

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

**№ 4
2021**

Тошкент

ТАХРИР КЕНГАШИ

Тахрир кенгаши раиси:

Ҳабибуллаев Шерзод
Ҳабибуллаҳўжаевич

Масъул котиб:

Рўзиева Малоҳат Бахтиёрвна

Тахрир кенгаши аъзолари:

Тажиев Баҳодир Саъдуллаевич
Алихонов Борий Ботирович
Абдурахманов Иброҳим Юлчиевич
Ҳамраев Шавкат Раҳимович
Нишонов Баҳриддин Эрқинович

ТАХРИР ҲАЙЪАТИ

Бош муҳаррир:

Холматжанов Бахтияр Маҳаматжанович,
г.ф.д.

Бош муҳаррир ўринбосари:

Ҳикматов Фазлиддин,
г.ф.д., проф.

Тахрир ҳайъати аъзолари:

Абдурахимов Бахтиёр Файзиевич, ф.-м.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Аденбаев Бахтиёр Ембергенович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Агзамов Файзулла Саидақбарович, и.ф.н. (Ўзбекистон); Азизов Азамат Атақузиевич, к.ф.н., доц. (Ўзбекистон); Азизова Раъно Гаффаровна, к.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Арушанов Михаил Львович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Аҳмедова Тамара Абдурахимовна, тех.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Бабушкин Олег Леонидович, г.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Верещагина Наталья Григорьевна, к.ф.н. (Ўзбекистон); Гуния Гарри Сергеевич, г.ф.д., проф. (Грузия); Гушина Дарья Юрьевна, г.ф.д. (Россия); Дергачёва Ирина Викторовна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Камалов Баҳодир Асамович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Карандаева Лидия Михайловна, тех.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Мамаджанова Гавхар Аҳматхоневна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Мурадов Шухрат Одилевич, 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 Раҳжабович, г.ф.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Рафиқов Ваҳоб Асомович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Тилляходжаева Зухраҳон Джахангировна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Тлеумуратова Бибигуль Сарибоевна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Тургунов Данияр Маннапжанович, г.ф.ф.д. (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 Ҳамракул Турсункулович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Юнусов Голиб Ходжаевич, г.ф.н., доц. (Ўзбекистон); Якубов Мурод Адилевич, тех.ф.д., проф. (Ўзбекистон).

Журналда чоп этилган материаллардан фойдаланилганда “Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги” илмий журналдан олинди”, деб кўрсатилиши шарт. Мақолада келтирилган далиллар ва маълумотлар учун муаллифлар жавобгар. Тахририят 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

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

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); Гушина 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 Одилевич, 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 Зухраhon Джахангировна, д.ф.г.н. (Узбекистан); Тлеумуратова Бибигуль Саробаевна, д.ф.-м.н. (Узбекистан); Тургунов Данияр Маннапжанович, д.ф.г.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., доц. (Узбекистан); Юнусов Голиб Ходжаевич, к.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

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 Makhamatjanovich 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)*; **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**, *Ph.D. in Geog. Sci. (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

В.А. Лобанов, А.И. Вдовенко, Ш.Х. Ҳабибуллаев
Ўзбекистон ҳудудида замонавий иқлим ўзгаришини баҳолаш 8

М.Л. Арушанов
Ўзбекистон ҳудудидаги метеорология станциялари тармоғини рационализациялаш усули 20

Ш.Ш. Заитов, Э.И. Абдулахатов, Д.Ў. Ярашев
Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий дарё ҳавзаларида 2010-2019 йилларда кузатилган қурғоқчилик хавфини баҳолаш 30

Ф.И. Абдиқулов
Ҳаво қурғоқчилиги термогигрометрик коэффициентлари билан ҳаво ва шудринг нуқтаси ҳароратлари орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш (Самарқанд шаҳри мисолида) 44

ГИДРОЛОГИЯ

Ғ.Ў. Умирзаков, К.Р. Раҳмонов, Н.О. Омонов
Метеорологик ва гидрологик қурғоқчиликлар орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш 52

М.Л. Арушанов, Г.М. Ҳамдамова, А.И. Вдовенко, Х.Д. Одилов, Т.У. Апахўжаева
Тупроқ юзасидан буғланишни ҳисобланган гидрологик-иқлимий усулда баҳолаш 63

Н.Г. Верешагина, Ф.С. Агзамов, Е.М. Видинеева, А.М. Мухаметзянова
Туямўйин сув омборининг куйи қисмида Амударёнинг гидрологик режими ... 72

