

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ХИЗМАТИ МАРКАЗИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ВА АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

ИЛМИЙ ЖУРНАЛ

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ
И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING**

SCIENTIFIC JOURNAL

№2

2022

ISSN 2181-1261

Ўзбекистон Республикаси
Гидрометеорология хизмати маркази
(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

**№ 2
2022**

Тошкент

ТАҲРИР КЕНГАШИ

Таҳрир кенгаши раиси:

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.

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 Саидакбарович, и.ф.н. (Ўзбекистон); Азизов Азамат Атакузиевич, 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); Гуня Гарри Сергеевич, г.ф.д., проф. (Грузия); Гуцина 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); Петров Юрий Васильевич, 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 Джаҳангировна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Тлеумуратова Бибигуль Саробаевна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Тургунов Данияр Маннапжанович, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Нишонов Мухтор Мадаминович, ф.-м.ф.н. (Ўзбекистон); Умаров Муҳаммад Исмаилович, қ.х.ф.н. (Ўзбекистон); Умирзаков Гулям Унгарбаевич, 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. (Қозғоғистон); Чуб Виктор Евгеньевич, г.ф.д. (Ўзбекистон); 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 журналидан олинди”, деб кўрсатилиши шарт. Мақолада келтирилган далиллар ва маълумотлар учун муаллифлар жавобгар. Таҳририят тақриздан ўтмаган мақолаларни қайтариш мажбуриятини олмаган.

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 маркази

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

ISSN 2181-1261

© Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази, 2022

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.

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); Петров Юрий Васильевич, к.ф.-м.н., проф. (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.ф.г.н. (Узбекистан); Нишонов Мухтор Мадаминович, к.ф.-м.н. (Узбекистан); Умаров Мухаммад Исматуллаевич, к.с.х.н. (Узбекистан); Умирзаков Гулям 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); Чуб Виктор Евгеньевич, д.г.н. (Узбекистан); 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: Центр 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: is@meteo.uz

ISSN 2181-1261

© Центр гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, 2022

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.

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)*; **Yuriy Vasilyevich Petrov**, *Ph.D. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Komiljon Radjabovich Rakhmonov**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Vakhob Asomovich Rafikov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Zukhraxon Djakhangirovna Tillyakhodjaeva**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Bibigul Saribaevna Tleumuratova**, *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Daniyar Mannapjanovich Turgunov**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Mukhtor Madaminovich Nishonov**, *Ph.D. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Muxammad Ismatullayevich Umarov**, *Ph.D. in Agricult. Sci. (Uzbekistan)*; **Gulyam 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)*; **Alexander Vladimirovich Cherednichenko**, *D.Sc. in Geog. (Kazakhstan)*; **Viktor Evgenievich Chub**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **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: Centre of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan.

Editorial office address: 72, 1st Bodomzor yuli str., Yunusobod district, Tashkent, 100052, Uzbekistan. Tel: +998 71 2358759; e-mail: is@meteo.uz

МУНДАРИЖА

МЕТЕОРОЛОГИЯ

М.Л. Арушанов, А.И. Вдовенко

Ўзбекистон ва унга туташ мамлакатлар ҳудудларида
реанализ маълумотларидан фойдаланган ҳолда ўртача ойлик
ҳарорат аномалиялари майдонларини табиий ортогонал
функциялар бўйича ёйиш 8

Б.М. Холматжанов, С.У. Бегматов

Бухоро шаҳрининг биоиклимий шароитлари 21

Б.М. Холматжанов, Э.И. Абдулахатов, Д.Ў. Ярашев, С.У. Бегматов

Ўзбекистонда 2022 йил мартда кузатилган ёғинлар аномалияси 33

ГИДРОЛОГИЯ

Ф. Ҳикматов, З.Ф. Хакимова, Д.М. Турғунов

Чирчиқ ҳавзаси дарёлари оқими билан иқлимий омиллар орасидаги
боғланишларни статистик баҳолаш 46

Д.М. Турғунов

Ўзбекистонда гидрологик қурғоқчилик ва унинг шаклланиш
шароитлари (Чирчиқ дарёси ҳавзаси мисолида) 56

**Д.М. Жунсалиев, Ғ.Ў. Умирзақов, А. Чикойра, Т.Ю. Сабитов,
Э.Р. Семакова, Ҳ.А. Мамиров**

Ихнач кўллари эҳтимолий сув тошқинининг
вақт ва ҳудуд бўйича тарқалишини баҳолаш 65

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

**Л.А. Саидмахмудова, В.Н. Тальских, О.Д. Герасимова,
Г.К. Ишчанова**

Марказий Осиё минтақасидаги ер усти сувларининг экологик ҳолатини
таснифлаш ва баҳолаш учун оқим ҳосил бўлиш зонасининг “таянч чизиқ”
сифатидаги асосий хусусиятлари 76

Б.Э.Нишонов, М.Н. Нурматов, Ч.А. Йўлдошева

Оҳангарон дарёси минерализациясининг антропоген таъсир
натижасида ўзгаришлари 83

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТЕОРОЛОГИЯ

М.Л. Арушанов, А.И. Вдовенко

Разложения полей аномалий среднемесячной температуры по естественным ортогональным функциям с использованием данных реанализа на территории Узбекистана и сопредельных стран 8

Б.М. Холматжанов, С.У. Бегматов

Биоклиматические условия города Бухара 21

Б.М. Холматжанов, Э.И. Абдулахатов, Д.У. Ярашев, С.У. Бегматов

Аномалия осадков в Узбекистане в марте 2022 года 33

ГИДРОЛОГИЯ

Ф. Хикматов, З.Ф. Хакимова, Д.М. Тургунов

Статистическая оценка связи между стоком рек бассейна Чирчика и климатическими факторами 57

Д.М. Тургунов

Гидрологическая засуха в Узбекистане и условия ее формирования (на примере бассейна реки Чирчик) 56

Д.М. Жунсалиев, Ғ.У. Умирзақов, А. Чикойра, Т.Ю. Сабитов, Э.Р. Семакова, Х.А. Мамиров

Пространственно-временная оценка распространения вероятного наводнения Ихначских озер 65

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Л.А. Саидмахмудова, В.Н. Тальских, О.Д. Герасимова,

Г.К. Ишчанова

Фоновые характеристики зоны формирования стока как «базовая линия» для классификации и оценки экологического состояния поверхностных вод в среднеазиатском регионе 76

Б.Э. Нишонов, М.Н. Нурматов, Ч.А. Йулдошева

Изменения минерализации реки Ахангаран под антропогенным влиянием 83

CONTENTS

METEOROLOGY

M.L. Arushanov, A.I. Vdovenko

Expansions of anomal fields of the monthly mean temperature in natural orthogonal functions using reanalysis data on the territory of Uzbekistan and neighboring countries 8

B.M. Kholmatjanov, S.U. Begmatov

Bioclimatic conditions of the Bukhara city 21

B.M. Kholmatjanov, E.I. Abdulakhatov, D.U. Yarashev, S.U. Begmatov

Precipitation anomaly in Uzbekistan in March 2022 33

HYDROLOGY

F. Khikmatov, Z.F. Khakimova, D.M. Turgunov

Statistical evaluation of the relationship between river flow in the Chirchik basin and climatic factors 46

D.M. Turgunov

Hydrological drought in Uzbekistan and conditions its formation (on example of the Chirchik river basin) 56

D.M. Junsaliev, G.U. Umirzakov, A. Cicoira, T.YU. Sabitov,

E.R. Semakova, KH.A. Mamirov

Spatio-temporal assessment of the potential outburst flood of Ikhnach lakes 65

ENVIRONMENTAL MONITORING

L.A. Saidmakhmudova, V.N. Talskikh, O.D. Gerasimova,

G.K. Ishchanova

Background characteristics of the runoff formation zone as a "baseline" for the classification and assessment of the ecological state of surface waters in the Central Asian region 76

B.E. Nishonov, M.N. Nurmatov, CH.A. Yoldosheva

Changes of the Akhangaran river mineralization under anthropogenic influence 83

МЕТЕОРОЛОГИЯ / METEOROLOGY

УДК 551.513

**РАЗЛОЖЕНИЯ ПОЛЕЙ АНОМАЛИЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
ПО ЕСТЕСТВЕННЫМ ОРТОГОНАЛЬНЫМ ФУНКЦИЯМ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ РЕАНАЛИЗА НА ТЕРРИТОРИИ
УЗБЕКИСТАНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН****М.Л. АРУШАНОВ^{1*}, А.И. ВДОВЕНКО²**¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, mikl-arushanov@rambler.ru² Центр гидрометеорологической службы Республики Узбекистан

Аннотация. В метеорологии разложение метеорологических полей по фиксированным функциям (сферическим, тригонометрическим, полиномов Чебышева, в ряд Фурье и пр.) широко используется для решения задач объективного анализа, численного моделирования и прогноза. Особое внимание, начиная с работ Н.А.Багрова, А.М.Обухова, уделяется разложению по системе естественных ортогональных функций (ЕОФ). Исходными данными для разложений метеорологических полей являются, как правило, данные наземной метеорологической сети наблюдений. Начиная с 90-ых годов прошлого столетия данные всех доступных метеорологических измерений ассимилируются на регулярную широтно-долготную сетку в виде реанализов. Эти данные, полученные как согласование всех имеющихся методов наблюдений, представляются достаточно надёжными в плане их точности.

В данной статье использованы данные реанализа ECMWF ERA-40 среднемесячной приземной температуры воздуха для территории, ограниченной широтами 37,5°-47,5° с.ш. и долготами 55,0°-75,0° в.д., в целях оценки информационного содержания разложения температуры по системе естественных ортогональных функций с помощью минимального числа параметров. Получены пространственные корреляционные матрицы среднемесячной температуры воздуха, их собственные числа и собственные векторы, выполнены оценки скорости сходимости разложения, корреляционной связи главных компонент поля среднемесячной температуры с исходным полем. Представлены распределения дисперсий, средних величин и первых естественных составляющих среднемесячной температуры воздуха на территории Узбекистана для каждого месяца года по выборкам 1954-1986 гг. и 1987-2018 гг.

Ключевые слова: среднемесячная температура, корреляционная матрица, собственные числа, собственные векторы, главные компоненты, коэффициенты разложения, скорость сходимости.

Введение. В метеорологии среднемесячная температура является одним из основных параметров долгосрочного прогноза. С этой точки зрения она представляет большой практический интерес, а её прогноз на сегодняшний день остаётся до конца не решённой проблемой. Детерминированные гидродинамические методы прогноза ограничены естественным фактором – пределом предсказуемости [Мусаелян, 1984], а относительная успешность прогнозов, полученных динамико-стохастическими методами, определяется степенью устойчивости полученных регрессионных уравнений, которая, в свою очередь, зависит от степени изменчивости прогнозируемой величины, определяемая многочисленными факторами.

Начиная с работ [Багров, 1958; Обухов, 1960] и их последователей [Мещерская,

* Ответственный автор: mikl-arushanov@rambler.ru, тел.: +998 90 997-61-46

Яковлева, 1968; Мартемьянов, Овчинникова, 1967; Мещерская и др., 1970; Гример, 1963; Арушанов, 1983] в целях улучшения точности объективного анализа и решения проблемы устойчивости динамико-стохастических моделей прогноза, в качестве разложений метеорологической величины используются разложения по системе собственных векторов корреляционной матрицы менее изменчивых относительно исходных метеорологических величин, что явилось причиной столь внимательного изучения разложений по системе естественных ортогональных функций (ЕОФ). Эти свойства зависят от структуры корреляционных матриц, определяющих в пространственном, временном и пространственно-временном измерениях прочность соответствующих связей.

Для практического применения ЕОФ необходимо исследовать особенности их скорости сходимости и устойчивости касаясь той или иной метеорологической величины для данной географической области, как функций месяца, сезона, года, а также особенности их пространственного распределения по изучаемой географической территории, тем самым определить информационное содержание исследуемых разложений. Этому вопросу посвящена настоящая статья на примере аномалий среднемесячной приземной температуры воздуха применительно к территории Узбекистана и сопредельных стран.

Исходные данные и метод исследования. В качестве метеорологической величины рассматривается средняя месячная температура воздуха данных реанализа ECMWF ERA-40 [Gibson et al., 1994] на территории ограниченной широтами $37,5-47,5^\circ$ и долготами $55,0-75,0^\circ$ в узлах сетки с шагом $2,5^\circ$. Период выборки составляет 65 лет (1954-2018 г.). По данным этой выборки построены аномалии среднемесячной температуры для всех узлов сетки.

В рассмотрении вводится система функций $\varphi(x_k)$, заданных в точках $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, удовлетворяющая условию [Мещерская и др., 1970]

$$\sum_{k=1}^n \varphi_k(x_k) \varphi_\beta(x_k) = \vartheta_{\alpha\beta} = \begin{cases} 1 & \text{при } \alpha=\beta, \\ 0 & \text{при } \alpha \neq \beta. \end{cases} \quad (1)$$

Тогда, метеорологическая величина – функция $f(x_k)$ представляется в виде разложения:

$$f_k = \sum_{\alpha=1}^n a_\alpha \varphi_{\alpha k}, \quad k=1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Для сокращения записи приняты обозначения: $f(x_k) = f_k; \varphi(x_k) = \varphi_k$.

В (2) – коэффициенты разложения, определяемые выражением

$$a_\beta = \sum_{k=1}^n f_k \varphi_{\beta k}. \quad (3)$$

В работе [Мещерская и др., 1970] показано, что представления функции f в виде (2) с минимальной средней квадратичной погрешностью

$$\delta^2 = \left(f_k - \sum_{\alpha=1}^m a_\alpha \varphi_{\alpha k} \right) = \min \text{ при } m=1, 2, \dots, n-1$$

и задача разложения функции f на некоррелированные компоненты $\overline{a_\alpha a_\beta} = 0$ при $\alpha \neq \beta$, приводят к одному и тому же результату – системе однородных уравнений вида

$$\sum_{j=1}^n B_{kj} \varphi_{\beta j} = \lambda_{\beta} \varphi_{\beta k}, \quad k=1, 2, \dots, n; \beta=1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Уравнение (4) означает, что при действии некоторого линейного оператора B вектор φ преобразуется в коллинеарный вектор $\lambda\varphi$. Вектор, обладающий таким свойством, называется собственным вектором линейного преобразования B , а число λ – собственным значением [Фадеев и Фадеева, 1962]. Таким образом, разложение (2) представляет собой разложение метеорологической величины по системе собственных векторов корреляционной матрицы $|B_k|$. Поскольку матрица $|B_k|$ является вещественной симметрической, то её собственные числа λ_k вещественны, а собственные векторы – ортогональны. В силу положительно определённой корреляционной матрицы все собственные числа положительны [Гантмахер, Крейн, 1950].

Численное решение системы (4) и разложение (2) были выполнены для отклонений среднемесячной температуры от выборочной нормы за два тридцатилетних периода времени (1954-1986 гг. и 1987-2018 гг.) по специально разработанной программе на FORTRAN 90 в оболочке *Microsoft Developer Studio*. Для расчёта собственных векторов и собственных чисел использован метод вращения Якоби [Деммель, 2001]. Собственные векторы упорядочиваются в порядке убывания собственных чисел.

Оценка динамики корреляционных функций по двум тридцатилетним выборкам. Территория, по которой вычислялись корреляционные функции горизонтальных координат (корреляционные матрицы) аномалий средней месячной температуры воздуха по данным реанализа за каждый месяц года в узлах сетки 5x9 по двум тридцатилетним выборкам показана на рис. 1.

В целях анализа динамики корреляционных функций (корреляционных матриц) среднемесячной температуры горизонтальных координат (расстояний), последние рассчитывались для каждого месяца года по выборкам 1954-1986 гг. и 1987-2018 гг. с полюсами, расположенных в точках: в верхнем левом углу (рис. 1) с координатами 47,5° с.ш., 55° в.д.; в нижнем левом углу – 37,5° с.ш., 55° в.д.; в центре территории – 42,5° с.ш., 65° в.д.; в нижнем правом углу – 37,5° с.ш., 75° в.д. Смысл выбранных координат полюсов корреляционной функции прозрачен – учёт направлений основных течений атмосферных процессов на рассматриваемой территории.

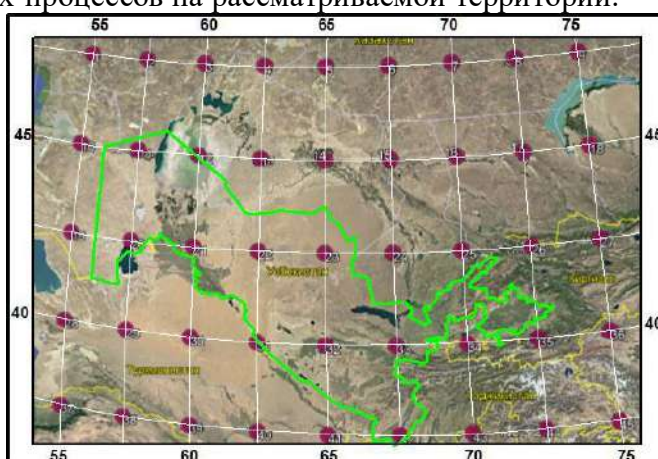


Рис. 1. Территория, по которой выполнялось разложение аномалий средней месячной температуры по ЕОФ, ● – узлы сетки с данными

Fig. 1. Territory over which the decomposition of the average monthly temperature anomalies according to the NOF was carried out, ● – grid nodes with data

На рис. 2 приведено пространственное распределение корреляционных функций для января и июля месяцев. Первая особенность распределений корреляционных функций – их существенная пространственная анизотропия.

В целях более детального исследования свойств анизотропии корреляционных функций среднемесячной температуры были рассчитаны анизотропные корреляционные функции для каждого месяца года (рис. 3) в направлениях: восток-запад (E-W), север-юг (N-S), север-запад – юго-восток (NW-SE), юго-запад – северо-восток (SW-NE) и с полюсом в центре территории.

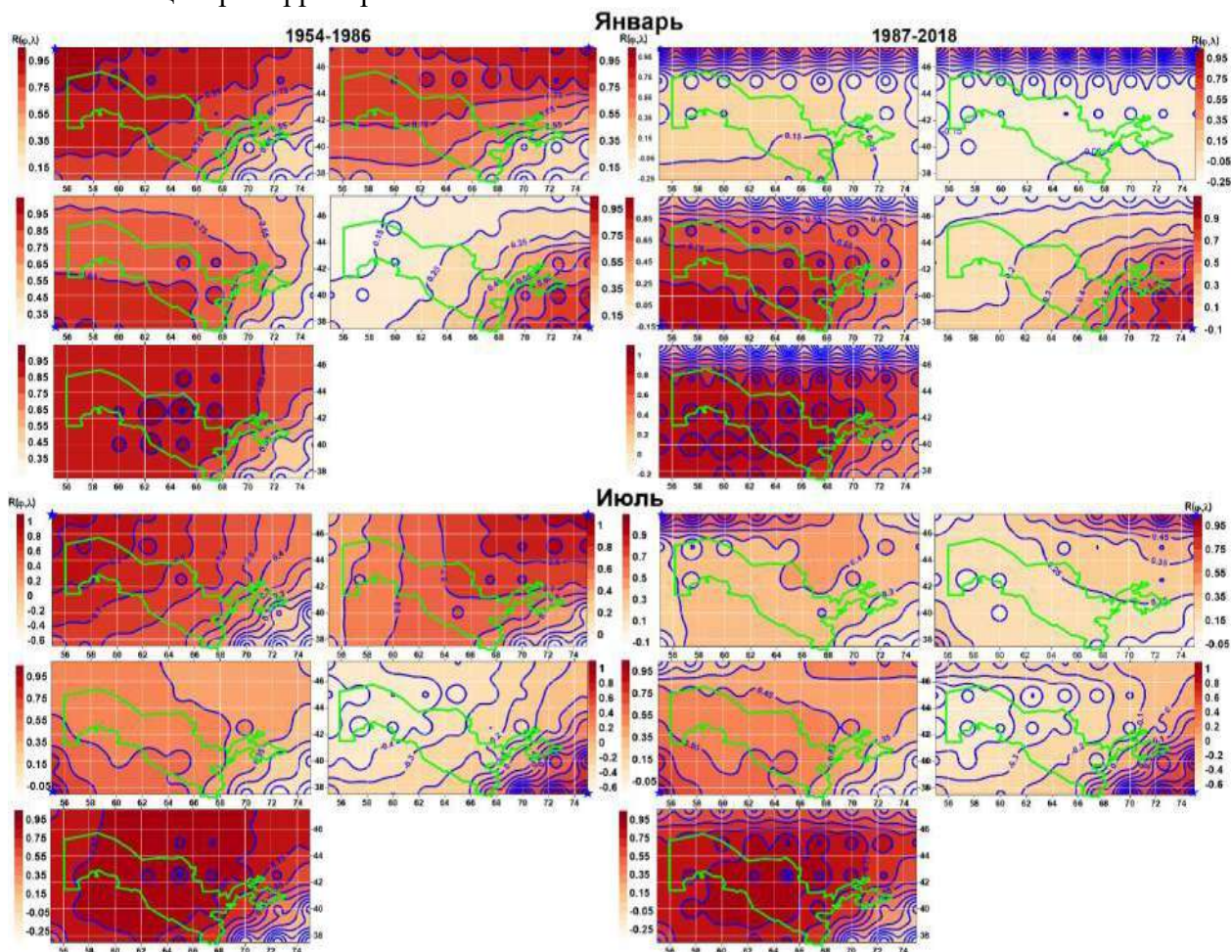


Рис. 2. Пространственное распределение корреляционных функций с полюсом в четырёх точках, рассчитанных по двум тридцатилетним выборкам, * – точка полюса

Fig. 2. Spatial distribution of correlation functions with a pole at four points, calculated from two thirty-year-old samples, * – polepoint

Как следует из рисунков 2 и 3 кривые изменения корреляционных функций подобны для фиксированного направления. При этом второй важной особенностью, рассчитанных корреляционных функций по двум тридцатилетним периодам, является их значительное отличие. Это важный фактор указывает на значительную перестройку циркуляционных атмосферных процессов за последнее тридцатилетие на исследуемой территории согласно наблюдаемым глобальным климатическим изменениям. Поскольку структура корреляционной матрицы определяет ЕОФ, то в целом указанные изменения непременно должны быть отображены в их распределении.

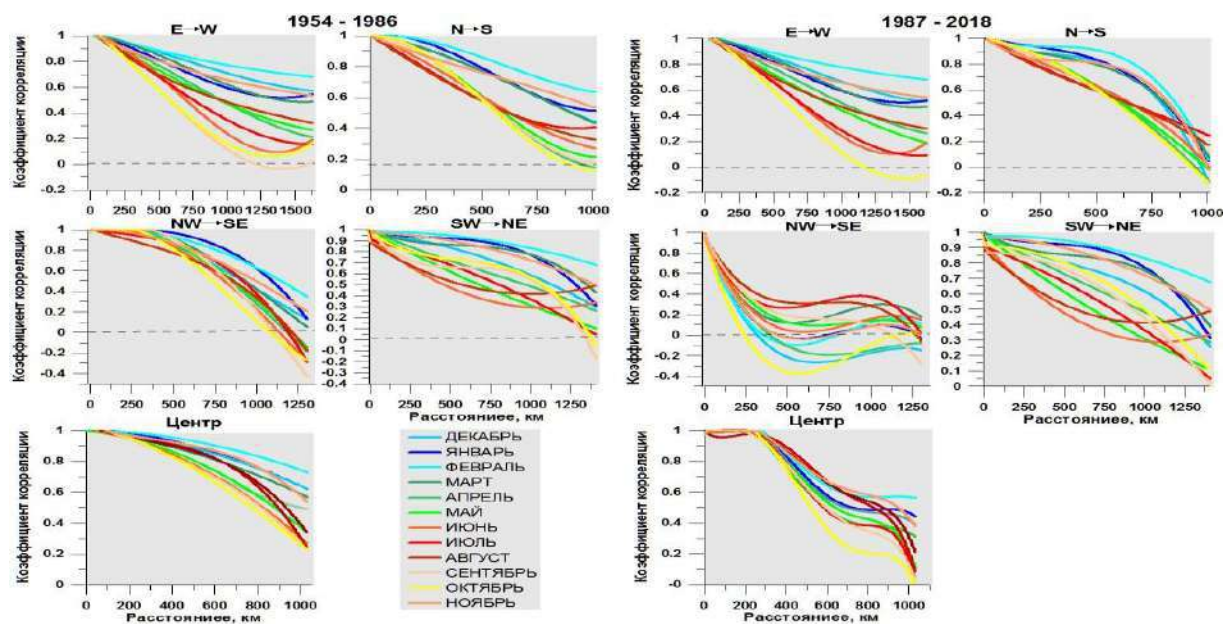


Рис. 3. Анизотропные корреляционные функции средней месячной температуры, рассчитанные по двум тридцатилетним выборкам

Fig. 3. Anisotropic correlation functions of the average monthly temperature, calculated from two thirty-year samples

Устойчивость ЕОФ аномалий средней месячной температуры. На первом этапе были вычислены нормы среднемесячной температуры по данным двух периодов (1854-1986 гг. и 1987-2018 гг.) и её аномалии.

В нашем исследовании важной представляется оценка различия норм среднемесячных температур, вычисленных по двум тридцатилетиям. Результаты оценки в виде их разностей для января и июля месяцев показаны на рис. 4, а для всех месяцев – в табл. 1. Как видно из рис. 4 и табл. 1 между нормами двух базисных периодов средней месячной температуры, знаки распределения различны: выделяются обширные области (особенно в июле месяце), где разности отрицательные. Иначе говоря, изменение температуры на фоне глобального положительного тренда за последнее тридцатилетие в этих областях имеет отрицательный тренд и зависит от месяца года. Указанная выше региональная особенность подлежит специальному исследованию для понимания причин, определяющих отрицательный тренд в этих областях. С позиций же ЕОФ за счёт векового хода средней месячной температуры должны быть некоторые различия в ЕОФ аномалий средней месячной температуры, определённых по двум выборкам.

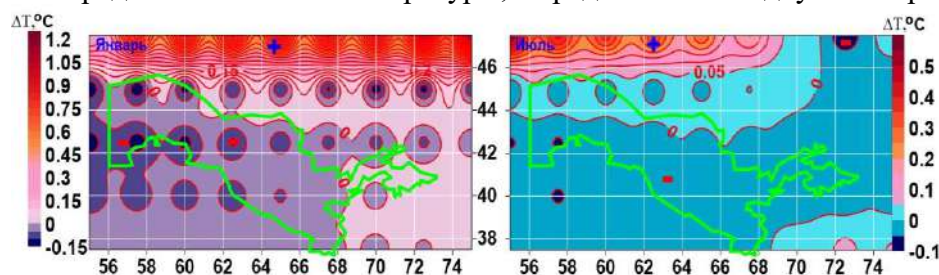


Рис. 4. Разности норм средней месячной температуры, вычисленной по данным 1987-2018 гг. и 1954-1986 гг.

Fig. 4. Differences in the norms of the average monthly temperature, calculated according to the data of 1987-2018 and 1954-1986

Таблица 1

Разности норм средней месячной температуры воздуха по месяцам года
между двумя периодами: $\Delta T = T_{\text{norm}}(1987-2018) - T_{\text{norm}}(1954-1986)$

Table 1

Differences in the norms of the average monthly air temperature by months of the year
between two periods: $\Delta T = T_{\text{norm}}(1987-2018) - T_{\text{norm}}(1954-1986)$

λ	φ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
55.0	47.5	0.34	0.85	1.13	0.18	0.07	1.14	0.54	1.22	0.55	1.38	-0.30	0.29
57.5	47.5	0.78	1.28	1.42	0.41	0.20	1.29	0.41	1.37	0.55	1.63	-0.05	0.5
60.0	47.5	0.86	1.36	1.70	0.75	0.41	1.43	0.36	1.47	0.66	1.69	0.09	0.86
62.5	47.5	0.87	1.42	2.06	1.07	0.68	1.52	0.33	1.53	0.82	1.71	0.21	1.07
65.0	47.5	0.89	1.41	2.23	1.15	0.83	1.5	0.28	1.55	0.91	1.75	0.37	1.11
67.5	47.5	0.87	1.30	2.06	1.05	0.82	1.33	0.20	1.43	0.80	1.67	0.41	1.17
70.0	47.5	0.89	1.32	1.85	0.96	0.71	1.07	0.04	1.14	0.57	1.5	0.35	1.41
72.5	47.5	1.03	1.56	1.82	0.96	0.6	0.84	-0.08	0.87	0.38	1.34	0.37	1.98
75.0	47.5	1.16	1.73	1.86	1.10	0.62	0.78	0.02	0.76	0.35	1.26	0.56	2.64
55.0	45.0	-0.13	-0.03	0.03	-0.11	0.00	-0.08	-0.03	-0.05	-0.10	0.02	0.04	-0.08
57.5	45.0	-0.13	-0.02	0.03	-0.09	-0.00	-0.06	-0.03	-0.04	-0.10	0.02	0.04	-0.06
60.0	45.0	-0.12	0.00	0.04	-0.07	-0.02	-0.03	-0.03	-0.02	-0.08	-0.00	0.04	-0.03
62.5	45.0	-0.10	0.01	0.05	-0.05	-0.04	-0.00	-0.03	-0.02	-0.08	-0.02	0.03	-0.03
65.0	45.0	-0.09	0.01	0.05	-0.04	-0.05	0.00	-0.01	-0.02	-0.08	-0.01	0.01	-0.04
67.5	45.0	-0.11	-0.01	0.04	-0.03	-0.06	0.01	-0.00	-0.01	-0.08	-0.01	0.01	-0.05
70.0	45.0	-0.13	-0.04	0.03	-0.02	-0.05	0.01	0.00	-0.00	-0.07	-0.02	0.02	-0.06
72.5	45.0	-0.12	-0.05	0.02	-0.01	-0.05	0.00	-0.01	-0.00	-0.07	-0.01	0.02	-0.07
75.0	45.0	-0.09	-0.02	0.02	-0.00	-0.05	0.00	-0.03	-0.01	-0.05	0.02	0.02	-0.07
55.0	42.5	-0.12	-0.07	0.04	-0.10	-0.01	-0.06	-0.05	-0.07	-0.12	-0.01	0.01	-0.09
57.5	42.5	-0.12	-0.05	0.06	-0.08	-0.02	-0.05	-0.05	-0.05	-0.11	-0.01	0.01	-0.07
60.0	42.5	-0.12	-0.03	0.07	-0.05	-0.04	-0.03	-0.04	-0.03	-0.09	-0.04	0.02	-0.05
62.5	42.5	-0.11	-0.01	0.09	-0.03	-0.04	-0.01	-0.02	-0.01	-0.09	-0.05	0.02	-0.05
65.0	42.5	-0.08	-0.00	0.10	-0.00	-0.04	0.00	-0.00	-0.00	-0.09	-0.05	0.00	-0.03
67.5	42.5	-0.06	-0.00	0.11	0.01	-0.05	0.01	-0.00	-0.00	-0.07	-0.04	0.00	-0.01
70.0	42.5	-0.06	-0.03	0.09	0.02	-0.05	0.00	-0.02	-0.00	-0.04	-0.02	0.00	-0.01
72.5	42.5	-0.06	-0.05	0.08	0.02	-0.02	-0.00	-0.03	-0.01	-0.01	0.01	0.00	-0.02
75.0	42.5	-0.03	-0.03	0.07	0.02	0.00	-0.01	-0.04	-0.02	0.00	0.04	0.01	-0.02
55.0	40.0	-0.07	-0.07	0.06	-0.06	-0.01	-0.03	-0.04	-0.04	-0.09	-0.04	-0.01	-0.05
57.5	40.0	-0.07	-0.06	0.07	-0.04	-0.02	-0.03	-0.05	-0.04	-0.10	-0.06	-0.01	-0.04
60.0	40.0	-0.07	-0.04	0.09	-0.03	-0.03	-0.02	-0.05	-0.02	-0.10	-0.07	-0.00	-0.05
62.5	40.0	-0.08	-0.04	0.11	-0.00	-0.03	-0.00	-0.02	-0.00	-0.10	-0.07	0.00	-0.07
65.0	40.0	-0.05	-0.03	0.14	0.02	-0.04	0.00	-0.01	0.00	-0.09	-0.08	0.00	-0.04
67.5	40.0	-0.02	-0.01	0.14	0.04	-0.03	0.02	-0.03	-0.00	-0.06	-0.07	0.00	0.02
70.0	40.0	-0.01	-0.02	0.11	0.04	-0.02	0.03	-0.03	-0.01	-0.00	-0.01	-0.00	0.02
72.5	40.0	0/00	-0.03	0.08	0.03	0.00	0.01	-0.02	-0.01	0.03	0.04	-0.01	0.00
75.0	40.0	0.02	-0.02	0.07	0.04	0.04	0.01	-0.01	-0.00	0.04	0.05	-0.00	-0.01
55.0	37.5	-0.02	-0.05	0.10	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.00	-0.03	-0.05	-0.00	0.01
57.5	37.5	-0.01	-0.05	0.10	-0.00	-0.02	-0.00	-0.02	-0.00	-0.05	-0.08	-0.00	0.02
60.0	37.5	-0.03	-0.04	0.10	0.00	-0.03	-0.00	-0.02	-0.01	-0.07	-0.09	0.00	0.00
62.5	37.5	-0.04	-0.05	0.12	0.01	-0.05	-0.01	-0.02	-0.00	-0.07	-0.08	0.00	-0.03
65.0	37.5	-0.03	-0.05	0.13	0.03	-0.04	-0.00	-0.02	0.00	-0.07	-0.09	-0.00	-0.00
67.5	37.5	-0.01	-0.03	0.12	0.04	-0.00	0.03	-0.01	-0.00	-0.05	-0.05	-0.00	0.03
70.0	37.5	-0.01	-0.03	0.09	0.04	0.02	0.06	0.02	-0.00	-0.00	0.02	-0.01	0.02
72.5	37.5	-0.00	-0.02	0.05	0.03	0.03	0.06	0.06	0.02	0.04	0.09	-0.02	-0.01
75.0	37.5	0.01	-0.00	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.05	0.07	-0.01	-0.02
Среднее		0.12	0.24	0.42	0.16	0.09	0.24	0.03	0.24	0.08	0.29	0.05	0.22

В табл. 2 приведены косинусы углов между собственными векторами (СВ) аномалий средней месячной температуры, вычисленные по двум базисным периодам. Действительно, углы между собственными векторами значительные (значения косинусов углов $\cos \widehat{\varphi_{II} \varphi_{2II}}$ малы) для всех месяцев года. Отсюда прямо следует, что естественные функции, полученные по данным одной эпохи (1954-1986 гг.) не могут быть использованы для другой (1987-2018 гг.). Поэтому при разработке прогностических моделей, основанных на разложении по естественным ортогональным

функциям, необходимо выбирать базовый период, отвечающий тенденции изменения климата в текущей эпохе.

Таблица 2

Косинусы углов между одноимёнными собственными векторами аномалий средней
месячной температуры

Table 2

Cosines of angles between the same-named eigenvectors of mean monthly temperature
anomalies

№СВ	$\cos \widehat{\varphi_{1П} \varphi_{2П}}$											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	.11	.02	.19	.10	-.02	.36	.24	.28	.11	-.12	.10	-.03
2	.12	-.07	.02	.17	.06	.04	.42	-.12	-.22	-.15	.08	.15
3	.04	-.18	.09	.10	.16	.23	.00	.19	-.08	.03	-.06	-.24
4	-.12	.31	.22	-.08	-.01	.09	.19	-.04	-.11	.14	-.29	-.25
5	.06	.01	-.14	.14	-.04	.18	.03	-.28	.14	.11	-.12	.08
6	-.33	-.04	-.08	.12	-.14	.16	.05	.30	.03	-.04	.16	-.25
7	.25	.02	-.13	.00	.15	-.08	-.01	.07	-.02	.17	.07	-.06
8	-.15	-.12	-.11	.13	.10	.21	.04	-.20	-.01	-.30	-.12	-.22
9	-.27	.09	.14	-.21	-.05	.28	-.11	-.14	-.01	.08	-.06	-.17
10	-.06	.18	-.01	.09	.21	-.06	-.12	-.20	.00	-.20	-.16	.16
11	-.29	-.15	-.16	.14	-.05	.19	-.19	-.01	-.08	.05	-.09	.05
12	.21	.01	-.16	.02	-.07	.28	.01	-.20	.13	.00	-.25	.02
13	.02	-.14	-.10	.09	.37	-.15	.13	-.34	-.17	-.12	-.06	-.27
14	.03	.15	.26	-.29	.23	-.03	-.06	-.19	-.18	.13	-.01	.03
15	-.18	.05	-.19	-.04	-.05	-.15	.05	.33	-.14	.03	-.07	.08
16	-.25	.02	.02	-.07	.09	.02	.18	.36	.02	-.03	.11	.00
17	.06	-.11	-.11	.02	-.04	.15	.02	-.19	.09	.13	-.02	-.06
18	-.43	-.11	-.04	.17	.32	.15	.24	-.01	-.12	-.06	.03	-.15
19	.00	-.15	-.10	-.11	.00	.07	.13	-.26	-.13	.10	.28	.19
20	.03	.03	.05	.12	-.21	.06	.20	.18	-.09	-.14	-.21	-.08
21	-.04	.04	.12	.02	-.01	.06	-.01	.10	-.25	-.09	.02	.01
22	.11	.03	.00	.01	-.16	.19	.23	.20	.16	.08	-.12	-.07
23	-.21	-.10	-.18	.31	-.05	.04	.30	-.06	-.05	-.03	.01	.09
24	-.26	.04	-.03	.06	.16	.04	-.02	-.37	.07	.08	.04	.16
25	.09	-.03	-.12	-.17	-.19	.21	.21	-.06	-.20	-.18	-.18	.23
26	-.07	.23	.09	.04	.24	-.19	.27	-.05	.02	-.05	-.16	-.19
27	-.10	-.20	.05	.10	.33	.21	.28	-.09	-.10	.04	-.25	.11
28	-.02	-.07	.05	.01	-.07	-.01	-.01	-.02	-.02	-.28	.04	-.02
29	-.14	-.06	-.30	-.16	.22	.12	-.06	-.17	.18	.20	-.12	-.11
30	-.09	.20	.28	-.05	-.29	-.09	-.05	-.19	-.27	-.08	.14	.02
31	-.23	-.27	-.06	.03	-.02	-.18	.03	-.18	-.20	-.05	-.07	-.11
32	.00	-.04	-.15	-.10	.05	.15	-.05	-.32	-.08	-.11	-.36	.13
33	.27	.03	.00	-.21	-.31	.01	.24	-.02	-.11	-.16	.07	.03
34	.05	-.12	-.28	-.12	.05	.28	.03	.06	.09	.24	.05	-.20
35	.11	-.08	.23	-.17	.08	-.14	.07	-.29	-.10	.11	.05	-.13
36	-.10	.08	-.44	.01	-.02	.08	.15	.12	.13	-.02	.19	-.05
37	-.06	.00	-.10	-.23	.23	.11	.10	-.35	-.11	-.09	-.11	-.23
38	-.01	-.01	-.25	-.02	-.04	-.03	-.13	-.02	.09	-.08	.05	-.07
39	-.22	-.22	-.23	-.08	.26	-.07	-.11	.24	-.05	-.06	.22	-.16
40	.05	-.08	.13	-.16	.12	-.09	.06	-.05	.11	.14	-.25	.14
41	.01	.00	-.05	.14	-.02	.09	.05	.25	.08	-.33	.04	-.19
42	.01	.08	-.10	-.05	.16	-.02	.23	-.08	-.22	-.23	.05	-.24
43	.11	.09	.11	-.07	.07	.07	.21	.05	.13	-.25	-.07	.30
44	-.21	.13	-.08	-.09	.08	.03	.15	.24	.00	.36	-.07	-.14
45	-.10	.18	-.07	-.23	-.23	.08	.00	-.05	-.13	.04	-.05	.32

Примечание: 1П – период 1954-1986 гг.; 2П – период 1987-2018 гг.

Note: 1П – period 1954-1986; 2П – period 1987-2018.

Оценка сходимости разложения по системе ЕОФ аномалий средней
месячной температуры в различные месяцы года. Скорость сходимости ряда членов
разложения по системе фиксированных функций, в частности ЕОФ, имеет большое

практическое значение в решении тех или иных задач (объективного анализа, прогностических моделей и пр.).

В табл. 3 представлены собственные числа и доли суммарной дисперсии $d\%$, приходящейся на сумму k -ых членов разложения согласно формуле [Мещерская и др., 1970]

$$d\% = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\sum_{j=1}^n \lambda_j} \times 100, \quad k \leq n. \quad (5)$$

Из табл. 3 следует, что в зимние месяцы первый член разложения по выборке 1954-1986 годы описывает 27-29% суммарной дисперсии. На сумму первого и второго приходится в зимний период, в среднем, 49%, в весенний – 44,7%, в летний – 47,2%, в осенний – 45,5%. На сумму первых трёх коэффициентов разложения приходится суммарной дисперсии, соответственно: зима – 67%, весна – 61,6%, лето – 61,4%, осень – 63,6%.

Аналогичные оценки были получены по выборке 1987-2018 годы. Здесь скорость сходимости такова. На первый член разложения зимой приходится 75,1%; весной – 65,7%; летом – 62,7%, осенью – 66,1%. Сумма первых двух членов разложения составляет: зимой – 88,8%; весной – 82,4%, летом – 78,1%, осенью – 83,5%. Сумма первых трёх членов разложения: зима – 94,3%, весна – 89,5%, лето – 85,9%, осень – 91,8%. Как видно из представленных оценок скорость сходимости разложения по ЕОФ оказывается очень высокой, особенно в современную эпоху (выборка 1987-2018 гг.). Общим для разложений является закономерное изменение скорости сходимости от месяца к месяцу – наибольшая в холодный период, наименьшая – в тёплый, т.е. имеется хорошо выраженный годовой ход (рис. 5). Здесь скорость сходимости разложения в феврале месяце, касаясь периода 1987-2018 гг. несколько выше, чем в январе, что указывает на более интенсивную динамику процессов в этом месяце. В целом скорость сходимости в современную эпоху интенсивного изменения климатической системы планеты оказывается несколько быстрее по отношению к эпохе (1954-1986 гг.) с относительно устойчивым климатом.

