

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ХИЗМАТИ АГЕНТЛИГИ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ВА АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

ИЛМИЙ ЖУРНАЛ

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ  
И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**HYDROMETEOROLOGY  
AND ENVIRONMENTAL MONITORING**

SCIENTIFIC JOURNAL

№3

**2023**

ISSN 2181-1261

Ўзбекистон Республикаси  
Гидрометеорология хизмати агентлиги  
(Ўзгидромет)

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти  
(ГМИТИ)

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ  
ВА АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ**

**Илмий журнал**



**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ  
И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Научный журнал**



**HYDROMETEOROLOGY  
AND ENVIRONMENTAL MONITORING**

**Scientific journal**

**№ 3**

**2023**

Тошкент

## ТАҲРИР КЕНГАШИ

### Таҳрир кенгаши райси:

Ҳабибуллаев Шерзод  
Ҳабибуллаҳўжаевич

### Масъул котиб:

Рўзиева Малоҳат Бахтиёрвна

### Таҳрир кенгаши аъзолари:

Тажиев Баходир Саъдуллаевич  
Алихонов Борий Ботирович  
Абдурахманов Иброҳим Юлчиевич  
Хамраев Шавкат Раҳимович  
Нишонов Баҳриддин Эрқинович

## ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ

### Бош муҳаррир:

Холматжанов Бахтияр Маҳаматжанович,  
г.ф.д., проф.

### Бош муҳаррир ўринбосари:

Ҳикматов Фазлиддин,  
г.ф.д., проф.

### Таҳрир ҳайъати аъзолари:

Абдурахимов Бахтиёр Файзиевич, ф.-м.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Аденбаев Бахтиёр Ембергенович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Агзамов Файзулла Саидақбарович, и.ф.н. (Ўзбекистон); Азизов Азамат Атақузиевич, к.ф.н., доц. (Ўзбекистон); Азизова Раъно Гаффаровна, к.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Арушанов Михаил Львович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Аҳмедова Тамара Абдурахимовна, тех.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Бабушкин Олег Леонидович, г.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Верещагина Наталья Григорьевна, к.ф.н. (Ўзбекистон); Гуния Гарри Сергеевич, г.ф.д., проф. (Грузия); Гушина Дарья Юрьевна, г.ф.д. (Россия); Дергачёва Ирина Викторовна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Камалов Баходир Асамович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Карандаева Лидия Михайловна, тех.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Мамаджанова Гавхар Аҳматхоновна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Мурадов Шухрат Одилович, тех.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Мягков Сергей Владимирович, тех.ф.д., к.и.х. (Ўзбекистон); Нишонов Мухтор Мадаминович, ф.-м.ф.н., проф. (Ўзбекистон); Раҳмонов Комилжон Раджабович, г.ф.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Рафиқов Ваҳоб Асомович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Тилляходжаева Зухраҳон Джахангировна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Глеумуратова Бибигуль Саробаевна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Тургунов Данияр Маннапжанович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Умаров Муҳаммад Исмадуллаевич, қ.х.ф.н. (Ўзбекистон); Умирзақов Ғуломжон Ўнғарбоевич, қ.х.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Холбаев Гулман Холбаевич, г.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Фазылов Али Раҳматджанович, тех.ф.д., доц. (Тожикистон); Фролова Наталья Леонидовна, г.ф.д., проф. (Россия); Цинцадзе Тенгиз Нодарович, тех.ф.д., проф. (Грузия); Чембарисов Эльмир Исмаилович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Чередниченко Александр Владимирович, г.ф.д., проф. (Қозоғистон); Эгамбердиев Хамракул Турсункулович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Юнусов Голиб Ходжаевич, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Якубов Мурод Адилович, тех.ф.д., проф. (Ўзбекистон).

Журналда чоп этилган материаллардан фойдаланилганда “Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги” илмий журналдан олинди”, деб кўрсатилиши шарт. Мақолада келтирилган далиллар ва маълумотлар учун муаллифлар жавобгар. Таҳририят тақриздан ўтмаган мақолаларни қайтариш мажбуриятини олмага.

Журналнинг электрон шаклида жойлаштирилган барча материаллар нашр қилинган ҳисобланади ва муаллифлик ҳуқуқи объекти саналади.

“Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги” илмий журнали Ўзбекистон Республикаси Президенти Администрацияси ҳузуридаги Ахборот ва оммавий коммуникациялар агентлиги томонидан 2020 йил 6 июлда №1083-сон Гувоҳнома билан Оммавий ахборот воситаси давлат рўйхатидан ўтказилган.

“Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги” илмий журнали Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2021 йил 30 апрелдаги 296/5-сон қарори билан 01.00.00 – Физика-математика фанлари, 06.00.00 – Қишлоқ хўжалиги фанлари ва 11.00.00 – География фанлари бўйича диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрлар рўйхатига киритилган.

**Таъсисчи:** Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги

**Таҳририят манзили:** Ўзбекистон, 100052, Тошкент шаҳри, Юнусобод тумани, Бодомзор йўли 1-тор кўча, 72. Тел.: +998 71 235-87-59; e-mail: info@nigmi.uz

ISSN 2181-1261

© Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги, 2023

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

### Председатель редакционного совета:

Хабибуллаев Шерзод  
Хабибуллахужаевич

### Ответственный секретарь:

Рузиева Малохат Бахтиёровна

### Члены редакционного совета:

Тажиев Баходир Саъдуллаевич  
Алихонов Борий Ботирович  
Абдурахманов Иброхим Юлчиевич  
Хамраев Шавкат Рахимович  
Нишонов Бахриддин Эркинович

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### Главный редактор:

Холматжанов Бахтияр Махаматжанович,  
д.г.н., проф.

### Заместитель главного редактора:

Хикматов Фазлиддин,  
д.г.н., проф.

### Члены редакционной коллегии:

Абдурахимов Бахтиёр Файзиевич, д.ф.-м.н., проф. (Узбекистан); Аденбаев Бахтиёр Ембергенович, д.г.н., доц. (Узбекистан); Агзамов Файзулла Саидакбарович, к.э.н. (Узбекистан); Азизов Азамат Атакузиевич, к.х.н., доц. (Узбекистан); Азизова Раъно Гаффаровна, к.х.н., с.н.с. (Узбекистан); Арушанов Михаил Львович, д.г.н., проф. (Узбекистан); Ахмедова Тамара Абдурахимовна, к.т.н., с.н.с. (Узбекистан); Бабушкин Олег Леонидович, к.г.н., с.н.с. (Узбекистан); Верещагина Наталья Григорьевна, к.х.н. (Узбекистан); Гуния Гарри Сергеевич, д.г.н., проф. (Грузия); Гущина Дарья Юрьевна, д.г.н. (Россия); Дергачёва Ирина Викторовна, д.ф.г.н. (Узбекистан); Камалов Баходир Асамович, д.г.н., доц. (Узбекистан); Карандаева Лидия Михайловна, к.т.н., с.н.с. (Узбекистан); Мамаджанова Гавхар Ахматхоновна, д.ф.-м.н. (Узбекистан); Мурадов Шухрат Одилович, д.т.н., проф. (Узбекистан); Мягков Сергей Владимирович, д.т.н., с.н.с. (Узбекистан); Нишонов Мухтор Мадаминович, к.ф.-м.н., доц. (Узбекистан); Рахмонов Комилжон Раджабович, д.ф.г.н., доц. (Узбекистан); Рафиков Вахоб Асомович, д.г.н., проф. (Узбекистан); Тилляходжаева Зухраон Джахангировна, д.ф.г.н. (Узбекистан); Тлеумуратова Бибигуль Сарibaевна, д.ф.-м.н. (Узбекистан); Тургунов Данияр Маннапжанович, д.г.н., доц. (Узбекистан); Умаров Мухаммад Исмагуллаевич, к.с.х.н. (Узбекистан); Умирзаков Гуломжон Унгарбаевич, д.ф.с.-х.н. (Узбекистан); Холбаев Гулман Холбаевич, к.г.н., с.н.с. (Узбекистан); Фазылов Али Рахматджанович, д.т.н., доц. (Таджикистан); Фролова Наталья Леонидовна, д.г.н., проф. (Россия); Цинцадзе Тенгиз Нодарович, д.т.н., проф. (Грузия); Чембарисов Эльмир Исмаилович, д.г.н., проф. (Узбекистан); Чередниченко Александр Владимирович, д.г.н., проф. (Казахстан); Эгамбердиев Хамракул Турсункулович, д.г.н., проф. (Узбекистан); Юнусов Голиб Ходжаевич, д.г.н., доц. (Узбекистан); Якубов Мурод Адилевич, д.т.н., проф. (Узбекистан).

При использовании материалов, опубликованных в журнале, следует указать «взяты из научного журнала «Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды». Авторы несут ответственность за факты и информацию, представленные в статье. Редакция не берет на себя обязательство возвращения статей, не прошедших рецензирование.

Все материалы, размещенные в электронном варианте журнала, считаются опубликованными и являются объектами авторского права.

Научный журнал «Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды» зарегистрирован в Государственном реестре средств массовой информации Свидетельством №1083 Агентства информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан от 6 июля 2020 г.

Постановлением Президиума Высшей аттестационной комиссии Республики Узбекистан №296/5 от 30 апреля 2021 г. научный журнал «Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды» включен в перечень научных изданий для публикации основных научных результатов диссертаций по направлениям 01.00.00 – Физико-математические науки, 06.00.00 – Сельскохозяйственные науки и 11.00.00 – Географические науки.

**Учредитель:** Агенство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан.

**Адрес редакции:** Узбекистан, 100052, г. Ташкент, Юнусабадский район, ул. 1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел.: +998 71 235-87-59; e-mail: info@nigmi.uz

ISSN 2181-1261

© Агентство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, 2023

## EDITORIAL COUNCIL

### Chairman of the Editorial Council:

Sherzod Khabibullakhujaevich  
Khabibullaev

### Assistant Editor:

Ruzieva Malokhat Bakhtiyorovna

### Members of the Editorial Council:

Bakhodir Sadullaevich Tajiev  
Boriy Botirovich Alikhonov  
Ibrohim Yulchievich Abdurakhmanov  
Shavkat Rakhimovich Khamraev  
Bakhriddin Erkinovich Nishonov

## EDITORIAL BOARD

### Editor-in-Chief:

Bakhtiyar Makhmatjanovich Kholmatjanov,  
*D.Sc. in Geog., Prof.*

### Deputy Editor-in-Chief:

Fazliddin Khikmatov,  
*D.Sc. in Geog., Prof.*

### Members of the Editorial Board:

**Bakhtiyor Fayzievich Abdurakhimov**, *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Bakhtiyor Embergenovich Adenbaev**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Fayzulla Saydakbarovich Agzamov**, *Ph.D. in Econ. Sci. (Uzbekistan)*; **Azamat Atakuzievich Azizov**, *Ph.D. in Chem. Sci. (Uzbekistan)*; **Rano Gaffarovna Azizova**, *Ph.D. in Chem. Sci. (Uzbekistan)*; **Mikhail Lvovich Arushanov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Tamara Abdurakhimovna Akhmedova**, *Ph.D. in Tech. Sci. (Uzbekistan)*; **Oleg Leonidovich Babushkin**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Natalya Grigoryevna Vereshchagina**, *Ph.D. in Chem. Sci. (Uzbekistan)*; **Garry Sergeevich Gunia**, *D.Sc. in Geog. (Georgia)*; **Darya Yuryevna Gushchina**, *D.Sc. in Geog. (Russia)*; **Irina Viktorovna Dergacheva**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Bakhodir Asamovich Kamalov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Lidiya Mikhaylovna Karandaeva**, *Ph.D. in Tech. Sci. (Uzbekistan)*; **Gavkhar Akhmatkxonovna Mamadjanova**, *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Shukhrat Odilovich Muradov**, *D.Sc. in Tech. (Uzbekistan)*; **Sergey Vladimirovich Myagkov**, *D.Sc. in Tech. (Uzbekistan)*; **Mukhtor Madaminovich Nishonov**, *Ph.D. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Komiljon Radjabovich Rakhmonov**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Vakhob Asomovich Rafikov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Zukhrakhon Djakhangirovna Tillyakhodjaeva**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Bibigul Saribaevna Tleumuratova**, *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Daniyar Mannapjanovich Turgunov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Muxammad Ismatullayevich Umarov**, *Ph.D. in Agricult. Sci. (Uzbekistan)*; **Gulomjon Ungarbaevich Umirzakov**, *Ph.D. in Agri. Sci. (Uzbekistan)*; **Gulman Kholbaevich Kholbaev**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Ali Rakhmatjanovich Fazylov**, *D.Sc. in Tech. (Tajikistan)*; **Natalya Leonidovna Frolova**, *D.Sc. in Geog. (Russia)*; **Tengiz Nodarovich Tsintsadze**, *D.Sc. in Tech. (Georgia)*; **Elmir Ismailovich Chembarisov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Alexandr Vladimirovich Cherednichenko**, *D.Sc. in Geog. (Kazakhstan)*; **Khamrakul Tursunkulovich Egamberdiev**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Golib Khodjaevich Yunusov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Murod Adilovich Yakubov**, *D.Sc. in Tech. (Uzbekistan)*.

When using materials published in the journal, it should be noted that they are "taken from the Scientific journal "Hydrometeorology and Environmental Monitoring". The authors are responsible for the evidence and information presented in the article. The Editorial Board does not undertake obligation to return the articles that have not passed peer review.

All materials posted in the electronic form of the journal are considered as published and protected for copyright.

The Scientific journal "Hydrometeorology and Environmental Monitoring" is registered in the State Register of Mass Media by Certificate No. 1083 of the Agency of Information and Mass Communications under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan dated July 6, 2020.

By the Decree of the Presidium of Supreme Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan No. 296/5 dated April 30, 2021, the Scientific journal "Hydrometeorology and Environmental Monitoring" is included in the list of scientific publications for the publication of the main scientific results of dissertations in the areas 01.00.00 – Physical and mathematical sciences, 06.00.00 – Agricultural sciences and 11.00.00 – Geographical sciences.

**Founder:** Agency of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan.

**Editorial office address:** 72, 1<sup>st</sup> Bodomzor yuli str., Yunusobod district, Tashkent, 100052, Uzbekistan. Tel: +998 71 2358759; e-mail: info@nigmi.uz

ISSN 2181-1261

© Agency of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan, 2023

# МУНДАРИЖА

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

**Э.Ю. Рахимов, Б.Ю. Омонов, Б.М. Холматжанов, Ф.И. Абдиқулов, С.У. Бегматов, И.М. Махмудов**  
Ўзбекистонда NASA POWER ва ERA5 базалари ҳаво ҳарорати маълумотларидан фойдаланиш имкониятлари ..... 8

**Н.И. Рахматова, Л.Ю. Шардакова, Б.Э. Нишонов, В.С. Рахматова, Р.В. Таряникова, Б.М. Холматжанов, Д.А. Беликов**  
Ўзбекистон ҳудудида ҳозирги вақтда ва келажакда қурғоқчиликнинг частотаси ва жадаллигини кузатув маълумотлари ва CMIP5 сценарийларидан фойдаланиб SPEI индекси асосида таҳлили ..... 20

**М.Р. Қориев**  
Глобал иқлим ўзгариши шароитида Наманган вилоятининг ҳаво ҳароратидаги ўзгаришлар ..... 31

## ГИДРОЛОГИЯ

**Б.Ф. Ҳикматов, Б.Р. Рапиқов**  
Иқлим шароитининг сув омборларидан қуйи бьефларга ташланадиган сув сарфларининг максимал миқдорларига таъсири ..... 44

**Д.Ў. Ярашев, Б.Э. Нишонов, М.М. Абдурахманов**  
Оҳангарон ҳавзаси дарёлари оқимининг иқлимий омиллар таъсирида ўзгаришлари ..... 51

**Б.Ф. Ҳикматов, Б.Р. Рапиқов**  
Сув омборларининг шикастланган тўғонлари танасидаги ўйиқлардан оқиб чиқадиغان максимал сув сарфларини ҳисоблаш ..... 65

## АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

**М.А. Шарапова, Б.Э. Нишонов, И.А. Каримов**  
Тошкент шаҳри атмосфера ҳавоси сифатининг замонавий ўзгаришлари ..... 77

## ХОТИРА ВА ЮБИЛЕЙЛАР

Бахтиёр Шарафиддинович Кадиров – 70 ёшда! ..... 85

Галина Дмитриевна Староватова хотирасига (таваллудининг 75 йиллиги) бағишланади ..... 87

# СОДЕРЖАНИЕ

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

- Э.Ю. Рахимов, Б.Ю. Омонов, Б.М. Холматжанов, Ф.И. Абдикулов, С.У. Бегматов, И.М. Махмудов**  
Возможности использования данных температуры воздуха из баз NASA POWER и ERA5 в Узбекистане ..... 8
- Н.И. Рахматова, Л.Ю. Шардакова, Б.Э. Нишонов, В.С. Рахматова, Р.В. Таряникова, Б.М. Холматжанов, Д.А. Беликов**  
Анализ частоты и интенсивности текущих и долгосрочных засух на территории Узбекистана на основе индекса SPEI с использованием данных наблюдений и сценариев CMIP5 ..... 20
- М.Р. Кориев**  
Изменения температуры воздуха Наманганской области в условиях глобального изменения климата ..... 31

## ГИДРОЛОГИЯ

- Б.Ф. Хикматов, Б.Р. Рапиков**  
Влияние климатических условий на максимальные расходы воды, сбрасываемых в нижний бьеф водохранилищ ..... 44
- Д.У. Ярашев, Б.Э. Нишонов, М.М. Абдурахманов**  
Изменения стока рек бассейна Ахангарана под влиянием климатических факторов ..... 51
- Б.Ф. Хикматов, Б.Р. Рапиков**  
Расчёт максимальных расходов воды, протекающих через проран на теле повреждённых плотин водохранилищ ..... 65

## МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- М.А. Шарапова, Б.Э. Нишонов, И.А. Каримов**  
Современные изменения качества атмосферного воздуха в г. Ташкент ..... 77

## ХРОНИКА И ЮБИЛЕИ

- Кадирову Бахтиёр Шарафиддиновичу – 70 лет! ..... 85
- Памяти Староватовой Галины Дмитриевны (к 75-летию со дня рождения) ..... 87

## CONTENTS

## METEOROLOGY

<b>E.Yu. Rakhimov, B.Yu. Omonov, B.M. Kholmatjanov, F.I. Abdikulov, S.U. Begmatov, I.M. Makhmudov</b> Possibilities of using air temperature data from NASA POWER and ERA5 bases in Uzbekistan .....	8
<b>N.I. Rakhmatova, L.Yu. Shardakova, B.E. Nishonov, V.S. Rakhmatova, R.V. Taryannikova, B.M. Kholmatjanov, D.A. Belikov</b> Analysis of the frequency and intensity of current and long-term droughts in Uzbekistan based on the SPEI index using observational data and CMIP5 scenarios .....	20
<b>M.R. Koriyev</b> Changes in the air temperature of Namangan province in the conditions of global climate change .....	31

## HYDROLOGY

<b>B.F. Khikmatov, B.R. Rapikov</b> Influence of climatic conditions on the maximum flows of water discharged into the lower water reservoir .....	44
<b>D.U. Yarashev, B.E. Nishonov, M.M. Abdurakhmanov</b> Changes in the flow of the rivers of the Ahangaran basin under the influence of climatic factors .....	51
<b>B.F. Khikmatov, B.R. Rapikov</b> Calculation of maximum water flows flowing through the opening on the body of damaged reservoir dams .....	65

## ENVIRONMENTAL MONITORING

<b>M.A. Sharapova, B.E. Nishonov, I.A. Karimov</b> Current changes in atmospheric air quality in Tashkent city .....	77
---	----

## CHRONICLE AND ANNIVERSARIES

Bakhtiyor Sharafiddinovich Kadirov is 70 Years Old! .....	85
In memory of Galina Dmitrievna Starovatova (to the 75 <sup>th</sup> birthday anniversary) ....	87

**МЕТЕОРОЛОГИЯ / METEOROLOGY**

УДК: 551.524:575.1

**ЎЗБЕКИСТОНДА NASA POWER ВА ERA5 БАЗАЛАРИ ҲАВО ҲАРОРАТИ  
МАЪЛУМОТЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ ИМКОНИЯТЛАРИ****Э.Ю. РАХИМОВ<sup>1</sup>, Б.Ю. ОМОНОВ<sup>1\*</sup>, Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ<sup>2,3</sup>,  
Ф.И. АБДИҚУЛОВ<sup>1,2</sup>, С.У. БЕГМАТОВ<sup>3</sup>, И.М. МАХМУДОВ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Қайта тикланувчи энергия манбалари миллий илмий-тадқиқот институти,  
eyurakhimov@gmail.com, bahrom77774444@gmail.com

<sup>2</sup> Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, b.xolmatjanov@nuu.uz,  
abdikulov707@mail.ru

<sup>3</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти

**Аннотация.** Мақолада 2000-2022 йиллар даври учун Ўзбекистон Республикаси ҳудуди бўйича NASA POWER ва ERA5 маълумотлар базаларидан олинган ҳаво ҳарорати қийматларини Ўзбекистондаги 77 та метеорология станцияларида олиб борилган ҳаво ҳароратининг муддатли кузатув маълумотлари билан қиёслаш (верификация) натижалари таҳлил қилинган. Кузатиш пункти баландлигининг верификация натижаларига таъсирини аниқлаш мақсадида метеорология станциялари денгиз сатҳига нисбатан баландлиги бўйича 4 гуруҳ ( $h < 500$  м,  $500 \text{ м} < h < 1000$  м,  $h < 1000$  м ва  $h > 1000$  м)га ажратилган. Тадқиқот натижасида  $h < 500$  м ва  $h < 1000$  м бўлган ҳудудларда ERA5 базаси маълумотлари NASA POWER маълумотларига нисбатан ер усти кузатувлари маълумотларига яқинроқ экани аниқланди. Баландлиги 500 м дан past бўлган ҳудудларда ERA5 базаси бўйича муддатли, кунлик ва ойлик ҳаво ҳарорати маълумотлари ва ер усти кузатув маълумотлари орасидаги нисбий хатолик 1,44-4,55%, 1000 м гача баландликдаги станциялар учун ERA5 базаси муддатли ҳаво ҳарорати қийматларининг нисбий хатолиги 4,0-5,0%, кунлик ва ойлик ўртача, максимал ва минимал қийматларнинг нисбий хатоликлари 0,47-5,55% оралигидаги қийматларни ташиқил этади. Ойлик ҳарорат қийматлари бўйича 500 м ва 1000 м баландликлар оралигида жойлаган (2-гуруҳ) станцияларда энг яхши мувофиқлик (нисбий хатолик 0,47-1,02%) аниқланди. Бироқ, бу баландлик гуруҳидаги станциялар учун кунлик ҳарорат қийматларининг хатоликлари 10,94-24,73% гача ортади. Баландлиги 1000 м дан юқори бўлган метеорология станцияларида ҳар икки маълумотлар базалари ер усти маълумотларига нисбатан бир-бирига яқин бўлган катта хатоликларга эга.

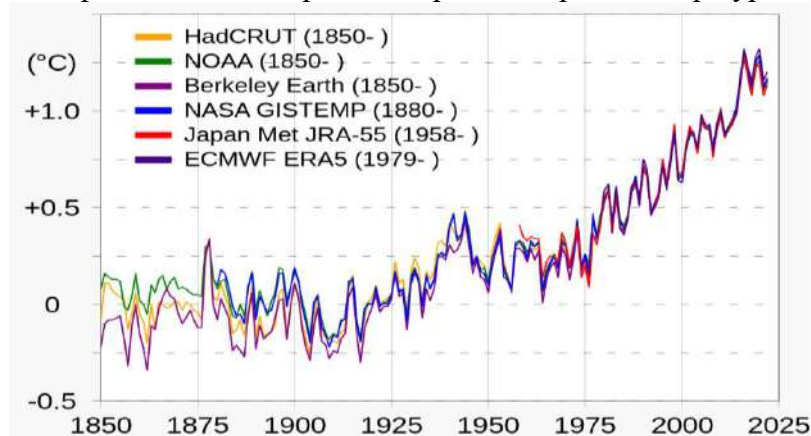
Олинган натижалар асосида Ўзбекистон ҳудудида ҳаво ҳарорати режимини тадқиқ этишида 1000 м гача баландликлар учун ERA5 реанализ маълумотларидан фойдаланишни тавсия этиши мумкин. 1000 м дан юқорида жойлашган ҳудудлар учун реанализ маълумотлари умумий ўзгариш тамойилларини акс эттириб, улардан фойдаланишда олинган таҳлил натижаларига тузатмалар киритиш талаб қилинади.

**Калит сўзлар:** ҳаво ҳарорати, NASA POWER, ERA5, метеорология станцияси, реанализ, верификация.

**Кириш.** Сайёрамизда глобал миқёсда ҳароратнинг кўтарилиши ва унинг оқибатлари сифатида муайян минтақаларда аномал иссиқ ва совуқ тўлқинлари, кучли шамоллар, жадал ёғингарчилик, сел тошқинлари, курғоқчилик, ўрмон ёнғинлари ва бошқа хавфли гидрометеорологик ҳодисалар такрорланувчанлиги ва жадаллигидаги ўзгаришлар билан ифодаланувчи иқлим ўзгариши давом этмоқда. АҚШ Миллий аэронавтика ва

\* Масъул муаллиф: bahrom77774444@gmail.com, тел.: +998 97 704-27-12

космос администрацияси Годдард космик тадқиқотлар институтининг (NASA GISS) таҳлилий маълумотларига биноан, 1850 йилдан ҳозирги вақтга қадар ўртача глобал ҳарорат  $1,5^{\circ}\text{C}$  атрофида кўтарилган (1-расм) [National ..., Disputes ...]. Иқлим ўзгариши қишлоқ ва сув хўжалиги, энергетика, транспорт, қурилиш, соғлиқни сақлаш, туризм ва бошқа кўплаб инсон фаолияти соҳаларига тобора сезиларли таъсир кўрсатмоқда.



1-расм. Глобал ўртача ҳароратнинг ўзгариши [Disputes ...]

Рис. 1. Изменение средней глобальной температуры [Disputes ...]

Fig. 1. Global average temperature change [Disputes ...]

Жой иқлимини тавсифлашда ҳаво ҳарорати маълумотлари асосий иқлимий кўрсаткичлардан бири ҳисобланади. Кўплаб илмий ва амалий масалаларни ечишда ҳаво ҳарорати режими маълумотларидан кенг фойдаланилади. Масалан, қуёш фотоэлектрик станцияларининг энергия ишлаб чиқариш имкониятларини тўлиқ баҳолаш учун биргина Қуёш радиацияси маълумотлари етарли эмас. Ҳаво намлиги, шамол тезлиги, ҳаводаги чанг микдори каби иқлимий кўрсаткичлар билан бир қаторда ҳаво ҳароратининг кун давомидаги соатлик ўзгарувчанлигини ҳисобга олиш кенг кўламли энергетик объектлар қурилишларида бутун тизимни баҳолашнинг аниқлиги ва ишончилигини оширади, фотоэлектрик станцияларнинг иш режимини бошқариш, мониторинг қилиш ҳамда прогнозлаш имконини беради [Avezova et al., 2018].

М.Л. Арушановнинг маълумотларига кўра, Ўзбекистонда 82 та метеорология станцияларидан ташкил топган кузатув тармоғининг зичлиги  $6000 \text{ км}^2$  майдонга 1 та метеостанцияни ташкил этиб, Жаҳон метеорология ташкилотининг талабларидан деярли 2 марта кам. Ушбу талабларга жавоб бериш учун Ўзбекистон ҳудудида метеостанциялар сони 144 дан кам бўлмаслиги керак. Бироқ, метеорологик кузатув тармоғининг информативлиги нафақат тармоқ зичлиги, балки кузатув пунктларининг ўзаро жойлашувига ҳам боғлиқ [Арушанов, 2021]. Ҳозирги вақтга келиб, Ўзбекистон ҳудудида ер усти кузатувлари 100 дан ортиқ метеорология станцияларида олиб борилмоқда. Шунга қарамай, мамлакатимиз ғарби (Устюрт платоси) ҳамда Қизилқум чўли ҳудудларида, айниқса, унинг шимолида кузатув тармоғининг зичлиги ўта пастлигича қолмоқда. Бундай ҳолатда мавжуд кузатув тармоғи метеорологик катталикларнинг вақт ва ҳудуддаги аниқ тақсимотини ҳосил қилиш имконини бермайди [Rakhmatova et al., 2021].

Кузатув маълумотлари етишмовчилиги билан боғлиқ муаммони ҳал қилишнинг усулларидан бири – метеорологик майдонлар қайта таҳлили, яъни реанализ маълумотларидан фойдаланиш ҳисобланади. Реанализ глобал атмосфера моделларининг ҳисоблаш натижалари бўлиб, реанализ жараёнида метеорологик кузатув маълумотларини

мунтазам ўзлаштириш ва маълумотлар етишмайдиغان ҳудудларда мунтазам глобал тўр тугунларида атмосфера параметрларини интерполяциялаш орқали ҳосил қилинади [Dee et al., 2011; Hersbach et al., 2020; Rakhmatova et al., 2021]. Кузатиш тармоғи сийрак ёки мураккаб рельеф шаклларига эга ҳудудларда реанализ натижалари катта хатоликларга эга бўлиши мумкин [Decker et al., 2012; Lindsay et al., 2014; Luo et al., 2019; Martins et al., 2017; Rakhmatova et al., 2021]. Таъкидлаш жоизки, бу усул ўзбекистонлик ва хориж олимлари томонидан илмий тадқиқотларда самарали фойдаланиб келинмоқда [Арушанов, Вдовенко, 2022; Hu et al., 2014; Raximov, Fazilova, 2020; Rakhmatova et al., 2021].

Юқорида баён қилинган ҳолатларни эътиборга олиб, мазкур тадқиқотнинг **мақсади** Ўзбекистон ҳудуди учун АҚШ Миллий аэронавтика ва космос агентлигининг Жаҳон энергия ресурсларини прогнозлаш NASA POWER [NASA ...] ва Европа ўрта муддатли об-ҳаво прогнозлари марказининг (ECMWF) ERA5 [Welcome ...] базаларидан олинган ҳаво ҳарорати маълумотларидан фойдаланиш имкониятларини баҳолашдан иборат. NASA POWER, ERA5 ва ер усти кузатув маълумотларини статистик усуллар ёрдамида верификациялаш ҳамда уларнинг мослигини баҳолаш тадқиқот ишининг **вазифаси** ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг объекти ва предмети.** Ўзбекистон Республикаси ҳудуди ишнинг объектини, баландлик минтақалари бўйича Ўзбекистон учун ҳаво ҳароратининг NASA POWER, ERA5 ва ер усти кузатув маълумотлари орасидаги мосликни аниқлаш масаласи ишнинг предметини ташкил этади.

**Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари.** Тадқиқот ишини бажаришда Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги (Ўзгидромет) фондида сақланаётган ТМ-1 жадвалларидан 2000-2022 йиллар даври учун 77 та метеорология станциялари (1-жадвал) бўйича ҳамда NASA POWER ва ERA5 базалари муддатли ҳаво ҳарорати маълумотларидан фойдаланилди.

Ҳаво ҳарорати бўйича NASA POWER ва ERA5 базалари ҳамда ер усти кузатувлари маълумотларининг муддатли (ўртача), кунлик ва ойлик (ўртача, максимал ва минимал) қийматларини верификациялашда қуйидаги ўртача хатоликлар (ўртача мутлақ, ўртача нисбий ва ўртача квадратик) ва регрессион хатолик  $R_{adj}^2$  қўлланилди.

1. Ўртача абсолют хатолик (MAE). Бу кўрсаткич икки қаторнинг мос элементлари орасидаги мутлақ фарқларнинг ўртача қийматини ифодалаб ( $^{\circ}\text{C}$ ), қуйидагича аниқланади:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - x_i|, \quad (1)$$

бу ерда:  $y_i$  – реанализ маълумотлари,  $x_i$  – ер усти кузатувлари маълумотлари,  $n$  – қатордаги элементлар сони.

2. Ўртача нисбий хатолик (MRE). У икки қаторнинг мос элементлари орасидаги нисбий фарқларнинг ўртача қийматини ифодалайди (%) ва қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$MRE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - x_i}{x_i} \right|. \quad (2)$$

3. Ўртача квадратик хатолик (RMSE). RMSE икки қаторнинг мос элементлари орасидаги ўртача квадратик фарқларнинг квадрат илдизини ифодалайди ( $^{\circ}\text{C}$ ) ва қуйидагича аниқланади:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}. \quad (3)$$

1-жадвал

Тадқиқотда фойдаланилган Ўзгидромет метеорология станциялари

Таблица 1

Использованные в исследовании метеорологические станции Узгидромета

Table 1

Uzgidromet's meteorological stations used in the research

№	Метеорология станцияси	Координаталар		Денгиз сатҳига нисбаган баландлик, м	№	Метеорология станцияси	Координаталар		Денгиз сатҳига нисбаган баландлик, м
		кеңлик, °N	узунлик, °E				кеңлик, °N	узунлик, °E	
1	Андижон	40,7166	72,2833	476	40	Қорақалпоғистон	44,8500	56,333	126
2	Қўрғонтепа	40,6833	71,9333	433	41	Қўнғирот	43,0830	58,933	64
3	Бўз	40,8024	71,5998	397	42	Мўйноқ	43,7830	59,031	55
4	Бухоро	39,7666	64,4833	225	43	Тахياتош	42,3330	59,583	77
5	Жонкелди	40,8500	63,3333	208	44	Чимбой	42,9500	59,817	66
6	Қорақўл	39,5000	63,8500	196	45	Нукус	42,4833	59,616	75
7	Оёқогитма	40,6833	64,4833	219	46	Актумсук	45,1333	58,3000	182
8	Қўқон	40,5500	70,9500	405	47	Бўстон	41,8475	60,9100	76
9	Қува	40,5666	72,0066	469	48	Тахтақўпир	43,0199	60,3026	90
10	Фарғона	40,3666	71,7500	577	49	Дахбет	39,7500	66,9170	646
11	Сариканда	39,9530	71,1248	1200	50	Самарқанд	39,6300	66,9500	724
12	Шохимардон	40,3000	71,9433	831	51	Сирдарё	40,8170	68,6830	264
13	Бахмал	39,9333	67,4333	744	52	Янгиер	40,2830	68,8330	317
14	Ғаллаорол	40,0333	67,5833	571	53	Бойсун	38,2000	67,1830	1220
15	Жиззах	40,0116	67,8333	345	54	Денов	38,2670	67,9000	520
16	Дўстлик	40,4166	67,1833	520	55	Термиз	37,2830	67,3000	312
17	Арнасой	40,8333	67,6666	250	56	Шеробод	37,6670	67,0170	410
18	Лалмикор	39,9167	67,4500	744	57	Шўрчи	38,0000	67,8000	446
19	Янгикишлоқ	39,7166	68,0016	1308	58	Сариосиё	38,4199	67,9488	558
20	Наманган	40,9833	71,5833	476	59	Тошкент	41,3570	69,3180	486
21	Поп	40,8833	71,0116	442	60	Олмалик	40,8500	69,6000	567
22	Оқбайтал	43,1500	64,3333	233	61	Ангрен	41,0170	70,1330	940
23	Бўзаубай	41,7500	62,4666	98	62	Бекобод	40,2000	69,2670	303
24	Мошиқудуқ	41,0050	65,2833	200	63	Дукант	41,0150	70,0670	2020
25	Навой	40,1164	65,1674	346	64	Бошқизилсой	41,1000	70,5000	2145
26	Учкудуқ	42,1540	63,5560	210	65	Ойгаинг	42,1670	70,8830	2107
27	Нурота	40,5500	65,6833	485	66	Писком	41,9000	70,3670	1214
28	Томди	41,7333	64,6166	238	67	Туябўғиз	40,9330	69,4000	404
29	Сентоб-Нурота	40,1164	65,1674	346	68	Чимён	41,3330	70,0160	1800
30	Окработ	38,8666	66,1666	1579	69	Далварзин	40,4000	69,2780	290
31	Ғузур	38,6166	66,2666	524	70	Кўқорол	40,6420	69,2190	337
32	Дехқонобод	38,3500	66,5000	853	71	Сўқоқ	41,2467	69,8026	969
33	Қарши	38,8102	65,7743	377	72	Янгийўл	41,0167	69,0050	344
34	Мингчукур	38,6500	66,9333	2077	73	Қамчиқ	41,0100	70,0500	2145
35	Муборак	39,2734	65,1460	286	74	Гурлан	41,8490	60,399	90
36	Кўл	39,1000	67,5167	2161	75	Хива	41,4000	60,383	97
37	Чимқўрғон	38,8364	65,3748	466	76	Урганч	41,5830	60,633	98
38	Шаҳрисабз	39,0066	66,8333	628	77	Туямўйин	41,2167	61,3364	117
39	Жаслик	43,8833	57,5166	128					

4. Тузатилган детерминация коэффиценти. Бу кўрсаткич турли сонли регрессорлар (омиллар)га эга моделларни қиёслашда регрессорлар сонининг  $R^2$  статистикасига таъсирини бартараф этиш учун қўлланилади:

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{n - \rho - 1}, \quad (4)$$

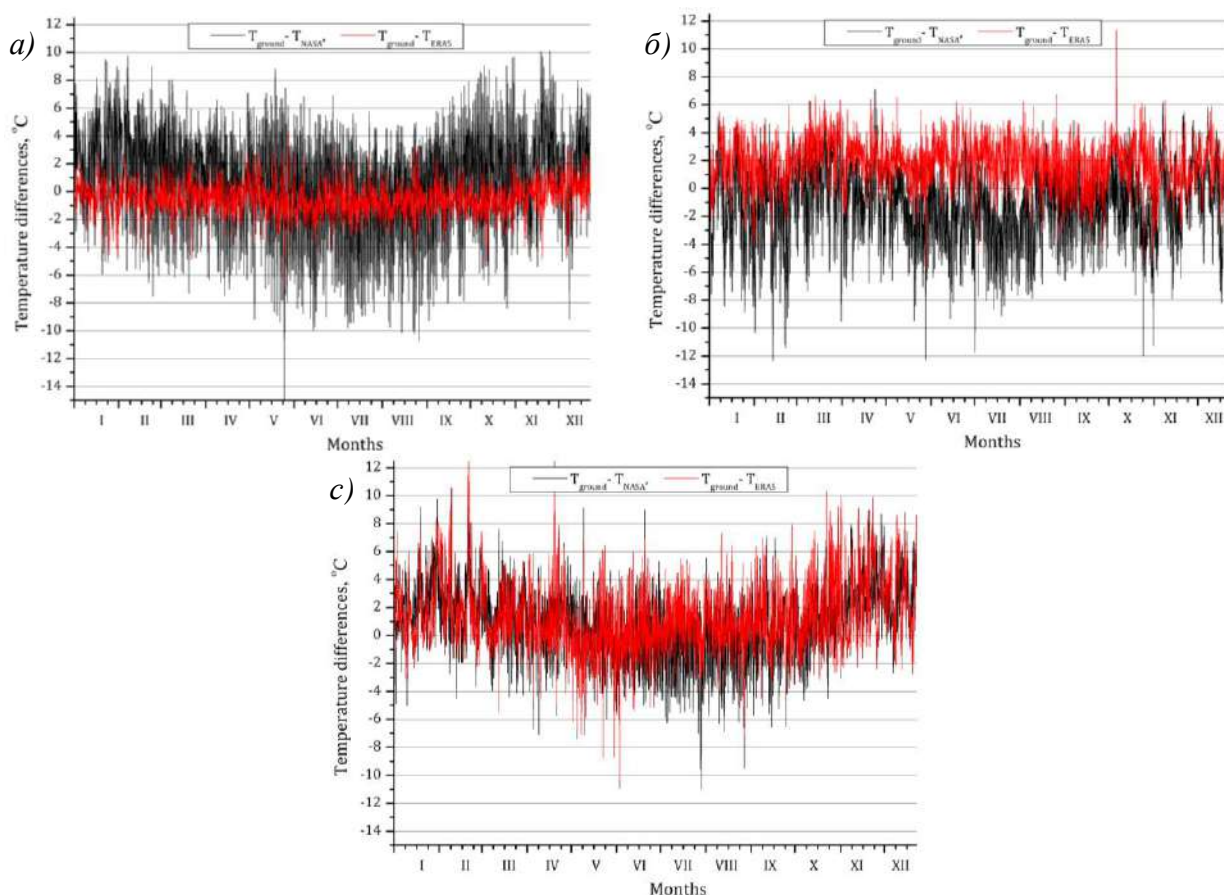
бу ерда:  $R = r_{xy}^2$  – детерминация коэффиценти,  $r_{xy}$  – Пирсон коэффиценти,  $\rho$  – мустақил регрессорлар сони.

Кузатиш пункти баландлигининг верификация натижаларига таъсирини аниқлаш мақсадида метеорология станциялари денгиз сатҳига нисбатан баландлиги ( $h$ ) бўйича қуйидаги 4 гуруҳга ажратилди: 1)  $h < 500$  м; 2)  $500 \text{ м} < h < 1000$  м; 3)  $h < 1000$  м; 4)  $h > 1000$  м.

**Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** NASA POWER ва ERA5 базаларидан олинган муддатли ҳаво ҳарорати маълумотлари ва ҳаво ҳароратининг ер усти кузатувлари орасидаги фарқларни аниқлаш мақсадида дастлаб реанализ маълумотлари қаторларидан 3 соат ораликли ер усти кузатувларига мос келувчи 8 та муддат учун маълумотлар ажратиб олинди. Мисол тариқасида 2-расмда денгиз сатҳига нисбатан баландлиги бўйича 1-, 2- ва 4-гуруҳларга кирувчи Бухоро ( $h=225$  м), Фарғона ( $h=577$  м) ва Чимён ( $h=1800$  м) метеорология станциялари учун 2020 йилги реанализ (NASA POWER ва ERA5) ва ер усти кузатув маълумотлари орасидаги фарқлар графиклари келтирилган. Графикда келтирилган маълумотлардан ҳар икки реанализ базалари ва ер усти кузатув маълумотлари орасида муайян фарқлар мавжуд эканлиги яққол кўриниб турибди.

Ажратиб олинган муддатли маълумотлар асосида ҳаво ҳароратининг муддатли, кунлик ва ойлик ўртача қийматлари ҳисобланди ҳамда кунлик ва ойлик максимал ва минимал қийматлари аниқланди. NASA POWER, ERA5 ва ер усти кузатувлари маълумотларини муддатли (ўртача), кунлик ва ойлик (ўртача, максимал ва минимал) қийматлар бўйича верификациялаш мақсадида турли баландлик минтақаларида жойлашган станциялар учун боғланишларнинг зичлиги статистик усуллар ёрдамида баҳоланди. Мисол тариқасида, 2- ва 4-баландлик гуруҳларига кирувчи станциялар учун ойлик қийматлар орасидаги боғланишлар баҳоланмалари ва регрессия тенгламалари 3- ва 4-расмларда, барча баландлик гуруҳлари учун верификациялаш натижалари эса 2-жадвалда келтирилган. Реанализ ва ер усти кузатув маълумотлари орасидаги боғланишлар зичлигига баландлик ортисининг таъсири расмларда келтирилган маълумотлардан яққол кўриниб турибди (3- ва 4-расмлар).