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

Б.Э. Нишонов, И.Р. Разикова
Қашқадарё дарёси гидрокимёвий режими ва сув сифатининг антропоген таъсир натижасида ўзгаришлари 79

ШАРҲЛАР

Л.М. Карандаева, С.В. Карандаев, Т.В. Кудишкин, М.А. Петров, Ю.А. Тарасов, Ғ.Ў. Умирзаков
Писком дарёси ҳавзасида гляциологик тадқиқотлар 89

МУҲОКАМА

М.Л. Арушанов
Б.А. Камоловнинг «Иқлим ва иссиқхона эффекти ҳақида» мақоласига муносабат 103

ХОТИРА ВА ЮБИЛЕЙЛАР

Эгамбердиев Ҳамроқул Турсунқулович – 60 ёшда! 112

МАҚОЛАНИ РАСМИЙЛАШТИРИШ ТАЛАБЛАРИ 114

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТЕОРОЛОГИЯ

В.А. Лобанов, А.И. Вдовенко, Ш.Х. Хабибуллаев
Оценка современных изменений климата
на территории Узбекистана 8

М.Л. Арушанов
Методика рационализации метеорологической сети станций
на примере территории Узбекистана 20

Ш.Ш. Зайтов, Э.И. Абдулахатов, Д.У. Ярашев
Оценка риска засухи в северо-восточных речных бассейнах Узбекистана
в 2010-2019 гг. 30

Ф.И. Абдикулов
Статистическая оценка связи термогигрометрического коэффициента
сухости воздуха с температурами воздуха и точки росы (на примере города
Самарканд) 44

ГИДРОЛОГИЯ

Г.У. Умирзаков, К.Р. Рахмонов, Н.О. Омонов
Статистическая оценка связи между метеорологической
и гидрологической засухой 52

**М.Л. Арушанов, Г.М. Хамдамова, А.И. Вдовенко, Х.Д. Одилов,
Т.У. Апакхужаева**
Оценка расчётного гидролого-климатического метода испарения
с поверхности почвы 63

**Н.Г. Верещагина, Ф.С. Агзамов, Е.М. Видинеева,
А.М. Мухаметзянова**
Гидрологический режим реки Амударья ниже
Туямуюнского водохранилища 72

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Б.Э. Нишонов, И.Р. Разикова
Изменения гидрохимического режима и качества воды реки Кашкадарья
под антропогенным влиянием 79

ОБЗОРЫ

**Л.М. Карандаева, С.В. Карандаев, Т.В. Кудышкин,
М.А. Петров, Ю.А. Тарасов, Г.У. Умирзаков**
Гляциологические исследования в бассейне реки Пскем 89

ДИСКУССИЯ

М.Л. Арушанов
Отношение к статье Б.А. Камалова «О «климате» и парниковом эффекте» 103

ХРОНИКА И ЮБИЛЕИ

Хамракулу Турсункуловичу Эгамбердиеву – 60 лет! 112

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ 118

CONTENTS

METEOROLOGY

V.A. Lobanov, A.I. Vdovenko, Sh.Kh. Khabibullfev

Assessment of the Modern Climate Changes
in the Territory of Uzbekistan 8

M.L. Arushanov

Methodology of Rationalization of the Meteorological Network of Stations
on the Example of the Territory of Uzbekistan 20

Sh.Sh. Zaitov, E.I. Abdulakhatov, D.U. Yarashev

Assessment of Drought Risk in the North-East River Basins of Uzbekistan
in 2010-2019 30

F.I. Abdikulov

Statistical Assessment of the Relationship between Thermohygrometric Coeffi-
cient of Air Dryness, Air Temperatures and Dew Point
(on Example of the Samarkand City) 44

HYDROLOGY

G.U. Umirzakov, K.R. Rakhmonov, N.O. Omonov

Statistical Assessment of the Correlations between
Meteorological and Hydrological Drought 52

**M.L. Arushanov, G.M. Khamdamova, A.L. Vdovenko, H.D. Odilov,
T.U. Apakhyzhaeva**

Evaluation of the Calculated Hydrological-Climatic Method
of Evaporation from the Soil Surface 63

**N.G. Vereshchagina, F.S. Agzamov, E.M. Vidineeva,
A.M. Mukhametzyanova**

Hydrological Regime of the Amu Darya River below
the Tuyamuyun Reservoir 72

ENVIRONMENTAL MONITORING

B.E. Nishonov, R.I. Razikova

Changes in the Hydrochemical Regime and Water Quality of the Kashkadarya
River under Anthropogenic Influence 79