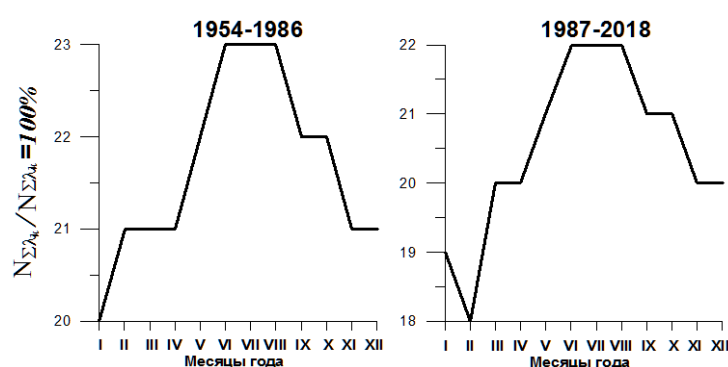


Рис. 5. Скорость сходимости разложения по ЕОФ, при котором достигается 100% дисперсия

Fig. 5. The rate of convergence of the EOF expansion, at which 100% variance is achieved

Таблица 3

Собственные числа и оценка скорости сходимости разложения аномалий средней месячной температуры по EOF

Table 3

Eigenvalues and estimation of the rate of convergence of the decomposition of mean monthly temperature anomalies in NOF

k	Месяцы года (1954-1986 гг.)																							
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %	λ	d, %
1	12.13	27.0	13.0	29.0	10.6	23.6	11.04	24.5	10.29	22.9	8.98	20.0	16.93	37.6	14.05	31.2	12.34	27.4	12.58	28.0	10.45	23.2	12.05	26.8
2	9.72	48.6	9.60	50.3	9.80	45.3	9.28	45.2	9.64	44.3	8.43	38.7	7.74	54.8	7.50	47.9	7.92	45.0	8.55	47.0	9.53	44.4	10.11	49.3
3	7.38	65.9	8.77	69.8	8.10	63.3	7.45	61.7	7.00	59.9	8.08	56.7	5.06	66.1	6.09	61.4	6.27	59.0	7.23	63.0	8.24	62.8	7.23	65.3
4	6.47	80.3	5.71	82.5	6.97	78.8	6.30	75.7	5.93	73.1	5.70	69.4	4.26	75.6	5.78	74.3	5.24	70.6	5.79	75.9	6.55	77.3	6.71	80.3
5	7.73	90.8	4.46	92.4	5.02	90.0	4.65	86.1	3.98	82.0	4.17	78.6	3.32	82.9	3.91	83.0	3.75	79.0	4.09	85.0	5.96	90.6	5.39	92.2
6	1.16	93.4	1.00	94.7	1.75	93.9	1.69	89.8	3.05	88.7	2.51	84.2	2.29	88.1	2.08	87.6	2.61	84.8	2.15	89.8	1.28	93.4	0.79	94.0
7	1.07	95.8	0.61	96.0	0.83	95.8	1.56	93.3	1.56	92.2	1.82	88.3	1.50	91.4	1.87	91.8	2.09	89.4	1.52	93.2	0.66	94.9	0.77	95.7
8	0.70	97.4	0.49	97.1	0.59	97.1	1.04	95.6	1.17	94.8	1.73	92.1	1.02	93.7	1.10	94.2	1.65	93.1	0.9	95.3	0.53	96.1	0.44	96.7
9	0.41	98.3	0.37	98.0	0.41	98.0	0.60	97.0	0.75	96.5	1.14	94.7	0.92	95.7	0.72	95.8	1.24	95.9	0.72	96.9	0.52	97.3	0.37	97.5
10	0.24	98.9	0.34	98.7	0.48	98.0	0.48	98.0	0.55	97.7	0.92	96.7	0.70	97.3	0.57	97.1	0.63	97.3	0.47	98.0	0.35	98.1	0.29	98.2
11	0.13	99.2	0.20	99.2	0.16	98.9	0.31	98.8	0.30	98.4	0.44	97.7	0.37	98.1	0.41	98.0	0.46	98.3	0.23	98.5	0.22	98.6	0.25	98.8
12	0.08	99.4	0.09	99.4	0.15	99.3	0.20	99.2	0.23	98.9	0.27	98.3	0.20	98.6	0.27	98.6	0.19	98.8	0.18	98.9	0.16	98.9	0.16	99.1
13	0.07	99.5	0.08	99.6	0.08	99.5	0.11	99.4	0.13	99.2	0.20	98.8	0.13	98.9	0.20	99.1	0.13	99.1	0.12	99.2	0.12	99.2	0.11	99.4
14	0.04	99.6	0.05	99.7	0.07	99.6	0.07	99.6	0.10	99.5	0.15	99.1	0.11	99.1	0.10	99.3	0.09	99.3	0.10	99.4	0.08	99.4	0.07	99.6
15	0.04	99.7	0.03	99.8	0.04	99.7	0.04	99.7	0.07	99.6	0.10	99.3	0.09	99.3	0.07	99.5	0.08	99.5	0.07	99.6	0.06	99.6	0.06	99.7
16	0.03	99.8	0.02	99.8	0.03	99.8	0.03	99.8	0.41	99.7	0.09	99.5	0.07	99.5	0.05	99.6	0.07	99.6	0.04	99.7	0.06	99.7	0.03	99.8
17	0.02	99.9	0.01	99.9	0.02	99.9	0.02	99.9	0.02	99.8	0.05	99.7	0.05	99.6	0.05	99.7	0.05	99.7	0.04	99.8	0.04	99.8	0.02	99.8
18	0.01	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9	0.02	99.8	0.04	99.8	0.03	99.7	0.03	99.8	0.03	99.8	0.02	99.8	0.02	99.9	0.01	99.9
19	0.01	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9	0.02	99.9	0.02	99.8	0.03	99.8	0.03	99.8	0.03	99.8	0.02	99.9	0.02	99.9	0.01	99.9
20	0.01	100	0.01	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9	0.02	99.9	0.03	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9	0.01	99.9
21	-	-	0.01	100	0.01	100	0.01	100	0.12	99.9	0.12	99.9	0.23	99.9	0.16	99.9	0.10	99.9	0.13	99.9	0.12	100	0.1	99.9
22	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	100	0.1	100	0.13	99.9	0.13	99.9	0.01	99.9	0.08	100	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	100	0.11	100	0.08	100	-	-	-	-	-	-	-	-

продолжение таблицы 3
continuation of table 3

k	Месяцы года (1987-2018 гг.)																							
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%	λ	d,%
1	27.40	60.9	30.12	66.9	26.25	58.3	21.87	48.6	23.09	51.3	21.15	47.0	25.90	57.6	25.24	56.1	21.90	48.7	22.76	50.6	28.46	63.2	27.80	61.8
2	8.47	79.7	9.13	87.2	8.37	77.0	9.41	69.5	8.51	70.3	8.64	66.2	7.05	73.2	6.99	71.6	10.11	71.2	9.36	71.4	8.54	82.2	8.06	79.7
3	5.56	92.1	3.16	94.3	5.93	90.1	6.53	84.0	5.61	82.7	6.69	81.1	4.75	83.8	5.51	83.9	5.19	82.7	6.71	86.3	3.38	89.8	4.08	88.8
4	1.82	96.1	.92	96.3	1.56	93.6	3.33	91.4	2.51	88.3	2.52	86.7	2.45	89.3	2.10	88.6	2.59	88.4	2.36	91.6	1.93	94.1	2.42	94.2
5	.50	97.3	.44	97.3	1.36	96.7	1.36	94.5	1.94	92.7	1.94	91.0	1.77	93.2	1.40	91.7	2.09	93.1	1.44	94.8	.81	95.9	.88	96.1
6	.33	98.0	.44	98.3	.44	97.6	.71	96.1	1.09	95.1	1.24	93.8	.93	95.3	1.30	94.6	1.03	95.4	.71	96.3	.54	97.1	.63	97.5
7	.23	98.5	.24	98.8	.30	98.3	.51	97.2	.79	96.9	.80	95.6	.75	96.9	.81	96.4	.61	96.7	.48	97.4	.29	97.8	.36	98.3
8	.15	98.9	.13	99.1	.18	98.7	.35	98.0	.37	97.7	.61	96.9	.30	97.6	.53	97.6	.40	97.6	.33	98.2	.26	98.3	.16	98.7
9	.13	99.2	.09	99.3	.17	99.1	.22	98.5	.28	98.3	.40	97.8	.29	98.3	.26	98.2	.33	98.4	.25	98.7	.16	98.7	.13	99.0
10	.09	99.4	.07	99.5	.07	99.3	.14	98.9	.21	98.8	.28	98.5	.21	98.8	.20	98.6	.17	98.8	.17	99.1	.15	99.0	.11	99.3
11	.07	99.5	.04	99.6	.07	99.5	.12	99.1	.14	99.1	.16	98.8	.15	99.1	.13	99.0	.12	99.0	.10	99.3	.12	99.3	.08	99.5
12	.05	99.7	.04	99.7	.06	99.6	.09	99.3	.11	99.3	.12	99.1	.08	99.3	.12	99.2	.11	99.3	.06	99.5	.09	99.5	.05	99.6
13	.04	99.8	.03	99.8	.04	99.7	.06	99.5	.07	99.5	.08	99.3	.06	99.4	.07	99.4	.07	99.5	.05	99.6	.06	99.7	.04	99.7
14	.02	99.8	.02	99.8	.02	99.8	.05	99.6	.04	99.6	.08	99.5	.06	99.6	.06	99.5	.06	99.6	.04	99.7	.03	99.8	.03	99.8
15	.01	99.9	.01	99.9	.02	99.8	.04	99.7	.04	99.7	.06	99.6	.04	99.7	.05	99.7	.04	99.7	.03	99.8	.02	99.8	.02	99.8
16	.01	99.9	.01	99.9	.02	99.9	.04	99.8	.03	99.8	.04	99.7	.04	99.8	.03	99.8	.03	99.8	.02	99.8	.02	99.9	.02	99.9
17	.01	99.9	.01	99.9	.01	99.9	.03	99.9	.02	99.8	.03	99.8	.02	99.8	.03	99.8	.02	99.8	.02	99.9	.01	99.9	.01	99.9
18	.01	99.9	.01	100.0	.01	99.9	.01	99.9	.01	99.9	.02	99.9	.02	99.9	.01	99.9	.02	99.9	.01	99.9	.01	99.9	.01	99.9
19	.01	100	-	-	.01	100	0.01	100	.01	99.9	.01	99.9	.01	99.9	.01	99.9	.01	99.9	.01	99.9	.10	100	.01	100
20	-	-	-	-	.01	100	-	-	.01	100	.01	99.9	.01	99.9	.01	100	-	-	.01	100	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	100	.01	99.9	.01	99.9	.01	100	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	100	.01	100	.01	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Выводы. Выполненное исследование информационного содержания разложения аномалии среднемесячной температуры по ЕОФ для территории Узбекистана и сопредельных стран показало:

1. Корреляционные функции аномалий среднемесячной температуры существенно анизотропны. Корреляционные функции, рассчитанные для заданных направлений подобны для всех месяцев года, и имеют высокие значения для направлений, совпадающих с основными направлениями воздушных течений на рассматриваемой территории.

2. Распределение разностей норм среднемесячной температуры на исследуемой территории неоднозначно: имеются области, где на фоне глобального положительного тренда температуры разности отрицательны и зависят от месяца года. Здесь предстоит выяснить причины, приводящие к тенденции отрицательного тренда на фоне глобального положительного потепления.

3. Скорость сходимости разложения температуры по системе ЕОФ оказывается очень высокой и имеет ярко выраженный годовой ход.

4. Высокая скорость сходимости позволяет использовать разложение по ЕОФ при решении многих практических задач.

Вклад авторов. **М.Л. Арушанов:** постановка проблемы, методика расчёта, анализ результатов. **А.И. Вдовенко:** сбор и статистическая обработка данных, определение объекта исследования, численные расчёты, анализ. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Арушанов М.Л. Восстановление полей приземного давления и геопотенциала на АТ-500 по данным о типе и количестве облачности с помощью естественных ортогональных функций // Тр. САНИИ, Вып. 85(166). – 1983. – С. 39-49.

Арушанов М.Л. Исследование пространственно-временной статистической структуры поля облачности над южной территорией среднеазиатского региона // Тр. САНИИ, Вып. 85(166). – 1983. – С. 24-38.

Багров Н.А. Аналитическое представление полей // Тр. ЦИП, Вып. 64. – 1958. – С. 3-18.

Гантмахер Ф.Р., Крейн М.Г. Осцилляционные матрицы и ядра и малые колебания механических систем. – М. Гостехиздат. – 1950. – 420 с.

Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. – М.: МИР, 2001. – 410 с.

Мартемьянов В.И., Овчинникова Л.П. О представлении вертикальных профилей геопотенциала и температуры на некоторых станциях северного полушария с помощью системы собственных векторов // Тр. САНИГМИ, Вып. 29(44). – 1967. – С. 8-19.

Мещерская А.В., Руховец Л.В., Юдин М.И., Яковлева Н.И. Естественные составляющие метеорологических полей. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 199 с.

Мещерская А.В., Клюквин Л.Н. О разложении полей аномалии средней месячной температуры по естественным ортогональным функциям // Тр. ГГО, Вып. 201. – 1968. – С. 14-51.

Мусаелян Ш.А. Проблемы предсказуемости состояния атмосферы и гидродинамический долгосрочный прогноз погоды. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 184 с.

Обухов, А.М. О статистически ортогональных разложениях эмпирических функций // Известия АН СССР. Серия геофизическая. – 1960. – № 3. – С. 432–439.

Фадеев Д.К., Фадеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. – М.: Изд-во ФМ литературы. – 1962. – 734 с.

Bengston L. and Shukla J. Integration of space and in situ observations to study global climate change // Bull. Amer. Meteor. Soc., 69, 1988. – PP. 1130-1143.

Kalnay E. et al. The NMC/NCAR 40-year Reanalysis Project // Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 1996. – PP. 437-471.

Kanamitsu M., Ebisuzaki W., Woollen J., S-K Yang, Hnilo J.J., Fiorino M., and Potter G.L. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // Bull. Amer. Met. Soc., 83. 2002. – PP. 1631-1643.

Gibson J.K., Kallberg P., Nomura A., Uppala S. The ECMWF re-analysis (ERA) project – Plans and current status. 10th Int. Conf. Interactive Inf. and Proc. Syst. Meteor // Oceanogr. and Hydrol., Nashville, TN, AMS. 1994. – PP. 164-167.

Grimer M. The space-filtering of monthly surface temperature anomaly data in terms of pattern, using empirical orthogonal functions // Quarterly journal of the Royal Met. Society, vol. 89, №381. 1963. – PP. 7-16.

Schubert S.D., Rood R.B. and Pfaendtner J. An Assimilated Data Set for Earth Science Applications // Bull. Amer. Meteor. Soc., 74. 1993. – PP. 2331-2342.

Trenberth K. E. and Olson J. G. An evaluation and inter comparison of global analyses from NMC and ECMWF // Bull. Amer. Meteor. Soc., 69. 1988. – PP. 1047-1057.

ЎЗБЕКИСТОН ВА УНГА ТУТАШ МАМЛАКАТЛАР ҲУДУДЛАРИДА РЕАНАЛИЗ МАЪЛУМОТЛАРИДАН ФОЙДАЛАНГАН ҲОЛДА ЎРТАЧА ОЙЛИК ҲАРОРАТ АНОМАЛИЯЛАРИ МАЙДОНЛАРИНИ ТАБИЙ ОРТОГОНАЛ ФУНКЦИЯЛАР БЎЙИЧА ЁЙИШ

М.Л. АРУШАНОВ¹, А.И. ВДОВЕНКО²

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институт, mikl-arushanov@rambler.ru

² Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази

Аннотация. Метеорологияда метеорологик майдонларни фиксирланган функциялар (сферик, тригонометрик, Чебишев кўпхадлари, Фурье қаторлари ва бошқалар) бўйича ёйиш объектив таҳлил, сонли моделлаштириш ва прогнозлаш масалаларини ечишда кенг қўлланилади. Н.А.Багров, А.М.Обухов ишларидан бошлаб табиий ортогонал функциялар (ТОФ) тизими бўйича ёйишга алоҳида эътибор қаратилади. Метеорологик майдонларни ёйишда бошланғич маълумотлар сифатида, одатда, ер усти метеорологик кузатув тармоғидан олинган маълумотлар хизмат қилади. Ўтган асрнинг 90-йилларидан бошлаб мавжуд бўлган барча метеорологик ўлчаи маълумотлари қайта таҳлиллари (реанализ) шаклида мунтазам кенглик-узунлик тўрига ассимиляцияланади. Барча мавжуд кузатиш усулларининг ўзаро мувофиқлашуви сифатида олинган бу маълумотлар аниқлиги жиҳатидан етарли даражада ишончли ҳисобланади.

Ушбу мақолада минимал миқдордаги параметрлардан фойдаланган ҳолда табиий ортогонал функциялар тизими бўйича ҳарорат ёйилмасининг информацион мазмунини баҳолаш мақсадида, 37,5°-47,5° ш.к. ва 55,0°-75,0° ш.у. билан чегараланган ҳудуд учун ер усти ўртача ойлик ҳаво ҳароратининг ECMWF ERA-40 реанализ маълумотларидан фойдаланилган. Ўртача ойлик ҳаво ҳароратининг фазовий корреляция матрицалари, уларнинг хусусий қийматлари ва хусусий векторлари олинган, ёйишнинг яқинлаиши тезлиги, ўртача ойлик ҳаво ҳарорати майдонининг асосий компонентлари билан бошланғич майдон орасидаги корреляцион алоқа баҳоланган. Ўзбекистон ҳудудида 1954 йилдан 1986 йилгача ҳамда 1987 йилдан 2018 йилгача вақт қаторлари бўйича ҳар бир ой учун ўртача ойлик ҳаво ҳароратининг дисперсиялари, ўртача қийматлари ва биринчи табиий компонентлари тақсимоли ҳавола этилган.

Калит сўзлар: ўртача ойлик ҳарорат, корреляция матрицаси, хусусий қийматлар, хусусий векторлар, асосий компонентлар, ёйиш коэффицентлари, яқинлаиши тезлиги.

EXPANSIONS OF ANOMAL FIELDS OF THE MONTHLY MEAN TEMPERATURE IN NATURAL ORTHOGONAL FUNCTIONS USING REANALYSIS DATA ON THE TERRITORY OF UZBEKISTAN AND NEIGHBORING COUNTRIES**M.L. ARUSHANOV¹, A.I. VDOVENKO²**¹ Hydrometeorological Research Institute, mikl-arushanov@rambler.ru² Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan

Abstract. *In meteorology, the decomposition of meteorological fields into fixed functions (spherical, trigonometric functions, Fourier series, etc.) is widely used to solve problems of objective analysis, numerical modeling and forecasting. Particular attention, starting with the works of N.A. Bagrov, A.M. Obukhov, is given to the expansion in terms of a system of natural orthogonal functions (EOF). The initial data for the decomposition of meteorological fields are, as a rule, the data of the ground-based meteorological observation network. Since the 90s of the last century, the data of all available meteorological measurements have been assimilated onto a regular latitude-longitude grid in the form of reanalyses. These data, obtained as agreement of all available observation methods, seem to be quite reliable in terms of their accuracy. This article uses the ECMWF ERA-40 reanalysis data of the average monthly surface air temperature for the territory bounded by latitudes 37.5°-47.5° N. and longitudes 55.0°-75.0° E, in order to assess the information content of the temperature expansion according to the system of natural orthogonal functions using the minimum number of parameters. The spatial correlation matrices of the average monthly air temperature, their eigenvalues and eigenvectors were obtained, estimates of the rate of convergence of the expansion, the correlation between the main components of the average monthly temperature field and the initial field were made. Distributions of dispersions, mean values and first natural components of mean monthly air temperature in Uzbekistan for each month of the year are presented for samples from 1954 to 1986 and from 1987 to 2018.*

Keywords: *monthly average temperature, correlation matrix, eigenvalues, eigenvectors, principal components, expansion coefficients, convergence rate.*

REFERENCE

Arushanov M.L. Vosstanovlenie poley prizemnogo davleniya i geopotentsiala na AT-500 po dannim o tipe i kolichestve oblachnosti s pomozchyu estestvennih ortogonalnih funktsiy [Reconstruction of the surface pressure and geopotential fields on the AT-500 from data on the type and amount of cloudiness using natural orthogonal functions] // Tr. SANII, Vip. 85(166). – 1983. – S. 39-49. (in Russian)

Arushanov M.L. Issledovanie prostranstvenno-vremennoy strukturi polya oblachnosti nad yuzhnoy terrytoriey Sredneaziatskogo regiona [Investigation of the spatial-temporal statistical structure of the cloudiness field over the southern territory of the Central Asian region] // Tr. SANII, Vip. 85(166). – 1983. – S. 24-38. (in Russian)

Bagrov N.A. Analiticheskoe predstavlenie poley [Analytical view of fields] // Tr. TsIP, Vip. 64. – 1958. – S. 3-18. (in Russian)

Gantmakher F.R., Kreyn M.G. Ostsillyatsionnie matritsi i yadra i malie kolebaniya mehanycheskih sistem [Oscillatory matrices and nuclei and small vibrations of mechanical systems]. – M.: Gosteizdat. – S. 1950. – 420. (in Russian)

Demmel J. Vichislitel'naya lineynaya algebra [Computational Linear Algebra.] – M.: MIR, 2001. – 410 s. (in Russian)

Martemyanov V.I., Ovchinnikova L.P. O predstavlenii vertikalnogo profilya geopotentsiala i temperaturi na nekotoryh stantsiyah severnogo polushariya s pomozchyu sistemi sobstvennih vektorov [On the representation of the vertical profiles of the geopotential and temperature at some stations in the Northern Hemisphere using the system of eigenvectors] // Tr. SANIGMI, Vip. 29 (44). – 1967. – S. 8-19. (in Russian)

Meshcherskaya A.V., Rukhovets L.V., Yudin M.I., Yakovleva N.I. Yestestvennie sostavlyashie meteorologicheskikh poley [Natural components of meteorological fields]. – L.: Gidrometeoizdat. – 1970.

– 199 s. (in Russian)

Meshcherskaya A.V. and Klyukvin L.N. O razlozenii poley anomalii sredney mesyachnoy temperaturi [On the expansion of the fields of the anomaly of the mean monthly temperature in terms of natural orthogonal functions] // Tr. GGO, Vip. 201. – 1968. – S. 14-51. (in Russian)

Obukhov A.M. O statisticheski ortogonalnih razlozheniyah empiricheskikh funktsiy [On statistically orthogonal expansions of empirical functions] // Izvestiya AN SSSR. Seriya geofizicheskaya. – 1960. – No. 3. – S. 432-439. (in Russian)

Fadeev D.K., Fadeeva V.N. Vichislitelnie metodi lineynoy algebr [Computational methods of linear algebra]. – M.: Izd-vo FM literaturi. – 1962. – 734 s. (in Russian)

УДК: 551.586

БУХОРО ШАҲРИНИНГ БИОИҚЛИМИЙ ШАРОИТЛАРИ

Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,2*}, С.У. БЕГМАТОВ²

¹ Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, b.xolmatjanov@nuu.uz

² Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, sardor0752@gmail.com

Аннотация: Бухоро метеорология станциясида 2009-2018 йй. кузатиш маълумотларини статистик қайта ишлаш асосида ҳаво қурғоқчилигининг термогигрометрик коэффициентидан фойдаланиб кўп йиллик ўртача биоиклимий шароитларнинг вақт бўйича ўзгариш хусусиятлари аниқланган. Сайёҳларни биоиклимий маълумотлар билан таъминлаш мақсадида иссиқлик ҳиссиёти, об-ҳаво шароитларининг эстетик (булутлилик ва нисбий намлик) ва физикавий (димқиш, ёгингарчилик, шамол) ташиқил этувчиларини акс эттирувчи “Иқлимий-туристик ахборот схемаси” ҳавола қилинди.

Калит сўзлар: Бухоро шаҳри, ҳаво қурғоқчилигининг термогигрометрик коэффициенти, биоиклимий шароитлар, иссиқлик ҳиссиёти, “Иқлимий-туристик ахборот схемаси”

Кириш. Бухоро – жаҳоннинг энг қадимий ва тарихий-меъморий обидаларга бой шаҳарларидан бири ҳисобланади. 1996 йилда Бухоро ЮНЕСКО томонидан жаҳон маданий мероси ҳисобланувчи шаҳарлар сафига киритилганлиги ва муҳофазага олганлиги эълон қилинди. 1997 йилда шаҳарнинг 2500 йиллик юбилеи халқаро миқёсда нишонланди. Кўхна Бухорода кўкка бўй чўзган миноралар, обида-ю кадамжолар, осору антиқалар аجدодларимиз ақл-заковатини намойиш қилади. Бухоро Шарқу Фарбда “очик осмон остидаги музей, шавкатли тарихнинг жилвакор кўзгуси” деган фахрли номга ҳам эга. Бухоро Аркида нафақат ҳукмдор амирлар, балки буюк олимлар, шоиру файласуфлар ҳам яшаб, ижод қилиб, авлодларга бебаҳо мерос қолдирган. Бухоро маданияти энг юксалган ўрта асрларда Аркда Рудакий, Фирдавсий, Абу Али Ибн Сино, Фаробий, Умар Хайём каби буюк мутафаккирлар яшаган. Юртимиз азалдан инсоният тамаддуни, жумладан, ислом маданияти ривожига алоҳида ўрин тутди. Ислом оламидаги тўрт шариф саналган шаҳарлардан бири Бухородир. Шарқда қадимдан “Самарқанд сайқали рўи замин аст, Бухоро қуввати дини ислом аст”, деб бежиз айтилмаган [Дунё...2020].

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 19 майдаги “2017-2019 йилларда Бухоро шаҳри ва Бухоро вилоятининг туристик салоҳиятини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ҳамда 2017 йил 16 августдаги “2018-2019 йилларда туризм соҳасини ривожлантириш бўйича биринчи навбатдаги чора-тадбирлар тўғрисида”ги қарорларида белгиланган вазифаларга мувофиқ Бухоро

* Масъул муаллиф: b.xolmatjanov@nuu.uz, тел.: +998 99 878-51-27

шаҳридаги собиқ “Шаҳристон” бозори худудида хунармандлар марказини куриш, муқаддас қадамжолар – Хожа Абдулхолиқ Гиждувоний, Хожа Ориф ар-Ревгарий, Хожа Маҳмуд Анжир Фағнавий, Хожа Али Ромитаний, Хожа Муҳаммад Бобойи Самосий, Саййид Амир Кулол, Хожа Баҳоуддин Нақшбанд ва Чорбакр мажмуаларида кенг кўламли курилиш-таъмирлаш ишлари амалга оширилди. Худуднинг туристик салоҳиятини янада кенгрок тарғиб қилиш мақсадида “Ипак ва зираворлар”, “Бухоро шаҳри куни”, “Қовун сайли” ва “Бухоро хунармандлари” фестиваллари ташкил этилмоқда. [Дунё...2020].

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 5 январдаги “Ўзбекистон Республикасида туризмни жадал ривожлантиришга оид кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги ПФ-5611-сон Фармони билан тасдиқланган Ўзбекистон Республикасида 2019-2025 йилларда Туризмни ривожлантириш концепцияси ва чора-тадбирлар режасини муваффақиятли амалга оширишда худудларнинг биоиклимий шароитларини баҳолаш алоҳида долзарбликка эга. Дунё микёсида содир бўлаётган иклим ўзгариши шароитларида юқорида номлари қайд этилган туристик тадбирларни самарали ташкил этиш учун туристик дестинацияларда мавжуд биоиклимий шароитлар албатта эътиборга олинаши зарур.

Тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари. Бухоро метеорология станциясининг сўнгги йиллардаги кузатиш маълумотлари асосида Бухоро шаҳрининг биоиклимий шароитларни тавсифлаш тадқиқотнинг **мақсади**, иклимий тавсифни тузиш учун метеорологик кузатув маълумотларини статистик қайта ишлаш, ҳаво қурғоқчилиги термогигрометрик коэффициенти (ТГК) асосида иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг тақсимотини тадқиқ этиш ҳамда уларни сайёҳларга ҳавола қилиш тадқиқотнинг **вазифаси** ҳисобланади.

Тадқиқотнинг объекти ва предмети. Бухоро шаҳри тадқиқотнинг **объекти**, унинг биоиклимий шароитлари эса тадқиқотнинг **предмети** ҳисобланади.

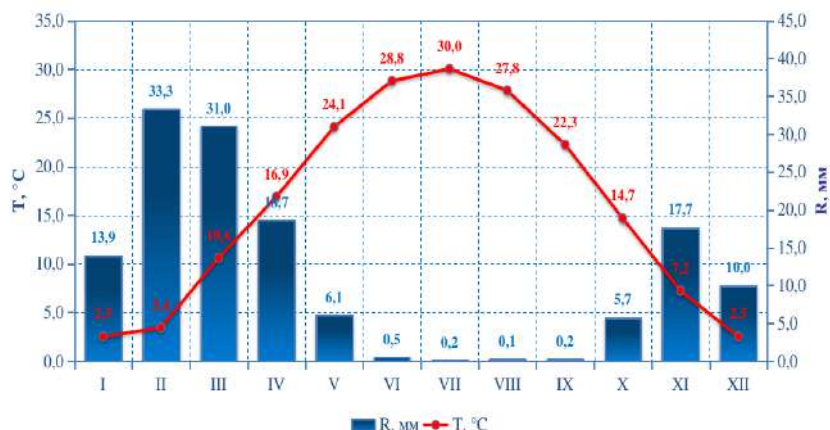
Бирламчи маълумотлар. Тадқиқот ишини бажаришда Ўзгидрометнинг Гидрометеорология фондида сақланаётган денгиз сатҳидан 225 м баландликда жойлашган Бухоро метеорология станциясида 2009-2018 йилларда кузатилган метеорологик маълумотлардан фойдаланилди.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот ишида иклимий тавсифлаш ҳаво ҳарорати ва намлиги, булутли ва қуёшли кунлар, ёгинлар миқдори, шамол тезлиги ва йўналиши тўғрисидаги муддатли кузатув маълумотларини Жаҳон метеорология ташкилоти томонидан тавсия этилган статистик усуллар ёрдамида қайта ишлаш асосида бажарилди [Sneyers, 1990] Бухоро шаҳрида шаклланувчи иссиқлик ҳиссиёти шароитларини баҳолашда Ю.В.Петров ва А.Қ.Абдуллаевлар томонидан таклиф этилган ҳаво қурғоқчилигининг термогигрометрик коэффициентидан фойдаланилди [Petrov, Abdullaev, 2010; Холматжанов ва бошқ., 2020, 2021; Kholmatjanov et al., 2020]. “Иклимий-туристик ахборот” схемаси туризм учун метеорологик хизмат кўрсатиш бўйича илғор жаҳон тажрибаси асосида тузилди [Daneshvar et al., 2013; Çalişkan et al., 2013; Matzarakis, 2014].

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Бухоро метеорология станциясининг 2009-2018 йиллардаги 10 йиллик кузатув маълумотлари асосида иссиқлик ҳиссиёти зоналарининг кўп йиллик ўртача қийматлари тақсимоти, уларнинг сутка ва йил ичидаги ўзгаришлари аниқланди ҳамда ҳаво ҳарорати, ҳаво намлиги, атмосфера ёгинлари, булутлилик ва шамол тезлиги маълумотлари статистик қайта ишланиб, шаҳарнинг иклимий шароитлари баҳоланди.

Кўп йиллик ўртача ойлик ҳаво ҳарорати ва атмосфера ёгинлари миқдорининг йил ичидаги тақсимоти таҳлили Бухорода энг иссиқ ой июль (30,0°C), энг совуқ ойлар декабрь ва январь (2,5°C) эканлигини кўрсатди. Тадқиқ этилаётган даврда кўп йиллик ўртача йиллик ҳарорат 15,9°C ташкил этган (1-расм). Бухорода кўп йиллик ўртача йиллик атмосфера ёгинлари миқдори 137,3 мм ни ташкил этиб, февраль ва март энг серёгин ойлар

хисобланади. Кўп йиллик ўртача ҳисобда бу ойларда Бухорода мос равишда 33,3 мм ва 31,0 мм миқдорда атмосфера ёғинлари қайд этилган (1-расм).

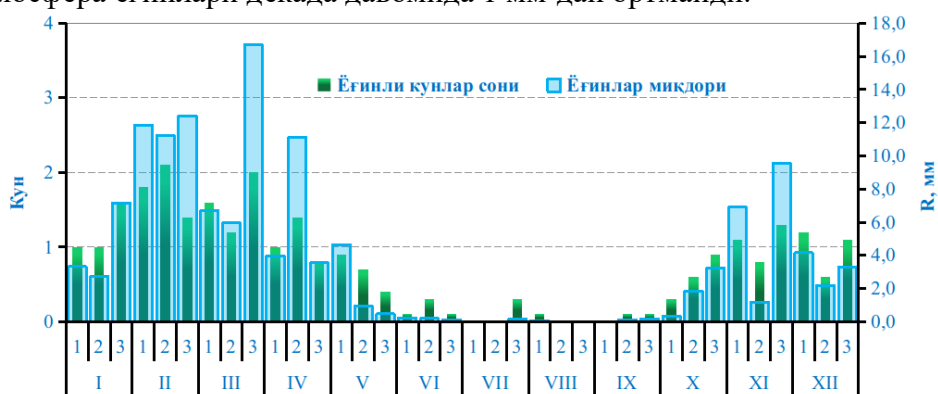


1-расм. Бухоро метеорология станциясида кўп йиллик ўртача ойлик ҳаво ҳарорати (Т, °С) ва атмосфера ёғинлари миқдорининг (R, мм) йил ичидаги тақсими (2009-2018 йй.)

Рис. 1. Внутригодовое распределение многолетней средней месячной температуры воздуха (Т, °С) и атмосферных осадков (R, мм) на метеорологической станции Бухара (2009-2018 гг.)

Fig. 1. Intra-annual distribution of long-term mean monthly air temperature (T, °C) and precipitation (R, mm) at the Bukhara meteorological station (2009-2018)

Кўп йиллик ўртача ёғинли кунлар сони ва атмосфера ёғинлари миқдорининг йил ичидаги ўзгаришини декадалик маълумотлар асосида таҳлил қилинди (2-расм). Бухоро станциясида февраль ва апрель ойларида ёғинли кунлар сони декада давомида 2 кунгача етади. Қолган ойларда ўртача 1-1,5 кунни ташкил этиб, ёз ойларида деярли кузатилмайди. Декада давомида 10 мм, яъни суткада ўртача 1 мм дан кўп атмосфера ёғинлари ноябрь ойининг учинчи декадаси ва февраль-апрель ойларида кузатилади. Июнь ойдан октябрь ойигача атмосфера ёғинлари декада давомида 1 мм дан ортмайди.



2-расм. Бухоро метеорология станциясида кўп йиллик ўртача ёғинли кунлар сони ва атмосфера ёғинлари миқдорининг (R, мм) йил ичидаги ўзгариши (2009-2018 йй.)

Рис. 2. Внутригодовое изменение многолетнего среднего числа дней с осадками и их количества (R, мм) на метеорологической станции Бухара (2009-2018 гг.)

Fig. 2. Intra-annual change in the long-term average number of days with precipitation and their quantity (R, mm) at the Bukhara meteorological station (2009-2018)

Инсон организмда димиқиш ҳолатининг юзага келиши об-ҳаво шароитларининг физикавий ташкил этувчилари қаторига кирувчи сув буғининг парциал босими билан тавсифланади. Бухорода кўп йиллик ўртача сув буғи парциал босимининг энг кичик қийматлари (5,4-5,5 гПа) қиш ойларида, энг катта қийматлари (10,4 гПа) ёз ойларида қайд этилган. Кўп йиллик ўртача ҳисобда йил давомида Бухоро станцияси жойлашган ҳудудда инсон организмда димиқиш ҳолатлари кузатилмади. Эстетик ташкил этувчи бўлган нисбий намликнинг йил давомидаги минимал қийматлари (26,0-27,5%) ёз ойларида, максимал қийматлари эса (72,1-72,5%) қиш ойларида кузатилади (3-расм).



3-расм. Бухоро метеорология станциясида кўп йиллик ўртача ойлик сув буғи парциал босими (e, гПа) ва нисбий намликнинг (f, %) йил ичидаги тақсимооти (2009-2018 йй.)

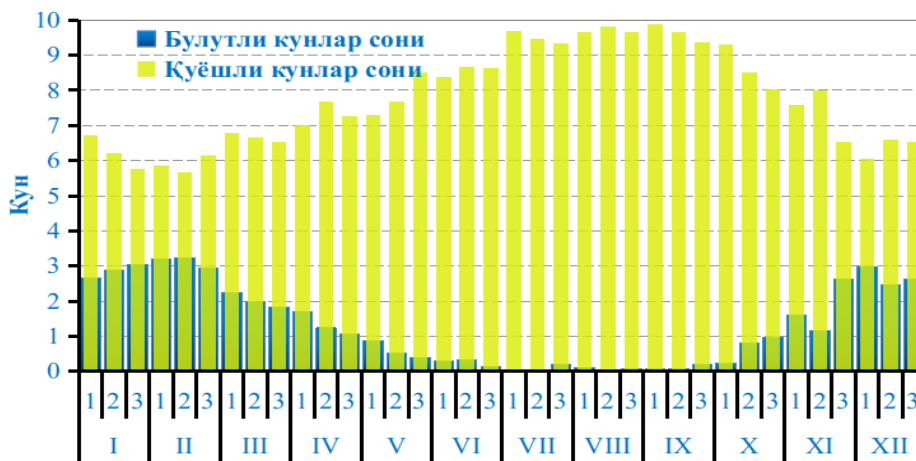
Рис. 3. Внутригодовое распределение многолетней средней месячной давления водяного пара (e, гПа) и относительной влажности (f, %) на метеорологической станции Бухара (2009-2018 гг.)

Fig. 3. Intra-annual distribution of long-term mean monthly water vapor pressure (e, hPa) and relative humidity (f, %) at the Bukhara meteorological station (2009-2018)

Кўп йиллик ўртача булутли ва қуёшли кунлар сонининг йил ичидаги ўзгариши диаграммаси 4-расмда келтирилган. Октябрнинг иккинчи ўн кунлигидан бошлаб Бухорода булутли кунлар сони ортиб боради. Энг кўп булутли кунлар сони (3 ва ундан кўп) қиш ойларида тўғри келади. Июлдан сентябрнинг учинчи ўн кунлигигача бўлган даврда булутли кунлар деярли кузатилмади. Қуёшли кунлар сони (булутлилик 0 балл) январь-май оралиғида ўртача 5-6 кун давомийликка эга бўлиб, майнинг учинчи ўн кунлигидан бошлаб кескин ортиб боради ва август-сентябрда декадада 8-9 кунгача қийматни ташкил этади. Октябрнинг учинчи ўн кунлигидан бошлаб қуёшли кунлар сони аста-секин камайиб, декабрда бундай кунлар сони 6 кун атрофида бўлади (4-расм).

Бухоро метеорология станциясида йилнинг совуқ даврида асосан шимолий йўналишдаги шамол устуворлик қилса-да, шарқий ва жанубий йўналишдаги шамолларнинг ҳиссалари ҳам катта. Йилнинг илиқ даври учун асосий шамол йўналиши шимолий ҳисобланади. Флюгер баландлигидаги ўртача шамол тезлиги 2,0-4,0 м/с дан ортмайди (5-расм).

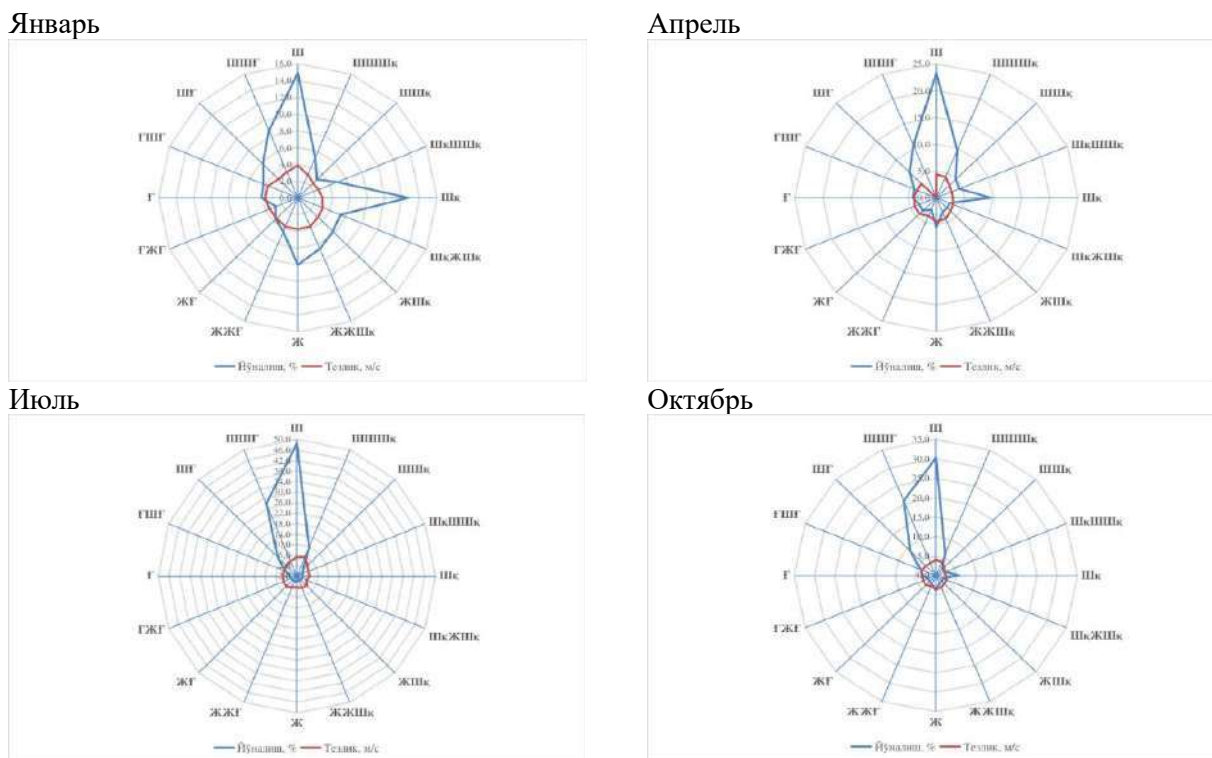
Бухоро метеорология станцияси кузатув маълумотлари асосида ҳисобланган ТГК кўп йиллик ўртача қийматларининг сутка давомидаги ўзгаришларини таҳлил қилинди. 6-расмда ТГК асосида аниқланган иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг йил мавсумларининг ўрта ойлари учун тақсимоот графикалари келтирилган.



4-расм. Бухоро метеорология станциясида кўп йиллик ўртача булутли ва қуёшли кунлар сонининг йил ичидаги ўзгариши (2009-2018 йй.)

Рис. 4. Внутригодовое изменение многолетнего среднего числа облачных и солнечных дней на метеорологической станции Бухара (2009-2018 гг.)

Fig. 4. Intra-annual change in the long-term average number of cloudy and sunny days at the Bukhara meteorological station (2009-2018)



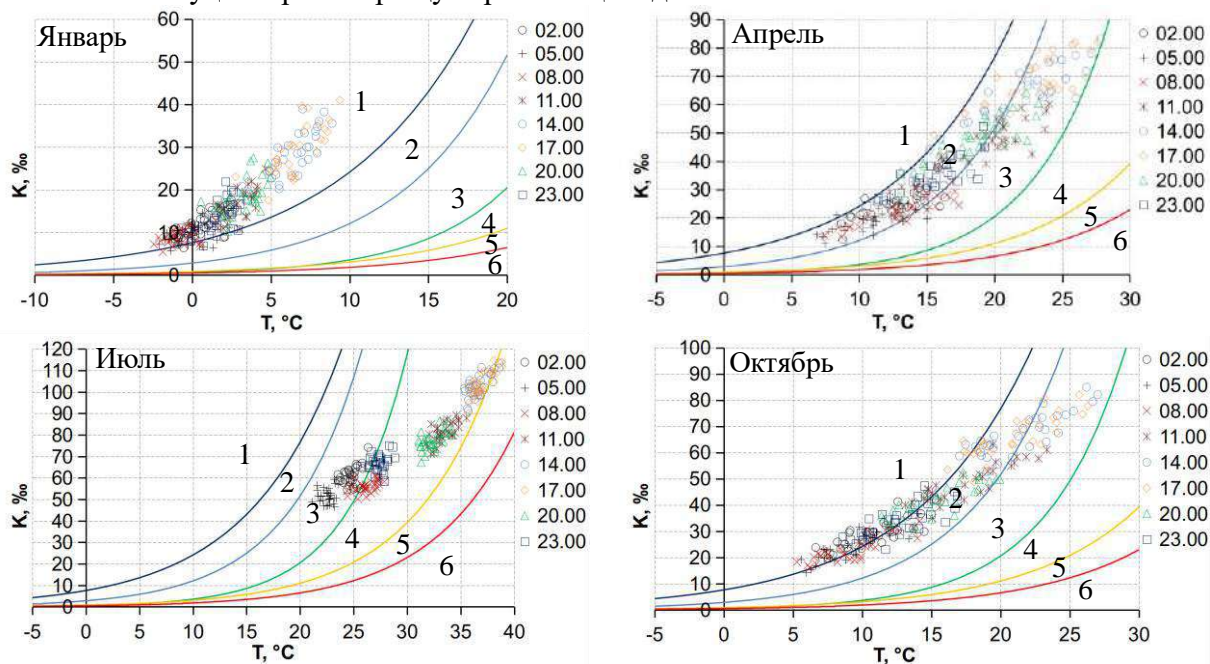
5-расм. Бухоро метеорология станцияси учун шамол гули (2009-2018 йй.)

Рис. 5. Роза ветров на метеорологической станции Бухара (2009-2018 гг.)

Fig. 5. Wind rose at the Bukhara meteorological station (2009-2018)

Бухоро метеорология станциясида иссиқлик ҳиссиёти шароитлар кўп йиллик ўртача суткалик тақсимотининг таҳлили январь, февраль ва март ойларда иссиқлик

хиссиётининг 1- ва 2-зоналари, яъни “ўта совуқ” ва “совуқ” шароитлар, апрель ойида эса 3-зона “комфорт” шароити юзага келишини кўрсатди. Май ойидан бошлаб, ҳаво ҳароратининг кўтарилиб бориши билан, станцияда 3- ва 4-зона “нисбий комфорт” шароитларининг улуши ортади. Ёз ойларига келиб, кундузги муддатларда 4-зона, тунги ва эрталабки соатларда эса 3-зона шароитлари ҳукмронлик қилади. Сентябрьда кундузги муддатларда 3-зона “комфорт” ва 4-зона шароитлари асосий устуворликка эга бўлса-да, станцияда 2-зона (совуқ)нинг тақрорланувчанлиги кузатилади. Октябрь ойида 1- ва 2-зона шароитларининг тақрорланувчанлиги юкори, кундузги муддатларда 3-зона шароитлари ҳам кузатилади. Қолган ойларда Бухорода сутка давомида 1-зона “ўта совуқ” ва 2-зона “совуқ” шароитлари ҳукмронлик қилади.



6-расм. Бухоро шаҳрида кўп йиллик ўртача иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг сутка ичидаги ўзгариши (2009-2018 йй.)