NASA POWER ва ер усти кузатув ўртачаланган муддатли маълумотлари мослигини қиёслаш натижалари 1- ( $h < 500$  м) ва 2- ( $500 \text{ м} < h < 1000$  м) баландлик гуруҳларида жойлашган пунктлар учун RMSE (3,79°C ва 3,85°C), MAE (3,02°C ва 3,08°C), MRE (14,33% ва 14,83%) ва  $R_{adj}^2$  (бир хил – 0,91) кўрсаткичлари бўйича ўзаро яқин қийматларни ташкил этди. 1- ва 2-баландлик гуруҳларини бирлаштирувчи 3- ( $h < 1000$  м) ҳамда 4- ( $h > 1000$  м) баландлик гуруҳларида жойлашган станциялар учун ўзаро мослик камайиб боради. Масалан, 3-гуруҳ станциялари учун MRE = 16,22% ва  $R_{adj}^2 = 0,88$  бўлса, денгиз сатҳига нисбатан 1000 м дан юқори, яъни тоғларда жойлашган кузатув пунктлари учун бу кўрсаткичлар мос равишда 25,15% ва 0,83 га тенг бўлди. 1-3-баландлик гуруҳлари учун муддатли ERA5 маълумотларини верификациялаш натижасида MRE = 4,14% ÷ 5,24%,  $R_{adj}^2 = 0,96$  ÷ 0,97 диапазонларидаги қийматларни қабул қилиши маълум бўлди. Бирок, тоғ станцияларида (4-баландлик гуруҳи) мослик даражаси сезиларли пасайиб, MRE = 21,52%,  $R_{adj}^2 = 0,84$  ни ташкил этади (2-жадвал).



**2-расм. NASA POWER (қора) ва ERA5 (қизил) базалари ҳамда ер усти ҳаво ҳарорати кузатув маълумотлари орасидаги фарқ (°C), 2020 й.**

*a) Бухоро ( $h < 500$  м), б) Фарғона ( $500 \text{ м} < h < 1000$  м), c) Чимён ( $h > 1000$  м)*

**Рис. 2. Разница (°C) между данными баз NASA POWER (черный) и ERA5 (красный) и наземными наблюдениями за температурой воздуха, 2020 г.**

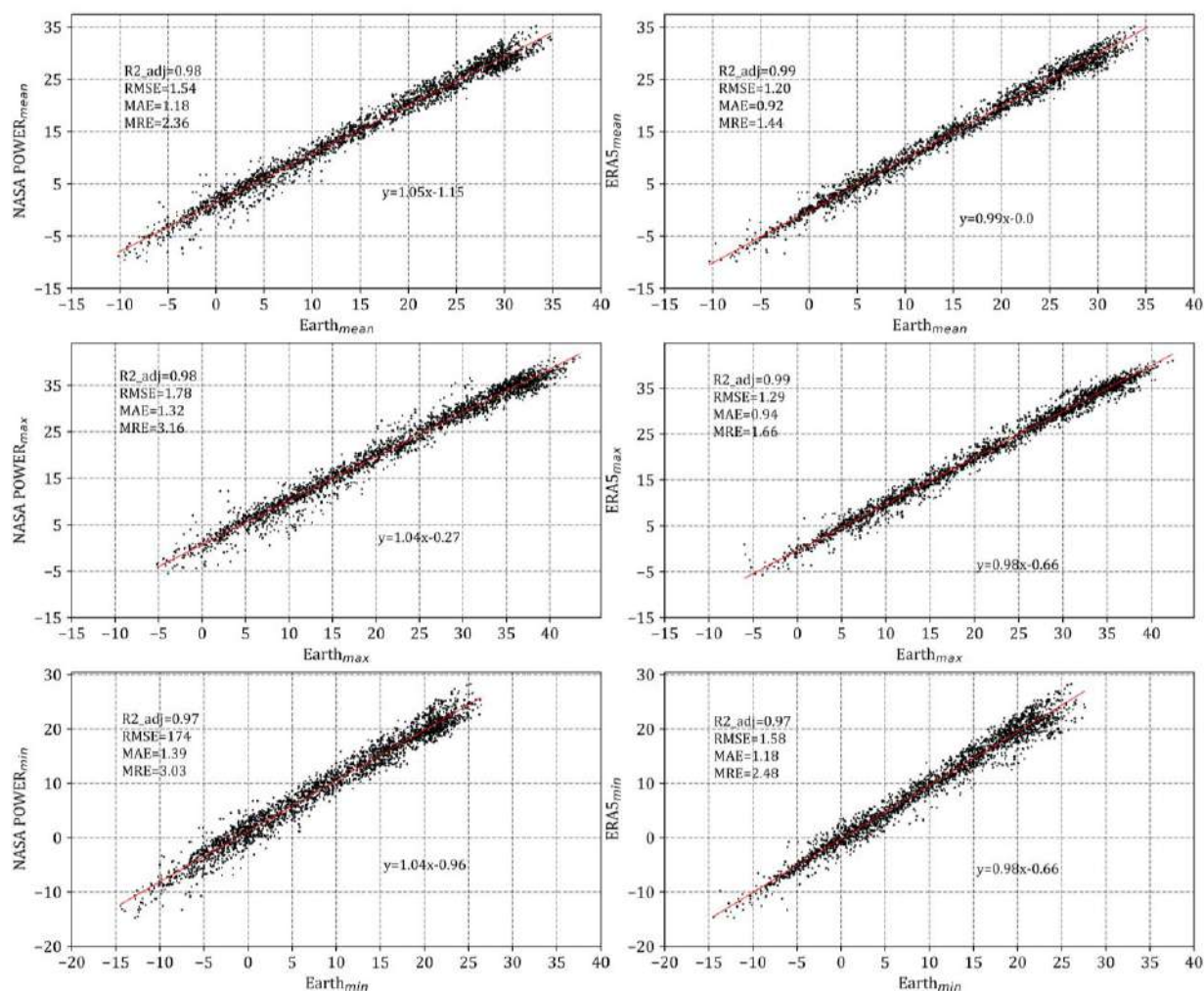
*a) Бухара ( $h < 500$  м), б) Фергана ( $500 \text{ м} < h < 1000$  м), в) Чимган ( $h > 1000$  м)*

**Fig. 2. Difference (°C) between NASA POWER (black) and ERA5 (red) data and ground-based air temperature observations, 2020**

*a) Bukhara ( $h < 500$  m), b) Fergana ( $500 \text{ m} < h < 1000$  m), c) Chimgan ( $h > 1000$  m)*

Кунлик ўртача ҳарорат қийматларини баландлик минтақалари бўйича верификациялаш натижалари 500 м гача баландликларда (1-гурӯх) NASA POWER маълумотларида  $RMSE = 2,15^\circ\text{C}$ ,  $MAE = 1,65^\circ\text{C}$ ,  $MRE = 4,60\%$  ва  $R_{adj}^2 = 0,97$ , ERA5 маълумотларида эса мос равишда  $1,48^\circ\text{C}$ ,  $1,12^\circ\text{C}$ ,  $2,18\%$  ва  $0,98$  эканлигини кўрсатди. 3-баландлик гуруҳида қийматлар фарқи 1-гурӯх қийматларига яқин, 2-гурӯх станциялари учун NASA POWER маълумотларининг фарқи 1- ва 3-гурӯх станциялари учун аниқланган фарқлардан бироз каттароқ бўлса, ERA5 маълумотларининг фарқи сезиларли катта қийматларни ташкил этди. 1000 м дан юқорида жойлашган станцияларда фарқлар сезиларли бўлиб,  $MRE = 19,01\%$ ,  $R_{adj}^2 = 0,85$  (NASA POWER) ва  $MRE = 0,44\%$ ,  $R_{adj}^2 = 0,87$  (ERA5) ни ташкил этди. 1-3-баландлик минтақалари учун ҳар икки базалар бўйича максимал ва минимал ҳароратлар верификацияси натижалари ҳароратнинг ўртача

қийматлари фарқларидан сезиларли юқори қийматларни ташкил этди. 1000 м дан юқорида жойлашган станцияларда эса кунлик ўртача, максимал ва минимал ҳароратлар мослигидаги нисбий хатолик 15,05% дан 33,12% гача оралиқдаги қийматларга тенг бўлди (2-жадвал).

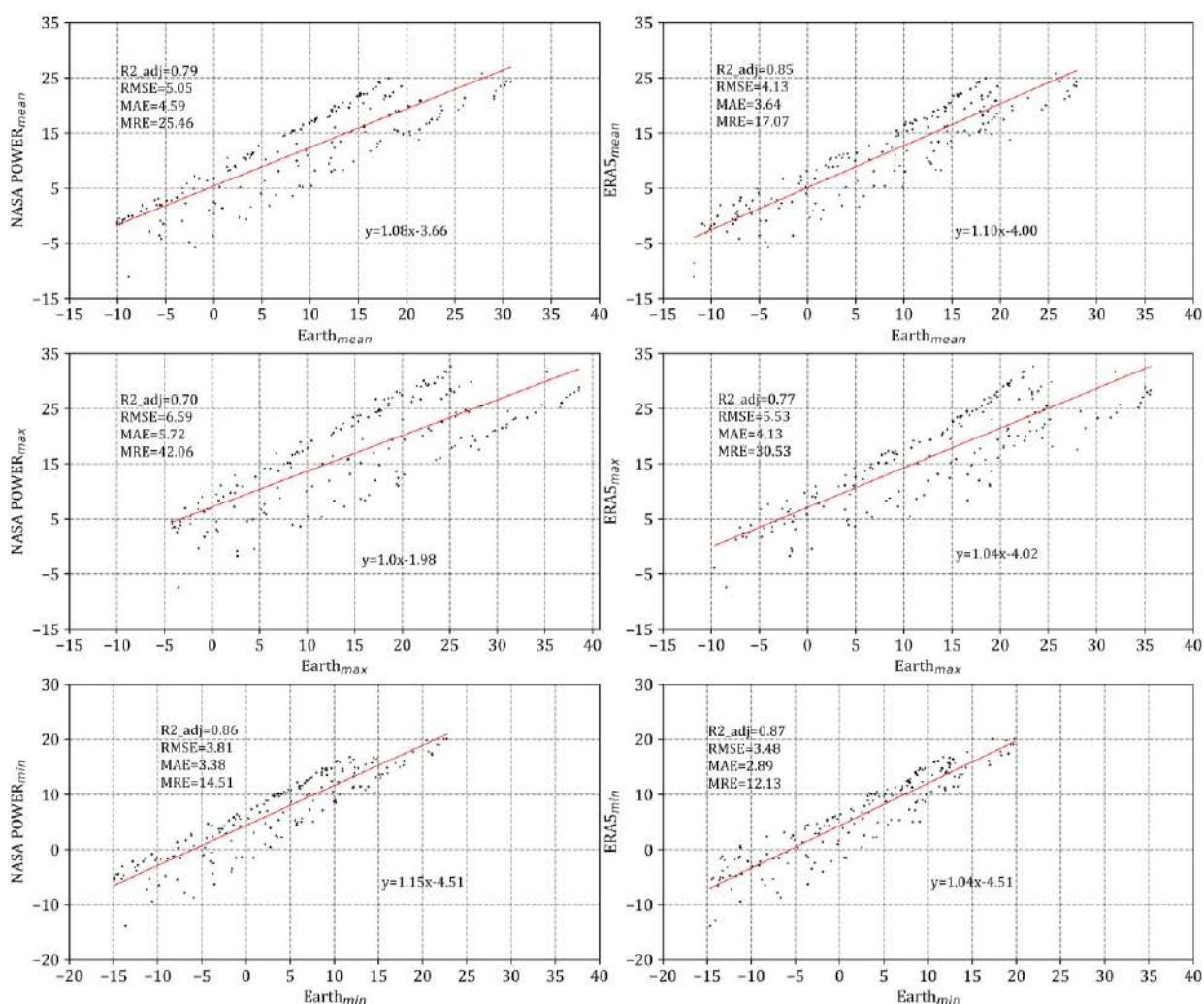


3-расм. NASA POWER, ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича ойлик ҳаво ҳарорати маълумотларини қиёслаш графиклари ( $h < 500$  м)

Рис. 3. Графики сравнения месячных данных о температуре воздуха из NASA POWER, ERA5 и наземных наблюдений ( $h < 500$  м)

Fig. 3. Comparison graphs of monthly air temperature data from NASA POWER, ERA5 and surface observations ( $h < 500$  m)

Ойлик ҳаво ҳарорати маълумотларини верификациялаш натижалари 1-3-балаңдик гуруҳига кирувчи станцияларда муддатли ва кунлик қиёслаш натижаларига нисбатан яхшироқ мувофиқликни кўрсатди. Энг юқори мувофиқлик 2-балаңдик гуруҳи станциялари учун ERA5 маълумотларида аниқланиб, MRE 0,47%÷1,02%,  $R^2_{adj}$  0,98÷0,99 диапазо니다ги қийматларни ташкил этди. Бирок, 1000 м дан юқорида жойлашган станциялар учун хатоликлар ҳар икки база учун ҳам хос бўлиб, нисбий хатоликлар 12,13% дан 42,06% гача оралиқдаги қийматларни ташкил этди (2-жадвал).



4-расм. NASA POWER, ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича ойлик ҳаво ҳарорати маълумотларини қиёслаш графиклари ( $h > 1000$  м)

Рис. 4. Графики сравнения месячных данных о температуре воздуха из NASA POWER, ERA5 и наземных наблюдений ( $h > 1000$  м)

Fig. 4. Comparison graphs of monthly air temperature data from NASA POWER, ERA5 and surface observations ( $h > 1000$  m)

Шундай қилиб, ҳаво ҳарорати бўйича ERA5 реанализ маълумотларининг ер усти кузатув маълумотларига мувофиқлиги NASA POWER реанализ маълумотларига нисбатан яхшироқ эканлиги маълум бўлди. Бироқ, NASA POWER маълумотларида бўлгани каби, баландликнинг ортиши билан ERA5 маълумотларининг хатоликлари ҳам сезиларли ортиб боради.

Н. Рахматова ва ҳаммуаллифлар [Rakhmatova et al., 2021] томонидан бажарилган тадқиқот ишида реанализ ва ер усти кузатувлари орасидаги мувофиқлик ҳаво ҳароратининг фақатгина ойлик қийматлари асосида таҳлил қилинган. Улардан фарқли равишда мазкур тадқиқотда мувофиқлик кўрсаткичлари баландлик минтақалари ҳамда муддатли ва кунлик маълумотлар учун ҳам бажарилганлиги билан ажралиб туради.

NASA POWER, ERA5 ва ер усти қузатувлари бўйича мўддатли, кунлик ва ойлик ҳаво ҳарорати маълумотларини верификациялаш натижалари (2000-2022 йй.)

Таблица 2

Результаты верификации срочных, суточных и месячных данных о температуре воздуха NASA POWER, ERA5 и наземных наблюдений (2000-2022 гг.)

Table 2 Results of verification of hourly, daily and monthly air temperature data from NASA POWER, ERA5 and ground-based observations (2000-2022)

		NASA POWER ва ер усти қузатувлари						ERA5 ва ер усти қузатувлари						
h		a	b	RSME, °C	MAE, °C	MRE, %	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	a	b	RSME, °C	MAE, °C	MRE, %	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	
Мўддатли	1	1,01	0,00	3,79	3,02	14,33	0,91	0,98	1,00	2,03	1,51	4,14	0,97	
	2	1,00	0,00	3,85	3,08	14,83	0,91	0,97	0,00	2,29	1,73	5,24	0,96	
	3	0,99	-1,00	4,03	3,27	16,22	0,88	0,93	-1,00	2,23	1,68	4,99	0,96	
	4	1,04	-1,00	5,02	3,97	25,15	0,83	1,01	-1,00	4,64	3,71	21,52	0,84	
Кунлик	1	ўртача	1,04	-0,81	2,15	1,65	4,60	0,97	0,99	-1,00	1,48	1,12	2,18	0,98
		максимал	1,01	-0,56	2,69	1,98	7,23	0,96	0,98	0,74	1,71	1,22	2,93	0,98
	2	минимал	1,01	0,32	2,84	2,24	8,08	0,93	0,97	0,58	2,13	1,60	4,55	0,96
		ўртача	1,02	-1,40	2,83	2,23	14,41	0,92	0,94	-1,00	2,51	2,08	13,57	0,94
	3	максимал	0,97	-1,28	3,22	2,51	11,82	0,92	0,93	-0,39	2,78	2,31	10,94	0,94
		минимал	0,99	-0,02	3,49	2,83	28,07	0,85	0,90	-0,83	3,11	2,46	24,73	0,88
Ойлик	1	ўртача	1,03	-0,94	2,27	1,74	5,14	0,96	0,98	0,00	1,72	1,32	2,97	0,98
		максимал	1,00	-0,71	2,82	2,09	7,93	0,95	0,97	0,48	1,96	1,45	3,85	0,98
	2	минимал	1,01	0,23	2,93	2,31	8,59	0,92	0,96	0,29	2,36	1,77	5,55	0,95
		ўртача	1,04	-0,86	4,36	3,61	19,01	0,85	1,02	-1,00	4,18	3,49	17,44	0,85
	3	максимал	1,03	-1,60	5,67	4,72	32,20	0,78	0,98	-0,82	5,75	4,81	33,12	0,77
		минимал	1,00	0,86	3,88	3,13	15,05	0,86	0,98	-1,77	3,95	3,10	15,62	0,84
Ойлик	1	ўртача	1,05	-1,15	1,54	1,18	2,36	0,98	0,99	0,00	1,20	0,92	1,44	0,99
		максимал	1,04	-0,27	1,78	1,32	3,16	0,98	0,98	0,66	1,29	0,94	1,66	0,99
	2	минимал	1,04	-0,96	1,74	1,39	3,03	0,97	0,98	0,66	1,58	1,18	2,48	0,97
		ўртача	1,03	-0,73	2,16	1,73	4,68	0,95	0,96	-2,00	0,69	0,55	0,47	0,99
	3	максимал	1,01	0,52	2,28	1,80	5,20	0,95	0,97	-1,75	0,73	0,52	0,53	0,99
		минимал	1,02	-0,96	2,25	1,80	5,04	0,93	0,97	-1,75	1,01	0,77	1,02	0,98
4	ўртача	1,05	-1,07	1,68	1,29	2,83	0,98	0,99	0,00	1,43	1,15	2,06	0,98	
	максимал	1,03	-0,13	1,89	1,42	3,59	0,97	0,98	0,15	1,61	1,26	2,58	0,98	
	минимал	1,03	-0,98	1,86	1,48	3,47	0,96	0,98	0,15	1,59	1,26	2,52	0,97	
	ўртача	1,08	-3,66	5,05	4,59	25,46	0,79	1,10	-4,00	4,13	3,64	17,02	0,85	
4	максимал	1,01	-1,98	6,49	5,72	42,06	0,70	1,04	-4,02	5,53	4,89	30,53	0,77	
	минимал	1,15	-4,51	3,81	3,38	14,51	0,86	1,04	-4,51	3,48	2,89	12,13	0,87	

Изоҳ: a ва b – регрессия тенгламасининг эркин ва эркин ўзгаришлари. **Примечание:** a и b – несвободный и свободный переменные уравнения регрессии.  
 Note: a and b – non-free and free variables of regression equation.

**Хулоса.** Ҳаво ҳарорати реанализ маълумотларидан Ўзбекистон ҳудудида фойдаланиш имкониятларини тадқиқ этиш қуйидаги натижаларни берди.

1. Ҳаво ҳарорати бўйича NASA POWER ва ERA5 базалари ҳамда ер усти кузатиш маълумотлари ўртасида муайян корреляциянинг мавжудлиги, уларнинг аниқлиги кузатиш пунктнинг денгиз сатҳига нисбатан баландлиги ва ҳарорат кўрсаткичининг тури (ўртача, максимал, минимал)га боғлиқ эканлиги аниқлади.

2. Ўзбекистон ҳудуди учун NASA POWER ва ERA5 реанализи маълумотларини верификациялаш натижалари ERA5 маълумотларининг ер усти кузатуви маълумотларига мувофиқлиги NASA POWER маълумотларига нисбатан каттароқ эканлигини кўрсатди.

3. 1000 м гача баландликлардаги станциялар учун ERA5 муддатли ҳаво ҳарорати қийматларининг нисбий хатолиги 4,0-5,0%, кунлик ва ойлик ўртача, минимал ва максимал қийматларнинг нисбий хатоликлари 0,47-5,55% оралиғидаги қийматларни ташкил этади. Бироқ, ойлик ҳарорат қийматлари бўйича 500 ва 1000 м баландликлар (2-гурӯх) оралиғида жойлаган станцияларда энг яхши мувофиқлик (нисбий хатолик 0,47-1,02%) аниқланган бўлса, кунлик ҳарорат қийматларининг хатоликлари 10,94-24,73% гача ортади.

4. 1000 м дан юқорида жойлашган станциялар учун ERA5 маълумотларининг нисбий хатоликлари кескин ортиб, 12,13-33,12% ни ташкил этади.

5. Кунлик ва ойлик ҳарорат қийматларининг мувофиқлиги муддатли қийматларга нисбатан ҳамда ўртача қийматларнинг максимал ва минимал қийматларга нисбатан каттароқ аниқликка эга эканлиги маълум бўлди. Бу ҳолат аниқликка 24 муддатли реанализ маълумотлари қаторларидан фақат 8 та муддат учун қийматларнинг ажратиби олиниши ҳамда ўртачалаштиришнинг таъсири сифатида изоҳланади.

Юқоридаги мулоҳазалардан келиб чиқиб, Ўзбекистон ҳудудида ҳаво ҳарорати режимини тадқиқ этишда 1000 м гача баландликлар учун ERA5 реанализ маълумотларидан фойдаланиш тавсия этилади. 1000 м дан юқорида жойлашган ҳудудлар учун реанализ маълумотлари умумий ўзгариш тамойилларини акс эттириб, улардан фойдаланишда олинган таҳлил натижаларига тузатмалар киритиш талаб қилинади.

**Миннатдорчиликлар.** Мазкур тадқиқот иши Инновацион ривожланиш агентлигининг молиявий қўмағида бажарилаётган АЛ-5721122072 «Иқлимнинг даврийлиги ва аномаллигини инобатга олган ҳолда узлуксиз энергия таъминотида фотоэлектрик тизимларни режалаштириш учун қуёш радиациясининг ўзгаришини квазиреал вақт оралиғида баҳолаш ва башоратлашнинг математик моделини ишлаб чиқиш» ва «Қишлоқ хўжалиги, сув ва энергия ресурсларини барқарор ривожлантириш учун ер усти кузатувлари ва геостационар метеорологик сунъий йўлдошлардан олинган қуёш радиацияси маълумотларидан комплекс фойдаланиш» лойиҳалари доирасида амалга оширилган.

**Муаллифлар ҳиссаси.** Э.Ю. Рахимов: мақола ғояси, методология, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, раҳбарлик. Б.Й. Омонов: маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили, мақолани расмийлаштириш. Б.М. Холматжанов: натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. Ф.И. Абдиқулов: натижалар таҳлили, натижаларни текшириш. С.У. Бегматов: маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили. И.М. Махмудов: маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилигини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

Арушанов М.Л. Методика рационализации метеорологической сети станций на примере территории Узбекистана // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды, №4, 2021. – С. 20-30.

Арушанов М.Л., Вдовенко А.И. Разложения полей аномалий среднемесячной температуры по естественным ортогональным функциям с использованием данных реанализа на территории Узбекистана и сопредельных стран // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды, №2, 2022. – С. 8-21.

Avezova N.R., Rakhimov E.Yu., Izzatillaev J.O. Resource Indicators Used for Solar Photovoltaic Plants in Uzbekistan. Part 1 // Applied Solar Energy, Vol. 54, No. 4, 2018. – PP. 273-278.

Decker M., Brunke M.A., Wang Z., Sakaguchi K., Zeng X., Bosilovich M.G. Evaluation of the Reanalysis Products from GSFC, NCEP, and ECMWF Using Flux Tower Observations // J. Clim., 25, 2012. – PP. 1916-1944.

Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J., Berrisford P., Poli P., Kobayashi S., Andrae U., Balsameda M.A., Balsamo G., Bauer P., et al. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system // Q. J. R. Meteorol. Soc., 137, 2011. – PP. 553-597.

Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S., Horányi A., Muñoz-Sabater J., Nicolas J., Peubey C., Radu R., Schepers D. et al. The ERA5 global reanalysis // Q. J. R. Meteorol. Soc., 146, 2020. – PP. 1999–2049.

Hu Z., Zhang C., Hu Q., Tian H. Temperature Changes in Central Asia from 1979 to 2011 Based on Multiple Datasets // J. Clim., 27, 2014. – PP. 1143-1167.

Lindsay R., Wensnahan M., Schweiger A., Zhang J. Evaluation of Seven Different Atmospheric Reanalysis Products in the Arctic // J. Clim., 27, 2014. – PP. 2588-2606.

Luo H., Ge F., Yang K., Zhu S., Peng T., Cai W., Liu X., Tang W. Assessment of ECMWF reanalysis data in complex terrain: Can the CERA-20C and ERA-Interim data sets replicate the variation in surface air temperatures over Sichuan, China? // Int. J. Clim., 39, 2019. – PP. 5619-5634.

Martins D.S., Paredes P., Razieli T., Pires C., Cadima J., Pereira L.S. Assessing reference evapotranspiration estimation from reanalysis weather products. An application to the Iberian Peninsula // Int. J. Clim., 37, 2017. – PP. 2378–2397.

Rakhmatova N., Arushanov M., Shardakova L., Nishonov B., Taryannikova R., Rakhmatova V., Belikov D.A. Evaluation of the Perspective of ERA-Interim and ERA5 Reanalyses for Calculation of Drought Indicators for Uzbekistan // Atmosphere, 12(5):527. 2021. <https://doi.org/10.3390/atmos12050527>

Raximov E.Yu., Fazilova D. Determination of the ambient temperature based on Nasa Power data for the territory of Uzbekistan // Scientific reports of Bukhara State University, 6(82). 2020. – PP. 39-47.

Электрон манбалар:

National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies. URL: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

Disputes about global warming – Global warming controversy. URL: [https://ru.abcdef.wiki/wiki/Global\\_warming\\_controversy](https://ru.abcdef.wiki/wiki/Global_warming_controversy)

NASA Prediction of Worldwide Energy Resources. URL: <https://power.larc.nasa.gov/>

Welcome to the Climate Data Store. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home/>

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ИЗ БАЗ NASA POWER И ERA5 В УЗБЕКИСТАНЕ

Э.Ю. РАХИМОВ<sup>1</sup>, Б.Ю. ОМОНОВ<sup>1</sup>, Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ<sup>2,3</sup>,  
Ф.И. АБДИКУЛОВ<sup>1,2</sup>, С.У. БЕГМАТОВ<sup>3</sup>, И.М. МАХМУДОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии, [eyurakhimov@gmail.com](mailto:eyurakhimov@gmail.com), [bahrom77774444@gmail.com](mailto:bahrom77774444@gmail.com)

<sup>2</sup> Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, b.kholmatjanov@nuu.uz, abdiqulov707@mail.ru

<sup>3</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

**Аннотация.** В статье анализируются результаты сравнения (верификации) значений температуры воздуха, полученных из баз данных NASA POWER и ERA5 за период 2000-2022 гг., с восьми срочными данными наблюдений на 77 метеорологических станциях Узбекистана за этот же период. Для определения влияния высоты точки наблюдения на результаты верификации, метеорологические станции были разделены на 4 группы ( $h < 500$  м,  $500 \text{ м} < h < 1000$  м,  $h < 1000$  м и  $h > 1000$  м), в зависимости от их высоты относительно уровня моря. В результате исследования было установлено, что данные базы ERA5 на территориях с высотами  $h < 500$  м и  $h < 1000$  м близки к данным наземных наблюдений, чем данные NASA POWER. Относительные погрешности между срочными, суточными и месячными данными температуры воздуха базы ERA5 и данными наземных наблюдений на территориях ниже 500 м над уровнем моря составляют 1,44-4,55%. На территориях с высотой до 1000 м для значений срочных наблюдений они составляют 4,0-5,0%, а для суточных и месячных средних, максимальных и минимальных значений находятся в пределах 0,47-5,55%. По месячным значениям температуры наилучшее согласие (относительная ошибка 0,47-1,02%) обнаружено на станциях, расположенных на высотах от 500 м до 1000 м (2-ая группа). Однако, погрешности суточных значений температуры для станций этой высотной группы возрастают до 10,94-24,73%. На метеорологических станциях, расположенных выше 1000 м, обе базы данных имеют близкие друг к другу большие погрешности по сравнению с наземными данными.

На основе полученных результатов можно рекомендовать использование данных реанализа ERA5 для высот до 1000 м при изучении температурного режима воздуха на территории Узбекистана. Для территорий, расположенных выше 1000 м данные реанализа отражают общие закономерности изменения, и при их использовании необходимо вносить поправки на полученные результаты анализа.

**Ключевые слова:** температура воздуха, NASA POWER, ERA5, метеорологическая станция, реанализ, верификация.

## POSSIBILITIES OF USING AIR TEMPERATURE DATA FROM NASA POWER AND ERA5 BASES IN UZBEKISTAN

E.Yu. RAKHIMOV<sup>1</sup>, B.Yu. OMONOV<sup>1</sup>, B.M. KHOLMATJANOV<sup>2,3</sup>,  
F.I. ABDIKULOV<sup>1,2</sup>, S.U. BEGMATOV, I.M. MAKHMUDOV<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National Research Institute of Renewable Energy Sources, eyurakhimov@gmail.com, bahrom77774444@gmail.com

<sup>2</sup> National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, b.kholmatjanov@nuu.uz, abdiqulov707@mail.ru

<sup>3</sup> Hydrometeorological Research Institute

**Abstract.** The article analyzes the results of comparison (verification) of air temperature values obtained from the NASA POWER and ERA5 databases for the period 2000-2022, with eight-time hourly observation data at 77 meteorological stations of Uzbekistan for the same period. To determine the influence of the height of the observation point on the verification results, meteorological stations were divided into 4 groups, depending on their height relative to sea level ( $h < 500$  m,  $500 \text{ m} < h < 1000$  m,  $h < 1000$  m and  $h > 1000$  m). As a result of the study, it was found that the ERA5 database data in areas with altitudes  $h < 500$  m and  $h < 1000$  m are closer to ground-based observation data than NASA POWER data. The relative errors between hourly, daily and monthly air temperature data from the ERA5 base and ground-based observation data in areas below 500 m above sea level are 1.44-4.55%. In areas with an altitude of up to 1000 m for the values of hourly observations they are 4.0-5.0%, and for daily and

monthly average, maximum and minimum values they are in the range of 0.47-5.55%. For monthly temperature values, the best agreement (relative error 0.47-1.02%) was found at stations located at altitudes from 500 to 1000 m (2<sup>nd</sup> group). However, the errors in daily temperature values for stations of this altitude group increase to 10.94-24.73%. At meteorological stations located above 1000 m, both databases have close to each other with large errors compared to ground data.

Based on the obtained results, we can recommend the use of ERA5 reanalysis data for altitudes up to 1000 m when studying the air temperature regime in the territory of Uzbekistan. For territories located above 1000 m, reanalysis data reflect general patterns of change, and when using them, it is necessary to make corrections to the obtained analysis results.

**Keywords:** air temperature, NASA POWER, ERA5, meteorological station, reanalysis, verification.

## REFERENCES

Arushanov M.L. Metodika ratsionalizatsii meteorologicheskoy seti stantsiy na primere territorii Uzbekistana [Methodology of rationalization of the meteorological network of stations on the example of the territory of Uzbekistan] // *Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredi*, No. 4, 2021. – S. 20-30. (in Russian)

Arushanov M.L., Vdovenko A.I. Razlojeniya poley anomalii srednemesyachnoy temperaturi po yestestvennim ortogonalnim funktsiyam s ispolzovaniyem dannih reanaliza na territorii Uzbekistana i sopredelnih stran [Expansions of anomal fields of the monthly mean temperature in natural orthogonal functions using reanalysis data on the territory of Uzbekistan and neighboring countries] // *Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredi*, No. 2, 2022. – S. 8-21. (in Russian)

*Electronic resources:*

National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies.  
URL: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

Disputes about global warming – Global warming controversy.  
URL: [https://ru.abcdef.wiki/wiki/Global\\_warming\\_controversy](https://ru.abcdef.wiki/wiki/Global_warming_controversy)

NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources. URL: <https://power.larc.nasa.gov/>

Welcome to the Climate Data Store. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home/>

УДК: 551.52:551.577.38

## АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕКУЩИХ И ДОЛГОСРОЧНЫХ ЗАСУХ НА ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА НА ОСНОВЕ ИНДЕКСА SPEI С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И СЦЕНАРИЕВ CMIP5

Н.И. РАХМАТОВА<sup>1\*</sup>, Л.Ю. ШАРДАКОВА<sup>1</sup>, Б.Э.НИШОНОВ<sup>1,3</sup>, В.С. РАХМАТОВА<sup>1,2</sup>,  
Р.В. ТАРЯННИКОВА<sup>1</sup>, Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ<sup>1,3</sup>, Д.А. БЕЛИКОВ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Узбекистан,  
natella.rakhmatova@gmail.com, lyudmila.shardakova@gmail.com,  
bnishonov@mail.ru, traisa\_5@mail.ru

<sup>2</sup> Университет Киото, Япония, valeria.rakhmatova@gmail.com

<sup>3</sup> Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Узбекистан,  
b.xolmatjanov@nuu.uz

<sup>4</sup> Университет Чиба, Япония, dmitry.a.belikov@gmail.com

\* Ответственный автор: natella.rakhmatova@gmail.com, тел.: +998 90 916-44-46

**Аннотация.** В статье приведен анализ частоты засух за базовый и текущий периоды, а также на долгосрочную перспективу на основе расчета стандартизированного индекса осадков и эвапотранспирации (SPEI). Расчеты основываются на метеорологических данных, для исторических периодов, полученных на метеостанциях Узгидромета и на результатах модельных расчетов по климатическим сценариям “Репрезентативные траектории концентрации” (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP 8.5). Оценки сделаны для территории Узбекистана, согласно районированию по однородным географическим признакам, климатическим характеристикам и условиям водообеспеченности с привязкой к бассейнам основных рек. Полученные результаты могут применяться для разработки планов по адаптации к изменению климата и принятия превентивных мер по смягчению последствий засух.

**Ключевые слова:** засуха, частота засух, SPEI, CMIP5, RCP, прогностические оценки, изменение климата.

**Введение.** Выводы Шестого оценочного доклада [Masson-Delmotte et al., 2021], показывают, что происходящие климатические изменения, усугубляют ситуацию с опасными гидрометеорологическими явлениями как во всем мире, так и в регионе Центральной Азии. Засуха стала одним из самых серьезных климатических бедствий – ее нельзя предотвратить, она всегда охватывает значительные территории и оказывает негативное влияние на здоровье населения, экологическую ситуацию, сельское и лесное хозяйство, животноводство, снижает продовольственную безопасность, но возможно смягчить ее последствия, повысив уровень готовности. Согласно проведенным оценкам МГЭИК [Masson-Delmotte et al., 2021] на территории региона Центральной Азии наблюдается увеличение числа случаев сельскохозяйственных и экологических засух.

Узбекистан по природно-географическому расположению относится к аридной зоне, со значительными территориями пустынь и полупустынь. В стране существует ряд сложных экологических проблем – высыхание Аральского моря, деградация земель, частые засухи и пыльно-песчаные бури, которые усугубляются наблюдаемыми климатическими изменениями. Национальные исследования, проведенные в Узбекистане [Агальцева, Рахматова, 2012; Рахматова и др., 2022; Третье ..., 2017] подтверждают, что засухи происходят часто и охватывают как предгорные, так и равнинные области. Для Узбекистана, в условиях острого водного дефицита и ежегодного роста максимальных температур воздуха, которые приходятся на период вегетации, **актуальной прикладной задачей является** оценка влияния изменения климата на засуху, что может быть основой для разработки планов по адаптации и превентивных мер и действий по готовности к засухе в сельском и водном хозяйстве, здравоохранении и т.д.

**Объект и предмет исследования, исходные данные и методы исследования.** Засуха подразделяется на несколько типов: атмосферную, гидрологическую, сельскохозяйственную, почвенную, экологическую и т.д. [Чуб, 2007; Wang et al., 2016, Yihdego et al., 2019; IPCC, 2021]. Однако, необходимо отметить, что, в действительности, атмосферная и гидрологическая засухи являются основными и приводят к остальным типам. Атмосферная засуха сопровождается высокими температурами и в короткий период времени иссушает воздух и почву, а гидрологическая засуха характеризуется выпадением малого количества осадков, что вызывает дефицит водных ресурсов.

Для оценки засух используются различные индексы и индикаторы, которые являются инструментами как для мониторинга явления, так и для систем раннего предупреждения и своевременного реагирования [Чуб, 2007; Eslamian, 2014; Svoboda, Fuchs, 2016; Wang et al., 2016]. Использование индексов позволяет получить более объективные количественные оценки интенсивности, продолжительности и масштабов засухи для территорий с различными природно-климатическими условиями.

Всемирная метеорологическая организация в 2011 г., в соответствии с Линкольнской декларацией о Засухе [Hayes et al., 2011], рекомендовала в качестве ключевого индикатора засухи [Wilhite, 2006] Стандартизированный индекс осадков (SPI) [McKee et al., 1993; Guttman, 1999]. SPI рассчитывается на основе данных о суммарных осадках за определенный период и сравнивается с показателями средних осадков в той же местности. SPI позволяет проводить сравнительный анализ осадков и оценивать их относительность по сравнению со стандартными значениями. Значения SPI используются для классификации недостатка, избытка или нормального количества осадков в определенной области.

Основным преимуществом SPI была простота использования, но он имел такие недостатки, как ограничения в случае отсутствия осадков [Stagge et al., 2015; Арушанов, Рахматова, 2019] и непригодность для оценки засухи в контексте долгосрочных климатических изменений в будущем, так как не учитывал изменения температуры воздуха, являющиеся основным показателем изменения климата.

Относительно недавно разработан индекс засухи, который сохраняет основной принцип SPI, но при этом учитывает не только осадки, но и влияние температуры – *Стандартизированный индекс осадков и эвапотранспирации* (SPEI). Индекс рассчитывается путем вычисления разницы между суммарными осадками и испарением за определенный период времени и стандартным отклонением этих значений.

Результат является стандартизированным числовым показателем, который отражает отклонение от средних климатических условий.

С учетом того, что SPEI основывается на двух главных климатических параметрах – температуре и осадках, соответственно он отражает климатический водный баланс, его целесообразно рассматривать в качестве индикатора для оценки влияния изменения климата на засуху [Vicente-Serrano et al., 2010].

Анализ и обзор публикаций [Чуб, 2007; Агальцева, Рахматова, 2012; Профиль..., 2015; Третье..., 2017; Рахматова и др., 2022; Онлайн-панель ..., 2023], позволили выявить индексы и параметры для идентификации засух, которые применялись в стране в рамках научных исследований, международных проектов, систематического мониторинга и прогнозирования засух (табл. 1).

SPI и SPEI для территории Узбекистана применялся в оценке прошлых засух [Чуб, 2007, Арушанов, Рахматова, 2019; Rakhmatoava et al., 2021; Арушанов, Эшмуратова, 2022].

Ранее анализ засух на долгосрочную перспективу производился на основе количественных оценок изменений снеготазпасов и средних расходов воды на период вегетации и климатических сценариев REMO-0406 и REMO-0507, разработанных Германским центром исследований Земли в Потсдаме (GFZ (GeoForschungsZentrum) German Research Centre for Geosciences) [Профиль ..., 2015; Третье..., 2017].

*Целью данного исследования* является оценка возможности применения стандартизированного индекса осадков и эвапотранспирации (SPEI) для анализа интенсивности и частоты исторических и будущих засух, используя данные наблюдений и данные прогнозируемого изменения климата согласно сценариям CMIP5 для территории Узбекистана.

*Для этого были поставлены следующие задачи:* 1) оценка индекса SPEI за исторический период; 2) оценка индекса SPEI согласно сценариям CMIP5; 3) анализ частоты случаев засухи по пяти зонам страны отличающимся по природно-климатическими условиями.

Таблица 1

Индексы и параметры, используемые для идентификации и оценки засухи,  
применяемые для Узбекистана

Table 1

Indices and parameters used for drought identification and assessment for Uzbekistan

Индекс засухи	Тип засухи
Дневной дефицит влажности воздуха (E), гПа	метеорологическая
Индекс аридности (AI)	
Число дней с температурой воздуха больше 40°C	
Стандартный индекс температуры (STI)	
Стандартизированный индекс осадков (SPI)	
Индекс Д.А. Педея	
Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК)	гидрологическая
Обеспеченность стока воды за вегетационный период (апрель-сентябрь)	
Накопление снега в течение года в качестве критерия (индекса) водности года	почвенная
Снижение запасов почвенной влаги в почвенном слое толщиной 0-20 см до 4 мм, для глинистых полупустынных почв до 10 мм	
Индекс состояния растительности (NDVI)	сельскохозяйственная

**Материал и методы.** *Районирование территории.* Узбекистан – страна с разнообразным ландшафтом и, соответственно, различными природно-климатическими зонами. В данной работе выбран подход к районированию территории, предложенный Хамзиной Т., Хасанхановой Г. [Хамзина и др. 2020], основанный на условном разделении территории на пять зон с однородными географическими признаками, климатическими характеристиками, условиями водообеспеченности с привязкой к бассейнам основных рек:

– бассейн р. Амударья – (1) Южная зона (Кашкадарьинская, Сурхандарьинская области), (2) Среднее течение (Бухарская, Навоийская, Самаркандская области) и (3) Нижнее течение (Республика Каракалпакстан, Хорезмская область);

– бассейн р. Сырдарья - (4) Ферганская долина (Андижанская, Наманганская, Ферганская области) и (5) Среднее течение (Джизакская, Сырдарьинская, Ташкентская области).

*Стандартизированный индекс осадков и эвапотранспирации (SPEI)* был впервые предложен [Vicente-Serrano et al, 2010] в качестве усовершенствованного индекса засухи, особенно подходящего для изучения влияния глобального потепления на силу засухи.

Расчет SPEI проводится в следующем порядке:

– на первом этапе осуществляется расчет среднемесячных значений эвапотранспирации и осадков, используя доступные климатические данные;

– затем, для учета сезонных тенденций и различий в длительности периодов измерений, проводится нормализация данных - среднемесячного значения осадков и эвапотранспирации по методу Гамбеля;

– далее проводится расчет кумулятивного распределения вероятности для каждого месяца на основе нормализованных данных;

– используя полученное кумулятивное распределение вероятности, определяется стандартизированное значение SPEI в каждом месяце; стандартизированное значение отражает отклонение от средней влажности в данном регионе;

– на последнем этапе полученные стандартизированные значения SPEI могут быть классифицированы в соответствии со шкалой, которая позволяет определить степень дефицита или избытка воды в исследуемой области и частоту (табл. 2).

