

УДК: 626. 86.556:38

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧИРЧИК

*Х.Ш.Гаффоров - PhD., с.н.с., Ш.Д.Турсунбоев - докторант  
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем*

### Аннотация

Оценка прошлых и будущих климатических различий играет важную роль в будущем планировании в связи с изменением климата. Эта ситуация требует безотлагательных и согласованных действий в нескольких областях: технологии, инфраструктуре, политике, экономике и экологии. В статье оценивается влияние изменений интенсивности осадков на уровень воды в сценариях модели глобальной циркуляции (GCM) RCP 4.5 и 8.5 на периоды 2030-х, 2050-х и 2070-х годов. Исследование является справочным материалом для улучшения управления водными ресурсами, и обеспечения устойчивости производства сельскохозяйственной продукции в будущем, а также для улучшения оперативного управления водными ресурсами и устойчивости сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** Река Чирчик, водные ресурсы, GCM, изменение климата, дельта подход.

## ЧИРЧИҚ ДАРЁСИ ҲАВЗАСИ ГИДРОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРИГА ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИНИНГ ТАЪСИРИНИ БАҲОЛАШ

*Ҳ.Ш.Гаффоров - PhD., к.и.х, Ш.Д.Турсунбоев- докторант  
Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти*

### Аннотация

Ўтмишдаги ва келажакдаги иқлимий фарқларни баҳолашнинг аҳамияти иқлим ўзгаришининг келажакда режалаштиришда муҳим роль ўйнайди. Ушбу ҳолат бир неча соҳаларда: технология, инфратузилма, сиёсат, иқтисодиёт ва экология бўйича шошилинч ва келишилган ҳаракатларни талаб қилади. Мақолада 2030, 2050 ва 2070 йилларда глобал циркуляцияси модели (GCM) сценарийлари RCP 4.5 ва 8.5 да ёғингарчилик интенсивлиги ўзгаришининг сув сатҳига таъсири баҳоланди. Ушбу тадқиқот сув ресурсларини бошқаришни такомиллаштириш ва келажакда қишлоқ хўжалиги маҳсулотларининг барқарорлигини таъминлаш, сув ресурсларини оператив бошқариш ва қишлоқ хўжалигини режалаштиришни такомиллаштириш учун фойдали маълумотдир.

**Таянч сўзлар:** Чирчиқ дарёси, сув ресурслари, GCM, иқлим ўзгариши, дельтага ёндашув.

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON HYDROLOGICAL PROCESSES IN THE CHIRCHIK RIVER BASIN

*Kh.Sh.Gafforov - PhD., senior researcher, Sh.D.Tursunboev - researcher  
Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems*

### Abstract

The importance of assessing past and future climate differences plays an important role in future planning in relation to climate change. This situation requires urgent and concerted action in several areas: technology, infrastructure, politics, economics, and the environment. The article evaluates the impact of changes in precipitation intensity on the water level in the global circulation model (GCM) RCP 4.5 and 8.5 scenarios in the 2030s, 2050s, and 2070s. This study is a useful reference for improving water resource management and ensuring the sustainability of agricultural products in the future, as well as for improving operational water management and agricultural sustainability.

**Key words:** Chirchik River, water resources, GCM, climate change, delta approach.

**Введение и состояние вопроса.** Вся пища и многие другие средства, необходимые человеку, производятся прямо или косвенно из воды [1]. В последние десятилетия изменение климата из-за глобального потепления изменило не только экосистему в регионе, но и привлекло внимание, поскольку процесс изменения будет иметь прямое влияние на местное сельское хозяйство, водные ресурсы и их распределение, а также на средства к существованию людей. За последние 50 лет средняя температура повысилась на 2 °С во всем мире, в то время как количество осадков также имело тенденцию к увеличению с сильными пространственно-временными и неоднородными колебаниями [2], более того, экосистема в засушливых и полусухих регионах более чувствительна к изменению климата [3], чем в других регионах мира [2, 4], и Парижское соглашение, направленное на

ограничение глобального потепления до ниже 2°C, вряд ли будет приемлемым в засушливых и полусухих регионах. В течение шестидесяти лет на Центральноазиатский регион приходилась треть всех засушливых и полусухих регионов мира, образовались очень чувствительные экосистемы к изменению климата, впоследствии, водные ресурсы оказали серьезное влияние на производство сельскохозяйственных культур и биомассы [1, 4].