1 – ўта совуқ, 2 – совуқ, 3 – комфорт, 4 – нисбий комфорт, 5 – иссиқ, 6 – ўта иссиқ

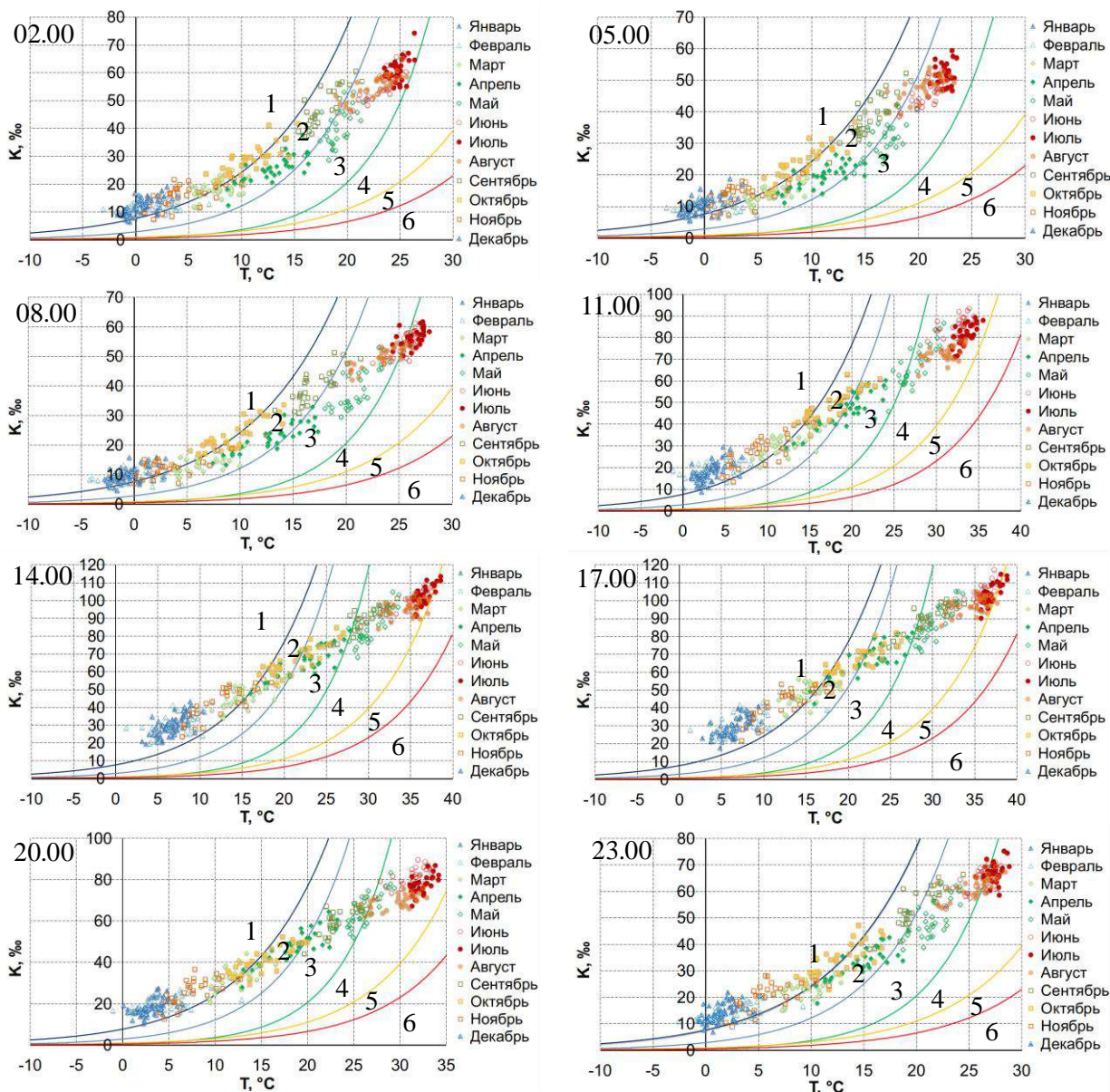
Рис. 6. Суточный ход многолетних средних условий теплового ощущения в городе Бухара (2009-2018 гг.)

1 – очень холодно, 2 – холодно, 3 – комфорт, 4 – относительный комфорт, 5 – жарко, 6 – очень жарко

Fig. 6. Diurnal variation of long-term average conditions of thermal sensation in the Bukhara city (2009-2018)

1 – very cold, 2 – cold, 3 – comfort, 4 – relative comfort, 5 – hot, 6 – very hot

Бухоро метеорология станцияси кузатув маълумотлари асосида ҳисобланган ТГК кўп йиллик ўртача қийматларининг йил ичидаги ўзгаришлари таҳлили кўрсатадики, Бухорода иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг тақсимотида соат 20.00, 23.00, 02.00 ва 05.00 да киш ойларида “ўта совуқ” (1-зона), баҳор ва куз ойларида 2-зона (совуқ) ва 3-зона (комфорт) шароитлари қайд этилади. Ёз ойларида 4-зона (нисбий комфорт) шароитлари устуворликка эга (7-расм). Соат 08.00, 11.00, 14.00 ва 17.00 даги кузатув муддатларда июнь, июль ойларида асосан 4-зона (нисбий комфорт) шароитлари кузатилади. Ўтиш ойларида сутка давомида 2-зона, йилнинг совуқ ярим йиллиги ойларида эса 1-зона шароитлари устуворлик қилади.



7-расм. Бухоро шаҳрида кўп йиллик ўртача иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг йил ичидаги ўзгариши (2009-2018 йй.)

1 – ўта совуқ, 2 – совуқ, 3 – комфорт, 4 – нисбий комфорт, 5 – иссиқ, 6 – ўта иссиқ

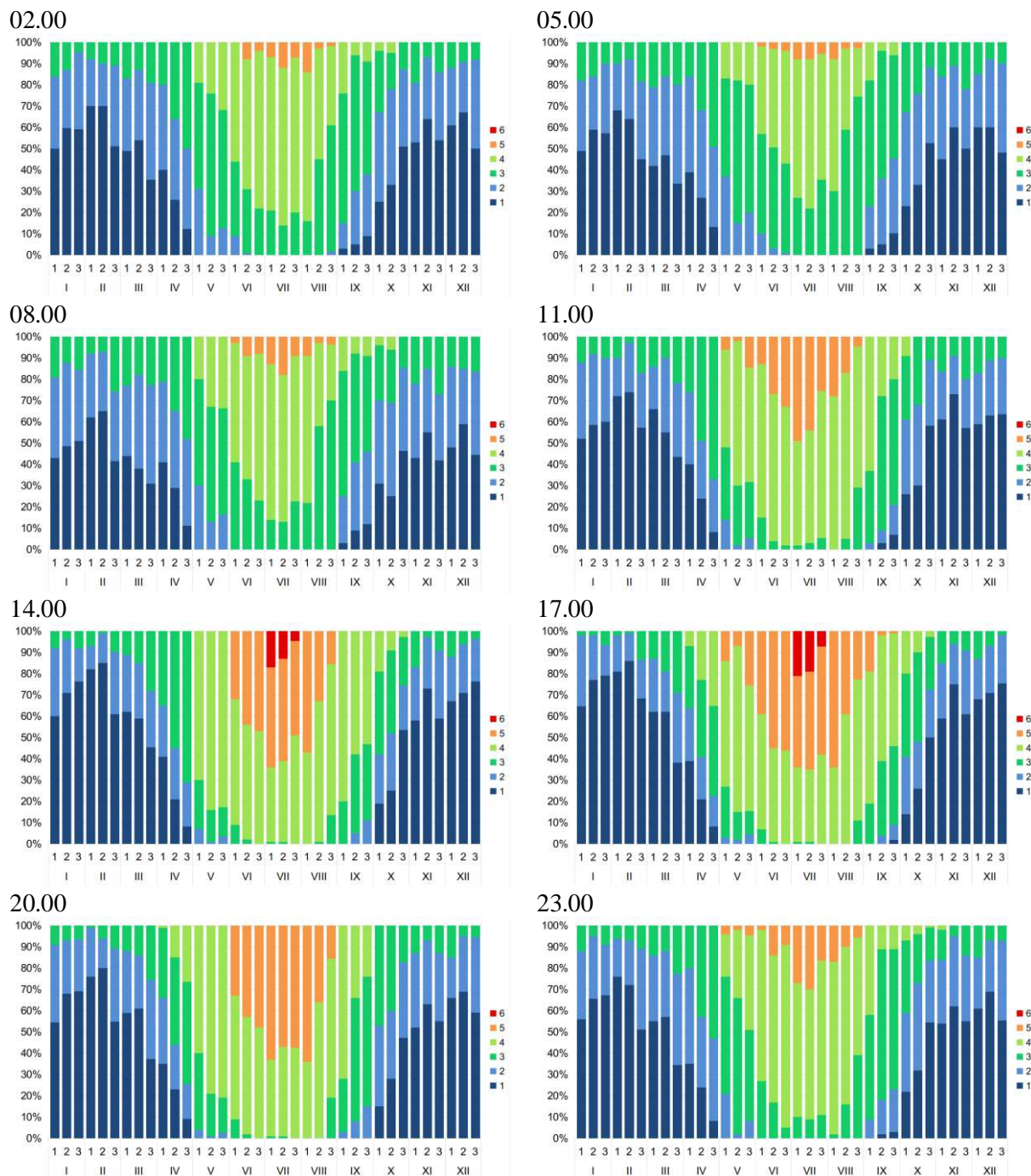
Рис. 7. Внутригодовое изменение многолетних средних условий теплового ощущения в городе Бухара (2009-2018 гг.)

1 – очень холодно, 2 – холодно, 3 – комфорт, 4 – относительный комфорт, 5 – жарко, 6 – очень жарко

Fig. 7. Intra-annual change in long-term average conditions of thermal sensation in the Bukhara city (2009-2018)

1 – very cold, 2 – cold, 3 – comfort, 4 – relative comfort, 5 – hot, 6 – very hot

Бухоро станциясида иссиқлик шароитларининг тақсимотини миқдорий баҳолаш мақсадида ҳар бир кузатиш муддатларида тадқиқот даври мобайнида қайд этилган барча комфорт шароитларининг фоизларда ифодаланган такрорланувчанлиги ҳар бир ойнинг декадалари кесимида ҳисобланди (8-расм).



8-расм. Бухоро шаҳрида иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг кўп йиллик ўртача декадалик такрорланувчанлиги, % (2009-2018 йй.)

1 – ўта совуқ, 2 – совуқ, 3 – комфорт, 4 – нисбий комфорт, 5 – иссиқ, 6 – ўта иссиқ

Рис. 8. Многолетняя средняя декадная повторяемость условий теплового ощущения в городе Бухара, % (2009-2018 гг.)

1 – очень холодно, 2 – холодно, 3 – комфорт, 4 – относительный комфорт, 5 – жарко, 6 – очень жарко

Fig. 8. Long-term average decade probability of thermal sensation conditions in the Bukhara city, % (2009-2018)

1 – very cold, 2 – cold, 3 – comfort, 4 – relative comfort, 5 – hot, 6 – very hot

Ҳисоблаш натижаларининг кўрсатишича, Бухоро станциясида киш ойларида 1-зона (ўта совуқ) ва 2-зона (совуқ) шароитлари устуворлик қилсада, 3-зона (комфорт) шароитлари ҳам кузатилиб, сутка давомида 5% дан 15% гача такрорланувчанликка эга. Мартдан бошлаб 1-зона (ўта совуқ) ва 2-зона (совуқ) шароитларининг такрорланувчанлиги бироз камайиб (70-80% оралиғида), кундузги муддатларда ҳам уларнинг такрорланувчанлиги юқориликча қолади. Бу ойнинг биринчи декадасида соат 11.00 да 1-зонанинг такрорланувчанлиги ўртача 55%, 14.00 ва 17.00 да – 60% атрофида. Шу билан бирга мартнинг биринчи декадасидан бошлаб 3-зона (комфорт) шароитлари ҳам 25-30% такрорланувчанлик билан қайд этилади. Апрельнинг биринчи декадасида 1-зона (ўта совуқ) ва 2-зона (совуқ) шароитлари мос равишда сутка давомида ўртача 30-40% ва 30-35% такрорланувчанликка эга бўлиб, бу ойнинг кейинги декадаларида уларнинг такрорланувчанлиги камайди. 3-зона (комфорт) шароитларининг такрорланувчанлиги мос равишда биринчи декадада 20-30% ни ташкил этиб, кейинги декадаларда 3-зона такрорланувчанлиги ортиб боради. Май ойида 3-зона (комфорт) ва 4-зона (нисбий комфорт) шароитлари устуворлик қилади (мос равишда 30-35% ва 60-65%) ва 5-зона (иссиқ) шароитлари ҳам кузатилади. Ёз ойларида Бухоро станциясида 3-зона (комфорт), 4-зона (нисбий комфорт) ва 5-зона (иссиқ) шароитларининг такрорланувчанлиги кундузги муддатларда энг катта қийматларга эга бўлиб, яққол ифодаланган суткалик ўзгаришга эга. Соат 11.00, 14.00 ва 17.00 да бу зона шароитларининг такрорланувчанлиги 95% гача ҳолатларни ташкил этади. Июль ойида 6-зона (ўта иссиқ) шароитлар ҳам кузатилади (15-20%). Сентябрьдан бошлаб, ҳаво ҳароратининг пасайиши билан, иссиқлик comfortи зоналарининг тақсимида 4-зона (нисбий комфорт) ва 5-зона (иссиқ) шароитларининг такрорланувчанлиги камайиши, 3-, 2- ва 1-зоналар такрорланувчанлигининг эса аста-секин ортиши кузатилади. Бу ўзгаришлар сутка давомида нотекис тақсимотга эга бўлади. Кундузги ва кечки кузатув муддатларида (соат 11.00 дан 20.00 гача) бу ойда 3-зона шароитларининг такрорланувчанлиги 25-30%, 1-зона (ўта совуқ) ва 2-зона (совуқ) шароитларининг такрорланувчанлиги 75-85% чегараларида ўзгаради. Тунги ва эрталабки соатларда 1- ва 2-зоналар шароитлари устуворлик қилади (мос равишда 55-65% ва 15-20%). Октябрь-ноябрь ойлари 3-зона (комфорт) такрорланувчанлигининг кескин камайиши, 1-зона (ўта совуқ) ва 2-зона (совуқ) шароитлари такрорланувчанлигининг эса ортиб бориши билан тавсифланади. Ноябрьнинг учинчи декадасига келиб сутка давомида 3-зонанинг такрорланувчанлиги 5-10%, 2-зонанинг такрорланувчанлиги 25%, 1-зонанинг такрорланувчанлиги эса 60-75% оралиғида ўзгаради (8-расм).

Олинган натижалар умумлаштирилиб, Бухоро метеорология станцияси учун кўп йиллик ўртача биометеорологик шароитларни иссиқлик comfortи, об-ҳаво шароитларининг эстетик ва физикавий ташкил этувчиларининг декадалар бўйича тақсимланиши орқали акс эттирувчи “Иқлимий-туристик ахборот схемаси” тузилди (9-расм). Октябрнинг учинчи декадасидан бошлаб апрелнинг иккинчи декадасигача бўлган даврда Бухоро станциясида совуқлик стресси шароитларининг юзага келиш такрорланувчанлиги 50% дан юқорини ташкил этади (9а-расм). Бу давр сайёҳлар учун ҳам совуқлик стресси, ҳам термик комфорт кўрсаткичлари бўйича “ўта ноқулай”, “жуда ноқулай” ва “ноқулай” даражаларга мос келади ва ҳаво ҳароратининг паст қийматлари билан изоҳланади. Қолган ойларида совуқлик стресси шароитларининг такрорланувчанлиги деярли кузатилмайди (9б-расм). Апрельнинг иккинчи декадасидан майнинг охиригача ва августнинг иккинчи декадасидан октябрнинг учинчи декадасига бўлган вақт оралиғида термик комфорт нуктаи назаридан “қулай”дан “идеал”гача шароитлар юзага келади. Бу даврлар оралиғидаги “жуда ноқулай” ва “ўта ноқулай” шароитлар ҳаво ҳароратининг юқорилиги билан изоҳланиб, иссиқлик стресси кўрсаткичи бўйича июль ойида энг ноқулай шароитлар қайд этилади (9б-расм).

Эстетик ташкил этувчи – 5 баллдан юқори булутлилик кузатилган кунлар бўйича йил давомида “кулай”дан “идеал”гача бўлган шароитлар қайд этилади. Нисбий намлик 93% дан юқори бўлган кунларнинг такрорланувчанлиги 25% дан кам (9а-расм), бу эса сайёҳлар учун қулайлик даражалари бўйича “жуда қулай”дан “идеал”гача бўлган шароитларни таъминлайди (9б-расм). Инсон организмга таъсир кўрсатувчи об-ҳавонинг физикавий ташкил этувчилари – сув буғи босими 18 гПа дан юқори бўлган кунлар, ёғинларсиз ва ёғинли кунлар ($R > 5$ мм) ҳамда флюгер баландлигидаги шамол тезлиги $V > 8$ м/с дан катта бўлган кунлар сони бўйича ҳам Бухоро станциясида “жуда қулай”дан “идеал”гача бўлган шароитлар йил давомида кузатилади (9б-расм).

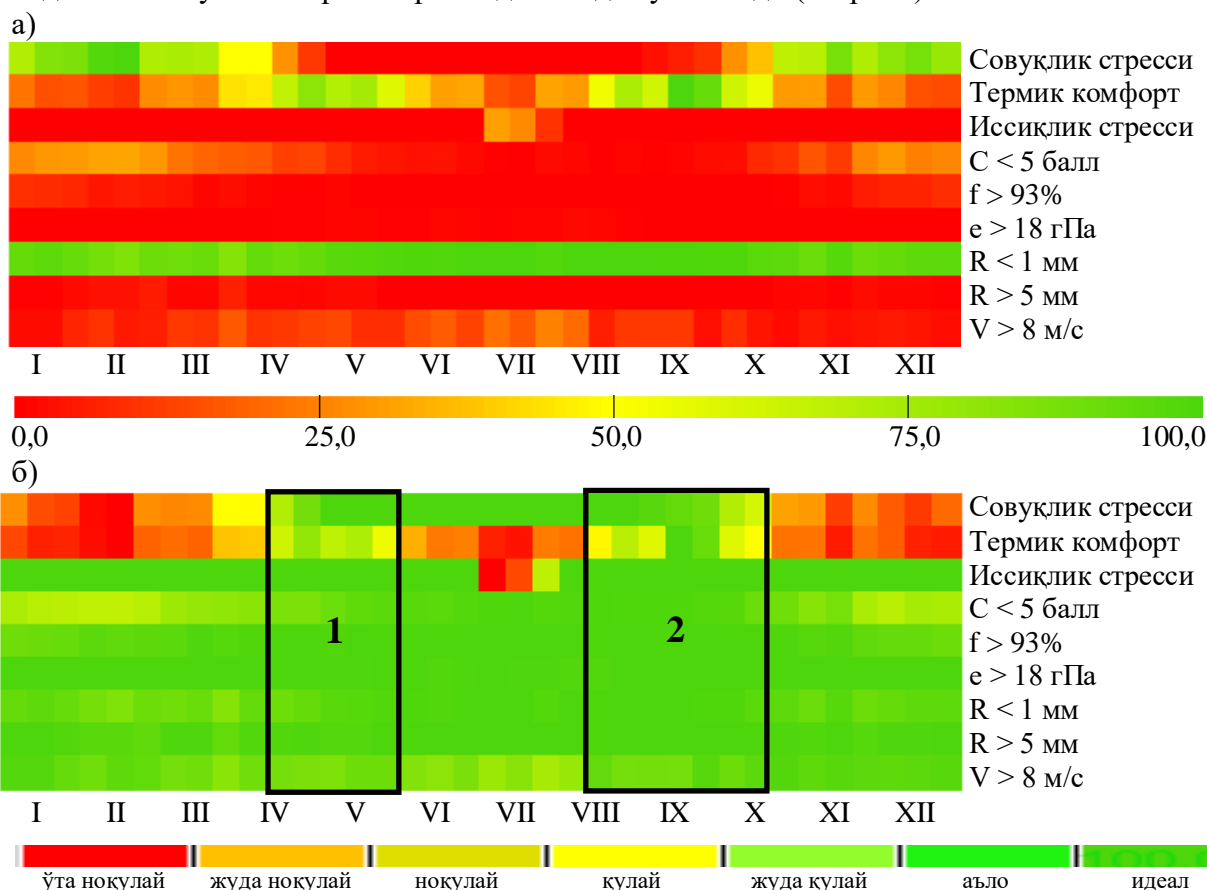


Рис. 9. «Климатическая-туристская информационная схема» для Бухары
 а) повторяемость, %, б) степень благоприятности

Fig. 9. Bukhara’s “Climate-Tourism-Information-Scheme”
 а) probability, %, б) suitability

Шундай қилиб, Бухоро шаҳрида туристик нуқтаи назардан энг қулай бўлган давр апрелнинг иккинчи декадасидан май ойининг охиригача (қора тўртбурчак билан белгиланган 1-оралиқ) ҳамда август ойининг иккинчи декадасидан октябрь ойининг учинчи декадасигача (қора тўртбурчак билан белгиланган 2-оралиқ) бўлган вақт оралиқларида қайд этилиши аниқланди (9б-расм).

Хулоса. Бухоро шаҳрида тадқиқ этилаётган даврда кўп йиллик ўртача йиллик ҳарорат 15,9°C, кўп йиллик ўртача йиллик атмосфера ёғинлари миқдори 137,3 мм ни ташкил этган. Энг иссиқ ой июль (30,0°C), энг совуқ ойлар декабрь ва январь (2,5°C) ҳисобланади. Кўп йиллик ўртача ҳисобда февраль ва март энг серёгин ойлар бўлиб, бу

ойларда Бухорода мос равишда 33,3 мм ва 31,0 мм миқдорда ёғинлар қайд этилган. Кўп йиллик ўртача ҳисобда йил давомида Бухоро станцияси жойлашган ҳудудда инсон организмида димиқиш ҳолатлари кузатилмайди. Энг кўп булутли кунлар сони (3 ва ундан кўп) январь-апрель оралиғига тўғри келади. Июлдан сентябрнинг учинчи ўн кунлигигача бўлган даврда булутли кунлар деярли кузатилмайди. Қуёшли кунлар сони (булутлилик 0 балл) январь-май оралиғида ўртача 5-6 кун, июль-сентябрь оралиғида эса 9 кундан ортиқ давомийликка эга бўлади. Бухоро метеорология станциясида йилнинг совуқ даврида асосан шимолий йўналишдаги шамоллар устуворлик қилса-да, шарқий ва жанубий йўналишдаги шамоллар ҳам етарлича катта ҳиссасига эга. Йилнинг илиқ даврида Бухорода асосан шимолий йўналишдаги шамол устуворлик қилади. Флюгер сатҳидаги ўртача шамол тезлиги 2,0-4,0 м/с дан ортмайди. Туристик тадбирлар учун энг қулай бўлган давр апрелнинг иккинчи декадасидан май ойининг охиригача ҳамда август ойининг иккинчи декадасидан октябрь ойининг учинчи декадасигача бўлган вақт оралиқларига тўғри келади.

Муаллифлар ҳиссаси. Б.М. Холматжанов: мақола ғояси, методология, натижалар таҳлили, натижаларни текшириш, раҳбарлик. **С.У. Бегматов:** маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. Муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилиklarини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Петров Ю.В., Абдуллаев А.К. К вопросу оценки сухости воздуха // Метеорология и гидрология. – М.: НИЦ «Планета», 2010. – № 10, – С. 90-95.

Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Абдикулов Ф.И., Абдикулова М.Р., Сайтиддинов З.Ф., Махмудов М.М., Халматжанов Ф.М. Условия теплового комфорта города Ташкент // Илм-фан ва инновацион ривожланиш. №2. 2020. – Б. 74-82.

Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Абдикулов Ф.И. Имом ал-Бухорий мажмуаси ҳудудининг биоиклимий шароитлари // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. №2. 2021. – Б. 19-31.

Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Бегматов С.У. Хива шаҳрининг биоиклимий шароитлари // Физика фанининг ривожиди истеъдодли ёшларнинг ўрни (РИАК-ХИВ-2021) Республика илмий анжумани материаллари (Тошкент, 2021 йил 26-27 март). 1-том. – Б. 95-98.

Daneshvar M.R.M., Bagherzadeh A., Tavousi T. Assessment of Bioclimatic Comfort Conditions based on Physiologically Equivalent Temperature (PET) using the RayMan Model in Iran // Cent. Eur. J. Geosci., 2013, 5(1). – PP. 53-60. DOI: 10.2478/s13533-012-0118-7.

Kholmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Abdikulov F.I., Abdikulova M.R., Saypiddinov Z.F., Makhmudov M.M., Khalmatjanov F.M., Safarov F.B. Bioclimatic Resources and Their Consideration for Tourism Development in Selected Destinations of Uzbekistan // Indonesian Journal of Law and Economics Review IJLER 7 (0). doi: 10.21070/ijler.2020.V7.481.

Matzarakis A. Transfer of climate data for tourism applications – The Climate-Tourism/Transfer-Information-Scheme // Sustain. Environ. Res., 2014, 24(4). – PP. 273-280.

Sneyers R. On the Statistical Analysis of Series of Observations, WMO Publ. No. 415 (Tech. Note No. 143), Geneva. 1990. – 121 p.

Çalışkan O., Türkoğlu N., Matzarakis A. The effects of elevation on thermal bioclimatic conditions in Uludag (Turkey) // Atmosphere, 2013, 26(1): 45-57.

Электрон ресурс:

Buxoro - islom olami madaniyati poytaxti. TOSHKENT, 29 yanvar. 2020 /“Dunyo” AA/. URL https://dunyo.info/uz/site/inner/buxoro_-_islom_olami_madaniyati_poytaxti-mKd

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРОДА БУХАРА**Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,2}, С.У. БЕГМАТОВ²**¹ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, b.xolmatjanov@nuu.uz² Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, sardor0752@gmail.com

Аннотация: На основе статистической обработки данных наблюдений метеорологической станции Бухара за 2009-2018 гг. выявлены особенности изменения многолетних средних биоклиматических условий во времени с использованием термогигрометрического коэффициента сухости воздуха. В целях обеспечения туристов необходимой биоклиматической информацией представлена «Климато-туристская информационная схема», содержащая компоненты теплового ощущения, а также эстетические (облачность и относительная влажность) и физические (влажность, осадки, ветер) компоненты погодных условий.

Ключевые слова: город Бухара, термогигрометрический коэффициент сухости воздуха, биоклиматические условия, тепловое ощущение, «Климато-туристская информационная схема».

BIOCLIMATIC CONDITIONS OF THE BUKHARA CITY**B.M. KHOLMATJANOV^{1,2}, S.U. BEGMATOV²**¹ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, b.xolmatjanov@nuu.uz² Hydrometeorological Research Institute, sardor0752@gmail.com

Abstract: Based on statistical processing of observational data of the Bukhara meteorological station for 2009-2018 the features of temporal changes in long-term average bioclimatic conditions were revealed using the thermohygrometric coefficient of air dryness. In order to provide tourists with the necessary bioclimatic information, the "Climate-Tourism-Information-Scheme" is presented, containing the components of thermal sensation, as well as aesthetic (cloudiness and relative humidity) and physical (humidity, precipitation, wind) components of weather conditions.

Keywords: Bukhara city, thermohygrometric coefficient of air dryness, bioclimatic conditions, thermal sensation, "Climate-Tourism-Information-Scheme".

REFERENCES

Petrov Yu.V., Abdullaev A.K. K voprosu osenki suxosti vozduxa [On the problem of air dryness estimation] // Meteorologiya i gidrologiya. – M.: NITs «Planeta», 2010. – № 10, – S. 90-95. (in Russian)

Kholmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Abdikulov F.I., Abdikulova M.R., Saypiddinov Z.F., Makhmudov M.M., Khalmatjanov F.M. Usloviya teplovogo komforta goroda Tashkent [Conditions of thermal comfort of the Tashkent city] // Ilm-fan va innovatsion rivozhlanish. №2. 2020. – B. 74-82. (in Russian)

Xolmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Abdikulov F.I. Imom Al-Buhoriy majmuasi hududining bioiklimiy sharoitlari [Bioclimatic conditions of the Imam Bukhari pilgrimage place] // Hidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi. №2. 2021. – B. 19-31. (in Uzbek)

Kholmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Begmatov S.U. Hiva shahrining bioiklimiy sharoitlari [Bioclimatic conditions of the Khiva city] // Fizika fanining rivojida istedodli yoshlarning orni (RIAK-XIV-2021) Respublika ilmiy anjumani materiallari (Toshkent, 2021 yil 26-27 mart). 1-tom. – B. 95-98. (in Uzbek)

Electronic resource:

Buxoro - islom olami madaniyati poytaxti TOSHKENT, 29 yanvar. 2020 (Bukhara is the cultural capital of the Islamic world) / "Dunyo" AA/. URL https://dunyo.info/uz/site/inner/bukhoro_-_islom_olami_madaniyati_poytakhti-mKd (in Uzbek)

УДК: 551.557

ЎЗБЕКИСТОНДА 2022 ЙИЛ МАРТДА КУЗАТИЛГАН ЁҒИНЛАР АНОМАЛИЯСИ**Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,2*}, Э.И. АБДУЛАХАТОВ², Д.Ў. ЯРАШЕВ²,
С.У. БЕГМАТОВ²**¹ Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, b.xolmatjanov@nuu.uz² Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, erik_sen@mail.ru, drxnyarashev@mail.ru, sardor0752@gmail.com

Аннотация. Мақолада Ўзбекистон ва унга қўшни мамлакатларда жойлашган 83 та метеорология станциялари маълумотлари асосида 2022 йилнинг март ойида кузатилган ёгинлар аномалияси тадқиқ этилди. Натижалар Тошкент, Бухоро, Жиззах, Сирдарё, Андижон, Фарғона ва Наманган вилоятларидаги айрим станцияларда қайд этилган ойлик ёгинлар миқдорлари бутун кузатув давридаги энг юқори қийматларга эришганини кўрсатди. Олинган натижалар Европа ўрта муддатли об-ҳаво прогнозлари маркази (ECMWF) ва АҚШ Океан ва атмосфера тадқиқотлари Миллий маркази (NOAA) каби дунёнинг етакчи об-ҳаво прогнозлари марказларининг реанализ маълумотлари билан қиёсланди. Қиёсий таҳлил реанализ маълумотлари аномалиянинг умумий тамойилларини акс эттирса-да, миқдор жиҳатидан тадқиқотда фойдаланилган метеорология станциялари кузатув маълумотлари асосида олинган натижалардан сезиларли фарқларга эга эканлигини кўрсатди.

Ўзбекистон ҳудудида ёгинлар аномалияси шаклланишининг циркуляцион шароитлари таҳлил қилинди. 2022 йилнинг март ойи учун Евроосиё устида 500 гПа мутлақ изобарик сирт геопотенциал баландлиги аномалияси картаси тадқиқ этилаётган давр мобайнида Атлантика океани устида шаклланган нам ҳаво массаларининг Ўрта Осиёга кириб келишини таъминловчи барик майдон барқарор сақланганини кўрсатди. Натижада Ўрта Осиёга ёгин олиб келувчи асосий синоптик жараён – Ҳавонинг ғарбдан кириб келиши (10-тур)нинг давомийлиги энг катта бўлиб, ой давомида у деярли 11 суткани (ёки ой давомийлигининг 34,7%), ташиқил этган. Ёгин келтирувчи кейинги синоптик жараён – Совуқ фронтдаги тўлқинли фаолият (7-тур)нинг давомийлиги 6 суткадан кўпроқ бўлиб, ой давомийлигининг 20,2% ни ташиқил этган. Бу икки жараёнлар биргаликда март ойи мобайнида қайд этилган ёгинларнинг Жонкелдида 65,5%, Мошиқудуқда 85,7%, Сирдарёда 72,8%, Дўстликда 76,8%, Тошкентда 81,2%, Ойгаингда 76,4%, Деновда 92,2%, Кўлда 86,6%, Наманганда 70,4% ҳамда Попда 62,4% қисмини таъминлаган. Атиги 2,5 сутка давом этган Жанубий Каспий ва Мурғоб циклонлари (1- ва 2-тур) ойлик ёгинлар миқдорининг 10-30% гача улушини олиб келган.

Калит сўзлар: ёгинлар, аномалия, атмосфера циркуляцияси, Ўрта Осиё, синоптик жараён, иқлимий давр, ГАТ, карта.

Кириш. Глобал иқлим ўзгариши даврида сайёрада ҳаво ҳароратининг кўтарилиши билан бир қаторда материкларнинг айрим минтақаларида муайян давр ораликларида аномал даражада кўп ёгинларнинг қайд этилиши тез-тез такрорланмоқда. Ноодатий кўп миқдордаги ёгинларнинг асосий сабабларидан бири бўлган атмосфера циркуляцияси ўзгаришларини таҳлил қилиш узок муддатли об-ҳаво прогнозларини ишлаб чиқишга асос бўлади.

Қозоғистонлик олимлар томонидан олиб борилган тадқиқотларнинг кўрсатишича, ҳозирги иқлимий даврда Ўрта Осиёда ғарбий (W) циркуляция шакли устуворлик қилмоқда [Сальников и др., 2011]. Рус олимларининг тадқиқотларида баҳор мавсумида, кейинчалик Ўрта Осиёга кириб келувчи ғарбий циркуляция шаклининг Қора денгиз минтақасида аномал гидрометеорологик жарёнларнинг такрорланувчанлигини ошираётгани таъкидланган [Баянкина и др., 2008]. Шарқий Европада содир бўлувчи

* Масъул муаллиф: b.xolmatjanov@nuu.uz, тел.: +998 99 878-51-27

аномал гидрометеорологик ҳодисаларнинг Шимолий Атлантика устида шаклланивчи термобарик майдонлар билан боғлиқлиги исботланган [Соскин, 1972].

Хитойлик олимлар томонидан Тинч океанида Эль-Ниньонинг икки тури фаоллашган даврларда Ўрта Осиёдаги мавсумий ёғингарчилик аномалиялари таҳлил қилинган. Ушбу тадқиқот ишида Глобал ёғингарчилик иқлимшунослик марказининг GPCC V2018 иқлимий модели маълумотларидан фойдаланилган. Эль-Ниньонинг биринчи турида (СТ – Cold Tongue) Ўрта Осиё текисликларининг жанубидан шимоли-шарқига томон ёғингарчиликнинг кичик ортиши аниқланган бўлса, иккинчи турида (WP – Warm Pool) йилнинг уч фаслида Помир ва Тяньшань тоғлиқларида ёғингарчиликнинг кўпайиш тамойили кўрсатиб берилган. Эль-Ниньонинг WP турида Ҳинд океанида шаклланган Уокер циркуляциясининг Ўрта Осиё синоптик жараёнлари турларига таъсири баҳоланган [Feng et al., 2022]. Хитойлик бошқа бир олимлар гуруҳи томонидан Ўрта Осиёда сўнгги 6 йил (2016-2021 йй.) давомида экстремал об-ҳаво ҳодисалари такрорланувчанлиги ва жадаллигининг ортаётгани аниқланган, ёзги экстремал ёғингарчилик (SEP – Summer Extreme Precipitation)нинг хусусиятлари ҳамда Ўрта Осиёдаги ҳаво массаларининг Тибет платосига таъсири баҳоланган [Wang et al., 2022].

Ўзбекистонда, нам ҳаво массаларининг кириб келиши, хусусан, ғарбий оқимлар натижасида жадал ёғин ҳодисаларининг йил ва мавсумлар бўйича такрорланувчанлиги Л.Е.Литвинова [Методическое ..., 1983], С.И.Инагамова [Инагамова, 1999] ва бошқаларнинг илмий ишларида тадқиқ этилган. Г.А.Мамаджанованинги илмий изланишлари Ўзбекистоннинг тоғли ҳудудларида сел ҳосил бўлишида Шарқий Атлантика тебранишининг таъсирини ўрганишга бағишланган [Mamadjanova et al., 2018; Mamadjanova, Leskebusch, 2022]. Ушбу тадқиқот ишларининг барчасида аномал ёғингарчилик ҳодисалари, хусусан, жадал ёғинлар такрорланувчанлигининг йиллар ва мавсумлар кесимида ўзгаришлари ўрганилган.

Ўзбекистонга асосий ёғинлар келтирувчи нам ҳаво оқимлари зонал циркуляция шакли ҳисобланган ҳавонинг ғарбий кириб келиши (10-тур) синоптик турига боғлиқ [Холматжанов, 2019]. Ўрта кенгликлар, айрим ҳолларда арктик ҳаво массаларининг Қора денгиз, Кавказ ва Каспий денгизи орқали Ўрта Осиёга ғарбдан меридионал совуқ фронт ортидан кириб келиши ҳавонинг ғарбий кириб келиши синоптик жараёни деб аталади. Ўрта Осиё мамлакатларига 10-турнинг йилнинг совуқ даврида кириб келиши одатда ҳаво ҳароратини меъёр кўрсаткичларидан бироз пасайтиради ва аксарият ҳолларда ёғингарчилик кузатилади [Инагамова и др., 2002].

Сўнгги 30 йиллик (1991-2020 йй.) иқлимий даврнинг баҳор мавсумида ғарбий зонал циркуляция шакллари ташкил этувчи Ўрта Осиё синоптик жараёнлари турларининг умумий такрорланувчанлиги 1961-1990 йй. иқлимий даврига нисбатан кескин ортган. Бироқ, бу гуруҳ таркибига кирувчи асосий ёғингарчиликлар келтирувчи 10-турнинг такрорланувчанлиги деярли ўзгаришсиз қолган [Холматжанов, Абдулахатов, 2022].

2022 йил март ойида Ўзбекистоннинг шимоли ва жанубидан ташқари аксарият ҳудудларида ёғинлар миқдори ойлик меъёрдан сезиларли даражада ортди. Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази (Ўзгидромет) ҳисоботларига биноан, март ойида ёғинлар миқдори меъёр кўрсаткичларидан 2-3 баробар, баъзи жойларда 3,5-4,5 баробар кўп бўлган. Тошкент, Бухоро, Жиззах, Сирдарё, Андижон, Фарғона, Наманган вилоятларининг айрим метеорология станцияларида жорий йилнинг март ойидаги ёғинлар йиғиндиси бутун метеорологик кузатувлар тарихида рекорд кўрсаткичларга эришди. Масалан, Тошкент шаҳрида 2022 йилнинг мартада 189,8 мм ёғингарчилик кузатилиб, 1969 йил март ойидаги рекорд (184,0 мм)ни янгилади. Ёғинларнинг давомийлиги ҳам аномал бўлди, ёмғир кўринишидаги ёғинлар 5 мартдан

18 мартгача деярли ҳар куни, кейинги саналарда эса қисқа танаффуслар билан қайд этилди [<http://hydromet.uz/ru/node/1640>].

Тадқиқот объекти ва предмети. Ўрта Осиё жанубий ва ўрта қисмида жойлашган Ўзбекистон Республикаси ҳудуди тадқиқот **объекти**, республиканинг катта қисмида 2022 йил март ойида қайд этилган ёғинлар аномалияси ва унга сабаб бўлган синоптик жараён турлари тадқиқот **предмети** ҳисобланади.

Бирламчи маълумотлар. Тадқиқот ишида 2022 йил март ойида Ўзгидрометнинг 71 та метеорология станцияларида кузатилган ойлик ёғинлар миқдори ва Гидрометеорологик таъминот бошқармаси Об-ҳаво прогнозлари бўлимида рўйхатга олинган Ўрта Осиё синоптик жараёнлари турларининг тақвим маълумотларидан фойдаланилди [Календарь ..., 1993, 2013]. Ёғинлар ГАТ карталарини яратишда Қозоғистоннинг Чимкент, Тараз, Орол, Оққудук, Сам, Қирғизистоннинг Жалолобод, Талас, Бишкек, Тожикистоннинг Душанбе, Туркменистоннинг Ербент, Туркманобод, Койтентоғ метеорология станцияларида қайд этилган маълумотлар жалб этилди. Мазкур карталар ArgGIS 10.8 дастури ёрдамида тузилди. Шунингдек, тадқиқотда Европа ўрта муддатли об-ҳаво прогнозлари маркази (ECMWF) Copernicus иқлим ўзгариши хизмати реанализ маълумотлари ҳамда АҚШ Океан ва атмосфера тадқиқотлари Миллий маркази (NOAA) Миллий экологик ахборот марказларининг реанализ маълумотлари ва Иқлим прогноз маркази (SAMS_OPI)нинг Евроосиё материгида март учун 500 гПа мутлак изобарик сирт геопотенциал баландлиги аномалияси карталаридан фойдаланилди.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқотни бажаришда гидрометеорологик маълумотларни статистик қайта ишлаш, қиёсий таҳлил, синоптик таҳлил ҳамда ГАТ карталаштириш усулларида фойдаланилди.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Ўзбекистон ва қўшни мамлакатларда жойлашган 83 та метеорология станцияларида 2022 йил мартда қайд этилган ёғин миқдорлари 1981-2010 йй. иқлимий даври кўп йиллик ўртача қийматлари билан қиёсланди (1-жадвал) ҳамда ушбу маълумотлар асосида ArgGIS дастури ёрдамида ойлик ёғинлар миқдори ва уларнинг иқлимий меъёр кўрсаткичларига нисбатан четланиш карталари тузилди (1- ва 2-расмлар).

Тадқиқот натижаларига кўра, Қорақалпоғистон Республикаси, Хоразм вилояти, Навоий вилоятининг шимоли-ғарбий, Қашқадарё вилоятининг жанубий ҳамда Сурхондарё вилоятининг жануби-ғарбий ҳудудларида ойлик ёғинлар миқдори 40 мм дан ортмаган (1-жадвал, 1-расм). Қизилқум марказидан шарққа томон ёғинлар аста-секин 240 мм гача ортиб борган. Энг кўп ёғинлар Тошкент вилоятида кузатилган бўлиб, Чимён, Қамчиқ, Дуқант ва Сўқоқ тоғ метеорология станцияларида ойлик ёғинлар миқдори 300 мм дан ортган. Фарғона водийсида ёғинлар жанубдан шимол ва шимоли-шарққа томон ортиб бориб, Қўрғонтепада ой давомидаги ёғинлар миқдори 153 мм ни ташкил этган.

Ўзбекистон ҳудудида кузатилган ёғинлар миқдорларининг таҳлили аксарият ҳудудларда улар 1981-2010 йй. базавий иқлимий давр меъёрларидан юқори бўлганини кўрсатди (1-жадвал, 2-расм). Масалан, меъёрга нисбатан Тошкент вилоятида 203-380%, Фарғона водийси марказий текислик ҳудудида (Наманган) – 458% гача, Жиззах вилоятида 191% дан (Бахмал) 245% гача (Лалмикор), Сирдарё вилоятида 357% гача (Сирдарё), Самарқанд ва Навоий вилоятларида 133% дан 237% гача, Қизилқумнинг ўрта ҳудудида 316% дан (Оёқоғитма) 450% гача (Жонгелди) кўп ёғинлар қайд этилган. Фақатгина жануби-шарқий Оролбўйи, Қизилқумнинг шарқий ва шимолий, Қашқадарё ва Сурхондарё вилоятларининг аксарият қисмларида ёғинлар меъёрдан кам бўлган. Мисол учун, Бўзаубайда кўп йиллик меъёрнинг 57%, Оқбайталда эса атиги 39% миқдорларида ёғинлар кузатилган.