Расчет SPEI реализован на основе пакета R SPEI (<http://cran.r-project.org/web/packages/SPEI>, по состоянию на 6 апреля 2021 г.). Из нескольких вариантов, доступных в пакете, использовали рекомендуемое [Beguería et al., 2014] логарифмическое распределение функции плотности вероятности, несмещенные PWM (вероятностно-взвешенный момент) и метод Харгривса [Hargreaves, 1994] для расчета месячной потенциальной эвапотранспирации, который рассчитывался в модифицированной форме, представленной в работе [Droogers, Allen, 2002].

Таблица 2

### Классификация степени засушливости и увлажнённости по индексу SPEI

Table 2

#### Classification of the degree of aridity and humidity according to the SPEI index

Значение SPEI	Степень	Значение SPEI	Степень
$\leq 2$	Экстремальная влажность	-0,5 до -1,0	Слабая засуха
1,5 до 2,0	Сильная увлажненность	-1,0 до -1,5	Умеренная засуха
1,0 до 1,5	Умеренная увлажненность	-1,5 до -2,0	Сильная засуха
0,5 до 1,0	Слабая увлажненность	$\leq -2$	Экстремальная засуха
0,5 до -0,5	Близкое к нормальному		

*Данные.* Анализ исторического периода проводился на основе данных наблюдений температуры и осадков на 78 метеорологических станциях Узбекистана за период 1980-2018 гг.

Для анализа засух на перспективу использовались результаты расчетов температуры и осадков ансамбля моделей, включенных в Фазу 5 Проекта взаимного сравнения совмещенных моделей (CMIP5), принятых МГЭИК для моделирования и исследования климата [Raschauri et al., 2014] в Пятом оценочном докладе (ОД5).

CMIP5 предлагает четыре варианта прогноза изменения климата – Репрезентативные траектории концентрации/Representative Concentration Pathway (RCP), основанных на сценариях с различными концентрациями парниковых газов (не выбросов). Каждый RCP связан с вероятностным сочетанием прогнозируемого роста населения, экономической активности, энергоемкости и социально-экономического развития. Пути описывают различные варианты будущего климата, все из которых считаются возможными в зависимости от концентрации парниковых газов (ПГ) в ближайшие годы. В названиях RCP стоит цифровая метка возможного диапазона значений радиационного воздействия в 2100 г., которое зависит от содержания ПГ в атмосфере и, соответственно, от принимаемых мер по сокращению выбросов.

**RCP 2.6** представляет пик радиационного воздействия примерно на уровне  $3 \text{ Вт/м}^2$  в середине века, после чего он снизится до  $2,6 \text{ Вт/м}^2$  к 2100 г. и отражает активные действия по смягчению последствий изменения климата, снижение выбросов после 2020 г. и достижение нулевых выбросов к концу XXI века.

**RCP 4.5** предполагает стабилизацию (без превышения) радиационного воздействия на уровне  $4,5 \text{ Вт/м}^2$  после 2100 г., согласно данному сценарию, выбросы  $\text{CO}_2$  начинают снижаться примерно к 2045 году и к 2100 году достигают около половины уровней 2050 г.

**RCP 6.0** обусловлен стабилизацией (без превышения) радиационного воздействия на уровне  $6 \text{ Вт/м}^2$  после 2100 года - выбросы достигают пика около 2080 года, а затем снижаются.

**RCP 8.5** характеризуется увеличением радиационного воздействия до  $8,5 \text{ Вт/м}^2$  в 2100 г. - выбросы ПГ продолжают расти в течение XXI века.

**Результаты и их обсуждение.** Основными характеристиками засухи являются такие параметры как частота случаев за определенный период времени и степень/интенсивность засушливости. Индекс SPEI позволяет формализовать и получить количественные оценки вышеупомянутых характеристик. В данной работе на основе расчётов  $\text{SPEI}_{12}$ , который демонстрирует накопление и потери влаги за период в 12 месяцев, проведен анализ частоты засух по степени засушливости за исторический период и на перспективу по зонам районирования согласно сценариям RCP. Оценки на будущее сделаны относительно базового периода (1986-2005 гг.) и текущего (2000-2019 гг.) (рис.1).

Текущий период. В бассейне р. Сырдарья в последнее двадцатилетие наименее уязвимой явилась Ферганская долина (ФД). В базовый период доля засушливых лет составляла порядка 30%, однако в последнее двадцатилетие возросло количество засушливых лет до 35% и стали наблюдаться умеренные засухи, число случаев которых составило 5%. В среднем течении р. Сырдарья (СТС) количество общих засушливых лет сократилось относительно базового периода на 15%, за счет уменьшения количества слабых засух. Однако интенсивность явления возросла и количество умеренных засух увеличилось.

В Южной зоне (ЮЗ), в бассейнах рек Сурхандарья и Кашкадарья, в последние годы возросла интенсивность явления, на 10% увеличилось число умеренных засух. Это единственная зона, где согласно классификации SPEI, как в базовый, так и в текущей период наблюдались сильные и экстремально сильные засухи.

В бассейне р. Амударья в зоне среднего (СТА) и нижнего течений (НТА) наблюдается увеличение числа засушливых лет, в том числе и умеренных засух.

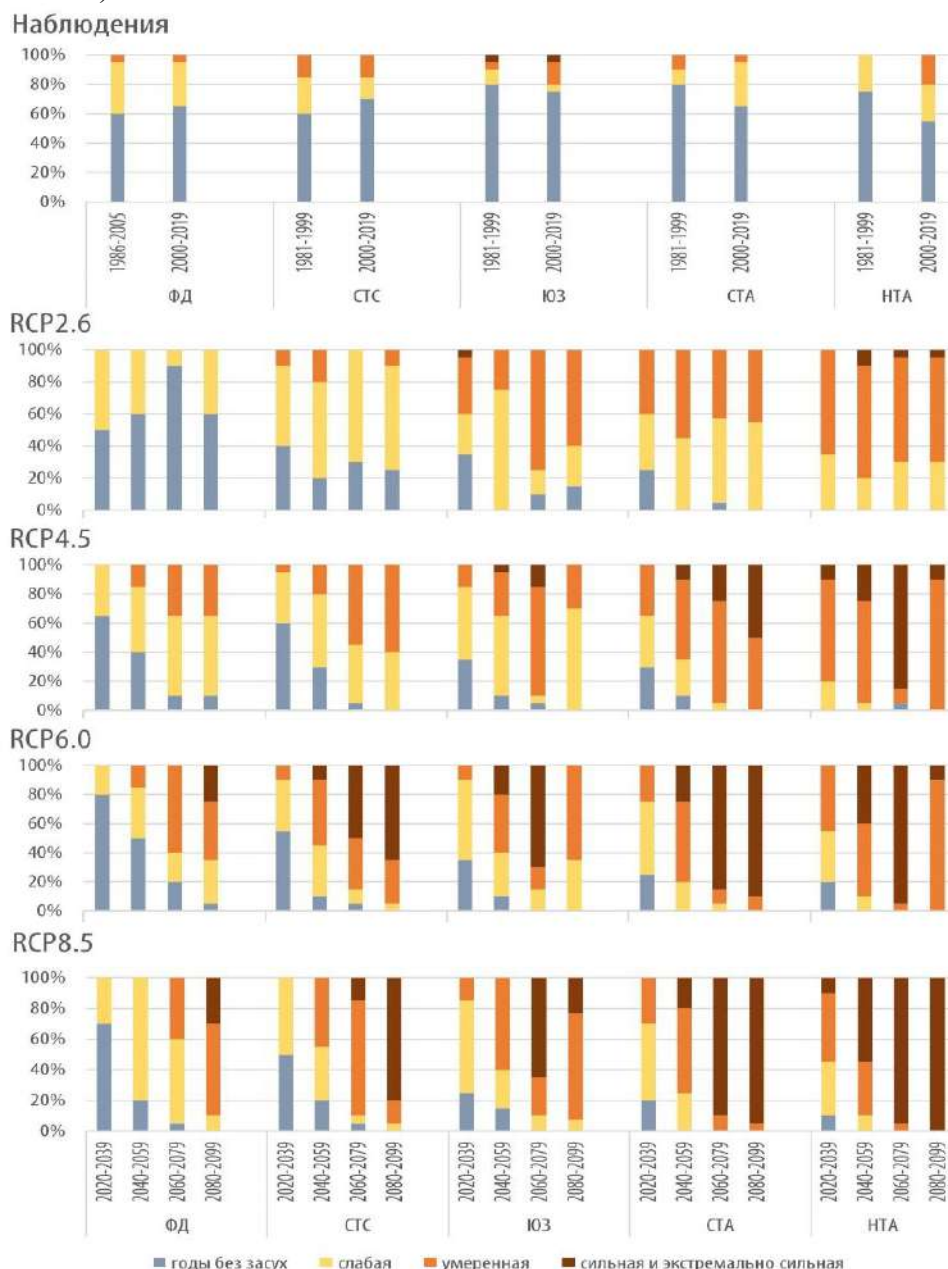
Таким образом, анализ текущего периода показывает, что наиболее уязвимыми к засухе стали ЮЗ и НТА, в которых частота и интенсивность процессов возросли за счет увеличения числа умеренных и сильных событий.

Согласно всем сценариям, во всех зонах, число засушливых лет увеличивается засуха становится фактически постоянным явлением.

**RCP 2.6** – наименее уязвимой является зона ФД, где в среднем до конца века в 35% случаев будет наблюдаться слабая засуха. В ЮЗ с 2060 г. будут преобладать умеренные засухи с 2060 г. их число достигнет 60-75%. Наиболее уязвимой будет НТА, в которой с 2020 г. засуха становится постоянной и к концу века будут преобладать умеренные (65-70%) и сильные (5-10%) засухи.

**RCP4.5** – согласно полученным данным во всех зонах со второй половины века будет наблюдаться постоянная засуха. В бассейне р. Сырдарья в ФД засушливые годы составят порядка 80%, из них доля умеренных засух достигнет 38-40%, в зоне СТС засухи становятся постоянными, доля умеренных засух может составить 60%. В ЮЗ и бассейне р. Амударья после 2060 года засухи будут наблюдаться постоянно, при этом в зоне СТА и НТА интенсивность их очень возрастает за счет увеличения количества сильных и экстремальных засух.

**RCP8.5** – на основании этого сценария можно предположить, что в бассейне р. Сырдарья даже в ФД – территории, которая в настоящее время является наименее уязвимой, появятся сильные и экстремальные засухи, а в зоне СТС они могут составить порядка 80%. В бассейне р. Амударья зоны среднего (СТА) и нижнего течения (НТА) к концу века будут находиться в условиях постоянной экстремальной засухи (более 90% случаев с 2060 г.).



**Рис. 1** Изменение интенсивности и частоты засух за базовый, текущий периоды и в соответствии с климатическими периодами по зонам планирования

**Fig. 2** Changes in the intensity and frequency of droughts for the base, current periods, and in accordance with climatic periods by planning zones

**Заключение.** Согласно проведенным оценкам, засухам подвержены все рассматриваемые зоны страны. В базовый период наибольшее число засух в целом наблюдалось в зоне СТС и ФД, но они как правило относились к слабым и умеренным засухам.

За базовый период сильные и экстремальные засухи наблюдались только в ЮЗ (в 5% случаев).

За текущий период относительно базового в ФД ситуация фактически не изменилась, СТС – общее число засух сократилось за счет слабых засух (на 10%), умеренные остались прежними (15%), в ЮЗ число засух увеличилось за счет умеренных (на 5%), значительно увеличилось число засух в СТА за счет увеличения слабых (на 20%) и в НТА в результате роста умеренных засух (на 20%).

Согласно сценариям RCP, к концу века суровость засух возрастет до сильных и экстремальных, вероятность сильных засух возможна даже в наименее уязвимой зоне – ФД. НТА останется, как и в настоящее время, самой уязвимой зоной к сильным и продолжительным засухам, где сильные и экстремальные засухи могут стать постоянным явлением.

Полученные результаты возможно использовать при разработке планов по адаптации к изменению климата с периодической корректировкой согласно будущим климатическим изменениям и новым разрабатываемым сценариям, которые учитывают социально-экономические изменения и усилия стран, осуществляемые в рамках Парижского соглашения.

**Благодарности.** Настоящее исследование выполнено в рамках прикладных проектов АЛ-5721122055 “Разработка технологии системы мониторинга пыльных бурь с использованием наземных и спутниковых данных” и АЛ-5721122072 “Комплексное использование данных о солнечной радиации с наземных наблюдений и геостационарных метеорологических спутников для устойчивого развития сельского хозяйства, водных ресурсов и источников энергии”, финансируемых Агентством инновационного развития Республики Узбекистан.

**Вклад авторов.** **Н.И. Рахматова:** методология, написание текста, производство расчетов. **Л.Ю. Шардакова:** методология, написание текста, визуализация данных. **Б.Э. Нишонов:** постановка задачи, общее руководство, редактирование текста, сбор данных. **В.С. Рахматова:** сбор данных, обработка данных. **Р.В. Таряникова:** обоснование актуальности исследований. **Б.М. Холматжанов:** анализ, редактирование текста. **Д.А. Беликов:** сбор данных, обработка данных, систематизация материала, анализ, визуализация данных. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

## ЛИТЕРАТУРА

*Агальцева Н.А., Рахматова Н.И.* Засуха в Узбекистане: проблемы, раннее предупреждение и смягчение последствий // Экологический вестник, №9. 2012. – С. 23-27.

*Арушанов М., Рахматова Н.* Простой метод расчета индекса засушливости SPI, основанный на аппроксимации кубическим полиномом эмпирической функции повторяемости распределения осадков // Географическая наука Узбекистана и России: общие проблемы, потенциал и перспективы сотрудничества. Материалы Международной научно-практической конференции. Ташкент, 13-19 мая 2019 г. – Ташкент, 2019. – С. 44-48.

*Арушанов М., Эшмуратова Г.* Мониторинг атмосферной засушливости на основе расчёта модифицированного индекса SPI на территории Узбекистана // Центральноазиатский журнал географических исследований, № 3-4. 2022. – С.50-57.

Профиль климатических рисков Узбекистана. ПРООН, Узгидромет. 2015.

*Рахматова Н., Шардакова Л., Нишионов Б., Рахматова В., Таряникова Р., Беликов Д.* Оценка засушливости территории Узбекистана на основе данных реанализа ECMWF ERA-5 // *Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды*, №4. 2022. – С. 38-49.

Третье национальное сообщение об изменении климата Республики Узбекистан. Узгидромет, 2016. – 220 с.

*Хамзина Т., Хасанханова Г., Денисова Е., Ибрагимов Р.* Оценка уязвимости сельского и водного хозяйства к изменению климата для планирования и принятия решений в Узбекистане. Отчет проекта ГЭФ/ЮНЭП/Узгидромет «Узбекистан: Подготовка Четвертого Национального Сообщения и Первого Двухгодичного отчета по обновленным данным (ПДО) по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН)», 2020. – 124 с.

*Чуб В.* Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент. Узгидромет, НИГМИ, «VORIS-NASHRIYOT».– 132 с.

*Beguería S., Vicente-Serrano S.M., Reig F., Latorre B.* Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring // *International Journal of Climatology*, 34(10), 2014. – PP. 3001-3023. <https://doi.org/10.1002/joc.3887>.

*Droogers P., Allen R.G.* Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions // *Irrigation and Drainage Systems*, №16. 2002. – PP. 33-45. <https://doi.org/10.1023/A:1015508322413>

*Eslamian Saeid ed.* Handbook of engineering hydrology: modeling, climate change, and variability. CRC Press, 2014.

*Guttman N.B.* Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm 1 // *Journal of the American Water Resources Association*, 35.2, 1999. – PP. 311-322. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592>.

*Hargreaves G.H.* Defining and using reference evapotranspiration // *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 120(6), 1994. – PP.1132-1139. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1994\)120:6\(1132\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1994)120:6(1132))

*Hayes M., Svoboda M., Wall N., Widhalm M.* The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended // *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(4), 2011. – PP. 485-488. <https://doi.org/10.1002/joc.4267>

*Masson-Delmotte V.P. et al.* Summary for policymakers. in: *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the Sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* IPCC, 2021.

*McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J.* The relationship of drought frequency and duration to time scales // *In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, January 1993, Vol. 17, No. 22. – PP. 179-183.

*Pachauri R.K., Allen M.R., Barros V.R., Broome J., Cramer W., Christ R., ..., van Ypserle J.P.* Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. 2014. – 151 p.

*Rakhmatova N., Arushanov M., Shardakova L., Nishonov B., Taryannikova R., Rakhmatova V., Belikov D.A.* Evaluation of the perspective of ERA-Interim and ERA5 reanalyses for calculation of drought indicators for Uzbekistan // *Atmosphere*, 12(5), 2021. – PP. 527-541. <https://doi.org/10.3390/atmos12050527>

*Stagge J.H., Tallaksen L.M., Gudmundsson L., Van Loon, A.F. & Stahl K.* Candidate distributions for climatological drought indices (SPI and SPEI) // *International Journal of Climatology*, 35(13), 2015. – PP. 4027-4040.

*Svoboda M., Fuchs B.* Handbook of drought indicators and indices. Drought and water crises: Integrating science, management, and policy, WMO, 2016.

*Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I.* A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index // *Journal of Climate*, 23(7), 2010. – PP. 1696-1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>

Wang W., Ertsen M.W., Svoboda M.D., Hafeez M. Propagation of drought: from meteorological drought to agricultural and hydrological drought // *Advances in Meteorology*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6547209>

Wilhite D. Drought monitoring and early warning: Concepts, progress and future challenges. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. WMO, 2006. – 1006 p.

Yihdego J., Vaheddoost B., Al-Weshah Radwan A. Drought indices and indicators revisited // *Arabian Journal of Geosciences*, 12(3), 2019. – PP.69-81 doi:10.1007/s12517-019-4237-z

*Electronic resource:*

Online panel for assessing climate risks due to heat, floods and drought, 2023. URL: <https://iwmi-cwana.users.earthengine.app/view/climate-profile> (accessed September 4, 2023)

## ЎЗБЕКИСТОН ХУДУДИДА ҲОЗИРГИ ВАҚТДА ВА КЕЛАЖАҚДА ҚУРҒОҚЧИЛИКНИНГ ЧАСТОТАСИ ВА ЖАДАЛЛИГИНИ КУЗАТУВ МАЪЛУМОТЛАРИ ВА СМIP5 СЦЕНАРИЙЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ SPEI ИНДЕКСИ АСОСИДА ТАҲЛИЛИ

Н.И. РАХМАТОВА<sup>1</sup>, Л.Ю. ШАРДАКОВА<sup>1</sup>, Б.Э. НИШОНОВ<sup>1,3</sup>, В.С. РАХМАТОВА<sup>1,2</sup>,  
Р.В. ТАРИЯННИКОВА<sup>1</sup>, Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ<sup>1,3</sup>, Д.А. БЕЛИКОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, Ўзбекистон, [natella.rakhmatova@gmail.com](mailto:natella.rakhmatova@gmail.com), [lyudmila.shardakova@gmail.com](mailto:lyudmila.shardakova@gmail.com), [bnishonov@mail.ru](mailto:bnishonov@mail.ru), [traisa\\_5@mail.ru](mailto:traisa_5@mail.ru)

<sup>2</sup> Киото университети, Япония, [valeria.rakhmatova@gmail.com](mailto:valeria.rakhmatova@gmail.com)

<sup>3</sup> Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, Ўзбекистон, [b.xolmatjanov@nuuz.uz](mailto:b.xolmatjanov@nuuz.uz)

<sup>4</sup> Чибя университети, Япония, [dmitry.a.belikov@gmail.com](mailto:dmitry.a.belikov@gmail.com)

**Аннотация.** Мақолада базавий ва ҳозирги иқлимий даврлар ҳамда узоқ муддатли келажак учун қурғоқчиликнинг содир бўлиши таҳлили стандартлаштирилган ёгинлар ва эвапотранспирация индекси (SPEI)ни ҳисоблаш асосида таҳлил қилинган. Ҳисоблашлар ўтган даврлар учун Ўзгидромет метеостанцияларида олинган маълумотлар ва “Концентрациянинг репрезентатив траекториялари” иқлимий сценарийлари (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP 8.5) бўйича модел ҳисоблашлар натижаларига асосланади. Ўзбекистон ҳудуди учун баҳолашлар дарёлар ҳавзаларига боғлаган ҳолда бир хил географик шароитлари, иқлимий хусусиятлари ва сув билан таъминланганлигига кўра районлаштирилган зоналар учун бажарилган. Олинган натижалар иқлим ўзгаришига мослашиш режаларини ва қурғоқчилик оқибатларини юмшатиш учун превентив тадбирларни ишлаб чиқиш учун қўлланилиши мумкин.

**Калит сўзлар:** қурғоқчилик, қурғоқчилик частотаси, SPEI, CMIP5, RCP, прогностик баҳолашлар, иқлим ўзгариши.

## ANALYSIS OF THE FREQUENCY AND INTENSITY OF CURRENT AND LONG-TERM DROUGHTS IN UZBEKISTAN BASED ON THE SPEI INDEX USING OBSERVATIONAL DATA AND CMIP5 SCENARIOS

N.I. RAKHMATOVA<sup>1</sup>, L.Yu. SHARDAKOVA<sup>1</sup>, B.E. NISHONOV<sup>1,3</sup>,  
V.S. RAKHMATOVA<sup>1,2</sup>, R.V. TARYANNIKOVA<sup>1</sup>,  
B.M. KHOLMATJANOV<sup>1,3</sup>, D.A. BELIKOV<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hydrometeorological Research Institute, Uzbekistan, [natella.rakhmatova@gmail.com](mailto:natella.rakhmatova@gmail.com), [lyudmila.shardakova@gmail.com](mailto:lyudmila.shardakova@gmail.com), [bnishonov@mail.ru](mailto:bnishonov@mail.ru), [traisa\\_5@mail.ru](mailto:traisa_5@mail.ru)

<sup>2</sup> Kyoto University, Japan, [valeria.rakhmatova@gmail.com](mailto:valeria.rakhmatova@gmail.com)

<sup>3</sup> National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Uzbekistan, [b.xolmatjanov@nuuz.uz](mailto:b.xolmatjanov@nuuz.uz)

<sup>4</sup> Chiba University, Japan, [dmitry.a.belikov@gmail.com](mailto:dmitry.a.belikov@gmail.com)

**Abstract.** *The article analyzes the frequency of droughts for the base and current periods, as well as for the long term, based on the calculation of the Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI). Calculations for historical periods are based on meteorological data obtained at Uzhydromet weather stations and on the results of model calculations for climate scenarios “Representative Concentration Pathways” (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP 8.5). Estimates were made for the territory of Uzbekistan, zoned on homogeneous geographical characteristics, climatic characteristics, and water supply conditions, with reference to the basins of the main rivers. The results can be used to develop climate change adaptation plans and take preventive measures to mitigate the effects of droughts.*

**Keywords:** *drought, drought frequency, SPEI, CMIP5, RCP, forecast measurements, climate change.*

## REFERENCES

Agalceva N.A., Rahmatova N.I. Zasuha v Uzbekistane: problemy, rannee preduprezhdenie i smyagchenie posledstvij [Drought in Uzbekistan: problems, early warning and mitigation of consequences] // *Ekologicheskij vestnik*, №9. 2012. – S. 23-27. (in Russian)

Arushanov M., Rahmatova N. Prostoy metod rascheta indeksa zasushlivosti SPI, osnovannyj na approksimacii kubicheskim polinomom empiricheskoy funkicii povtoryaemosti raspredeleniya osadkov [A simple method for calculating the aridity index SPI, based on the cubic polynomial approximation of the empirical frequency function of precipitation distribution] // *Geograficheskaya nauka Uzbekistana i Rossii: obshie problemy, potencial i perspektivy sotrudnichestva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Tashkent, 13-19 maya 2019 g. – Tashkent, 2019. – S. 44-48. (in Russian)

Arushanov M., Eshmuratova G. Monitoring atmosfernoj zasushlivosti na osnove raschyota modificirovannogo indeksa SPI na territorii Uzbekistana [Monitoring of atmospheric aridity based on the calculation of the modified SPI index on the territory of Uzbekistan] // *Centralnoaziatskij zhurnal geograficheskikh issledovaniy*, № 3-4. 2022. – S. 50-57. (in Russian)

Profil klimaticheskikh riskov Uzbekistana [Climate risk profile of Uzbekistan]. PROON, Uzgidromet. 2015 (in Russian)

Rahmatova N., Shardakova L., Nishonov B., Rahmatova V., Taryannikova R., Belikov D. Ocenka zasushlivosti territorii Uzbekistana na osnove dannyh reanaliza ECMWF ERA-5 [Assessment of aridity of the territory of Uzbekistan based on ECMWF ERA-5 reanalysis data] // *Gidrometeorologiya i monitoring okruzhayushej sredy*, №4. 2022. – S. 38-49 (in Russian)

Tretye nacionalnoe soobshenie ob izmenenii klimata Respubliki Uzbekistan [Third national report on climate change of the Republic of Uzbekistan]. Uzgidromet, 2016. – 220 s. (in Russian)

Hamzina T., Hasanhanova G., Denisova E., Ibragimov R. Ocenka uyazvimosti selskogo i vodnogo hozyajstva k izmeneniyu klimata dlya planirovaniya i prinyatiya reshenij v Uzbekistane [Assessing the vulnerability of agriculture and water management to climate change for planning and decision-making in Uzbekistan]. Otchet proekta GEF/UNEP/Uzgidromet «Uzbekistan: Podgotovka Chetvertogo Nacionalnogo Soobsheniya i Pervogo Dvuhgodichnogo otcheta po obnovlennym dannym (PDO) po Ramochnoj Konvencii OON ob izmenenii klimata (RKIK OON)», 2020. – 124 s. (in Russian)

Chub V. Izmenenie klimata i ego vliyanie na gidrometeorologicheskie processy, agroklimaticheskie i vodnye resursi Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent. Uzgidromet, NIGMI, «VORIS-NASHRIYOT». – 132 s. (in Russian)

УДК 551.583.13

**ГЛОБАЛ ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИ ШАРОИТИДА НАМАНГАН ВИЛОЯТИНИНГ  
ҲАВО ҲАРОРАТИДАГИ ЎЗГАРИШЛАР****М.Р. ҚОРИЕВ<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Наманган давлат университети, qoriyevmirzohid@mail.ru

**Аннотация.** Мақолада глобал иқлим ўзгариши шароитида Наманган вилоятининг ҳаво ҳароратидаги ўзгаришлар таҳлил этилган. Ҳаво ҳароратининг ўзгаришлари тўғри чизиқ тенграмаси ёрдамида трендни ҳисоблаш усули орқали амалга оширилган. Таҳлиллар Наманган ва Поп метеорология станцияларининг 1951-2022 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳарорати маълумотлари асосида амалга оширилган.

**Калит сўзлар:** глобал иқлим ўзгариши, ҳаво ҳарорати, тўғри чизиқ тенграмаси, тренд қийматлари, хронологик графиклар, Наманган вилояти.

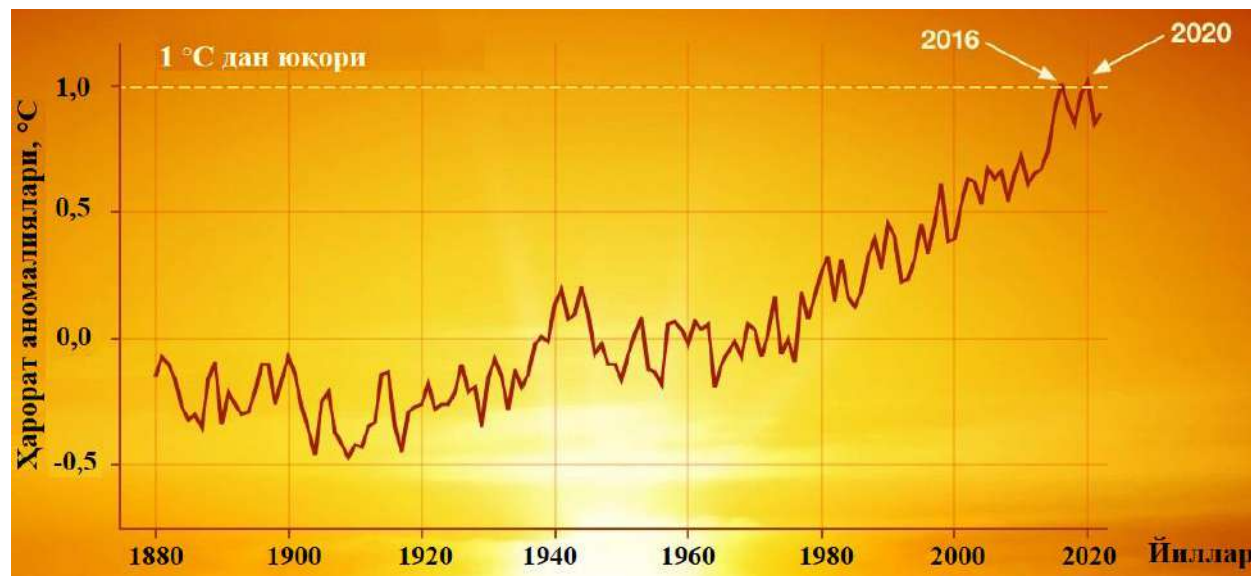
**Кириш.** Глобал иқлим ўзгариши – бу антропоген омил натижасида ҳарорат, ёғин миқдори, мавсумий ва бошқа об-ҳаво шароитларининг мос равишда ўзгаришлари ҳисобланади [Schäfer at al., 2023]. Замонавий иқлим ўзгариши шароитида инсоннинг таъсири устунлик қилиб, у ҳозирда табиий ўзгарувчанлик чегарасидан ортиб кетди. Иқлим ўзгаришлари ҳарорат ва ёғингарчиликнинг тебраниши, кўп йиллик қор ва музлар майдонининг камайиши, шунингдек, денгиз сатҳининг кўтарилиши каби аниқ шаклларда тобора кўпроқ намоён бўлмоқда. Антропоген иқлим ўзгариши узоқ вақт давом этиб, унинг таъсири жуда ҳалокатли бўлиши мумкин [Thomas at al., 2003]. Иқлим ўзгариши келгуси йилларда инсоният ва глобал экотизимлар учун энг катта таҳдид бўлади. Шу боис, табиий ва ижтимоий фанлар нуқтаи-назаридан иқлим илишнинг таъсирини тўғри баҳолаш ҳамда уни кенг оммага етказиш зарурати пайдо бўлади [Hoegh-Guldberg at al., 2019].

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, глобал иқлим ўзгариши, асосан, ҳаво ҳароратининг ўзгаришларида, яъни глобал иқлим илиши орқали намоён бўлмоқда. Бу борада статистик кўрсаткичларга эътибор берилса, Ер сиртининг глобал ҳарорати сезиларли тарзда исиб бораётганлигини кўриш мумкин. Жумладан, саноатлашувдан олдинги даврга таққослаганда, ҳозирги ҳаво ҳарорати кўрсаткичлари 1,0°C га кўтарилгани маълум бўлади. Қолаверса, жараён шу зайлда кетса, XXI аср охирига келиб бу қиймат 3,3-5,7°C га етиши мумкин [Zi at al., 2023]. Ушбу маълумотларни НАСА (АҚШ) ташкилотининг “Глобал иқлим ўзгариши” бўйича веб-сайти маълумотлари ҳам тасдиқлайди. Унга кўра, саноатлашувдан олдинги даврга нисбатан глобал ҳарорат саноат даврида 1,0°C га ортган бўлиб, сўнгги йилларда бу кўрсаткич ҳар 10 йилда 0,2°C га ошиб бормоқда [Глобал ...]. Ер юзасининг 1951-1980 йиллардаги ўртача ҳароратига нисбатан 1880-2020 йилларгача бўлган даврдаги тебранишлардан маълум бўладики, 2016 ва 2020 йилларда рекорд даражадаги максимал ҳароратлар кузатилган (1-расм).

Глобал иқлим исиши бўйича турли манбаларда яна кўплаб илмий асосланган статистик маълумотларни учратиш мумкин. Жумладан, НАСАнинг Годдард фазовий тадқиқотлар институти (ГИСС) олимлари томонидан олиб борилган тадқиқот натижаларига кўра, 1880 йилдан буён Ердаги ўртача глобал ҳарорат камида 1,1°C га ошган [World ...].

Иқлим ўзгариши бўйича ҳукуматлараро комиссиянинг (IPCC) 2021 йилдаги ҳисоботларида келтирилган маълумотларга кўра, сўнгги тўртта ўн йилликнинг ҳар бири ўзидан олдинги ўн йилликдан кетма-кет иссиқроқ бўлган. XXI асрнинг дастлабки йигирма

йиллигида (2001-2020 йй.) глобал сирт ҳарорати 1850-1900 йиллардагидан  $0,99$  ( $0,84-1,10$ ) $^{\circ}\text{C}$  га, 2011-2020 йилларда эса  $1,09$  ( $0,95-1,20$ ) $^{\circ}\text{C}$  га юқори бўлди. Қуруқлик устидаги глобал ўртача ҳарорат ( $1,59$  ( $1,34-1,83$ ) $^{\circ}\text{C}$ ) океан устидагига ( $0,88$  ( $0,68-1,01$ ) $^{\circ}\text{C}$ ) нисбатан кўпроқ ортган [Intergovernmental ..., 2021].



1-расм. Ер юзаси ўртача ҳаво ҳароратининг 1951-1980 йиллардагига нисбатан 1880-2020 йиллардаги ўзгариши [Global ...].

Рис. 1. Изменение средней температуры воздуха поверхности Земли в 1880-2020 гг. по сравнению с 1951-1980 гг. [Global ...].

Fig. 1. Changes in the average air temperature of the Earth's surface in 1880-2020 compared to 1951-1980 [Global ...].

Глобал иқлим ўзгариши шароитида Евросиё материгининг қоқ марказида жойлашган кескин континентал иқлим шароитига эга Марказий Осиё минтақасида ҳам ҳаво ҳарорати жадаллик билан ортиб бораётганлигини алоҳида таъкидлаш зарур. Шу жиҳатдан, Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.Мирзиёев Бирлашган Миллатлар Ташкилоти Бош Ассамблеясининг 78-сессиясида сўзлаган нутқида иқлим муаммолари, ҳароратнинг кескин исиб бораётганлигига алоҳида эътибор қаратиб, “кейинги 30 йилда Марказий Осиё минтақасида ҳаво ҳарорати  $1,5^{\circ}\text{C}$  га кўтарилганлигини” алоҳида таъкидлаб ўтди [Шавкат Мирзиёев ...].

Марказий Осиё минтақасининг марказида жойлашган Ўзбекистонда ҳам иқлимий ўзгаришлар масаласига анча жиддий ёндашишни тақозо этади. Хусусан, Ўзбекистонда 1880 йилдан то ҳозирги вақтгача бўлган даврда ўртача йиллик ҳарорат  $1,6^{\circ}\text{C}$  ( $13,2^{\circ}\text{C}$  дан  $14,8^{\circ}\text{C}$ ) га кўтарилган [Иқлим ...; Раҳимов ва б., 2021]. Бу эса глобал миқёсда кузатилаётган ўртача қийматдан юқоридир. Мутахассисларнинг прогнозларига кўра, 2030-2050 йилларда ҳаво ҳарорати яна  $1,5-3^{\circ}\text{C}$  га кўтарилиши мумкин. Ҳаво ҳароратининг, айниқса, Оролбўйи регионида кўтарилиши кутилмоқда, бу эса маҳаллий иқлим ўзгаришлари билан янада оғирлашади [Иқлим ...]. Қолаверса, Ўзбекистон ғарбдан шарққа қарийб 1400 км масофага чўзилганлиги учун иқлим ўзгариши жараёнлари унинг

турли ҳудудларида турлича кечади. Шу боис, мамлакатнинг ҳар бир ҳудуди бўйича иқлим ўзгариши жараёнларини тадқиқ этиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

**Ишнинг мақсади ва вазифалари.** Мазкур ишнинг асосий мақсади глобал иқлим ўзгариши шароитида Ўзбекистоннинг шарқий қисмида жойлашган Наманган вилоятининг ҳаво ҳароратидаги ўзгаришларни аниқлашдан иборат. Ушбу мақсад доирасида қуйидаги бир қатор вазифалар белгиланди ва улар тадқиқот жараёнида ўз ечимини топди.

1. Наманган вилоятидаги мавжуд 2 та – Наманган ва Поп метеорология станцияларининг маълумотлари асосида олиб борилган тадқиқот ишлари билан танишиш ва уларни таҳлил қилиш.

2. Наманган ва Поп метеорология станцияларининг 1951-2022 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳарорати бўйича кузатув маълумотлари асосида тўғри чизик тенгламаси ёрдамида трендни ҳисоблаш.

3. Наманган ва Поп метеорология станцияларининг 1951-2022 йиллардаги маълумотлари асосида ўртача мавсумий ва ўртача йиллик ҳаво ҳароратларининг хронологик графикларини чизиш ҳамда уларни таҳлил қилиш.

**Тадқиқот объекти ва предмети.** Ишда тадқиқот объекти сифатида Наманган вилояти танлаб олинди. Глобал иқлим илиши шароитида Наманган вилоятининг ҳаво ҳароратидаги ўзгаришларни аниқлаш тадқиқотнинг предмети ҳисобланади.

**Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари.** Ишни бажариш жараёнида Наманган вилоятидаги 2 та – Наманган ва Поп метеорология станцияларининг 1951-2022 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳарорати маълумотларидан фойдаланилди. Тадқиқотда статистик таҳлил, географик умумлаштириш ва таққослаш усуллари қўлланилган.

Маълумки, ҳаво ҳароратининг илиш жадаллиги иқлим ўзгаришининг асосий кўрсаткичларидан ҳисобланади. Буни тўғри чизик тенгламаси ёрдамида трендни ҳисоблаб, аниқлашга ҳаракат қилинди. Тўғри чизик тенгламаси:  $y=ax+b$  ҳисобланиб, бу ерда  $a$  шу сонлар қийматининг йиллар бўйича ўзгариши жадаллигини (трендини) кўрсатувчи катталиқдир. У кичик квадратлар усулида ҳисобланган. Тўғри чизик тенгламаси бўйича Наманган ва Поп метеорология станцияларининг 1951-2022 йиллардаги маълумотлари асосида ҳар бир ой учун ўртача ҳаво ҳароратининг ўзгариш жадаллиги (тренди) аниқланди.

**Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** Маълумки, иқлимнинг энг асосий кўрсаткичларидан бири бу ҳаво ҳароратидир. Ҳаво ҳарорати ҳудуд рельефи, атмосфера циркуляцияси ва радиацион жараёнлар таъсирида шаклланади. Дунё миқёсида юз бераётган глобал иқлим илиши даврида Наманган вилояти иқлимида ҳам жиддий ўзгаришлар юз бермоқда. Мазкур ҳолатни вилоятнинг ҳаво ҳароратидаги ўзгаришларида ҳам кузатиш мумкин. Бу бўйича ҳозирга қадар олиб борилган илмий изланишлар натижаларига кўра, 1961-1990 йиллар оралиғидаги ўртача йиллик ҳаво ҳарорати  $14,0^{\circ}\text{C}$  ни ташкил этиб, бу кўрсаткич 1991-2016 йиллардаги даврда  $15,0^{\circ}\text{C}$  га етган, яъни ўртача йиллик ҳаво ҳарорати  $1,0^{\circ}\text{C}$  га кўтарилган [Холматжанов, 2019]. Бу борада сўнгги йиллардаги ўзгаришларни аниқлаш мақсадида Наманган вилоятидаги Наманган ва Поп метеорология станцияларининг 1881-1960 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳарорати кўрсаткичлари 1961-2022 йиллардаги кўрсаткичлар билан ўзаро солиштирилди (1-жадвал ва 2-расм).

Таҳлиллар шуни кўрсатадики, иккала метеорология станциясида 1961-2022 йиллардаги январь ойининг ўртача ҳаво ҳарорати 1881-1960 йиллардагига қараганда қарийб  $3,0^{\circ}\text{C}$  га кўтарилган. Ундан кейинги энг юқори даражада исиб бораётган ой февраль ойидир. Бу ойнинг ўртача ҳаво ҳарорати Наманган метеорология станцияси

бўйича 1,8°C, Поп метеорология станцияси бўйича эса 2,0°C га кўтарилган. Қолган ойларга эътибор берилса, Наманган метеорология станцияси бўйича март, май, август, сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь ойларининг ҳаммасида ўртача ҳаво ҳарорати 1,0°C дан ортиқроқ илиган. Қолган ойларда исиш бор, аммо 1,0°C га етмаган. Бу борада Поп метеорология станцияси бўйича ҳолат бошқачароқ, яъни март, апрель, июнь, ноябрь ойларининг ўртача ҳароратида исиш бор, аммо 1,0°C га етмаган, фақат декабрь ойида у 1,3°C га ортган. Май ойида эса ўзгариш йўқ. Энг ажабланарлиси, июль, август, сентябрь, октябрь ойларида ҳаво ҳарорати кўтарилмаган, аксинча, пасайган. Жумладан, июль ва август ойлари 0,6°C, сентябрь ойи 0,3°C, октябрь ойи эса 0,2°C га совуган. Шу боис, Поп метеорология станцияси бўйича ўртача йиллик ҳаво ҳарорати Наманган метеорология станциясига қараганда 2 баробар секинроқ исиб бормоқда, яъни Наманганда 1,2°C, Попада эса 0,6°C га кўтарилган.