Глобальное изменение климата, несомненно, занимает прочное место среди основных экологических проблем, стоящих перед мировым сообществом, и особенно сталкивается с острым воздействием на водные ресурсы. Более 70% водных ресурсов бассейна реки Чирчик используется орошаемым земледелием, которое обеспечивает около 16% ВВП республики (stat.uz), поэтому любые изменения, влияющие на водные ресурсы, особенно

изменение климата, немедленно сказывается на многих аспектах жизни в области. Увеличение потребности в воде связано с ростом населения и быстрым экономическим развитием в регионе, а также с сокращением ожидаемого речного стока для оперативного и долгосрочного управления из-за глобального изменения климата, что еще больше усугубляет проблему. Поэтому водоснабжение и распределение следует рассматривать вместе со спросом на воду и надлежащим образом включать в модели системы земли для решения различных крупномасштабных эффектов с учетом или без учета возможных климатических взаимодействий [5].

Несмотря на то, что водные ресурсы, как всегда, становятся все более спорным ресурсом и конфликтами по поводу его использования и распределения, в исследуемой области было проведено мало исследований для оценки пространственной динамики воды [6, 7] и воздействия изменения климата на нее. Понимание прошлых и будущих изменений количества осадков и оценка риска использования и распределения важны для планирования мер по стабилизации долгосрочного управления после изменений в природе [8, 9], более того, изменение климата в странах Центральной Азии привело к крупным катастрофам - сокращению ледников в горных системах Тянь-Шаня [10,11] и в Памир-Алае [12, 13] на юге и усыханию Аральского моря [14, 15]. Поэтому качественная оценка воздействия изменения климата и тенденций выпадения осадков в прошлом и будущем имеет большое значение в предгорьях в условиях изменения климата бассейна реки Чирчик. Цель данной статьи - оценить доступность водных ресурсов в зависимости от интенсивности осадков с использованием моделей глобальной циркуляции (GCM) в рамках Фазы 5 проекта по взаимному сравнению связанных моделей RCP 4.5 и 8.5.

#### Материалы и методы.

**Область исследования.** Исследуемый район, показанный на рисунке 1, расположен на 41°10'00" северной широты 69°45'00" восточной долготы в северо-восточной части Республики Узбекистан между западной частью гор Тянь-Шаня и рекой Сырдарьей.

Область граничит с Республикой Кыргызстан на северо-востоке, Республикой Казахстан на северо-западе, Наманганской областью Узбекистана на востоке, Республикой Таджикистан на юге и Сырдарьинской областью Узбекистана на юго-западе. Общая площадь исследуемой территории составляет 14,9 тыс. км<sup>2</sup>, длина -155 км. Сложный рельеф определяется особенностями регионального почвенно-климатического районирования, такими как его широтное и вертикальное распространение [16].