1-жадвал

**Ўзбекистон ва қўшни мамлакатлар метеорология станциялари бўйича
ёгинлар маълумотлари**

Таблица 1

**Данные об осадках по метеорологическим станциям Узбекистана
и сопредельных стран**

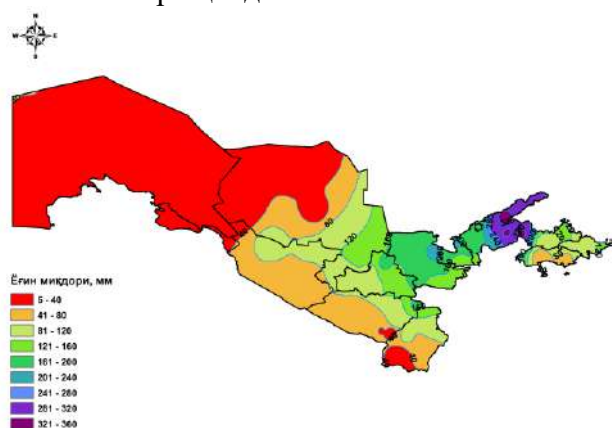
Table 1

Precipitation data from meteorological stations in Uzbekistan and neighboring countries

T/ p	Метеорология станцияси	Ёгинлар миқдори (2022 йил, март), мм	Икклимий мёёр (1981-2010 йй.), мм	Метёрга нисбатан %	T/ p	Метеорология станцияси	Ёгинлар миқдори (2022 йил, март), мм	Икклимий мёёр (1981-2010 йй.), мм	Метёрга нисбатан %
1	Тошкент	189,8	70,2	270,4	43	Ғаллаорол	172,8	65,7	263,0
2	Янгийўл	176,0	55,7	316,0	44	Лалмикор	183,7	75,0	244,9
3	Кўкорол	182,3	61,8	295,0	45	Янгикишлоқ	173,6	62,8	276,4
4	Далварзин	143,1	51,3	278,9	46	Бахмал	140,3	73,3	191,4
5	Бекобод	110,6	54,6	202,6	47	Сирдарё	201,9	56,5	357,3
6	Туябўғиз	194,5	67,7	287,3	48	Янгиер	128,6	55,4	232,1
7	Олмалик	228,1	79,8	285,8	49	Қарши	43,6	52,5	83,0
8	Сўкоқ	310,8	143,0	217,3	50	Ғузор	51,6	75,0	68,8
9	Ангрен	286,1	98,6	290,2	51	Шахрисабз	106,5	102,2	104,2
10	Дукант	332,1	133,1	249,5	52	Дехқонобод	39,4	70,0	56,3
11	Чимён	329,6	127,0	259,5	53	Оқрабат	29,4	82,6	35,6
12	Писком	317,7	109,7	289,6	54	Мингчукур	117,2	125,3	93,5
13	Ойгаинг	297,7	78,3	380,2	55	Кўл	163,1	112,2	145,4
14	Нукус	10,8	17,1	63,2	56	Термиз	38,4	36,4	105,5
15	Чимбой	11,8	20,3	58,1	57	Денов	102,0	75,0	136,0
16	Тахиятош	13,8	17,5	78,9	58	Шўрчи	48,0	67,0	71,6
17	Кўнғирот	5,1	20,3	25,1	59	Шеробод	24,0	49,2	48,8
18	Тахтақўпир	7,3	16,8	43,5	60	Бойсун	90,1	89,8	100,3
19	Жаслик	19,7	13,7	143,8	61	Андижон	102,5	34,0	301,5
20	Қорақалпоғистон	37,8	17,3	218,5	62	Кўрғонтепа	153,1	51,4	297,9
21	Мўйнок	16,0	22,9	69,9	63	Улуғнор	88,7	24,1	368,0
22	Урганч	13,8	18,5	74,6	64	Бўстон	97,8	26,6	367,7
23	Хива	7,9	15,2	52,0	65	Наманган	132,3	28,9	457,8
24	Туямўйин	23,3	18,9	123,3	66	Поп	107,4	26,0	413,1
25	Бухоро	61,9	29,5	209,8	67	Қамчиқ	323,5	90,4	357,9
26	Қорақўл	68,0	29,5	230,5	68	Фарғона	66	25,4	259,8
27	Оёқогитма	84,0	26,6	315,8	69	Кўкон	55	18,6	295,7
28	Жонгелди	89,5	19,9	449,7	70	Қува	99,7	28,3	352,3
29	Навой	96,8	40,9	236,7	71	Шоҳимардон	50,5	45,1	112,0
30	Нурога	141,2	48,6	290,5	72	Чимкент	232,7	79,3	293,4
31	Томди	30,4	20,0	152,0	73	Сам	45,4	17,6	258,0
32	Мошиқудук	98,7	30,8	320,5	74	Ербент	55,0	19,9	276,4
33	Оқбайтал	6,0	15,2	39,5	75	Койтентоғ	45,3	36,0	125,8
34	Бўзаубай	9,3	16,4	56,7	76	Жалолобод	84,1	61,3	137,2
35	Самарқанд	146,2	68,8	212,5	77	Тараз	132,2	38,7	341,6
36	Дағбит	146,9	70,8	207,5	78	Орол	34,7	15,7	221,0
37	Пайариқ	124,9	75,0	166,5	79	Оққудук	4,0	21,8	18,3
38	Пайшанба	112,8	57,9	194,8	80	Талас	36,3	35,1	103,4
39	Қўшрабат	173,1	75,9	228,1	81	Бишкек	78,6	52,1	150,9
40	Нуробод	104,2	78,6	132,6	82	Туркманобод	36,0	29,4	122,4
41	Жиззах	191,0	63,4	301,3	83	Душанбе	127,5	110,7	115,2
42	Дўстлик	207,0	54,5	379,8					

Олинган натижаларни мавжуд очик маълумотлар билан қиёсий таҳлил қилиш мақсадида Европа қисқа муддатли об-ҳаво прогнозлари маркази (ECMWF) Copernicus иқлим ўзгариши хизмати ҳамда АҚШ Океан ва атмосфера тадқиқотлари Миллий маркази (NOAA) Миллий экологик ахборот марказларининг реанализ маълумотлари (ERA5 ва GHCN-M)дан фойдаланилди (3-расм).

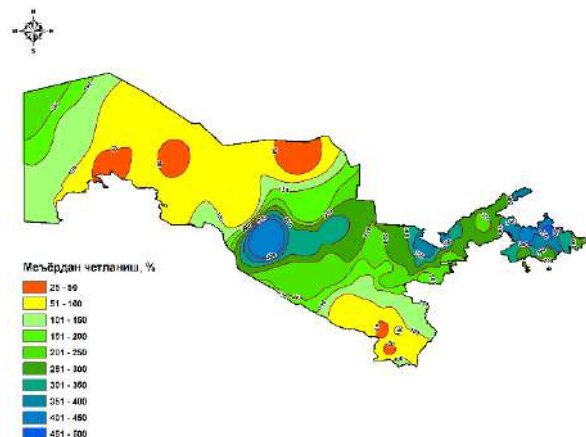
Карталарда келтирилган маълумотларга мувофиқ Ўзбекистоннинг жанубий ва шарқий тоғли ҳудудлари, Қирғизистон ва Тожикистонда ёғинларнинг сезиларли (+25 мм/сутка (3в- ва 3г-расмлар), +20 ÷ +60 мм/ой (3б-расм) ва меъёрга нисбатан 200% ва ундан ортиқ (3а-расм)), Ўзбекистоннинг Марказий Қизилқум ва Туркманистоннинг ўрта ҳудудида кучсиз (+3 мм/сутка (3в- ва 3г-расмлар), +80 мм/ой (3б-расм) ва меъёрга нисбатан 125 ÷ 200% (3а-расм)) мусбат аномалиялари, Ўзбекистоннинг ғарбий ҳамда Туркманистоннинг шимоли-ғарбий минтақаларида эса кучсиз (-3 мм/сутка (3в- ва 3г-расмлар), -20 мм/ой (3б-расм) ва меъёрга нисбатан 75% ва ундан кам (3а-расм)) манфий аномалиялари қайд этилган.



1-расм. Ўзбекистонда 2022 йил мартда ёғинлар тақсимооти, мм

Рис. 1. Распределение осадков в Узбекистане в марте 2022 г., мм

Fig. 1. Distribution of precipitation in Uzbekistan in March 2022, mm

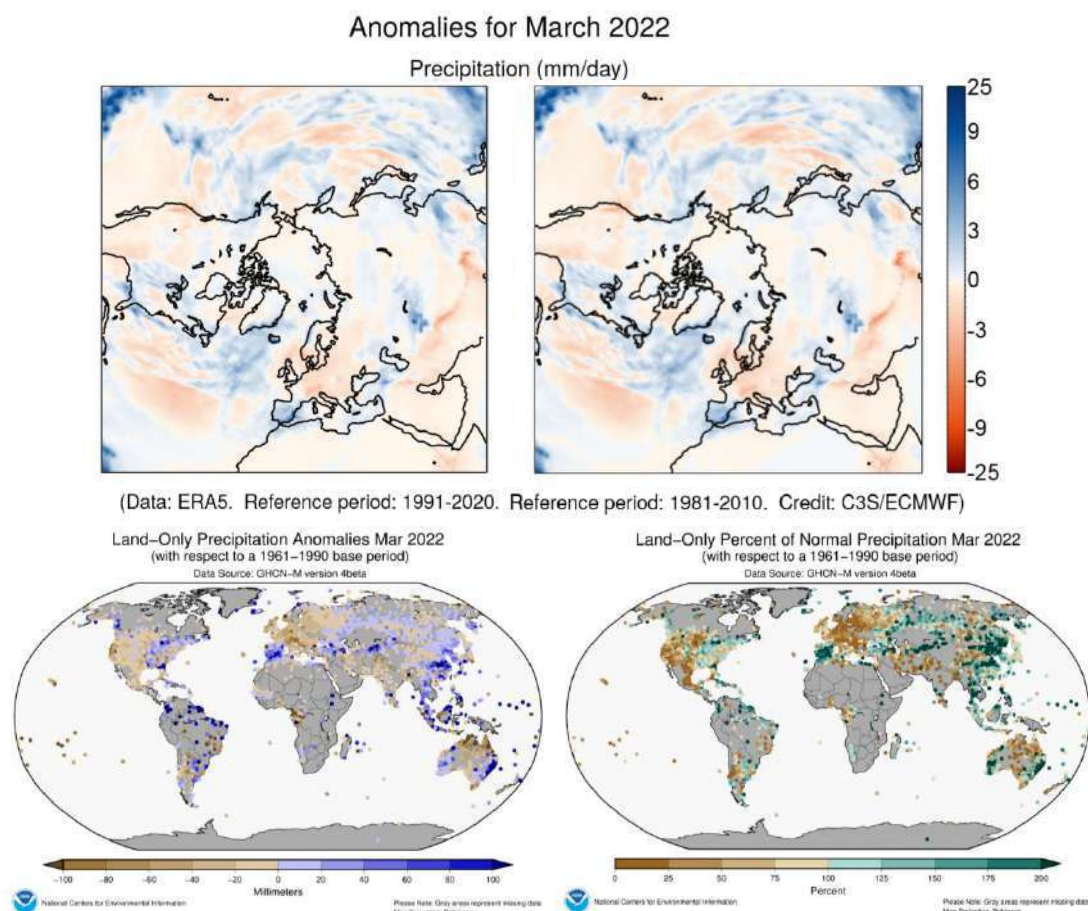


2-расм. Ўзбекистонда 2022 йил мартда қайд этилган ёғинлар миқдорининг 1981-2010 йй. базавий давр меъёрларига нисбатан аномалиялари, %

Рис. 2. Аномалии осадков в Узбекистане в марте 2022 г. относительно норм климатического периода 1981-2010 гг., %

Fig. 2. Precipitation anomaly in Uzbekistan in March 2022 with respect to a 1981-2010 base period, %

Ер усти кузатиш маълумотлари асосида Ўзбекистон ҳудудида 2022 йил март ойи давомида қайд этилган ёғинлар миқдорлари тақсимотини ECMWF ва NOAA маълумотлари билан қиёслаш, реанализ маълумотлари ҳодисанинг умумий тамойилларини акс эттирса-да, миқдор жиҳатидан сезиларли фарқларга эга эканлигини кўрсатди. Бундай фарқлар, мисол учун, Ўзбекистондаги Марказий Қизилқум ҳудудларида қайд этилиб, унинг қиймати ҳудудда жойлашган метеорология станциялари маълумотларига кўра 450% гача аномалияни кўрсатган бўлса, реанализ маълумотлари бўйича аномалия 125% ни ташкил этади.



3-расм. Ёгинлар миқдори аномалиялари, 2022 йил март

а) 1991-2020 йй., б) 1981-2010 йй. (ECMWF, мм/сутка),

[<https://climate.copernicus.eu/precipitation-relative-humidity-and-soil-moisture-march-2022>]

в) 1961-1990 йй., мм/ой, г) 1961-1990 йй., % (NOAA)

[<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/ghcn-gridded-products/>]

Рис. 3. Аномалии осадков, март 2022 г.

а) 1991-2020 гг., б) 1981-2010 гг. (ECMWF, мм/сутки),

[<https://climate.copernicus.eu/precipitation-relative-humidity-and-soil-moisture-march-2022>]

в) 1961-1990 гг., мм/месяц, г) 1961-1990 гг., % (NOAA)

[<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/ghcn-gridded-products/>]

Fig. 3. Precipitation anomalies, March 2022

a) 1991-2020, b) 1981-2010 (ECMWF, mm/day),

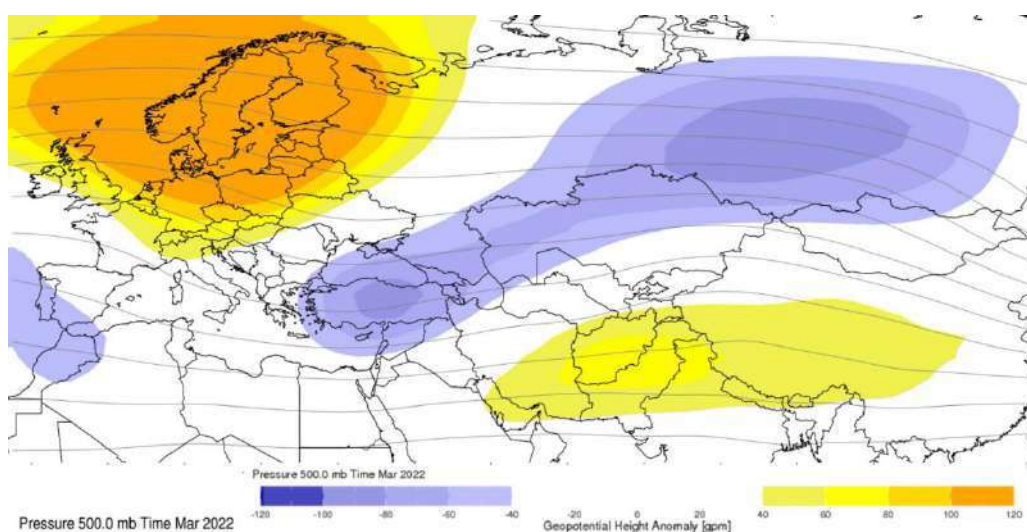
[<https://climate.copernicus.eu/precipitation-relative-humidity-and-soil-moisture-march-2022>]

c) 1961-1990, mm/month, d) 1961-1990, % (NOAA)

[<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/ghcn-gridded-products/>]

Маълумки, Ўрта Осиёда ёгинли об-ҳаво шароитларининг қайд этилиши ҳаво массаларининг намлик характеристикаларига боғлиқ бўлиб, уларнинг минтақага кириб келиши йирик масштаби атмосфера циркуляцияси билан белгиланади. Шу сабабли Ўзбекистон ҳудудида юқорида таҳлили келтирилган ёгинлар аномалияси шаклланишининг циркуляцион шароитлари таҳлил қилинди. NOAA SAMS_OPI нинг 2022 йил март учун Евроосиёда 500 гПа мутлақ изобарик сирт геопотенциал баландлиги аномалияси картаси ой давомида Скандинавия яриморали ҳамда Эрон, Афғонистон,

Покистон, Ҳиндистоннинг шимолий ҳудудлари ҳамда Хитой устида юқори босим, Туркия ҳудудларидан Сибирга томон жануби-ғарб – шимолий-шарқ йўналишида паст босим аномалияларининг устуворлик қилганини кўрсатди (4-расм). Март ойи давомида Скандинавиянинг шимоли, Россиянинг Европа ҳудуди, Ўртаер денгизи, Арабистон яримороти ва Эрон орқали Атлантика океани устида шаклланган нам ҳаво массаларининг Ўрта Осиёга кириб келишини таъминловчи юқори фронтал зона (ЮФЗ) барқарор сақланган. Бундай шароитда ЮФЗ нинг Ироқ ва Эрондан ўтувчи қисми остида, барик ботикликнинг олд томонида ер сиртида асосий тропосфера фронтида циклонлар шаклланиши учун термобарик шароитлар бажарилади ҳамда мазкур циклонларнинг меридионал йўналган совуқ фронтлари аксарият ҳолларда Ўрта Осиёга ғарбдан кириб келади.



4-расм. Евроосиё материгида 2022 йил мартда 500 гПа мутлак изобарик сирт геопотенциал баландлиги аномалияси [https://iridl.ldeo.columbia.edu/]

Рис. 4. Аномалия абсолютной геопотенциальной высоты изобарической поверхности 500 гПа над Евразией в марте 2022 г. [https://iridl.ldeo.columbia.edu/]

Fig. 4. Anomaly of the absolute geopotential height of the 500 hPa isobaric surface over Eurasia in March 2022 [https://iridl.ldeo.columbia.edu/]

Илмий адабиётда Ўрта Осиё синоптик жараёнларининг қуйидаги турлари ажратилади: 1 – Жанубий Каспий циклони, 2 – Мурғоб циклони, 3 – Юқори Амударё циклони, 4 – Илиқ ҳавонинг кенг кўламли чиқиши, 5 – Совуқ ҳавонинг шимолий-ғарбий кириб келиши, 6 – Совуқ ҳавонинг шимолдан кириб келиши, 7 – Совуқ фронтдаги тўлқинли фаолият, 8 – Ўрта Осиё устида кам ҳаракатли циклон, 9 – Антициклоннинг жануби-ғарбий чеккаси, 9а – Антициклоннинг жануби-шарқий чеккаси, 9б – Антициклоннинг жанубий чеккаси, 10 – Ҳавонинг ғарбдан кириб келиши, 11 – Ёзги термик депрессия, 12 – Кичик градиентли юқори босимли майдон, 13 – Кичик градиентли паст босимли майдон, 14 – Ғарбий циклон, 15 – Шўнғувчи циклон [Синоптические ..., 1957; Иногамова и др., 2002]. Мазкур жараён турлари Ўрта Осиё устида шаклланувчи Шимолий яримшар атмосфера циркуляция шаклларига мос равишда тўрт гуруҳга ажратилади [Холматжанов, 2019]. Таснифлашга мувофиқ Ўрта Осиё синоптик жараёнларининг 1-, 2-, 3- ва 4-турлари илиқ тур бўйича меридионал циркуляция шаклини (C_H), 5-, 6-, 7-, 8- ва 15-турлар совуқ тур бўйича меридионал циркуляция шаклини (C_C),

9-, 9а- ва 9б-турлар шарқий циркуляция шаклини (*E*), 10-, 11-, 12-, 13- ва 14-турлар ғарбий циркуляция шаклини (*W*) ташкил этади.

Жорий йилнинг март ойи учун Ўрта Осиё синоптик жараёнлари тақвимининг таҳлили минтақа устида бу даврда ғарбий циркуляция шаклининг устуворлик қилганини кўрсатди (2-жадвал). Ғарбий циркуляция шаклини ташкил этувчи синоптик жараёнларнинг такрорланувчанлиги кескин ортиб, 52,4% ни ташкил этган. Бу кўрсаткич 1961-1990 йй. ва 1991-2020 йй. базавий иқлимий даврлардаги меъёрлардан мос равишда 2,3 ва 1,3 марта кўп.

2-жадвал

Шимолий яримшар умумий атмосфера циркуляциясининг турли шаклларига мос Ўрта Осиё синоптик жараёнлари турларининг мартдаги такрорланувчанлиги, %

Таблица 2

Повторяемость типов синоптических процессов Средней Азии, соответствующих различным формам общей циркуляции атмосферы северного полушария в марте, %

Table 2

Recurrence of the Middle Asian synoptic processes types, corresponding to various forms of the general atmospheric circulation of the northern hemisphere in March, %

Ой	Давр, йй.	$C_{И}$	$C_{С}$	<i>E</i>	<i>W</i>
Март	1961-1990	23,8	23,2	30,6	22,4
	1991-2020	13,0	19,5	29,6	37,9
	2022	22,6	8,1	16,9	52,4

Изоҳ: $C_{И}$ – совуқ тур бўйича меридионал циркуляция (5-, 6-, 7-, 8-, 15-турлар), $C_{С}$ – илиқ тур бўйича меридионал циркуляция (1-, 2-, 3-, 4-турлар), *E* – шарқий циркуляция шакли (9-, 9а-, 9б-турлар), *W* – ғарбий циркуляция шакли (10-, 11-, 12-, 13-, 14-турлар).

Примечание: $C_{И}$ – меридиональная циркуляция по холодному типу (типы 5,6,7,8,15), $C_{С}$ – меридиональная циркуляция по теплomu типу (типы 1,2,3,4), *E* – восточная форма циркуляции (типы 9,9а,9б), *W* – западная форма циркуляции (типы 10,11,12,13,14).

Note: $C_{И}$ – meridional circulation according to the cold type (types 5,6,7,8,15), $C_{С}$ – meridional circulation according to the warm type (types 1,2,3,4), *E* – eastern form of circulation (types 9,9a, 9b), *W* – western form of circulation (types 10, 11, 12, 13, 14).

Ёғинлар аномалиясига сабаб бўлган синоптик жараёнларни аниқлаш мақсадида 1961-1990 йй. ва 1991-2020 йй. базавий иқлимий даврлари ҳамда 2022 йилнинг март ойлари учун Ўрта Осиёда синоптик жараён турларининг давомийликлари статистик баҳоланди (3-жадвал). 2022 йилнинг март ойи давомида ёғин келтирувчи асосий синоптик жараён – Ҳавонинг ғарбдан кириб келиши (10-тур)нинг давомийлиги энг катта бўлиб, ой давомида у деярли 11 суткани (ёки ой давомийлигининг 34,7%) ташкил этган. Бу даврда совуқ яримйилликда ёғин келтирувчи кейинги синоптик жараён – Совуқ фронтдаги тўлқинли фаолият (7-тур)нинг давомийлиги 6 суткадан кўпроқ бўлиб, ой давомийлигининг 20,2% ни ташкил этган. Таъкидлаш ўринлики, ўтиш мавсумларида катта миқдордаги ёғинларни келтирувчи жанубий циклонлар (Жанубий Каспий циклони – 1-тур ва Мурғоб циклони – 2-тур жараёнлари)нинг давомийликлари таҳлилда қўлланилаётган базавий иқлимий даврлар меъёрларидан сезиларли кичик бўлган. Муайян миқдордаги ёғинлар олиб келиши мумкин бўлган Совуқ ҳавонинг шимоли-ғарбий кириб келиши (5-тур) ва Совуқ ҳавонинг шимолдан кириб келиши (6-тур) синоптик жараёнлари умуман кузатилмаган. Шундай қилиб, йилнинг совуқ даврида ёғингарчиликлар билан ўтувчи 7- ва 10-тур синоптик жараёнлари Ўрта Осиёда жорий йилнинг март ойининг ярмидан кўпроқ вақт оралиғида асосий синоптик турлар бўлди.

3-жадвал

Турли даврларда Ўрта Осиё синоптик жараён турларининг мартдаги давомийлиги,
% (1 – 1961-1990 йй., 2 – 1991-2020 йй., 3 – 2022 й.)

Таблица 3

Продолжительность типов синоптических процессов Средней Азии в марте в
различные периоды, % (1 – 1961-1990 гг., 2 – 1991-2020 гг., 3 – 2022 г.)

Table 3

Duration of the Middle Asian synoptic processes types in March in different periods, %
(1 – 1961-1990, 2 – 1991-2020, 3 – 2022)

Давр	Синоптик жараён турлари																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9a	9б	10	11	12	13	14	15
1	12,2	8,4	0,9	1,6	5,5	1,4	7,6	9,2	16,7	2	11,9	14,5	0,0	5,5	1,8	0,6	0,0
2	10,8	7,6	0,8	0,2	2,5	1,5	6,1	2,9	18,4	1,3	10,0	14,2	0,0	14,7	8,4	0,7	0,0
3	4,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2	2,4	11,3	1,6	4,0	34,7	0,0	12,9	4,8	0,0	0,0

Ўрта Осиёда жорий йилнинг март ойида кузатилган синоптик жараён турлари ҳамда улар давомида қайд этилган ёғинлар миқдорлари таҳлил қилинди. Бунинг учун базавий иқлимий давр меъёрларидан кўп ойлик ёғинлар миқдори кузатилган 10 та метеорология станция маълумотлари жалб этилди (4-жадвал).

Жадвал маълумотларидан кўришиб турибдики, таҳлилга жалб қилинган барча станцияларда март ойидаги ёғинларнинг ярмидан ортиғи (Попда 51,9% дан Тошкентда 72,1% гача) 10-тур давомида қайд этилган. Ойгаинг, Кўл ва Денов станцияларида 7-тур давомида ёғинларнинг мос равишда 18,6, 19,6 ва 22,5% улуши кузатилган. Чўл станцияси бўлган Мошиқудукда бу синоптик жараён ёғинларнинг 31,4% ни таъминлаган. Таъкидлаш ўринлики, совуқ фронтдаги тўлқинли фаолият Ўзбекистоннинг фақат тоғолди ва тоғ минтақаларида ёғинлар берган. Мошиқудук бу вақтда бошқа синоптик жараён таъсири остида бўлган, синоптик жараёнлар тақвимида эса асосий тур сифатида айнан 7-тур қайд этилган. Март ойидаги ёғинлар аномалиясида, биргаликда атиги 2,5 сутка (ёки ой давомийлигининг 8,0%) давом этган жанубий циклонларнинг аҳамияти ҳам сезиларли бўлган. Республиканинг турли худудларида 1- ва 2-турлар ойлик ёғинлар миқдорининг 10-30% гача улушини олиб келган.

4-жадвал

Ўзбекистоннинг айрим метеорология станцияларида 2022 йил мартдаги ёғинлар
миқдорларининг Ўрта Осиё синоптик жараёнлари турлари бўйича тақсими, %

Таблица 4

Распределение сумм осадков на некоторых метеостанциях Узбекистана
в марте 2022 г. по типам синоптических процессов Средней Азии, %

Table 4

Distribution of precipitation at some meteorological stations of Uzbekistan
in March 2022 by Middle Asian synoptic processes types, %

Тур	Жонгелди	Мошиқудук	Сирдарё	Дўстлик	Тошкент	Ойгаинг	Денов	Кўл	Наманган	Поп
1	10,3	0,0	25,8	22,2	17,5	11,8	7,8	12,9	20,5	28,3
2	0,0	10,1	0,0	0,0	1,1	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	6,4	31,4	4,8	8,2	9,1	18,6	22,5	19,6	12,2	10,5
10	59,1	54,3	68,0	68,6	72,1	57,8	69,6	67,0	58,2	51,9

Хулосалар. Ўзбекистонда 2022 йил мартда кузатилган ёғинлар аномалияси 1981-2010 йй. базавий иқлимий даври меъёрларига нисбатан Тошкент вилоятида 203-380%, Фарғона водийси марказий текислик худудида (Наманган) – 458% гача, Жиззах

вилоятида 191% дан (Бахмал) 245% гача (Лалмикор), Сирдарё вилоятида 357% гача (Сирдарё), Самарқанд ва Навоий вилоятларида 133% дан 237% гача, Қизилқумнинг ўрта худудида 316% дан (Оёқоғитма) 450% гача (Жонгелди) ёғинлар миқдори билан тавсифланди. Фақатгина Жануби-шарқий Оролбўйи, Қизилқумнинг шарқий ва шимолий, Қашқадарё ва Сурхондарё вилоятларининг аксарият қисмларида ёғинлар меъёрдан кам бўлган.

Ер усти кузатиш маълумотлари асосида Ўзбекистон худудида 2022 йил март ойи давомида қайд этилган ёғинлар миқдорлари тақсимотини ECMWF ва NOAA маълумотлари билан қиёслаш, реанализ маълумотлари ҳодисанинг умумий тамойилларини акс эттирса-да, миқдор жиҳатидан сезиларли фарқларга эга эканлигини кўрсатди. Бундай фарқлар, мисол учун, Ўзбекистондаги Марказий Қизилқум худудларида қайд этилиб, унинг қиймати худудда жойлашган метеорология станциялари маълумотларига кўра 450% гача аномалияни кўрсатган бўлса, реанализ маълумотлари бўйича аномалия 125% ни ташкил этади.

2022 йил мартда Евроосиёда 500 гПа мутлақ изобарик сирт геопотенциал баландлиги аномалияси ой давомида Ироқ ва Эронда асосий тропосфера фронтида циклонлар шаклланиши учун қулай термобарик шароитларни таъминлаган. Натижада ёғин келтирувчи асосий синоптик жараён – Ҳавонинг ғарбдан кириб келиши (10-тур)нинг давомийлиги энг катта бўлиб, ой давомида у деярли 11 суткани (ёки ой давомийлигининг 34,7%) ташкил этган. Бу даврда совуқ яримйилликда ёғин келтирувчи кейинги синоптик жараён – Совуқ фронтдаги тўлқинли фаолият (7-тур)нинг давомийлиги 6 суткадан кўпроқ бўлиб, ой давомийлигининг 20,2% ни ташкил этган.

Тадқиқ этилган давр мобайнида ёғинларнинг ярмидан ортиғи (Попада 51,9% дан Тошкентда 72,1% гача) 10-тур давомида қайд этилган. Республиканинг турли худудларида 7-тур давомида ёғинларнинг 18,6 дан 31,4% гача улуши қайд этилган. Март ойи давомида атиги 2,5 сутка давом этган 1 ва 2-турлар ойлик ёғинлар миқдорининг 10-30% гача улушини олиб келган.

Миннатдорчиликлар. Мазкур тадқиқот Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтида амалга оширилаётган АЛ-47-тур21071175 “Биоиклимий шароитларни ҳисобга олган ҳолда туризм худудларида турпакетларни диверсификацияловчи ҳамда Ўзбекистон туристик салоҳиятини кўрсатувчи картографик модел ва унинг иловасини яратиш” ҳамда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетида бажарилаётган АЛ-5721122072 “Қишлоқ хўжалиги, сув ва энергия ресурсларини барқарор ривожлантириш учун ер усти кузатувлари ва геостационар метеорологик сунъий йўлдошлардан олинган куёш радиацияси маълумотларидан комплекс фойдаланиш” Ўзбекистон-Япония қўшма амалий лойиҳалари доирасида бажарилди.

Муаллифлар хиссаси. **Б.М. Холматжанов:** мақола ғояси, натижаларни текшириш, натижалар таҳлили, матнни ёзиш, мақолани расмийлаштириш, раҳбарлик. **Э.И. Абдулахатов:** методология, натижалар таҳлили, матнни ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Д.Ў. Ярашев:** маълумотларни қайта ишлаш, графикларни яратиш, ГАТ карталарини тузиш. **С.У. Бегматов:** маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш, натижалар таҳлили. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тайёрланган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилиklarини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Баянкина Т.М., Калинин Е.И., Сизов А.А., Чехлан А.Е. Аномалии осадков в регионе Черного моря, формирующиеся в годы с экстремальными значениями индекса САК // Морской гидрофизический журнал, №3. 2008. – С. 56-67.

Инагамова С.И., Мухтаров Т.М., Мухтаров Ш.Т. Особенности синоптических процессов Средней Азии. – Ташкент: САНИГМИ, 2002. – 486 с.

Иногамова С.И. Сильные осадки в Средней Азии. – Ташкент: САНИГМИ, 1999. – 249 с.

Календарь типов синоптических процессов над Средней Азией. Вып. 3. / Под ред. С.И. Инагамовой. – Ташкент: НИГМИ, 1993. – 56 с.

Календарь типов синоптических процессов над Средней Азией. Вып. 4. / Под ред. С.И. Иногамовой. – Ташкент: НИГМИ, 2013. – 82 с.

Методическое письмо: Сильные осадки по Узбекистану / сост. Л.Е Литвинова. – Ташкент: САНИИ, 1983. – 69 с.

Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е., Молдахметов М.М., Махмудова Л.К. Климатические колебания общей циркуляции атмосферы, осадков и речного стока над территорией Казахстана. 2011. Доступно в <https://articlekz.com/article/8558>

Синоптические процессы Средней Азии / Бугаев В.А., Джорджио В.А., Козик Е.М., Петросьянц М.А., Пшеничный А.Я., Романов Н.Н., Чернышева О.Н. / Под ред. Т.А. Сарымсакова, В.А. Бугаева, В.А. Джорджио, М.А. Петросьянца, О.Н. Чернышевой. – Ташкент: АН Уз, 1957. – 477 с.

Соскин И.М. Взаимосвязь между изменчивостью теплового состояния поверхностных вод Северной Атлантики и некоторыми показателями атмосферной циркуляции // – М.: Тр. ГОИН. 1972. – Вып. 11. – С. 3 – 43.

Ўзбекистон Республикаси станциялари бўйича ўртача кўп йиллик метеоэлементлар кийматлари (1981-2010 йй. даври учун). – Тошкент: Ўзгидромет, 2017. – 25 б.

Холматжанов Б.М. Региональная циркуляция атмосферы, особенности ее влияния на изменение климата Средней Азии и загрязнение воздуха в горных районах Узбекистана. Дисс. на соиск. уч. степ. докт. геогр. наук. – Ташкент, 2019. – 299 с.

Холматжанов Б.М., Абдулахатов Э.И. Изменение повторяемости синоптических процессов Средней Азии // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды, №1. 2022. – С. 33-44.

Feng F., Zhao Y., Huang A., Zhou X. Different Seasonal Precipitation Anomaly Patterns in Central Asia Associated with Two Types of El Niño During 1891–2016 // J Frontiers in Earth Science, 2022.10:1-16.

Wang H., J.Zhang., L.Chen., D.Li Relationship between summer extreme precipitation anomaly in Central Asia and surface sensible heat variation on the Central-Eastern Tibetan Plateau // J Climate Dynamics, 2022. 59: 685-700.

Mamadjanova G., Wild S., Walz M.A., Leckebusch G.C. The role of synoptic processes in mudflow formation in the piedmont areas of Uzbekistan // Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2018. 18:2893-2919.

Mamadjanova G., Leckebusch G.C. Assessment of mudflow risk in Uzbekistan using CMIP5 models // Weather and Climate Extremes, 2022. 35:1-23.

Электрон манбалар:

<http://hydromet.uz/ru/node/1640>

<https://iridl.ldeo.columbia.edu/>

<https://climate.copernicus.eu/precipitation-relative-humidity-and-soil-moisture-march-2022>

<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/ghcn-gridded-products/>

АНОМАЛИЯ ОСАДКОВ В УЗБЕКИСТАНЕ В МАРТЕ 2022 ГОДА

**Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,2}, Э.И. АБДУЛАХАТОВ², Д.У. ЯРАШЕВ²,
С.У. БЕГМАТОВ²**

¹ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, b.xolmatjanov@nuu.uz

² Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, erik_sen@mail.ru,
drxnyarashev@mail.ru, sardor0752@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривалась аномалия осадков, наблюдавшаяся в марте 2022 года, на основе данных 83 метеорологических станций, расположенных в Узбекистане и соседних странах. Результаты показали, что месячные количества осадков, зафиксированное на

некоторых станциях в Ташкентской, Бухарской, Джизакской, Сырдарьинской, Андижанской, Ферганской и Наманганской областях, оказались наиболее высокими за весь период наблюдений. Полученные результаты были сопоставлены с данными реанализов ведущих мировых центров прогнозов погоды, таких как Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) и Национальный центр исследований океана и атмосферы США (NOAA). Сравнительный анализ данных реанализа показал, что хотя эти данные отражают общие тенденции аномалии, с количественной точки зрения они существенно отличаются от результатов, полученных на основе данных наблюдений метеорологических станций.

Проанализированы циркуляционные условия аномалии осадков на территории Узбекистана. Карта аномалий геопотенциальной высоты абсолютной изобарической поверхности 500 гПа над Евразией за март 2022 года показала, что в течение исследуемого периода преобладало барическое поле, обеспечивающее проникновение влажных воздушных масс в Среднюю Азию, образовавшихся над Атлантическим океаном. В результате в течение месяца продолжительность основного синоптического процесса, приносящего осадки в Среднюю Азию – Западного вторжения (тип 10), была самой большой и составила почти 11 суток (или 34,7% от продолжительности месяца). Продолжительность следующего осадкообразующего синоптического процесса – Волновой деятельности на холодном фронте (тип 7), составила более 6 суток или 20,2% от продолжительности месяца. Совокупно эти два процесса обеспечили 65,5% осадков в Жангелди, 85,7% в Машикудуке, 72,8% в Сырдарье, 76,8% в Дустлике, 81,2% в Ташкенте, 76,4% в Ойгаинге, 92,2% в Денау, 86,6% в Куле, 70,4% в Намангане и 62,4% в Панае, зарегистрированных в марте. Южнокаспийский и Мургабский циклоны (тип 1 и 2), продолжались всего 2,5 суток и принесли 10-30% месячного количества осадков.

Ключевые слова: осадки, аномалия, циркуляция атмосферы, Средняя Азия, синоптический процесс, климатический период, ГИС, карта.

PRECIPITATION ANOMALY IN UZBEKISTAN IN MARCH 2022

B.M. KHOLMATJANOV^{1,2}, E.I. ABDULAKHATOV², D.U. YARASHEV²,
S.U. BEGMATOV²

¹ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, b.xolmatjanov@nuu.uz

² Hydrometeorological Research Institute, erik_sen@mail.ru, drxnyarashev@mail.ru, sardor0752@gmail.com

Abstract. The article considered the precipitation anomaly observed in March 2022, based on data from 83 meteorological stations located in Uzbekistan and neighboring countries. The results showed that the monthly amount of precipitation recorded at some stations in Tashkent, Bukhara, Djizak, Syrdarya, Andijan, Ferghana and Namangan regions turned out to be a record for the entire observation period. The results obtained were compared with reanalysis data from leading world weather forecast centers such as the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and the US National Oceanic and Atmospheric Research Center (NOAA). A comparative analysis of the reanalysis data showed that although these data reflect the general trends of the anomaly, from a quantitative point of view they differ significantly from the results obtained on the basis of observational data from meteorological stations.

The circulation conditions of the precipitation anomaly on the territory of Uzbekistan are analyzed. The map of anomalies of the geopotential height of the absolute isobaric surface of 500 hPa over Eurasia for March 2022 showed that during the study period, the baric field prevailed, ensuring the penetration of humid air masses into Middle Asia formed over the Atlantic Ocean. As a result, during the month, the duration of the main synoptic process that brings precipitation to Middle Asia – Western invasion (type 10) was the longest and amounted to almost 11 days (or 34.7% of the duration of the month). The duration of the next precipitation-forming synoptic process – Wave activity on the cold front (type 7), was more than 6 days or 20.2% of the duration of the month. Together, these two processes provided 65.5% of precipitation in Jangeldi, 85.7% in Mashikuduk, 72.8% in Syrdarya, 76.8% in Dustlik, 81.2% in Tashkent, 76.4% in Oygaing, 92.2 % in Denau, 86.6% in Kul, 70.4% in Namangan and 62.4%

in Pap, registered in March. The South Caspian and Murgab cyclones (types 1 and 2), which lasted only 2.5 days, brought 10-30% of the monthly precipitation.

Keywords: precipitation, anomaly, atmospheric circulation, Middle Asia, synoptic processes, climatic period, GIS, chart.

REFERENCES

Bayankina T.M., Kalinin E.I., Sizov A.A., Chekhlan A.E. Anomalii osadkov v regione Chernogo morya, formiruyushiesya v godi s ekstremalnimi znacheniyami indeksa SAK [Precipitation anomalies in the Black Sea region, formed in years with extreme values of the NAO index] // *Morskoy gidrofizicheskij jurnal*, № 3. 2008. – S. 56-67. (in Russian)

Inagamova S.I., Mukhtarov T.M., Mukhtarov Sh.T. Osobennosti sinopticheskikh protsessov Sredney Azii [Features of synoptic processes of Middle Asia]. – Tashkent: SANIGMI, 2002. – 486 s. (in Russian)

Inagamova S.I. Silniye osadki v Sredney Azii [Heavy precipitation in Central Asia]. – Tashkent: SANIGMI, 1999. – 249 s. (in Russian)

Kalendar tipov sinopticheskikh protsessov nad Sredney Aziey [Calendar of types of synoptic processes over Middle Asia]. Vyp. 3. / Pod red. S.I. Inagamovoy. – Tashkent: NIGMI, 1993. – 56 s. (in Russian)

Kalendar tipov sinopticheskikh protsessov nad Sredney Aziey [Calendar of types of synoptic processes over Middle Asia]. Vyp. 4. / Pod red. S.I. Inagamovoy. – Tashkent: NIGMI, 2013. – 82 s. (in Russian)

Metodicheskoye pismo: Silniye osadki po Uzbekistanu [Heavy precipitation in Uzbekistan] // sost. L.E. Litvinova. – Tashkent: SANII, 1983. – 69 s. (in Russian)

Salnikov V.G., Turulina G.K., Polyakova S.Ye., Moldakhmetov M.M., Makhmudova L.K. Klimaticheskoye usloviya obshey sirkulyatsii atmosfery, temperaturi i rechnogo stoka nad territoriyey Kazakhstana [Climatic fluctuations in the general circulation of the atmosphere, precipitation and river runoff over the territory of Kazakhstan]. 2011. Dostupno v <https://articlekz.com/article/8558> (in Russian)

Sinopticheskiye protsessy Sredney Azii [Synoptic processes of Middle Asia] / Bugayev V.A., Djordjio V.A., Kozik E.M., Petrosyants M.A., Pshenichnyy A.Ya., Romanov N.N., Chernysheva O.N. / Pod red. T.A. Sarymsakova, V.A. Bugayeva, V.A. Djordjio, M.A. Petrosyantsa, O.N. Chernyshevoy. – Tashkent: AN Uz, 1957. – 477 s. (in Russian)

Soskin I.M. Vzaimosvyaz mejdu izmenchivostyu teplovogo sostoyaniya poverhnostnih vod Severnoy Atlantiki i nekotorymi pokazatelyami atmosferynoy sirkulyatsii [Relationship between the variability of the thermal state of the surface waters of the North Atlantic and some indicators of atmospheric circulation] // – M.: Tr. GOIN. – 1972. – Vip. 11. – S. 3 – 43. (in Russian)

Uzbekiston Respublikasi stansiyalari buyicha urtacha kup yillik meteoelement qiymatlari (1981-2010 yy. davri uchun) [Average long-term meteorological element values for stations of the Republic of Uzbekistan (for the period 1981-2010)]. – Toshkent: Uzgidromet, 2017. – 25 b. (in Uzbek)

Xolmatjanov B.M. Regionalnaya sirkulyatsiya atmosfery, osobennosti yeyo vliyaniya na izmeneniye klimata Sredney Azii i zagryazneniye vozduxa v gornix rayonax Uzbekistana [Regional atmospheric circulation, peculiarities of its influence on climate change in Central Asia and air pollution in mountainous areas of Uzbekistan]. Diss. na soisk. uch. step. dokt. geogr. nauk. – Tashkent, 2019. – 299 s. (in Russian)

Xolmatjanov B.M., Abdulhatov E.I. Izmeneniye povtoryayemosti sinopticheskikh protsessov Sredney Azii [Changes of Middle Asian synoptic processes repeateness] // *Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredi*, №1. 2022. – S. 33-44. (in Russian)

Electronic resources:

<http://hydromet.uz/ru/node/1640>

<https://iridl.ldeo.columbia.edu/>

<https://climate.copernicus.eu/precipitation-relative-humidity-and-soil-moisture-march-2022>

<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/ghcn-gridded-products/>

ГИДРОЛОГИЯ / HYDROLOGY

УДК: 551.1:556.3(556.55)

**ЧИРЧИҚ ҲАВЗАСИ ДАРЁЛАРИ ОҚИМИ БИЛАН ИҚЛИМИЙ ОМИЛЛАР
ОРАСИДАГИ БОҒЛАНИШЛАРНИ СТАТИСТИК БАҲОЛАШ****Ф. ҲИКМАТОВ^{1*}, З.Ф. ХАКИМОВА¹, Д.М. ТУРГУНОВ²**

¹ Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, hikmatov_f@mail.ru,
zilola_khakimova@inbox.ru

² Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, turgunov1987@gmail.com

Аннотация. Мақола Чирчиқ ҳавзаси дарёлари оқими билан иқлимий омиллар орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш масалаларига бағишланган. Шу мақсадда дарёлар ўртача йиллик сув сарфлари билан иқлимий омиллар - атмосфера ёгинлари ва ҳаво ҳарорати орасидаги кўп ҳадли боғланишлар зичлиги объектив тенглаштириши ва нормаллаштириши усулида аниқланган. Уларнинг нормаллаштирилган регрессия тенгламалари олинган ҳамда ушбу тенгламаларга аргументларнинг қўшган ҳиссалари баҳоланган. Регрессия тенгламаларидан гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозлар амалиётида фойдаланиши тавсия этилган.

Калит сўзлар: дарё, сув сарфи, иқлимий омиллар, қишки ёгинлар, ёзги ёгинлар, ҳаво ҳарорати, корреляция коэффициентини, регрессия тенгламалари, аргументларнинг ҳиссалари.

Кириш. Ўрта Осиё тоғ дарёлари оқимининг ҳосил бўлишига иқлимий омиллар, хусусан, атмосфера ёгинлари ва ҳаво ҳароратининг таъсирини ўрганишга қаратилган дастлабки тадқиқотлар ўтган XX асрнинг бошларида Э.М.Ольдекоп томонидан амалга оширилган [Ольдекоп, 1918]. Шу йилларда мазкур муаммо билан жиддий шуғулланган тадқиқотчилар орасида Л.К.Давыдов алоҳида ўрин эгаллайди. У Ўрта Осиё дарёлари оқимининг йиллараро тебраниши, уларнинг қайси типга мансублигидан катъий назар, дарёлар ҳавзаларига ёққан ёгинлар миқдорига боғлиқ, деб таъкидлайди [Давыдов, 1929].

Гидрометеорологик нуқтаи назардан муҳим бўлган ушбу муаммони ўрганиш бўйича кейинчароқ В.Л.Щульц [Щульц, 1965], О.П.Щеглова [Щеглова, 1960] ва бошқалар томонидан бажарилган тадқиқотларда Л.К.Давыдовнинг илмий хулосалари ўз исботини топди.

Ўтган XX асрнинг 70-йилларида дарёлар оқимининг ҳосил бўлишига иқлимий омилларнинг таъсири масаласи М.Н.Большаков ва Е.В.Петряшовалар томонидан янада жиддийроқ ёндашув асосида кўриб чиқилди. Натижада улар Ғарбий Тяншан дарёларини учта гуруҳга, жумладан, дарёлар оқими миқдори: 1) атмосфера ёгинларига; 2) атмосфера ёгинлари билан ҳаво ҳароратининг биргаликдаги таъсирига; 3) ҳаво ҳароратининг ўзгариши билан боғлиқ бўлган дарёлар гуруҳларига ажратдилар [Большаков, 1974].