*1-жадвал*

**Наманган ва Поп метеорология станциялари бўйича ҳаво ҳароратининг 1881-1960 йиллар [Камолов, Умурзақова, 2023] ва 1961-2022 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик қийматлари**

*Таблица 1*

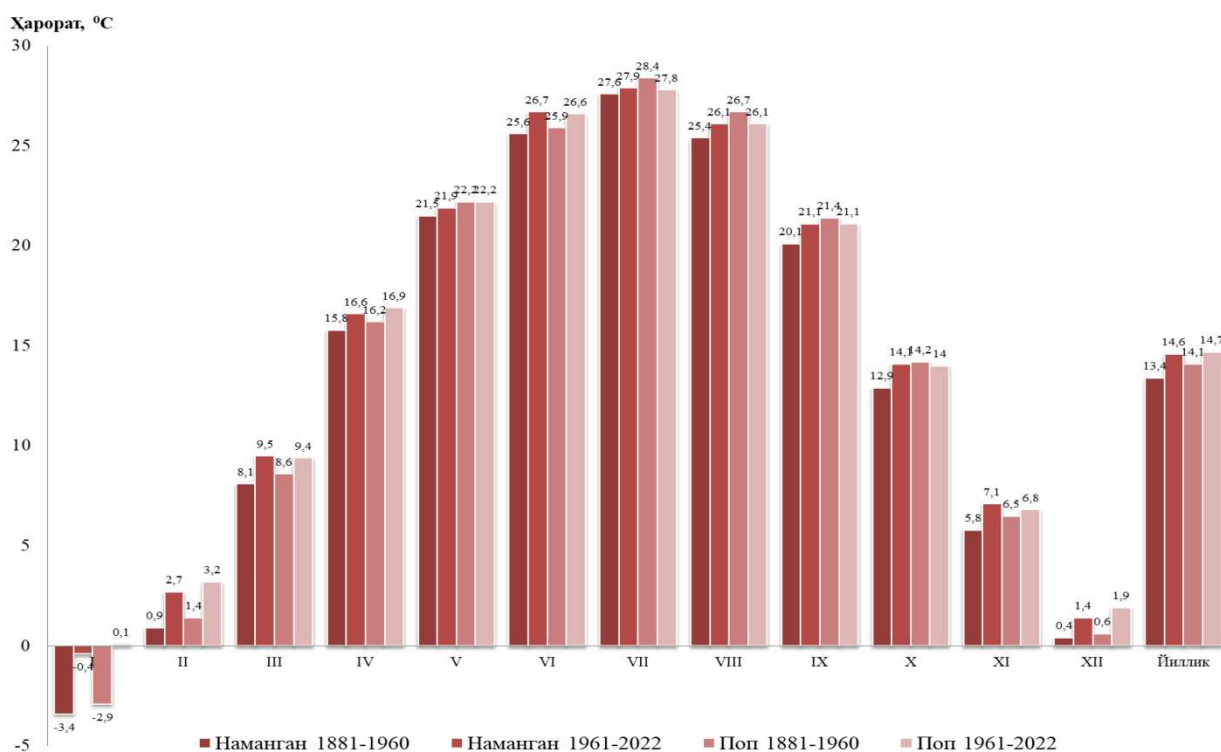
**Среднемесячные и годовые значения температуры воздуха на метеостанциях Наманган и Пап за 1881-1960 гг. [Камолов, Умурзақова, 2023] и 1961-2022 гг.**

*Table 1*

**Average monthly and annual values of air temperature for Namangan and Pap meteorological stations for 1881-1960 [Kamolov, Umurzakova, 2023] and 1961-2022**

Ойлар	Метеорология станцияларида ўртача ҳаво ҳарорати, °C					
	Наманган			Поп		
	1881-1960	1961-2022	Фарқ	1881-1960	1961-2022	Фарқ
I	-3,4	-0,4	3,0	-2,9	0,1	3,0
II	0,9	2,7	1,8	1,4	3,2	2,0
III	8,1	9,5	1,4	8,6	9,4	0,8
IV	15,8	16,6	0,8	16,2	16,9	0,7
V	21,5	21,9	0,4	22,2	22,2	0,0
VI	25,6	26,7	1,1	25,9	26,6	0,7
VII	27,6	27,9	0,3	28,4	27,8	-0,6
VIII	25,4	26,1	0,7	26,7	26,1	-0,6
IX	20,1	21,1	1,0	21,4	21,1	-0,3
X	12,9	14,1	1,2	14,2	14,0	-0,2
XI	5,8	7,1	1,3	6,5	6,8	0,3
XII	0,4	1,4	1,0	0,6	1,9	1,3
Йиллик	13,4	14,6	1,2	14,1	14,7	0,6

Наманганда ҳаво ҳароратининг глобал илишига реакциясини тўлароқ баҳолаш учун Наманган ва Поп метеорология станциялари маълумотларидан фойдаланилди. Бунга қўшимча 1881-1960, 1881-1980, 1971-2000, 1926-2010 йиллардаги ҳамда трендсиз давр – 1946-1975 йиллар бўйича ўртача ойлик ва йиллик маълумотлар ишончли манбадан олинди [Камолов, Умурзақова, 2023]. Сўнгра, бу даврлардаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳарорати қийматлари 1976-2010 йиллар ҳамда 2001-2022 йиллардаги қийматларидан фарқлари ҳисоблаб чиқилди (2-жадвал).



**2-расм. Наманган ва Поп метеорология станциялари бўйича ҳаво ҳароратининг 1881-1960 йиллар ва 1961-2022 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик қийматлари**

**Рис. 2. Среднемесячные и годовые значения температуры воздуха на метеостанциях Наманган и Пап за 1881-1960 гг. и 1961-2022 гг.**

**Fig. 2. Average monthly and annual values of air temperature in Namangan and Pap meteorological stations for 1881-1960 and 1961-2022**

2-жадвал маълумотлари кўрсатишича, Наманган вилоятининг иссиқ даври бўлган 1976-2010 йиллар оралиғидаги даврда ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳароратлари ундан олдинги даврлардагига нисбатан анча кўтарилган. Ҳаво ҳароратининг ортиши турли ойларда турлича бўлиб, баъзи ойларда ўртача ойлик ҳаво ҳароратининг пасайиш ҳолатлари ҳам кузатилган. Бу даврда ҳаво ҳароратининг энг кўп ортиши қиш фаслига, шунингдек, кузнинг энг сўнгги – ноябрь ойларига тўғри келган. Мисол учун, 2-жадвалдан кўриниб турибдики, 1976-2010 йиллардаги январь ойининг ўртача ҳаво ҳарорати 1881-1960 йиллардаги январь ойининг ўртача ҳаво ҳароратига нисбатан 3,4°C, февраль ойиники 2,0°C, ноябрь ойиники 2,1°C, декабрь ойиники эса 1,7°C га ортган. 1976-2010 йиллардаги декабрь, январь, февраль ва ноябрь ойларининг ўртача ҳаво ҳароратлари 1881-1980, 1927-2010, 1946-1975 ва 1971-2000 йиллардагига нисбатан ҳам бошқа ойларга қараганда сезиларни ортган.

1976-2010 йиллар оралиғидаги даврда апрелдан сентябргача бўлган иссиқ ойларнинг ўртача ҳаво ҳароратлари ундан олдинги даврлардагига нисбатан секинроқ кўтарилган, балки айрим даврларга нисбатан пасайиб ҳам борган. Масалан, апрель ойининг ўртача ҳаво ҳарорати 1971-2000 йиллардагига нисбатан -0,2°C, май ойиники 1881-1960 йиллардагига нисбатан -0,1°C, 1946-1975 йиллардагига нисбатан 0,8°C,

1971-2000 йиллардагига нисбатан эса  $-0,2^{\circ}\text{C}$  га пасайган. Худди шундай ҳолат июнь ойида кузатилиб, 1971-2000 йиллардагига нисбатан  $-0,2^{\circ}\text{C}$  га пасайган.

*2-жадвал*

**Наманган метеорология станциясининг 1881-1960, 1881-1980, 1927-2010 йиллардаги [Камолов, Умурзақова, 2023] ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳароратларини уларнинг илиш даври 1976-2010 ( $t_1$ ) ҳамда 2001-2022 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳароратларидан ( $t_2$ ) фарқи**

*Таблица 2*

**Разница между среднемесячными и годовыми температурами воздуха метеостанции Наманган в 1881-1960, 1881-1980, 1927-2010 годах [Камолов, Умурзақова, 2023] и среднемесячными и годовыми температурами воздуха в 1976-2010 ( $t_1$ ) и 2001-2022 ( $t_2$ ) годах**

*Table 2*

**The difference between the average monthly and annual air temperatures of the Namangan meteorological station in the 1881-1960, 1881-1980, 1927-2010 [Kamolov, Umurzakova, 2023] and the average monthly and annual air temperatures in the 1976-2010 ( $t_1$ ) and 2001-2022 ( $t_2$ )**

Даврлар	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Йил
1881–1960	-3,5	0,9	8,1	15,8	21,5	25,6	27,6	25,4	20,1	12,9	5,8	0,4	13,4
1881–1980	-2,5	0,8	8,8	16,3	21,4	25,5	26,9	25,0	20,2	13,3	6,1	0,4	13,5
1927–2010	-1,6	1,9	8,6	16,0	21,4	25,6	27,3	25,4	20,5	13,8	6,6	0,9	13,9
1946–1975	-2,2	1,6	8,6	16,1	22,2	25,6	27,2	25,0	20,1	13,3	5,5	0,4	13,6
1971–2000	-1,0	1,4	8,5	16,5	21,6	26,5	27,7	25,4	20,6	13,9	7,1	1,5	14,3
<b><math>t_1=1976-2010</math></b>	<b>-0,1</b>	<b>2,9</b>	<b>9,3</b>	<b>16,3</b>	<b>21,4</b>	<b>26,3</b>	<b>27,7</b>	<b>26,0</b>	<b>21,0</b>	<b>14,1</b>	<b>7,9</b>	<b>2,1</b>	<b>14,6</b>
$t_1 - t_{1881-1960}$	3,4	2,0	1,2	0,5	-0,1	0,7	0,1	0,6	0,9	1,2	2,1	1,7	1,2
$t_1 - t_{1881-1980}$	2,4	2,1	0,5	0,0	0,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	1,8	1,7	1,1
$t_1 - t_{1927-2010}$	1,5	1,0	0,7	0,3	0,0	0,7	0,4	0,6	0,5	0,3	1,3	1,2	0,7
$t_1 - t_{1946-1975}$	2,1	1,3	0,7	0,2	-0,8	0,7	0,5	1,0	0,9	0,8	2,4	1,7	1,0
$t_1 - t_{1971-2000}$	0,9	1,5	0,8	-0,2	-0,2	-0,2	0,0	0,6	0,4	0,2	0,8	0,6	0,3
<b><math>t_2 = 2001-2022</math></b>	<b>0,9</b>	<b>4,2</b>	<b>11,2</b>	<b>17,3</b>	<b>22,6</b>	<b>27,2</b>	<b>28,8</b>	<b>27,1</b>	<b>22,1</b>	<b>14,9</b>	<b>7,4</b>	<b>1,6</b>	<b>15,4</b>
$t_2 - t_{1881-1960}$	4,4	3,3	3,1	1,5	1,1	1,6	1,2	1,7	2,0	2,0	1,6	1,2	2,0
$t_2 - t_{1881-1980}$	3,4	3,4	2,4	1,0	1,2	1,7	1,9	2,1	1,9	1,6	1,3	1,2	1,9
$t_2 - t_{1927-2010}$	2,5	2,3	2,6	1,3	1,2	1,6	1,5	1,7	1,6	1,1	0,8	0,7	1,5
$t_2 - t_{1946-1975}$	3,1	2,6	2,6	1,2	0,4	1,6	1,6	2,1	2,0	1,6	1,9	1,2	1,8
$t_2 - t_{1971-2000}$	1,9	2,8	2,7	0,8	1,0	0,7	1,1	1,7	1,5	1,0	0,3	0,1	1,1
$t_2 - t_{1976-2010}$	1,0	1,3	1,9	1,0	1,2	0,9	1,1	1,1	1,1	0,8	-0,5	-0,5	0,8

Таҳлиллар шуни кўрсатмоқдаки, 1976-2010 йиллар оралиғидаги иссиқ даврида ўртача ойлик ҳаво ҳарорати ундан олдинги даврлардагига нисбатан совуқ ойларда сезиларли кўтарилган, иссиқ ойларда эса бунинг акси, яъни жуда кичик миқдорда ортган, баъзи даврдагига нисбатан эса камайган.

2-жадвал маълумотлари асосида 2001-2022 йиллар оралиғидаги даврда ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳароратини ундан олдинги даврлардагига нисбатан ўзгариши таҳлил қилинганда ҳаво ҳарорати янада жадалроқ ортиб бораётганлиги аниқланди. Жумладан, бу даврда ҳаво ҳароратининг энг кўп ортиши январь, февраль ва март ойларига тўғри келмоқда. Аниқроқ айтганда, 2001-2022 йиллардаги январь ойининг ўртача ҳаво ҳарорати 1881-1960 йиллардагига нисбатан  $4,4^{\circ}\text{C}$ , февраль ойиники  $3,3^{\circ}\text{C}$ , март ойиники  $3,1^{\circ}\text{C}$ ,

1881-1980 йиллардагига нисбатан январь ва февраль ойлариники  $3,4^{\circ}\text{C}$ , март ойиники  $2,4^{\circ}\text{C}$ , 1946-1975 йиллардагига нисбатан январь ойиники  $3,1^{\circ}\text{C}$ , февраль ва март ойлариники  $2,6^{\circ}\text{C}$  га ортган. Кўриниб турибдики, январь, февраль ва март ойларининг ўртача ҳаво ҳароратлари катта қийматларда ортиб бормокда.

2001-2022 йиллар оралиғидаги даврда исииш жараёни энг секин кечаётган ойлар сифатида ноябр ва декабр ойларини кўрсатиш мумкин. Чунки бу даврда ноябр ва декабр ойларининг ўртача ҳаво ҳарорати 1976-2010 йиллардагига нисбатан  $0,5^{\circ}\text{C}$  га пасайган. Наманган вилояти иқлимини глобал иқлим илишига реакциясини аниқлаш мақсадида Наманган метеорология станцияси каби Поп метеорология станциясининг ҳам турли даврлар оралиғидаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳароратларининг 2001-2022 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳароратларидан ( $t_1$ ) фарқи таҳлил қилинди (3-жадвал).

*3-жадвал*

**Поп метеорология станциясининг 1881-1960 [Камолов, Умурзақова, 2023], 1881-1980 [Камолов, 2014], 1971-2000 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳарорат кўрсаткичларини 1976-2010 ( $t_1$ ) ва 2001-2022 йиллардаги ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳарорати кўрсаткичлари ( $t_2$ )дан фарқи,  $^{\circ}\text{C}$**

*Таблица 3*

**Разница между среднемесячными и годовыми показателями температуры воздуха метеостанции Пап за 1881-1980 [Камолов, Умурзақова, 2023], 1881-1980 [Камолов, 2014], 1971-2000 годы и среднемесячными и годовыми показателями температуры воздуха за 1976-2010 ( $t_1$ ) и 2001-2022 годы ( $t_2$ ),  $^{\circ}\text{C}$**

*Table 3*

**The difference between the average monthly and annual air temperature indicators of the Pap meteorological station for the 1881-1980 [Kamolov, Umurzakova, 2023], 1881-1980 [Kamolov, 2014], 1971-2000 and the average monthly and annual air temperature indicators for the 1976-2010 ( $t_1$ ) and 2001-2022 ( $t_2$ ),  $^{\circ}\text{C}$**

Даврлар	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Йил
1881-1960	-2,9	1,4	8,6	16,2	22,2	25,9	28,4	26,7	21,4	14,2	6,5	0,6	14,1
1881-1980	-2,0	1,4	8,6	16,2	22,2	25,9	28,4	26,7	21,4	14,2	6,5	0,6	14,3
1971-2000	-0,4	2,2	8,6	16,7	21,9	26,4	27,4	25,7	20,9	13,7	6,5	1,9	14,3
<b><math>t_1=1976-2010</math></b>	<b>0,3</b>	<b>3,2</b>	<b>9,5</b>	<b>16,9</b>	<b>22,0</b>	<b>26,7</b>	<b>27,6</b>	<b>26,1</b>	<b>21,2</b>	<b>14,2</b>	<b>7,4</b>	<b>1,9</b>	<b>14,7</b>
$t_1 - t_{1881-1960}$	3,2	1,8	0,9	0,7	-0,2	0,8	-0,8	-0,6	-0,2	0,0	0,9	1,3	0,6
$t_1 - t_{1881-1980}$	2,3	1,8	0,9	0,7	-0,2	0,8	-0,8	-0,6	-0,2	0,0	0,9	1,3	0,4
$t_1 - t_{1971-2000}$	0,7	1,0	0,9	0,2	0,1	0,3	0,2	0,4	0,3	0,5	0,9	0,0	0,4
<b><math>t_2 = 2001-2022</math></b>	<b>1,1</b>	<b>4,4</b>	<b>10,8</b>	<b>17,4</b>	<b>22,7</b>	<b>27,2</b>	<b>28,4</b>	<b>27,0</b>	<b>22,0</b>	<b>14,9</b>	<b>7,5</b>	<b>1,7</b>	<b>15,5</b>
$t_2 - t_{1881-1960}$	4,0	3,0	2,2	1,2	0,5	1,3	0,0	0,3	0,6	0,7	1,0	1,1	1,4
$t_2 - t_{1881-1980}$	3,1	3,0	2,2	1,2	0,5	1,3	0,0	0,3	0,6	0,7	1,0	1,1	1,2
$t_2 - t_{1971-2000}$	1,5	2,2	2,2	0,7	0,8	0,8	1,0	1,3	1,1	1,2	1,0	-0,2	1,2
$t_2 - t_{1976-2010}$	0,8	1,2	1,3	0,5	0,7	0,5	0,8	0,9	0,8	0,7	0,1	-0,2	0,8

3-жадвал маълумотлари кўрсатишича, 1976-2010 йиллар оралиғидаги даврда ўртача йиллик ҳаво ҳарорати ундан олдинги даврлардагига нисбатан бироз кўтарилган. Жумладан, 1881-1960 йиллардагига нисбатан  $0,6^{\circ}\text{C}$  га, 1881-1980 ва 1971-2000 йиллардагига нисбатан  $0,4^{\circ}\text{C}$  га ортган. Фасллар кесимида кўрилганда, қиш фаслида ҳаво ҳароратининг кўтарилиши яққол кўзга ташланади. Аксинча, ёз фаслида ҳаво ҳароратининг пасайиши кузатилган. Баҳор ва куз фаслларининг эса нисбатан совуқроқ ойларида, яъни эрта баҳор ойлари ва кеч куз ойларида ҳаво ҳарорати бироз бўлсада ортган. Кеч баҳор ва эрта куз ойларида эса ҳаво ҳарорати пасайган.

3-жадвал маълумотлари асосида 2001-2022 йиллар оралиғидаги даврда ўртача ойлик ва йиллик ҳаво ҳароратини ундан олдинги даврлардагига нисбатан ўзгариши таҳлил қилинганда, ҳаво ҳароратининг энг катта ортиши Намангандаги каби январь, февраль ва март ойларига тўғри келиши аниқланди. Аниқроқ айтганда, 2001-2022 йиллардаги январь ойининг ўртача ҳаво ҳарорати 1881-1960 йиллардагига нисбатан  $4,0^{\circ}\text{C}$ , 1881-1980 йиллардагига нисбатан  $3,1^{\circ}\text{C}$  га ортган. Февраль ойида ҳар икки даврга нисбатан  $3,0^{\circ}\text{C}$ , март ойида эса  $2,2^{\circ}\text{C}$  га ортган. 1971-2000 йиллардагига нисбатан январь ойида  $1,5^{\circ}\text{C}$ , февраль ва март ойларида  $2,2^{\circ}\text{C}$  га ортган. 2001-2022 йиллардаги июль ойининг ўртача ҳаво ҳарорати 1881-1960 ва 1881-1980 йиллардагига нисбатан ўзгаришсиз қолган бўлса, декабрь ойининг ўртача ҳаво ҳарорати 1971-2000 йиллардагига нисбатан  $0,2^{\circ}\text{C}$  га пасайган. Қолган барча ойларда ҳаво ҳарорати кўтарилиб борган ва у ўртача  $0,3-1,3^{\circ}\text{C}$  ни ташкил этган.

Ҳаво ҳароратининг илиш жадаллиги ҳам иқлим илишининг асосий кўрсаткичларидан ҳисобланади. Буни тўғри чизик тенграмаси ёрдамида трендни ҳисоблаш орқали аниқлаш мумкин. Маълумки, тўғри чизик тенграмаси  $y=ax+b$  формула орқали аниқланади. Бу ерда  $a$  коэффицент сонлар қийматининг йиллар бўйича ўзгариши жадаллигини (трендни) кўрсатувчи катталиқдир. У кичик квадратлар усулида ҳисобланган.

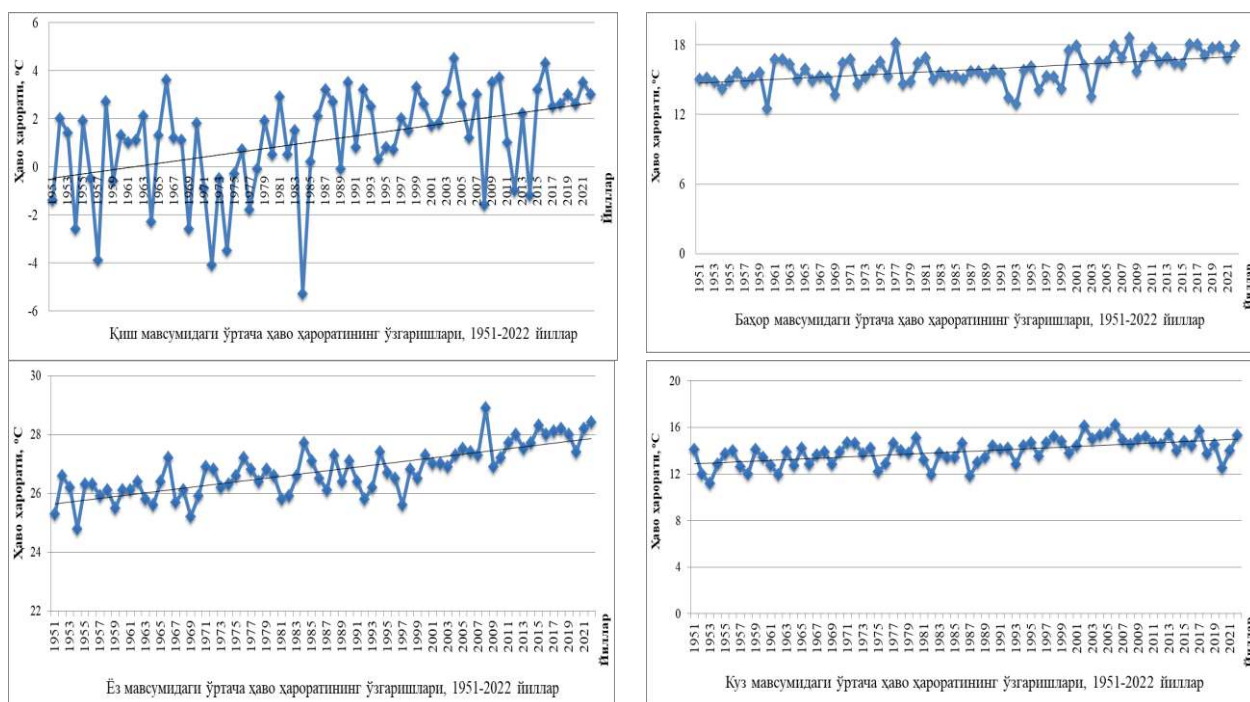
Наманган ва Поп метеорология станцияларининг 1951-2022 йиллардаги маълумотлари асосида ҳар бир ойнинг ўртача ҳароратини ўзгариши жадаллиги (тренди) аниқланди. Наманган метеорология станцияси бўйича аниқланган натижалар қуйидаги қийматларга эга бўлди (градус/йил):

январь	0,055	май	0,018	сентябрь	0,027	<b>қиш</b>	0,044
февраль	0,053	июнь	0,024	октябрь	0,026	<b>баҳор</b>	0,032
март	0,056	июль	0,032	ноябрь	0,027	<b>ёз</b>	0,031
апрель	0,023	август	0,033	декабрь	0,023	<b>куз</b>	0,029
		<b>йиллик</b>		0,034			

Натижалар шуни кўрсатмоқдаки, январь, февраль ва март ойларининг тренд қийматлари энг юқори, яъни,  $0,05^{\circ}\text{C}/\text{йил}$  дан юқорироқ кўрсаткичларни ташкил этди. Энг кичик қиймат май ойига тўғри келиб, у  $0,018^{\circ}\text{C}/\text{йил}$  га тенг бўлди. Қолган ойларда тренд  $0,023-0,033^{\circ}\text{C}/\text{йил}$  атрофида ўзгариб турган. Тренд қийматларини фасллар бўйича кўрадиган бўлсак, қиш фаслида энг юқори ( $0,044^{\circ}\text{C}/\text{йил}$ ), куз фаслида ( $0,029^{\circ}\text{C}/\text{йил}$ ) эса энг кичик эканлиги малум бўлди. Тренд бўйича йиллик қиймат  $0,034^{\circ}\text{C}/\text{йил}$  га тенг бўлди. Қуйидаги 3-расмда Наманган метеорология станцияси маълумотлари асосида ўртача мавсумий, 4-расмда эса ўртача йиллик ҳаво ҳароратларининг хронологик графиклари келтирилган.

Поп метеорология станциясининг 1951-2022 йиллардаги маълумотлари асосида ҳар бир ойнинг ўртача ҳаво ҳароратининг ўзгариш жадаллиги (тренд) аниқланди ва у қуйидаги қийматларга эга бўлди (градус/йил):

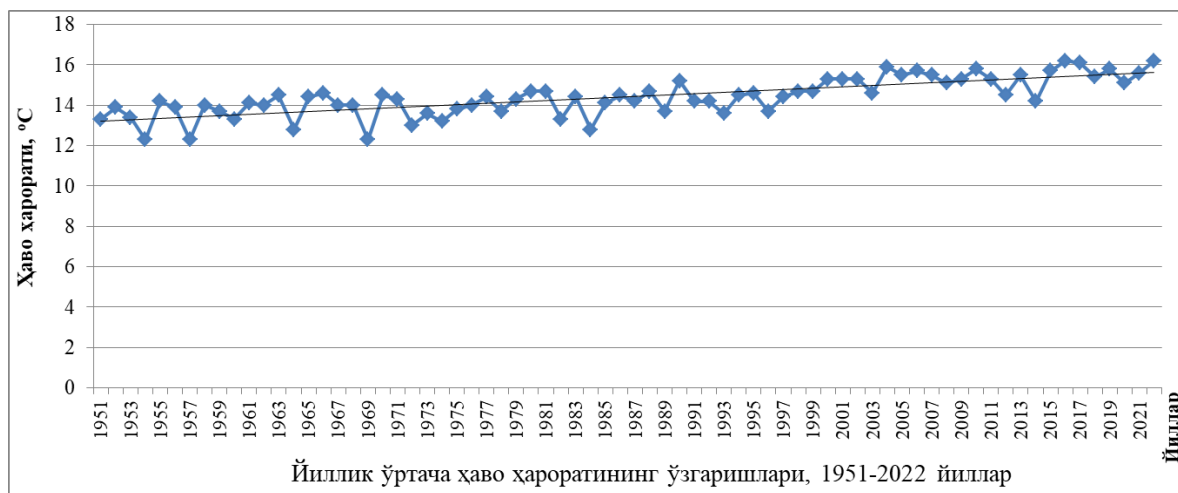
январь	0,043	май	0,018	сентябрь	0,023	<b>қиш</b>	0,031
февраль	0,041	июнь	0,026	октябрь	0,020	<b>баҳор</b>	0,030
март	0,050	июль	0,027	ноябрь	0,029	<b>ёз</b>	0,026
апрель	0,021	август	0,024	декабрь	0,009	<b>куз</b>	0,024
		<b>йиллик</b>		0,028			



**3-расм. Наманган метеорология станциясида ўртача мавсумий ҳаво ҳароратининг ўзгаришлари, °C**

**Рис. 3. Среднесезонные изменения температуры воздуха на метеорологической станции Наманган, °C**

**Fig. 3. Average seasonal air temperature changes on Namangan meteorological station, °C**



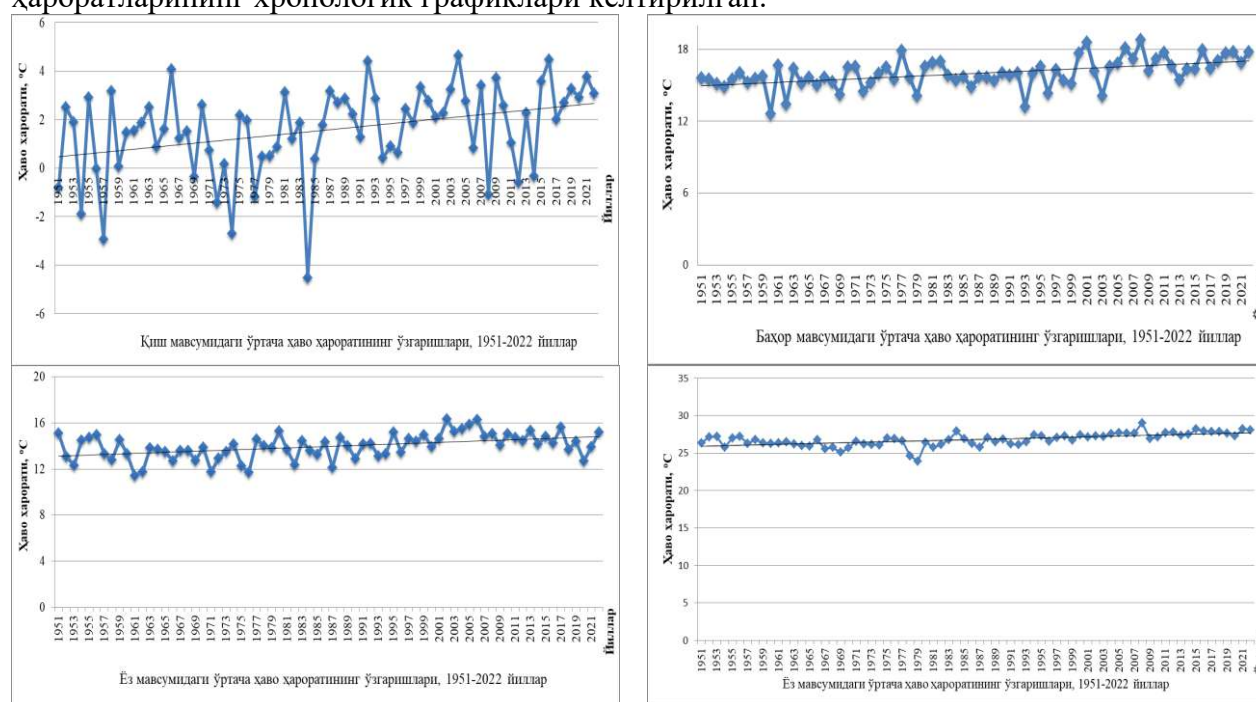
**4-расм. Наманган метеорология станциясида ўртача йиллик ҳаво ҳароратининг ўзгаришлари, °C**

**Рис. 4. Среднегодовые изменения температуры воздуха на метеорологической станции Наманган, °C**

**Fig. 4. Average annual air temperature changes on Namangan meteorological station, °C**

Натижалар шуни кўрсатмоқдаки, Поп метеорология станциясида ҳам Наманган метеорология станцияси каби январь, февраль ва март ойларининг тренд қийматлари бошқа ойларга нисбатан юқори бўлди. Март ойининг тренд қиймати энг юқори бўлиб,  $0,050^{\circ}\text{C}/\text{йил}$  ни ташкил этган бўлса, энг кичик қиймат декабр ойига тўғри келди ( $0,009^{\circ}\text{C}/\text{йил}$ ). Қолган ойларда тренд  $0,018\text{-}0,029^{\circ}\text{C}/\text{йил}$  атрофида ўзгариб турган.

Тренд қийматларини фасллар бўйича кўрадиган бўлсак, киш ва баҳор фаслида қарийб бир хил, яъни,  $0,031\text{-}0,030^{\circ}\text{C}/\text{йил}$  ни ташкил этди. Худди шу сингари ёз ва куз фаслида ҳам деярли бир хил қийматга:  $0,026\text{-}0,024^{\circ}\text{C}/\text{йил}$  га тенг бўлди. Тренд бўйича йиллик қиймат  $0,028^{\circ}\text{C}/\text{йил}$  ни ташкил этди. Бу Наманган метеорология станциясига нисбатан бир оз пастроқ кўрсаткич ҳисобланади. Қуйидаги 5-расмда Поп метеорология станцияси маълумотлари асосида ўртача мавсумий, 6-расмда эса ўртача йиллик ҳаво ҳароратларининг хронологик графикалари келтирилган.



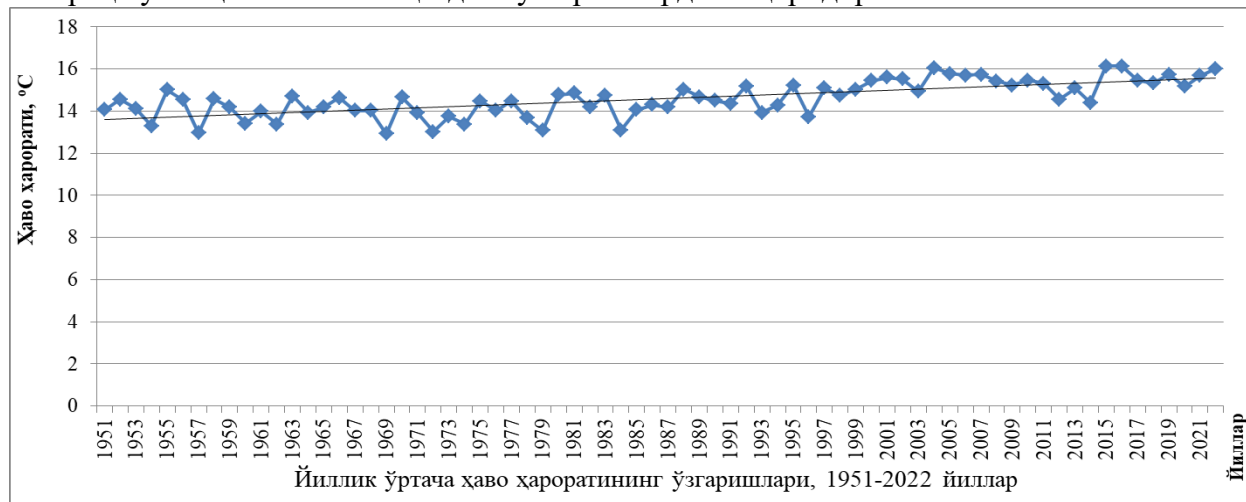
**5-расм. Поп метеорология станциясида ўртача мавсумий ҳаво ҳароратининг ўзгаришлари, °C**

**Рис. 5. Среднесезонные изменения температуры воздуха на метеорологической станции Пап, °C**

**Fig. 5. Average seasonal air temperature changes on Pap meteorological station, °C**

**Хулоса.** Наманган вилоятидаги 2 та йирик – Наманган ва Поп метеорология станцияларининг маълумотларини статистик таҳлили натижаларига асосланиб айтганда, глобал иқлим ўзгариши шароитида Наманган вилоятида ҳаво ҳарорати Ер юзасининг глобал сирт ҳароратига нисбатан қарийб 2 баробар юқори қийматларда исиб бормоқда. Жумладан, Наманган метеорология станцияси маълумотларига кўра, сўнгги 22 йиллик даврдаги (2001-2022 йй.) ўртача йиллик ҳаво ҳарорати 1881-1960 йиллардагига нисбатан  $2,0^{\circ}\text{C}$  га ортиб, глобал миқёсдаги ўзгаришлардан 2 баробар юқори бўлган. Поп метеорология станциясидаги кўрсаткичлар мана шу давр оралиғида ҳаво ҳарорати  $1,4^{\circ}\text{C}$  га

ортганлигини кўрсатмоқда. Бу қийматлар Наманган метеорология станциясига нисбатан пастроқ бўлса ҳам глобал миқёсдаги ўзгаришлардан юқоридир.



**б-расм. Поп метеорология станциясида ўртача йиллик ҳаво ҳароратининг ўзгаришлари, °C**

**Рис. 6. Среднегодовые изменения температуры воздуха на метеорологической станции Пап, °C**

**Fig. 6. Average annual air temperature changes on Pap meteorological station, °C**

Таҳлил натижаларига кўра, Наманган ва Поп метеорология станцияларининг ҳар иккаласида ҳам январь, февраль ва март ойларининг тренд қийматлари бошқа ойларга нисбатан юқори бўлиб, ҳаво ҳарорати жадаллик билан исиб бормоқда. Ҳаво ҳароратини мавсумлар бўйича ўзгаришларининг таҳлиллари кўрсатишича, ҳароратни юқорирок қийматларда ортиши, асосан, совуқ ойларга (қиш фаслига), нисбатан кичик қийматларда ортиши эса ёз ва куз фаслларига тўғри келмоқда.

## АДАБИЁТЛАР

*Камолов Б.А.* Умумий ер билимига чизгилар. Ўқув қўлланма. – Наманган, 2014 й. – 84 б.

*Камолов Б.А., Умурзақова У.Н.* Наманган вилояти ер ва сув ресурсларидан фойдаланишни оптималлаштириш имкониятлари (Монография). – Тошкент, “Bookmany print”, 2023 й. – 118 б.

*Раҳимов Э., Далмурадова Н., Дехконова М.* Ўзбекистон Республикаси ҳудудида жойлашган метеорологик станцияларнинг қисқача таҳлили // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. №2, 2021. – Б. 225-237.

*Холматжанов Б.М.* Региональная циркуляция атмосферы, особенности ее влияния на изменение климата Средней Азии и загрязнение воздуха в горных районах Узбекистана. Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук. – Ташкент, 2019. – 299 с.

*Hoegh-Guldberg O., Jacob D., Taylor M., Guillén B.T., Bindi M., Brown S., Camilloni I.A., Diedhiou A., Djalante R., Ebi K., Engelbrecht F., Guiot J., Hijioka Y., Mehrotra S., Hope C.W., Payne A.J., Pörtner H.-O., Seneviratne S.I., Thomas A., Warren R., Zhou G.* The human imperative of stabilizing global climate change at 1.5°C // Science. №365. 2019. – P. 69-74.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom and New York, “Cambridge University Press”. 2021. – P. 23-91.

Schäfer M., Hase V., Mahl D., Krayss X. From “Climate Change” to “Climate Crisis”? Analyzing Changes in Global News Nomenclature from 1996 to 2021. // Bergen Language and Linguistics Studies. №13(1). 2023. – P. 2-18.

Karl T.R., Trenberth K.E. Modern Global Climate Change // Science. №302. 2003. – P. 1719-1723.

Zi H., Jing X., Liu A., Fan X., Chen S.-C., Wang H., He J.-S. Simulated climate warming decreases fruit number but increases seed mass // Global Change Biology. №29. 2023. – P. 841–855.

*Электрон ресурслар:*

Global Warming vs. Climate Change. URL: <https://climate.nasa.gov/global-warming-vs-climate-change/>

Иқлим ўзгариши бўйича Ўзбекистон томонидан кўриладиган чоралар ва ҳаракатлар. URL: <https://hydromet.uz/uz/node/609>

Шавкат Мирзиёев БМТдаги нутқида Самарқандда бўлиб ўтадиган халқаро иқлим форумида иқлим резолюциясини муҳокама қилишни таклиф этди. URL: <https://eco.gov.uz/uz/site/news?id=3562>

World of Change: Global Temperatures. URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>

## ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НАМАНГАНСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

М.Р. КОРИЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Наманганский государственный университет, qoriyevmirzohid@mail.ru

**Аннотация.** В статье описано изменение температуры воздуха Наманганской области в условиях глобального изменения климата. Изменения температуры воздуха были получены путем расчета тренда с использованием уравнения прямой линии. Для определения изменений температуры воздуха использовались данные среднемесячной и годовой температуры воздуха метеорологических станций Наманган и Пап за 1951-2022 гг.

**Ключевые слова:** глобальное изменение климата, температура воздуха, уравнение прямой, значения тренда, хронологические графики, Наманганская область.

## CHANGES IN THE AIR TEMPERATURE OF NAMANGAN PROVINCE IN THE CONDITIONS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE

M.R. KORIYEV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Namangan State University, qoriyevmirzohid@mail.ru

**Abstract.** The article describes changes in the air temperature of Namangan region under the conditions of global climate change. Air temperature changes were made by calculating the trend using a straight line equation. Average monthly and annual air temperature data of Namangan and Pap meteorological stations for 1951-2022 were used to determine the changes in air temperature.

**Keywords:** global climate change, air temperature, straight line equation, trend values, chronological graphs, Namangan province.

## REFERENCES

Kamolov B.A. Umumiy yer bilimiga chizgilar. O‘quv qo‘llanma [General Earth Knowledge. Study guide]. – Namangan, 2014 y. – 84 b. (in Uzbek)

*Kamolov B.A., Umurzaqova U.N.* Namangan viloyati yer va suv resurslaridan foydalanishni optimallashtirish imkoniyatlari (Monografiya) [Opportunities to optimize the use of land and water resources of Namangan province (Monography)]. – Toshkent, “Bookmany print”, 2023 y. – 118 b. (in Uzbek)

*Kholmatjanov B.M.* Regionalnaya sirkulyatsiya atmosferi, osobnosti yeyo vliyaniya na izmenenie klimata Sredney Azii i zagryaznenie vozduxa v gornix rayonax Uzbekistana [Regional atmospheric circulation, features of influence on climate change in Central Asia and air pollution in the mountain regions of Uzbekistan] // –Tashkent, 2019. – 299 s. (in Russian)

*Rahimov E., Dalmuradova N., Dexkonova M.* O‘zbekiston Respublikasida hududida joylashgan meteorologik stansiyalarning qisqacha tahlili [Brief analysis of meteorological stations located in the territory of the Republic of Uzbekistan]. Energiya va resurs tejash muammolari. №2, 2021. – B. 225-237. (in Uzbek)

*Electronic resources:*

Global Warming vs. Climate Change. URL: <https://climate.nasa.gov/global-warming-vs-climate-change/>

Iqlim o‘zgarishi bo‘yicha O‘zbekiston tomonidan ko‘riladigan choralar va harakatlar [Measures and actions taken by Uzbekistan on climate change]. URL: <https://hydromet.uz/uz/node/609> (in Uzbek)

Shavkat Mirziyoyev BMTdagi nutqida Samarqandda bo‘lib o‘tadigan xalqaro iqlim forumida iqlim rezolyutsiyasini muhokama qilishni taklif etdi [In his speech at the UN, Shavkat Mirziyoyev suggested discussing the climate resolution at the international climate forum to be held in Samarkand]. URL: <https://eco.gov.uz/uz/site/news?id=3562> (in Uzbek)

World of Change: Global Temperatures. URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>

**ГИДРОЛОГИЯ / HYDROLOGY**

УДК: 556.552

**ИҚЛИМ ШАРОИТИНИНГ СУВ ОМБОРЛАРИДАН ҚУЙИ  
БЪЕФЛАРГА ТАШЛАНАДИГАН СУВ САРФЛАРИНИНГ  
МАКСИМАЛ МИҚДОРЛАРИГА ТАЪСИРИ****Б.Ф. ҲИКМАТОВ<sup>1</sup>, Б.Р. РАПИҚОВ<sup>2\*</sup>**<sup>1</sup> ФВВ Академияси ҳузуридаги Фуқаро муҳофазаси институти<sup>2</sup> Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, barkamol\_rapiqov@mail.ru

**Аннотация.** Мақола энергетик режимда эксплуатация қилинадиган сув омборлари тўғонларидан қуйи бьефларга ташланадиган сув сарфлари максимал миқдорларининг об-ҳаво ва иқлим шароитларига боғлиқлигини Тўхтағул сув омбори мисолида ўрганишга бағишланган. Шу мақсадда мазкур сув омбори тўғонидан куз-қиш мавсумларида унинг қуйи бьефига ташланадиган максимал сув сарфлари билан ҳаво ҳароратлари орасидаги боғланиш статистик баҳоланган ( $r=0,911\pm 0,008$ ) ва ушбу боғланишнинг регрессия тенгламаси олинган. Натижада, Норин дарёсида куз-қиш мавсумларида кузатилиши мумкин бўлган максимал сув сарфларини ҳаво ҳароратига боғлиқ ҳолда прогнослаш имконияти яратилган.