Климат неоднороден и, как правило, полусухой

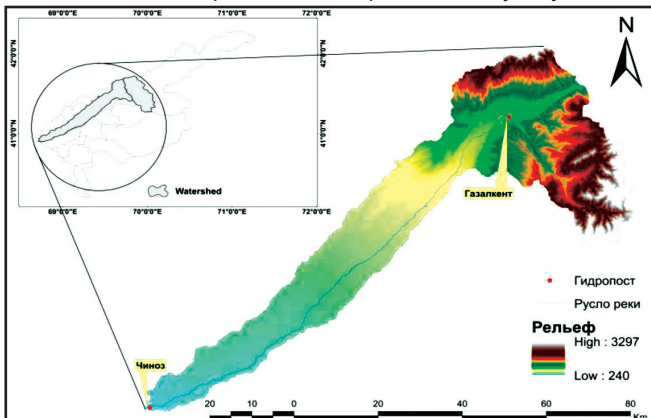


Рис. 1. Область исследования

и засушливый, с сильным градиентом как осадков, так и температуры от гор к равнинам с севера на юг. Количество осадков (Рис.1) распределяется неравномерно, с большим их количеством на северо-востоке и в районе ближе к горам [17]; кроме того, в горах выпадает больше осадков. Минимальное количество осадков выпадает на юго-западе района и составляет 250-300 мм в год; в предгорной северо-восточной части количество осадков достигает 550 мм [1]. В западной части гор, подверженной воздействию влажных воздушных масс, выпадает более 1400–3000 мм осадков. Основная часть годового количества осадков выпадает в зимние и весенние месяцы. Средняя температура января от -1,3 °С до -1,8 °С, самая высокая температура воздуха летом на равнинах достигает +47 °С, [18]. Ручьи расширяют свои русла во время дождей и занимают долины.

**Набор данных.** Все станции производили ежедневные наблюдения за 1990-2016 гг., которые были собраны Центром гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (UZHYMET) с учетом бассейновых данных. В качестве источников будущих метеорологических данных получены суточные данные об осадках по 5 GCM в архиве CMIP5 (Таблица 1).

В исследованиях проведено было три серии экспериментов на будущие периоды 2030-х годов (2020-2039), 2050-х годов (2040-2069) и 2070-х годов (2060-2099), которые были классифицированы с помощью модели GCM, и, поскольку использовались сценарии: RCP 4.5 и 8.5 были статистически уменьшены с помощью дельта-метода с использованием исторических данных за 1975-2005 гг. [19, 20], и полученные наборы данных были использованы в качестве входных данных. В то время как RCP 4.5 включает использование ряда технологий и стратегий по

Таблица 1  
Общая информация о выбранных GCM

Модель	Институты	Страна	Сокращенное название
ACCESS1-3 (RCP 4.5)	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	Австралия	ACCESS1-3
ACCESS1-3 (RCP 8.5)			
bcc-csm1-1-m (RCP 4.5)	Beijing Climate Centre (BCC), China Meteorological Administration	Китай	bcc-csm1-1-m
bcc-csm1-1-m (RCP 8.5)			
CanESM2 (RCP 4.5)	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Victoria, BC	Канада	CanESM2
CanESM2 (RCP 8.5)			
CSIRO-Mk3-6-0 (RCP 4.5)	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	Австралия	CSIRO-Mk3-6-0
CSIRO-Mk3-6-0 (RCP 8.5)			
GISS-E2-R (RCP 4.5)	"NASA/GISS" Goddard Institute for Space Studies, New York, NY	США	GISS-E2-R
GISS-E2-R (RCP .5)			

сокращению выбросов парниковых газов для стабилизации радиационного воздействия до 2100 г. [4], сценарий RCP 8.5 характеризует увеличение выбросов парниковых газов с течением времени из-за роста населения и спроса на энергию [21]. Соответственно Луо [2, 4], в GCM различные прогоны имеют схожую способность прогнозирования климата над Центральной Азией.

**Дельта подход.** Дельта подход - один из наиболее распространенных методов передачи сигналов изменчивости климата от GCM к гидрологическим моделям [22, 23]. Он основан на дельта-факторах, которые характеризуют разницу между нынешним и будущим климатом. В исследовании дельта-факторы были проанализированы на предмет их зависимости от шкалы времени и уровня интенсивности или периода повторяемости [24]. Для расчета сценариев изменения дельты, использовались данные станций и выходные данные сетки GCM [25, 26]. Для экспериментов по изменению дельты изменение климата рассчитывалось путем вычисления разницы между PRCP, добавленным к наблюдаемым временным рядам,

среднемесячных значения для сетки, ближайшей к текущей, и будущим PRCP, моделируемым с помощью GCM.