Юқорида баён этилганлардан кўриниб турибдики, мазкур мақолада кўриб чиқилаётган муаммо, яъни дарёлар оқимига иқлимий омиллар таъсири масаласи Чирчиқ ҳавзаси дарёлари мисолида батафсил кўриб чиқилмаган.

Ишнинг мақсади ва вазифалари. Мазкур тадқиқотнинг асосий мақсади Чирчиқ ҳавзаси дарёлари оқими билан иқлимий омиллар—атмосфера ёгинлари ва ҳаво ҳарорати орасидаги боғланишларни статистик баҳолашга қаратилган. Ушбу мақсадга мос равишда, Чирчиқ дарёси ҳавзасига тегишли бўлган, табиий гидрологик режимли дарёларни танлаб

* Масъул муаллиф: hikmatov_f@mail.ru, тел.: +998 93 514-06-52

олиш, уларда ўлчанган сув сарфлари ҳамда дарёлар ҳавзаларида жойлашган метеорологик станцияларда кузатишган атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳарорати ҳақидаги маълумотларни тўплаш, мақола мавзуи доирасида тегишли ҳисоблашларни амалга ошириш, ҳисоблашлар натижаларини таҳлил қилиш ҳамда улардан илмий-амалий хулосалар чиқариш асосий вазифалар сифатида белгиланди.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Мақоланинг мақсади ва вазифаларидан келиб чиққан ҳолда, **тадқиқот объекти** сифатида олинган Чирчиқ ҳавзасидаги 7 та дарё танлаб олинди. Уларнинг барчаси, юқорида қайд этилганидек, табиий гидрологик режимга эга бўлиб, Чирчиқ дарёсининг биринчи ва иккинчи тартибли ирмоқлари ҳисобланади (1-жадвал).

1-жадвал

Дарёларнинг асосий гидрологик кўрсаткичлари

Таблица 1

Основные гидрологические показатели рек

Table 1

Main hydrological indicators of rivers

Т.р.	Дарё – пост	F*, км ²	H**, м	Кузатишлар		Тўйиниш типи***
				йиллари	сони	
1	Чотқол – Худойдотсой	6580	2660	1965-1990	26	Қор сувлари
2	Писком – Муллала	2540	2740	1965-1990	26	Қор сувлари
3	Ойгаинг – қуйилиши	1010	3010	1961-1968 1970-1990	29	Қор-муз сувлари
4	Чиралма – қуйилиши	33,7	1790	1961-1968 1971-1990	28	Қор сувлари
5	Майдонтол – қуйилиши	471	3130	1961-1990	30	Қор-муз сувлари
6	Наволисой – Сижжак	471	1650	1964-1968 1974-1990	22	Қор-ёмғир сувлари
7	Угом – Хўжакент	103	2700	1961-1990	30	Қор сувлари

Изоҳ: F* – сув тўплаш (ҳавза) майдони; H** – ҳавзанинг ўртача баландлиги; *** – О.П.Щеглова таснифи бўйича.

Тадқиқотда белгиланган мақсадга эришиш учун Чирчиқ ҳавзаси дарёларида базавий иқлимий давр, яъни 1961-1990 йилларда кузатишган ўртача йиллик сув сарфлари ($Q_{\text{й}}$) билан Писком метеорологик станциясида қайд этилган қишки ($\sum X_{\text{к}}$) ва ёзги ($\sum X_{\text{ё}}$) атмосфера ёғинлари йиғиндилари ҳамда ёзги ҳаво ҳароратлари ($t_{\text{ё}}$) ҳақидаги маълумотлардан фойдаландик. Таъкидлаш лозимки, қишки ёғинлар йиғиндиси ($\sum X_{\text{к}}$) октябрь-март, ёзги ёғинлар йиғиндиси ($\sum X_{\text{ё}}$) эса апрель-сентябрь ойларини камраб олади. Ўртача ёзги ҳаво ҳароратлари ($t_{\text{ё}}$) ни ҳисоблашда уларнинг апрель-сентябрь ойлари маълумотлари асос бўлди.

Бирламчи гидрометеорологик маълумотлар, айниқса, сув сарфлари қаторлари таҳлил қилинганда, уларда узилишлар мавжудлиги аниқланди. Масалан, юқорида келтирилган 1-жадвалдаги маълумотлардан кўриниб турибдики, Чотқол (Худойдотсой) ва Писком (Муллала) дарёларида кузатишлар 1965 йилдан бошланган. Мазкур дарёларда аввалги йилларда кузатишлар олиб борилган гидрологик постлар Чарвоқ сув омбори таъсирига тушиб қолган. Шунингдек, Ойгаинг (қуйилиши), Новалисой (Сижжак) ва Чиралма (қуйилиши) дарёларидаги узилишлар эса 1969 йилдаги кўп сувлилик билан боғлиқдир. Аниқроғи, мазкур дарёлардаги гидрологик постлар шу йилнинг тўлинсув давридаги максимал сув сарфлари таъсирида ишдан чиққан.

Юқорида қайд этилган узилишларни тиклаш учун, ишда танлаб олинган дарёлар

ўртача йиллик сув сарфлари орасидаги боғланишлар статистик баҳоланди. Шу мақсадда ўртача йиллик сув сарфларидан иборат бўлган гидрологик қаторларнинг жуфт корреляция коэффициентлари ҳисобланди (2-жадвал).

2-жадвал

Дарёлар ўртача йиллик сув сарфлари боғланишларининг жуфт корреляция коэффициентлари

Таблица 2

Парные коэффициенты корреляции связей между средними годовыми расходами ВОДЫ

Table 2

Pair correlation coefficients of relationships between average annual water discharges

Т.р.	Дарё – пост	1	2	3	4	5	6	7
1	Чотқол – Худойдотсой	1	0,947	0,898	0,872	0,830	0,806	0,919
2	Писком – Муллала		1	0,893	0,884	0,842	0,742	0,926
3	Ойгаинг – қуйилиши			1	0,941	0,929	0,787	0,781
4	Чиралма – қуйилиши				1	0,908	0,835	0,854
5	Майдонтол – қуйилиши					1	0,780	0,768
6	Наволисой – Сижжак						1	0,883
7	Угом – Хўжакент							1

Изоҳ: 1. Чотқол–Худойдотсой; 2. Писком–Муллала; 3. Ойгаинг–қуйилиши; 4. Чиралма–қуйилиши; 5. Майдонтол–қуйилиши; 6. Наволисой–Сижжак; 7. Угом – Хўжакент.

Стандарт дастурлар асосида, компьютерда амалга оширилган ҳисоблашлар натижасида аниқланган жуфт корреляция коэффициентларининг қийматлари $r=0,742\pm 0,059$ ва $r=0,947\pm 0,014$ ораликда ўзгарди. Кўриниб турибдики, бу қийматлар гидрологик ҳисоблашларда фойдаланиш учун тавсия этиладиган боғланишлар аниқлигига қўйиладиган талабларга тўла мос келади.

Юқоридаги ижобий натижани инобатга олган ҳолда, ҳар бир жуфтликни регрессия тенгламалари тузилди (3-жадвал). Ушбу тенгламалар ёрдамида ўртача йиллик сув сарфларида мавжуд бўлган узилишлар тикланди. Натижада, ўрганилаётган барча дарёлар учун уларнинг ўртача йиллик сув сарфлари билан иқлимий омиллар орасидаги боғланишларни бир хил ҳисоб даври, яъни 1961-1990 йилларни қамраб олган биринчи иқлимий давр учун бажариш имконияти яратилди.

Тадқиқотда ҳар бир дарё учун $Q_{\text{й}}=f(X_{\text{к}}, X_{\text{ё}}, t_{\text{ё}})$ кўринишдаги кўп ҳадли боғланишларни статистик баҳолашга алоҳида эътибор қаратилди. Ушбу ифодада: $Q_{\text{й}}$ – дарёларда ўлчанган ўртача йиллик сув сарфлари; $X_{\text{к}}$ – қишки ёғинлар; $X_{\text{ё}}$ – ёзги ёғинлар; $t_{\text{ё}}$ – ёзги ҳаво ҳароратини ифодалайди. Шу мақсадда ўрганилаётган дарёлардаги гидрологик постларда ўлчанган ўртача йиллик сув сарфлари ($Q_{\text{й}}$) билан қишки ($X_{\text{к}}$) ва ёзги ($X_{\text{ё}}$) ёғинлар ҳамда ёзги ҳаво ҳарорати ($t_{\text{ё}}$) орасидаги кўпҳадли боғланишлар статистик баҳоланди.

Танлаб олинган гидрометеорологик ўзгарувчилар ($Q_{\text{й}}, X_{\text{ё}}, X_{\text{к}}, t_{\text{ё}}$) орасидаги кўп ҳадли боғланишларни статистик баҳолаш мақсадидаги ҳисоблашлар Г.А.Алексеев [Алексеев, 1971] томонидан таклиф этилган объектив тенглаштириш ва нормаллаштириш усулини қўллаш асосида амалга оширилди. Мазкур усулдан фойдаланган ҳолда, гидрометеорологик ўзгарувчилар орасидаги боғланишлар зичлигини ифодалайдиган жуфт ($r_{01}, r_{02}, r_{03}, r_{12}, r_{13}, r_{23}$) ва тўлиқ (r_0) корреляция коэффициентлари ҳисобланди (4-жадвал).

3-жадвал

Дарёлар жуфтлигининг регрессия тенгламалари ва уларнинг аниқлиги

Таблица 3

Уравнения регрессии для попарных рек и их точность

Table 3

Regression Equations for Paired Rivers and Their Accuracy

Т.р.	Дарёлар жуфтлиги	Регрессия тенгламалари	$r \pm \sigma_r$
1	Чотқол – Писком	$Q_{\text{ч}}=0,4906 \cdot Q_{\text{п}}+27,722$	$0,947 \pm 0,014$
2	Чотқол – Ойгаинг	$Q_{\text{ч}}=0,1987 \cdot Q_{\text{о}}+8,1049$	$0,898 \pm 0,026$
3	Чотқол – Чиралма	$Q_{\text{ч}}=0,0247 \cdot Q_{\text{ч}}+0,2484$	$0,872 \pm 0,032$
4	Чотқол – Майдонтол	$Q_{\text{ч}}=0,0731 \cdot Q_{\text{м}}+10,413$	$0,830 \pm 0,041$
5	Чотқол – Наволисой	$Q_{\text{ч}}=0,0229 \cdot Q_{\text{н}}+0,6684$	$0,806 \pm 0,066$
6	Чотқол – Угом	$Q_{\text{ч}}=0,1662 \cdot Q_{\text{у}}+4,6989$	$0,919 \pm 0,020$
7	Писком – Ойгаинг	$Q_{\text{п}}=0,3389 \cdot Q_{\text{о}}+1,7844$	$0,893 \pm 0,0269$
8	Писком – Чиралма	$Q_{\text{п}}=0,0432 \cdot Q_{\text{ч}}-0,6082$	$0,884 \pm 0,0429$
9	Писком – Майдонтол	$Q_{\text{п}}=0,1431 \cdot Q_{\text{м}}+6,7509$	$0,842 \pm 0,057$
10	Писком – Наволисой	$Q_{\text{п}}=0,0372 \cdot Q_{\text{н}}+0,1141$	$0,742 \pm 0,059$
11	Писком – Угом	$Q_{\text{п}}=0,3237 \cdot Q_{\text{у}}-3,5011$	$0,926 \pm 0,019$
12	Ойгаинг – Чиралма	$Q_{\text{п}}=0,1295 \cdot Q_{\text{ч}}-0,9428$	$0,941 \pm 0,014$
13	Ойгаинг – Майдонтол	$Q_{\text{п}}=0,5203 \cdot Q_{\text{м}}+3,2317$	$0,929 \pm 0,025$
14	Ойгаинг – Наволисой	$Q_{\text{п}}=0,1051 \cdot Q_{\text{н}}+0,0433$	$0,787 \pm 0,048$
15	Ойгаинг – Угом	$Q_{\text{п}}=0,7142 \cdot Q_{\text{у}}+1,4341$	$0,781 \pm 0,049$
16	Чиралма – Майдонтол	$Q_{\text{п}}=0,8237 \cdot Q_{\text{м}}+7,8551$	$0,908 \pm 0,022$
17	Чиралма – Наволисой	$Q_{\text{п}}=0,8524 \cdot Q_{\text{н}}+0,6626$	$0,835 \pm 0,039$
18	Чиралма – Угом	$Q_{\text{п}}=5,6846 \cdot Q_{\text{у}}+6,2229$	$0,854 \pm 0,035$
19	Майдонтол – Наволисой	$Q_{\text{п}}=0,1988 \cdot Q_{\text{н}}-0,5481$	$0,780 \pm 0,023$
20	Майдонтол – Угом	$Q_{\text{п}}=1,5358 \cdot Q_{\text{у}}-5,4432$	$0,768 \pm 0,023$
21	Наволисой – Угом	$Q_{\text{п}}=5,8446 \cdot Q_{\text{у}}+4,0184$	$0,883 \pm 0,032$

Изоҳ: $r \pm \sigma_r$ - корреляция коэффицентлари ва унинг хатолиги.

4-жадвал

Гидрометеорологик ўзгарувчилар орасидаги боғланишлар зичлигини
ифодалайдиган жуфт ва тўлиқ корреляция коэффицентлари

Таблица 4

Парные и полные коэффициенты корреляции, выражающие тесноту связей между
гидрометеорологическими величинами

Table 4

Pairwise and total correlation coefficients expressing the density of relationships
between hydrometeorological quantities

Т.р.	Дарё – пост	Жуфт корреляция коэффицентлари					
		r_{01}	r_{02}	r_{03}	r_{12}	r_{13}	r_{23}
1	Чотқол – Худойдотсой	0,717	0,443	-0,325	0,380	-0,335	-0,749
2	Писком – Муллала	0,862	0,545	-0,370	0,380	-0,335	-0,749
3	Ойгаинг – куйилиши	0,744	0,440	-0,151	0,380	-0,335	-0,749
4	Чиралма – куйилиши	0,733	0,517	-0,08	0,253	-0,117	-0,556
5	Майдонтол – куйилиши	0,800	0,489	-0,292	0,380	-0,335	-0,749
6	Наволисой – Сижжак	0,744	0,640	-0,439	0,380	-0,335	-0,749
7	Угом – Хўжакент	0,834	0,666	-0,492	0,380	-0,335	-0,749

Тадқиқотнинг кейинги босқичида жуфт корреляция коэффициентларининг ҳисобланган қийматлари асосида регрессия коэффициентлари (α_{01} , α_{02} , α_{03}) ҳисобланди. Бунинг учун жуфт корреляция коэффициентлари ва номаълум бўлган регрессия коэффициентларидан ташкил топган чизикли тенгламалар системаси тузилди:

$$\begin{cases} \alpha_{01} + r_{12} \cdot \alpha_{02} + r_{13} \cdot \alpha_{03} = r_{01} \\ r_{12} + \alpha_{01} \cdot \alpha_{02} + r_{23} \cdot \alpha_{03} = r_{02} \\ r_{13} + \alpha_{01} \cdot r_{23} + \alpha_{02} \cdot \alpha_{03} = r_{03} \end{cases}$$

Юқоридаги чизикли тенгламалардан иборат бўлган системанинг бош (Δ_{00}) ва ёрдамчи (Δ_{0i}) детерминантлари Крамер усулида ҳисобланди:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 \cdot r_{12} \cdot r_{13} \\ r_{12} \cdot 1 \cdot r_{23} \\ r_{13} \cdot r_{23} \cdot 1 \end{vmatrix}; \quad \Delta_{01} = \begin{vmatrix} r_{01} \cdot r_{12} \cdot r_{13} \\ r_{02} \cdot 1 \cdot r_{23} \\ r_{03} \cdot r_{23} \cdot 1 \end{vmatrix}; \quad \Delta_{02} = \begin{vmatrix} 1 \cdot r_{01} \cdot r_{13} \\ r_{12} \cdot r_{02} \cdot r_{23} \\ r_{13} \cdot r_{03} \cdot 1 \end{vmatrix}; \quad \Delta_{03} = \begin{vmatrix} 1 \cdot r_{12} \cdot r_{13} \\ r_{21} \cdot 1 \cdot r_{02} \\ r_{31} \cdot r_{32} \cdot r_{03} \end{vmatrix}.$$

Бош ва ёрдамчи детерминантларни ҳисоблашлар натижалари асосида номаълум бўлган регрессия коэффициентлари (α_{01} , α_{02} , α_{03}) қуйидаги ифода ёрдамида аниқланди:

$$\alpha_{01} = \frac{\Delta_{01}}{\Delta}; \quad \alpha_{02} = \frac{\Delta_{02}}{\Delta}; \quad \alpha_{03} = \frac{\Delta_{03}}{\Delta}.$$

Тўйиниш манбалари бўйича турли типларга мансуб бўлган дарёлар учун ҳисобланган регрессия коэффициентлари қийматларининг ўзгариш оралиқлари: $\alpha_{01}=0,636 \pm 0,775$; $\alpha_{02}=0,242 \pm 0,400$ ва $\alpha_{03}=0,090 \pm 0,448$ ни ташкил этади (5-жадвал).

5-жадвал

Бош ва ёрдамчи детерминантлар ҳамда регрессия коэффициентлари

Таблица 5

Основные и вспомогательные детерминанты и коэффициенты регрессии

Table 5

Main and auxiliary determinants and regression coefficients

Т.р.	Дарё – пост	Бош ва ёрдамчи детерминантлар				Регрессия коэффициентлари		
		Δ	Δ_{01}	Δ_{02}	Δ_{03}	α_{01}	α_{02}	α_{03}
1	Чотқол – Худойдотсой	0,373	0,241	0,100	0,033	0,647	0,256	0,090
2	Писком – Муллала	0,373	0,289	0,143	0,066	0,775	0,383	0,177
3	Ойгаинг – қуйилиши	0,373	0,262	0,201	0,182	0,709	0,539	0,448
4	Чиралма – қуйилиши	0,646	0,411	0,330	0,179	0,636	0,510	0,277
5	Майдонтол – қуйилиши	0,373	0,273	0,149	0,094	0,733	0,400	0,253
6	Наволисой – Сижжак	0,373	0,222	0,199	0,060	0,684	0,242	0,094
7	Угом – Хўжакент	0,373	0,255	0,178	0,035	0,684	0,242	0,094

Уқорида қайд этилган чизиқли тенгламалардан иборат бўлган системадаги номаълум регрессия коэффициентлари аниқлангач, улар асосида нормаллаштирилган регрессия тенгламалари тузилди (6-жадвал).

6-жадвал

Нормаллаштирилган регрессия тенгламалари ва уларнинг аниқлиги

Таблица 6

Нормализованные уравнения регрессии и их точность

Table 6

Normalized regression equations and their accuracy

Т.р.	Дарёлар	Нормаллаштирилган регрессия тенгламалари	$r_0 \pm \sigma_{r_0}$
1	Чотқол	$U_0(Q)=0,647 \cdot U_1(X_K)+0,265 \cdot U_2(X_E)+0,090 \cdot U_3(t_E)$	$0,781 \pm 0,075$
2	Писком	$U_0(Q)=0,775 \cdot U_1(X_K)+0,383 \cdot U_2(X_E)+0,177 \cdot U_3(t_E)$	$0,970 \pm 0,011$
3	Ойгаинг	$U_0(Q)=0,709 \cdot U_1(X_K)+0,539 \cdot U_2(X_E)+0,488 \cdot U_3(t_E)$	$0,798 \pm 0,070$
4	Чиралма	$U_0(Q)=0,636 \cdot U_1(X_K)+0,510 \cdot U_2(X_E)+0,277 \cdot U_3(t_E)$	$0,967 \pm 0,010$
5	Майдонтол	$U_0(Q)=0,733 \cdot U_1(X_K)+0,400 \cdot U_2(X_E)+0,253 \cdot U_3(t_E)$	$0,925 \pm 0,028$
6	Наволисой	$U_0(Q)=0,595 \cdot U_1(X_K)+0,534 \cdot U_2(X_E)+0,161 \cdot U_3(t_E)$	$0,924 \pm 0,103$
7	Угом	$U_0(Q)=0,684 \cdot U_1(X_K)+0,242 \cdot U_2(X_E)+0,094 \cdot U_3(t_E)$	$0,881 \pm 0,042$

Ўрганилаётган ҳар бир дарё учун олинган нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига гидрометеорологик элементлар, аниқроғи, функцияга ҳар бир аргументнинг қўшган ҳиссаси аниқланди. Биз кўриб чиқаётган ҳолатда дарёлар ўртача йиллик сув сарфларининг нормаллаштирилган қийматлари $[U_0(Q)]$ функция вазифасини ўтаса, қишки ёғинлар $[U_0(X_K)]$, ёзги ёғинлар $[U_0(X_E)]$ ва ёзги ҳаво ҳароратининг нормаллаштирилган қийматлари эса унинг аргументларидир. Ҳисоблашлар Г.А.Алексеев [Алексеев, 1971] таклиф этган ифодалар ёрдамида бажарилди (7-жадвал).

7-жадвал

Аргументларнинг нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига қўшган ҳиссалари

Таблица 7

Вклад аргументов в уравнения нормализованной регрессии

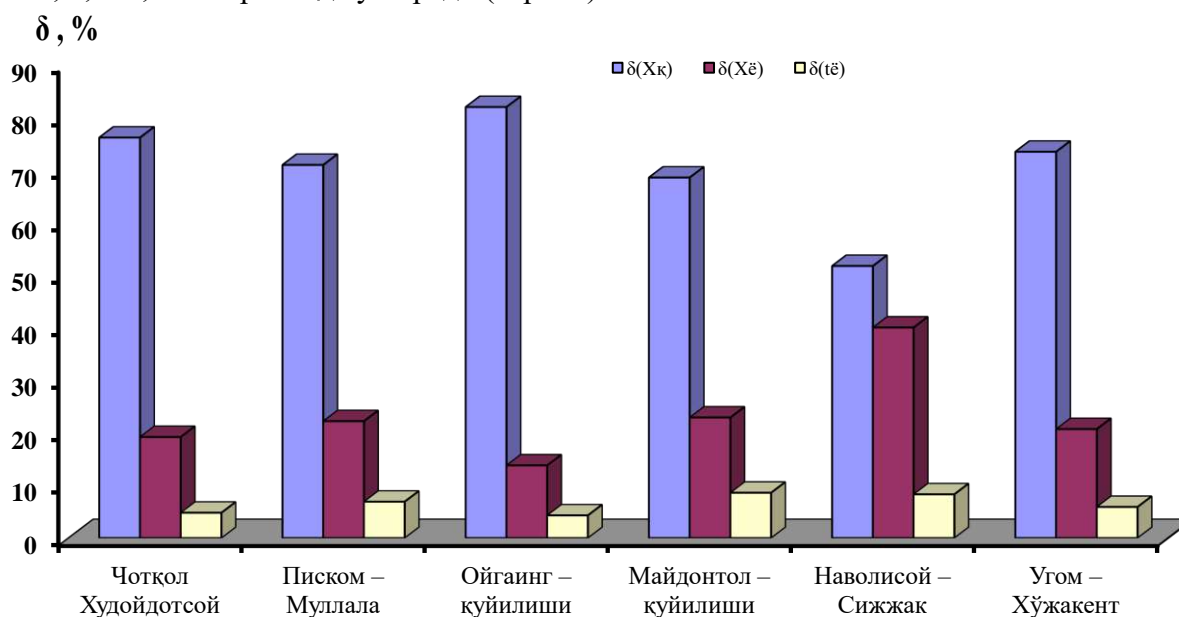
Table 7

Contribution of arguments to the normalized regression equation

Т.р.	Дарё – пост	Қишки ёғинлар ҳиссаси, $\delta(X_K)$	Ёзги ёғинлар ҳиссаси, $\delta(X_E)$	Ҳароратнинг ҳиссаси, $\delta(t_E)$
1	Чотқол – Худойдотсой д.к.	76,1	19,2	4,8
2	Писком – Муллала қ.	70,9	22,2	6,9
3	Ойгаинг – куйилиши	81,9	13,8	4,3
4	Чиралма – куйилиши	46,8	28,1	2,3
5	Майдонтол – куйилиши	68,5	22,9	8,6
6	Наволисой – Сижжак қ.	51,7	40,0	8,3
7	Угом – Хўжакент қ.	73,4	20,7	5,9

Бажарилган ҳисоблашлар натижалари таҳлилларига кўра, тадқиқотимизда ўрганилган дарёлар йиллик оқимининг ҳосил бўлишига метеорологик омиллар қўшган ҳиссаларининг турлича эканлиги аниқланди. Жумладан, қор кўринишида ёғадиган қишки ёғинларнинг ҳиссалари $[\delta(X_K)]$ турли дарёларда 51,7÷81,9 % ораликда ўзгаради. Асосан ёмғир шаклидаги ёзги ёғинларнинг ҳиссалари $[\delta(X_E)]$ эса, нисбатан кичик бўлиб,

13,8÷40 % оралиқни ташкил этади. Дарёларнинг тўйинишида эриган муз сувларининг улушини ифодалайдиган ҳаво ҳароратининг ҳиссалари $[\delta(t_{\varepsilon})]$ энг кичик қийматларда бўлиб, 2,3÷8,64 % оралиқда ўзгаради (1-расм).



1-расм. Дарёлар оқимининг ҳосил бўлишига метеорологик омилларнинг қўшган ҳиссалари

Рис. 1. Вклад метеорологических факторов в формирование стока рек

Fig. 1. Contribution of meteorological factors to the formation of river stock

Демак, Чирчиқ ҳавзаси дарёлари йиллик оқимининг ҳосил бўлишида қишки (X_{κ}) ёғинларнинг ҳиссалари устувор аҳамиятга эга. Бу жараёнда ёзги (X_{ε}) атмосфера ёғинларининг ҳамда ёзги ҳаво ҳарорати (t_{ε}) нинг улушлари эса нисбатан кичикдир. Ушбу натижалар В.Л.Щульц [Щульц, 1965] ва О.П.Щеглова [Щеглова, 1960] ларнинг классик ёндашувлари асосида ишлаб чиққан таснифларининг нақадар ишончли эканлигини яна бир бор тасдиқлайди.

Бажарилган тадқиқот натижалари асосида **хулоса** қилиб, қуйидагиларни қайд этиш мумкин.

1. Чирчиқ ҳавзасидаги еттита дарё калит тадқиқот объекти сифатида танлаб олинди. Мазкур дарёлардаги гидрологик постларда кузатилган сув сарфлари маълумотлари таҳлил қилиниб, улардаги узилишлар аналог дарёлар ёрдамида тикланди. Шу мақсадда қўлланилган регрессия тенгламаларининг аниқлиги $r=0,742\pm 0,059$ ва $r=0,947\pm 0,014$ оралиқда ўзгарадиган жуфт корреляция коэффициентлари билан ифодаланади.

2. Дарёлардаги гидрологик постларда ўлчанган ўртача йиллик сув сарфлари ($Q_{\text{й}}$) билан қишки (X_{κ}) ва ёзги (X_{ε}) ёғинлар ҳамда ёзги ҳаво ҳарорати (t_{ε}) орасидаги кўп ҳадли боғланишлар Г.А.Алексеев усулида статистик баҳоланди. Натижада, ҳар бир дарё учун нормаллаштирилган регрессия тенгламалари тузилди. Ушбу тенгламаларнинг аниқлиги юқори бўлиб, $r_0=0,781\pm 0,075$ ва $r_0=0,970\pm 0,011$ оралиқда ўзгарадиган тўлиқ корреляция коэффициентлари билан ифодаланади. Улардан Чирчиқ ҳавзаси дарёлари билан боғлиқ бўлган гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозлар амалиётида фойдаланиш тавсия этилади.

3. Тадқиқотда ўрганилган дарёлар йиллик оқимининг ҳосил бўлишига метеорологик омилларнинг қўшган ҳиссалари баҳоланди. Ҳисоблашлар натижалари

тахлилларига кўра, бу жарёнда қишки ёғинларнинг ҳиссалари катта бўлиб, уларнинг қийматлари турли дарёларда 52÷82 фоиз ораликда ўзгаради. Ёзги ёғинларнинг ҳиссалари эса қишки ёғинларга нисбатан бир мунча кам бўлиб, улар Ойгаинг дарёсида 14 % дан Наволисойда 40 % гача ораликдаги қийматларни ташкил этди. Ёзги ҳаво ҳароратининг нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига кўшган улушлари янада кичик бўлиб, 4÷9 % атрофида ўзгаради.

4. Чирчиқ ҳавзаси дарёлари мисолида бажарилган мазкур тадқиқотда олинган натижалар маълум даражада илмий ва амалий аҳамиятга эга бўлиб, улардан ушбу ҳавза дарёлари билан боғлиқ бўлган гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозларга тегишли бўлган масалаларни ҳал этишда фойдаланиш имкониятлари мавжуд.

5. Юқоридаги фикрларни умумлаштириб, Чирчиқ ҳавзаси дарёлари оқими миқдорларини аниқлаш ва прогнозлашга замин яратадиган ҳисоблашларнинг мазкур ишда қўлланилган усуллари ва ёндашувларини келажакда бошқа ҳавзалар дарёлари мисолида кўриб чиқиш, уларни янада такомиллаштириш имконини беради, деган фикрдамыз.

Миннатдорчилик. Муаллифлар ушбу илмий мақолани тайёрлашда зарур бўлган гидрометеорологик маълумотларни тўплашда кўрсатган ёрдамлари учун Ўзгидромет тасарруфидаги Гидрометфонд ходимларига чексиз ташаккур изҳор этадилар.

Муаллифлар ҳиссаси. **Ф. Ҳикматов:** мақола ғоясини аниқлаштириш, методология, тадқиқот объектини танлаш, натижалар таҳлили, улардан илмий ва амалий хулосалар чиқариш. **З.Ф. Ҳакимова:** мақола ғоясини қўллаб қувватлаш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Д.М. Турғунов:** мақола ғоясини қўллаб қувватлаш, ҳисоблаш усуллари танлаш ва уларни тадқиқотда қўллаш, натижалар таҳлили ва уларни умумлаштириш, илмий хулосалар чиқариш, мақолани расмийлаштириш.

АДАБИЁТЛАР

Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 363 с.

Большаков М.Н. Водные ресурсы рек советского Тянь-Шаня и методы их расчета. – Фрунзе: Илим, 1974. – 306 с.

Давыдов Л.К., Корженевский Н.Л. Влияние метеорологических факторов на режим р.Нарына // Тр. Средазмета. – Ташкент, 1929. – Том 1. – Вып.2. – С. 79-144.

Закономерности гидрологических процессов. Под редакцией Н.И.Алексеевского. – М.: ГЕОС, 2012. – 736 с.

Ольдекоп Э.М. Зависимость режима р.Чирчиқ от метеорологических факторов // Тр. Метеорол. отдела гидром. части в Туркестанском крае. – 1918, вып. 89. – 83 с.

Турғунов Д.М., Назарқулов О.А., Гулмурзаева Б.А. Тоғ дарёлари сувлилик даражасининг ўзгаришига атмосфера ёғинлари турларининг таъсирини статистик баҳолаш (Писком дарёси мисолида) // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. 58-жилд. – Тошкент, 2020. – Б. 208-214.

Турғунов Д.М., Сазонов А.А., Ҳикматов Ф.Х., Фролова Н.Л. Маловодья на горных реках Республики Узбекистан: причины и особенности // Вестник МГУ Московского университета. Серия 5. География. – М.: № 1. 2020. – С. 23-34.

Ҳакимова З.Ф. Тоғ дарёлари оқимининг ҳосил бўлишига иқлимий омилларнинг кўшган ҳиссаларини баҳолаш / Иқлим ўзгариши шароитида гидрометеорологик тадқиқотлар: долзарб муаммолар ва уларнинг ечимлари. Халқаро илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент, 2022. – Б. 77-80.

Ҳакимова З.Ф., Собирова Н.Р. Вопросы долгосрочных прогнозов стока горных рек на период вегетации / Использование водных ресурсов в условиях изменения климата. Материалы международной научно-практической конференции в рамках 32-й Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2022». – Уфа, 2022. – С. 37-41.

Хакимова З.Ф., Собирова Н.Р., Мўминова Д.Д., Фуломов С.Ф. Трансчегаравий Чирчик хавзаси дарёлари оқимиға ҳаво ҳароратининг таъсирини баҳолаш / Марказий Осиё ва қўшни минтақалардаги трансчегаравий ҳудудлар: ҳамкорлик имкониятлари ва муаммолари. Халқаро илмий-амалий конференция материаллари. – Самарқанд, 2022. – Б. 129-132.

Хакимова З.Ф., Мўминова Д.Д. Дарёлар оқимиға атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳароратининг таъсирини статистик баҳолаш / Географик тадқиқотлар: инновацион ғоялар ва ривожланиш истикболлари. Халқаро илмий-амалий конференцияси материаллари. – Тошкент, 2022. – Б. 647-650.

Хикматов Ф.Х., Тургунов Д.М. Маловодные годы на реках Средней Азии и их зависимость от климатических факторов / Использование водных ресурсов в условиях изменения климата. Материалы международной научно-практической конференции в рамках 32-й Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2022». – Уфа, 2022. – С. 3-8.

Хикматов Ф.Х., Юнусов Ф.Х., Хакимова З.Ф. и др. Закономерности формирования водных ресурсов горных рек в условиях изменения климата. Монография. – Ташкент: “Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи”, 2020. – 232 с.

Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – 695 с.

Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии. – Ташкент: Изд-во СамГУ, 1960. – 243 с.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СВЯЗИ МЕЖДУ СТОКОМ РЕК БАССЕЙНА ЧИРЧИКА И КЛИМАТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

Ф. ХИКМАТОВ¹, З.Ф. ХАКИМОВА¹, Д.М. ТУРГУНОВ²

¹ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, hikmatov_f@mail.ru, zilola_khakimova@inbox.ru

² Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, turgunov1987@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена статистической оценке связей между стоком рек бассейна Чирчика и климатическими факторами. С этой целью, на основе применения объективного метода выравнивания и нормализации корреляционных связей, произведены расчеты многофакторной связи между средними годовыми расходами воды и климатическими факторами – атмосферными осадками и температурной воздуха. Получены уравнения нормализованной регрессии, а также произведена оценка вкладов аргументов в нормализованные уравнения регрессии. Полученные уравнения регрессии предложены использовать на практике гидрологических расчетов и прогнозов.

Ключевые слова: река, расход воды, климатические факторы, зимние осадки, летние осадки, температура воздуха, коэффициент корреляции, уравнения регрессии, вклады аргументов.

STATISTICAL EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN RIVER FLOW IN THE CHIRCHIK BASIN AND CLIMATIC FACTORS

F. KHAKIMOV¹, Z.F. KHAKIMOVA¹, D.M. TURGUNOV²

¹ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, hikmatov_f@mail.ru, zilola_khakimova@inbox.ru

² Hydrometeorological Research Institute, turgunov1987@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the statistical assessment of the relationship between the runoff of the rivers in the Chirchik basin and climatic factors. For this purpose, based on the application of an objective method of equalizing and normalizing correlations, calculations of a multifactorial relationship between the average annual water flow and climatic factors - precipitation and air temperature were made. The normalized regression equations are obtained, and the estimation of the

contributions of the arguments to the normalized regression equations is made. The resulting regression equations are proposed to be used in practice of hydrological calculations and forecasts.

Keywords: *river, water discharge, climatic factors, winter precipitation, summer precipitation, air temperature, correlation coefficient, regression equations, contributions of arguments.*

REFERENCES

Alekseyev G.A. Obektivnie metodi viravnivaniya i normalizatsii korrelyatsionnix svyazey [Objective methods of alignment and normalization of correlations]. – L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 363 s. (in Russian)

Bolshakov M.N. Vodnie resursi rek Sovetskogo Tyan-Shanya i metodi ix rascheta [Water resources of the rivers of the Soviet Tien Shan and methods of their calculation]. – Frunze: Ilim, 1974. – 306 s. (in Russian)

Davidov L.K., Korjenevskiy N.L. Vliyaniye meteorologicheskix faktorov na rejim r. Narina [The influence of meteorological factors on the regime of the Narin River] // Tr. Sredazmeta. – Tashkent, 1929. – Tom 1. – Vip.2. – S. 79-144. (in Russian)

Zakonomernosti gidrologicheskix protsessov [Regularities of hydrological processes]. Pod redaksiyey N.I.Alekseyevskogo. – M.:GEOS, 2012. – 736 s. (in Russian)

Oldekop E.M. Zavisimost pejmima r.Chirchik ot meteorologicheskix faktorov [Dependence of Chirchik River mode from meteorological factors] // Tr. Meteorol. otдела gidrom. chasti v Turkestanskom krae. – 1918. – Vip. 89. – 83 s. (in Russian)

Turgunov D.M., Nazarqulov O.A. Gulmurzayeva B.A. Tog daryolari suvlilik darajasini ozgarishiga atmosfera yog'inlari turlarining ta'sirini statistik baholash (Piskom daryosi misolida) [Statistical assessment of the influence of types of atmospheric precipitation on changes in the water level of mountain rivers (in the case of Piskom River)] // O'zbekiston geogpafiya jamiyati axboroti. 58-jild. – Toshkent, 2020. – B. 208-214. (in Uzbek)

Turgunov D.M., Sazonov A.A., Khikmatov F.X., Frolova N.L. Malovodya na gornix rekax Respubliki Uzbekistan: prichini i osobennosti [Low water on the mountain rivers of the Republic of Uzbekistan: causes and features] // Vestnik MGU Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. – M.: № 1. 2020. – S. 23-34. (in Russian)

Khakimova Z.F. Tog daryolari okimining hosil bolishiga iklimiy omillarning koshgan hissalarini baholash [Assessment of the contribution of climatic factors to the formation of mountain streams] // Iqlim o'zgarishi sharoitida gidrometeorologik tadqiqotlar: dolzarb muammolar va ularning yechimlari. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Toshkent, 2022. – B. 77-80. (in Uzbek)

Khakimova Z.F., Sobirova N.R. Voprosi dolgosrochnix prognozov stoka gornix rek na period vegetatsii [Issues of long-term forecasts of mountain river runoff for the growing season] // Ispolzovaniye vodnix resursov v usloviyax izmeneniya klimata. Materiali mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferensii v ramkax 32-y Mejdunarodnoy spetsializirovannoy vistavki agrokompleks. – Ufa, 2022. – S. 37-41. (in Russian)

Khakimova Z.F., Sobirova N.R., Mominova D.D., Gulomov S.G. Transchegaraviy Chirchik havzasi daryolari oqimiga havo haroratining tasirini baholash [Assessment of the influence of air temperature on the flow of rivers of the transboundary Chirchik basin] // Markaziy Osiyo va qo'shni mintaqalardagi transchegaraviy hududlar: hamkorlik imkoniyatlari va muammolari. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. -Samarkand, 2022. – B. 129-132. (in Uzbek)

Khakimova Z.F., Mo'minova D.D. Daryolar oqimiga atmosfera yog'inlari va havo haroratining ta'sirini statistik baholash [Statistical assessment of the influence of atmospheric precipitation and air temperature on the flow of rivers] // Geografik tadqiqotlar: innovatsion g'oyalar va rivojlanish istiqbollari. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. – Toshkent, 2022. – B. 647-650. (in Uzbek)

Khikmatov F.X., Turgunov D.M. Malovodnie godi na rekax Sredney Azii i ix zavisimost ot klimaticheskix faktorov [Dry years on the rivers of Central Asia and their dependence on climatic factors] / Ispolzovaniye vodnix resursov v usloviyax izmeneniya klimata. Materiali mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferensii v ramkax 32-y Mejdunarodnoy spetsializirovannoy vistavki «Agrokompleks-2022». – Ufa, 2022. – S. 3-8. (in Russian)

Shuls V.L. Reki Sredney Azii [Rivers of Central Asia]. Ch. 1,2. – L.: Gidrometeoizdat, 1965. – 691 s. (in Russian)

Sheglova O.P. Pitaniye rek Sredney Azii [Feeding the rivers of Central Asia]. – Tashkent: Izd-vo SamGU, 1960.-243 s. (in Russian)

УДК:551.48(556.55)

ЎЗБЕКИСТОНДА ГИДРОЛОГИК ҚУРҒОҚЧИЛИК ВА УНИНГ ШАКЛЛАНИШ ШАРОИТЛАРИ (ЧИРЧИҚ ДАРЁСИ ҲАВЗАСИ МИСОЛИДА)

Д.М. ТУРҒУНОВ¹

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, turgunovd1987@gmail.com

Аннотация. Мақолада қурғоқчилик тушунчаси ва уни ўрганишнинг аҳамияти ёритилган. Қурғоқчиликнинг келиб чиқишига кўра турлари ҳақида тушунча берилган. Тадқиқотда Чирчиқ ҳавзасининг табиий режими сақланиб қолган 10 та тоғ дарёлари ва сойлари мисолида, янги илмий ёндашув асосида, гидрологик қурғоқчиликни тавсифловчи катталиқ ва уни ҳисоблаш ифодаси таклиф этилган. Ҳисоблашлар натижаларига таянган ҳолда, гидрологик қурғоқчилик кузатиш йиллар статистик таҳлил қилинган. Гидрологик қурғоқчиликнинг метеорологик қурғоқчиликка боғлиқлиги, ўз навбатида, метеорологик қурғоқчиликнинг атмосфера ёгинлари миқдори ва ҳаво ҳарорати таъсирида намоён бўлиши кўрсатиб берилган.

Калит сўзлар: дарё, дарё ҳавзаси, атмосфера ёгинлари, метеорологик қурғоқчилик, сув сарфи, гидрологик қурғоқчилик, қишлоқ хўжалиги қурғоқчилиги, ижтимоий-иқтисодий қурғоқчилик.

Кириш. Ҳозирги кунда, иқлим ўзгариши шароитида, жаҳонда сув ресурслари тақчиллиги йилдан-йилга ортиб бормоқда. Бу борада БМТнинг сув ресурсларининг ҳолати ҳақидаги докладида қайд этилганидек, « ... бугунги кунда 3,6 миллиард киши йил давомида камида бир ой сув ресурслари тақчиллиги кузатиладиган ҳудудларда яшайдилар, 2050 йилга бориб, аҳоли сони янада ортади ва ушбу кўрсаткич 4,8-5,7 миллиард кишига етиши мумкин» [Всемирный доклад ООН о состоянии водных ресурсов, 2018]. Табиийки, бундай салбий ҳолат кам сувли йиллар ва унинг оқибатида келиб чиқадиган гидрологик қурғоқчилик таъсирида янада тифизлашади.

Шу туфайли мазкур масалалар тадқиқоти Н.А.Агальцева [Агальцева ва бошқ., 2010], Н.И.Алексеевский, Н.Л.Фролова [Алексеевский, Фролова, 2011], Ю.С.Ковалев [Ковалев, Мавлонов, 2008], М.Д. Трубецкова [Трубецкова, 2012], Ф.Х.Хикматов [Хикматов, Турғунов, 2017; Turgunov, Khikmatov, 2018], А.К.Fleig [Fleig et al., 2006], J.Hannaford [Hannaford et al., 2011], V.U.Smakhtin [Smakhtin, 2001], A.F.Van Loon [Van Loon et al., 2012; 2014; 2015] каби олимлар эътиборидан четда қолмаган. Мазкур муаммони иқлимий омилларга боғлиқ ҳолда ўрганиш масаласи эса, Э.М.Ольдекоп [Ольдекоп, 1918], А.Р.Расулов, Ф.Х.Хикматов [Расулов, Хикматов, 2003], В.Е.Чуб [Чуб, 2007], В.Л.Шульц [Шульц, 1965] ва бошқаларнинг изланишлари натижаларини ҳисобга олмаганда, гидрологик адабиётларда яхши ёритилмаган. Шу туфайли мазкур гидрологик жараёнларни иқлимий омилларга боғлиқ ҳолда чуқурроқ ўрганиш муҳим ҳисобланади.

Юқоридаги фикрлардан кўриниб турибдики, гидрологик қурғоқчиликнинг шаклланиши кам сувли йиллардаги сув ресурслари тақчиллиги билан чамбарчас боғлиқдир. Гидрологик қурғоқчилик натижасида сув ресурслари тақчиллиги янада ортади. Бугунги кунда, глобал иқлим ўзгариши шароитида, гидрологик қурғоқчилик жараёнини метеорологик қурғоқчиликни тавсифловчи катталиқлар ёрдамида ўрганиш гидрологиянинг долзарб масалаларидан бири ҳисобланади.

Ушбу тадқиқотнинг асосий мақсади Ўзбекистон ва унга туташ ҳудудлардаги дарёларда кам сувлилик туфайли намоён бўладиган гидрологик қурғоқчиликнинг шаклланиши шароитларини уни тавсифловчи гидрометеорологик катталиклар ёрдамида ўрганишдан иборат.

Мазкур ишда, тадқиқот объекти сифатида, Чирчиқ дарёси ҳавзасининг табиий гидрологик режими сақланиб қолган 10 та тоғ дарёлари танланди. Уларнинг асосий гидрологик кўрсаткичлари, жумладан, ўртача кўп йиллик сув сарфлари (Q_0), оқим модуллари (M_0), сув сарфларидан иборат каторларнинг вариация коэффицентлари (C_v), ҳар бир дарё учун Шульц коэффицентлари (δ), дарёлар йиллик оқимининг мавсумий тақсимланиши ҳисобланди (1-жадвал).