**Калит сўзлар:** сув омбори, тўғон, қуйи бьеф, максимал сув сарфлари, ҳаво ҳарорати, сув тошқинлари, баҳолаш.

**Кириш.** Бугунги кунда, дунёдаги махсус илмий марказларда хавфли гидрологик жараёнлар, хусусан, сув омборлари тўғонларининг турли омиллар таъсирида ўпирилиши, сув омборлари энергетик режимда эксплуатация қилинганда, куз-қиш мавсумларида уларнинг тўғонларидан қуйи бьефларга чиқариладиган сув сарфларининг максимал миқдорларгача ортиши, буларнинг оқибатида келиб чиқадиган сув тошқинлари, сел оқимлари каби хавфли гидрометеорологик ҳодисаларни тадқиқ этишга алоҳида эътибор қаратилмоқда [Абдухалилов, 2021; Рапиқов, 2022; Ҳикматов, 2023; Ҳикматов, Рапиқов, 2021; Khikmatov, Dergacheva, 2020]. Шунингдек, дарёларнинг турли келиб чиқишли максимал сув сарфлари билан боғлиқ бўлган офатлар охириги йилларда тез-тез такрорланмоқда. Улар иқтисодий тармоқларига, аҳолига жуда катта моддий ва маънавий зарар келтириш билан бирга, ҳатто инсонларнинг ҳалок бўлишига ҳам сабаб бўлмоқда [Арсенъев, 2005; Денисов, 1986; Никитин, 1991; Шахидов, 2007]. Шу туфайли, ҳозирги кунда, энергетик режимда ишлаётган сув омборларидан қуйи бьефларга ташланадиган максимал сув сарфларининг гидрометеорологик ҳамда ижтимоий-иқтисодий шароитларга боғлиқлигини ўрганишга қаратилган тадқиқотлар **долзарб** аҳамият касб этади.

**Ишнинг мақсади ва вазифалари.** Мазкур ишнинг асосий мақсади об-ҳаво шароитининг сув омборлари қуйи бьефларига ташланадиган сув сарфлари максимал миқдорларига таъсирини бугунги кунда энергетик режимда эксплуатация қилинаётган Тўхтағул сув омбори мисолида ёритишдан иборат. Тадқиқотнинг мақсадига мос равишда, Тўхтағул сув омбори тўғонидан қуйи бьефга ташланадиган ўртача кунлик максимал сув сарфларини таҳлил қилиш, уларни ҳаво ҳароратига боғлиқлигини статистик баҳолаш ва олинган натижалардан амалда фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш каби масалалар ишнинг асосий вазифалари ҳисобланади.

Мақоланинг **тадқиқот объекти** сифатида Тўхтағул сув омбори ва унинг тўғонидан

---

\*Масъул муаллиф: barkamol\_rapiqov@mail.ru, тел.: +99891 164-05-04

қуйи бьефга ташланадиган кунлик максимал сув сарфлари олинди. Сув омбори тўғонидан қуйи бьефга ташланадиган сув сарфларининг гидрометеорологик ва ижтимоий-иқтисодий шароитларга боғлиқлигини таҳлил этиш ишнинг **тадқиқот предмети**ни белгилаб беради.

**Қисқача маълумотнома.** Жорий 2023 йилнинг 26 январь куни оммавий ахборот воситалари ва ижтимоий тармоқларда Норин дарёсининг қуйи оқимида, яъни унинг Наманган вилоятининг Норин туманидан оқиб ўтувчи қисмида дарё қирғоқларининг ўпирилиши билан боғлиқ бўлган фавқулодда вазият юзага келганлиги тўғрисида хабарлар тарқалди. Ушбу фавқулодда вазиятнинг юзага келишига Тўхтагул сув омбори тўғонидан қуйи бьефга бир неча кун давомида катта миқдорда сув ташланиши сабаб бўлган. Дарё қирғоқларини мустаҳкамлаш ишларига Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлиги ва унинг Наманган вилояти бошқармаси, Ички ишлар вазирлиги ва унинг вилоят бошқармаси, Миллий гвардия, Наманган вилояти ҳокимлиги вакиллари ҳамда Фавқулодда вазиятлар давлат тизими (ФВДТ) мутахассислари ва ходимлари жалб қилинди (1-3-расмлар).



1-расм. Норин дарёсининг сув босган сохиллари

Рис. 1. Затопленные берега реки Нарын

Fig. 1. Flooded banks of the Naryn River



2-расм. Ишчи гуруҳ воқеа жойида

Рис. 2. Рабочая группа на месте происшествия

Fig. 2. A working group at the place of the incident



3-расм. Норин дарёси қирғоқларининг ўпирилиши натижасида юзага келган фавқулодда вазиятни бартараф этиш ишлари

Рис. 3. Работы по ликвидации чрезвычайной ситуации, вызванной размывом берегов реки Нарын

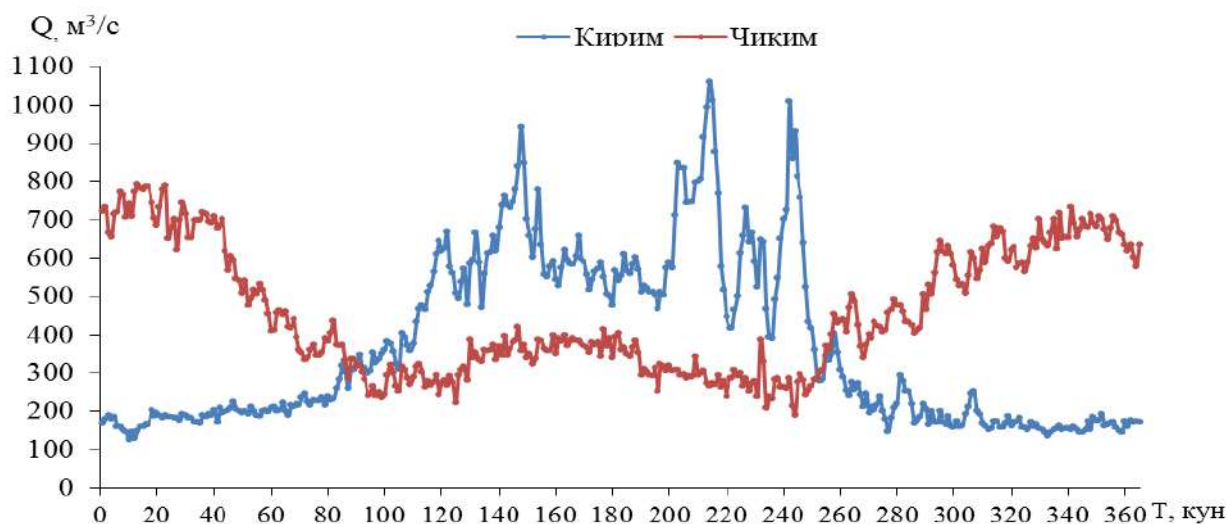
Fig. 3. Work to eliminate the emergency situation caused by the erosion of the banks of the Naryn River



Қисқа вақт ичида Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлиги Фавқулодда вазиятлар давлат тизими (ФВДТ) билан ҳамкорликда ўз тасарруфларидаги мавжуд куч ва техника воситаларини ишга солдилар. Улар биргаликда, зудлик билан Норин дарёсининг шикастланган қирғоқларини мустаҳкамлаш ишларини бошлаб юбордилар. Алоҳида таъкидлаш лозимки, юзага келган хатарли вазиятни бартараф этишда Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазири, генерал-майор А.Х.Қўлдошев ва вазир ўринбосари, полковник А.Ж.Раматовлар бевосита иштирок этдилар. Ушбу ўта маъсулиятли тадбирларга ФВДТга кирувчи вазирлик ва идораларнинг 381 нафар ишчи ва ходимлари, 112 та махсус техника воситалари жалб этилди. Натижада мазкур фавқулодда вазият туфайли юзага келиши мумкин бўлган техноген хавф – катта сув тошқинларининг олди олинди. Улар ёрдамида Норин дарёсининг сув ювиб кетган, ўпирилган қирғоқлари 990 м<sup>3</sup> ҳажмдаги харсанг тошлар ва 765 м<sup>3</sup> ҳажмдаги кум-шағал материаллари билан мустаҳкамланиб, асл ҳолатига келтирилди.

**Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** Юзага келган ушбу фавқулодда ҳолат Тўхтағул сув омбори ва унинг энергетик режимда эксплуатация қилиниши билан бевосита боғлиқдир. Чунки, охириги ўн йилликларда қўшни Қирғизистон Республикаси Тўхтағул сув омборини асосан энергетика мақсадларида эксплуатация қилиб келмоқда [Рапиқов, 2022; Ҳикматов, Рапиқов, 2021]. Натижада, Норин дарёсининг ҳозирги кундаги гидрографининг шакли унинг табиий сув режимини ифодаловчи гидрографининг бутунлай тескари кўринишига келган (4-расм).

Қиш ойларида электр энергиясига талаб ортиши сабабли, Тўхтағул ГЭС ҳам максимал қувват билан ишлай бошлайди. Бунинг оқибатида Норин дарёсида максимал сув сарфлари ҳам, 4-расмда кўрсатилганидек, айнан қиш ойларида кузатилади. Ушбу графикдаги «Кириш»ни ифодаловчи сув сарфлари маълумотлари Қирғизистон Миллий Энергохолдинг компаниясига тегишли бўлса, «Чиқим»ни ифодаловчи сув сарфлари эса Ўзгидрометнинг «Учқўрғон» гидрология станциясида ўлчанган.



4-расм. Тўхтағул сув омборининг кириш ва чиқим қисмлари элементларининг йил давомида ўзгаришлари (2020 йил)

Рис. 4. Изменения элементов притока и оттока Токтогульского водохранилища в течение года (2020 г.)

Fig. 4. Changes in the inflow and outflow elements of the Tokhtogul reservoir during the year (2020)

Демак, 4-расмдаги гидрографлар номутаносиблигининг асосий сабаби – киш ойларида ҳаво ҳароратининг кескин пасайиши ва, шу туфайли, электр энергияси ишлаб чиқаришга бўлган талабнинг ортишидир. Бунга эришиш учун эса сув омбори тўғонидан унинг қуйи бьефига чиқариладиган сув миқдорини кескин кўпайтириш лозим бўлади. Қуйида айнан шу жараённинг гидрометеорологик жиҳатларини ёритишга ҳаракат қиламиз.

Тадқиқотда белгиланган мақсадга эришиш учун Норин дарёсининг Ўзгидромет тасарруфидаги Учкўрғон гидрометеорология станциясида кузатилган ҳаво ҳароратлари маълумотларидан фойдаландик. Тўхтағул сув омбори тўғонидан қуйи бьефга ташланган сув сарфлари ҳақидаги маълумотлар эса, юқорида қайд этилганидек, Қирғизистон Миллий Энергохолдинг компанияси муҳандислик хизматидан олинди. Ушбу гидрометеорологик маълумотлар асосида 2022 йилнинг сентябрь-декабрь ҳамда 2023 йилнинг февралда вазиятлар юзага келган январь-февраль ойларида кузатилган сув сарфлари ва ҳаво ҳароратларининг хронологик графиклари биргаликда чизилди [Алексеевский, 2006]. Графикдан кўриниб турибдики, Тўхтағул сув омборидан қуйи бьефга чиқарилган ўртача кунлик сув сарфлари билан ҳаво ҳароратининг тебранишларида тескари мутаносиблик мавжуд, яъни ҳаво ҳарорати пасайиши билан қуйи бьефга чиқарилган сув миқдори ортиб борган (5-расм).

Ушбу график асосида ҳаво ҳарорати билан сув омбори тўғонидан қуйи бьефга чиқарилган сув миқдорларининг ўзгаришлари таҳлил қилинди. Жумладан, 2023 йилнинг 11 январидан 21 январигача ҳудудда ўртача кунлик ҳаво ҳарорати ( $-10^{\circ}\text{C}$  гача) кескин пасайиб кетган, тунги соатларда эса ҳаво ҳарорати  $-20^{\circ}\text{C}$  дан ҳам паст бўлган. Шу туфайли электр энергиясига талаб ортиб, Тўхтағул ГЭС тўла қувватда ишлай бошлаган. Бу ҳолат сув омборидан қуйи бьефга чиқариладиган сув миқдорининг ортишига олиб келган.



**5-расм. Тўхтағул сув омбори тўғонидан қуйи бьефга ташланган сув сарфлари (Q) билан ҳаво ҳарорати (t) нинг ўзгаришлари (2022-2023 йй. куз-киш мавсуми)**

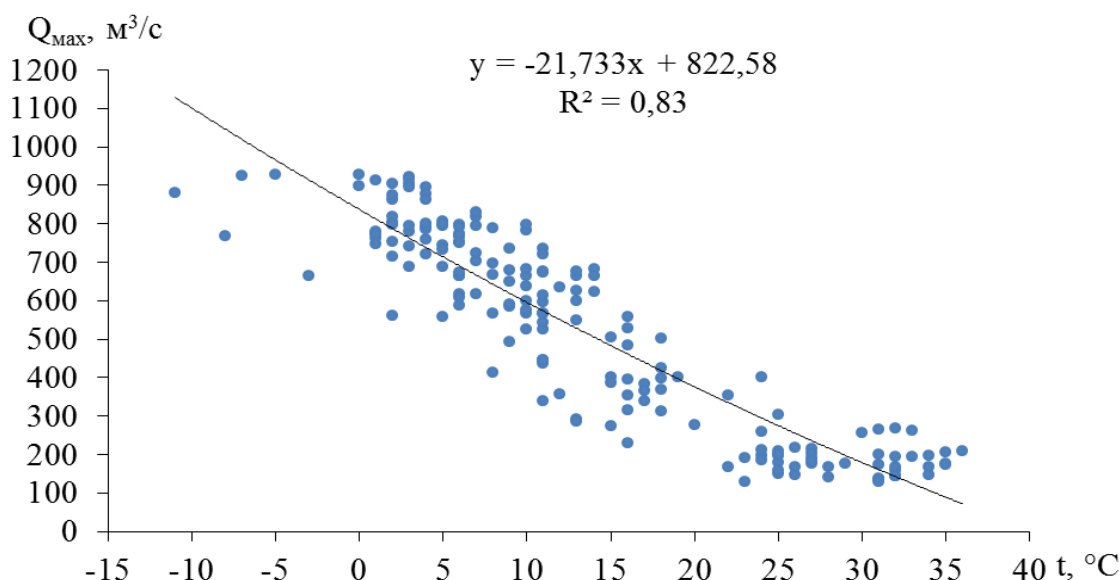
**Рис. 5. Изменения температуры воздуха (t) и расходов воды (Q), сбрасываемых через плотины Токтагульского водохранилища (осенне-зимний сезон 2022-2023 гг.)**

**Fig. 5. Changes in air temperature (t) and water flow rates (Q) discharged through the dams of the Tokhtagul reservoir (autumn-winter season, 2022-2023)**

Шу кунларда ўртача кунлик максимал сув сарфи  $1000 \text{ м}^3/\text{с}$  гача етган. Бу микдор 12 январдан 28 январгача, яъни 17 кун сақланиб турган.

Айнан шу ҳолат, яъни сув омбори тўғонидан қуйи бьефга чиқарилган максимал микдордаги сув сарфларининг бир неча кун давомида ўзгармаганлиги Норин дарёсининг қуйи оқими, яъни Ўзбекистоннинг Наманган вилояти Норин туманидан оқиб ўтувчи қисмининг қирғоқларига жиддий зарар келтирган. Таъкидлаш лозимки, биз тадқиқотимизда ўртача кунлик сув сарфлари маълумотларига таяниб иш кўрдик. Аниқки, оний (срочный) максимал сув сарфлари  $1000 \text{ м}^3/\text{с}$  дан ҳам катта бўлган.

Тадқиқотда, олинган натижаларнинг амалий аҳамиятини ошириш мақсадида, Тўхтағул сув омборидан куз-қиш мавсумида чиқарилган ўртача кунлик максимал сув сарфлари билан ўртача кунлик ҳаво ҳароратлари орасидаги боғланиш статистик баҳоладди (6-расм).



**6-расм. Тўхтағул сув омборидан куз-қиш мавсумларида чиқарилган максимал сув сарфларининг ҳаво ҳароратига боғлиқлиги, 2022-2023 йй.**

**Рис. 6. Зависимость максимальных расходов воды, попускаемых из Токтагульского водохранилища в осенне-зимний сезон от температуры воздуха, 2022-2023 гг.**

**Fig. 6. Dependence of the maximum water flows released from the Tokhtagul reservoir on air temperature in the autumn-winter season, 2022-2023**

График икки ўзгарувчи, яъни сув омборидан 2022-2023 йил куз-қиш мавсумида чиқарилган ўртача кунлик максимал сув сарфлари ( $Q_{\text{max}}$ ) билан шу саналардаги ҳаво ҳароратлари ( $t$ ) орасидаги боғланишни статистик баҳолаш имконини берди. Ўзгарувчилар орасидаги боғланишни ифодаловчи регрессия тенгламаси қуйидагича кўринишда олинди:

$$Q_{\text{max}} = -21,73t + 822,6, \quad (1)$$

бу ерда:  $Q_{\text{max}}$  – ўртача кунлик максимал сув сарфлари;  $t$  – ҳаво ҳарорати.

Юқоридаги регрессия тенгламаси аниқлигининг статистик кўрсаткичи – жуфт корреляция коэффиценти қийматининг  $r \pm \sigma_r = 0,911 \pm 0,008$  га тенг эканлиги аниқланди. Бу рақамлар ушбу боғланишдан амалиётда фойдаланиш имконияти мавжуд эканлигидан далолат беради. Жумладан, юқорида келтирилган регрессия тенгламасидан фойдаланиб,

Норин дарёсида куз-қиш мавсумида кузатилиши мумкин бўлган максимал сув сарфларини ҳаво ҳароратига боғлиқ ҳолда олдиндан айтиш мумкин. Энг муҳими, ўртача кунлик сув сарфлари тўғрисидаги маълумотларнинг Қирғизистон Миллий Энергохолдинг компаниясига тегишли эканлигини ҳамда ҳаво ҳароратининг Ўзгидромет тизимида стандарт талаблар асосида ўлчаб борилишини ҳисобга олсак, бажарилган тадқиқот натижаларининг ишончилиги ҳақида ижобий хулоса қилиш имконини беради.

**Хулоса.** Охириги ўн йилликларда энергетик режимда эксплуатация қилинаётган Тўхтағул сув омбори тўғонидан қуйи бьефга ташланадиган ўртача кунлик сув сарфларининг максимал қийматларгача ортиши натижасида, Сирдарё ва Норин дарёларининг қирғоқлари, соҳилларида сув тошқинлари, сув босиши каби ҳалокатли ҳодисалар тез-тез кузатилмоқда. Бундай салбий гидрологик ҳодисаларнинг келажакда Тожикистондаги Норақ сув омборида ёки ҳозирги кунда қурилиши давом этаётган Роғун каби йирик сув омборлари қуйи бьефларида ҳам кузатилиши мумкинлигини ҳеч ким инкор эта олмайди. Бу ҳолат мазкур йўналишдаги тадқиқотларни изчил давом эттиришни тақозо этади.

**Миннатдорчилик.** Муаллифлар ушбу илмий мақолани тайёрлаш жараёнида ўз ёрдами ва илмий маслаҳатларини аямаган устозларга, жумладан, Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети Қуруқлик гидрологияси кафедраси профессор-ўқитувчиларига ҳамда Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлиги Академияси ҳузуридаги Фуқаро муҳофазаси институти олимларига ўзларининг чуқур миннатдорчиликларини изҳор этадилар.

**Муаллифлар ҳиссаси.** **Б.Ф.Ҳикматов:** методология, мақола ғояси, олинган натижаларнинг таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Б.Р.Рапиқов:** тадқиқот учун зарур бўлган гидрометеорологик маълумотларни тўплаш, уларни бирламчи қайта ишлаш, мавзу доирасида тегишли гидрологик ҳисоблашларни бажариш, олинган натижаларнинг таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. Муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган матнини ўқиб чиқдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

*Абдухалилов Д.* Энергетика тизимида гидроэлектр станцияларининг ўрни ва келажакдаги кўрсаткичлари // «Ўзбекгидроэнергетика» илмий-техник журнали, 2-сон. – Тошкент, 2021. – Б. 31-32.

*Алексеевский Н.И.* Гидрофизика: учебник для студентов вузов. – М.: ИЦ «Академия», 2006. – 176 с.

*Арсеньев Г.С.* Основы управления гидрологическими процессами: водные ресурсы. Учебник. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2005. – 231 с.

*Авакян А.Б., Салтанкин В., Шаранова В.А.* Водохранилища. – М.: Мысл, 1987. – 325 с.

Гидрологический режим водохранилищ Подмосковья (наблюдения, диагноз, прогноз). Под редакцией К.К.Эдельштейна. – М.: Изд-во «Перо», 2015. – 286 с.

*Готлиб Я.Л., Жидких В.М., Сокольников Н.М.* Тепловой режим водохранилищ электростанций. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 203 с.

*Денисов Ю.М.* О расчете максимальных расходов воды дождевых паводков // Тр. САРНИГМИ. – М.: Гидрометеоиздат, 1986. – С.23-43.

Ирригация Узбекистана. Том III. – Ташкент: Фан, 1979. – 357 с.

*Мамедов М.А.* Расчеты максимальных расходов воды горных рек. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 184 с.

*Никитин А.М.* Водохранилища Средней Азии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 163 с.

*Рапиқов Б.Р.* Норин дарёси оқимининг ўзгарувчанлигига Тўхтағул сув омборининг таъсири // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. 62-жилд. – Тошкент, 2022. – Б. 111-116.

Шахидов А.Ф. Расчёт смешанных максимальных расходов воды горных рек. – Ташкент: НИГМИ, 2007. – 91 с.

Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ. – М.: Изд-во «Перо», 2014. – 399 с.

Хикматов Б.Ф. Дарёлар ва тўғонли сув хавзаларидан оқиб чиқадиган эҳтимолий максимал сув сарфларини ҳисоблаш. – Тошкент, 2023. – 184 б.

Хикматов Ф., Рапиқов Б. Тўхтагул сув омборининг энергетик режимга ўтказилиши ва бу жараён билан боғлиқ бўлган муаммолар // «Ўзбекгидроэнергетика» илмий-техник журнали, 2-сон. – Тошкент, 2021. – Б. 36 – 38.

Khikmatov B., Dergacheva I., Starovатов A., Khikmatov F. Calculation of the hydrograph of the breakthrough of high mountain lakes in Uzbekistan (Examples of Ilnach-large lake)// TEST Engineering and Management, Volume 83, March – April 2020, – PP. 8508-8515.

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ, СБРАСЫВАЕМЫХ В НИЖНИЙ БЬЕФ ВОДОХРАНИЛИЩ

Б.Ф. ХИКМАТОВ<sup>1</sup>, Б.Р. РАПИКОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт гражданской защиты при Академии МЧС

<sup>2</sup> Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, barkamol\_rapiqov@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена изучению зависимости максимальных расходов воды, сбрасываемых в нижний бьеф через плотины водохранилищ от погодных и климатических условий, на примере Токтогульского водохранилища. С этой целью произведена статистическая оценка связи между температурой воздуха и максимальными расходами воды, сбрасываемыми из Токтогульского водохранилища в осенний и зимний сезоны в его нижний бьеф ( $r=0,911\pm 0,008$ ) и получено уравнение регрессии этой зависимости. В результате создана возможность предсказать максимальные расходы воды реки Нарын в осенне-зимние сезоны в зависимости от температуры воздуха.

**Ключевые слова:** водохранилище, плотина, нижний бьеф, максимальный расход воды, температура воздуха, наводнение, оценка.

## INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS ON THE MAXIMUM FLOWS OF WATER DISCHARGED INTO THE LOWER BIEF OF WATER RESERVOIR

B.F. KHIKMATOV<sup>1</sup>, B.R. RAPIKOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Civil Protection Institute at the Academy of the Ministry of Emergency Situations

<sup>2</sup> National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, barkamol\_rapiqov@mail.ru

**Annotation.** The article is devoted to studying the dependence of the maximum flow rates of water discharged into the lower pool through reservoir dams on weather and climatic conditions, using the Tokhtogul reservoir as an example. For this purpose, a statistical assessment of the relationship between air temperature and maximum water flows discharged from the Tohtogul reservoir in the autumn and winter seasons into its lower pool ( $r = 0.911 \pm 0.008$ ) was carried out and a regression equation for this relationship was obtained. As a result, it was possible to predict the maximum water flows of the Naryn river in the autumn-winter seasons depending on air temperature.

**Keywords:** reservoir, dam, tailwater, maximum water flow, air temperature, flood, assessment.

## REFERENCES

Abdulkhalilov D. Energetika tizimida gidroelektr stansiyalarining o'рни va kelajakdagi ko'rsatkichlari [The role of hydropower plants in the energy system and future indicators] // «O'zbekgidroenergetika» ilmiy-texnik jurnali, 2-son. – Toshkent, 2021. – B. 31 – 32. (in Uzbek)

*Alekseevskiy N.I.* Gidrofizika: uchebnik dlya studentov vuzov [Hydrophysics: a textbook for university students]. – M.: IS «Akademiya», 2006. – 176 c. (in Russian)

*Arsenev G.S.* Osnovi upravleniya gidrologicheskimi protsessami: vodnie resursi [Fundamentals of hydrological processes management: water resources]. Uchebnik. – SPB.: Izd-vo RGGMU, 2005. – 231 c. (in Russian)

*Avakyan A.B., Saltankin V., Sharapova V.A.* Vodoxranilisha [Reservoirs]. – M.: Misl, 1987. – 325 s. (in Russian)

Gidrologicheskiy rejim vodoxranilish Podmoskovya (nablyudeniya, diagnoz, prognoz) [Hydrological regime of reservoirs in the Moscow region (observations, diagnosis, forecast)]. Pod redaksiyey K.K.Edelshteyna. – M.: Izd-vo «Pero», 2015. – 286 c. (in Russian)

*Gotlib Ya.L., Jidkix V.M., Sokolnikov N.M.* Teplovoy rejim vodoxranilish elektrostansiy [Thermal regime of power plant reservoirs]. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 203 s. (in Russian)

*Denisov Yu.M.* O raschete maksimalnix rasxodov vodi dojdeyix pavodkov [On calculating the maximum water flows of rain floods]. Tr. SARNIGMI. – M.: Gidrometeoizdat, 1986. – S.23-43. (in Russian)

Irrigatsiya Uzbekistana [Irrigation of Uzbekistan]. Tom III. –Tashkent: Fan, 1979. – 357 s. (in Russian)

*Mamedov M.A.* Rascheti maksimalnix rasxodov vodi gornix rek [Calculations of maximum water flows of mountain rivers]. – L.: Gidrometeoizdat, 1989. – 184 s. (in Russian)

*Nikitin A.M.* Vodoxranilisha Sredney Azii [Reservoirs of Central Asia]. – L.: Gidrometeoizdat, 1991. – 163 s. (in Russian)

*Rapikov B.R.* Norin daryosi oqimining ozgaruvchanligiga Toxtagul suv omborining tasiri [Impact of the Tokhtagul reservoir on the variability of the flow of the Norin River] // O‘zbekiston Geografiya jamiyati axboroti. 62-jild. – Toshkent, 2022. – B. 111-116. (in Uzbek)

*Shaxidov A.F.* Raschot smeshannix maksimalnix rasxodov vodi gornix rek [Calculation of mixed maximum water flows of mountain rivers]. – Tashkent: NIGMI, 2007. – 91 s. (in Russian)

*Edelshteyn K.K.* Gidrologiya ozer i vodoxranilish [Hydrology of lakes and reservoirs]. – M.: Izd-vo «Pero», 2014. – 399 c. (in Russian)

*Khikmatov B.F.* Daryolar va togonli suv havzalaridan oqib chiqadigan ehtimoliy maksimal suv sarflarini hisoblash [Calculation of possible maximum water consumption from rivers and reservoirs with dams]. – Toshkent, 2023. – 184 b. (in Uzbek)

*Khikmatov F.X., Rapikov B.R.* Toxtagul suv omborining energetik rejimga otkazilishi va bu jarayon bilan bogliq bolgan muammolar [Transfer of Tokhtagul reservoir to energy mode and problems related to this process] «O‘zbekgidroenergetika» ilmiy-texnik jurnali, 2-son. – Toshkent, 2021. – B. 36-38. (in Uzbek)

УДК 551.1:556.3(556.55)

## ОҲАНГАРОН ҲАВЗАСИ ДАРЁЛАРИ ОҚИМИНИНГ ИҚЛИМИЙ ОМИЛЛАР ТАЪСИРИДА ЎЗГАРИШЛАРИ

Д.Ў. ЯРАШЕВ<sup>1\*</sup>, Б.Э. НИШОНОВ<sup>1,2</sup>, М.М. АБДУРАХМАНОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, dyarashev0896@gmail.com, bnishonov@mail.ru

<sup>2</sup> Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университети, abdurakhmanovmm13@gmail.com

**Аннотация:** Мақолада Оҳангарон ҳавзасида метеорологик шароитлар ва дарёларнинг гидрологик режимининг замонавий ўзгаришлари ўрганилган. Ҳавзадаги ҳаво ҳарорати, ёгингарчилик, қор қоплами ва дарёлар оқимларининг турли даврлардаги кўп йиллик ва йил ичидаги ўзгаришлари таҳлил қилинган. Оҳангарон ҳавзаси дарёларининг йиллик, вегетация ва новегиетация

\* Масъул муаллиф: dyarashev0896@gmail.com, тел.: +998 93 606-28-96

давридаги оқимлари ва ёгинлар орасидаги боғланишларнинг статик таҳлили натижалари келтирилган.

**Калит сўзлар:** Оҳангарон дарёси, дарё оқими, иқлим ўзгариши, ҳаво ҳарорати, атмосфера ёгинлари, қор қоплами, вегетация даври, жуфт корреляция коэффициентини.

**Кириш.** Ўрта Осиё минтақасида сув ресурслари халқ хўжалигининг кўплаб тармоқларида фойдаланилиши билан бирга миллий ва минтақавий хавфсизликнинг энг асосий элементларидан бири ҳисобланади. Аҳоли сонининг ортиши, минтақа иқтисодиётининг жадал ривожланиши билан боғлиқ вазиятда сувга бўлган талаб ортиб бормоқда.

Иқлим ўзгариши жараёнлари эса сув билан боғлиқ вазиятни янада мураккаблаштириши мумкин. Жаҳон метеорология ташкилоти (ЖМТ) маълумотларига кўра дунё бўйича охириги 8 йил кузатувлар тарихидаги энг иссиқ йиллар бўлди. Кузатувлар тарихидаги энг иссиқ 10 та йил ХХI асрда кузатилган [WMO, NOAA, 2023]. 2022 йилда глобал йиллик ўртача ҳаво ҳарорати саноат ривожланишидан аввалги даврга нисбатан 1,15 °C юқори бўлди [<https://public.wmo.int/en/media/press-release/past-eight-years-confirmed-be-eight-warmest-record>]. Ўртача ҳаво ҳароратининг ортиши дарё ҳавзасида музликлар деградациясига, қор қоплами шаклланишини камайишига, қисқа муддатли сел-сув тошқин ҳодисаларининг ортишига ва яқин келажакда минтақада ва айниқса аҳолиси энг кўп бўлган ҳамда суғорма деҳқончилик асосий хўжалик фаолияти бўлган Ўзбекистонда сув таъминотида қўшимча хавфларни келтириб чиқаради [Turaeva, 2021].

Республикамизни сув билан таъминловчи асосий дарёлар трансчегаравий дарёлар бўлганлиги сабабли, кам сувли йилларда ички сув ресурсларининг аҳамияти янада ошади. Бу эса сув ресурслари билан барқарор таъминлаш учун мамлакатимиз ҳудудида шаклланадиган дарёларнинг сув ресурслари ва уларнинг сўнгги йиллардаги ўзгариш тенденцияларини таҳлил қилишни талаб этади.

**Тадқиқотнинг мақсади** иқлим ўзгариши шароитида Охангарон дарёси ҳавзасининг гидрометеорологик шароитини ўрганиш ва сув ресурсларини баҳолашдан иборат.

Тадқиқот мақсадига мувофиқ қуйидаги вазифалар белгилаб олинди.

1. Охангарон дарёси ҳавзасидаги гидрометеорологик шароит, хусусан, ёгингарчилик, ҳаво ҳарорати, қор қопламининг давомийлиги каби кўрсаткичларнинг иқлим ўзгариши шароитидаги режимини комплекс таҳлил қилиш.

2. Ангрэн ва Дуқант метеорология станцияларининг тарихий қайд этилган маълумотларини ўрганиб, ойлик ва йиллик ҳарорат ҳамда ёгингарчилик ўзгаришларининг тенденцияларини аниқлаш.

3. Ҳавзадаги қор қопламга иқлим ўзгаришининг таъсирини ўрганиш, қор қопламининг қалинлиги, давомийлиги ва даврининг бошланишининг ўзгаришини, қор қопламининг ўзгариши динамикасини ва қор эриши вақтини ойлар бўйича таҳлил қилиш.

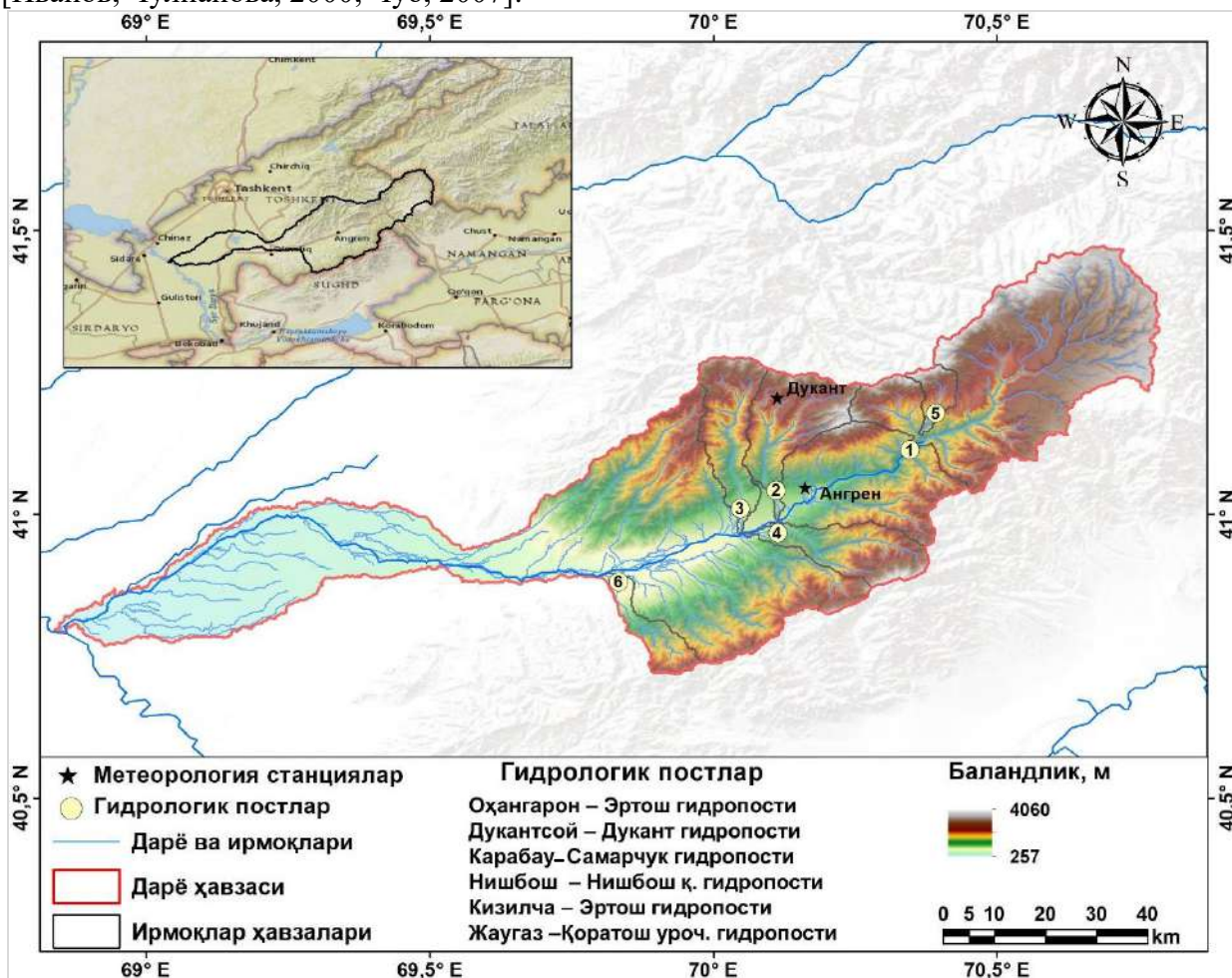
4. Охангарон дарёсида ҳосил бўладиган сув оқимини ўзгарувчанлик коэффициентини аниқлаш.

5. Дарё оқими ва гидрометеорологик омиллар, жумладан, ҳавзада қайд этилган ёгинлар миқдори ва Охангарон дарёси сув сарфи ўртасида статистик боғланишларни аниқлаш ва шу боғланишларнинг ўзгаришларини таҳлил қилиш.

Охангарон дарёси ҳавзасининг сув ресурслари дастлаб 1936 йилда В.Л.Шульц томонидан баҳоланган бўлиб, кейинчалик бир неча тадқиқотчилар, хусусан, Н.Большаков, Ю.Иванов, И.Чулпанова томонидан давом эттирилган [Иванов, Чулпанова, 2000].

**Тадқиқот объекти.** Дарё ҳавзаси Чотқол ва Қурама тоғ тизмалари орасида жойлашган бўлиб, шимоли-шарқдан жануби-ғарбга томон Сирдарё дарёсигача чўзилган (1-расм). Юқори қисми чуқур ва тор қояли даралар орасидан оқувчи дарё ирмоқлари

хамда баланд платодан иборат. Дарёнинг асосий сув йиғиш майдони шу қисмда жойлашган. Ҳавзанинг максимал баландлиги 4000 м дан биров юқори холос. Шу сабабдан дарё ҳавзасида музликлар йўқ. Сув йиғилиш майдонининг нисбатан паст бўлганлиги ва унинг кўпроқ тоғ тизмаларининг жанубга қараган ён бағирларида жойлашганлиги сабабли Охангарон дарёси қор-ёмғир сувлари билан тўйинадиган дарёлар туркумига киради [Иванов, Чулпанова, 2000; Чуб, 2007].



1-расм. Тадқиқот объектнинг географик жойлашуви

Рисунок 1. Географическое положение объекта исследования

Figure 1. Geographical location of the research object

Охангарон дарёсида тўлин сув даври эрта, асосан апрель-июнь ойларида, энг катта сув сарфлари эса май ойида кузатилади. Ўрта ҳисобда май ойида йиллик оқимнинг 30% и, апрель-май давомида эса унинг қарийб 55% қисми оқиб ўтади. Июль-октябрь даврида, аксинча, дарёда сув жуда кам оқади, бу даврдаги оқим йиллик оқимнинг бор-йўғи 13% ини ташкил этади.

Сув йиғилиш майдонининг куйи қисми унинг Турк қишлоғидан юқорида жойлашган қисмидан анча паст. Хусусан, аксарият ирмоқлар сув йиғилиш майдонларининг ўртача баландликлари 1500-1800 м ўртасида, сув йиғилиш майдони энг баланд жойлашган айрим ирмоқларнинг ўртача баландлиги эса 2200 м дан ортиқ эмас. Ҳақиқатан ҳам, Охангарон дарёсининг ирмоқлари тўлин сув даврининг анча эрта

кузатилиши, оқим миқдорининг йилдан-йилга кўпроқ ўзгариб туриши ва йиллик оқимнинг ҳосил бўлишида ёмғир сувларининг ҳам роли катта бўлганлиги билан Оҳангарон дарёсидан анча фарқ қилади. Оҳангарон дарёсининг ирмоқлари учун сел ходисаси характерлидир [Шульц, Машрапов, 1969].

Дарё ҳавзасининг оқим ҳосил бўладиган баланд тоғли минтақасини икки қисмга ажратиш мумкин: ўнг қирғоқ ва чап қирғоқ. Ўнг қирғоқ қисми 1000-4000 м оралик баландликда жойлашган бўлиб, унча катта бўлмаган сой ҳавзаларидан иборат. Баланд тоғли қисмларда ёғингарчилик миқдори 1500 мм ва ундан ҳам юқори бўлиб, асосий қисми йилнинг совуқ даврига тўғри келади. Бу эса дарёнинг баланд тоғ қисмида мавсумий қорлар ҳисобига тўйинишини таъминлайди. Иккинчи қисм – чап қирғоқ қисмининг хусусиятлари ҳам ўнг қирғоқ қисмининг хусусиятларига жуда яқин. Ҳавзанинг қолган катта қисмини ўртача тоғли ва текисликдан иборат минтақа эгаллаган [Чуб, 2007].

Дарё ҳавзасининг ўрта қисмидаги Оҳангарон дарёсига келиб қуйиладиган ирмоқлари кичик сойлар бўлиб, суғорма дехқончилик учун ноқулайдир. Дарё ҳавзаси сув ресурсларидан фойдаланиш мақсадида 1960 йилда Оҳангарон дарёсининг қуйи оқимида Тошкент денгизи деб ном олган Туябўғиз сув омбори қурилиб ишга туширилган [Шульц, Машрапов, 1969]. 1989 йилда Ангрен шаҳридан юқорида Оҳангарон сув омбори фойдаланишга топширилган. Шу билан бирга, Тошкент воҳасида қишлоқ хўжалигининг жадал суръатларда ўсиши, суғориладиган ерлар майдонини ортиши натижасида суғориш каналлари қазилган ва Чирчиқ дарёсидан чиқарилган каналлар билан тутатиб, мураккаб ирригация тизимини ташкил этган.

Оҳангарон дарёсининг инсон хўжалик фаолияти таъсиридан холи бўлган табиий оқим режими Оҳангарон сув омборидан юқори қисмида ўрганилади. Ҳавзада гидрологик кузатишлар 1925 йилда бошланган. Сув омборлари қурилиши натижасида оқимнинг табиий режимида кузатишлар олиб бориладиган гидрологик постлар жойлашуви ўзгарган. Шу сабабли, Оҳангарон дарёсининг табиий оқими режимидаги кузатувларда узилишлар мавжуд. Ҳавзадаги барча дарё ва сойларнинг оқими ўзгаришларини аниқроқ баҳолаш учун кузатув маълумотларини бир даврга етказиш лозим.