REVIEWS

L.M. Karandaeva, S.V. Karandaev, T.V. Kudyshkin,

M.A. Petrov, Yu.A. Tarasov, G.U. Umirzakov
Glaciological Researches in the Pskem River Basin 89

DISCUSSION

M.L. ARUSHANOV

Opinion on B.A. Kamalov's Article
«About Climate and Greenhouse Effect» 103

CHRONICLE AND ANNIVERSARIES

Khamrakul Tursunkulovich Egamberdiev is 60 Years Old! 112

MANUSCRIPT PREPARATION GUIDELINES 122

МЕТЕОРОЛОГИЯ / METEOROLOGY

УДК: 551.51

**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА
НА ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА****В.А. ЛОБАНОВ¹, А.И. ВДОВЕНКО^{2*}, Ш.Х. ХАБИБУЛЛАЕВ²**¹ Российский государственный гидрометеорологический университет,² Центр гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, alena-meteo@mail.ru

Аннотация. *Осуществлено моделирование временных рядов температур воздуха и осадков по 66 метеорологическим станциям Республики Узбекистан с 1966 г. по настоящее время. Выявлено, что наибольшее проявление изменения климата сказывается на температуре июля и наблюдался ее ступенчатый рост с 1973 г. На метеостанциях вблизи Аральского моря имело место второе увеличение средней температуры в 2007 г., связанное с опустыниванием территории. Повышение температуры января незначительно и наблюдается на нескольких отдельных станциях, также как и практически не наблюдается проявление современных изменений климата в рядах осадков из-за их высокой естественной изменчивости.*

Ключевые слова: *изменение климата, многолетние ряды наблюдений, осадки, температура, модели нестационарного среднего, линейный тренд, модель ступенчатых изменений, показатели нестационарности, пространственные закономерности.*

Введение. Проблема современного изменения климата является одной из главных проблем человечества, поскольку климатические условия затрагивают все сферы экономики и жизнедеятельности. Несмотря на рост глобальной температуры, проявление современного изменения климата в разных регионах планеты и в разных климатических характеристиках выражается по-разному. Систематизацией и анализом исследований и мониторинга характеристик отдельных составляющих климатической системы (атмосферы, гидросферы, литосферы, криосферы, биосферы) занимается Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) с 1988 г. Результаты деятельности этой организации в рамках трех рабочих групп представлены в оценочных докладах по изменению климата, адаптации и уязвимости регионов и отраслей экономики к этим изменениям и разработке мероприятий по смягчению последствий климатических изменений. Все последние результаты по установленным изменениям климата приведены в 5-ом оценочном докладе МГЭИК [IPCC, 2013], а в настоящее время идет подготовка 6-го доклада. Аналогичные обобщения исследований по оценке изменений климата на региональном уровне представлены в таких же оценочных докладах отдельных стран [Первый ..., 2008; Третье ..., 2016].

Для оценки современных изменений климатических характеристик по данным наблюдений применяются статистические методы и модели временных рядов и обычно в виде трендов или монотонных зависимостей от времени [Первый ..., 2008; IPCC, 2013]. Вместе с тем, эти изменения могут быть не только монотонными, но, например, и ступенчатыми. Наиболее наглядный ход изменчивости климата представляется динамикой производства энтропии – объективным показателем изменчивости климата [Арушанов, 2021]. Также часто не оценивается статистическая значимость и устойчивость

* Ответственный автор: alena-meteo@mail.ru, тел.: +998 90 3262969

полученных трендов во времени, что крайне важно, при большой естественной изменчивости отдельных климатических характеристик, особенно осадков. Данная статья посвящена проблемам эффективной оценки проявления современного изменения климата в многолетних рядах температур воздуха и осадков на территории Республики Узбекистан.

Исходная информация и оценка ее качества. Информация по многолетним рядам среднемесячных температур воздуха и осадков на территории Республики Узбекистан была получена в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (Узгидромет) и с сайта Вашингтонского климатического центра [Метеорологические ..., 2017]. Всего на рассматриваемой территории было выбрано 66 метеостанций начальным годом наблюдений с 1966 г. Выбор начального года наблюдений обусловлен тем, что с этого момента работают большинство из 66 метеостанций и в данной работе поставлена цель исследовать проявление современного изменения климата.