В исследованиях коэффициенты изменения были получены на основе прошлых, настоящих и будущих климатических симуляций GCM различий в наиболее важных климатических переменных для гидрологии и осадков. Выходные данные GCM, для осадков это можно выразить следующим образом:

$$P_{Delta}(t) = O_{obs}(t) \left( \frac{\overline{P_{Future}}}{\overline{P_{Control}}} \right) \quad (1)$$

$$P'_{GCM,Future} = P_{GCM,Future} \left( \frac{P_{Obs,reference}}{P_{GCM,reference}} \right) \quad (2)$$

где:  $P_{Delta}$  - будущие осадки, оцененные по дельта-сценарию, (мм);  $P_{Future}$  - среднее количество осадков, рассчитанное в сценарных расчетах GCM, (мм);  $P'_{GCM,Future}$  и  $P_{GCM,Future}$  - это скорректированные и нескорректированные выходные данные GCM в будущем периоде времени соответственно (мм);  $P_{Obs}$  эталон, и  $P_{GCM}$  эталон - это среднее наблюдаемое и GCM осадки в течение базисного периода.

**Результаты и обсуждение.** В разные периоды изменения частоты выпадения осадков для GCM в будущем определялось по исходным данным, и все станции показали среднемесячные изменения, которые были почти идентичны для RCP 4.5 и RCP 8.5 (Рис.2). Во всех моделях основное количество осадков выпало зимой и осенью; в целом эта тенденция была сильнее в RCP 4.5, за исключением станции Туябугуз (Рис.2i). Несмотря на уменьшение количества осадков в летний период, июль показал активность дождя на всех станциях в обоих сценариях. В марте, согласно сценарию, RCP 4.5, количество осадков на станциях Бекабад (Рис.2a) и Туябугуз (Рис.2i) начнет снижаться; на других станциях: Чаткал (Рис.2b), Чимган (Рис.2c), Ойгаинг (Рис.2d), Пскем (Рис.2e), Кызылча (Рис.2f), Сукок (Рис.2g) Ташкент (Рис.2h) и Янгиюль (Рис.2j). спад начался в апреле. Несмотря на увеличение интенсивности осадков зимой, почти на всех станциях в феврале наблюдалось значительное снижение среднемесячного количества осадков в сценарии RCP 8.5, с большей долей снижения на станции Бекабад. Когда дос-

товерность вывода речного стока оценивалась с использованием среднемесячных данных, не было обнаружено значительных различий между данными GCM и данными наблюдений.

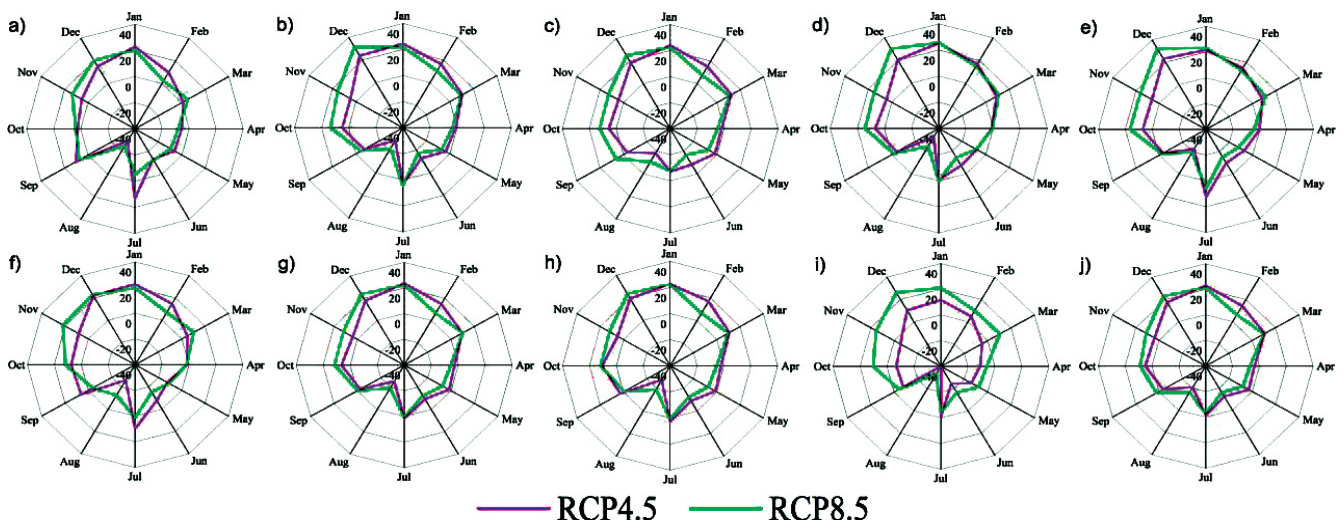
Любая изменчивость климата, социально-экономический фактор или трансграничные проблемы в водных ресурсах региона бассейна реки Чирчик окажут серьезное влияние на продовольственную безопасность, промышленное использование и производство электроэнергии. В будущем потребность в воде для орошения и городского хозяйства, вероятно, возрастет из-за увеличения населения страны.