1-жадвал

Чирчиқ ҳавзасидаги тоғ дарёларининг асосий гидрологик кўрсаткичлари

Таблица 1

Основные гидрологические показатели горных рек бассейна Чирчика

Table 1

Main hydrological indicators of mountain rivers in the Chirchik basin

Т.р.	Дарё - пункт	Кузатув даври	F, км ²	H, м	Q ₀ , м ³ /с	M ₀ , л/(с·км ²)	C _v	δ	Ўртача кўп йиллик оқимнинг йил давомида тақсимланиши, %		
									III-VI	VII-IX	X-II
1	Чотқол – Худойдотсой д.к.	1965-2016	6580	2660	111	16,9	0,27	0,50	56	28	16
2	Писком – Муллала қ.	1965-2016	2540	2740	77,4	30,5	0,2	0,78	47	38	15
3	Ойгаинг – қуйилиши	1965-2016	1010	3010	28,7	28,4	0,19	1,03	42	43	15
4	Окбулоқ – қуйилиши	1981-2016	886	2400	19,4	21,9	0,31	0,33	65	21	14
5	Угом – Хўжакент қ.	1965-2016	869	2030	22,8	26,2	0,26	0,32	63	20	17
6	Майдонтол – қуйилиши	1965-2016	471	3130	18,6	39,5	0,19	0,92	45	41	14
7	Чиралма – қуйилиши	1965-2016	103	2700	3,10	30,1	0,33	0,44	62	27	11
8	Наволисой – Сижжак қ.	1965-2016	99,4	1650	3,84	38,6	0,33	0,38	55	21	24
9	Янгикўрғонсой – Янгикўрғон қ.	1965-2016	33,7	2200	0,68	20,2	0,41	0,3	60	18	22
10	Чимёнсой – Чимён қ.	1967-2016	23,3	1530	0,30	12,9	0,32	0,39	52	20	28

Изоҳ: F – ҳавза майдони; H – ҳавзанинг ўртача баландлиги; Q₀ – ўртача кўп йиллик сув сарфи; M₀ – ўртача кўп йиллик оқим модули; C_v – вариация коэффицентлари, δ – В.Л.Шульц коэффицентлари.

Тадқиқотда географик умумлаштириш, гидрологик ўхшашлик, гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозлар, математик статистика, жумладан, корреляцион боғланишларни баҳолашнинг объектив тенглаштириш ва нормаллаштириш каби усулларидан фойдаланилган.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Дунё аҳолиси узоқ йиллар давомида кўплаб табиий офатлардан азият чекиб келмоқда. Улар ичида қурғоқчилик ўта

хавфли бўлиб, инсонларга келтирган ижтимоий ва иқтисодий зарари бўйича энг олдинги ўринларда туради (2-жадвал).

Ўзбекистон тез-тез қурғоқчиликка учрайдиган қурғоқчил ва ярим қуруқ (арид) ерлар зонасида жойлашган. Сўнгги йигирма йил ичида Ўзбекистон дарёлари ҳавзалари бир қатор экстремал гидрологик қурғоқчиликни бошидан кечирди. Натижада, қурғоқчиликдан зарар кўрган ҳудудларда 50% дан 75% гача ҳосил нобуд бўлган [Drought ..., 2017]. Айниқса, охириги 10 йилликларда кузатилаётган қурғоқчиликлар аҳолининг турмуш даражасига ҳамда озиқ-овқат хавфсизлигига жиддий хатар солмоқда. Маълумотларга кўра, 2000-2001 йиллардаги қурғоқчиликда дон ишлаб чиқариш 10% га, пахта 17% га ва гуруч 60% га камайган. Ушбу қурғоқчилик оқибатида етказилган ялпи зарар 130 млн АҚШ долларига баҳоланмоқда [World ..., 2006]. Сўровлар натижасида, аниқландики, шу йилларда 94% фермерлар қурғоқчилик билан боғлиқ бўлган турли хил муаммоларга дуч келишган [Агальцева ва бошқ., 2010].

2-жадвал

Дунё аҳолисининг турли табиий офатлар туфайли жабр кўрган ва ҳалок бўлганлари улушлари (1967-1991 йй.)

Таблица 2

Доля соотношений населения Мира, пострадавших и умерших от различных природных бедствий (1967-1991 гг.)

Table 2

Proportion of ratios of the world's population affected and killed by various natural disasters (1967-1991)

Табиий офатлар (ТО) тури	Жабр кўрганлар, %	Ҳалок бўлганлар, %
<i>Иқлимий ҳодисалар билан боғлиқ бўлган ТО</i>		
Қурғоқчилик	50,8	38,1
Сув тошқини	37,8	8,7
Циклон, довул, бўрон	7,8	27,1
<i>Геологик ҳодисалар билан боғлиқ бўлган ТО</i>		
Зилзила	1,5	18,1
Вулқон фаолияти	0,1	0,1
Бошқа турдаги	2,0	8,0
Ҳаммаси	100,0	100,0

Изоҳ: 1. Фоидаланган улуш жабр кўрган ва ҳалок бўлганларнинг умумий сонига нисбатан ҳисобланган; 2. Умумий ҳисобда жабр кўрганлар – 2,8 млрд. киши, ҳалок бўлганлар – 3,5 млн. киши.

Қурғоқчилик деганда, аксарият ҳолларда сув тақчиллиги муаммоларини келтириб чиқарадиган, узоқ вақт сақланиб турувчи қуруқ ҳаво массалари ва иссиқ ҳаво ҳарорати тушунилади. Шунингдек, қурғоқчилик аҳолининг сув ва бошқа табиий ресурсларни нисбатан кўп сарфлаши билан ҳам намоён бўлади. Шунинг учун ҳам қурғоқчилик турли минтақаларда турлича кўринишларда содир бўлади. Ушбу ҳолатлар инobatга олиниб, дунё амалиётида қурғоқчилик кўйидаги категорияларга ажратилади: метеорологик қурғоқчилик, гидрологик қурғоқчилик, қишлоқ хўжалиги қурғоқчилиги, ижтимоий-иқтисодий қурғоқчилик.

Метеорологик қурғоқчилик ҳаводаги намликнинг камайиши, ҳароратнинг эса ортиши ҳамда атмосфера ёгинлари миқдорининг кўп йиллик меъёрга нисбатан кескин камайиши натижасида вужудга келади [Агальцева ва бошқ., 2010; Van Loon ва бошқ. 2012; 2014; 2015].

Гидрологик қурғоқчилик дарёлар, сойлар ва бошқа сув объектларида сув миқдорининг камайиши билан боғлиқ. Сув объектларига антропоген омиллар

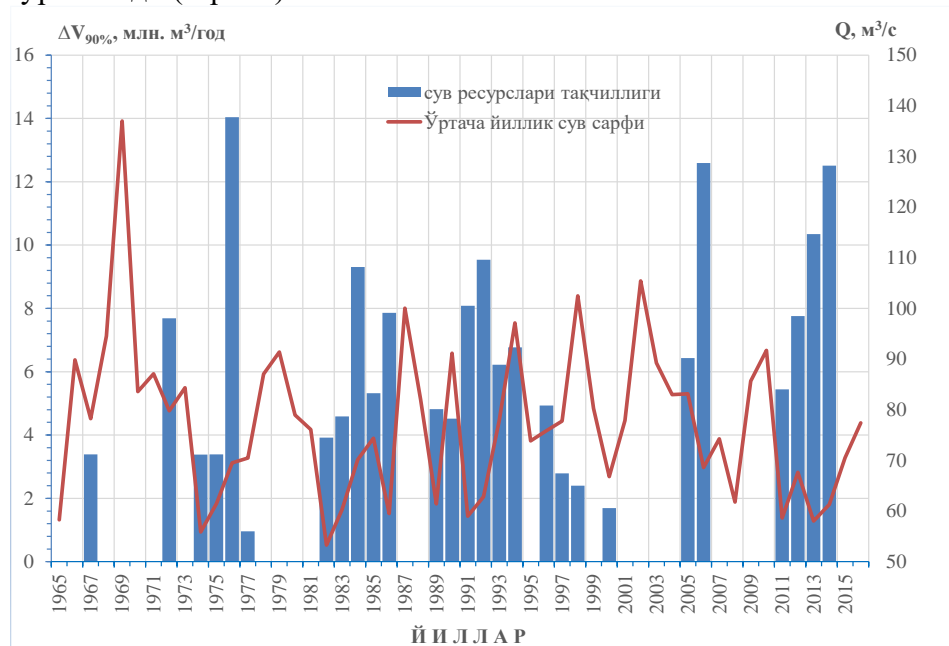
таъсирининг ортиши гидрологик қурғоқчиликнинг янада чуқурроқ ўтишига олиб келади. Гидрологик қурғоқчилик метеорологик қурғоқчилик билан узвий боғлиқдир.

Қишлоқ хўжалиги қурғоқчилиги экинлар етиштиришнинг турли босқичларида уларнинг сувга бўлган эҳтиёжларининг ортишида кузатилади. Масалан, экинларни экиш вақтида намнинг етарли даражада бўлмаслиги ниҳолларнинг ўта суғ ривожланишига, бунинг оқибатида эса экинлар ҳосилдорлигининг камайишига олиб келади.

Ижтимоий-иқтисодий қурғоқчилик сувга бўлган талаб унинг мавжуд таъминотидан ошганда юзага келади. Масалан, дарёларда кам сувлилик туфайли улар ўзанига қурилган гидроэлектростанцияларда электр энергиясини ишлаб чиқариш камаяди, лекин, бу даврда электр энергиясига бўлган талаб камаймайди [White et al., 2010].

Тадқиқотда дарёларда кузатилган ўртача ойлик сув сарфларининг таъминланиши таҳлил қилинди ва шу мақсадда таъминланиш эгри чизиги графиги чизилди. Барча дарёлар учун мазкур сув сарфлари таъминланишнинг 90% га тўғри келувчи чегара қийматлари аниқланиб, улар асосида дарёларда сув ресурслари тақчиллиги микдорий қийматларда баҳоланди.

Тоғ дарёларида сув тақчиллигини янада чуқурроқ ўрганиш мақсадида улардаги сув ресурслари тақчиллигининг ҳажмларда ифодаланган микдорларининг йиллараро тебраниши ўрганилди (1-расм).



1-расм. Писком дарёсида сув ресурслари тақчиллигининг йиллараро ўзгариши

Рис. 1. Многолетние изменения дефицита водных ресурсов реки Пскем

Fig. 1. Long-term changes in the deficit of water resources of the Pskem River

Ўрганилаётган 1965-2016 йиллар давомида Писком дарёсида сув ресурслари тақчиллигининг энг катта микдори 1976 йилда кузатилган. Худди шу каби ҳолат 1982-1986 йиллар оралиғида ҳам кўзга ташланади. Бунинг асосий сабаби 1974-1976 йиллар ва 1982-1986 йиллар давомида Писком метеорологик станциясида қайд этилган йиллик атмосфера ёгинлари ҳам меъёрга нисбатан кам бўлганлиги билан изоҳланади. Ушбу ҳолатларни инобатга олиб, 1974-1976 йиллар ва 1982-1986 йилларда Писком дарёси ҳавзасида гидрологик қурғоқчилик кузатилган, деб хулоса қилишимиз мумкин (1-расм).

Қайд этиш лозимки, Писком дарёсида 1990, 1994, 1998 ва 2002 йилларда кўп сувли бўлган. Бироқ, кам сувли 1989 йил 1990 йилнинг январь ва февраль ойларида сув ресурслари тақчиллигига олиб келган. Кўп сувли 1994 ва 1998 йилларнинг январь ва февраль ойларида шаклланган сув ресурслари тақчиллиги ҳам 1993 ва 1997 йилларнинг кам сувли бўлганлиги билан боғлиқ. Қайд этилган кўп сувли 1990, 1994 ва 1998 йилларда Писком дарёси ҳавзасига тушган йиллик атмосфера ёғинлари Писком метеорологик станциясида қайд этилган кўп йиллик меъёрдан, мос равишда, 1,24, 1,24 ва 1,45 марта кўп бўлган. Бошқача айтганда, қайд этилган йилларда қиш фаслида ёққан атмосфера ёғинлари ҳаво ҳароратининг пастлиги туфайли эримаганлиги ҳамда баҳор фаслида ёққан ёғинларининг ҳиссаси катта бўлганлиги боис, январь ва февраль ойларида сув ресурслари тақчиллиги кузатилган, яъни бу ойларда ўртача ойлик сув сарфлари чегара (таъминланишнинг 90 %) қийматидан ҳам кичик бўлган. Лекин, баҳорги ёғинларнинг самарадорлиги ортанлиги ҳисобига 1990, 1994 ва 1998 йилларда гидрологик қурғоқчилик кузатилмаган.

Жаҳон амалиётида сув ресурслари тақчиллигининг чуқурлашувини ифодалаш учун «SEV» катталигидан кенг фойдаланилади [Алексеевский, Фролова, 2011]. Мазкур катталик қуйидаги ифода ёрдамида ҳисобланади:

$$SEV = \frac{\Delta V}{T}, \quad (1)$$

бу ерда: ΔV – ўртача ойлик сув сарфларининг 90% таъминланишидаги чегара қийматидан кичик бўлган миқдорлари учун ҳисобланган оқим ҳажми, млн. м³; T – сув ресурслари тақчиллигининг давомийлиги (ойлар ҳисобида). Ушбу ифода ёрдамида тадқиқот ишида ўрганилаётган барча дарёлар учун «SEV» катталиги ҳисобланди.

Дарёлар ҳавзаларида гидрологик қурғоқчиликни тавсифлаш учун юқоридаги ифодадан фойдаланиш имконияти чекланган. Чунки, ушбу ифодада метеорологик қурғоқчилик ҳисобга олинмаган. Зотан, гидрологик қурғоқчиликнинг шаклланишида метеорологик омилларнинг роли беқиёсдир [Shiklomanov ва бошқ, 2008; Turg'unov, Khikmatov, 2018].

Юқорида баён этилганидек, метеорологик қурғоқчилик, биринчи навбатда, ҳаво ҳарорати, ҳавода намлик этишмаслиги ва ёғинлар билан тавсифланувчи муайян об-ҳаво шароитларининг оқибати ҳисобланади. Ҳозирги кунда Бутунжаҳон метеорология ташкилоти томонидан метеорологик қурғоқчиликнинг асосий индексларидан бири сифатида - стандартлаштирилган ёғинлар индекси (SPI) қўлланилиб келинмоқда. Мазкур индекс қуйидагича ҳисобланади:

$$SPI = \left[\frac{X - \bar{X}}{\bar{X}} \right] \times 100\%, \quad (2)$$

бу ерда: X – атмосфера ёғинларининг йиллик миқдори; \bar{X} – уларнинг ўртача кўп йиллик қиймати (меъёри), мм.

Ўзбекистоннинг тоғолди ҳудудларида баҳорда $SPI < 50\%$ бўлган ўта кучли метеорологик қурғоқчилик 100 йилда 1-3 марта кузатилади. Баҳорги ёғинлар кам кузатилган метеорологик қурғоқчилик ($SPI < 20\%$) 30% эҳтимоллик билан қайд этилади. Чўл ва чалачўл ҳудудларида ўта кучли баҳорги қурғоқчилик ($SPI < 50\%$) 10 йилда ўртача бир марта кузатилади, $SPI < 20\%$ бўлган қурғоқчилик эса 10 йилда 3-4 марта қайд этилади.

Таъкидлаш лозимки, гидрологик ҳисоблашларни бажаришда SPI мутлак қийматларини қуйидаги ифода ёрдамида ҳисоблаш мақсадга мувофиқдир:

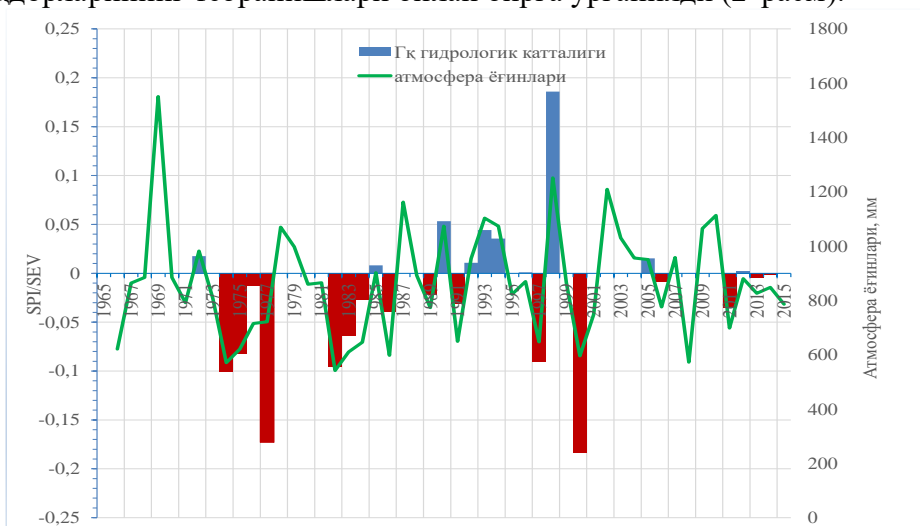
$$SPI = \frac{X - \bar{X}}{\bar{X}} \quad (3)$$

Ифоданинг таҳлили шуни кўрсатадики, агар ўрганилаётган йилда атмосфера ёгинлари кўп йиллик меъёрга нисбатан кам бўлса, *SPI* индексининг миқдорий қиймати манфий ишорада бўлади.

Юқоридаги фикрлардан хулоса қилган ҳолда, гидрологик қурғоқчилик (Γ_k) ни тавсифлаш учун қуйидаги нисбатни таклиф этамиз:

$$\Gamma_k = \frac{SEV}{SPI} \quad (4)$$

Ишда тадқиқот объекти сифатида танланган барча дарёлар учун Γ_k катталигининг миқдорий қийматлари ҳисобланди. Бунда Писком метеорологик станциясида қайд этилган йиллик атмосфера ёгинлари ҳақидаги маълумотлардан фойдаландик. Ҳисоблашлар натижалари асосида Γ_k катталигининг йилларо ўзгариши масаласи атмосфера ёгинлари йиллик миқдорларининг тебранишлари билан бирга ўрганилди (2-расм).



2-расм. Писком дарёси ҳавзасида атмосфера ёгинлари ва гидрологик қурғоқчиликнинг йилларо ўзгариши

Рис. 2. Многолетние изменения атмосферных осадков и гидрологической засухи в бассейне реки Пскем

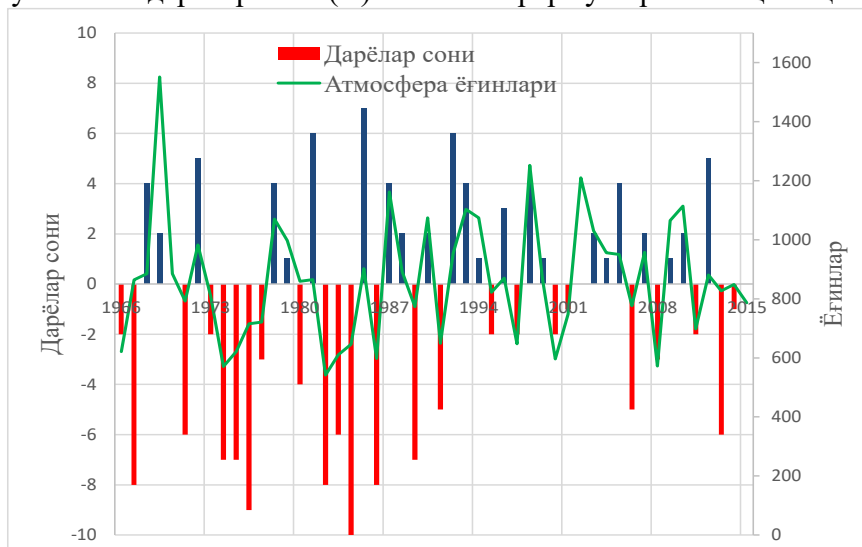
Fig. 2. Long-term changes in atmospheric precipitation and hydrological drought in the Pskem river basin

Графикнинг таҳлили шуни кўрсатадики, гидрологик қурғоқчилик атмосфера ёгинлари миқдори билан бевосита боғлиқдир. Масалан, атмосфера ёгинлари меъёрдан кам бўлган 1974-1977 йиллар ва 1980-1984 йиллар оралиғида кетма-кет гидрологик қурғоқчилик кузатилган. Гидрологик қурғоқчиликнинг чуқурлашуви 2000 йилда қайд этилган. Мазкур йилда Писком дарёси ҳавзасига тушган атмосфера ёгинлари кўп йиллик меъёр (865 мм)нинг атиги 69 фоизини ташкил этган. Таъкидлаш жоизки, 2008 йилда ҳам атмосфера ёгинлари меъёрдан кам бўлган. Лекин, ушбу йилда дарёда сув ресурслари тақчиллиги кузатилмаган, яъни Писком дарёсида 2008 йил давомида ўртача ойлик сув сарфлари таъминланишнинг 90% га тенг бўлган сув сарфи ($21,9 \text{ м}^3/\text{с}$)дан кичик бўлмаган. Бунинг сабаби шундаки, Писком

дарёси асосан қор ва қисман муз сувларидан тўйиниши ва шу йили ҳаво ҳарорати юқори бўлганлиги оқибатида дарёнинг ўртача йиллик сув сарфи меъёр атрофида бўлган.

Писком дарёси ҳавзасида атмосфера ёғинлари меъёрдан кўп бўлган йилларда гидрологик қурғоқчилик умуман кузатилмаган. Лекин, 1972, 1985, 1990, 1992-1995, 1998 ва 2005 йилларда сув ресурслари тақчиллиги кузатилган. Мазкур йилларда атмосфера ёғинларининг меъёрдан кўп бўлиши гидрологик қурғоқчилик келиб чиқишининг олдини олган. Бошқача айтганда, сув ресурслари тақчиллиги кузатилган йилларда ҳар доим ҳам гидрологик қурғоқчилик бўлмайди. Ушбу фикрлардан шундай хулоса келиб чиқадики, гидрологик қурғоқчиликни бутун бир дарё ҳавзаси учун тавсифлаш ўринли бўлади. Сув ресурслари тақчиллиги эса маълум бир дарё учун характерлидир.

Юқоридаги фикрларни асослаш мақсадида Чирчиқ ҳавзаси учун гидрологик қурғоқчилик кузатилган дарёлар сони (N)нинг йиллараро ўзгариши таҳлил қилинди (3-расм).



3-расм. Чирчиқ ҳавзасида гидрологик қурғоқчилик кузатилган дарёлар сони (N) нинг йиллараро ўзгариши

Рис. 3. Многолетние изменения число рек (N) бассейна Чирчика, в водосборах которых наблюдались гидрологическая засуха

Fig. 3. Long-term changes in the number of rivers (N) in the Chirchik basin, in the catchment areas of which hydrological drought was observed

Ушбу график таҳлилининг кўрсатишича, атмосфера ёғинлари меъёрдан (865 мм) кам бўлган йилларда ҳавзада жойлашган 10 та дарёнинг ўртача 60 фоизида, яъни ҳар 6 тасида Γ_k катталиқ манфий қийматларга эга бўлган. Агар юқорида айtilган фикрларни инобатга олсак, Чирчиқ дарёси ҳавзасида 1967 (80 %), 1971 (60 %), 1974 (60 %), 1975 (70 %), 1976 (90 %), 1982 (80 %), 1983 (60 %), 1984 (100 %), 1986 (80 %), 1989 (70 %) ва 2013 (60 %) йилларда гидрологик қурғоқчилик кузатилган. Келгуси тадқиқотларда айнан шу масалага алоҳида эътибор қаратиш лозим, деб ҳисоблаймиз.

Хулоса.

1. Дарёларда кузатилган ўртача ойлик сув сарфларининг таъминланиши баҳоланди. Сув сарфлари эмпирик таъминланишининг 90% га тўғри келувчи чегара қийматлари асосида ҳар бир дарё учун сув ресурсларининг тақчиллиги микдорий баҳоланди. Натижаларнинг кўрсатишича, сув ресурслари тақчиллиги йил давомида 2-3 ой кузатилган. Дарёларда кам сувли йилларнинг чуқурлашуви оқибатида эса баъзан бу даврнинг узайганлиги аниқланди. Масалан, сув ресурслари тақчиллиги кам сувли 1986 йилда

Майдонтол дарёсида 3 ой, Чотқол, Писком ва Угом дарёларида эса 4 ой давом этган.

2. Сув ресурслари тақчиллигининг миқдорий қийматлари ҳисобланиб, улар асосида сув ресурслари тақчиллигининг чуқурлашувини ифодаловчи «SEV» катталиги аниқланди. Гидрологик қурғоқчиликни тавсифлашда ушбу катталик имкониятининг чекланганлигини инобатга олиб, ишда атмосфера ёгинлари индекси (*SPI*) нинг мутлақ қийматлари ҳисобланди.

3. Ҳисоблашлар натижалари статистик таҳлил қилиниб, дарёлар ҳавзаларида гидрологик қурғоқчиликни аниқлаш учун Γ_k гидрометеорологик катталик ва уни ҳисоблаш ифодаси тақлиф этилди.

4. Чирчиқ дарёси ҳавзаси учун қурғоқчилик кузатилган дарёлар сони (*N*)нинг йиллараро ўзгариши ўрганилди. Таҳлиллар натижасининг кўрсатишича, ҳавзада ўрганилган 52 йиллик давр мобайнида (1965-2016 йй.) Чирчиқ дарёси ҳавзасида 11 мартаба, яъни ўртача ҳар 5 йилда бир марта гидрологик қурғоқчилик кузатилган.

5. Умумий хулоса ўрнида таъкидлаш лозимки, метеорологик қурғоқчилик натижасида дарё ҳавзасида гидрологик қурғоқчилик шаклланади ва бунинг оқибатида ўрганилган ҳавза дарёларида кам сувли йиллар кузатилади. Кам сувлилик эса, ўз навбатида, сув ресурслари тақчиллигига олиб келади. Пировард натижада, иқтисодиёт тармоқларида қишлоқ хўжалиги ва ижтимоий-иқтисодий қурғоқчиликлар намоён бўлади.

Миннатдорчилик. Муаллиф ушбу мақолани тайёрлаш жараёнида зарур бўлган бирламчи гидрометеорологик маълумотларни тўплашда кўрсатган ёрдамлари учун Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази Гидрометфонди ходимларига ўз ташаккурини изҳор қилади.

АДАБИЁТЛАР

Агальцева Н.А., Пак А.В., Новикова В.А. Гидрологическая засуха в Узбекистане, анализ причин и возможности прогнозирования // Тр. НИГМИ. – Ташкент, 2010. Вып. 12 (257). – С. 55-63.

Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л. Безопасность водопользования в условиях маловодий // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – М.: 2011. № 6. – С. 6-17.

Ковалёв Ю.С., Мавлонов А.А. О проблеме маловодья в бассейнах рек Сырдарья и Амударья / Материалы Республиканской научно-практической конференции. – Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2008. – С. 15-20.

Ольдеков Э.М. Зависимость режима р. Чирчиқ от метеорологических факторов // Тр. Метерол. отдела гидром. части в Туркестанском крае. – Ташкент, 1918. Вып. 89. – 83 с.

Расулов А.Р., Ҳикматов Ф.Ҳ., Айтбоев Д.П. Гидрология асослари. – Тошкент: Университет, 2003. – 327 б.

Трубецкова М.Д. Особенности зонального стока рек бассейна Верхней Амударьи в маловодные и многоводные годы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – М.: 2012. №4. – С. 93-102.

Хикматов Ф.Х., Тургунов Д.М. Маловодные годы на горных реках, вопросы расчета их нормы и параметров углубления // Вестник НУУз. № 3/1. Естественные науки. – Ташкент, 2017. – С. 330-335.

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

Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Л.: Гидрометеоздат, 1965. – 691с.

Dracup J.A., Lee K. S., Paulson E.G. On the statistical characteristics of drought events // Water Resour. Res. 1980. 16 (2). – PP. 289-296.

Drought characteristics and management in Central Asia and Turkey: FAO Waters Report. – 44. – Rome, Italy: FAO, 2017.

EDB (Eurasian Development Bank): Impact of Climate Change to water resources in Central Asia. – Almaty, Kazakhstan. – 44 p.

Fleig A.K., Tallaksen L.M., Hisdal H., Demuth S. A global evaluation of streamflow drought characteristics // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2006. 10 (4). – PP. 535-552. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-10-535-2006>.

Hannaford J., Lloyd-Hughes B., Keef C., Parry S., Prudhomme C. Examining the large-scale spatial coherence of European drought using regional indicators of precipitation and streamflow deficit // *Hydrol. Process.* 2011. 25 (7). – PP. 1146–1162. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.7725>.

Smakhtin V.U. Low flow hydrology: a review // *Journal of Hydrology.* 2001. 240. – PP. 147–186.

Shiklomanov A.I., Agaltseva N., Lammers R. Observed and projected hydrological changes in the Aral Sea basin. The AGU Meeting. San Francisco, USA, December 2008. – PP. 15-19.

Turgunov D.M., Khikmatov F.H. Estimation of the low-water norm in the mountain rivers of Central Asia // *European Sciences review.* Austria, Vienna. 2018. № 3-4. – PP. 101-105.

Van Loon A.F., Laaha G. Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics // *Journal of Hydrology.* 2015. 526. – PP. 3-14.

Van Loon A.F., Van Lanen H.A.J. A process-based typology of hydrological drought // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2012. 16 (7). – PP. 1915-1946. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-16-1915-2012>.

Van Loon A.F., Tisdeman E., Wanders N., Van Lanen H., Teuling A., Uijlenhoet R. How climate seasonality modifies drought duration and deficit // *J. Geophys. Res.: Atmos.* 2014. 119 (8). – PP. 4640-4656. <http://dx.doi.org/10.1002/2013JD020383>.

White C.J., Tanton T.W., Rycroft D.W. The impact of climate change on the water resources of the Amu Darya Basin in Central Asia // *Water Resour. Manag.* 2014. 28. – PP. 5267-5281.

World drought management and mitigation assessment for Central Asia and the Caucasus. Phase 2. Country drought management and mitigation profile and strategy. – Tashkent, Uzbekistan: World Bank, 2006.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАСУХА В УЗБЕКИСТАНЕ И УСЛОВИЯ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ ЧИРЧИК)

Д.М. ТУРГУНОВ¹

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, turgunovd1987@gmail.com

Аннотация. В статье раскрыта сущность понятия засуха и значение ее изучения. Даны сведения о видах засухи по ее происхождению. На основе нового научного подхода, на примере 10 горных рек и ручьев бассейна Чирчика, сохранивших естественный режим, предложен параметр, характеризующий гидрологическую засуху и дана формула ее вычисления. На основе результатов расчетов произведен статистический анализ лет с гидрологической засухой. Показана зависимость гидрологической засухи от метеорологической засухи, которая в свою очередь зависит от количества атмосферных осадков и температуры воздуха.

Ключевые слова: река, речной бассейн, атмосферные осадки, температура воздуха, метеорологическая засуха, расход воды, гидрологическая засуха, сельскохозяйственная засуха, социально-экономическая засуха.

HYDROLOGICAL DROUGHT IN UZBEKISTAN AND CONDITIONS ITS FORMATION (ON EXAMPLE OF THE CHIRCHIK RIVER BASIN)

D.M. TURGUNOV¹

¹ Hydrometeorological Research Institute, turgunovd1987@gmail.com

Abstract. The article reveals the essence of the concept of drought and the significance of its study. Information about the species according to the origin of drought is given. Based on a new scientific approach, using the example of 10 mountain rivers and streams in the Chirchik basin that have retained their natural regime, a parameter characterizing hydrological drought is proposed, and a formula for its calculation is given. Based on the calculation results, a statistical analysis of years with hydrological

drought was carried out. The dependence of hydrological drought on meteorological drought, which in turn depends on the amount of atmospheric precipitation and air temperature, is shown.

Key words: *river, river basin, atmospheric precipitation, air temperature, meteorological drought, water discharge, hydrological drought, agricultural drought, socio-economic drought.*

REFERENCES

Agalseva N.A., Pak A.V., Novikova V.A. Hidrologicheskaya zasuxa v Uzbekistane, analiz prichin i vozmojnosti prognozirovaniya [Hydrological drought in Uzbekistan, analysis of the causes and possibilities of forecasting] // Trudi nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta, 2010. – Tashkent: Vip. 12 (257). – S. 55-63. (in Russian)

Alekseyevskiy N.I., Frolova N.L. Bezopasnost vodopolzovaniya v usloviyax malovodiy [Safety of water use in low water conditions] // Vodnoye xozyaystvo Rossii: problemi, texnologii, upravleniye. – M.: 2011. № 6. – S. 6-17. (in Russian)

Kovalyov Yu.S., Mavlonov A.A. O probleme malovodya v basseynax rek Sirdari i Amudari [On the problem of low water in the basins of the Syrdarya and Amudarya rivers] // Materiali Respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferensii. – Tashkent: GIDROINGEO, 2008. – S. 15-20. (in Russian)

Oldekop E.M. Zavisimost rejima r. Chirchik ot meteorologicheskix faktorov [The dependence of the r. Chirchik from meteorological factors] // Tr. Meterol. otdela gidrom. chasti v Turkestanskom kraje. – Tashkent, 1918. – Vip. 89. – 83 s. (in Russian)

Rasulov A.R., Xikmatov F.X., Aytboyev D.P. Hidrologiya asoslari [Fundamentals of Hydrology]. – Toshkent: Universitet, 2003. – 327 s. (in Uzbek)

Trubetskova M.D. Osobennosti zonalnogo stoka rek basseyna Verxney Amudari v malovodnie i mnogovodnie godi [Peculiarities of the zonal runoff of the rivers of the Upper Amu Darya basin in dry and high water years] // Vodnoye xozyaystvo Rossii: problemi, texnologii, upravleniye. – M.: 2012. №4. – S. 93-102. (in Russian)

Xikmatov F.X., Turgunov D.M. Malovodnie godi na gornix rekax, voprosi rascheta ix normi i parametrov uglubleniya [Shallow years on mountain rivers, issues of calculating their norm and deepening parameters] // Vestnik NUUz. № 3/1. Yestestvennie nauki. – Tashkent, 2017. – S. 330-335. (in Russian)

Chub V.Ye. Izmeneniye klimata i yego vliyaniye na gidrometeorologicheskiye protsessi, agroklimaticheskkiye i vodnie resursi Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agro-climatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent: «VORIS NASHRIYOT» MCHJ, 2007. – 133 s. (in Russian)

Shuls V.L. Reki Sredney Azii [Rivers of Central Asia]. – L.: Gidrometeoizdat, 1965. – 691 s. (in Russian)

УДК: 551.311.8+556.5.06

**ИХНАЧ КЎЛЛАРИ ЭҲТИМОЛИЙ СУВ ТОШҚИНИНИНГ
ВАҚТ ВА ҲУДУД БЎЙИЧА ТАРҚАЛИШИНИ БАҲОЛАШ****Д.М. ЖУНСАЛИЕВ¹, Ф.Ў. УМИРЗАҚОВ^{2,3*}, А. ЧИКОЙРА⁴, Т.Ю. САБИТОВ²,
Э.Р. СЕМАКОВА⁵, Ҳ.А. МАМИРОВ⁶**¹ Ўзбекистон Республикаси ФВВ Академияси, d.junsaliev@gmail.com² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, g.umirzakov@gmail.com, tim7en@gmail.com³ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти⁴ Швейцариянинг Цюрих университети, alessandro.cicoira@uzh.ch⁵ Улуғбек номидаги Астрономия институти, ella9sem@gmail.com⁶ Х.М. Абдуллаев номидаги геология ва геофизика институти, hmamirov@inbox.ru

Аннотация. Мақолада табиий хавфли жараёнларни ўрганувчи махсус дастурда Тошкент вилоятининг Писком дарёси ҳавзасида жойлашган Катта Ихнач ва Куйи Ихнач кўлларида юзага келиши мумкин бўлган сув тошқини оқимининг динамик симуляцияси ишлаб чиқилган. Тадқиқотда сув тошқини потенциал хавфининг аҳоли яшаш ҳудудлари ва муҳандислик иншоотларига таъсири баҳоланган.

Калит сўзлар: тоғ кўллари тўғонининг ўтирилиши, сел тошқини, гидродинамик симуляция, муҳандислик муҳофаза иншооти, рельефнинг рақамли модели, RAMMS дастури.

Кириш. Ўрта Осиё кўллари жойлашган ўрнига боғлиқ ҳолда уч гуруҳга: тоғ кўллари, тоғ олди кўллари, текислик кўлларига бўлинади. Кўллари мазкур гуруҳларга ажратишда уларнинг баландлик минтақалари бўйича жойлашиши эътиборга олинган [Расулов и др., 2003]. Жумладан, океан сатҳидан 500 метргача баландликда жойлашган текислик кўллари, 500-1000 метр баландликдаги тоғолди кўллари ва 1000 метрдан баландда жойлашган тоғ кўллари сифатида қабул қилинган. Демак, тоғ кўллари деганда, минтақа тоғларида 1000 метрдан баландда жойлашган кўллар тушунилади.

Ўзбекистон тоғ кўллари каталогини яратиш охирги марта 1999-2000 йилларда Ўрта Осиё гидрометеорология илмий-тадқиқот институти (ҳозирги вақтда Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти) олимлари томонидан амалга оширилган. Мазкур ўрганишлар натижасида Ўзбекистон ҳудудини ўраб турган тоғларда уч юз элликка яқин тоғ кўллари мавжудлиги ва улардан қарийб уч юзтаси морена кўллари эканлиги аниқланган [Муракаев и др., 2004].

Ўзбекистонда ҳалокатли сув тошқини зоналарида республика, вилоят ва туман аҳамиятига эга 87 шаҳар, 200 га яқин аҳоли яшаш пунктлари мавжуд бўлиб, мазкур ҳудудларда 3,5 млн.га яқин аҳоли яшайди [РКООНИК, 2008]. Табиийки, тоғли ҳудудларда жойлашган кўллар тоғ олди ҳудудидаги аҳоли яшаш пунктларига, гидротехник иншоотларга ва бошқа иқтисодий объектларга хавф-хатар туғдиради. Сирдарё ҳавзасидаги Чирчиқ дарёси ирмоқларнинг юқори оқимида бир қанча тоғ кўллари мавжуд. Жумладан, Писком дарёси ҳавзасида тўпланган сув ҳажми бўйича энг катта кўллар сирасига кирувчи Ихнач кўлларида юзага келадиган эҳтимолий сув тошқинининг потенциал хавфини ўрганиш юқорида келтирилган муаммонинг ечимини топишга имкон беради [Глазырин и др., 2012].

Ҳозирги кунда кўпгина давлатларда махсус компьютер дастурларида маҳаллий ва минтақавий сел оқимлари ва сув тошқинларини моделлаштириш ва уларнинг хавф-

* Масъул муаллиф: g.umirzakov@gmail.com, тел.: +998 97 401-02-83

хатарларини ГАТ (Географик ахборот тизимлари) асосида баҳолашнинг замонавий тизими ишлаб чиқилган [Пьянков и др., 2017]. Жумладан, Швейцария, АҚШ ва Канада каби давлатларда иқлим ўзгариши таъсирида ўпирилиш мумкин бўлган тоғ кўллариининг потенциал хавфини прогноз қилиш мақсадида кўп йиллар давомида тадқиқот ишлари олиб борилмоқда [Konovalov, 2009].

Табиий офатлар оқибатини юмшатиш ва талофат миқдорини камайтириш борасида, айниқса, турли кўчкилар, сув тошқини ва сел оқимларинининг динамикасини симуляция қилишда махсус моделларга катта эҳтиёж сезилади. Махсус моделлар кўпинча ушбу жараён натижасида юзага келадиган хавф-хатарларнинг таъсир доирасини баҳолаш учун ишлатилади ва оқибатларини юмшатишга қаратилган аниқ чора-тадбирларни ишлаб чиқишда ахборот манбаи сифатида хизмат қилади. RAMMS дастурий таъминот тўплами ана шундай технологик модулларни ўзида жамлаган дастурлардан ҳисобланади [SLF]. Ушбу дастур Швейцариянинг Давос Дорфдаги Қор ва кўчкилар тадқиқот институтининг бир гуруҳ олимлари томонидан йиллар давомида ўтказилган тажрибалар ва илмий изланишлар натижасида яратилган.

Ишининг мақсади ва вазифалари. Мазкур тадқиқот ишининг мақсади Писком дарёси ҳавзасида жойлашган Ихнач кўлларида юзага келиши мумкин бўлган сув тошқинининг аҳоли яшаш ҳудудлари ва муҳандислик иншоотларига потенциал хавфини баҳолашдан иборат. RAMMS дастурида Ихнач кўлларида юзага келадиган сув тошқинининг оқим динамикасини симуляция қилиш тадқиқот ишининг вазифаси ҳисобланади.

Тадқиқот объекти ва предмети. Тадқиқот иши объекти сифатида Писком дарёси ҳавзасидаги Катта Ихнач ва Қуйи Ихнач кўллари танлаб олинди (1-расм). Мазкур кўллариининг эҳтимолий сув тошқинини гидродинамик симуляциясини RAMMS дастурида моделлаштириш ишлари тадқиқотнинг предмети ҳисобланади.

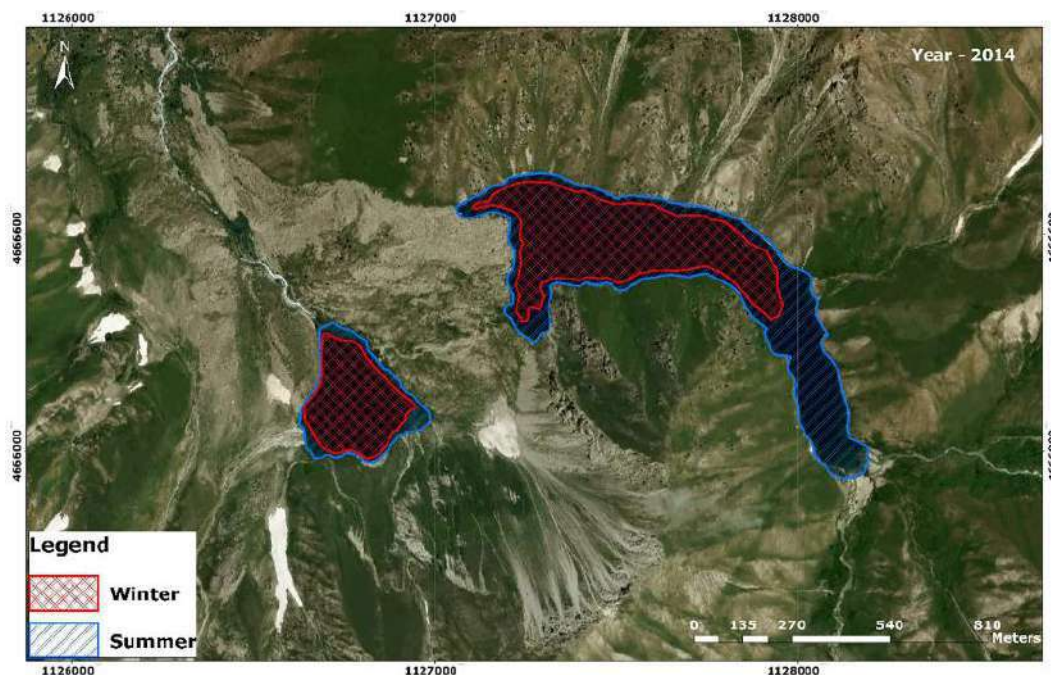
Тадқиқот усуллари. Кўллариининг морфологик ва морфометрик кўрсаткичларини аниқлашда соҳанинг етакчи олимлар томонидан эълон қилинган илмий тадқиқот ишлари натижаларидан фойдаланилди. Рельефнинг рақамли моделини (DEM – *Digital elevation model*), аэровизуал фототасвирлар, топографик карталарни яратиш ҳамда таҳлил қилиш ишлари QGIS (*Quantum Geographic Information System*) дастурида бажарилди. Тошқин сувининг гидродинамик симуляцияси RAMMS дастуриининг Debrisflow модулида амалга оширилди.

Бирламчи маълумотлар. RAMMS дастурий таъминот тизими учта симуляция модулини ўзида жамлаган: 1) *Ramms::Avalanche* → қор кўчкиси, 2) *Ramms::Debrisflow* → сел оқими, 3) *Ramms::Rockfall* → қаттиқ тоғ жинслари (тош) кўчиши. Ушбу дастурий таъминот модулларида гидрологик ва геологик жараёнларнинг симуляциясини моделлаштириш мумкин. Сув тошқинининг гидродинамик симуляцияси *Debrisflow* модулида амалга оширилади [Bartelt et al., 2017]. Мазкур модул иккита энг асосий рақамли маълумотлар базаси билан ишлайди, жумладан, (i) рельефнинг рақамли модели ва (ii) морфометрик маълумотлар (кўрсаткичлар). Дастурнинг морфометрик маълумотлари кўлнинг ҳажми, чуқурлиги, дарё ўзанидаги эрозияга мойил майдоннинг параметрлари, тошқин суви таркибидаги жинсларнинг механик параметри (ξ (X_i) м/с²), суюқликнинг ишқаланиш коэффициентини (μ (M_n)) ва бошқалардан иборатдир [SLF]. RAMMS дастурида сув тошқини симуляцияси орқали қуйидагиларни аниқлаш мумкин: (i) сув тошқинининг етиб бориш масофаси ва вақти; (ii) сув тошқин майдони бўйлаб исталган жойдаги сувнинг сатҳи, тезлиги ва босими; (iii) геологик ва геотехник билимлар (маълумотлар)га таянган ҳолда тоғ кўллари тўғонининг ўпирилиш сценарийлари; (iv) тоғ кўллари тўғонининг ўпирилиш сценарийларини моделлаштириш; (v) ҳудуд бўйича чекланган маълумотлар билан ҳам сув тошқини хавфи харитасини ишлаб чиқиш.