Оҳангарон дарёсининг инсон таъсиридан холи қисми Эртошсой қуйилиш қисмидаги Эртош гидропости бўлиб, мазкур гидропостда 1971 йилдан бери сув ўлчаш ишлари олиб борилади.

Маълумотларга кўра, кузатувлар тарихидаги энг иссиқ 10 та йил 2010-2023 йиллар оралиғида кузатилди. Сўнгги ёки жорий кузатув маълумотларни таҳлил қилишда иқлим меъёрлари мезон бўлиб хизмат қилади. ЖМТ иқлимий маълумотларни таҳлил қилишда 30 йиллик (1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010, 1991-2020 йй.) стандарт иқлимий меъёрлардан фойдаланишни тавсия этган [WMO, 2017]. Тадқиқот учун танлаб олинган гидрометеорологик кузатув пунктлари ҳақида маълумот 1-жадвалда келтирилган.

Оҳангарон дарёси сув йиғилиш майдонининг каттароқ қисми Оҳангарон сув омборидан пастда жойлашган. Оҳангарон дарёсига жуда кўп ирмоқлар қуйилади, улардан энг йириклари Арасой, Тошсой, Эртошсой, Дуқантсой, Қорабаусой, Ақчасой, Шоввозсой, Нишбошсой, Гушсойдир. Дарёнинг ҳар бирининг ўртача йиллик сув сарфи  $2 \text{ м}^3/\text{сек}$  дан ортиқ, шу жумладан, суви кўплиги жиҳатидан энг йирик ҳисобланган ирмоқлари – Дуқантсой, Қорабағир ва Ниёзбошсой ҳам сув йиғиш майдонининг ана шу қисмидан оқиб тушади. Оҳангарон дарёси ва унинг ўрганилаётган ирмоқларининг гидрологик кўрсаткичлари 2-жадвалда келтирилган.

Маълумки, дарё оқимида таъсир этувчи энг асосий омиллар бу иқлимий омиллар бўлиб, дарёнинг йиллик оқими кўпинча шу йилнинг метеорологик шароитига боғлиқ бўлади. Шу сабабли ишда Оҳангарон дарёси ҳавзасининг иқлимий шароити ва унинг

ўзгаришлари тоғолди қисмида жойлашган Ангрен ва тоғли қисмида жойлашган Дукант метеорология станциялари маълумотлари асосида таҳлил қилинди.

*1-жадвал*

**Тадқиқот учун танлаб олинган гидрометеорологик кузатув пунктлари ҳақида  
маълумот**

*Таблица 1*

**Сведения о пунктах гидрометеорологических наблюдений, выбранных для  
исследования**

*Table 1*

**Information about hydrometeorological observation points selected for the study**

№	Метеорология станцияси ва гидрология пости номи	Денгиз сатҳидан баландлиги, м	Маълумотлар ўрганиш даври
1	Ангрен метеостанцияси	945	1971-2021 йй.
2	Дукант метеостанцияси	2001	1971-2021 йй.
3	Охангарон – Эртош гидропости	1169	1971-2021 йй.
4	Дукантсой – Дукант гидропости		1971-2021 йй.
5	Карабау – Самарчук гидропости	1031	1971-2021 йй.
6	Нишбош – Нишбош қ. гидропости	1095	1971-2021 йй.
7	Кизилча – Эртош гидропости		1971-2021 йй.
8	Жаугаз – Қоратош уроч. гидропости	967	1971-2021 йй.

*2-жадвал*

**Охангарон дарёси ва ирмоқларининг асосий гидрологик кўрсаткичлари**

*Таблица 2*

**Основные гидрологические показатели реки Ахангаран и её притоков**

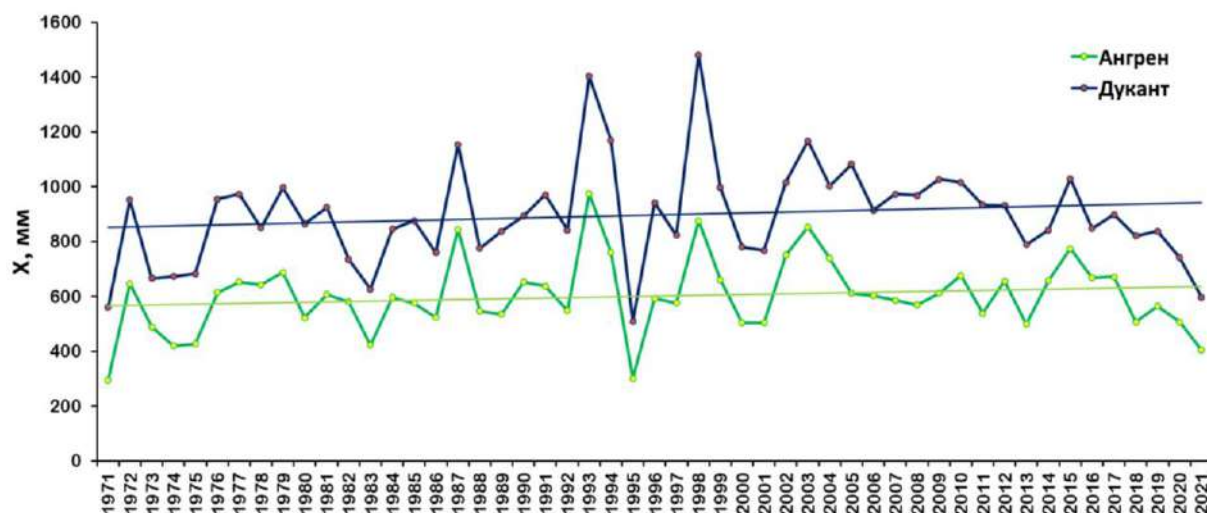
*Table 2*

**Main hydrological indicators of Akhangaran River and its tributaries**

№	Дарё ва гидрология пости номи	Сув йиғиш майдони (F), км <sup>2</sup>	Баландлиги (H), м
1	Охангарон – Эртош қ.	1110	2500
2	Дукантсой – Дукант ш.	201	2210
3	Карабау – Самарчук қ.	166	2030
4	Нишбош – Нишбош қ.	141	2050
5	Кизилча – Эртош қ.	51,6	2340
6	Жаугаз – Қоратош уроч.	65,8	1660

Ангрен ва Дукант метеорология станцияларидаги атмосфера ёғинларининг кўпйиллик (1971-2021 йй.) ўртача йиллик миқдорларини таҳлили, 1971 йилдан буён йиллик ёғинлар миқдори бироз ортганлигини, бироқ 2016 йилдан кейин йиллик ёғинлар миқдори камайганлигини кўрсатди (2-расм).

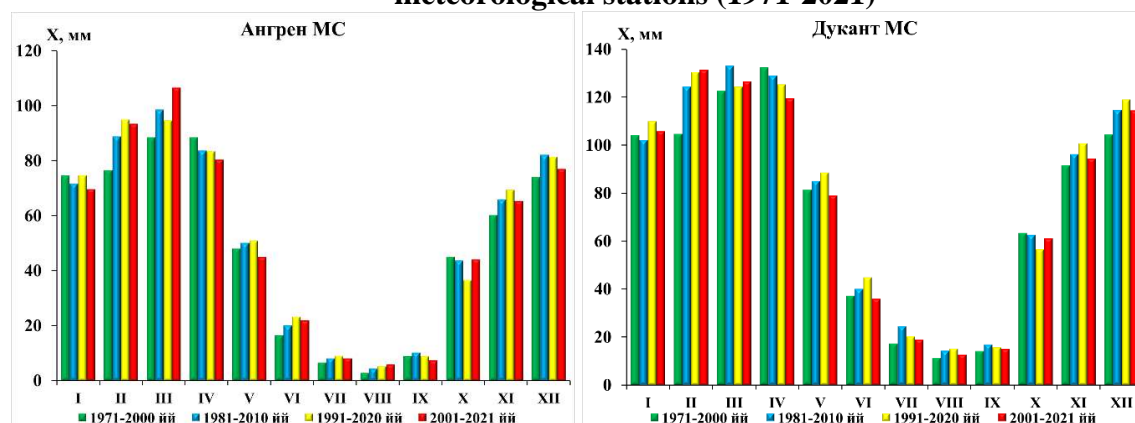
Ангрен ва Дукант метеорология станцияларидаги атмосфера ёғинлари ўртача ойлик кўрсаткичлари таҳлиliga кўра, Ангренда февраль, март, июнь, август ойларида ёғин миқдори бироз ортган бўлса, бошқа ойларда сезиларли ўзгаришлар кузатилмаган. Дукант метеорология станциясида ёғинларнинг ўртача ойлик миқдорлари февраль ва декабрь ойларида аввалги даврларга нисбатан ортган бўлса, апрель ойида камайган. Бошқа ойларда атмосфера ёғинлари миқдорида сезиларли ўзгаришлар кузатилмаган (3-расм).



2-расм. Ангрэн ва Дуқант метеорология станцияларида ўртача йиллик атмосфера ёғинлари миқдорининг ўзгаришлари (1971-2021 йй.)

Рис. 2. Изменение среднегодового количества атмосферных осадков на метеостанциях Ангрэн и Дуқант (1971-2021 гг.)

Fig. 2. Variations of annual atmospheric precipitation in Angren and Dukant meteorological stations (1971-2021)



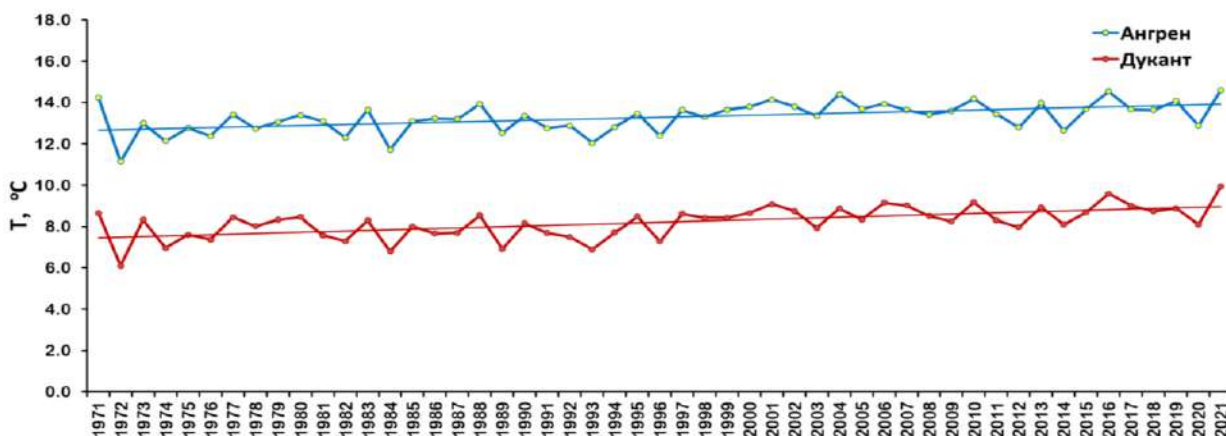
3-расм. Ангрэн ва Дуқант метеорология станцияларида турли даврларда ўртача ойлик атмосфера ёғинларининг йил ичида ўзгариши

Рис. 3. Изменение среднемесячных атмосферных осадков в течение года на метеостанциях Ангрэн и Дуқант в разные периоды

Fig. 3. Change of monthly atmospheric precipitation during the year at Angren and Dukant meteorological stations in different periods

Ҳаво ҳароратининг йиллараро ўзгариши таҳлиliga кўра, Ангрэн ва Дуқант метеостанцияларида ҳаво ҳароратининг барқарор кўтарилиб бориш тенденцияси кузатилмоқда (4-расм).

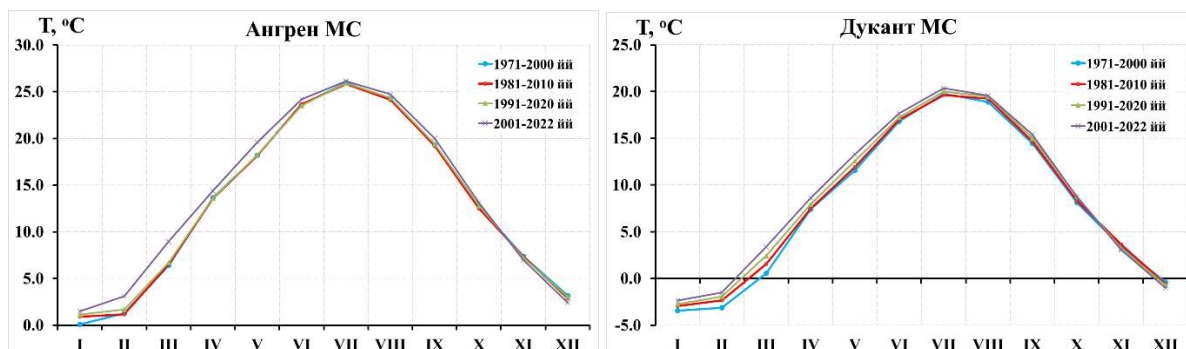
Ҳаво ҳароратининг ойлар бўйича ўзгаришлари таҳлили шуни кўрсатадики, ноябрь ва декабрь ойларидан бошқа барча ойларда ўртача ойдик ҳаво ҳарорати юқорилаган. Ҳар икки станцияда ҳам январь, февраль, март ойларида ҳаво ҳароратининг ўтган даврларга нисбатан кўтарилиши қолган ойларга нисбатан юқорироқ бўлган (5-расм).



4-расм. Ангрэн ва Дуқант метеорология станцияларида ўртача йиллик ҳаво ҳароратининг йиллар бўйича ўзгариши (1971-2021 йй.)

Рис. 4. Изменение среднегодовой температуры воздуха на метеостанциях Ангрэн и Дуқант по годам (1971-2021 гг.)

Fig. 4. Variation of annual mean air temperature in Angren and Dukant meteorological stations over the years (1971-2021)



5-расм. Ангрэн ва Дуқант метеорология станцияларида турли даврларда ўртача ойлик ҳаво ҳароратининг йил ичида ўзгаришлари

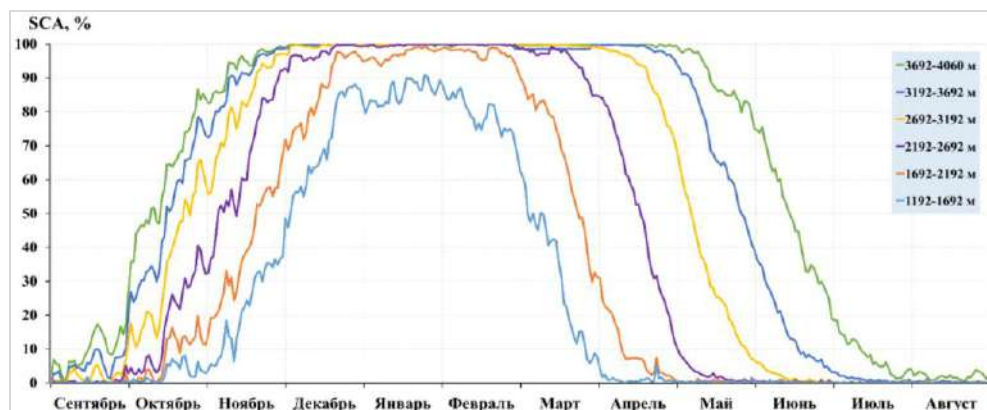
Рис. 5. Изменение среднемесячной температуры воздуха в течение года на метеостанциях Ангрэн и Дуқант в разные периоды

Fig. 5. Variations of monthly air temperature during the year at Angren and Dukant meteorological stations in different periods

Тўйиниш манбаи қор сувлари бўлган дарёларда тўлинсув даврининг бошланиши асосий қор массаси тўпланган баландликларда ҳавзадаги ҳаво ҳарорати кўтарилиши билан боғлиқ. Дарё ҳавзасида қор қоплами қалинлиги ва барқарор қор қопламининг давомийлиги сув захираларининг шаклланиши, сақланишини ҳамда қор эриши вақти, ҳажмининг ўзгаришини ўзида акс эттирадиган кўрсаткичлардан бири ҳисобланади. Шунингдек, қор қоплами қалинлиги ва давомийлиги ўзгаришларини кузатиш ва таҳлил қилиш иқлим ўзгаришининг сув ресурсларига таъсирини баҳолашга ёрдам беради [Нишонов ва бошқ., 2022а].

Оҳангарон дарёси ҳавзасининг ҳар 500 метр баландликдаги қор қоплами майдонини ойлар бўйича ўзгаришлари таҳлили натижаларидан ҳавзада қор қоплами

майдонининг максимал қийматлари ноябрь-май ойларига тўғри келиши аниқланди (6-расм).



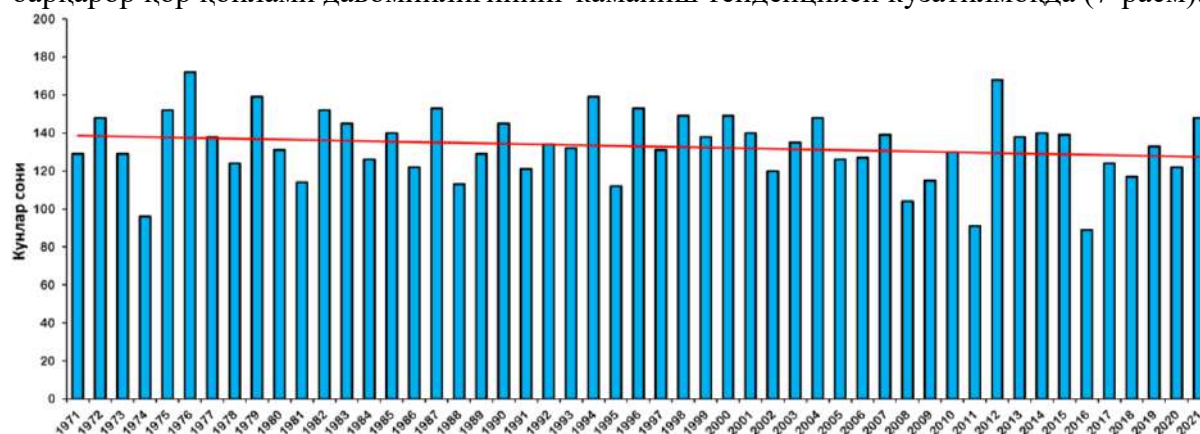
6-расм. Оҳангарон дарёси хавзасида қор қоплами майдонининг баландлик оралиқлари бўйича ўзгариши (2001-2021 йй.)

Рис. 6. Изменение площади снежного покрова бассейна реки Ахангаран по высотным зонам (2001-2021 гг.)

Fig. 6. Dynamic of snow cover area of Akhangaran River basin by elevation zones (2001-2021)

Дарё хавзасида барқарор қор қоплами 2200 м дан юқори бўлган баландликларда ноябрь ойининг охири – декабрь ойининг бошларидан апрел ойининг охиригача давом этса, ундан қуйи баландлик зоналарида кўп йилларда фақатгина январь-февраль ойларидагина мавжуд бўлади [Нишонов ва бошқ., 2022б].

Дукант метеорология станциясида 1971-2021 йилларда станцияда қор қопламининг барқарор сақланиб туриш даври давомийлигини ўрганиш натижаларига кўра хавзада барқарор қор қоплами давомийлигининг камайиш тенденцияси кузатилмоқда (7-расм).



7-расм. Дукант метеорология станциясида барқарор қор қоплами давомийлиги (1971-2021 йй.)

Рис. 7. Продолжительность устойчивого снежного покрова на метеостанции Дукант (1971-2021 гг.)

Fig. 7. Duration of stable snow cover at Dukant meteorological station (1971-2021)

Шунингдек, метеорология станциясида қор қоплами баландлигида ҳам сезиларли ўзгаришлар кузатилган (3-жадвал). Жорий иқлимий даврда базавий иқлимий даврга

нисбатан ноябрь ва декабрь ойларида ўртача ойлик қор қоплами баландлиги ортган бўлса, март ва апрель ойларида аксинча камайган. Бунга ноябрь ва декабрь ойларида ҳавзадаги ҳаво ҳароратининг пасайгани, атмосфера ёғинлари ортгани ва қор қоплами сақланиши учун қулайроқ шароит бўлаётгани ҳамда март-апрель ойларида ҳавзада ҳаво ҳароратининг базавий даврга нисбатан анча ортганлиги натижасида қор эриш даврининг эрта бошланаётганини сабаб қилиб келтириш мумкин (5-расм).

*3-жадвал*

**Дукант метеорология станциясида ўртача ойлик қор қоплами баландлиги, см**

*Таблица 3*

**Среднемесячная высота снежного покрова на метеорологической станции Дукант, см**

*Table 3*

**Average monthly snow cover height at Dukant meteorological station, cm**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1971-2000 йй.	64	86	76	14	0	0	0	0	0	2	8	29
1981-2010 йй.	64	89	72	13	0	0	0	0	0	2	8	32
1991-2020 йй.	69	96	76	14	0	0	0	0	0	2	10	36
2001-2021 йй.	69	96	70	9	0	0	0	0	0	2	12	33

Ишнинг мақсад ва вазифаларидан келиб чиқиб дарёларнинг йиллик сув оқими ўзгаришлари ҳам таҳлил қилинди ва ўртача йиллик сув сарфларининг тебраниш графиги чизилди. 4-жадвал натижаларидан кўриш мумкини, ўрганилаётган барча дарёлардан фақат Оҳангарон дарёсида йиллик сув оқимида сезиларли камайиш кузатилган, дарё ирмоқларида деярли камаймаган ёки ортган (8-расм).

*4-жадвал*

**Оҳангарон дарёси ва ирмоқларининг ўртача йиллик сув сарфлари**

*Таблица 4*

**Среднегодовые расходы воды реки Ахангаран и её притоков**

*Table 4*

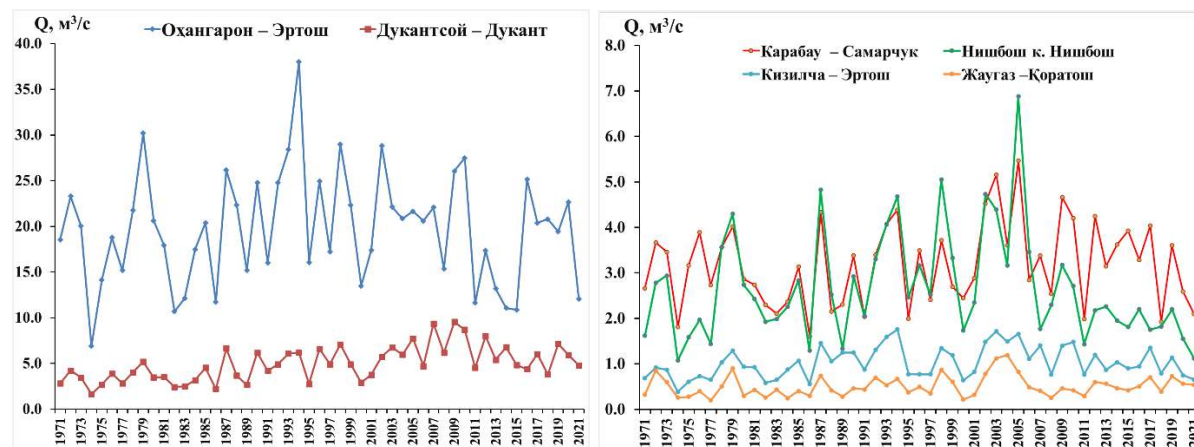
**Average annual water flow of Akhangaran River and its tributaries**

№	Дарё ва гидрология пости номи	1971-2000 йй.	1981-2010 йй.	1991-2020 йй.	2001-2021 йй.
1	Оҳангарон – Эртош қ.	19,9	21,0	20,8	19,4
2	Дукантсой – Дукант ш.	4,07	5,21	5,86	6,19
3	Карабау – Самарчук қ.	2,96	3,21	3,41	3,51
4	Нишбош – Нишбош қ.	2,69	3,05	2,88	2,63
5	Кизилча – Эртош қ.	0,96	1,13	1,14	1,13
6	Жаугаз – Қоратош уроч.	0,46	0,52	0,56	0,57

Дарёлар оқими унга таъсир этувчи омиллар натижасида йил, мавсумлар ичида ва йиллараро ўзгариб туради. Гидрологик ҳисоблашларда дарё оқимининг ўзгарувчанлиги маълумотлари зарур бўлади ва дарё оқимининг йилдан йилга ўзгаришларини ифодалашда ўзгарувчанлик (вариация) коэффициентидан фойдаланилади [Maity, 2018].

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \quad (1)$$

бу ерда:  $S$  – стандарт четланиш,  $\bar{x}$  – меъёр.



8-расм. Оҳангарон ҳавзаси дарёлари ўртача йиллик оқимининг ўзгаришлари (1971-2021 йй.)

Рис. 8. Изменение среднегодовых расходов реки Ахангаран и ее притоков (1971-2021 гг.)

Fig. 8. Changes of annual water flow of Akhangaran River and its tributaries (1971-2021)

Ишнинг мақсадидан келиб чиққан ҳолда ушбу катталик танланган даврлар оралиғи учун алоҳида ҳисобланди. Ҳисоблаш натижалари таҳлиliga кўра барча дарёларда ўзгарувчанлик коэффиценти камайган. Нишбош дарёси оқими ўзгарувчанлик коэффиценти 2001-2021 йиллар оралиғи учун ҳисобланган қиймати аввалги даврлардан анча юқори. Бошқа дарёларда эса бу қиймат деярли ўзгармаган ёки камайган (5-жадвал).

5-жадвал

Ўртача йиллик сув сарфларининг ўзгарувчанлик коэффиценти

Таблица 5

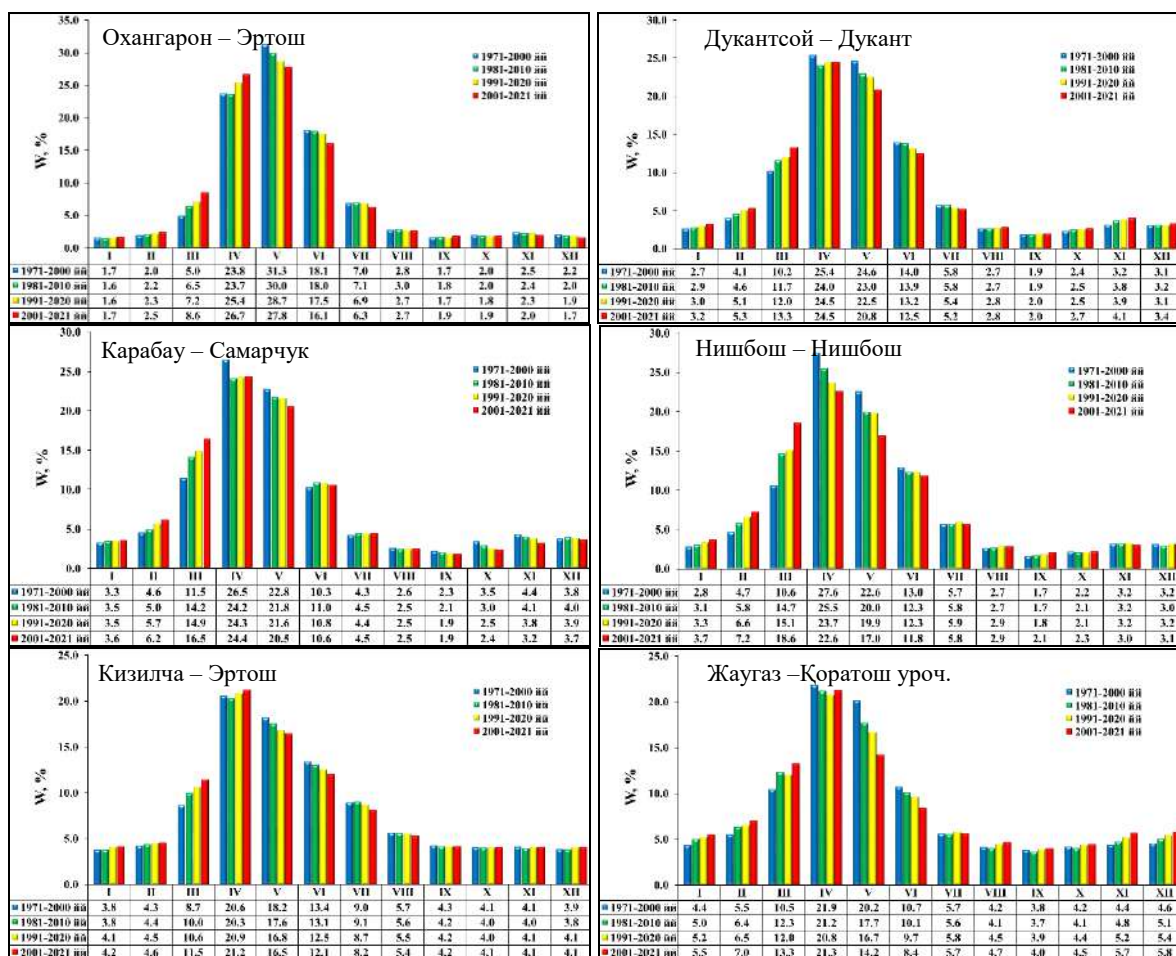
Коэффициенты вариации среднегодовых расходов воды

Table 5

Coefficient of variation of average annual water flow

№	Дарё ва гидрология пости номи	1971-2000 йй.	1981-2010 йй.	1991-2020 йй.	2001-2021 йй.
1	Оҳангарон – Эртош қ.	0,33	0,29	0,29	0,27
2	Дукантсой – Дукант ш.	0,36	0,39	0,29	0,27
3	Карабау – Самарчук қ.	0,26	0,31	0,27	0,28
4	Нишбош – Нишбош қ.	0,40	0,41	0,43	0,50
5	Кизилча – Эртош қ.	0,34	0,32	0,29	0,29
6	Жаугаз – Қоратош уроч.	0,43	0,47	0,41	0,42

Дарё оқимининг йил ичида тақсимланиши ҳам 4 та даврга бўлиб ўрганилди. Таҳлил натижаларига кўра, 1971-2000 йй. га нисбатан кейинги даврларда тўлин сув даври эртароққа силжиганини кўриш мумкин (9-расм). Март-апрель ойларида оқим ҳажмининг йиллик оқим ҳажмига нисбатан ортиши кузатилган бўлса, май-июнь ойларидаги бу ҳолат аксинча бўлиб – камайиш кузатилган. Бу ҳолатга асосий сабаб қилиб иқлимий омилларнинг циклик тебранишларидаги ўзгаришларини келтириш мумкин.



9-расм. Охангарон дарёси ҳавзасида оқимнинг йил ичида тақсимланиши

Рис. 9. Внутригодовое распределение стока в бассейне реки Ахангаран

Fig. 9. Distribution of runoff in the Akhangaran River basin during the year

Дарё оқимининг ҳосил бўлишига гидрометеорологик омилларнинг таъсири ҳамда улар орасидаги статистик боғланишлар гидрологик йилдаги ўртача сув сарфи –  $Q_{ўрт}(X-IX)$ , йиллик ўртача сув сарфи –  $Q_{ўрт}(I-XII)$ , вегетация давридаги ўртача сув сарфи –  $Q_{ўрт}(IV-IX)$  ва гидрологик йилдаги ҳамда йилнинг соvuқ давридаги атмосфера ёғинлари ўртасидаги статистик боғланишлар Пирсон корреляция коэффиценти [Maity, 2018] ёрдамида баҳоланди (6-жадвал):

$$r = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y} \quad (2)$$

Жадвалдан кўриш мумкинки, дарё оқими ва гидрометеорологик омиллар орасидаги статистик боғланишларнинг Пирсон коэффицентлари камайган. Бу ҳам иқлимий омилларнинг йиллар ва мавсумлар бўйича микдорий жиҳатдан ҳамда жадаллилиқ бўйича ҳам жиддий ўзгаришга учраганини англатади.

**Хулоса.** Чотқол ва Курама тоғ тизмалари оралиғида жойлашган Охангарон дарёси ҳавзаси ўзига хос гидрологик хусусиятларга эга бўлиб, юқори қисми асосий сув йиғиш майдони ҳисобланади. Ҳавза сув йиғиш майдони баландлигининг унча юқори эмаслиги ва

музликларнинг йўқлиги сабабли дарё қор ва ёмғир сувларидан тўйинадиган дарёлар тоифасига киради. Иқлим илиши шароитида дарё ҳавзасидаги метеорологик шароитлар ўзгариб, бу ўз навбатида ҳавзадаги дарёлар гидрологик режимининг ўзгаришларига сабаб бўлмоқда.

6-жадвал

**Атмосфера ёғинлари ва Оҳангарон дарёси ҳавзасида сув сарфлари ўртасидаги жуфт корреляция коэффицентлари**

Таблица 6

**Коэффициенты парной корреляции между атмосферными осадками и расходами воды в бассейне реки Ахангаран**

Table 6

**Pair correlation coefficients between precipitation and water flow in the Akhangaran River basin**

		Охангарон – Эртош қ.		Дукантсой – Дукант ш.		Карабау – Самарчук қ.		Нишбош – Нишбош қ.		Кизилча – Эртош қ.		Жаугаз – Қоратош ур.	
		Ёғин (X-III)	Ёғин (X-IX)	Ёғин (X-III)	Ёғин (X-IX)	Ёғин (X-III)	Ёғин (X-IX)	Ёғин (X-III)	Ёғин (X-IX)	Ёғин (X-III)	Ёғин (X-IX)	Ёғин (X-III)	Ёғин (X-IX)
Q <sub>ўрт</sub> (X-IX), м <sup>3</sup> /с	1971-2000 йй.	0,84	0,86	0,74	0,87	0,80	0,78	0,81	0,90	0,79	0,80	0,60	0,78
	1981-2010 йй.	0,77	0,84	0,71	0,78	0,84	0,82	0,79	0,79	0,80	0,79	0,61	0,64
	1991-2020 йй.	0,52	0,72	0,61	0,68	0,83	0,77	0,66	0,71	0,78	0,80	0,53	0,56
	2001-2021 йй.	0,46	0,70	0,64	0,75	0,86	0,91	0,66	0,66	0,79	0,87	0,46	0,46
Q <sub>ўрт</sub> (I-XII), м <sup>3</sup> /с	1971-2000 йй.	0,82	0,86	0,73	0,88	0,73	0,77	0,80	0,91	0,79	0,83	0,62	0,81
	1981-2010 йй.	0,75	0,83	0,68	0,78	0,81	0,83	0,76	0,78	0,79	0,81	0,58	0,65
	1991-2020 йй.	0,49	0,71	0,55	0,66	0,80	0,78	0,63	0,71	0,77	0,81	0,51	0,59
	2001-2021 йй.	0,44	0,68	0,57	0,71	0,85	0,90	0,64	0,64	0,78	0,87	0,42	0,45
Q <sub>ўрт</sub> (IV-IX), м <sup>3</sup> /с	1971-2000 йй.	0,80	0,86	0,69	0,88	0,67	0,75	0,74	0,89	0,77	0,81	0,57	0,79
	1981-2010 йй.	0,72	0,84	0,66	0,82	0,69	0,82	0,67	0,79	0,74	0,80	0,55	0,71
	1991-2020 йй.	0,64	0,74	0,63	0,73	0,78	0,74	0,62	0,72	0,84	0,82	0,70	0,65
	2001-2021 йй.	0,45	0,70	0,57	0,72	0,70	0,80	0,60	0,65	0,75	0,86	0,38	0,48

Ангрен ва Дукант метеорология станцияларида кузатишган метеорологик кўрсаткичларнинг таҳлили ҳаво ҳарорати ва ёғинлар режимида сезиларли силжишларни кўрсатди. Хусусан, ҳавзада йиллик ўртача ҳаво ҳароратининг ортиши кузатишмоқда. Йиллик ўртача ҳаво ҳароратининг кўтарилиши дарёлар ҳавзасида қор қопламанинг камайиши ва қисқа муддатли сув тошқинларининг кучайишига олиб келади.

Ҳавзада иқлим илиши сабабли тўлин сув даврининг эрта бошланиши ва дарё оқимининг йил давомида тақсимланишининг ўзгариши ҳудудда сув ресурсларини бошқариш ва фойдаланишда ноқулайликлар туғдиради. Ўртача йиллик сув сарфининг ўзгаришларининг таҳлили ҳавзадаги бошқа ўрганилган дарёларга нисбатан Оҳангарон дарёси оқимининг сўнгги 20 йилда нисбатан камайганлигини кўрсатади.

Тадқиқот натижалари келажакдаги сув ресурсларини бошқариш стратегияларини шакллантириш, потенциал хавфларга тайёргарликни кучайтириш, дарёлар оқимини ва иқлим таъсирини баҳолаш бўйича кейинги тадқиқотлар учун замин яратади.

**Миннатдорчилик.** Мазкур тадқиқот Инновацион ривожланиш агентлигининг молиявий кўмагида амалга оширилаётган ИЛ-5721122065 «Сув ва қишлоқ хўжалигида мослашиш салоҳиятини ошириш учун Ўзбекистонда иқлим ўзгаришининг сув ресурсларига таъсирини баҳолаш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Муаллифлар ҳиссаси.** **Д.Ў. Ярашев:** методология, маълумотларни қайта ишлаш, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш. **Б.Э. Нишонov:** мақола ғояси, объектни танлаш, методология, натижалар таҳлили, мақолани таҳрир қилиш, раҳбарлик. **М.М. Абдурахманов:** маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили. Барча муаллифлар кўлёманинг нашрга тайёрланган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

*Иванов Ю.Н., Чулпанова И.А.* Водные ресурсы бассейна р. Ахангаран // Труды САНИГМИ. – 2000. – Вып. 153(234). – С. 57–88.

*Нишонov Б.Э., Махмудов Ж.К., Мамараимов А.Ж.* Иқлим ўзгаришининг Охангарон дарёси ҳавзасидаги қор қоплами динамикасига таъсири // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. – 2022а. – №3. – Б. 75-82.

*Нишонov Б.Э., Турғунов Д.М., Ярашев Д.Ў., Умирзақов Ф.Ў.* Охангарон ҳавзасида масофадан зондлаш орқали қор қоплами динамикасини ўрганиш ва дарё оқимини прогнозлаш. // Гидрометеорология ва атроф муҳит мониторинги. – 2022б. – №4. – Б. 69-80.

*Чуб В.Е.* Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент: НИГМИ. – 2007. – 133 с.

*Шульц В.Л., Маиранов Р.* Ўрта Осиё гидрографияси. – Тошкент: Ўқитувчи. – 1969. – 327 б.

*Maitly R.* Statistical methods in hydrology and hydroclimatology. Vol. 555. Singapore: Springer, 2018.

NOAA Updates its Global Surface Temperature Dataset. (2023, February 10). National Centers for Environmental Information (NCEI). <https://www.ncei.noaa.gov/news/noaa-updates-its-global-surface-temperature-dataset>.

Past eight years confirmed to be the eight warmest on record. (2023, January 12). WMO. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/past-eight-years-confirmed-be-eight-warmest-record>.

*Turaeva S., Sultanova G.* Climate Change Impact on Agriculture and Water Resources: Uzbekistan. SDGs in the Asia and Pacific Region. PP. 1-21. DOI:10.1007/978-3-030-91262-8\_38-1.

WMO guidelines on the calculation of climate normal. WMO Technical Report. 2017.

## ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК БАСЕЙНА АХАНГАРАНА ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

**Д.У. ЯРАШЕВ<sup>1</sup>, Б.Э. НИШОНОВ<sup>1,2</sup>, М.М. АБДУРАХМАНОВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, [dyarashev0896@gmail.com](mailto:dyarashev0896@gmail.com), [bnishonov@mail.ru](mailto:bnishonov@mail.ru)

<sup>2</sup> Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, [abdurakhmanovmm13@gmail.com](mailto:abdurakhmanovmm13@gmail.com)

**Аннотация.** В статье исследованы современные изменения метеорологических параметров и гидрологического режима рек бассейна Ахангарана. Проанализированы многолетние и внутригодовые изменения температуры воздуха, осадков, снежного покрова и стока рек в бассейне в разные периоды. Приведены результаты статистического анализа

взаимосвязей годового стока, стока в вегетационный и невегетационной периоды с количеством осадков.

**Ключевые слова:** река Ахангаран, речной сток, изменение климата, температура воздуха, атмосферные осадки, снежный покров, вегетационный период, коэффициент парной корреляции.

## CHANGES IN THE FLOW OF THE RIVERS OF THE AHANGARAN BASIN UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS

D.U. YARASHEV<sup>1</sup>, B.E. NISHONOV<sup>1,2</sup>, M.M. ABDURAKHMANOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hydrometeorological Research Institute, dyarashev0896@gmail.com, bnishonov@mail.ru

<sup>2</sup> National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, abdurakhmanovmm13@gmail.com

**Abstract.** *The article examined modern changes in meteorological parameters and hydrological regime of the rivers of the Akhangaran basin. The multi-year and intra-annual changes in air temperature, precipitation, snow cover and river flow in the basin during different periods were analyzed. The results of statistical analysis of the relationships of annual runoff, runoff during the growing season and the non-vegetative period with the amount of precipitation are presented.*

**Keywords:** *Ahangaran river, river flow, climate change, air temperature, precipitation, snow cover, vegetation period, pair correlation coefficient.*

## REFERENCES

Ivanov Yu.N., Chulpanova I.A. Vodnye resursy basseyna r. Axangaran [Water resources of the Ahangaran river basin] // Tr. SANIGMI. – 2000. – VYR. 153(234). – S. 57–88. (in Russian)

Nishonov B.E., Maxmudov J.K., Mamaraimov A.J. Iqlim ozgarishining Ohangaron daryosi havzasidagi qor qoplami dinamikasiga tasiri [Impact of climate change on snow cover dynamics in the Akhangaran River basin] // Hidrometeorologiya va atrof muhit monitoringi, 2022a. – №3. – B. 75-82. (in Uzbek)

Nishonov B.E., Turgunov D.M., Yarashev D.O., Umirzaqov G.O. Ohangaron havzasida masofadan zondlash orqali qor qoplami dinamikasini organish va daryo oqimini prognozlash [Studying snow cover dynamics by remote sensing in the Akhangaran basin and forecasting of river runoff] // Hidrometeorologiya va atrof muhit monitoringi, 2022b. – №4. – B. 69-80. (in Uzbek)

Chub V.E. Izmenenie klimata i yego vliyanie na gidrometeorologicheskie protsessy, agroklimaticheskie i vodnye resursy Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent: NIGMI.- 2007.-133 s. (in Russian)

Shults V.L., Mashrapov R. O'rta Osiyo gidrografiyasi [Hydrography of Central Asia]. – Toshkent: O'qituvchi. – 1969. – 327 b. (in Uzbek)

УДК: 556.552

## СУВ ОМБОРЛАРИНИНГ ШИКАСТЛАНГАН ТЎҒОНЛАРИ ТАНАСИДАГИ ЎЙИҚЛАРДАН ОҚИБ ЧИҚАДИГАН МАКСИМАЛ СУВ САРФЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

**Б.Ф. ҲИКМАТОВ<sup>1</sup>, Б.Р. РАПИҚОВ<sup>2\*</sup>**<sup>1</sup> ФВВ Академияси хузуридаги Фуқаро муҳофазаси институти<sup>2</sup> Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, barkamol\_rapiqov@mail.ru

***Аннотация.** Мақола турли мақсадларда қурилган сув омборлари тўғонларининг табиий ва техноген омиллар таъсирида шикастланиши жараёнини ўрганиши ва ушбу фавқулдда ҳодисаларни белгилловчи асосий омилларни аниқлаш масалаларига бағишланган. Шунингдек, ишда профессор Ю.М.Денисовнинг назарий ёндашувларига таянган ҳолда, шикастланиш натижасида сув омборлари тўғонлари танасида ҳосил бўлган ўйиқлардан оқиб чиқадиган максимал сув сарфларини ҳисоблашнинг амалий ифодалари тавсия этилган.*

***Калит сўзлар:** сув омбори, тўғон, табиий омил, техноген омил, шикастланиш, ўйиқ, максимал сув сарфи, амалий ифодалар, ҳисоблаш.*

**Кириш.** Дунё амалиётида қадимдан, дарёлар сув ресурсларидан оқилона фойдаланиш мақсадида, сув омборлари қурилган. Ўтган XX асрнинг иккинчи ярмида жаҳон мамлакатларида сув омборларини барпо этиш ишларига алоҳида эътибор қаратилди. Ҳозирги кунда бу борадаги ишлар янада жадал суръатларда олиб борилмоқда. Ана шу сув омборларини бешикаст ва самарали эксплуатация қилиш махсус илмий-тадқиқот ишлари кўламини ҳам кенгайтиришни талаб қилади. Шу туфайли сув омборлари гидрологик режими, уларнинг хавфсизлигини таъминлаш масалаларини ўрганишга А.Б.Авакян [Авакян, 1979, 1987], Б.Б.Богословский [Богословский, 1960], С.Л.Вендров ва К.Н.Дьяконов [Вендров, Дьяконов, 1976], Ю.М.Матарзин [Матарзин, 2003], К.К.Эдельштейн [Эдельштейн, 2014] каби таниқли олимлар ўз эътиборларини қаратганлар.