На рис. 1 показано расположение выбранных 66 метеостанций и приведен пятизначный код ВМО для каждой метеостанции. Градациями цвета выделены 4 высотные зоны в интервалах: от 0 до 199 м – низменности, от 200 до 499 м – равнинная зона, от 500 до 999 м – предгорная и от 1000 м – горная и высокогорная.

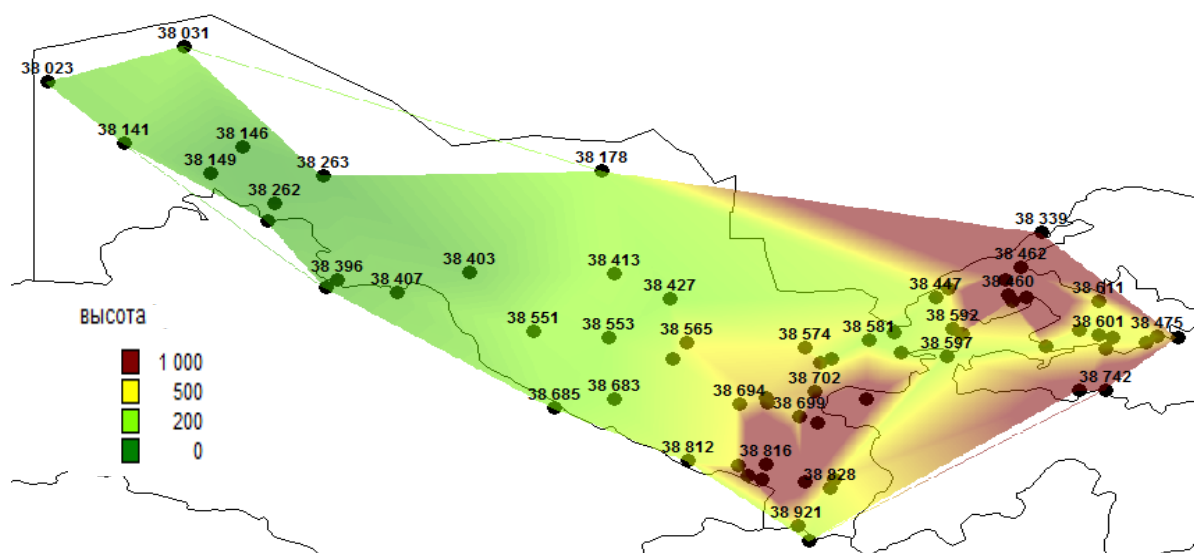


Рис. 1. Схема расположения метеостанций и высотные зоны Республики Узбекистан в метрах над уровнем моря

Fig. 1. Map of the location of meteorological stations and altitude zones of the Republic of Uzbekistan in meters above sea level

Из анализа рис. 1 следует, что рассматриваемая территория и ее отдельные высотные зоны представлены наблюдениями достаточно равномерно и плотность сети высокая, что создает возможности для надежных пространственных обобщений полученных результатов. Большинство рядов наблюдений имели одинаковый продолжительный период в 51 год за исключением 14 пунктов, в которых период наблюдений варьировал от 16 (метеостанция 38031 Актумсук) до 46 лет (метеостанция 38695 Дагбит). Поэтому было необходимо привести все эти непродолжительные ряды наблюдений к одинаковому многолетнему периоду на основе регрессионных зависимостей с более продолжительными рядами на метеостанциях-аналогах в

соответствии с методикой, изложенной в работах [Лобанов и др., 2005; Рекомендации ..., 1979; Свод ..., 2004].

Однако, прежде всего, была выполнена оценка однородности эмпирических распределений температур воздуха и осадков на возможные резко отклоняющиеся экстремумы по статистическим критериям Диксона и Смирнова-Граббса [Закс, 1976; Лобанов и др., 2011; Свод ..., 2004]. В результате проверки однородности эмпирических распределений температур воздуха и осадков для января и июля получено, что гипотеза однородности температур воздуха отклоняется только для 1 метеостанции (38617 Кургантепа) для июля, что составляет 0,08% из всех 264 случаев. Для сумм осадков за месяц случаев отклонения гипотезы однородности уже 32, что составляет 12% от общего их числа. Из них в январе неоднородность имеет место всего для 1 метеостанции (38702 Ляльмикор), а в июле – для 17 станций. Установлено, что причина неоднородного экстремума температур – погрешности наблюдений, для осадков – недостаточная продолжительность рядов и пропуски наблюдений.