Демографические изменения напрямую влияют на характеристики климата, поскольку все необходимые для жизни человека ресурсы демонстрируют параллелизм роста населения, и здесь необходимо учитывать миграции. Характеристики всех климатических факторов влияют на расход воды [28, 29], которая является самым главным ресурсом для жизни человека.

Формирование водных ресурсов в бассейне Чирчик происходит из суммы речных бассейнов с разной высотой [23, 30], что приводит к изменениям климатических параметров, таких как осадки и температура [31, 32]. На формирование стока в бассейне влияют многие факторы, такие как осадки, температура, рельеф, почвенный и растительный покров [33, 34]. По этой причине оценка влияния различных факторов на сток воды в бассейне реки Чирчик важна в контексте изменения климата для оперативного управления водными ресурсами в будущем.

Чтобы предвидеть экологические, экономические, социальные и политические реакции окружающей среды на изменчивость климата, необходимо изучить будущие и исторические региональные изменения климата [23, 27]. Последние десять лет были отмечены изменением климата в бассейне реки Чирчик, и это изменение отразилось на динамике водного стока. Исходя из прошлых и настоящих процессов в бассейне реки Чирчик существует потребность в оперативном управлении водными ресурсами с учетом потребностей всех водопользователей.

Исследования показывают изменение динамики стока бассейна реки Чирчик, что увеличивает соотношение изменений повторяемости осадков к 2030 г., 2050 г. и 2070 г.

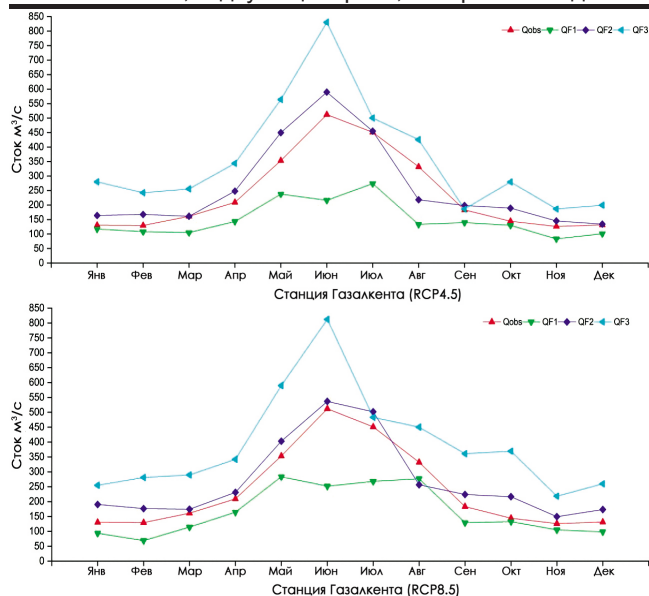


(а) Бекабад; (б) Чаткал; (с) Чимган; (д) Ойгаинг; (е) Пскем; (ф) Кызылча; (г) Сукок; (h) Ташкент; (i) Туябугуз; (j) Янгиюль.  
Рис. 2. Ежемесячные оценки изменения интенсивности осадков, генерируемых в будущие периоды по сравнению с наблюдаемыми в базовых данных (сценарии RCP4.5 и RCP8.5) для десяти станций



соответственно, в двух сценариях RCP 4.5 и 8.5. Несмотря на то, что в сценариях изменения климата существует тенденция к увеличению расхода воды в бассейне реки Чирчик, в будущем, вероятно оно будет недостаточно, исходя из потребностей водопользователей из-за неравномерного распределения водных ресурсов. В текущем анализе прогнозировались относительные изменения количества осадков.