Қишлоқ хўжалиги суғорма деҳқончиликка асосланган арид минтақаларда, хусусан, Ўзбекистон шароитида, сув омборларининг ўрни бекиёсдир. Ҳозирги кунда Ўзбекистонда, селхоналар билан кўшиб ҳисоблаганда, 60 дан ортиқ сув омборлари мавжуд. Уларнинг гидрологик режими Е.М.Видинеева [Видинеева, 1975], З.С.Сирлибоева [Сирлибоева, 1984], А.М.Никитин [Никитин, 1991], Д.П.Айтбаев ва Ф.Ҳ.Ҳикматов [Айтбаев, Хикматов, 2013] ва бошқалар томонидан ўрганилган. Мазкур ҳамда юқорида эслатиб ўтилган тадқиқотларда асосий эътибор сув омборларининг гидрологик режимини ўрганишга ва улардан иқтисодиётнинг турли тармоқларида турли мақсадларда самарали фойдаланиш масалаларига қаратилган. Бироқ, юқорида тилга олинган тадқиқотларда сув омборлари тўғонларининг турли омиллар таъсирида шикастланиши натижасида рўй берадиган фавқулдда вазиятлар ва уларнинг оқибатлари тадқиқотчиларнинг эътиборидан четда қолган.

**Ишнинг мақсади ва вазифалари.** Мазкур мақоланинг асосий мақсади сув омборлари тўғонларининг табиий ва техноген омиллар таъсирида шикастланиши ва бунинг натижасида уларнинг танасида ҳосил бўлган ўйиқлардан оқиб чиқадиган максимал сув сарфларини ҳисоблашнинг амалий ифодаларини ишлаб чиқишдан иборат.

Ушбу мақсадни амалга ошириш учун тадқиқотда қуйидаги **вазифалар** белгиланди:  
1) сўнгги йилларда дунё мамлакатларида сув омборлари тўғонларининг шикастланиши

\* Масъул муаллиф: barkamol\_rapiqov@mail.ru, тел.: +998 91 164-05-04

натижасида рўй берган офатлар ҳақидаги маълумотларни тўплаш ва уларни таҳлил қилиш; 2) таниқли олим Ю.М.Денисовнинг назарий ёндашувларига таянган ҳолда, шикастланиш натижасида сув омборлари тўғонлари танасида ҳосил бўлган ўйиқлар ўлчамларини баҳолаш; 3) тўғонлар танасидаги ўйиқлардан оқиб чиқадиган максимал сув сарфларини ҳисоблашнинг амалий ифодаларини ишлаб чиқиш.

**Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** Охириги йилларда дунёнинг турли мамлакатларида сув омборлари тўғонларининг табиий ёки техноген келиб чиқиши омилар таъсирида шикастланиши тез-тез кузатилмоқда. Ушбу салбий ҳолатга таъсир этувчи омиларни, тўпланган маълумотлар таҳлиллари натижаларига таянган ҳолда, қуйидаги учта гуруҳга ажратиш мумкин.

1. Тўғонларнинг табиий (гидрологик, геологик) омилар таъсирида шикастланиши.

2. Тўғонларнинг техноген (инсон фаолияти таъсири билан боғлиқ) омилар таъсирида шикастланиши.

3. Тўғонларнинг ҳарбий-сиёсий таҳдидлар таъсирида шикастланиши.

Сув омборлари тўғонлари шикастланишига олиб келадиган, юқорида санаб ўтилган омиларнинг таъсирини ўрганиш ва баҳолаш алоҳида ва махсус тадқиқотларни амалга оширишни талаб этади. Шу ҳолатни ҳисобга олиб, муаммонинг нақадар муҳимлигини кўрсатиш мақсадида, қуйида дунёнинг турли мамлакатларидаги сув омборлари тўғонларининг шикастланиши натижасида рўй берган офатлар, улар келтирган талофатлар ва зарарлар ҳақида қисқача тўхталиб ўтиш лозим деб ҳисоблаймиз (1-жадвал).

*1-жадвал*

**Тўғонлари шикастланиши натижасида техноген офатлар кузатилган сув омборлари ҳақида маълумот [Хикматов, Рапиков, Зияев, 2023]**

*Таблица 1*

**Сведения о водохранилищах, где наблюдаются техногенные катастрофы в результате повреждения их плотин [Хикматов, Рапиков, Зияев, 2023]**

*Table 1*

**Information about reservoirs where man-made disasters have been observed as a result of damage to their dams [Khikmatov, Rapikov, Ziyayev, 2023]**

Т.р.	Сув омбори	Мамлакат	Дарё, сув манбаи	Фойдаланишга топширилган йили	Сув сифими, км <sup>3</sup>	Офат кузатилган йил	Техноген офат келтирган талофат ва зарар
1	Вайнот	Италия	Вайнот	1961	0,169	1963	2000 дан ортиқ одам ҳалок бўлган, кўплаб одамлар бошпанасиз қолган
2	Тирлян	Россия (Бошқирдистон)	Тирлян	1966	4,9	1994	29 нафар одам ҳалок бўлган, 786 нафар одам бошпанасиз қолган
3	Саяно-Шушенское	Россия	Енисей	1963	31,3	2009	75 нафар одам ҳалок бўлган, мамлакат 50 млрд. рубл иқтисодий зарар қўрган
4	Қизил-Агаш	Қозоғистон	Қизил-Агаш	2004	0,042	2010	35 киши ҳалок бўлган, уй-жойлар, кўприклар шикастланган
5	Оровилл	АҚШ	Фетер	1969	4,3	2017	200 минг одам бошпанасиз қолган, юз минглаб одамлар эвакуация қилинган
6	Итуанго	Колумбия	Каука	2010	9,2	2018	120 минг одам бошпанасиз қолган, ҳалок бўлганлар ҳақида маълумот йўқ
7	Сардоба	Ўзбекистон	Сирдарё	2017	0,930	2020	Расмий маълумотларга кўра, 6 киши ҳалок бўлган, бир киши бедарак йўқолган
8	Каховка	Украина	Днепр	1956	18,1	2023	32 та аҳоли яшаш манзилидаги 3600 дан ортиқ уй-жой сув остида қолган

Юқорида кўриб чиқилган сув омборлари орасида сув сиғимининг кичиклиги бўйича Қозоғистондаги Қизил-Агаш ( $V=42$  млн.  $m^3$ ), Италиядаги Вайнот ( $V=169$  млн.  $m^3$ ) сув омборлари алоҳида ажралиб туради. Вайнот сув омборининг қурилиши 1961 йилда якунига етказилиб, шу йилнинг ўзида фойдаланишга топширилган. Орадан икки йил ўтмасдан, аниқроғи 1963 йилнинг 9 октябрида унинг тўғонида ўпирилиш кузатилган. Натижада, ушбу фалокат юз берганидан сўнг, 15 дақиқа ичида тўғондан қуйида, Вайнот дарёси соҳилларида жойлашган, бир нечта аҳоли пунктлари сув остида қолади. Сув омбори тўғонининг ўпирилиши оқибатида келиб чиққан сув тошқини келтирган офат туфайли 2000 дан ортиқ одам ҳалок бўлган (1-расм).



1-расм. Вайнот сув омбори тўғонида офатнинг бошланиши (чапда) ва якуни (ўнгда), 1963 йил (Италия)

**Рис. 1. Начало (слева) катастрофы на теле плотины водохранилища Вайнот и её конечный результат (справа), 1963 год (Италия)**

**Fig. 1. The beginning (left) of the disaster on the body of the Vainot reservoir dam and its final result (right), 1963 (Italy)**

Юқоридаги каби воқеа 1994 йил 7 августда Бошқирдистоннинг (Россия) Белорецкий туманида такрорланган. Шу кун бу ердаги Тирлян сув омбори тўғонининг бир қисмида ўпирилиш рўй беради ва сув тошқини юзага келади. Офат натижасида, тўртта аҳоли пунктини сув босади, шу ерлардаги 85 та турар-жой бинолари бутунлай вайрон бўлади. Энг ёмони, сув тошқини оқибатида 29 киши ҳалок бўлган, 786 киши бошпанасиз қолган.

Саяно-Шушенское ГЭСида 2009 йилнинг 17 август кун техноген ҳалокат содир бўлади. Ушбу техноген офат оқибатида 75 киши ҳалок бўлган, гидроэлектростанция бинолари ва улардаги жиҳозлар, асбоб-ускуналарга жиддий зарар етказилган. Ҳалокат оқибатида Саяно-Шушенское ГЭСда электр энергияси ишлаб чиқариш тўхтаб қолган. Авария оқибатлари ГЭСга туташган ҳудудларнинг экологик вазиятига, минтақанинг ижтимоий ва иқтисодий соҳаларига ўта жиддий салбий таъсир кўрсатган.

Қозоғистон Республикасининг Олмаота областидаги Қизил-Агаш сув омбори тўғонида 2010 йилнинг 11 мартдан 12 мартга ўтар кечаси ўпирилиш юз берди. Бунга Қизил-Агаш дарёси ҳавзасида қиш давомида тўпланган қор қопламанинг ҳаво ҳароратининг кўтарилиши натижасида жадал суръатларда эриши ҳамда унинг устига ёққан жала ёмғирлар сабаб бўлган. Натижада 35 киши ҳалок бўлиб, бир қанча одамлар дом-дараксиз йўқолган, уй-жойларидан ажралган, бир сўз билан айтганда, шу ҳудудда

яшайдиган одамлар жуда катта моддий талофат ва маънавий зарар кўрганлар. Алоҳида таъкидлаш лозимки, Қизил-Агаш сув омборининг сув сиғими бор-йўғи 42 млн. м<sup>3</sup> бўлиб, қурилиши давом этаётган Роғун сув омборига нисбатан 320 марта кичикдир!

АҚШнинг Калифорния штатидаги баландлиги 230 м бўлган Оровилл тўғонида 2017 йил 9 февралда ўпирилиш кузатилган. Бунга сув омборини тўлдирадиган Фетер дарёси ҳавзасида бўлиб ўтган кучли ёғингарчилик асосий сабаб бўлган. Одамларни офатдан қутқариш мақсадида сув омбори таъсир зонасида ва унга яқин ҳудудларда яшайдиган 200 минг киши тезда эвакуация қилинган. Тошқин оқибатида минглаб турар-жой бинолари, кўприклар, йўллар ва бошқа коммуникация шохобчалари жиддий зарар кўрган.

Колумбиянинг Итуанго сув омбори ва гидроэлектростанцияси 2010 йилда фойдаланишга топширилган. Сув омбори тўғони, орадан ҳеч қанча вақт ўтмасдан, 2018 йил 7 май куни ўпирилиб, ундан оқиб чиқадиган Каука дарёсида сув тошқини кузатилган. Тошқиннинг таъсир зонасидан 6,5 мингдан ортиқ одам тезда эвакуация қилинади. Бундан ташқари бир нечта кўприклар, йўллар ва бошқа коммуникация воситалари жиддий зарар кўрган, 120 мингга яқин одамлар, уйларини сув босиши оқибатида, бошпанасиз қолган. Бу воқеага, кейинчалик аниқланишича, сув омбори тўғонини қуриш жараёнида йўл қўйилган технологик хатолар сабаб бўлган.

Сардоба сув омбори Сирдарё вилояти ҳудудида, Сирдарё, Жиззах вилоятлари ҳамда қўшни Қозоғистон Республикасининг Туркистон области Жеттисой районидаги суғориладиган ерлар сув таъминотини яхшилаш мақсадида қурилган. Унинг дамбасидан 2020 йил 1 май куни соат 05:55 дан бошлаб сув сизиб чиқа бошлайди. Унинг миқдори секунд сайин катталаша бориб, бу ҳолат дамба деворида катта ўпирилишга олиб келади (2-расм).

Бугунги кунга келиб Сардоба сув омбори тўғонининг шикастланишига сабаб бўлган омиллар ҳақида турлича фикрлар мавжуд. Қуйида соҳа мутахассислари ва тажрибали олимлар томонидан илгари сурилган, Сардоба сув омбори тўғонининг шикастланишига сабаб бўлган тахминий омиллар тўғрисида баъзи маълумотлар келтирилган (2-жадвал).



*Юқори бьеф. Верхний бьеф. High bef*



*Қуйи бьеф. Нижний бьеф. Lower bef*

**2-расм. Сардоба сув омбори дамбасидаги техноген офат, 2020 йил 1 май**

**Рис. 2. Техногенная катастрофа на теле дамбы Сардабинского водохранилища, 1 мая 2020 года**

**Fig. 2. Man-made disaster on the body of the dam of the Sardaba Reservoir, May 1, 2020**

2-жадвал

Сардоба сув омбори дамбасининг шикастланишига сабаб бўлган тахминий омиллар

Таблица 2

Предполагаемые факторы повреждения дамбы Сардабинского водохранилища

Table 2

## Supposed factors of damage to the Sardaba Reservoir dam

Т.р.	Сабаб бўлган тахминий омиллар
1	2020 йил 1 май куни узоқ давом этган баҳорги атмосфера ёгинлари натижасида сув баланси кирим қисмининг ортиши.
2	Сув омборида сув сатҳини меъерий димланиш сатҳида (МДС) узоқ муддат ушлаб турилиши.
3	Сардоба сув омборида замонавий огоҳлантириш қурилмалари ва сенсор мосламалари каби техник қурилмаларни жорий этишга улгурилмаганлиги.
4	Сув омбори дамбаси узоқ вақт давомида, танаффуслар билан қурилгани ҳам ўпирилиш сабабларидан бири бўлиши мумкин. Қурилишдаги танаффуслар сабабли тўғон деворларининг деформация жараёнлари бир текисда ва ўзаро ҳамоҳанг тарзда кечмаган. Аниқланишича, тўғоннинг ўпирилган қисми охириги босқичларда қурилган.
5	Сув омбори дамбасининг энг охирида барпо этилган (6-пикет) қисмида тупрокни сув ўтказмайдиган, зичлаштириш мақсадида бажарилиши лозим бўлган шиббалаш ишлари қурилиш ташкилоти томонидан белгиланган талаблар даражасида бажарилмаган ва бошқалар.

Дамба деворидаги ўпирилиш натижасида юзага келган тошқин, расмий маълумотларга кўра, 10 та маҳалла фуқаролар йиғинига, 23 та аҳоли пунктларига, ҳудудлардаги 4711 та турар ва 277 та нотурар жой объектларига талофат келтирган ҳамда 30 718 гектар экин майдонларига зарар етказган. Тошқиндан талафот кўрган 4351 та хонадонларнинг 2570 таси яроқсиз ҳолга келган, 1781 таси қисман зарарланган. Ушбу офат олти кишининг ҳаётига зомин бўлган, бир киши бедарак йўқолган (3-жадвал).

Ўзбекистон Республикаси Президенти ва Ҳукумати томонидан тезлик билан қўрилган чора-тадбирлар натижасида зарарлар қопланган, аҳолига янги уй-жойлар қуриб берилган, қисқа муддатда мазкур офат таъсир зонасида ҳаёт ўз изига тушган.

Сув омборлари тўғонларининг ҳарбий-сиёсий таҳдидлар натижасида шикастланишига Днепр дарёсида 1956 йилда қурилиб, фойдаланишга топширилган Украинадаги Каховка сув омбори ёрқин мисолдир.

Сув сифими 18,1 км<sup>3</sup> га тенг бўлган ушбу улкан сув омборининг тўғони 2023 йил 6 июнда портлатилади. Содир бўлган сув тошқини оқибатида 32 та йирик аҳоли пунктлари – шаҳарлар, қишлоқлардаги 3600 дан ортиқ уй-жойлар, халқ хўжалиги объектлари сув остида қолган (3-расм).

**Назарий-методологик асослар ва уларнинг муҳокамаси.** Сув омборлари тўғони танасида сув оқими ва бошқа омиллар таъсирида ҳосил бўладиган ўйиқлар ўлчамларининг катталашиб бориши жараёни ва, энг муҳими, улардан оқиб чиқадиган сув сарфларини, айниқса, уларнинг максимал қийматларини ҳисоблаш масалалари тоғли ҳудудлар гидрологиясида нисбатан кам ўрганилган муаммолардан бири ҳисобланади. Дастлаб, ушбу масала келиб чиқиши музликлар фаолияти билан боғлиқ бўлган кўллар мисолида А.Ф.Литовченко [Литовченко, 1964], Л.Д.Долгушин [Долгушин, 1973], Ю.Б.Виноградов [Виноградов, 1977], С.М.Флейшман [Флейшман, 1978], С.С.Кубрушко [Кубрушко, 1978], Г.Е.Глазырин [Глазырин, 2008] ва бошқаларнинг тадқиқотларида кўриб чиқилган.

## 3-жадвал

Сардоба сув омбори дамбасининг шикастланиши натижасида рўй берган офат келтирган моддий ва маънавий зарарлар кўлами (Хикматов ва бошқ., 2023)

## Таблица 3

Объём материального и морального ущерба, нанесённых в результате повреждения дамбы Сардабинского водохранилища [Хикматов и др., 2023]

## Table 3

The volume of material and moral damage caused as a result of damage to the dams of the Sardaba Reservoir [Khikmatov et al., 2023]

Т.р.	Зарарланиш соҳалари	Моддий ва маънавий зарарлар кўлами
1	Инсонлар ҳаёти	Расмий маълумотларга кўра, фожиа оқибатида 6 киши (2 нафар аёл, 4 нафар эркак) ҳалок бўлган, бир киши бедарак йўқолган. Жумладан, аҳолини хабардор қилиш ва қутқарув ишларини олиб бориш жараёнида Миллий гвардиянинг 3 нафар ходимини кучли сув оқими олиб кетган. Улардан бири қутқарилган, бири ҳалок бўлган, яна бири бедарак йўқолган деб топилган.
2	Қишлоқ хўжалиги	Тошқин туфайли Сардоба, Мирзаобод ва Оқолтин туманларининг жами 32381 гектар экин майдонлари талафот кўрган. Шундан 549 гектари аҳолининг томорқа ерларидир. Тошқинда 19592 гектар ер майдонида қишлоқ хўжалиги экинлари сув остида қолиб, талафот кўрган, 108 та фермер ва бошқа қишлоқ хўжалиги корхоналарининг 16525 гектар ери зарарланган. Шунингдек, 9734 гектар чигит, 6821 гектар ғалла, 231 гектар сабзаёт экинлари, 1095 гектар полиз, 14 гектар картошка, 154 гектар боғ ва 83 гектар боғ ораларига экилган сабзаёт экинлари сув остида қолиб, яроқсиз ҳолатга келган.
3	Ҳайвонот олами	Фожиа оқибатида 31719 та уй ҳайвонлари йўқолган бўлиб, уларнинг 13685 таси йирик ва майда шохли қорамоллар, отлар, 17752 таси парранда ва 282 таси бошқа ҳайвонлардир. Тирик ҳолда топилган 5160 та йирик ва майда шохли қорамол, 5143 от ўз эгаларига қайтарилган. Тошқинда 6 мингга яқин уй ҳайвонлари нобуд бўлган.
4	Аҳоли яшаш жойлари	Офат 10 та маҳалла фуқаролар йиғини, 23 та аҳоли пункти, худудлардаги 4711 та турар ва 277 та нотурар жой объектларига зарар етказган. Тошқиндан талафот кўрган 4351 та хонадоннинг 2570 таси яроқсиз ҳолга келган, 1781 тасига қисман зарарланган.
5	Давлат ташкилотлари ва муассасалар	Тошқин оқибатида 8 та болалар боғчаси, 16 та мактаб, 7 та тиббиёт муассасаси, 1 та коллеж, 7 та қабристон, 3 та масжид, 13 та республика аҳамиятидаги кўприк, 52 км узунликдаги йўл, 1 та деҳқон бозори, 282 та тадбиркорлик субъекти зарарланган.

Ўзининг илмий фаолиятида мазкур масалага алоҳида эътибор қаратган олим – Ю.М.Денисов [Денисов, 2010] қайд этиб ўтганидек, дарёлар оқими йўлини тўсиб қўйган кўчкилар, сурилмалар, куламалар, шу йўл билан ҳосил бўлган тўғонлар ҳамда тўсиқлар сув оқими таъсирида секин-аста ювилиб бориши ёки бу жараён қисқа фурсатда, жуда катта тезликда рўй бериши мумкин. Аниқроғи, кўлларда тўпланган сув оқими таъсирида тўғоннинг ювилиши жараёни бир неча минутдан бир неча суткагача давом этиши мумкин.



3-расм. Днепр дарёсидаги Каховка сув омборида техноген офат,  
2023 йил 6 июнь (Украина)

Рис. 3. Техногенная катастрофа на Каховском водохранилище на реке Днепр,  
6 июня 2023 года (Украина)

Fig. 3. Man-made disaster at the Kakhovka reservoir on the Dnieper River,  
June 6, 2023 (Ukraine)

Ушбу жараёни батафсил ўрганишга илк бор Ю.М.Денисов [Денисов, 2010] жазм этган. Бунга 1964 йилнинг 24 апрелида Зарафшон дарёсининг Тожикистон Республикаси худудидаги Айний қишлоғидан 1 км юқорида ёки Самарқанд шаҳридан 140 км шарқда тоғ ёнбағри сурилиб, дарё йўлини тўсиб қўйиши оқибатида шакллана бошлаган кўл сабаб бўлган. Зарафшон дарёси ўзанида пайдо бўла бошлаган кўлдаги сув сатҳи кунига 3-5 м дан кўтарила бориб, унинг қуйи қисмидаги аҳоли пунктларига, кўприклар ва бошқа объектларга катта хавф сола бошлаган.

Бундай шароитда кўлда тўпланган сувни қуйи бёф томон безарар ўтказиб юборишдек ўта нозик масала кўндаланг бўлиб қолган. Ушбу масаланинг ижобий ҳал этилишида фаол қатнашган кўпгина олимлар ва мутахассислар қаторида ўша йилларда ёш олим саналган Ю.М.Денисовнинг ҳам ҳиссаси катта бўлган [Ҳикматов, Рапиқов, Зияев, 2023].

Кейинчалик, яъни орадан 40 йиллар ўтгандан сўнг, аниқроғи, 2010 йилда профессор Ю.М.Денисов ушбу масаланинг ечимини назарий жиҳатдан тўла-тўқис асослаб берди. Қуйида турли келиб чиқишли кўллар тўғонларининг сув оқимлари таъсирида ҳосил қилган ўйиқлари ўлчамлари ва улардан оқиб ўтадиган сув сарфларини ҳисоблашнинг Ю.М.Денисов [Денисов, 2010] таклиф этган усулини сув омборининг шикастланган тўғонлари учун тадбиқ этамиз.

Масаланинг моҳиятига тўлиқ тушуниб етиш ва унинг ечимини топиш мақсадида, Ю.М.Денисовга мос ҳолда, қуйидаги белгилашларни киритамиз:

$z$  – шикастланган сув омбори тўғони танасида турли омиллар таъсирида ҳосил бўлган ўйиқ ҳисоб горизонталининг баландлиги, м;

$t$  – ҳисоб вақти, минут ёки секунд;

$P(z, t)$  – сув омбори тўғони танасидаги ўйиқ кўндаланг кесимининг ҳисоб горизонтали  $z$  дан қуйида жойлашган қисмининг оний  $t$  вақтдаги юзаси, м<sup>2</sup>;

$z_B(t)$  – сув юзаси бўйича ўйиқ кенглигининг оний  $t$  вақтдаги баландлиги, м;

$z_{1p}(t)$  – ўйиқ қуйи чегарасининг оний  $t$  вақтдаги баландлиги, м;

$z_{2p}(t)$  – агар ўйиқ юқори томондан берк, яъни сув оқими тўғон танасини ёриб ўтган бўлса, ўйиқ юқори чегарасининг оний  $t$  вақтдаги баландлиги, м;

$\chi_p(z, t)$  – ўйикнинг ҳисоб горизонтали  $z$  дан қуйида жойлашган кўндаланг кесимининг оний  $t$  вақтдаги периметри, м;

$B_p(z, t)$  – ўйикнинг  $z$  ҳисоб горизонталидан қуйида жойлашган оний  $t$  вақтдаги кенглиги, м.

Юқорида қабул қилинган белгилашларга асосланадиган бўлсак, тўғон танасида сув оқими таъсирида ҳосил бўладиган ўйикнинг кенглиги қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$B_p(z, t) = \frac{\partial p}{\partial z}. \quad (1)$$

Демак, юқорида баён этилганлардан кўриниб турибдики, табиатда қуйидаги икки ҳолат бўлиши мумкин:

1)  $z_{2p}(t) \geq z_B(t)$  шarti бажарилганда, ўйик юқори томони, яъни тепа қисмидан очик бўлади, бу ҳолат тўғон девори – танаси юқори қисмидан шикастланганда кузатилади;

2)  $z_{2p}(t) < z_B(t)$  шarti бажарилганда эса ўйик юқори томондан берк бўлади, яъни сув оқими тўғон танасини ёриб ўтади ва ўйик тўғоннинг танасида ҳосил бўлади.

Қуйида масалани, дастлаб, биринчи ҳолат, яъни ўйик юқори томонидан очик бўлган ҳолат учун кўриб чиқамиз. Ушбу ҳолатда ўйикдан оний  $t$  вақтда оқиб ўтаётган сув сарфи  $Q_p(t)$  қуйидаги аниқ интеграл билан ҳисобланади:

$$Q_p(t) = \int_{z_{1p}(t)}^{z_B(t)} B_p(z, t) \cdot [2g(z_B(t) - z)]^{0.5} \cdot dz. \quad (2)$$

Охириги ифодани, юқоридаги (1) ифодани ҳисобга олган ҳолда, қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$Q_p(t) = \int_{z_{1p}(t)}^{z_B(t)} \frac{\partial p}{\partial z} [2g(z_B(t) - z)]^{0.5} \cdot dz. \quad (3)$$

Ушбу (3) ифодани қисмлар бўйича интеграллаб, қуйидаги ифодага эга бўламиз:

$$Q_p(t) = \int_{z_{1p}(t)}^{z_B(t)} \sqrt{\frac{g}{2}} \cdot \frac{P(z, t)}{\sqrt{z_B(t) - z}} \cdot dz. \quad (4)$$

Навбатдаги босқичда масалани иккинчи, яъни  $z_{2p}(t) < z_B(t)$  шarti бажарилган ҳолат учун кўриб чиқамиз. Юқорида қайд этилганидек, ушбу шарт бажарилганида, ўйик юқори томонидан берк, яъни сув оқими тўғон танасини ёриб ўтган бўлади. Мазкур ҳолатда ўйикдан оқиб ўтадиган сув сарфи  $Q_p(t)$ ни ҳисоблаш учун юқорида келтирилган (2) ва (4) ифодалардаги аниқ интегралнинг юқори чегарасини ифодаловчи  $z_B(t)$ ни Ю.М.Денисов [Денисов, 2010] тавсияси бўйича  $z_{2p}(t)$  га алмаштириш лозим.

Юқорида баён этилганларга хулоса қилиб айтганда, (4) ифодани сув омборлари тўғони танасида ҳосил бўлган ўйиклардан оқиб ўтадиган сув сарфи  $Q_p(t)$ ни ҳисоблашнинг энг қулай умумий ифодаси сифатида қабул қилиш мумкин.

Ушбу ифода ёрдамида оний  $t$  вақтдаги ўйик кўндаланг кесимининг юзаси  $P(z, t)$  агар тўғри тўртбурчак шаклида бўлса, ўйик кенглиги  $z_B(t)$ ни баландликка кўпайтирилганига тенг бўлади. Бу эса, ўйикнинг қуйи  $z_{1p}(t)$  ҳамда юқори  $z_{2p}(t)$  чегараларининг баландликлари ҳамда ўйик кўндаланг кесимининг юзаси  $[P(z, t)]$  ҳақидаги морфометрик маълумотларни ҳисобга олган ҳолда, ўйикдан оқиб ўтадиган сув сарфи  $Q_p(t)$ ни ҳисоблаш имконини беради.

Юқорида келтирилган маълумотлар ва уларнинг таҳлилларига таянган ҳолда, **хулоса** ўрнида қуйидагиларни қайд этиш мумкин.

1. Ҳозирги кунда Ўзбекистонда, селхоналар билан қўшиб ҳисоблаганда 60 дан

ортиқ сув омборлари эксплуатация қилинади. Уларнинг барчасида қурилган тўғонларнинг турли табиий, техноген ва бошқа омиллар таъсирида шикастланиш хавфи мавжуд. Охирги йилларда ушбу омиллар қаторига ҳарбий-сиёсий таҳдидлар ҳам қўшилди. Жорий 2023 йилнинг 6 июнида Каховка ГЭС тўғонининг ҳарбий ҳаракатлар оқибатида ўпирилиши туфайли юзага келган вазият бунга ёрқин мисолдир.

2. Сув омборлари тўғонларининг шикастланиши, аксарият ҳолларда, гидрометеорологик шароитлар билан боғлиқдир. Сардоба сув омбори дамбасининг 2020 йилнинг 1 май кунида шикастланишига узоқ давом этган баҳорги атмосфера ёғинлари, сув баланси кирим қисмининг ортиши, сув омборида сув сатҳини меъёрий димланиш сатҳида (МДС) узоқ муддат ушлаб турилиши, дамба деворининг мустаҳкамлигини белгиловчи ва бошқа қатор омиллар сабаб бўлган.

3. Сув омборлари тўғонлари шикастланишининг олдини олиш учун, биринчи навбатда, уларни эксплуатация қилиш тартиб-қоидаларига тўла амал қилиш лозим. Жумладан, ҳар қандай вазиятда ҳам, сув омборидаги сув сатҳини МДСда узоқ ушлаб туришга йўл қўймаслик талаб этилади. Шунингдек, ҳозирги кунда дунёнинг айрим минтақаларида кузатилаётган ҳарбий-сиёсий таҳдидларни ҳисобга олиб, тўғонлар назоратини янада кучайтириш мақсадга мувофиқдир.

4. Сув омборлари тўғонлари танасида ҳосил бўлган ўйиқларининг кўндаланг кесими юзаларини ҳисоблашнинг Ю.М.Денисов томонидан таклиф этилган ифодалари кўриб чиқилди ва ўйиқлар кўндаланг кесимлари юзаларини ҳисоблаш ифодалари ўйиқнинг устки қисми очик ( $z_{2P}(t) \geq z_B(t)$ ) ва ёпиқ  $z_{2P}(t) < z_B(t)$  ҳолатлар учун аниқланди.

5. Ўйиқнинг қуйи  $z_{1P}(t)$  ҳамда юқори  $z_{2P}(t)$  чегараларининг баландликлари ҳамда ўйиқ кўндаланг кесимининг юзаси  $[P(z, t)]$  ҳақидаги морфометрик маълумотлар асосида ўйиқдан оқиб ўтадиган сув сарфи  $Q_P(t)$ ни ҳисоблаш ифодаси тавсия этилди.

**Миннатдорчилик.** Муаллифлар ушбу илмий мақолани тайёрлаш жараёнида ўз ёрдами ва илмий маслаҳатларини аямаган устозларига, жумладан, Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети Қуруқлик гидрологияси кафедраси профессор-ўқитувчиларига ҳамда Ўзбекистон Республикаси Фавқулудда вазиятлар вазирлиги Фуқаро муҳофазаси институтининг етакчи олимларига ўзларининг чуқур миннатдорчиликларини изҳор этадилар.

**Муаллифлар ҳиссаси.** **Б.Ф. Ҳикматов:** методология, мақола ғояси, олинган натижаларнинг таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Б.Р. Рапиқов:** маълумотларни тўплаш, маълумотларни қайта ишлаш, гидрологик ҳисоблашларни бажариш, олинган натижаларнинг таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. Муаллифлар қўлёзманинг нашрга тайёрланган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

- Авакян А.Б., Шарапов В.А. и др. Водохранилища мира. – М.: Изд-во «Наука», 1979. – 289 с.  
Авакян А.Б., Салтанкин В., Шарапова В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. – 325 с.  
Айтбаев Д.П., Хикматов Ф.Х. Эрозионная деятельность горных рек и оценка интенсивности заиления водохранилищ. – Ташкент: «Fan va texnologiya», 2013. – 140 с.  
Богословский Б.Б. Озероведение. – М.: Изд-во МГУ, 1960. – 335 с.  
Видинеева Е.М. Элементы гидрохимического режима Каттакурганского водохранилища. – Тр. САРНИГМИ, 1975, вып. 2 (83). – С. 30-37.  
Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 154 с.  
Виноградов Ю.Б. Этюды о селевых потоках. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 144 с.

Вендров С.Л., Дьяконов К.Н. Водохранилища и окружающая природная среда. – М.: Наука, 1976. – 133 с.

Глазырин Г.Е., Рейзвих В.Н. К расчету гидрографа стока при прорыве завальных озер // Тр. САНИГМИ. – Ташкент, 1968. – Вып. 32 (47). – С.8-12.

Глазырин Г.Е., Карташов Д.А., Муракаев Р.Р., Тарасов Ю.А., Шамсутдинов В.Н. Результаты исследования прорывоопасных ледниковых озер в бассейне р. Пскем летом 2003 г. // Сб. науч. трудов НИГМИ. – Ташкент, 2005. – Вып.5 (250). – С. 43-55.

Горелкин Н.Е. Гидрометеорологический, гидрохимический режим и прогноз водно-солевого баланса Арнасайской озерной системы. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Ташкент, 1985. – 19 с.

Денисов В.М. О средней скорости равномерного движения безнапорных турбулентных потоков // Труды САНИИ Госкомгидромета. – 1982. – Вып. 94(175). – С. 56-74.

Денисов Ю.М. Расчёт прорывных расходов воды и размыва прорана // Тр. НИГМИ. – Ташкент, 2010. – Вып.12 (257). – С. 3-19.

Долгушин Л.Д. Прорыв ледяной плотины // Природа. – Москва, 1973. – Вып.11. – С. 108-110.

Кубрушко С.С., Ставиский Я.С. Гляциальные озера Киргизии и их роль в формировании селей // Материалы гляциологических исследований. – Москва, 1978. – Вып. 32. – С. 59-62.

Литовченко А.Ф. Катастрофический селевой паводок на р. Иссык // Метеорология и гидрология. – Ленинград, 1964. – №4. – С. 39-42.

Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ. – Перм: Изд-во ПГУ, 2003. – 296 с.

Никитин А.М. Водохранилища Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 163 с.

Пирназаров Р.Т., Хикматов Ф.Х. Тўғонли кўлларнинг гидрометеорологик режими ва улар хавфини камайтириш масалалари (Курбонкўл мисолида). – Тошкент: “Фан ва технология”, 2013. – 176 б.

Сирлибаева З.С. Сток взвешенных наносов в бассейне Андижанского водохранилища: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Ташкент, 1984. – 18 с.

Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 312 с.

Хикматов Б.Ф., Рапиқов Б.Р., Зияев Р.Р. Сув омборлари тўғонларининг шикастланиши ва унинг оқибатида кузатилган офатлар ҳақида // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. 63-жилд. – Тошкент, 2023. – Б. 73-78.

Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ. Учебник для вузов. – М.: Изд-во «Перо», 2014. – 399 с.

Glazirin G.E. Dangerous lakes in mountains surrounding Uzbekistan // Proceedings of the International Conference on Management of Landside Hazard in the Asia-Pacific Region. Satellite symposium of the First World Landslide Forum. – Tokyo, 2008. – P. 196-201.

Hikmatov F.H., Haydarov S.A., Halimova G.S., Ziyayev R.R., Rapiqov B.R. Ko'ishunoslik. Darslik. Toshkent: «Innovatsion rivojlanish nashriyoti-matbaa uyi», 2021. – 216 b.

Электрон манбалар:

[www.kun.uz](http://www.kun.uz)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.vk.com](http://www.vk.com)

## РАСЧЁТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ, ПРОТЕКАЮЩИХ ЧЕРЕЗ ПРОРАН НА ТЕЛЕ ПОВРЕЖДЁННЫХ ПЛОТИН ВОДОХРАНИЛИЩ

**Б.Ф. ХИКМАТОВ<sup>1</sup>, Б.Р. РАПИКОВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт гражданской защиты при Академии МЧС

<sup>2</sup> Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, barkamol\_rapiqov@mail.ru

*Аннотация.* Статья посвящена изучению процессов повреждения плотин водохранилищ различного назначения под влиянием естественных и техногенных факторов, а также определению основных факторов, вызывающих этих чрезвычайных явлений. На основе теоретических предпосылок профессора Ю.М.Денисова, рекомендованы практические формулы

для расчёта максимального расхода воды, вытекающего из прорана, образовавшегося в теле плотины водохранилища в результате повреждения.

**Ключевые слова:** водохранилище, плотина, естественный фактор, техногенный фактор, повреждение, проран, максимальный расход воды, практические формулы, расчёт.

## CALCULATION OF MAXIMUM WATER FLOWS FLOWING THROUGH THE OPENING ON THE BODY OF DAMAGED RESERVOIR DAMS

**B.F. KHIKMATOV<sup>1</sup>, B.R. RAPIKOV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Civil Protection Institute at the Academy of the Ministry of Emergency Situations

<sup>2</sup> National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, barkamol\_rapiqov@mail.ru

**Annotation.** *The article is devoted to the study of the processes of damage to reservoir dams for various purposes under the influence of natural and man-made factors, to the identification of the main factors causing these extreme phenomena. Based on the theoretical premises of Professor Yu.M. Denisov, practical formulas are recommended for calculating the maximum flow of water flowing from holes formed in the bodies of reservoir dams as a result of damage.*

**Keywords:** *reservoir, dam, natural factor, man-made factor, damage, breach, maximum water flow, practical formula, calculation.*

## REFERENCES

Avakyan A.B., Sharapov V.A. i dr. Vodoxranilisha mira [Reservoirs of the world]. – M.: Izd-vo «Nauka», 1979. – 289 s. (in Russian)

Avakyan A.B., Saltankin V., Sharapova V.A. Vodoxranilisha [Reservoirs]. M.: Misl, 1987. – 325 s. (in Russian)

Aytbaev D.P., Xikmatov F.X. Eroziionnaya deyatelnost gornix rek i otsenka intensivnosti zaileniya vodoxranilish [Erosion activity of mountain rivers and assessment of the intensity of siltation of reservoirs]. – Tashkent: «Fan va texnologiya», 2013. – 140 s. (in Russian)

Bogoslovskiy B.B. Ozerovedenie [Lake science]. – M.: Izd-vo MGU, 1960. – 335 s. (in Russian)

Vidineeva Ye.M. Elementi gidroximicheskogo rejima Kattakurganskogo vodoxranilisha [Elements of the hydrochemical regime of the Kattakurgan reservoir]. – Tr. SARNIGMI, 1975, vip. 2 (83), – S. 30-37. (in Russian)

Vinogradov Yu.B. Glyatsialnie prorivnie pavodki i selevie potoki [Glacial outburst floods and debris flows]. – L.: Gidrometeoizdat, 1977. – 154 s. (in Russian)

Vinogradov Yu.B. Etyudi o selevix potokax [Sketches about mudflows]. – L.: Gidrometeoizdat, 1980. – 144 s. (in Russian)

Vendrov S.L., Dyakonov K.N. Vodoxranilisha i okrujayushaya prirodnyaya sreda [Reservoirs and the natural environment]. – M.: Nauka, 1976. – 133 s. (in Russian)

Glazirin G.Ye., Reyziv V.N. K raschetu gidrografa stoka pri prorive zavalnix ozer [Towards the calculation of runoff hydrograph during outburst of dammed lakes] // Tr. SANIGMI. – Tashkent, 1968. – Vip. 32 (47). – S. 8-12. (in Russian)

Glazirin G.Ye., Kartashov D.A., Murakaev R.R., Tarasov Yu.A., Shamsutdinov V.N. Rezultati issledovaniya prorivoopasnix lednikovix ozer v bassejne r. Pskem letom 2003 g. [Results of a study of outburst-hazardous glacial lakes in the Pskem river basin in the summer of 2003] // Sb. nauch. trudov NIGMI. – Tashkent, 2005. – Vip.5 (250). – S. 43-55. (in Russian)

Gorelkin N.Ye. Gidrometeorologicheskij, gidroximicheskij rejim i prognoz vodno-solevogo balansa Arnasayskoy ozernoy sistemi. Avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. [Hydrometeorological, hydrochemical regime and forecast of water-salt balance of the Arnasay lake system. Author's abstract. diss. ...cand. geogr. Sci.] – Tashkent, 1985. – 19 s. (in Russian)

Denisov V.M. O sredney skorosti ravnomernogo dvizheniya beznapornix turbulentnix potokov [On the average speed of uniform motion of free-flowing turbulent flows] // Trudi SANII Goskomgidrometa.