Сирдарё ҳавзасида жойлашган Писком дарёси ҳавзасидаги кўлларнинг сони 110 тани (умумий майдони $1,8 \text{ км}^2$), шундан 35 таси ($1,5 \text{ км}^2$) кулама тўғонли кўллар ва 75 таси морена ва музлик кўлларни ($0,3 \text{ км}^2$) ташкил этади. Кичик кўллар (2000 м^2 дан кам) барча кўлларнинг 45% ни ташкил қилади. Музлик кўлларнинг асосий қисми (68%) 3400-3700 м, кулама тўғонли кўллар эса (11%) 2300-2700 м баландликда жойлашган [Semakova & Semakov, 2017].

Писком дарёси ҳавзасининг энг йирик кўллари Шовурқўл, Катта Ихнач, Қуйи (ёки Кичик) Ихнач ва Кўксу кўллари ҳисобланади. Мазкур дарё ҳавзасида Катта Ихнач кўли жиддий эътибор талаб қилади, чунки бу ерда сўнгги йилларда тўғон танасида доимий равишда янги чуқурликлар ва ювилишлар кузатилмоқда. Айниқса, июль-август ойларида ҳавзада қор ва музликларнинг интенсив эриши натижасида кўлда максимал сув сатҳи кузатилади (1-расм). Кўл тўғони ёғингарчилик миқдорининг меъёрдан ортиқ ёғиши, кўчки оқибатида ёки эҳтимолий кучли zilzila вақтида тўғон танасидан сув массасининг сизиб чиқиши натижасида ўпирилиб кетиши мумкин [Глазырин и др., 2012].

Тоғ кўллариининг, хусусан, музлик кўлларнинг сув сатҳи йил фаслларида ёки йилдан-йилга сезиларли даражада ўзгаради. Хусусан, Ихнач кўллари сув сатҳи ва майдонининг мавсумий ўзгаришини 1-расмда кузатиш мумкин. Бу ерда йилнинг киш ва ёз ойларида сув сатҳининг динамик ўзгариши дарё ва сойларнинг гидрологик режими ва музликларнинг эриш даври билан боғлиқ ҳисобланади.



1-расм. Катта Ихнач ва Қуйи Ихнач кўлларидаги майдонининг мавсумий ўзгариши [Petrov et al., 2017]

Рис. 1. Сезонное изменение площади озер Большой Ихнач и Малый Ихнач [Petrov et al., 2017]

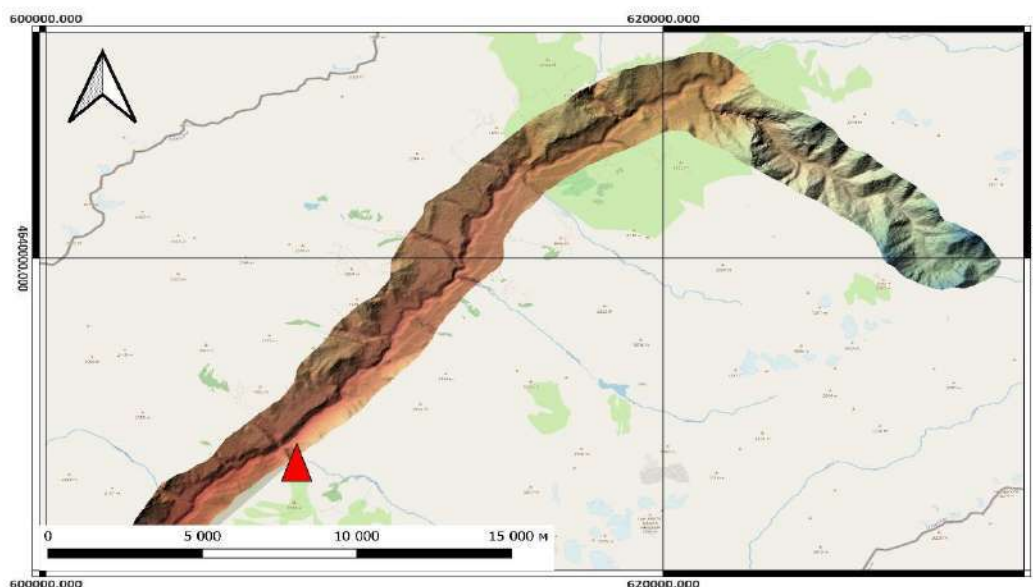
Fig. 1. Seasonal changes of the areas of the lakes of Great Ikhnach and Small Ikhnach [Petrov et al., 2017]

Кўлнинг сув балансини ҳисоблаш тўғон танасидан фильтрация бўладиган сув сарфининг интенсивлигини аниқлаш имконини беради. Бу кўлдаги сув сатҳининг ўзгариш кўрсаткичлари билан тўғон устидан оқётган сув сарфини ҳисоблаш ёрдамида амалга оширилади. Шунингдек, Катта Ихнач кўлидаги сувнинг ҳарорати ва оқими тўғрисидаги

маълумотлардан фойдаланган ҳолда морена музлигининг эриш тезлигини ҳам тахминий баҳолаш мумкин [Глазырин и др., 2012].

Катта Ихнач (максимал чуқурлиги 52 м) ва Қуйи Ихнач (максимал чуқурлиги 21 м) кўллари умумий сув ҳажми 5,5 млн. м³ ни ташкил этади. Катта Ихнач кўли (тўлик тўлганда) қуйидаги морфометрик кўрсаткичларга эга: юза майдони – 0,33 км², ҳажми – 4,8 млн. м³, узунлиги – 1,52 км, ўртача чуқурлиги – 14,5 м, максимал чуқурлиги эса – 52 м, сув йиғиш майдони – 37,2 км² ни ташкил этади [Petrov et al., 2017]. А.М.Никитин ва В.П.Пушкаренинг умумий хулосалари бўйича Катта Ихнач кўлининг тўғони тоғнинг чап ён бағридан юзага келган кўчки натижасида ҳосил бўлган. Қуйи Ихнач кўли морена ортидаги музликнинг чекиниши натижасида ҳосил бўлган бўлиб, асосан юқорида жойлашган кўл тўғонидан фильтрация бўлган сувлар ҳисобига тўйинади. Қуйи Ихнач кўлидан оқим очик ўзан орқали чиқади. Катта Ихнач кўли тўғони бўйлаб кенлиги 10 м гача ва чуқурлиги 3 м гача бўлган оқим майдони мавжуд бўлиб, у орқали юқори кўлдаги сув пастки кўлга қараб оқади ва бу юза оқим фақат юқори кўл деярли тўлик тўлганда кузатилади [Глазырин и др., 2012].

Катта Ихнач ва Қуйи Ихнач кўллариининг дарё ҳавзаси рельефининг рақамли модели USGS (*The United States Geological Survey*) сайтидан Sentinel-1 ва NASA (*National Aeronautics and Space Administration*)нинг ALOS POLSAR сунъий йўлдошлари маълумотлар базасидан юклаб олинди. Рельефининг рақамли модели QGIS дастурига юкланиб, маълумотлар мазкур дастурда қайта ишланди (2-расм).



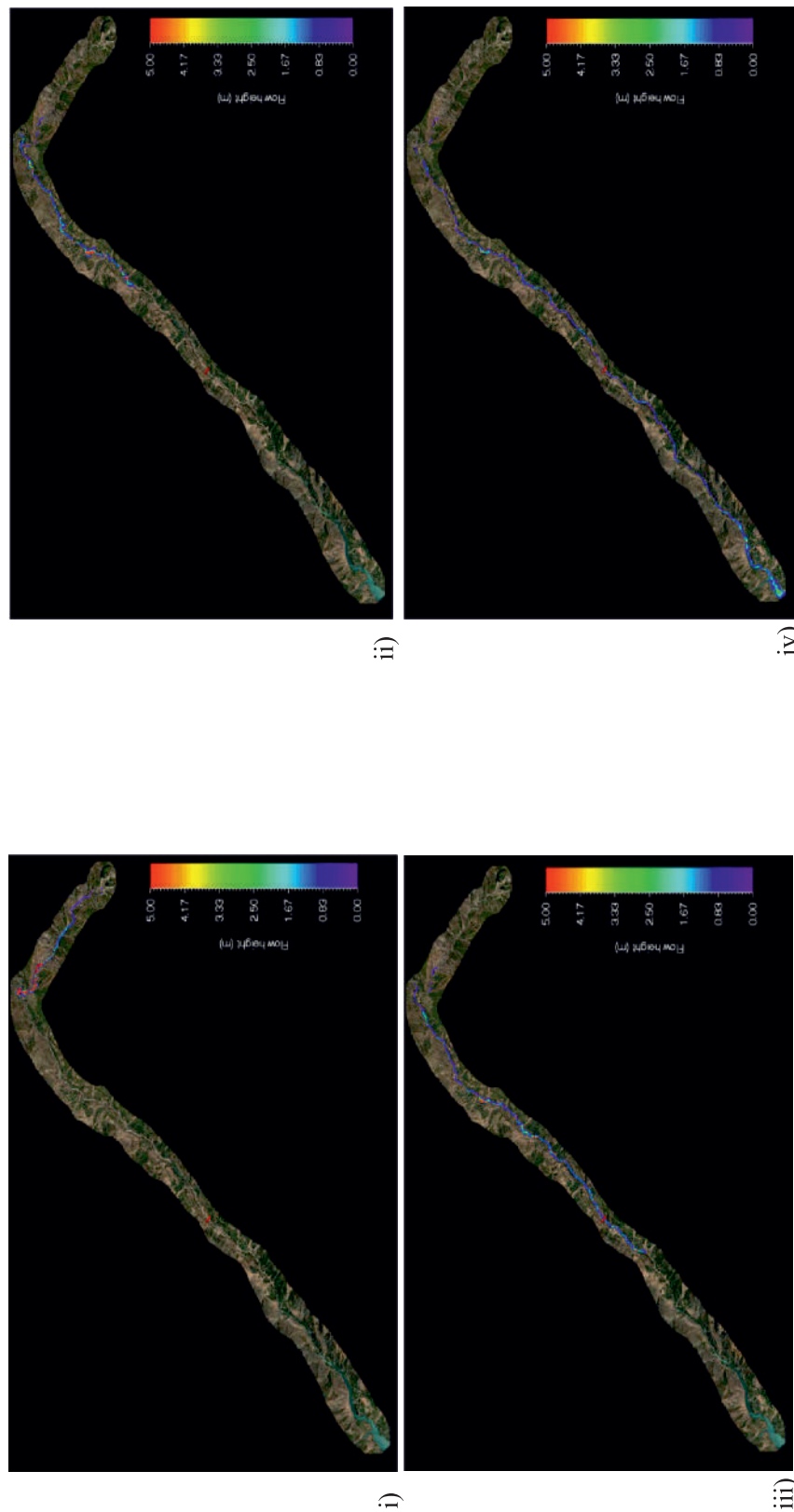
2-расм. Ихнач кўллари ҳавзаси рельефининг рақамли модели [ASF]

Рис. 2. Цифровая модель рельефа бассейна Ихначских озер [ASF]

Fig. 2. Digital elevation model of the Ikhnach lakes basin [ASF]

Тадқиқот ишида RAMMS дастурига қуйидаги морфометрик маълумотлар киритилди: рельефининг рақамли моделининг аниқлик масофаси – 50 м, тошқин сувининг умумий ҳажми – 5,5 млн. м³, эрозия майдони – 1600 м × 1,5 м, тошқин суви таркибидаги жинсларнинг механик параметри ξ – 1000 м/с², суюқликнинг ишқаланиш коэффициенти μ – 0,05, маълумотларни сақлаш частотаси – 400 сек.

Олинган натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Ихнач кўллариининг эҳтимолий сув тошқинини RAMMS дастуриининг *Debrisflow* модулида симуляцияси натижаси (3-расм) бўйича қуйидаги кўрсаткичлар олинди: (i) сув тошқинининг ГЭС ҳудудига етиб

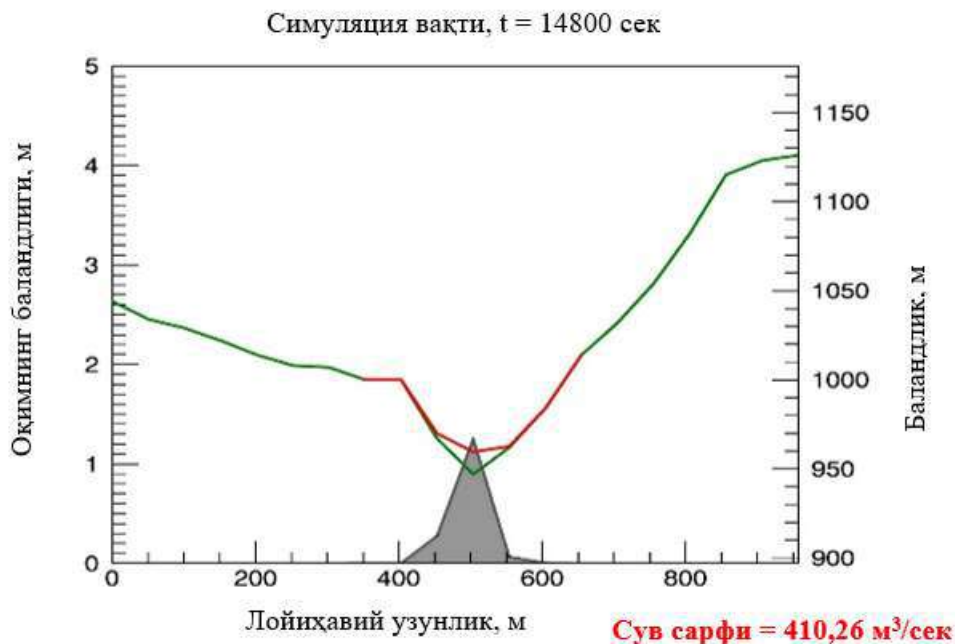


3-расм. RAMMS дастурида Ихнач кўллариинг эхтимолий сув тошқини симуляцияси: Тошқин сувининг i) Писком дарёсига куйилиши; ii) Писком дарёси буйлаб оқиши; iii) куриляётган ГЭС худудига етиб бориши; iv) Писком дарёсининг Чорвок сув омборига куйилиш қисмига етиб бориши

Рис. 3. Вероятностное моделирование паводка на озерах Ихнач в программе RAMMS: поток паводковой воды i) впадение в реку Пскем; ii) течение вдоль реки Пскем; iii) достижение территории строящейся ГЭС; iv) достижение части реки Пскем, впадающей в Чарвакское водохранилище

Fig. 3. Probabilistic modeling of the flood on the lakes of Ikhnach in the RAMMS program: flood water flow i) confluence with the Pskem River; ii) flow along the Pskem River; iii) reaches the territory of the hydroelectric power plant under construction; iv) reaches the part of the Pskem River that flows into the Charvak Reservoir

келиш вақти – 6000 сек \approx 1,66 соат; (ii) тошқин сувининг ГЭС худудидаги максимал сув сарфи – 410 м³/сек; (iii) ГЭС худудидаги тошқин сувининг баландлиги – 1,2 м (4-расм); (iv) Катта Ихнач ва Қуйи Ихнач қўлларида ГЭС худудигача бўлган масофа – 33750 метр.



4-расм. Писком ГЭС худудида сув тошқинининг баландлиги ва сув сарфи графиги

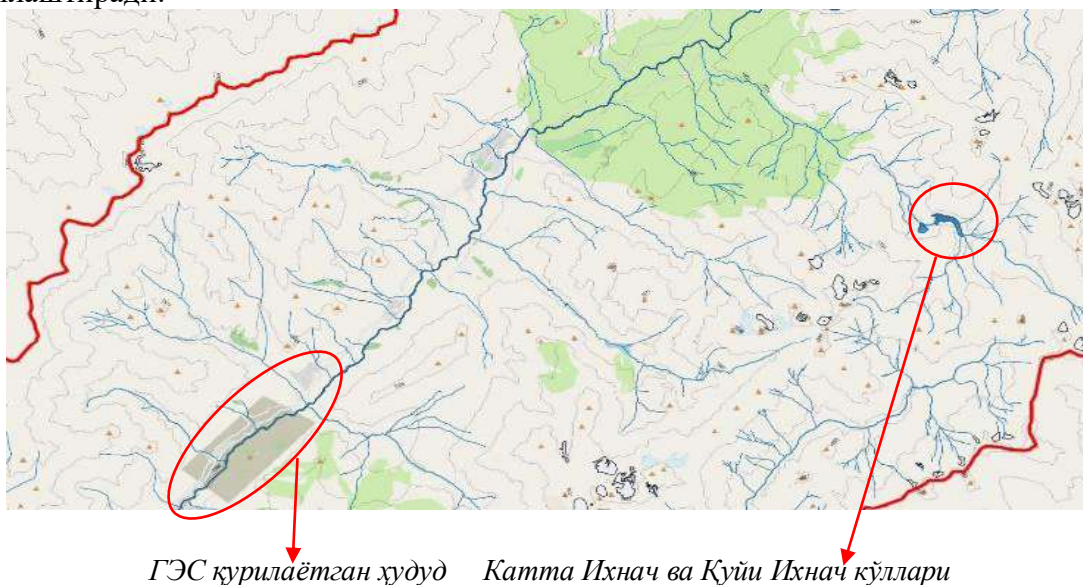
Рис. 4. График уровня паводка и расхода воды на территории Пскемской ГЭС

Fig. 4. Graph of flood height and discharge in the territory of the HPP Pskem

Олинган натижалар Катта Ихнач ва Қуйи Ихнач қўллари эҳтимолий сув тошқинининг аҳоли яшаш худудига потенциал хавф-хатари мавжуд эмаслигини кўрсатади. Боиси, Писком дарёсининг изогипсларда ифодаланган топографик картасида дарё ўзани қирғоғига энг яқин бўлган аҳоли яшаш пункти (Беш-кулча) денгиз сатҳидан 800-900 м дан баландда жойлашганини кўриш мумкин (5-расм). Сув тошқини Писком дарёсининг Чорвоқ сув омборига қуйилиш қисмига \approx 4 соат (14800 сек)да етиб бориши аниқланди (4-расм). Катта Ихнач ва Қуйи Ихнач қўлларида Писком дарёсининг Чорвоқ сув омборига қуйилиш қисмигача бўлган масофа 53900 м ни ташкил этади. Лекин, катта Ихнач ва Қуйи Ихнач қўлларида юзага келиши мумкин бўлган сув тошқини Писком дарёси ҳавзасида қуриладиган ГЭС ва унинг муҳандислик инфратузилмалари мустаҳкамлигига ҳамда уларни эксплуатация қилиш жараёнига салбий таъсир кўрсатиши мумкин. Шунинг учун сел тўхтатувчи гидротехника иншоотларини лойиҳалашда RAMMS дастурида моделлаштирилган тошқин сувининг кўрсаткичларини инобатга олиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Эҳтимолий сув тошқинининг дастлабки натижаси бўйича дастур имкониятлари таҳлил қилинди ва дастурга боғлиқ бўлмаган, аммо симуляция сифатига таъсир этувчи рельефнинг рақамли моделини олишда техник муаммолар мавжуд эканлиги аниқланди. Яъни, ҳозирги вақтда юклаш имкони мавжуд бўлган очик манбалардаги рельефнинг рақамли моделини аниқлик даражаси 12,5 м ни ташкил этади (2-расмга қаранг). Бу эса, тадқиқот объекти бўлган тоғ қўллари ҳавзасидаги дарё ўзанининг эни 12,5 м дан кам бўлган айрим жойларда сув тошқини симуляцияси кўрсаткичларининг ишончли бўлишига салбий таъсир кўрсатади. RAMMS дастурининг *Debrisflow* модулида тоғ қўллари

тўғонининг ўпирилиши натижасида юзага келадиган сув тошқини потенциал хавфини баҳолашда қуйидаги имкониятларга эга, яъни: (1) тошқин сувининг етиб бориш масофаси (худудини), вақт бўйича маълумотларни кўрсатиб беради; (2) сув тошқини майдони бўйлаб исталган жойдаги сувнинг сатҳи, сувнинг босими ва сувнинг тезлигини юқори аниқликда кўрсатади. Шу билан биргаликда мазкур дастур имкониятларининг чекланганлиги сифатида қуйидагиларни келтириш мумкин: (1) дастур фақат тоғ олди ва тоғли зоналарда жойлашган қўлларнинг эҳтимолий сув тошқинини симуляциясини кўрсатиб беради; (2) дастур ёгингарчилик бўйича маълумотларни ҳисобга олмайди, яъни, сел тошқинларини симуляция қилишнинг имкони мавжуд эмас; (3) дарёнинг сув сарфини ҳисобга олмайди, яъни, рельефнинг рақамли модели дарё сувнинг юза қисмини шифрлаши натижасида дастур тошқин сувини дарё сувининг юза қисмидан моделлаштиради.



5-расм. Писком ГЭС ҳудуди ва Ихнач қўлларининг жойлашган ўрни [OSM]

Рис. 5. Географические положения Пскемской ГЭС и Ихначеских озер [OSM]

Fig. 5. Geographical location of Pskem HPP and the Ikhnach lakes [OSM]

Хулоса.

1. Тоғ қўлларида юзага келиши мумкин бўлган сув тошқинининг етиб бориш масофаси ва вақтини аниқлаш орқали потенциал талофат худудларини хавфлилик даражаси бўйича зоналаштириш ва хавф-хатар харитасини тузиш имкони яратилди.

2. Тоғ қўлларида юзага келиши мумкин бўлган сув тошқини майдони бўйлаб исталган жойдаги сувнинг сатҳи, сувнинг босими ва сувнинг тезлигини аниқлаш орқали муҳандислик муҳофаза иншоотларининг оптимал ечимларини танлаш, тоғолди худудларда ижтимоий, иқтисодий, сайёҳлик ва яқка тартибдаги аҳоли яшаш объектларини хавфсиз худудларда қуришни лойиҳалаштириш, шунингдек, уларни қуришда конструкцияларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари чегарасини белгилаш каби имкониятлар яратилди.

3. RAMMS дастурининг *Debrisflow* модулида Ихнач қўлларининг эҳтимолий сув тошқинини вақт ва худуд бўйича тарқалишини баҳолаш орқали юзага келиши мумкин бўлган фавқулодда вазиятларнинг олдини олиш ва талофат миқдорини камайтириш

чора-тадбирларини ишлаб чиқиш ҳамда қутқарув тузилмаларининг куч ва воситаларидан самарали фойдаланиш имконияти яратилди.

Муаллифлар хиссаси. **Д.М. Жунсалиев:** мақола ғояси, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Ғ.Ў. Умирзаков:** мақола ғоясини қўллаш, маълумотларни қайта ишлаш. **А. Чикойра:** дастурнинг қўлланилишида илмий маслаҳатлар бериш, мақола ғоясини қўллаш. **Т.Ю. Сабитов:** дастурда симуляцияларни ишлаб чиқиш, маълумотларни киритиш. **Э.Р. Семакова:** маълумотлар таҳлили, мақола ғоясини қўллаш. **Ҳ.А. Мамиров:** адабиётлар билан таъминлаш, мақола ғоясини қўллаш. Барча муаллифлар кўлэзманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилиklarини билдирдилар.

Миннатдорлик. Ушбу мақола Адаптация фонди томонидан молиялаштирилган GLOFCA (Glacier lake outburst flow in Central Asia) халқаро илмий-амалий лойиҳаси доирасида амалга оширилди. Муаллифлар GLOFCA лойиҳасининг координаторлари (UNESCO) ва халқаро ҳамкорлари (Цюрих уриверситети)га ўз миннатдорчилигини билдиради.

АДАБИЁТЛАР

Глазырин Г.Е., Северский И.В., Хергет Ю., Касаткин Н.А. Исследование озер, погруженных оползнями и моренами на Западном Тянь-Шане. Вопросы Географии и Геоэкологии, Алматы. № 2. – 2012. – 53-61 с.

Муракаев Р.Р., Старыгин Г.Н., Шамсутдинов В.Н. Гляциальные озера в бассейнах рек, несущих воду на территорию Узбекистана. - Тр. НИГМИ. Вып. 3(248). – 2004. – 119-124 с.

Пьянков С.В. Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений: монография / С.В. Пьянков, А.Н. Шихов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – 148 с. http://gis.psu.ru/wp-content/uploads/2018/01/Pyankov_Shikhov_print_compressed.pdf

Расулов А.Р., Хикматов Ф.Х., Айтбоев Д.П. Гидрология асослари. – Тошкент: ЎзМУ. – 2003. – 328 б.

РКООНИК, 2008. Второе национальное сообщение Республики Узбекистан по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Ўзгидромет. – 2008. – 198 с. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/TNC_Uzbekistan_under_UNFCCC_rus.pdf?download

Konovalov V.G. Remote sensing monitoring of the outburst hazardous lakes in Pamir. Earth's Cryosphere. 13(4). – 2009. – PP. 80–89.

Bartelt P., Bieler C., Bühler Y., Christen M., Deubelbeiss Y., Graf Ch., McArdell B., Salz M., Schneider M. A numerical model for debris flows in research and practice. User Manual v1.7.0. Debris Flow. WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF. 2017 - 116 p. https://ramms.slf.ch/ramms/downloads/RAMMS_DBF_Manual.pdf

Petrov M.A., Sabitov T.Y., Tomashevskaya I.G., Glazirin G.Ye., Chernomorets S.S., Savernyuk Ye.A., Tutubalina O.V., Petrakov D.A., Sokolov L.S., Dokukin M.D., Mountrakis G., Ruiz-Villanueva V., Stoffel M. Glacial lake inventory and lake outburst potential in Uzbekistan. Science of the Total Environment. № 592. 2017. – PP. 228-242. https://dendrolab.ch/wp-content/uploads/2018/10/Petrov_et_al_2017.pdf

Semakova E.R., Semakov D.G. On a possibility to use the remote sensing techniques for glaciological analysis in mountain regions of Uzbekistan. Лед и Снег. Vol. 57(2). 2017 – PP. 196-197.

Электрон ресурслар:

ASF (Alaska Satellite Facility): Ихнач қўллари хавзаси рельефининг рақамли модели.
URL: www.asf.alaska.edu (мурожаат санаси 14.05.2022)

OSM (Open Street Map): Писком ГЭС худуди ва Ихнач қўллариининг жойлашган ўрни.
URL: www.openstreetmap.com (мурожаат санаси 10.03.2022)

SLF (Institut für Schnee-und Lawinenforschung / Institute for Snow and Avalanche Research).
URL: www.ramms.slf.ch (мурожаат санаси 24.04.2022)

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ВЕРОЯТНОГО НАВОДНЕНИЯ ИНХАЧСКИХ ОЗЕР****Д.М. ЖУНСАЛИЕВ¹, Г.У. УМИРЗАҚОВ^{2,3}, А. ЧИКОЙРА⁴, Т.Ю. САБИТОВ²,
Э.Р. СЕМАКОВА⁵, Х.А. МАМИРОВ⁶**¹Академия МЧС Республики Узбекистан, d.junsaliev@gmail.com²Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, g.umirzakov@gmail.com, tim7en@gmail.com³Научно-исследовательский гидрометеорологический институт⁴Цюрихский университет Швейцарии, alessandro.cicoira@uzh.ch⁵Институт астрономии имени Улугбека, ella9sem@gmail.com⁶Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева, hmamirov@inbox.ru

Аннотация. В статье разработана динамическая симуляция возможного паводкового стока от озер Большой Ихнач и Нижний Ихнач, расположенных в бассейне реки Пскем в Ташкентской области с помощью специальной программы по изучению опасных природных процессов. В исследовании оценено воздействие потенциальной опасности затопления на населенные пункты и инженерные сооружения.

Ключевые слова: прорыв ледникового озера, селевой поток, гидродинамическое моделирование, объект инженерной защиты, цифровая модель рельефа, программа RAMMS.

**SPATIO-TEMPORAL ASSESSMENT
OF THE POTENTIAL OUTBURST FLOOD OF IKHNACH LAKES****D.M. JUNSALIEV¹, G.U. UMIRZAKOV^{2,3}, A. CICOIRA⁴, T.YU. SABITOV²,
E.R. SEMAKOVA⁵, KH.A. MAMIROV⁶**¹Academy of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan, d.junsaliev@gmail.com²National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, g.umirzakov@gmail.com, tim7en@gmail.com³Hydrometeorological Research Institute⁴University of Zurich in Switzerland, alessandro.cicoira@uzh.ch⁵Ulugbeg Astronomical Institute of the Uzbek Academy of Sciences, ella9sem@gmail.com⁶Institute of Geology and Geophysics named after H.M. Abdullaeva, hmamirov@inbox.ru

Abstract. In the article dynamic modeling of a possible flood runoff from the Large Ikhnach and Low Ikhnach lakes, located in the Pskem river basin of the Tashkent region, within the framework of a special program for the study of hazardous natural processes was developed. The study assessed the impact of potential flood hazards on human settlements and engineering structures.

Keywords: glacial lake outburst flood (GLOF), debris flow, hydrodynamic modeling, engineering protection object, digital elevation model, RAMMS software.

REFERENCES

Glazirin G.E., Severskiy I.V., Kherget Yu., Kasatkin N.A. Issledovanie ozer, pogrujennikh opolznyami i morenami na Zapadnom Tyan-Shane. [The study of lakes dammed by landslides and moraines on the Western Tien Shan] Voprosi Geografii i Geoekologii, Almati. № 2. – 2012. – 53-61 s. (in Russian)

Murakaev R.R., Starigin G.N., Shamsutdinov V.N. Glyatsialnie ozera v basseynah rek, nesushih vodu na territoriyu Uzbekistana [Glacial lakes in the basins of rivers incoming water to the territory of Uzbekistan]. - Tr. NIGMI. Vip. 3(248). – 2004. – 119-124 s. (in Russian)

Pyankov S.V. Geoinformatsionnoe obespechenie modelirovaniya gidrologicheskikh protsessov i yavleniy [Geoinformation support for modeling hydrological processes and phenomena] Monografiya / S.V. Pyankov, A.N. Shikhov; Perm. gos. nats. issled. un-t. – Perm, 2017. – 148 s. http://gis.psu.ru/wp-content/uploads/2018/01/Pyankov_Shikhov_print_compressed.pdf (in Russian)

Rasulov A.R., Hikmatov F.H., Aytboev D.P. Hidrologiya asoslar. [Fundamentals of Hydrology]. – Toshkent: UzMU. – 2003. – 328 b. (in Uzbek)

UNFCCC, 2008. Vtoroe natsionalnoe soobshenie Respubliki Uzbekistan po Ramochnoy Konventsii OON ob izmenenii klimata [The second national information of the Republic of Uzbekistan on the UN Framework Convention on Climate Change] Uzgidromet. – 2008. – 198 s. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/TNC_Uzbekistan_under_UNFCCC_rus.pdf.download (in Russian)

Electronic sources:

ASF (Alaska Satellite Facility): DEM of Ikhnach lakes basin. URL: www.asf.alaska.edu (access date 14.05.2022)

OSM (Open Street Map): Location of Pskem HHP and Ikhnach lakes. URL: www.openstreetmap.com (access date 10.03.2022)

SLF (Institut für Schnee-und Lawinenforschung / Institute for Snow and Avalanche Research). URL: www.ramms.slf.ch (access date 24.04.2022)

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ / МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ / ENVIRONMENTAL MONITORING

УДК: 577.472+551.493

ФОНОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОНЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА КАК «БАЗОВАЯ ЛИНИЯ» ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ И ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В СРЕДНЕАЗИАТСКОМ РЕГИОНЕ

Л.А. САИДМАХМУДОВА^{1,2*}, В.Н. ТАЛЬСКИХ¹, О.Д. ГЕРАСИМОВА¹,
Г.К. ИШЧАНОВА¹

¹ Центр гидрометеорологической службы Республики Узбекистан

² Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, lsaidmakhmudova@mail.ru

Аннотация. В статье обсуждаются методы гидробиологических исследований и методы оценки гидробиологического и гидрохимического состояния водотоков. Для классификации и оценки экологического состояния поверхностных вод в среднеазиатском регионе были рассмотрены фоновые характеристики зоны формирования стока как «базовая линия» и определены значения ИЗВ, БПИ, МБИ и ИС, превышение которых считается «красной чертой» в экологическом состоянии водотоков и водоёмов.

Ключевые слова: гидробионт, биоиндикация, индикатор, биоценоз, индекс загрязнения воды (ИЗВ), биотический перифитонный индекс (БПИ), модифицированный биотический индекс (МБИ), индекс сапробности (ИС), перифитон, зообентос.

Введение. Научное обоснование предельно допустимой концентрации (ПДК) отдельных химических веществ, которые имеют важное значение при контроле и мониторинге окружающей среды, проводится по сложной системе испытаний. Однако, все чаще высказывается мнение о целесообразности установления ПДК не в лабораторных испытаниях на отдельных видах гидробионтов и не с одним веществом, а сразу на сообществе гидробионтов или даже на модельной экосистеме. В этом случае, их предлагается называть “экологическими” ПДК. Безусловно, в основе такого предложения лежит верная мысль. Однако, осуществление таких испытаний сталкивается с такими техническими и материальными затруднениями, преодолеть которые на практике не представляется возможным [Строганов, 1977].

Характер негативных экологических изменений можно оценивать и прогнозировать с достаточно высокой надежностью, если в распоряжении имеются данные о чувствительности отдельных видов к изменению факторов среды на основе информации о пространственно - временном распространении химических компонентов и индикаторных видов гидробионтов в различных участках речных бассейнов от зоны формирования стока (ЗФС), не затронутых хозяйственной деятельностью, до зоны интенсивного потребления стока (ЗИПС), т.е. в антропогенной части территории водного бассейна.

В настоящее время практически общепризнана необходимость расширения знаний об условиях формирования химического состава поверхностного стока, а именно, знания

* Ответственный автор: lsaidmakhmudova@mail.ru, тел.: +998 90 131-26-73

естественного фона и тех изменений, которые происходят с исходным качеством поверхностного стока под влиянием антропогенных факторов.

Целью настоящего исследования является изучение гидробиологического состояния поверхностных вод в зоне формирования стока для определения «базовой линии».

Объектом исследования является экологическое состояние поверхностных вод в среднеазиатском регионе, **предмет исследования** – методы оценки гидробиологического состояния и химического состава речных вод.

Обсуждение. Расширение знаний об условиях формирования химического состава речных вод важно для дальнейшей оценки последствий ухудшения их качества как среды обитания гидробионтов под влиянием антропогенного загрязнения, что составляет суть экологического мониторинга поверхностных вод. В его основе функционируют два методологических подхода: биотестирование (абиотических подход) и биоиндикация (биотический подход).

Биотестирование. Практикуемая система контроля загрязнения водных объектов, основанная на определении аналитическими методами предельно допустимых концентраций (ПДК) отдельных веществ и санитарно-гигиенических показателей, не обеспечивает в достаточной мере оценку экологического благополучия водных объектов, что обусловлено рядом причин: отсутствием количественных аналитических методов определения всех токсических соединений в сбрасываемых сточных водах; разнородным характером взаимодействия отдельных компонентов в смеси; вторично образуемыми соединениями, которые могут быть более или менее токсичными, чем анализируемые первоначальные отдельные вещества. Кроме того, определением большого числа отдельных показателей не решается вопрос о степени опасности для водных биоценозов загрязняющих веществ, поступающих в водный объект, поскольку методология биотестирования токсического воздействия загрязнения на биологические объекты основана на лабораторном эксперименте с отдельными тест-объектами в “аквариумных условиях“, не соответствующих натурным условиям и процессам водоема или водотока. В таких условиях установить степень опасности загрязняющих веществ на водные биоценозы, основываясь только на информации о соответствии их отдельных концентраций экспериментально установленным ПДК, нереальная задача [Методы..., 1988].

В последнее время в токсикологии прослеживается тенденция изучения вопросов влияния токсикантов на надорганизменные уровни организации живого. При этом, санитарно-гидробиологическими исследованиями установлено, что с увеличением степени химического загрязнения водоема изменяется качественный состав его населения и происходит смена доминирующих видов. Общая закономерность изменений биологических процессов в водоеме под влиянием токсикантов и других химических загрязняющих веществ состоит в том, что сначала из функциональных звеньев (продуценты, консументы, редуценты) выпадают наиболее чувствительные виды, а их место занимают менее чувствительные и резистентные к загрязнению виды [Тальских, 2020; 2022]. Система в целом (биоценоз/сообщество) в количественном отношении некоторое время функционирует примерно также (продуцирует органическое вещество, его трансформируют и редуцируют консументы и редуценты), но при этом в процессе участвуют другие виды, и, следовательно, качественно это уже иная система. Ее отличия от первоначальной могут быть довольно существенными. Как правило, такого рода экологически значимые изменения биологических процессов в водоемах нежелательны с санитарно-медицинской и хозяйственной точек зрения.

Биоиндикация. Как показывает практика, только с помощью гидробиологических методов, лежащих в основе системы биомониторинга, можно с большой надежностью

оценить влияние на водные экосистемы загрязняющего фактора по изменению состава и структуры биоценозов, т.е. оценить биологические последствия изменения качества водной среды по ответной реакции биоценозов. С другой стороны, широко практикуемые для оценки уровня загрязнения водной массы различные интегральные гидрохимические *индексы загрязнения воды (ИЗВ)*, основанные на компиляции концентраций загрязняющих веществ, переведенных в ПДК, позволяют провести пространственно-временную оценку загрязненности поверхностных вод как среды обитания водных организмов. Оба метода в комплексе составляют основу экологического мониторинга поверхностных вод [Тальских, 2020, 2022]. Однако, во втором случае мы обычно сталкиваемся с ситуацией, при которой в водных объектах ЗФС среднеазиатского региона, не подверженных антропогенному загрязнению и принимаемых за “фон“, в водной массе определяются 2-х и более кратные превышения наиболее “жестких экологических” ПДК некоторых веществ, считающихся загрязнителями [Отчет..., 2011; Ковалевская и др., 2011; Завьялова и др., 1989; Руководство..., 1977]. К ним, например, относятся фенолы, нефтепродукты, тяжелые металлы, особенно медь и цинк, повышенные концентрации которых в фоновых районах имеют, как правило, естественную природу. *Фенолы*, как известно, в естественных условиях образуются в процессах метаболизма водных организмов при биохимическом распаде и трансформации органических веществ, протекающих как в водной толще, так и в донных отложениях. В условиях природных водоемов процессы адсорбции фенолов донными отложениями и взвесями играют незначительную роль. В незагрязненных или слабозагрязненных речных водах содержание фенолов обычно не превышает 20 мкг/л. Превышение естественного фона может служить указанием на загрязнение водоемов. Концентрация фенолов в поверхностных водах подвержена сезонным изменениям. *Нефтепродукты*. Понятие «нефтепродукты» в гидрохимии условно ограничивается только углеводородной фракцией (алифатические, ароматические, алициклические углеводороды). В незагрязненных нефтепродуктами водных объектах концентрация естественных углеводородов может колебаться в речных и озерных водах от 0,01 до 0,20 мг/л, иногда достигая 1-1,5 мг/л. Содержание естественных углеводородов определяется трофическим статусом водоема и в значительной мере зависит от биологической ситуации в водоеме. Более высокие концентрации ряда микроэлементов (медь, никель, цинк, марганец, ртуть) в атмосферных осадках и водотоках горного пояса Средней Азии, обусловлены природным геохимическим фоном.

Содержание этих загрязняющих веществ в зоне формирования стока обуславливают расчетные значения *ИЗВ* свыше 0,5, что соответствует *2 классу качества – чистые воды*. Т.е., в соответствии со значениями *ИЗВ*, расчет которых основан на санитарно-токсикологических *ПДК*, в зоне формирования поверхностного стока в среднеазиатском регионе нет водных объектов, соответствующих *1 классу качества воды – очень чистые воды*. Это находится в известном противоречии с результатами гидробиологического мониторинга, полученных в натуральных условиях методом *биоиндикации*, устанавливающих высший 1-й биологический класс качества воды по присутствию в индикаторных биоценозах северо-альпийских, бореальных, ксено-олигосапробных видов гидробионтов, многие из которых (например, некоторые диатомовые, золотистые и сине-зеленые водоросли) не переносят даже малых концентраций загрязняющих веществ, и указывают своим значимым присутствием на высокое фоновое качество водных экосистем, соответствующих региональному или даже биосферному уровню [Тальских, 2020]. В этой связи, безусловно надо констатировать известный прогресс в разработке региональных биотических индексов для поверхностных вод среднеазиатского региона таких, как биотический перифитонный индекс (*БПИ*) Тальских и модифицированный биотический индекс (*МБИ*) Булгакова, в концептуальную основу которых заложен принцип отнесения к высшему классу качества участков

водосборов, в которых преобладают исконно природные экологические условия и соответствующие этим условиям доминантные и субдоминантные виды организмов перифитона и зообентоса. Низшие классы в этой системе индексов последовательно отражают возрастающее воздействие различных степеней загрязнения на эти индикаторные биоценозы по деградации их исходного генофонда [Тальских, 1997].

Информационная контрольная база. Оценки и классификации качества и экологического состояния водотоков в основном опираются на систему контрольных показателей. При этом, целью *контрольной базы (КБ)* является, по возможности, наиболее полное описание естественного состояния водного объекта или хотя бы его основных абиотических и биотических реперных характеристик [Охрана..., 1993]. Создание *КБ* – важная методологическая задача, которая предполагает обобщение и ранжирование обширной гидрохимической и гидробиологической информации, полученной по результатам системного или экспедиционного мониторинга с целью выявления количественных или качественных характеристик, которые, по сути, следует рассматривать как контрольные региональные или бассейновые показатели (критерии) благополучия водных объектов. Т.е. «фоновые» уровни концентрации химических компонентов, оцениваемые на основе гидрохимического анализа, и выявляемые в процессе биомониторинга «фоновые» индикаторные виды гидробионтов в не затронутых загрязнением «эталонных» водных объектах, представляют собой контрольный базовый уровень для поверхностных вод региона. Использование их в качестве «*базовой линии*» во многих случаях позволит более корректно интерпретировать оценки экологического состояния средних и замыкающих участков речных бассейнов, являющихся объектами импактного мониторинга и сnivelировать известную противоречивость применяемых химико-токсикологических *ПДК*, установленных методом лабораторного биотестирования. Исходя из этой концепции, для формирования региональной *КБ* следует признать в качестве актуальных следующие направления исследования:

- определение/выбор номенклатуры реперных гидрохимических параметров качества воды, превышающих в *ЗФС* существующие стандарты *ПДК* (фенолы, нефтепродукты, тяжелые металлы и др.);
- определение/выбор номенклатуры реперных таксонов водорослей перифитона и макробеспозвоночных зообентоса, характеризующих высокое фоновое качество водных экосистем, соответствующих региональному или даже биосферному уровню;
- изучение пространственно-временной динамики реперных гидрохимических параметров и биологических таксонов в бассейновом и региональном разрезах;
- разработка табличного (или графического) формата матрицы оценочной шкалы реперных параметров и таксонов для использования в качестве региональных «*экологических ПДК*».

Очевидно, что актуальность и успешность такого исследования будет соответствовать более высокой научно-методологической планке при его осуществлении на региональном трансграничном уровне.

Универсальность оценочной методологии с использованием «базовой линии». В практике рутинного или экспедиционного мониторинга поверхностных вод, осуществляемого Управлением мониторинга загрязнения природной среды (УМЗ) Узгидромета, на оценочном этапе результатов мониторинга, как правило, возникает необходимость проведения экологического зонирования подконтрольной гидрографической сети. Возникающие под влиянием антропогенных факторов/нагрузок неоднородности качества водных масс и экологического состояния в речных экосистемах можно формализовать в итоговом цифровом виде (формате) с помощью интегральных показателей, а именно с помощью индексов ИЗВ, БПИ, МБИ и индекса сапробности (ИС).

Использование этих индексов в отчетных аналитических материалах позволяет представить гидрографическую сеть в виде контрастных водных масс, характеризующихся *хорошим, удовлетворительным и неудовлетворительным* экологическим состоянием и качеством воды, а также выделить переходные участки, которые характеризуются *промежуточным неустойчивым* экологическим состоянием.

Выявление таких «*неустойчивых*» зон и наблюдение за их динамикой позволяет также, используя методологический принцип «*базовой линии*», на практике реализовать представление о так называемой «*красной черте*», приближение к которой или переход за нее делает возможным диагностику положительных или отрицательных трендов в экологическом состоянии речных систем, поскольку именно такие зоны, находящиеся в состоянии неустойчивого равновесия, наиболее чувствительны к негативным антропогенным воздействиям.