Анализ показал, что в гидропосте Газалкент в ближайшие десять лет будут наблюдаться уменьшение стока рек в Q1 (2020–2039 гг.), периоде на обоих сценариях GCM (Рис.3), при сравнении данных наблюдений и будущего только RCP 8.5 за август имеет равенство с этими наблюдениями. Во втором периоде Q2 (2040–2069) при сравнении данных наблюдается увеличение стока рек начиная с марта и равенство в июле, далее снижение стока до сентября и далее начинается увеличение в обоих сценариях GCM, но в RCP8.5 сток реки сравнивается в июне месяца. В третьем периоде Q3 (2060–2099) показано увеличение стока воды в двух сценариях GCM. Изменения стока на гидрометрической станции Чиназ (Рис.4) с соотношением осадков в первом Q1 (2030 г.), втором Q2 (2050г.) и третьем периоде Q3 (2070 г.) в двух сценарии RCP 4.5 и 8.5 показывает что самый низкий сток показан в августе, соответственно, в двух сценариях, исторические данные

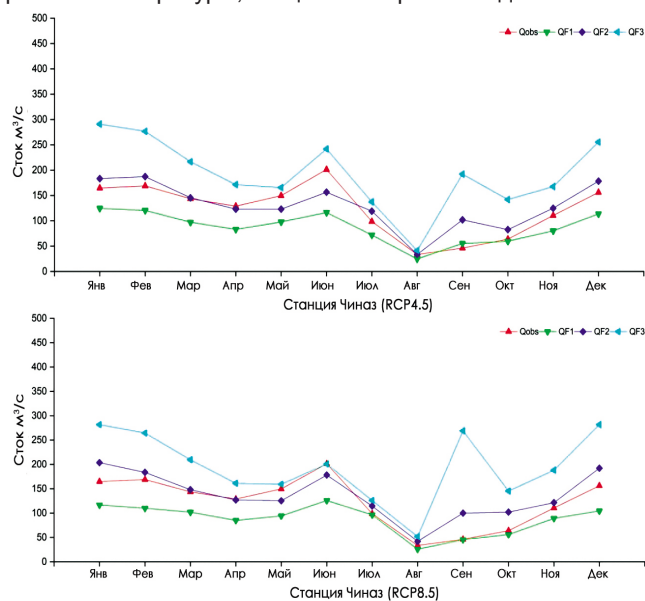


**Рис.3. Соотношение расхода воды к интенсивности осадков на всех станциях в бассейне реки Чирчик (гидрометрический пост Газалкент)**

также показывают падение уровня стока в том же месяце, это может быть связано с регулированием водохранилища (на исследуемой территории есть водохранилище сезонного регулирования, которое находится перед гидропостом) или температуры.

Соответственно, в 2030 и 2050 года будет наблюдаться уменьшение расхода воды по двум сценариям, хотя снижение происходит с мая до середины июня, после мая величина расхода воды показывает увеличение только 2050 году, с 2070 года показано увеличение в двух сценариях. Это означает, что вода в бассейне может увеличиться но это не будет определять будущую доступность водных ресурсов, здесь должны учитываться изменения суммарного испарения и температуры, поскольку эти два фактора играют очень важную роль в климате, суммарное испарение изменяется параллельно с температурой.

Здесь необходимо учитывать все факторы водопользования и характеристики реки. На основе указанного анализа в будущем необходимо провести исследование и анализ с учетом всех характеристик реки и с использованием других конкретных гидрологических моделей, таких как SWAT. Сделан вывод о том, что в будущем при всех сценариях необходимо изучать изменения с учетом характеристик температуры, общего испарения и деятельности



**Рис. 4. Соотношение расхода воды к интенсивности осадков на всех станциях в бассейне реки Чирчик (гидрометрический пост Чиназ)**

человека.

