Нарын показал, что повышение среднегодовых расходов воды на 23% отмечается с 1993 года по настоящее время. Объем талого снегового стока увеличился за это время в два раза, а ледникового стока – в 1,3 раза, что связано с увеличением осадков за холодный период с 1990-х годов.

Согласно сценариям CMIP5 RCP4.5 и RCP8.5, температура воздуха к концу 21 века повысится на 1,5 – 2°C и 4,5 - 5°C. Годовые суммы осадков будут составлять 70 - 80% и 75 - 85% от среднего значения за 2006-2019 гг., т.е. будут понижаться, при этом имея значительную межгодовую изменчивость, которая также будет отражаться в стоке реки.

Гидрологическое моделирование стока реки по модели HBV light с учетом прогнозных оценок температуры и осадков по CMIP5 RCP4.5. и RCP8.5 показало незначительное уменьшение годового стока реки до створа г. Нарын от 9% (2020-2030 гг.) до 5% (2091-2099 гг.). Наибольшие изменения стока произойдут в период с мая по август. Ожидается уменьшение стока в среднем в мае – на 20-32%, июле - на 16-18% и августе – на 31-32%, и увеличение в июне – на 6-9%. Пики паводков и максимальные расходы воды будут отмечаться на месяц раньше – в июне.

Следует также ожидать в будущем усиление проявления селевых и паводковых явлений, связанных с увеличением стока в месяцы сезонного снеготаяния, а также с деградацией оледенения и увеличе-

нием небольших по площади ледников, которые образуют ледниково-моренные прорывоопасные озера.

Литература:

1. Диких А.Н. Ледниковый сток реки Нарын и сценарий возможного его изменения при потеплении климата. Известия НАН КР. - Бишкек, 1999.
2. Шабунин А.Г. Каталог ледников Кыргызстана. Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли. - Бишкек, 2018.
3. Коновалов В.Г. Таяние и сток с ледников в бассейнах рек Центральной Азии. - Ленинград, 1985.
4. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Кыргызской Республики. ГАООСЛХ. - Бишкек, 2020.
5. Гидрологические ежегодники за 1931-2019 годы. Фонды Кыргызгидромета.
6. Подрезов О.А. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических данных (Методы анализа с использованием статистик, аппроксимации распределений, регрессии, корреляции и проверки гипотез). Учебник для бакалавров-гидрометеорологов. - Бишкек, 2020.
7. Bergström S. The HBV model – its structure and applications. SMHI Reports Hydrology. Norrköping, Sweden, № 4, 1992.
8. Калашникова О.Ю., Аламанов С.К., Усубалиев Р.А. Оценка динамики компонентов стока рек ледникового питания в горах Тянь-Шаня в условиях изменения глобального климата. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2020. № 3. С. 8-13.
9. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе. - Бишкек, 2006.
10. Подрезова Ю.А., Павлова И.А. Изменение климата в районе массива Ак-Шийрак и его влияние на ледники. Лед и Снег, №2 (57), 2017.
11. Калашникова О. К разработке методов долгосрочного прогноза стока горных рек и притока воды в водохранилища на примере реки Нарын. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2015. № 5. С. 100-103
12. Калашникова О.Ю., Усубалиев Р.А., Аламанов С.К. Изменение объемов составляющих стока на реке Нарын за многолетний период (1964-2017 годы). / Известия ВУЗов Кыргызстана. 2020. № 2. С. 8-13.