Для гидрохимического зонирования целесообразно использование среднегодовых значений ИЗВ. За «*красную черту*» принимается значение ИЗВ=2,5, которое следует рассматривать, как переходную границу между III и IV классами химического качества, т.е между «*умеренно загрязненными*» и «*загрязненными*» водами.

Для зонирования сапробного состояния речных бассейнов целесообразно использовать среднемесячные и среднегодовые значения ИС, рассчитанного по прикрепленным биоценозам перифитона. В качестве «*красной черты*» принимается значение ИС=2,5, характеризующее переходное состояние между бетамезо- и альфамезо-сапробным состоянием (зонами сапробности), отражающими, соответственно, умеренный и повышенный уровень органического загрязнения и, косвенно, олиго-мезотрофность и мезотрофность речной экосистемы в створе мониторинга.

Экологическое зонирование, как показывает практика проведения гидробиологического мониторинга УМЗ, возможно с помощью региональных сапробиотических индексов БПИ и МБИ, которые сглаживают высокочастотные флюктуации, характерные для физико-химических показателей, и дают одновременно усредненную характеристику биологического класса качества воды, а также интегральную оценку экологического состояния различных участков водных объектов. За «*красную черту*» принимается значения БПИ и МБИ=4,5.

Расположение усредненных значений ИЗВ, БПИ, МБИ, ИС и амплитуды их разовых значений относительно «*красной черты*» для различных пунктов наблюдательной сети будут иллюстрировать пространственно-временные тренды качества воды и экологического состояния разных участков гидрографической сети. При этом, зоны переходного качества выделяются на графическом рисунке расположением значений соответствующих индексов в области «*красной черты*».

Выводы. Таким образом, принцип «*базовой линии*» с точки зрения методологии является универсальным приемом анализа результатов мониторинга и широко используется в УМЗ Узгидромета при анализе пространственно-временных трендов в зоне интенсивного потребления поверхностного стока. Однако, по-прежнему остается актуальной, но не решенной научно-методологической задачей создание региональной «*информационной контрольной базы*» для зоны формирования поверхностного стока и использование ее в качестве «*базовой линии*».

Вклад авторов. Л.А. Саидмахмудова: методология, анализ, проверка, написание текста, оформление статьи, руководство. В.Н. Тальских: методология, обработка, концептуализация, анализ, написание текста. О.Д. Герасимова: сбор и анализ данных, обобщение. Г.К. Ишчанова: сбор и обработка данных, анализ. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Завьялова Л.В., Ососкова Т.А., Колюхов В.Г. Фоновый мониторинг загрязнения природной среды в Среднеазиатском регионе. Серия: Загрязнение и охрана природной среды. Павильон-Гидрометеорология. – Гидрометеоздат, 1989. – 10 с.

Ковалевская Ю.И., Тальских В.Н., Агафонова О.А., Усманова Л.В. Исследование долговременных изменений фонового состояния объектов природной среды Чаткальского биосферного заповедника // Экологический вестник Узбекистана. – 2011, №9. – С.45-50.

Методы биотестирования вод. Госкомприроды СССР. АН СССР. ВНИИВО. – Черноголовка, 1988. – 128 с.

Отчет о НИР А-7-020 “Исследование долговременных изменений фонового состояния природной среды Чаткальского биосферного заповедника” (заключительный). Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (НИГМИ). – Ташкент, 2011.

Охрана водных ресурсов и экосистем. Серия публикаций по водным проблемам № 1. ЕСЕ/ENVWA/31. – ЕЭК-Женева. ООН-Нью-Йорк, 1993. – 119 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л., Гидрометеоздат, 1977. – 256 с.

Строганов Н.С. Развитие и успехи водной токсикологии в СССР // Гидробиологический журнал, 1977. – №5, Т.ХІІІ. – С.47-57.

Тальских В.Н. Методы гидробиологического мониторинга водных объектов региона Центральной Азии. – Рекомендации. Р Уз 52.25.32-97. – Ташкент, 1997. – 67 с.

Тальских В.Н. Применение характеристик биоразнообразия биогидроценозов в гидробиологическом мониторинге водотоков и водоемов бассейна Аральского моря для оценки их экологического состояния (Гидробиологический очерк и методические рекомендации). Узгидромет/НИГМИ. Ташкент: “Red Grey”, 2020. – 158 с.

Тальских В.Н. Гидробиологический альманах: Обзор результатов некоторых прикладных исследований лимнических и лотических экосистем в бассейне Аральского моря с использованием гидробиологических методов. Узгидромет. Ташкент: “Red Grey”, 2022. – 167 с.

МАРКАЗИЙ ОСИЁ МИНТАҚАСИДАГИ ЕР УСТИ СУВЛАРИНИНГ ЭКОЛОГИК ҲОЛАТИНИ ТАСНИФЛАШ ВА БАҲОЛАШ УЧУН ОҚИМ ҲОСИЛ БЎЛИШ ЗОНАСИНИНГ “ТАЯНЧ ЧИЗИҚ” СИФАТИДАГИ АСОСИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ

Л.А. САИДМАХМУДОВА^{1,2}, В.Н. ТАЛЬСКИХ^{1,2}, О.Д. ГЕРАСИМОВА¹,
Г.К. ИШЧАНОВА¹

¹Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази

²Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, lsaidmakhmudova@mail.ru

Аннотация. Мақолада перифитон ва зообентос ҳолатини баҳолаш орқали гидробиологик тадқиқот усуллари ва сув оқимларининг гидробиологик ва гидрокимёвий ҳолатини баҳолаш усуллари кўриб чиқилган. Марказий Осий минтақасидаги ер усти сувларининг экологик ҳолатини таснифлаш ва баҳолаш учун оқим ҳосил бўлиш зонасининг фон хусусиятлари “таянч чизиқ” сифатида кўриб чиқилган, сув оқимлари ва сув ҳавзаларининг экологик ҳолатида миқдори ошганда “қизил чизиқ” сифатида ҳисобланадиган СИИ, БПИ, МБИ ва СИ қийматлари аниқланган.

Калит сўзлар: гидробионт, биоиндикация, индикатор, биоценоз, сувнинг ифлосланиш индекси (СИИ), биотик перифитон индекси (БПИ), модификацияланган биотик индекс (МБИ), сапроблилик индекси (СИ), перифитон, зообентос.

BACKGROUND CHARACTERISTICS OF THE RUNOFF FORMATION ZONE AS A "BASELINE" FOR THE CLASSIFICATION AND ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF SURFACE WATERS IN THE CENTRAL ASIAN REGION**L.A. SAIDMAKHMUDOVA^{1,2}, V.N. TALSIKH^{1,2}, O.D. GERASIMOVA¹,
G.K. ISHCHANOVA¹**¹ Center of the Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan² Hydrometeorological Research Institute, lsaidmakhmudova@mail.ru

Abstract: *The article discusses the methods of hydrobiological investigation and the methods of assessment of hydrobiological and hydrochemical state of watersheds. To classify and assess the ecological state of surface waters in the Central Asian region, the background characteristics of the runoff formation zone were considered as a "baseline" and the values of WPI, BPI, MBI and SI were determined, the excess of which is considered a "red line" in the ecological state of watersheds and reservoirs.*

Key words: *hydrobiont, bioindication, indicator, biocenosis, water pollution index (WPI), biotic periphyton index (BPI), modified biotic index (MBI), saprobity index (SI), periphyton, zoobenthos.*

REFERENCES

Zavyalova L.V., Ososkova T.A., Konyukhov V.G. Fonoviy monitoring zagryazneniya prirodnoy sredi v Sredneaziatskom regione [Background monitoring of environmental pollution in the Central Asian region]. Series: Pollution and environmental protection. Pavilion-Hydrometeorology. – Gidrometeoizdat, 1989. – 10 p. (in Russian)

Kovalevskaya Yu.I., Talskikh V.N., Agafonova O.A., Usmanova L.V. Issledovaniye dolgovremennix izmeneniy fonovogo sostoyaniya ob'yektov Chatkalskogo biosfernogo zapovednika [Study of long-term changes in the background state of the natural environment of the Chatkal Biosphere Reserve] // Ecological Bulletin of Uzbekistan. – 2011, No. 9 (126). – PP. 45-50. (in Russian)

Metodi biotestirovaniya vod [Water biotesting methods]. Goskompriroda of the USSR. AN SSSR. VNIIVO. – Chernogolovka, 1988. – 128 p. (in Russian)

Otchet o NIR A-7-020 "Issledovaniye dolgovremennix izmeneniy fonovogo sostoyaniya Chatkalskogo biosfernogo zapovednika (zaklyuchitelniy) [Research report A-7-020 "Study of long-term changes in the background state of the natural environment of the Chatkal Biosphere Reserve" (final)]. Hydrometeorological Research Institute (NIGMI). – Tashkent, 2011. (in Russian)

Oxrana vodnix resursov i ekosistem [Protection of water resources and ecosystems]. Water Series No. 1. ECE/ENVWA/31. – ECE-Geneva. UN-New York, 1993. – 119 p. (in Russian)

Rukovodstvo po ximicheskomu analizu poverxnostnix vod sushi [Guidance on the chemical analysis of surface waters of land] / Ed. A.D. Semenov. – L., Gidrometeoizdat, 1977. – 256 p. (in Russian)

Stroganov N.S. Razvitiye i uspexi vodnoy toksikologii v SSSR [Development and progress of water toxicology in the USSR]. // Hydrobiological Journal, 1977. - No. 5, T.XIII. - PP.47-57. (in Russian)

Talskikh V.N. Metodi gidrobiologicheskogo monitoringa vodnix ob'yektov regiona Sentralnoy Azii [Methods of hydrobiological monitoring of water bodies in the Central Asian region]. – Recommendations. R Uz 52.25.32-97. – Tashkent, 1997. – 67p. (in Russian)

Talskikh V.N. Primeneniye xarakteristik bioraznoobraziya biogidrosenozov v girobiologicheskom monitoringe vodotokov i vodoyomov basseyna Aralskogo morya dlya osenki ix ekologicheskogo sostoyaniya [Application of Biodiversity Characteristics of Biohydrocenoses in Hydrobiological Monitoring of Watercourses and Water Bodies of the Aral Sea Basin to Assess Their Ecological State (Hydrobiological Essay and Guidelines)]. Uzhydromet/NIGMI. – "Red Grey". – Tashkent, 2020. – 158 p. (in Russian)

Talskikh V.N. Gidrobiologicheskiy Almanax: Obzor rezultatov nekotorig prikladnix issledovaniy limnicheskix i loticheskix ekosistem v basseyne Aralskogo morya s ispolzovaniyem gidrobiologicheskix metodov [Hydrobiological Almanac: An overview of the results of some applied studies of limnic and

lotic ecosystems in the Aral Sea Basin using hydrobiological methods]. Uzhhydromet. – “Red Grey”. – Tashkent, 2022. – 167 p. (in Russian)

УДК: 504.4.054:504.453

ОҲАНГАРОН ДАРЁСИ МИНЕРАЛИЗАЦИЯСИНИНГ АНТРОПОГЕН ТАЪСИР НАТИЖАСИДА ЎЗГАРИШЛАРИ

Б.Э. НИШОНОВ^{1,2*}, М.Н. НУРМАТОВ^{1,2}, Ч.А. ЙЎЛДОШЕВА³

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, bnishonov@mail.ru

² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон миллий университети

³ Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалиги муҳандислари институти

Аннотация. Мақолада Оҳангарон дарёси минерализациясининг антропоген таъсир натижасида дарё узунлиги бўйича ўзгаришлари б та сув сифатини кузатиш пунктларининг кўп йиллик (1991-2020 йй.) маълумотлари асосида таҳлил қилинган. Оҳангарон дарёсида минерализациянинг оқим шаклланиш зонасига (Ертош пунктига) нисбатан оқимдан фойдаланиш зонасида 1,7 мартадан (Ангрен пунктида) 6,9 мартагача (Дўстобод (қуйи) пунктида) ортиши аниқланган. Дарё суви минерализациясининг дарё узунлиги бўйича ўзгаришларига дарёга саноат, коммунал-маиший ва қишлоқ хўжалик оқава сувларининг ташилланиши сабаб бўлади.

Калит сўзлар: минерализация, сув сарфи, антропоген таъсир, Оҳангарон дарёси.

Кириш. Ҳозирги вақтда қурғоқчил ҳудудларда сув ресурсларининг камайиб бориши шароитида уларнинг сифати ҳам ўзгариб бормоқда. Оҳангарон дарёси Тошкент вилоятидаги йирик дарёлардан ҳисобланади. Табиий-географик шароитига кўра Оҳангарон дарёси ҳавзаси тоғ ва пасттекикликлардан иборат. Дарё ҳавзаси жанубда Қурама ва шимолда Чотқол тоғ тизмалари билан чегараланган бўлиб, шарқда ҳар икки тизма кўшилиб, ҳавза чегарасини белгилайди. Ғарбда Оҳангарон дарёси ҳавзаси Сирдарё дарёси ўзани билан чегараланади. Ҳавзанинг асосий қуйи қисми Тошкент вилояти ҳудудида, юқори қисми эса Наманган вилояти ҳудудида жойлашган. Оҳангарон дарёси Сирдарё дарёсининг Чирчиқ дарёсидан кейин иккинчи йирик ўнг ирмоғидир. Оҳангарон дарёси юқори қисмида Қурама тизмасининг ёнбағридан оқиб тушувчи булоқ ва жилғаларнинг кўшилишидан пайдо бўлган Оқтошсой номи билан бошланади. Сўнгра дарёга Човлисой, Яккаарчасой, Эртошсой, Дукентсой, Қорабағишсой, Ниёзбошсой ва бошқа сойлар кўшилади [Шульц, Машрапов, 1969]. Дарёнинг узунлиги Оқтошсойнинг бошланиш жойидан Сирдарё дарёсигача 236 км, сув йиғиш майдони 7710 км² [Шульц, 1965]. Оҳангарон дарёси асосан қор ва ёмғир сувларидан тўйинади. Оҳангарон дарёси ўзанида иккита – Оҳангарон ва Туябўғиз сув омборлари қурилган.

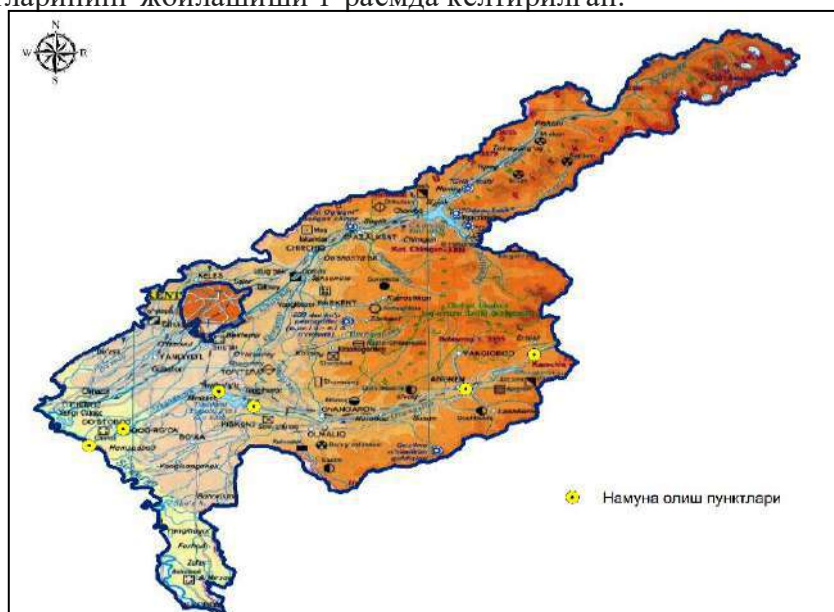
Дарё ҳавзасида йирик саноатлашган шаҳарлар – Ангрен, Оҳангарон, Олмалик жойлашган. Шунингдек, ҳавзадаги ерларда деҳқончилик ҳам кенг ривожланган. Оҳангарон дарёси гидрокимёвий режими ва сув сифатига юқоридаги шаҳарлардаги корхоналарнинг саноат оқава сувлари ва коммунал-маиший оқава сувлари, шунингдек, қишлоқ хўжалик майдонларидан тушадиган оқава сувлар таъсир кўрсатади.

Дарёлар гидрокимёвий таркиби ва сув сифатининг асосий кўрсаткичларидан бири минерализация ҳисобланади. Шу сабабли, Оҳангарон дарёси сувининг минерализациясини дарё узунлиги бўйлаб вақт давомида ўзгаришларини ўрганиш долзарб ҳисобланади. Ушбу тадқиқотнинг мақсади Оҳангарон дарёси

* Масъул муаллиф: bnishonov@mail.ru, тел.: +998 97 1970395

минерализациясининг дарё узунлиги бўйича ўзгаришларини ўрганишдан иборат. **Тадқиқот объекти** Оҳангарон дарёси бўлиб, дарё суви минерализациясининг ўзгаришлари **тадқиқот предмети** ҳисобланади.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Тадқиқотда замонавий гидрохимёвий ҳисоблашлар, статистик ва умумлаштириш усулларидан фойдаланилди. Ҳозирги вақтда Оҳангарон дарёсида Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази (Ўзгидромет)нинг 6 та сув сифатини кузатиш пунктлари мавжуд. Тадқиқот ишини бажаришда Оҳангарон дарёси сув сифати мониторингининг сўнгги 30 йиллик (1991-2020 йй.) маълумотларидан фойдаланилди [Ежегодники, 1991-2020]. Дарё суви минерализациянинг антропоген таъсир натижасида ўзгаришларини аниқлаш учун минерализациянинг кўпийиллик ва ойлик ўртача миқдорларини ҳисоблаш, минерализацияни йил ичида ўзгаришларини (C_{\max}/C_{\min}) ва вариация коэффицентларини (C_v) таҳлили, шунингдек, дарёнинг куйига томон минерализациянинг ўзгаришларини дарёнинг юқори қисмидаги пунктдаги миқдориға нисбатан солиштириш бажарилди. Бунда дарё узунлиги бўйича унинг турли қисмларидаги, яъни юқори оқим – Ангрен шаҳридан юқоридаги пунктлар, ўрта оқим – Туябўғиз сув омборидан юқоридаги ва куйидаги пунктлар ҳамда куйи оқим – Дўстобод шаҳридан юқоридаги ва куйидаги пунктлар маълумотларидан фойдаланилди. Оҳангарон дарёсида жойлашган сув сифатини кузатиш пунктларининг жойлашиши 1-расмда келтирилган.



1-расм. Оҳангарон дарёси сув сифатини кузатиш пунктлари харитаси

Рис.1. Карта пунктов мониторинга качества воды на реке Ахангаран

Fig.1. Map of water quality monitoring points in the Akhangaran River

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Маълумки, ҳар қандай дарё сувининг сифати табиий омиллар (сув йиғиш зонасидаги табиий-иқлимий шароитлар йиғиндиси) ва антропоген омиллар (дарё ҳавзасининг хўжалик мақсадларида фойдаланиш даражаси ва антропоген таъсир кўлами) билан белгиланади. Оҳангарон дарёси ҳавзасида дарё сувининг кимёвий таркиби атмосфера ёгинлари миқдори, қорларнинг эриш интенсивлиги, ер ости сувларидан тўйиниши, тоғ жинсларининг минерал таркиби ва ҳавзадаги тупроқлар типи каби табиий омилларга боғлиқ бўлади. Мураккаб рельеф, баланд зоналик, тоғ жинслари ва тупроқларнинг турли-туманлиги Оҳангарон дарёси

ҳавзасидаги дарёлар сувлари кимёвий таркибининг шаклланишида бир қатор ўзига хос хусусиятларга сабаб бўлади. Оҳангарон дарёси ҳавзаси ўзига хос табиий-иқлимий шароитларга эгаллиги билан бир қаторда, аҳолининг зичлиги, саноат корхоналари ва қишлоқ хўжалиги сабабли юқори антропоген таъсирга учрайди. Ҳавзадаги хўжалик фаолиятининг ўзига хос хусусиятлари (тоғ-кон ва металлургия саноати, қишлоқ хўжалигининг ривожланганлиги) дарё суви кимёвий таркиби ва сифатининг ўзгарувчанлигига, айниқса гидрологик ноқулай (камсув) даврларда катта таъсир кўрсатади.

Дарё суви кимёвий таркибининг ўзгарувчанлиги кўрсаткичларидан бири минерализациянинг ҳам вақт давомида, ҳам дарё узунлиги бўйича динамикаси ҳисобланади. Аксарият дарёлар учун минерализация дарёнинг бошланишидан қуйига томон ортади, бу қонуниятнинг бузилиши дарёнинг алоҳида қисмларида азональ табиий омилларнинг мавжудлиги ёки антропоген таъсирнинг ортишини билдиради.

Сувнинг кимёвий таркибини кузатиш пунктлари гидрологик постларга яқин жойда ёки бевосита улар билан бир жойда жойлаштирилади. Оҳангарон дарёсининг сув сифатини кузатиш 1967 йилдан бошланган бўлиб, ҳозирги вақтда 6 та пунктда кузатишлар олиб борилади (1-жадвал). Оҳангарон дарёсида жойлашган сув сифати мониторинги пунктлари дарё оқими бўйлаб саноат, коммунал маиший ва қишлоқ хўжалиги оқова сувларининг дарё сув сифатига таъсирини тавсифлаш имконини беради. Бу кузатув пунктларида олинган сув намуналарида 40 дан ортиқ физик-кимёвий кўрсаткичлар аниқланади.

1-жадвал

Оҳангарон дарёсида сув сифатини кузатиш пунктлари

Таблица 1

Пункты мониторинга качества воды на реке Ахангаран

Table 1

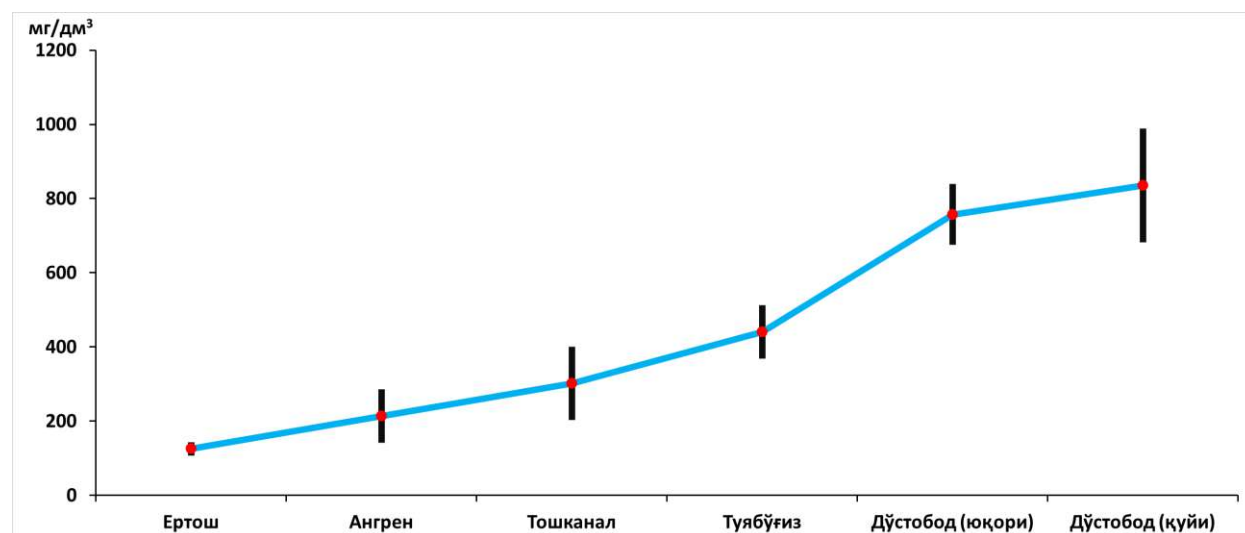
Water quality monitoring points in the Akhangaran River

№	Пунктлар номи	Жойлашган ўрни	Фаолият кўрсатган йили	Кузатилган ойлар
1	Ертош	Ангрен шаҳридан 20 км юқорида, Ертошсой дарёси қуйилишидан 0,4 км қуйида, Машикатут қишлоғидан 0,1 км юқорида	1975-ҳозиргача	I-XII
2	Ангрен	Ангрен шаҳрида, Оҳангарон тўғонидан 5,5 км қуйида	1975-ҳозиргача	I-XII
3	Тошканал	Тошканал дуюкеридан 0,1 км қуйида, Туябўғиз сув омборидан 5 км юқорида	1967-ҳозиргача	IV-VI
4	Туябўғиз	Туябўғиз сув омборидан 0,6 км қуйида, Туябўғиз қишлоғидан 1,5 км жануби-ғарбда	1973-ҳозиргача	I-X
5	Дўстобод (юқори)	Дўстобод шаҳридан 3 км юқорида, Дўстобод каноп заводи оқова сувлари ташланадиган жойдан 2 км юқорида	1968-ҳозиргача	I-XII
6	Дўстобод (қуйи)	Оҳангарон дарёси қуйилиш қисмида, дарё қуйилиш жойидан 0,5 км юқорида, Дўстобод шаҳридан 13 км қуйида	1968-ҳозиргача	I-XII

Оҳангарон дарёси сувининг минерализация миқдори дарёнинг барча кузатув пунктларида, Ўзгидрометнинг сув сифати мониторинги тизимининг 1991-2020 йиллардаги маълумотлари асосида ўрганилди [Ежегодники, 1991-2020]. Тадқиқот давомида Оҳангарон дарёси минерализациясининг кўп йиллик (1991-2020 йй.) маълумотлар базаси шакллантирилди ва шу маълумотлар асосида минерализациясининг ўзгаришлари таҳлил қилинди.

Дарёнинг юқори - сув оқими шаклланиши ҳудудидаги гидрокимёвий таркиби билан қуйи – сувдан фойдаланиш ҳудудидаги оқимининг гидрокимёвий таркиби бир-биридан кескин фарқ қилади. Чунки, дарё сувининг кимёвий таркиби Ангрен, Оҳангарон, Олмалиқ шаҳарларидаги корхоналар оқова сувлари, шунингдек, қишлоқ хўжалик ерларидан коллектор ва дренаж сувлари билан дарёга тушувчи ифлослантирувчи моддалар таъсирида ўзгаради. Буни дарёнинг минерализацияси мисолида ҳам кўриш мумкин. Оҳангарон дарёси минерализацияси турли пунктларда турлича бўлиб, асосан, юқори қисмидан қуйи қисмига томон минерализация даражаси ортиб боради (2-расм).

Оҳангарон дарёсининг бошланиш қисми (тоғ олди ҳудудида) Ертош пунктида минерализация йиллик ўртача $127,7 \text{ мг/дм}^3$ ни ташкил қилса, дарё қуйи қисмига томон (текислик ҳудудида) Дўстобод (қуйи) пунктида минерализация $834,3 \text{ мг/дм}^3$ ни ташкил қилади. Оҳангарон дарёси минерализациясининг бундай кескин ортиб бориши ҳам табиий, ҳам антропоген омиллар таъсири натижасида содир бўлади.

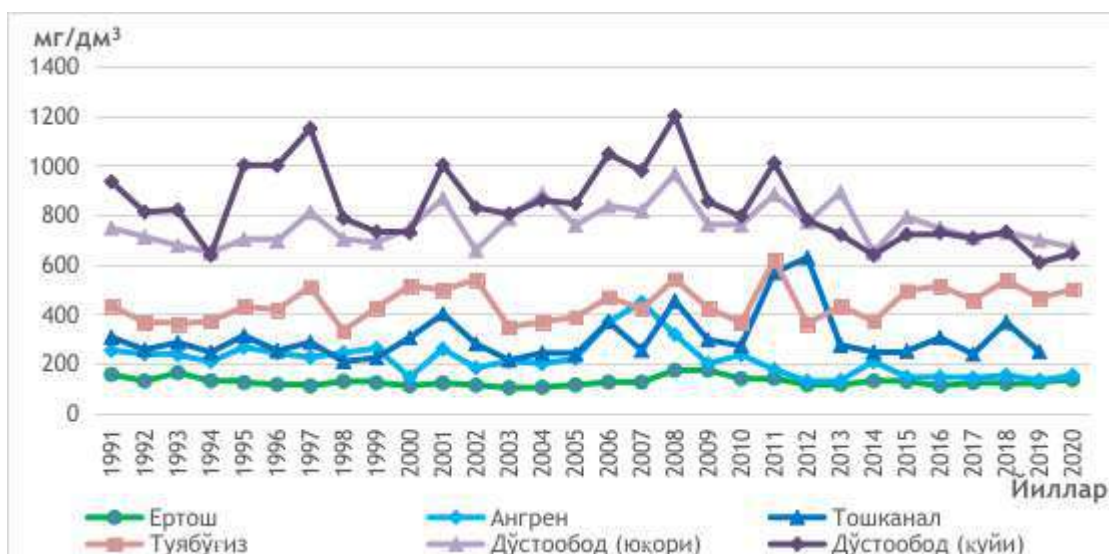


2-расм. Оҳангарон дарёси минерализациясининг дарё узунлиги бўйича ўзгариши (1991-2020 йй.)

Рис. 2. Изменения минерализации реки Ахангаран по длине реки (1991-2020 гг.)

Fig. 2. Changes of the Akhangran River mineralization along the river length (1991-2020)

Алёкин таснифи бўйича [Алекин, 1970], сувнинг минерализацияси даражасига кўра, Оҳангарон дарёсининг суви Ертош пунктида – кам минераллашган сувлар гуруҳига ($<200 \text{ мг/дм}^3$), Ангрен ва Тошканал пунктларида ўртача минераллашган сувлар гуруҳига ($200-500 \text{ мг/дм}^3$), Туябўғиз ва Дўстобод (юқори) пунктларида юқори минераллашган сувлар гуруҳига ($500-1000 \text{ мг/дм}^3$), дарёнинг қуйилиш қисми - Дўстобод (қуйи) пунктида жуда юқори минераллашган сувлар гуруҳига ($>1000 \text{ мг/дм}^3$) киради (3-расм).

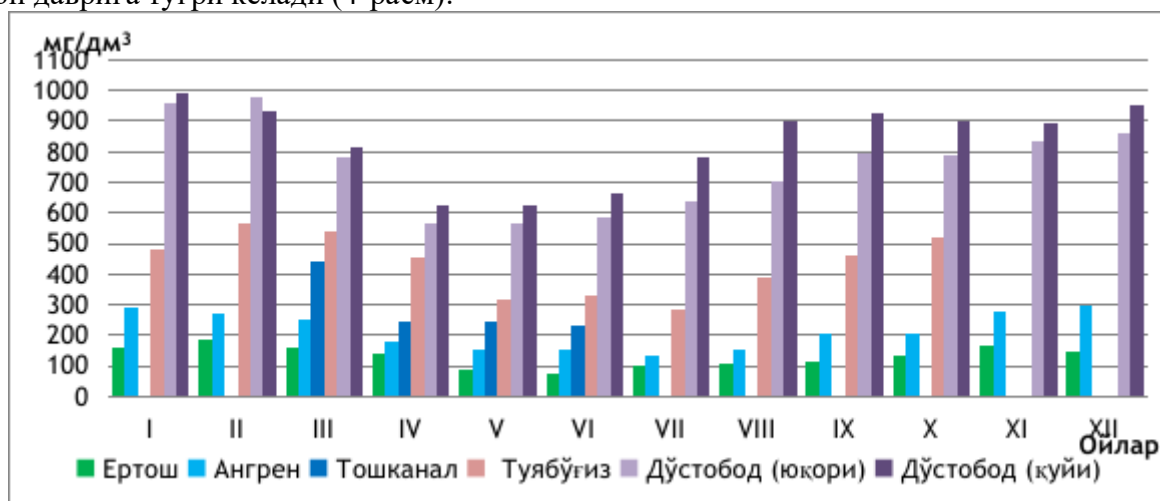


3-расм. Оҳангарон дарёси минерализациясининг йиллараро ўзгарувчанлиги

Рис. 3. Многолетние изменения минерализации реки Ахангаран

Fig. 3. Long-term changes in the mineralization of the Akhangaran River

Оҳангарон дарёсининг кузатилган йиллардаги ўртача ойлик миқдорлари таҳлил қилинганда, дарё минерализациянинг энг кам миқдорлари Ертош пунктида май-август ойларида, Туябўғиз сув омборидан қуйидаги пунктда асосан май-июл ойларида кузатилади. Дўстобод (қуйи) пунктида эса минерализациянинг энг кам миқдорлари апрел-июн даврига тўғри келади (4-расм).



4-расм. Оҳангарон дарёси минерализациясининг йил ичида ўзгарувчанлиги (1991-2020 йй.)

Рис. 4. Внутригодовые изменения минерализации реки Ахангаран (1991-2020 гг.)

Fig. 4. Intra-annual changes of the Akhangaran River mineralization (1991-2020)

Оҳангарон дарёси минерализацияси 2006-2010-йиллар давомида бошқа 5 йиллик даврларга нисбатан юқори бўлганлиги, жумладан, Ертош пунктида 184,4 мг/дм³ дан Дўстобод (қуйи) пунктида 973,2 мг/дм³ гача ортганлигини аниқланди (2-жадвал).

2-жадвал

Оҳангарон дарёси минерализациясининг вақт бўйича ўзгариши (1991-2020 йй.)

Таблица 2

Временные изменения минерализации реки Ахангаран (1991-2020гг.)

Table 2

Temporary changes of the Akhangaran River mineralization (1991-2020)

Кузатиш пункти	Минерализация, мг/дм ³					
	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Ертош	138,2	115,2	108,7	184,4	123,2	120,5
Ангрен	238	221,5	212	311,6	155,8	142,6
Тошканал	279,2	252,7	272,5	326,7	391,2	229,8
Туябўғиз	390,1	438	425,8	442	453,5	492,1
Дўстобод (юқори)	695,7	727	789,4	826,4	796,1	708,9
Дўстобод (қуйи)	839,4	877,5	866,3	973,2	771,8	681,4

Оҳангарон дарёси минерализациясининг ўзгарувчанлиги кўриб чиқиладиган даврдаги ойлик максимал ва минимал минерализация миқдорларини ($C_{\text{макс}}/C_{\text{мин}}$) солиштириш ва вариация коэффициентларини (C_v) ҳисоблаш орқали, дарёнинг қуйига томон минерализациянинг ўзгаришлари эса дарёнинг юқори қисмидаги пунктдаги миқдорига нисбатан солиштириш орқали баҳоланди.

Вариация коэффициенти қуйидаги формула билан ҳисобланди:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{(n-1)}}, \quad (1)$$

бу ерда: k – коэффициент, қатор ҳар бир аъзосининг ўртача қийматга нисбати, яъни $k_1 = C_1/C_{\text{ўрм}}$, $k_2 = C_2/C_{\text{ўрм}}$, $k_n = C_n/C_{\text{ўрм}}$; n – кузатиш йиллари сони [Методические..., 1986].

Оҳангарон дарёси минерализациясининг антропоген таъсир натижасида оқим бўйлаб ўзгаришини миқдорий баҳолаш учун қуйидаги формуладан фойдаланилди, бунда оқим шаклланиш зонасида жойлашган Ертош пункти антропоген таъсирга учрамаган пункт сифатида олинди:

$$K_i = \frac{X_i}{X_E} * 100\%, \quad (2)$$

бу ерда: K_i – минерализациянинг ўзгариш даражаси, %; X_i – кўриладиган кузатув пунктидаги минерализация, мг/дм³; X_E – Ертош пунктидаги минерализация, мг/дм³.

Оҳангарон дарёсида минерализациянинг ойлар бўйича кўпйиллик ўзгаришлари орасидаги фарқ - $C_{\text{макс}}/C_{\text{мин}}$ 4,14-16,31 оралиқда, вариация коэффициентлари эса 0,11-0,34 оралиқда ўзгарганлиги аниқланди (3-жадвал).

Тадқиқ этилган йилларда (1991-2020 йй.) дарё сувининг минерализацияси Ертош пунктига нисбатан Ангрен пунктида 1,7 марта, Тошканал пунктида 2,6 марта, Туябўғиз пунктида 3,5 марта, Дўстобод (юқори) пунктида 6,2 марта, Дўстобод (қуйи) пунктида 6,9 марта юқори эканлиги аниқланди (4-жадвал).

Оҳангарон дарёси гидрологик режимда иккита давр – баҳорги-ёзги тўлин сув даври ва кузги-қишки кам сувли давр кузатилади. Оҳангарон дарёси қор-ёмғир сувларидан тўйинадиган дарё бўлганлиги учун ҳам унинг тўлин сув даври март-июл

ойларига тўғри келади. Маълумки, оқим шаклланиш зонасида гидрокимёвий режим асосан гидрологик режимга боғлиқ бўлиб, сув сарфи ортиши билан минерализация камайди ва аксинча, сув сарфи камайиши билан минерализация ортади. Оҳангарон дарёсида Ертош ва Ангрен пунктларида тўлинсув даврида минерализациянинг камайиши, камсув (межень) даврида минерализациянинг ортиши кузатилади (5-расм).

3-жадвал

Оҳангарон дарёси минерализациясининг ўзгарувчанлиги (1991-2020 йй.)

Таблица 3

Изменчивость минерализации реки Ахангаран (1991-2020 гг.)

Table 3

Variability of the Akhangaran River mineralization (1991-2020)

Кузатиш пункти	Минерализация, мг/дм ³			C _{макс} /C _{мин}	C _v
	C _{мин}	C _{макс}	C _{ўрт}		
Ертош	49,4	512,5	127,7	10,37	0,16
Ангрен	72,2	1139,0	214,3	15,78	0,34
Тошканал	110,6	1804,0	296,7	16,31	0,33
Туябўғиз	192,8	799,0	439,6	4,14	0,16
Дўстобод (юқори)	232,1	1913,0	756,8	8,24	0,11
Дўстобод (қуйи)	276,5	1823,0	834,3	6,59	0,18

4-жадвал

Оҳангарон дарёси минерализациясининг антропоген таъсир натижасида ўзгариши (1991-2020 йй. учун ўртача йиллик маълумот, Ертош пунктига нисбатан)

Таблица 4

Изменение минерализации реки Ахангаран под антропогенным влиянием (среднегодовые значения за 1990-2020 гг. относительно пункта Ертош)

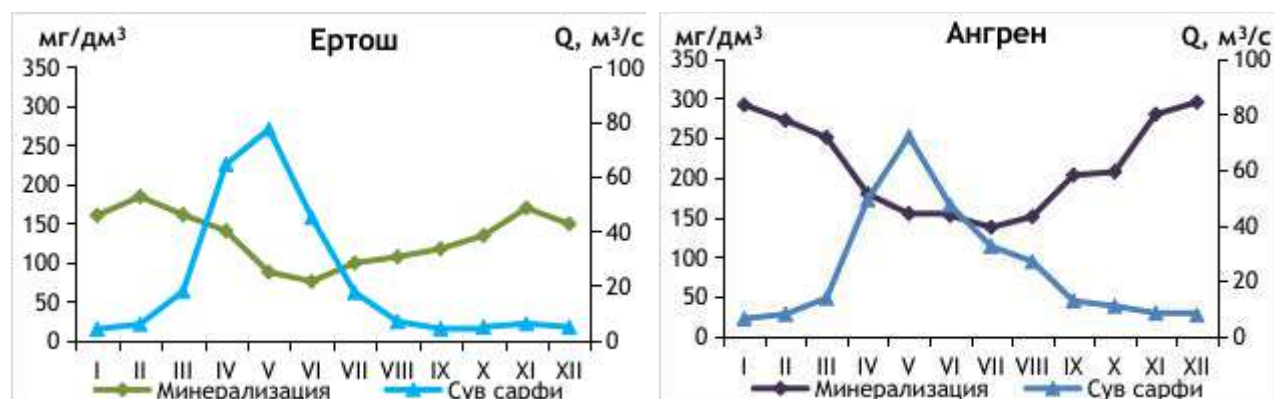
Table 4

Changes of the Akhangaran River mineralization under anthropogenic influence (mean for 1990-2020 comparing to Ertosh point)

Кузатиш пункти	Ўзгариш даражаси K _i , %												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Йил
Ангрен	183,3	158,2	160,3	129,4	177,4	203,0	148,5	141,4	174,7	155,4	218,6	203,0	171,1
Дўстобод (юқори)	602,5	566,2	499,5	409,3	650,4	784,0	693,5	661,4	684,5	591,5	650,8	593,0	615,6
Дўстобод (қуйи)	620,8	542,1	523,1	453,2	718,5	885,1	846,2	846,8	798,9	677,4	696,3	656,6	688,7

Ангрен пунктида тўлинсув даврининг август ойигача сурилиши Оҳангарон дарёси оқимининг сув омбори ёрдамида бошқарилиши билан боғлиқ.

Хулоса. Оҳангарон дарёси сув сифатининг кўп йиллик (1991-2020 йй.) кузатиш натижаларига кўра, дарё узунлиги бўйлаб минерализация миқдори ортиб боради, Ертош пунктдан Дўстобод (қуйи) пунктигача минерализация миқдори деярли 7 мартага ортади. Бунга асосан дарёга саноат, коммунал-маиший ва қишлоқ хўжалик оқава сувларининг ташланиши ҳамда дарё узунлиги бўйлаб қуйига томон сув сарфининг камайиши сабаб бўлади. Минерализациянинг вақт бўйича ўзгаришларини таҳлили сўнгги ўн йилда дарёнинг қуйи қисмида минерализациянинг камайганлигини кўрсатди.



5-расм. Охангарон дарёсининг ўртача ойлик минерализацияси ва сув сарфи (1991-2020 йй.)

Рис. 5. Средние месячные минерализация и сток реки Ахангаран (1991-2020 гг.)

Fig. 5. Mean monthly mineralization and discharge of the Akhangaran River (1991-2020)

Муаллифлар хиссаси. Б.Э.Нишонов: мақола ғояси, методология, таҳлил, матнни ёзиш, раҳбарлик. **М.Н.Нурматов:** маълумотларни тўплаш, таҳлил қилиш, графикларни тузиш, ҳисоблашларни бажариш, матнни ёзиш. **Ч.А.Йўлдошева:** маълумотларни тўплаш, умумлаштириш, таҳлил. Барча муаллифлар қўлёзмининг нашрга тавсия этилган матн билан танишдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 444 с.

Ежегодные качества поверхностных вод на территории деятельности Узгидромета за 1991-2019 г. – Ташкент: Узгидромет.

Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 166 с.

Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – 692 с.

Шульц В.Л., Маширапов Р. Ўрта Осиё гидрографияси. – Тошкент: Ўқитувчи, 1969. – 328 б.

ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ РЕКИ АХАНГАРАН ПОД АНТРОПОГЕННЫМ ВЛИЯНИЕМ

Б.Э. НИШОНОВ^{1,2}, М.Н. НУРМАТОВ^{1,2}, Ч.А. ЙУЛДОШЕВА³

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, bnishonov@meteo.uz

² Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

³ Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Аннотация. В статье, на основе многолетних (1991-2020 гг.) данных 6-и пунктов наблюдения качества воды, анализировано изменение минерализации воды реки Ахангаран по длине реки под антропогенным влиянием. Выявлено повышение минерализации в зоне потребления стока от 1,7 раз (пункт Ангрэн) до 6,9 раз (пункт Дустобод (нижний)) по сравнению с зоной формирования стока (пункт Ертош). Причиной изменения минерализации реки по ее длине является сбросы промышленных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных сточных вод.

Ключевые слова: минерализация, расход воды, антропогенное влияние, река Ахангаран.

CHANGES OF THE AKHANGARAN RIVER MINERALIZATION UNDER ANTHROPOGENIC INFLUENCE**B.E. NISHONOV^{1,2}, M.N. NURMATOV^{1,2}, CH.A. YOLDOSHEVA³**¹Hydrometeorological Research Institute, bnishonov@meteo.uz²National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek³Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers

Abstract. *In the article the changes of the Akhangaran River water mineralization along the river length under anthropogenic influence based on long-term (1991-2020) data from 6 water quality observation points has been analyzed. Mineralization increased in the runoff consumption zone from 1.7 times (Angren point) to 6.9 times (Dustobod point (lower)) compared to the runoff formation zone (Yertosh point). The reason for the change in the mineralization of the river along its length is the discharge of industrial, municipal and agricultural wastewater.*

Keywords: *mineralization, water discharge, anthropogenic influence, Akhangaran River.*

REFERENCES

Alekin O.A. Osnovi gidroximii [Basics of hydrochemistry]. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 444 s. (in Russian)

Yejegodniki kachestva poverxnostnix vod na territorii deyatelnosti Uzgidrometa za 1990-2020 gg. [Yearbooks of surface water quality in the territory of Uzgidromet activity for 1990-2020]. – Tashkent: Uzgidromet. (in Russian)

Metodicheskiyi rekomendatsii po uchetu vliyaniya xozyaystvennoy deyatelnosti na stok malix rek pri gidrologicheskix raschetax dlya vodoxozyaystvennogo proyektirovaniya [Methodological recommendations to take into account the impact of economic activity on the flow of small rivers in hydrological calculations for water management design.]. – L.:Gidrometeoizdat, 1986. – 166 s. (in Russian)

Shults V.L. Reki Sredney Azii [Rivers of Central Asia]. – L.: Gidrometeoizdat, 1965. – 692 s. (in Russian)

Shults V.L., Mashrapov R. Orta Osiyo gidrografiyesi [Hydrography of Central Asia]. – Tashkent: Oqituvchi, 1969. – 328 b. (in Uzbek)