**Выводы.** Сток рек играет важную роль во многих сферах деятельности человека, таких как экономика, экология и политика. Прогноз возможных изменений стока рек в ответ на изменения климата представляет исключительный интерес для разработки и принятия мер, направленных на обеспечение безопасности населения, водохозяйственной и промышленной деятельности в бассейне реки Чирчик. В статье проанализирован сток в трех различных периодах, чтобы обнаружить вариации и прояснить влияние изменений климата на сток в бассейне реки Чирчик. Продемонстрированы климатические модели в сочетании дельта-подхода, которая является практичным и актуальным методом оценки пространственно-временной изменчивости и определение долгосрочных мер в оперативном управлении водных ресурсов для устойчивости сельского хозяйства в бассейне реки Чирчик. Использование климатических моделей и соответствующих сценариев имеет решающее значение для исследований, направленных на устранение неопределенностей будущего и позволяющих быстро принять управленческие решения. Необходимы дополнительные исследования для оценки неопределенностей в будущих климатических моделях в изучаемых объектах с учетом всех параметров речного бассейна и климата. Кроме того, использование других методов приводит к исследованию бассейна реки Чирчик с использованием других моделей GCM с тремя RCP, а также региональных моделей изменения климата. Это исследование может быть типичным, но является полезным справочным материалом для улучшения управления водными ресурсами, и обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства в будущем, а также для улучшения оперативного управления водными ресурсами и устойчивости сельского хозяйства.