– 1982. – Vip. 94(175). – S. 56-74. (in Russian)

*Denisov Yu.M.* Raschot prorivnix rasxodov vodi i razmiva prorana [Calculation of breakthrough water flows and erosion of the hole] // Tr. NIGMI. – Tashkent, 2010. – Vip.12 (257). – S. 3-19. (in Russian)

*Dolgushin L.D.* Proriv ledyanoy plotini [Ice dam break] // Priroda. – Moskva, 1973. – Vip.11. – S. 108-110. (in Russian)

*Edelshteyn K.K.* Gidrologiya ozer i vodoxranilish [Hydrology of lakes and reservoirs]. Uchebnik dlya vuzov. – M.: Izd-vo «Pero», 2014. – 399 c. (in Russian)

*Kubrushko S.S., Stavisskiy Ya.S.* Glyatsialnie ozera Kirgizii i ix rol v formirovanii seley [Glacial lakes of Kyrgyzstan and their role in the formation of mudflows] // Materiali glyatsiologicheskix issledovaniy. – Moskva, 1978. – Vip. 32. – S. 59-62. (in Russian)

*Litovchenko A.F.* Katastroficheskiy selevoy pavodok na r. Issik [Catastrophic mudflow on the River Issyk] // Meteorologiya i gidrologiya. – Leningrad, 1964. – №4. – S. 39-42. (in Russian)

*Matarzin Yu.M.* Gidrologiya vodoxranilish [Hydrology of reservoirs]. – Perm: Izd-vo PGU, 2003. – 296 c. (in Russian)

*Nikitin A.M.* Vodoxranilisha Sredney Azii [Reservoirs of Central Asia]. – L.: Gidrometeoizdat, 1991. – 163 s. (in Russian)

*Pirnazarov R.T., Hikmatov F.H.* Togonli kollarning gidrometeorologik rejimi va ular xavfini kamaytirish masalalari (Qurbankol misolida) [Hydrometeorological regime of dammed lakes and issues of reducing their risk (in the case of Kurbankol)]. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2013. – 176 b. (in Uzbek)

*Sirlibaeva Z.S.* Stok vzveshennix nanosov v bassejne Andijanskogo vodoxranilisha: Avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. [Suspended sediment runoff in the Andijan reservoir basin: Diss. abstract ... cand. geogr. sci.] – Tashkent, 1984. – 18 s. (in Russian)

*Fleyshman S.M.* Seli [Mudflows]. – L.: Gidrometeoizdat, 1978. – 312 s. (in Russian)

*Khikmatov B.F., Rapiqov B.R., Ziyayev R.R.* Suv omborlari to‘g‘onlarining shikastlanishi va uning oqibatida kuzatilgan ofatlar haqida [About damage to reservoir dams and disasters observed as a result] // O‘zbekiston Geografiya jamiyati axboroti. 63-jild. – Toshkent, 2023. – B. 73-78. (in Uzbek)

*Khikmatov F.H., Haydarov S.A., Halimova G.S., Ziyayev R.R., Rapiqov B.R.* Kolshunoslik [Limnology]. Darslik. Toshkent: «Innovatsion rivojlanish nashriyoti-matbaa uyi», 2021. – 216 b. (in Uzbek)

*Electronic resources:*

[www.kun.uz](http://www.kun.uz)

[www.wikipediya.org](http://www.wikipediya.org)

[www.vk.com](http://www.vk.com)

---

# АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ / МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ / ENVIRONMENTAL MONITORING

---

УДК 504.3.054+551.510.42

## ТОШКЕНТ ШАҲРИ АТМОСФЕРА ҲАВОСИ СИФАТИНИНГ ЗАМОНАВИЙ ЎЗГАРИШЛАРИ

М.А. ШАРАПОВА<sup>1\*</sup>, Б.Э. НИШОНОВ<sup>2</sup>, И.А. КАРИМОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Гидрометеорология хизмати агентлиги, malika.sharapova.87@mail.ru

<sup>2</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, bnishonov@mail.ru

**Аннотация.** Мақолада Тошкент шаҳрида 2011-2021 йилларда атмосфера ҳавосини асосий ифлослантирувчи моддалар билан ифлосланиши Ўзгидромет кузатув тармогининг маълумотлари асосида кўриб чиқилган. Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосидаги ифлослантирувчи моддалар барча туманларда рухсат этилган меъёрдан паст бўлганлиги, фақат углерод оксиди (СО)нинг миқдори юқори бўлганлиги кузатилган. Атмосферанинг ифлосланиш индекси (АИИ) кўрсаткичи бўйича ҳавонинг ифлосланиши даражаси Сергели туманида жуда юқори бўлганлиги аниқланган.

**Калит сўзлар:** атмосфера ҳавоси, ифлосланиш, чанг, азот диоксиди, олтингурут диоксиди, углерод оксиди, фенол, формальдегид, озон, атмосферанинг ифлосланиш индекси, АИИ, Тошкент.

**Кириш.** Бугунги кунда атроф муҳит муҳофазаси соҳасидаги долзарб муаммолардан бири атмосфера ҳавосининг ифлосланиши ҳисобланади. Атмосфера ҳавосининг ифлосланиши нафақат инсон, балки атроф-муҳит, ўсимлик ва ҳайвонот дунёсига ҳам салбий таъсир кўрсатмоқда. Атмосфера ҳавосининг ифлосланишида антропоген таъсирнинг роли муҳим бўлиб, асосий манбалар сифатида саноат корхоналари ва автомобиллардан чиқаётган ажратмалар миқдорининг ортиши атмосфера ҳавосининг ифлосланиш даражасини ортишига сабаб бўлмоқда.

Йирик шаҳарларда атмосфера ҳавоси ифлосланишининг асосий манбаларидан бири автотранспорт воситалари двигателларидан чиқаётган чиқинди газлар ҳисобланади. Республикада атмосферага зарарли ташланмаларнинг 58 фоизи автотранспорт воситаларига тўғри келади. Тошкент шаҳрида эса бу кўрсаткич 70 фоизни ташкил қилади [Мирзаева, 2007]. Ўзгидромет маълумотларига кўра, сўнгги вақтларда шаҳарда атмосфера ҳавосининг ифлосланганлик даражаси атмосферанинг ифлосланиш индекси (АИИ) кўрсаткичи бўйича кониқарли бўлса ҳам, шаҳарнинг айрим туманларида ифлослантирувчи маоддалар миқдори рухсат этилган концентрациядан (РЭК) ортганлиги кузатилмоқда [Радкевич, Шипилова, 2020].

Тошкент шаҳри республикамызнинг йирик марказий шаҳри ҳисобланади, шу сабабли шаҳарда атмосфера ҳавоси ифлосланиши натижасида келиб чиқаётган муаммоларни камайтириш ва бартараф қилиш мақсадида атмосфера ҳавоси таркибидаги ифлослантирувчи моддалар миқдорларини вақт ва ҳудудлар бўйича ўзгаришларини ўрганиш ва шу маълумотлар асосида атмосфера ҳавоси сифатини баҳолаш долзарб вазифа ҳисобланади. Ушбу тадқиқотнинг мақсади Тошкент шаҳри атмосфера ҳавоси сифатини

---

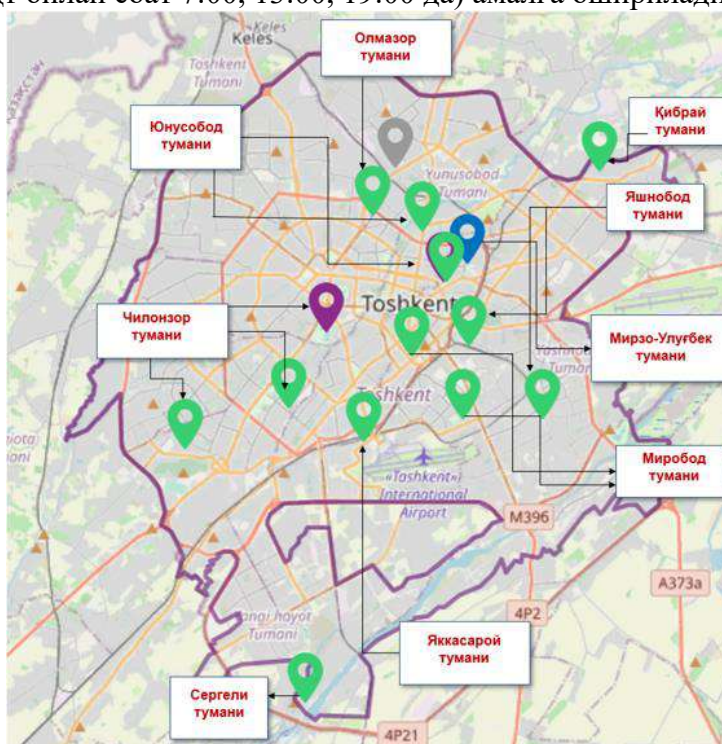
\* Масъул муаллиф: malika.sharapova.87@mail.ru, тел. +998 93 188-42-24

ифлослантирувчи моддалар миқдорининг кўп йиллик маълумотлари асосида баҳолаш бўлиб, тадқиқотнинг **объекти** Тошкент шаҳри, тадқиқотнинг **предмети** эса атмосфера ҳавосининг сифати ҳисобланади.

**Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари.** Ушбу мақолада Ўзгидрометнинг Тошкент шаҳрида атмосфера ҳавоси сифати мониторингининг сўнгги 10 йиллик (2011-2021 йй.) маълумотлари [Обзор ..., 2022; Таблицы ..., 2011-2021] асосида чанг (қаттиқ муаллақ зарралар), олтингугурт диоксида, углерод оксиди (ис гази), азот диоксида, фенол, формальдегид ва озоннинг кўп йиллик ифлосланишлари таҳлил қилинди.

Атмосфера ҳавоси сифатини комплекс баҳолаш учун атмосферанинг ифлосланиш индекси (АИИ) кўрсаткичидан фойдаланилди. Бу индекс концентрацияси энг юқори бўлган 5 та модда учун ҳисобланади. АИИ 5 дан кам бўлса ҳавонинг ифлосланиш даражаси паст ҳисобланади, 5 дан 7 гача бўлса ортган, 7 дан 14 гача бўлса юқори ва 14 дан катта бўлса жуда юқори ифлосланиш даражада деб белгиланади [ГОСТ ...; РД ...].

**Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** Тошкент шаҳрида атмосфера ҳавосининг ифлосланиши 8 та туманда жойлашган 13 та пунктда олиб борилади. Шаҳарнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда ҳавонинг ифлосланиши тўғрисида маълумот олиш учун кузатув пунктлари турли функционал зоналарда (турар-жой, саноат ва автомобил йўллари яқинида) жойлашган (1-расм) [Мониторинг ...]. Тошкент атмосфера ҳавоси ифлосланиши бўйича кузатувлар ҳар куни сутка давомида 3 марта (маҳаллий вақт билан соат 7:00, 13:00, 19:00 да) амалга оширилади.



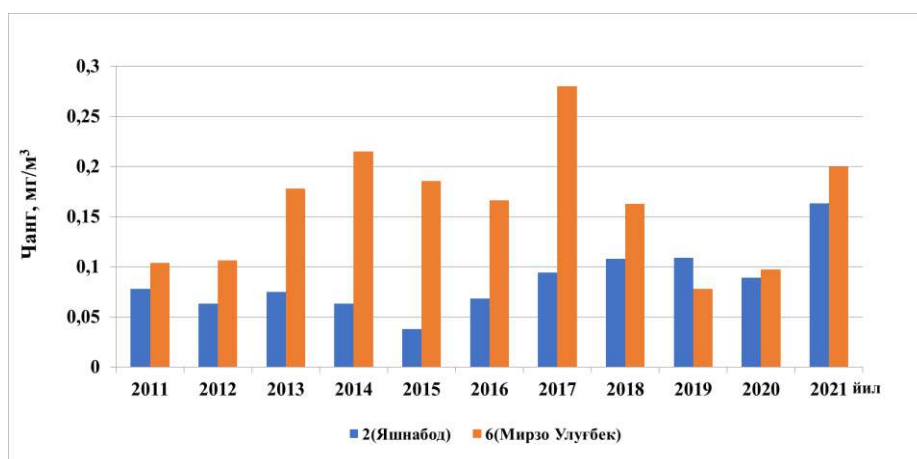
1-расм. Тошкент шаҳрида атмосфера ҳавоси сифати бўйича кузатув пунктларининг жойлашув харита-схемаси

Рис.1. Карта-схема расположения пунктов наблюдения качества атмосферного воздуха в г. Ташкент

Fig. 1. Map-scheme of the location of observation points of atmospheric air quality in Tashkent

Тадқиқот давомида Тошкент шаҳридаги 13 та кузатиш пунктидаги кўп йиллик (2011-2021 йй.) маълумотлар асосида атмосфера ҳавоси сифатининг ўзгаришлари таҳлил қилинди.

Таҳлил натижаларига кўра, Тошкент шаҳрида 2011-2021 йиллар давомида атмосфера ҳавосининг чанг билан ифлосланганлиги мониторинги Яшнобод ва Мирзо Улуғбек туманларида олиб борилган. Атмосфера ҳавосида чангнинг ўртача йиллик миқдори 0,04-0,28 мг/м<sup>3</sup> ораликда бўлиб, рухсат этилган меъёрдан (0,5 мг/м<sup>3</sup>) ортмаган. Атмосфера ҳавосидаги чангнинг юқори миқдори Мирзо Улуғбек туманида кузатилган (2-расм).



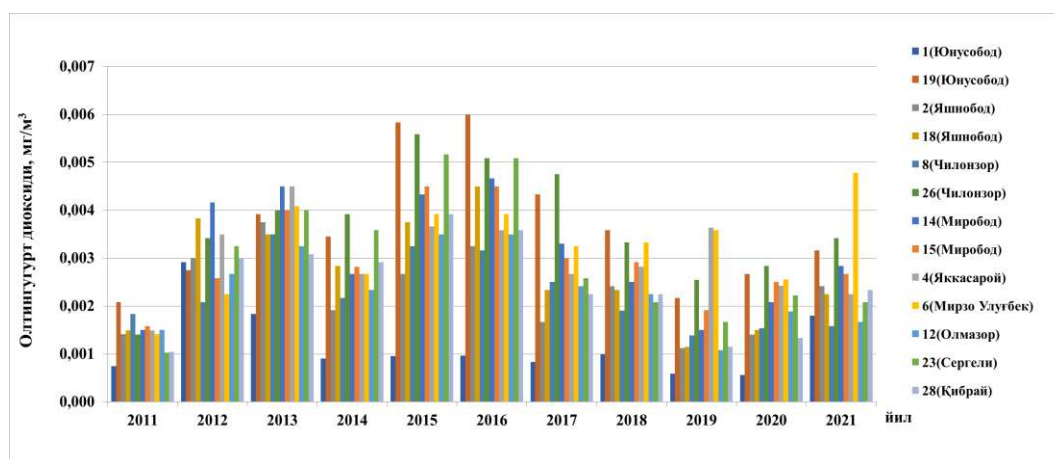
2-расм. Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосидаги чангнинг ўртача йиллик миқдори (2011-2021 йй.)

Рис. 2. Среднегодовое содержание пыли в атмосферном воздухе в городе Ташкент (2011-2021 гг.)

Fig. 2. The average annual dust content in the atmospheric air in the Tashkent city (2011-2021)

Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосининг олтингурут диоксида ( $\text{SO}_2$ ) билан ифлосланганлиги бўйича мониторинг барча 13 та кузатув пунктида олиб борилган. Олтингурут диоксида миқдорининг ўртача йиллик миқдори 0,001-0,009 мг/м<sup>3</sup> ораликда кузатилган ва рухсат этилган меъёрдан (0,5 мг/м<sup>3</sup>) ортмаган. Атмосфера ҳавосидаги олтингурут диоксидининг юқори миқдори 2012 йили Яшнобод туманида, 2013 йили Яккасарой туманида, 2014 йили Миробод туманида, 2015 йили Юнусобод ва Миробод туманларида, 2020 йили Олмазор туманида кузатилган (3-расм).

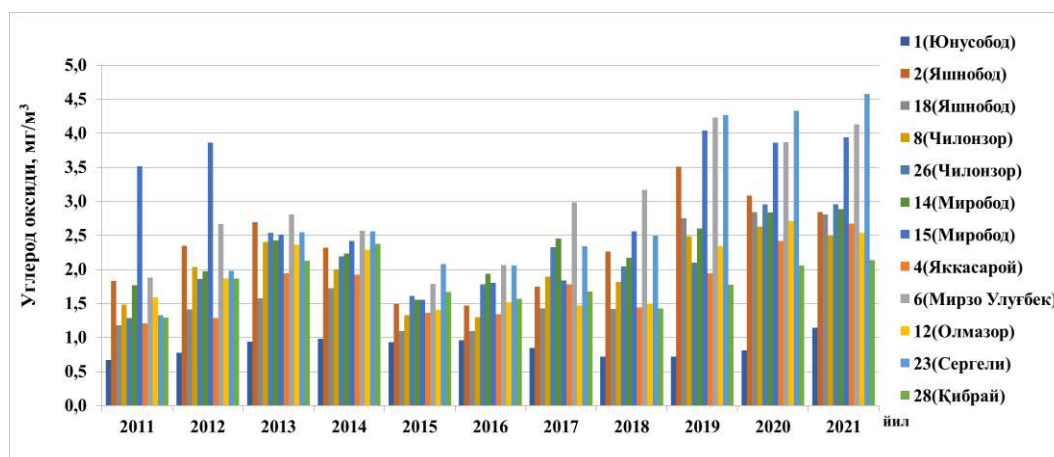
Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосининг углерод оксиди (CO) билан ифлосланганлиги бўйича мониторинг барча 13 та кузатув пунктида олиб борилган. Углерод оксиди миқдорининг ўртача йиллик миқдори 0,001-4,328 мг/м<sup>3</sup> ораликда кузатилган ва рухсат этилган меъёрдан (3,0 мг/м<sup>3</sup>) ортган. Атмосфера ҳавосидаги углерод оксиди миқдорининг юқори кўрсаткичлари 2011 йили Олмазор ва Миробод туманларида, 2018 йили Мирзо Улуғбек туманида, 2019-2020 йилларда Яшнобод, Мирзо Улуғбек, Миробод ва Сергели туманларида, 2021 йилда Мирзо Улуғбек, Миробод ва Сергели туманларида кузатилган (4-расм).



3-расм. Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосидаги олтингугурт диоксиднинг ўртача йиллик миқдори (2011-2021 йй.)

Рис. 3. Среднегодовое содержание диоксида серы в атмосферном воздухе в городе Ташкент (2011-2021 гг.)

Fig. 3. The average annual sulfur dioxide content in the atmospheric air in the Tashkent city (2011-2021)



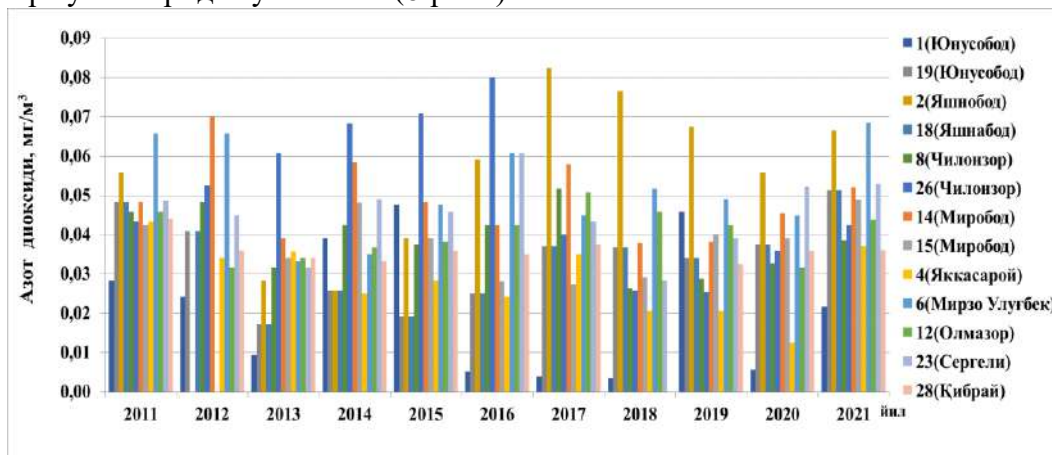
4-расм. Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосидаги углерод оксидининг ўртача йиллик миқдори (2011-2021 йй.)

Рис. 4. Среднегодовое содержание оксида углерода в атмосферном воздухе в городе Ташкент (2011-2021 гг.)

Fig. 4. The average annual carbon oxide content in the atmospheric air in the Tashkent city (2011-2021)

Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосининг азот диоксида ( $\text{NO}_2$ ) билан ифлосланганлиги бўйича мониторинг барча 13 та кузатув пунктида олиб борилган. Атмосфера ҳавосидаги азот диоксидининг ўртача йиллик миқдори 0,082-0,012  $\text{mg}/\text{m}^3$  ораликда кузатилган ва рухсат этилган меъёрдан (0,085  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ортаган. Атмосфера ҳавосидаги азот диоксидининг юқори миқдори 2011, 2012, 2021 йилларда Чилонзор туманида (8-пост), 2013-2016 йилларда Чилонзор туманида (26-пост), 2017-2021 йилларда Яшнобод туманида кузатилган (5-расм).

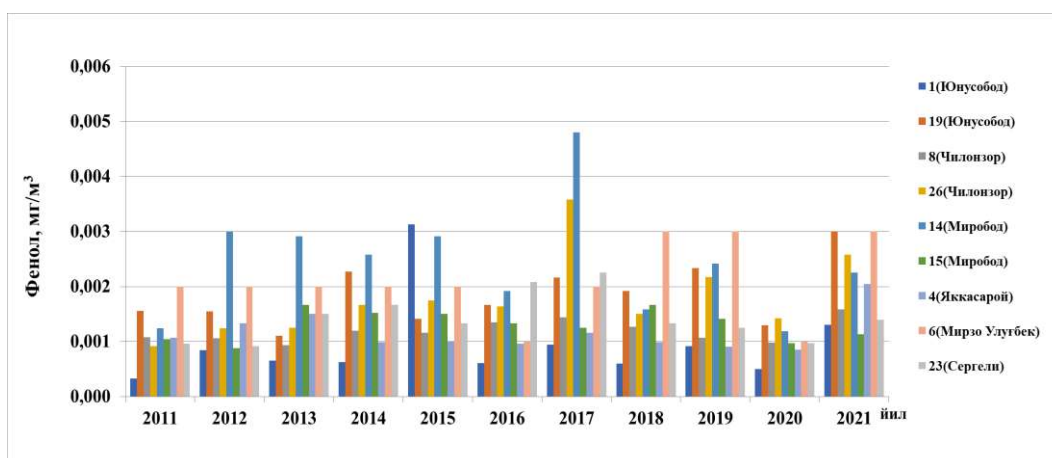
Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосининг фенол билан ифлосланганлиги бўйича мониторинг 9 та кузатув пунктида олиб борилган. Фенол миқдорининг ўртача йиллик миқдори 0,0003-0,004 мг/м<sup>3</sup> оралиқда кузатилган ва рухсат этилган меъёрдан (0,010 мг/м<sup>3</sup>) ортамаган. Атмосфера ҳавосидаги фенолнинг юқори миқдори 2017 йили Миробод ва Чилонзор туманларида кузатилган (6-расм).



5-расм. Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосидаги азот диоксидининг ўртача йиллик миқдори (2011-2021 йй.)

Рис. 5. Среднегодовое содержание диоксида азота атмосферном воздухе в городе Ташкент (2011-2021 гг.)

Fig. 5. The average annual nitrogen dioxide content in the atmospheric air in the Tashkent city (2011-2021)



6-расм. Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосидаги фенолнинг ўртача йиллик миқдори (2011-2021 йй.)

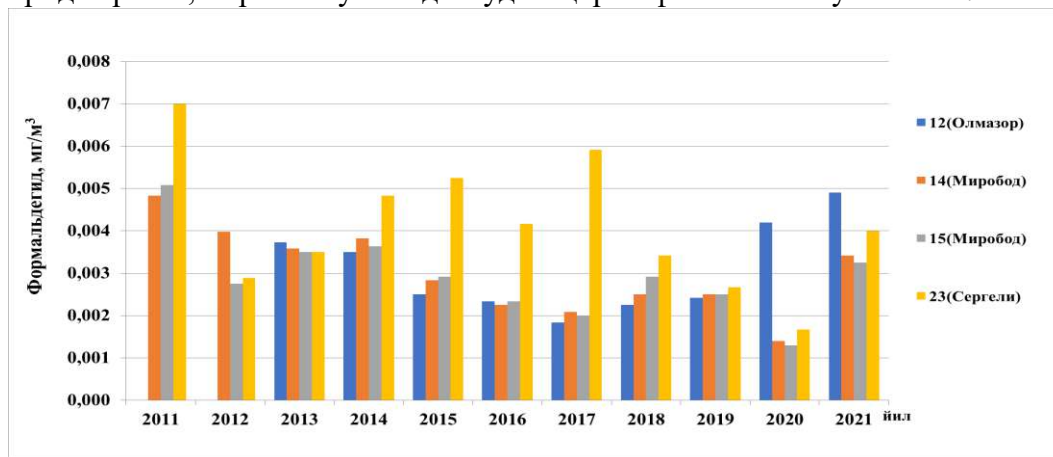
Рис. 6. Среднегодовое содержание фенола атмосферном воздухе в городе Ташкент (2011-2021 гг.)

Fig. 6 The average annual phenol content in the atmospheric air in the Tashkent city (2011-2021)

Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосининг формальдегид билан ифлосланганлиги бўйича мониторинг 7 та кузатув пунктида олиб борилган. Формальдегид миқдорининг ўртача йиллик миқдори 0,001-0,02 мг/м<sup>3</sup> оралиқда кузатилгани ва рухсат этилган меъёрдан

(0,035 мг/м<sup>3</sup>) ортаган. Атмосфера ҳавосидаги формальдегиднинг юқори миқдори 2011, 2015, 2016, 2017 йилларда Сергели туманида, 2020, 2021 йилларда Олмазор туманида кузатишган (7-расм).

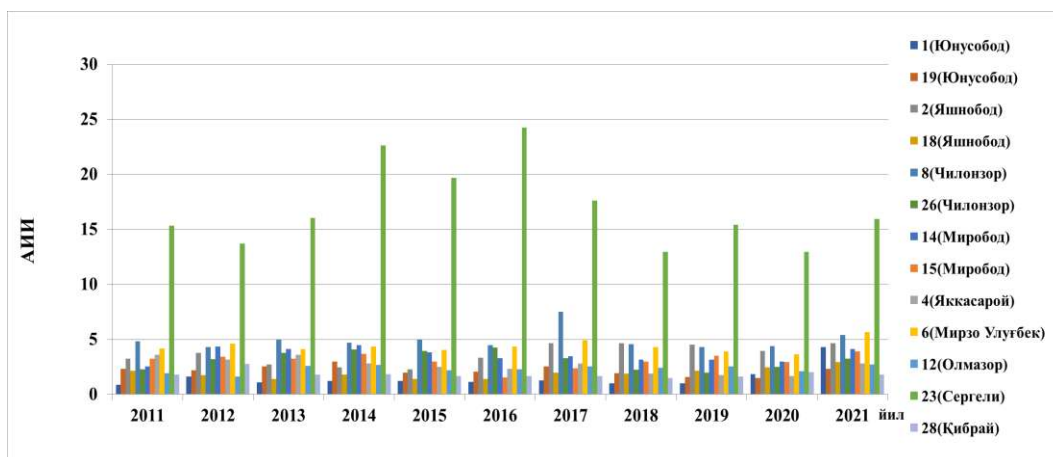
Ўзгидрометнинг 2011-2021-йилларда Тошкент шаҳридаги атмосфера ҳавоси мониторинги маълумотларига кўра, шаҳарнинг аксарият туманларида атмосферанинг ифлосланиш индекси белгиланган меъёрлар бўйича паст бўлганлиги, фақатгина Сергели туманида АИИ жуда юқори бўлганлиги кузатишган (8-расм). АИИ бўйича Юнусобод, Яшнобод, Яккасарой, Олмазор, Миробод, Чилонзор ва Қибрай туманларида атмосфера ҳавосининг ифлосланиш даражаси паст, Мирзо Улуғбек ва Чилонзор (8-пост) туманларида ортаган, Сергели туманида жуда юқори ифлосланиш кузатишган.



7-расм. Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосидаги формальдегиднинг ўртача йиллик миқдори (2011-2021 йй.)

Рис. 7. Среднегодовое содержание формальдегида атмосферном воздухе в городе Ташкент (2011-2021 гг.)

Fig. 7. The average annual formaldehyde content in the atmospheric air in the Tashkent city (2011-2021)



8-расм. Тошкент шаҳрида атмосфера ифлосланиш индексининг ўртача кўп йиллик ўзгаришлари (2011-2021 йй.)

Рис. 8. Среднедолголетние изменения индекса загрязнения атмосферного воздуха в г.Ташкенте (2011-2021 гг.)

Fig. 8. Average long-term changes in the air pollution index in Tashkent city (2011-2021)

**Хулоса.** Ўзгидромет кузатув тармоғининг маълумотларига кўра, 2011-2021 йилларда Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосида асосий ифлослантирувчи моддаларнинг ўртача йиллик миқдорлари барча туманларда рухсат этилган меъёрдан паст бўлганлиги, фақат углерод оксиди (СО)нинг миқдори юқори бўлганлиги аниқланди. Атмосферанинг ифлосланиш индекси (АИИ) кўрсаткичи бўйича ҳавонинг ифлосланиш даражаси мониторинг олиб бориладиган шаҳар туманлари орасида Сергели туманида жуда юқори бўлган.

**Муаллифлар хиссаси.** **М.А. Шарапова:** маълумотларни тўплаш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш. **Б.Э. Нишоннов:** мақоланинг ғояси, методология, раҳбарлик, мақолани расмийлаштириш. **И.А. Каримов:** маълумотларни тўплаш, натижалар таҳлили. Мақола муаллифлари қўлёзманинг нашрга тавсия этилган матни билан танишдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

ГОСТ 17.2.3.01-86. Правила контроля качества воздуха в населенных пунктах.

*Мирзаева М.Ш.* Экология фанидан маърузалар матни. – Тошкент архитектура курилиш институти. – Тошкент, 2007. – 74 б.

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха. Официальный сайт Узгидромет. <https://monitoring.meteo.uz/ru/menu/monitoring-zagryaznenija-atmosfernogo-vozduha>.

Обзор состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах Республики Узбекистан на территории деятельности Узгидромета за 2021 г. Ташкент, 2022. – 155 с.

*Радкевич М.В., Шипилова К.Б.* Оценка качества атмосферного воздуха в г.Ташкенте // Universum: технические науки. – 2020. – №12(81). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11046>

РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

Таблицы загрязнения атмосферного воздуха за 2011-2021 гг. – Ташкент: Узгидромет. 2011-2021 гг.

## СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В Г. ТАШКЕНТ

**М.А. ШАРАПОВА<sup>1</sup>, Б.Э. НИШОНОВ<sup>2</sup>, И.А. КАРИМОВ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Агентство гидрометеорологической службы, malika.sharapova.87@mail.ru

<sup>2</sup>Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, bnishonov@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрено загрязнение атмосферного воздуха основными загрязнителями в городе Ташкент за 2011-2021 гг. по данным сети мониторинга Узгидромета. Выявлено, что содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в г. Ташкент было ниже предельно допустимой концентрации по всем районам, только содержание оксида углерода (СО) было высоким. По показателю индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) было определено, что уровень загрязнения атмосферного воздуха был очень высоким в Сергелийском районе.

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, загрязнение, пыль, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, фенол, формальдегид, озон, индекс загрязнения атмосферы, ИЗА, Ташкент.

## CURRENT CHANGES IN ATMOSPHERIC AIR QUALITY IN TASHKENT CITY

M.A. SHARAPOVA<sup>1</sup>, B.E. NISHONOV<sup>2</sup>, I.A. KARIMOV<sup>1</sup><sup>1</sup>Agency of Hydrometeorological Service, malika.sharapova.87@mail.ru<sup>2</sup>Hydrometeorological Research Institute, bnishonov@mail.ru

**Abstract.** *The article considers air pollution by the main pollutants in Tashkent for 2011-2021, according to the Uzhydromet monitoring network. It was revealed that the content of pollutants in the atmospheric air in Tashkent was lower than the maximum permissible concentration in all districts, only the content of carbon monoxide (CO) was high. According to the atmospheric pollution index (API), it was determined that the level of atmospheric air pollution was very high in the Sergeli district.*

**Keywords:** *atmospheric air, pollution, dust, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, carbon monoxide, phenol, formaldehyde, ozone, atmospheric pollution index, IPA, Tashkent.*

## REFERENCES

GOST 17.2.3.01-86. Pravila kontrolya kachestva vozduxa v naselennix punktax [Rules for air quality control in settlements]. (in Russian)

Mirzaeva M.Sh. Ekologiya fanidan ma'ruzalar matni [Lectures on Ecology]. – Toshkent arxitektura qurilish instituti. – Toshkent, 2007. – 74 b. (in Uzbek)

Monitoring zagryazneniya atmosfernogo vozduxa. Ofitsialniy sayt Uzgidromet. [Monitoring of air pollution. Uzhydromet official website]. <https://monitoring.meteo.uz/ru/menu/monitoring-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduha> (in Russian)

Obzor sostoyaniya zagryazneniya atmosfernogo vozduxa v gorodax Respubliki Uzbekistan na territorii deyatelnosti Uzgidrometa za 2021 g. [Review of the state of air pollution in the cities of the Republic of Uzbekistan in the activity territory of the Uzhydromet for 2021]. – Tashkent, 2022. – 155 s. (in Russian)

Radkevich M.V., Shipilova K.B. Otsenka kachestva atmosfernogo vozduxa v g. Tashkente [Assessment of atmospheric air quality in Tashkent city] // Universum: texnicheskie nauki. – 2020. – No.12(81). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11046> (in Russian)

RD 52.04.186-89 Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosferi [Air Pollution Control Manual]. (in Russian)

Tablitsi zagryazneniya atmosfernogo vozduxa za 2011-2021 gg. [Tables of air pollution for 2011-2021]. – Tashkent: Uzgidromet. 2011-2021. (in Russian)

## ХОТИРА ВА ЮБИЛЕЙЛАР / ХРОНИКА И ЮБИЛЕИ / CHRONICLE AND ANNIVERSARIES



### БАХТИЁР ШАРАФИДДИНОВИЧ КАДИРОВ – 70 ЁШДА!

Кадиров Бахтиёр Шарафиддинович 1953 йил 4 июль санасида Тошкент шаҳрида таваллуд топди. 1971 йилда ўрта мактабни аъло баҳоларга тамомлаб, Тошкент давлат университети (ҳозирги Ўзбекистон Миллий университети)нинг физика факультетига ўқишга қабул қилинди. 1976 йилда университетни муваффақиятли тамомлагандан сўнг, Б.Ш. Кадиров Ўрта Осиё минтақавий гидрометеорология илмий-текшириш институти (ҳозирда ГМИТИ) Фаол таъсир этиш бўлими муҳандиси лавозимида йўлланди. 1977 йилдан 2005 йилгача кичик илмий ходим, катта илмий ходим, Булутлар физикаси лабораторияси мудири каби лавозимларда фаолият олиб борди. 2005-2006 йилларда Ўзгидрометнинг Об-ҳавони прогнозлаш бошқармасида бош мутахассис сифатида иш юритди. 2005-2013 йилларда Б.Ш. Кадиров Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Гидрометеорология хизмат маркази бош директор ўринбосари лавозимида ишлади. 2014-2021 йилларда нафақа даврида бўлган олим 2021 йил яна кадрдон институтига қайтди ва ҳозирги кунда Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти (ГМИТИ) Амалий метеорология бўлимининг Булутлар физикаси ва атмосфера жараёнларига фаол таъсир этиш лабораторияси мудири сифатида фаолият олиб бориш билан бир қаторда соҳанинг бўлғуси мутахассисларига, ёш кадрларга илмий раҳбарлик қилиб келмоқда.

Б.Ш. Кадиров Майданакда олиб борган узок йиллик экспериментал тадқиқотлари натижалари ўлароқ, 2003 йил соҳанинг забардаст олими В.П. Курбаткин раҳбарлигида «Конвектив булутлар ресурсини баҳолаш (Қашқадарё вилояти мисолида)» мавзусида диссертация ишини тайёрлади ва муваффақиятли ҳимоядан сўнг, география фанлари бўйича фан номзоди илмий даражасини олди.

Юбилярнинг 100 дан ортиқ илмий ишлари чоп этилган бўлиб, улардан аксарияти халқаро конференция ва симпозиум материалларида нашрдан чиққан. Устоз соҳа олимлари билан илм ва тажриба алмашиш мақсадида илмий сафарларда фаол иштирок этиб келади. Жанубий Шарқий Осиёдан Африка бўйлаб Канадагача бўлган ҳудудларда тропик, саҳро, океан кенгликларида чўзилган диёрлардаги ҳамкасблар давраси рўйхатини 1977, 1986 йиллардаги “Атмосферага таъсир этиш бўйича Чуст семинари” дан бошлаб, Арид ҳудудлар бўйича V жаҳон конгрессида саҳроларда сунъий ёмғир ёғдириш мавзусидаги маъруза билан иштирок (1995 й., Юта, АҚШ), Бутунжаҳон метеорология ташкилоти шафелигида ташкил этилган “Об-ҳавони ўзгартириш ва булут экиш бўйича ҳамкорлик” мавзусидаги илмий семинар (1999 й., Эрон), фаол таъсир этиш бўйича Жанубий-Шарқий Осиёда ташкил этилган конференция (1999 й., Таиланд), туманлар бўйича II халқаро конференция (2001 й., Ньюфаунленд ороли, Канада), Африка қитъасида булутларга таъсир этиш доирасидаги илмий сафар (2003 й., Касабланка, Марокко) ва бошқалар билан давом эттириш мумкин.

Б.Ш. Кадировнинг Афғонистон иқлимини тавсиф этишга бағишланган 2 қисмли ҳаммуаллифликдаги монографияси ҳудуд аэродроми учун ишчи китоб вазифасини бажариб келган. Шунингдек, ижодкор олимнинг “Икки тўлқинли метеорадиолокатор” ихтироси бўйича патент муаллифларидан бири эканлиги ҳам таҳсинга сазовордир.

География фанлари номзоди, катта илмий ходим, лаборатория мудири Б.Ш. Кадиров назарий билимларни амалиётда жорий этишга интилан олимлардан бўлиб, шу мақсадда ҳамisha ўз ҳамкасблари билан қизиқарли тажрибалар ўтказиб келган. Хусусан, Майданак тоғидаги ноёб астрономик кузатувлар учун осмон гумбазида кулай об-ҳаво шароитларини яратиш борасидаги тажрибалар, 1990 йил бошларида Фарғона водийси шимолида булутларга фаол таъсир этиб селларга қарши курашиш, дўлга қарши “дўлни кўпайтириш” орқали курашиш, шунингдек, булутларни йўналишини ўзгартириш бўйича ажойиб тажрибалар муваффақиятли олиб борилган. Олим ўз билимларини нафақат юртимизда, балки қўшни давлатларда ҳам апробациядан ўтказган, жумладан, 2000 йил Қозоғистондаги Кустанай адирликларида сунъий ёмғир ёғдириш натижасида худудда экилган буғдой ҳосилини бир неча баробарга ошириб берган.

Юбиляр гидрометеорология соҳасида 40 йилдан ортиқ вақт давомида булутлар физикаси ва атмосфера жараёнларига фаол таъсир кўрсатиш йўналиши бўйича тадқиқотлар олиб бормоқда.

Кўп йиллик самарали меҳнатлари учун Б.Ш. Кадиров “Ўзбекистон Республикаси Мустақиллигининг биринчи йиллиги” ва “Мустақилликнинг йигирма йиллиги” нишонлари билан тақдирланган.

Бугунги кунда гидрометеорология соҳасида ёш кадрларга ўз билим ва тажрибаларини сиқидилдан ўргатиб устозлик қилиб келаётган жонкуяр устоз олим, фидойий инсон, серқирра раҳбар, мустаҳкам ирода соҳиби бўлмиш юбиляримизга хонадонда сеvimли оила, ишда қадрдон ҳамкасблар ва баркамол шогирдлар қуршовида узоқ умр, сиҳат-саломатлик тилаймиз.

**ПАМЯТИ СТАРОВАТОВОЙ ГАЛИНЫ ДМИТРИЕВНЫ**  
(к 75-летию со дня рождения)



Инженеру отдела метеорологической наблюдательной сети Агентства гидрометеорологической службы (Узгидромета) Староватовой Галине Дмитриевне 1 сентября исполнилось бы 75 лет.

Староватова Галина Дмитриевна родилась в 1948 году в России, в Алтайском крае. Закончила Ташкентский государственный педагогический институт им. Низами в 1985 году.

С 1971 года по 1983 год работала инженером Лаборатории метеорологического и агрометеорологического режима методического руководства сетью. С ноября 1983 года Галина Дмитриевна начальник метеорологической станции Ташкент-Обсерватория. В 2007 году переведена на должность начальника Отдела государственного климатического кадастра Управления водного кадастра и метеорологических измерений. С 2008 по 2009 гг. была заместителем начальника Управления водного кадастра и метеорологических измерений Узгидромета. В 2009-2010 гг. работала начальником Комплексной станции высотных наблюдений на телебашне г. Ташкент.

С 2010 года Галина Дмитриевна ведущий инженер в Отделе государственного климатического кадастра Управления водного кадастра и метеорологических измерений Узгидромета.

В 2016 году Староватова Галина Дмитриевна награждена памятным знаком «Ўзбекистон мустақиллигига 25 йил». За большой личный вклад в деле защиты социально-экономических и правовых интересов трудящихся и в связи с 150-летним юбилеем станции Ташкент-Обсерватория получила благодарственное письмо от Республиканского Совета Профсоюза Авиарботников Узбекистана. К 100-летию Гидрометеорологической службы в 2021 году награждена «Памятным значком».

Галина Дмитриевна с 2021 года до последнего времени работала инженером 2-ой категории Отдела метеорологической наблюдательной сети Узгидромета. За время работы проявила себя грамотным специалистом, знающим и любящим своё дело. В течение пяти лет была Председателем квалификационной комиссии по приему экзаменов и защите дипломных работ Ташкентского гидрометеорологического профессионального техникума. Галина Дмитриевна много лет была наставником многих учеников, будущих специалистов, которые до сих пор продолжают ее дело.

Староватова Галина Дмитриевна скончалась на 75 году жизни, 17 апреля 2023 года.

Галина Дмитриевна всем запомнилась очень светлым, добрым, отзывчивым, обаятельным, обязательным, трудолюбивым и справедливым человеком, сотрудником и начальником. Пользовалась большим авторитетом и уважением у сотрудников Узгидромета, Научно-исследовательского гидрометеорологического института и гидрометеорологической сети.

Добрая память о Староватовой Галине Дмитриевне надолго сохранится в наших сердцах.