При восстановлении пропусков и удлинении рядов на основе уравнений связи с аналогами (от 1 до 3-х аналогов) в соответствии с методикой минимальный совместимый период наблюдений задавался в 10 лет, максимальное количество аналогов было равно 3, минимальное допустимое значение коэффициента корреляции задавалось 0,85 и среднее отношение коэффициента уравнения регрессии к его случайной среднеквадратической ошибке задавалось 2,0 [Метеорологические ..., 2016; Свод ..., 2004]. В результате средний период наблюдений для 14 пунктов, которые имели непродолжительные ряды и пропуски наблюдений, увеличился с 40 до 50 лет для температуры воздуха и с 40 до 45 лет для осадков. Повторный анализ однородности для восстановленных рядов показал, что неоднородных экстремумов осталось всего 3 в рядах осадков на метеостанциях Андижан (38475), Аякагитма (38553) и Куль (38708).

Таким образом, в дальнейшем исследовании применялись однородные и непрерывные ряды наблюдений практически одинаковой продолжительности, что обуславливает потенциальную возможность для надежного моделирования и сопоставлении результатов по территории.

Теоретические положения и методика исследования. В качестве метода исследования применялось статистическое моделирование временных рядов и их аппроксимация моделями стационарного и нестационарного среднего с оценкой их статистической значимости и устойчивости во времени. При этом предварительная оценка стационарности дисперсий для двух последовательных частей временных рядов по критерию Фишера [Дрейпер, Смит, 1973; Закс, 1976; Лобанов и др., 2011] показала, что дисперсии практически стационарны и отдельные случаи нестационарности обусловлены влиянием резко отклоняющихся неоднородных экстремумов.

Методика статистического моделирования временных рядов, примененная в данной статье, апробирована и получила широкое применение во многих предыдущих работах [Лобанов, Анисимов, 2003; Лобанов, Шадурский, 2010; Лобанов, Шадурский, 2013; Лобанов, Тошакова, 2013; Лобанов, Кириллина, 2019; Шукри и др., 2018] и основана на оценке изменения среднего значения во времени. При этом, принимается, что процессы климатической изменчивости межгодового и десятилетнего масштабов [Лобанов, 2020] являются случайными во времени, а все изменения, обусловленными процессами более продолжительных масштабов (антропогенное потепление климата, естественные колебания столетнего, тысячелетнего и других масштабов) проявляются в изменении среднего значения:

$$Y(t) = Y_{cp}(t) + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где $Y(t)$ – изменение климатической характеристики Y во времени t , $Y_{cp}(t)$ – неслучайная составляющая или функция изменения среднего значения во времени, ε_i – случайная составляющая.

На уровне рассмотрения таких простых моделей типа (1) проявление изменений климата в многолетних временных рядах может быть двух основных видов:

- монотонные изменения в виде тренда или цикла;
- ступенчатые изменения, характеризующие переходы от одного стационарного состояния к другому.

Эти два вида климатических изменений отражают разные физические механизмы, действующие в климатической системе Земли [Монин, Шишков, 2000]. Трендовые или циклические изменения имеют место в слабо инерционной или равновесной системе, которая быстро откликается на внешние воздействия. Механизм ступенчатых изменений или триггерный механизм характеризует неравновесную систему, которая может компенсировать внешние воздействия и сопротивляться им до тех пор, пока эти воздействия не превышают порогового значения, после чего система быстро переходит на новый, обычно также квазистационарный, уровень.

Эффективность модели (1) проверяется по отношению к базовой стационарной модели, в которой среднее не изменяется во времени. Критерием оценки эффективности одной модели по отношению к другой в регрессионном анализе служит значимое отличие дисперсий или стандартов остатков [Дрейпер, Смит, 1973; Закс, 1976; Лобанов, 2020]. Для стационарной модели стандартом остатков является СКО (среднее квадратическое отклонение) исходного ряда σ_y . Для любой другой нестационарной модели СКО или стандарт остатков (σ_ε) вычисляется по формулам. Для большинства моделей – это известная формула:

$$\sigma_\varepsilon = \sigma_y \sqrt{1 - R^2}, \quad (2)$$

где σ_y – стандартное отклонение исходного ряда (модель стационарного среднего); σ_ε – стандартное отклонение остатков относительно модели линейного тренда; R – коэффициент корреляции уравнения линейного тренда.