## References

1. Gafforov, Kh.Sh., The Assessment of Climate Change on Rainfall-Runoff Erosivity in the Chirchik–Akhangan Basin, Uzbekistan. *Sustainability*, 2020. 12(8): 369 p.
2. Luo, M., Defining spatiotemporal characteristics of climate change trends from downscaled GCMs ensembles: how climate change reacts in Xinjiang, China. *International Journal of Climatology*, 2018. 38(5): Pp. 2538-2553.
3. Jiang, C., Challenging the land degradation in China's Loess Plateau: Benefits, limitations, sustainability, and adaptive strategies of soil and water conservation. *Ecological engineering*, 2019. 127: Pp. 135-150.
4. Luo, M., Spatiotemporal characteristics of future changes in precipitation and temperature in Central Asia. *International Journal of Climatology*, 2019. 39(3): Pp. 1571-1588.
5. Nazemi, A. and H.S. Wheater, On inclusion of water resource management in Earth system models--Part 2: Representation of water supply and allocation and opportunities for improved modeling. *Hydrology & Earth System Sciences*, 2015. 19(1).
6. Ganasri, B. and H. Ramesh, Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS-A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 2016. 7(6): Pp. 953-961.
7. Wang, X., Estimated grass grazing removal rate in a semiarid Eurasian steppe watershed as influenced by climate. *Water*, 2016. 8(8): 339 p.
8. Nyssen, J., Interdisciplinary on-site evaluation of stone bunds to control soil erosion on cropland in Northern Ethiopia. *Soil and Tillage Research*, 2007. 94(1): Pp. 151-163.
9. Delgado Baquerizo, M., Effects of climate legacies on above and belowground community assembly. *Global change biology*, 2018. 24(9): Pp. 4330-4339.
10. Raymond, P.A. and S.K. Hamilton, Anthropogenic influences on riverine fluxes of dissolved inorganic carbon to the oceans. *Limnology and Oceanography Letters*, 2018. 3(3): Pp. 143-155.
11. Anderson, J. and C. Clapp, Coupling free radical catalysis, climate change, and human health. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2018. 20(16): Pp. 10569-10587.
12. Xiong, M., R. Sun, and L. Chen, Effects of soil conservation techniques on water erosion control: A global analysis. *Science of the Total Environment*, 2018. 645: Pp. 753-760.
13. Bewket, W. and E. Teferi, Assessment of soil erosion hazard and prioritization for treatment at the watershed level: case study in the Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia. *Land Degradation & Development*, 2009. 20(6): Pp. 609-622.
14. Duishonakunov, M., Recent glacier changes and their impact on water resources in Chon and Kichi Naryn Catchments, Kyrgyz Republic. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2014. 14(3): Pp. 444-452.
15. Shahgedanova, M., Changes in the mountain river discharge in the northern Tien Shan since the mid-20th Century: Results from the analysis of a homogeneous daily streamflow data set from seven catchments. *Journal of hydrology*, 2018. 564: Pp. 1133-1152.
16. Stulina, G. Soils of Chirchik-Ahangan Basin 2008 January 23.
17. Stulina, G. *Pochvy Chirchik-Akhangananskogo basseyna* [Soils of Chirchik-Ahangan Basin] 2009 January 23. (in Russian)
18. Shoir, M., Application of defecation lime from sugar industry in Uzbekistan. 2006.
19. Mohan Kumar, S., Application of SWAT Model to the Nethravathi River Basin. A post graduate thesis. National Institute of Technology Karnataka, Surathkal, India, 2011.
20. Mandal, U.K., Geo-Information-Based Soil Erosion Modeling for Sustainable Agriculture Development in Khadokhola Watershed, Nepal, in *Land Cover Change and Its Eco-Environmental Responses in Nepal*. 2017, Springer. Pp. 223-241.
21. Chen, L. and O.W. Frauenfeld, Surface air temperature changes over the twentieth and twenty-first centuries in China simulated by 20 CMIP5 models. *Journal of Climate*, 2014. 27(11): Pp. 3920-3937.
22. Carlsson, B., Exploring the range of uncertainty in climate change impacts on runoff and hydropower for the Luleälven River. in *Proceedings of the 15th International Northern Research Basins Symposium and Workshop, Luleå to Kvikkjokk, Sweden, 29 August–2 Sept. 2005*.
23. Rakhimova, M., Assessment of the Impacts of Climate Change and Human Activities on Runoff Using Climate Elasticity Method and General Circulation Model (GCM) in the Buqtyrma River Basin, Kazakhstan. *Sustainability*, 2020. 12(12): 968 p.
24. Mailhot, A., Assessment of future change in intensity–duration–frequency (IDF) curves for Southern Quebec using the Canadian Regional Climate Model (CRCM). *Journal of hydrology*, 2007. 347(1-2): Pp. 197-210.
25. Hay, L.E., R.L. Wilby, and G.H. Leavesley, A comparison of delta change and downscaled GCM scenarios for three mountainous basins in the United States 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 2000. 36(2): Pp. 387-397.
26. Wilby, R.L., L.E. Hay, and G.H. Leavesley, A comparison of downscaled and raw GCM output: implications for climate change scenarios in the San Juan River basin, Colorado. *Journal of Hydrology*, 1999. 225(1-2): Pp. 67-91.
27. Berihun, M.L., Hydrological responses to land use/land cover change and climate variability in contrasting agro-ecological environments of the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. *Science of The Total Environment*, 2019. 689: Pp. 347-365.
28. Zhang, F. Y., Using path analysis to identify the influence of climatic factors on spring peak flow dominated by snowmelt in an alpine watershed. *Journal of Mountain Science*, 2014. 11(4): Pp. 990-1000.
29. Fu, G., Attributing variations of temporal and spatial groundwater recharge: A statistical analysis of climatic and non-climatic factors. *Journal of Hydrology*, 2019. 568: Pp. 816-834.
30. Gapparov, F., Change of hydrological regime of foothill small rivers of Uzbekistan. in *2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*. 2019. IEEE.
31. Williams, J.R., A. Nicks, and J.G. Arnold, Simulator for water resources in rural basins. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1985. 111(6): Pp. 970-986.
32. Normatov, I. and P. Normatov, Climate change impact on hydrological characteristics and water availability of the Mountain Pamir Rivers. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 2020. 383: Pp. 31-41.
33. Liu, W., Dominant factors controlling runoff coefficients in karst watersheds. *Journal of Hydrology*, 2020: 486 p.
34. Dunj6, G., G. Pardini, and M. Gispert, The role of land use–land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. *Journal of Arid Environments*, 2004. 57(2): Pp. 239-256.