Для модели ступенчатых изменений стандартным отклонением остатков является средневзвешенное СКО, определенное по СКО стационарных подвыборок. Для двух стационарных отрезков ряда и одного ступенчатого перехода стандарт остатков вычисляется по формуле:

$$\sigma_{\text{смын}} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 n_1 + \sigma_2^2 n_2}{(n_1 + n_2 - 1)}}, \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{смын}}$ – стандартное отклонение остатков относительно модели ступенчатых изменений; σ_1, σ_2 – стандартные отклонения отрезков временного ряда, на которые разбивается ряд наблюдений по дате ступенчатых изменений; n_1, n_2 – число случаев стационарных частей ряда наблюдений в годах.

Год перехода от одних стационарных условий к другим обычно неизвестен, хотя его и можно задать из анализа хронологического графика. Однако, чтобы исключить субъективизм, можно предложить определение этого года итерациями при достижении минимального значения сумм квадратов отклонений двух частей временного ряда:

$$\sigma_1^2(n_1-1)+\sigma_2^2(n_2-1)=\min, \quad (4)$$

где n_1, n_2 – число случаев, включенных в выборочную совокупность каждой из двух частей временного ряда.

При этом следует задать минимальный число случаев первой части ряда, например, $n_1=10$ при котором $n_2=n-n_1$ и затем последовательно увеличивать n_1 до $m=n-10$, при котором $n_2=10$, т.е. $n_1=11, 12, \dots, m$. Иначе эту процедуру можно назвать методом расширяющегося окна.

Очевидно, что стандарт остатков модели стационарного среднего должен быть наибольшим или, по крайней мере, равен стандарту остатков нестационарных моделей, если они практически ничего не объясняют, так как это следует из определения критерия эффективности рассматриваемой модели (линейной и ступенчатой). Чем больше разность между стандартами остатков стационарной и нестационарной модели, тем нестационарная модель эффективнее стационарной. В качестве меры отличия можно рассмотреть относительные отклонения в %, рассчитываемые по формулам:

$$\Delta_{тр} = \left(\frac{\sigma_y - \sigma_\varepsilon}{\sigma_y} \right) 100 \%, \quad (5)$$

$$\Delta_{ступ} = \left(\frac{\sigma_y - \sigma_{ступ}}{\sigma_y} \right) 100 \%, \quad (6)$$

где $\Delta_{тр}$, $\Delta_{ступ}$ – относительные отличия (в %) модели тренда и модели ступенчатых изменений от модели стационарной выборки.

В первом приближении можно принять, что любая нестационарная модель будет эффективнее модели стационарной выборки, если $\Delta \geq 10\%$, т.е. отличие между моделями гарантированно превышает погрешность процесса или погрешность рассматриваемой характеристики.

Для оценки статистически значимого отличия остаточных дисперсий стационарной и нестационарной модели можно применить критерий Фишера:

$$F_{ТР} = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_\varepsilon^2}. \quad (7)$$

В числителе всегда будет дисперсия исходного ряда наблюдений, так как она является наибольшей или, по крайней мере, равна остаточной дисперсии конкурирующей модели. В случае если расчетное значение статистики Фишера оказывается больше критического, то дисперсии двух моделей имеют статистически значимое различие и соответствующая модель (тренда или ступенчатых изменений) статистически эффективнее, чем модель стационарной выборки.

На основе критических значений статистики Фишера можно определить и критическое значение $\Delta_{кр}\%$, которое получается при подстановке (7) в (5):

$$\Delta_{кр} = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{F^*}} \right) * 100 \%, \quad (8)$$

где F^* – критическое значение статистики критерия Фишера при уровне значимости α и степенях свободы ν_1 и ν_2 , где $\nu_1=n_1-1$ и $\nu_2=n_2-1$, а n_1, n_2 – числа случаев выборок.

Принимая, что $\alpha=5\%$, а временной ряд один и тот же, т.е. $n_1=n_2=n$ и для средней продолжительности ряда равной $n=61$ год из таблиц критических значений [Дрейпер, Смит, 1973; Лобанов и др., 2011] получим $F^*=1,53$ и из (8) $\Delta_{кр}=19,4\%$. Если же продолжительность ряда равна $n=31$ год, то $F^*=1,84$ и $\Delta_{кр}=26,5\%$, если $n=120$, то $F^*=1,35$ и $\Delta_{кр}=13,8\%$, и т.д. Можно также найти, что $\Delta_{кр}=10\%$ соответствует $F^*=1,235$ и n примерно равно 500, т.е. выбранная $\Delta=10\%$ соответствует предельному критическому при очень большой продолжительности ряда.

Основные результаты. По приведенной методике была осуществлена аппроксимация временных рядов температур воздуха и осадков июня и января по всем 66 метеостанциям на территории Республики Узбекистан. Для оценки устойчивости показателей эффективности нестационарных моделей линейного тренда ($\Delta_{мп}$, %) , модели ступенчатых изменений ($\Delta_{смун}$, %) и коэффициента корреляции со временем (R) временные ряды аппроксимировались с 1966 г., 1970 г. и 1980 г. В качестве примера в табл. 1 приведены показатели эффективности только для тех временных рядов, в которых $\Delta_{мп}$ и $\Delta_{смун}>10\%$ и статистически значимые R хотя бы в одном из вариантов моделирования (выделено ярким). В табл. 1 «Год» обозначает, разные годы начала периода наблюдений, а «Т_{ст}» – год ступенчатых изменений, полученный при разном начале ряда наблюдений.

Как следует из результатов табл. 1, из 66 рядов модель линейного тренда эффективна в 16 случаях, а коэффициенты корреляции уравнения тренда со временем статистически значимы для 30 метеостанций. Модель ступенчатых изменений эффективна в 21 случае, если также рассматривать ряды за весь период с 1966 г. В среднем для всех рядов $\Delta_{мп}=6,4\%$, а $\Delta_{смун}=8,0\%$, т.е. модель ступенчатых изменений эффективнее, чем линейного тренда. Анализ устойчивости $\Delta_{мп}$, $\Delta_{смун}$ и R показывает, что эти величины обычно уменьшаются с уменьшением длины ряда и даже становятся неэффективными при начале наблюдений с 1980 г. Это видимо связано с тем, что большинство изменений относятся к первой части временного ряда, а во второй они уже отсутствуют. В тоже время есть отдельные случаи, когда показатели нестационарности увеличиваются при смещении начала года наблюдений к 1980 г. Для них видимо, характерен рост температуры во вторую часть ряда.

Анализ лет ступенчатых изменений (Т_{ст}) при эффективных показателях $\Delta_{мп}$, $\Delta_{смун}$ и R свидетельствует, что они группируются около двух дат: 1976 г. и 2005-2007 гг. Из-за того, что начало наблюдений для всех рядов было в 1966 г., то самый ранний год ступенчатых изменений, который мог быть определен по методике при минимальном задании первой половины ряда в 10 лет, был как раз 1976 г. Поэтому для корректировки этой даты были рассмотрены ряды с 1966 г. и установлено, что годом ступенчатых изменений является 1973 г. В общем случае были выявлены 2 типа нестационарных моделей:

- со ступенчатым ростом температуры только в 1973 году и;
- с двумя ступенчатыми ростоми температуры: первый в 1973 году, второй в 2005-2007 гг.

На рис. 2 показаны примеры двух таких видов нестационарности. Интересно отметить, что метеостанции 2-го типа нестационарности с двумя подъемами средних температур Актумсук (38031) и Муйнак (38146) находятся вблизи Аральского моря, которое в настоящий момент высыхает. Поэтому для этих станций и имеет место вторая ступень роста температур, которая связана с опустыниванием и переходом Аральского моря на новый уровень высыхания.

Для температур января модель ступенчатых изменений эффективна только в 6 случаях при максимальном значении $\Delta_{с\text{тун}}=14\%$, а модель линейного тренда неэффективна во всех случаях. Для многолетних рядов осадков, как июля, так и января эффективных нестационарных моделей не установлено и можно сделать вывод, что в виду большой естественной климатической изменчивости, имеющей случайный характер, современные изменения климата в осадках пока не проявляются.

Таблица 1

Показатели эффективности нестационарных моделей для многолетних рядов температуры июля

Table 1

Indexes of efficiency of non-stationary models for long-term time series of July temperature

Код	Год	$\Delta_{\text{тр}},\%$	$\Delta_{\text{ст}},\%$	$T_{\text{ст}}$	$R_{\text{тр}}$
38023	1966/75/80	5,6/0/0,2	8,5/3,4/4	1977/1985/2005	0,33/0,01/0,06
38031	1966/75/80	23,4/10,5/8,1	18,9/13,6/12,6	1979/2005/2005	0,64/0,45/0,4
38141	1966/75/80	6,6/0,2/0,3	9,3/3,1/3,7	1978/2005/2005	0,36/0,06/0,08
38146	1966/75/80	24,7/11,2/8,7	19,7/14,4/13,3	1979/2005/2005	0,66/0,46/0,41
38262	1966/75/80	10/0,6/0,2	15,4/2,5/2,3	1978/2005/2005	0,44/0,11/0,07
38263	1966/75/80	7,6/0,1/0	12,9/1,5/1,3	1979/2005/2005	0,38/0,05/0
38264	1966/75/80	6,1/0/0	10,5/2,6/1,8	1976/1985/2005	0,34/-0,01/0,02
38396	1966/75/80	0,3/9,5/4,7	3,8/ 22,7/9,4	1985/1985/1990	-0,08/ -0,43/-0,3
38399	1966/75/80	20,9/4,8/3	24,6/5,7/4,3	1978/1995/1995	0,61/0,31/0,24
38447	1966/75/80	22,1/12,2/9	19,1/12/10,6	1983/2005/2005	0,63/0,48/0,42
38457	1966/75/80	6/0,5/1,1	5,9/4,2/4,8	1976/2005/2005	0,34/0,1/0,15
38475	1966/75/80	9,1/0,9/3,2	9,4/3/4,3	1976/2003/2003	0,42/0,14/0,25
38567	1966/75/80	7,6/0,1/0,5	11,8/1,8/2,4	1976/2005/2005	0,38/0,04/0,1
38581	1966/75/80	7,1/5,3/6,7	7,6/6,7/7,2	1995/1995/1995	0,37/0,32/0,36
38583	1966/75/80	22,8/13,2/10,3	17,5/14/12,5	1983/2005/2005	0,64/0,5/0,44
38592	1966/75/80	9,1/2,2/1,9	8,8/4,7/4,4	1983/1995/1995	0,42/0,21/0,2
38597	1966/75/80	17,4/7,3/5,8	15,7/8,9/8,2	1983/2005/2005	0,56/0,37/0,34
38601	1966/75/80	0,1/4,7/1,1	3,1/ 14,8/4,2	1976/1987/1990	0,04/ -0,3/-0,15
38605	1966/75/80	20,8/9,2/11,3	15,3/11,5/11,7	1976/2003/2003	0,61/0,42/0,46
38606	1966/75/80	7,2/0/1,2	16,3/5,6/8,7	1976/2001/2001	0,37/-0,02/-0,15
38611	1966/75/80	15,5/6,2/11,3	11,6/11,9/13,9	2005/2005/2005	0,53/0,35/0,46
38612	1966/75/80	11,1/1,9/1,8	12,8/5,3/5,5	1976/1994/1994	0,46/0,19/0,19
38614	1966/75/80	8,9/1,6/3,3	8,6/4,6/6,6	1976/1994/1994	0,41/0,18/0,26
38617	1966/75/80	5,5/3,3/7,9	5,5/4,3/7,2	1994/1994/1994	0,33/0,25/0,39
38618	1966/75/80	13/2,9/7,1	11,5/5,5/6,9	1976/2005/2005	0,49/0,24/0,37
38683	1966/75/80	17,3/3,2/1,3	21,6/3,3/2,2	1979/1995/2005	0,56/0,25/0,16
38685	1966/75/80	5,4/0,1/0	9,5/1,3/1,6	1983/1999/1999	0,32/0,03/0,03
38695	1966/75/80	8,3/0,4/0,9	10,3/1,6/1,9	1976/2005/2005	0,4/0,09/0,13
38696	1966/75/80	18,8/5,9/6,3	16,6/10,5/10,3	1976/2005/2005	0,58/0,34/0,35
38742	1966/75/80	0/2,8/0	2/ 10,8/0,7	1976/1987/1990	0,03/ -0,23/-0,01
38749	1966/75/80	0,1/2,7/0	2/ 12,8/1,3	1976/1986/2005	0,04/ -0,23/0,03
38812	1966/75/80	0/4,3/2,2	2,6/9/5,1	1976/1987/1998	0,03/ -0,29/-0,21
38819	1966/75/80	1,2/7,2/1,2	7/ 19,9/4,5	1987/1986/1990	-0,15/ -0,37/-0,16
38828	1966/75/80	24,3/14,7/12,7	22,8/20,5/18,6	1994/1994/1994	0,65/0,52/0,49
38829	1966/75/80	18,9/5,5/7	17,8/9,6/9,9	1976/2005/2005	0,58/0,33/0,37
38927	1966/75/80	15,9/2,6/2,9	23,5/3,8/4,1	1976/1994/1991	0,54/0,23/0,24

Для выявления областей на территории Республики Узбекистан, в которых имеют место эффективные нестационарные модели, были построены карты показателей нестационарности и коэффициентов корреляции со временем, примеры которых для температур июля приведены на рис. 3.

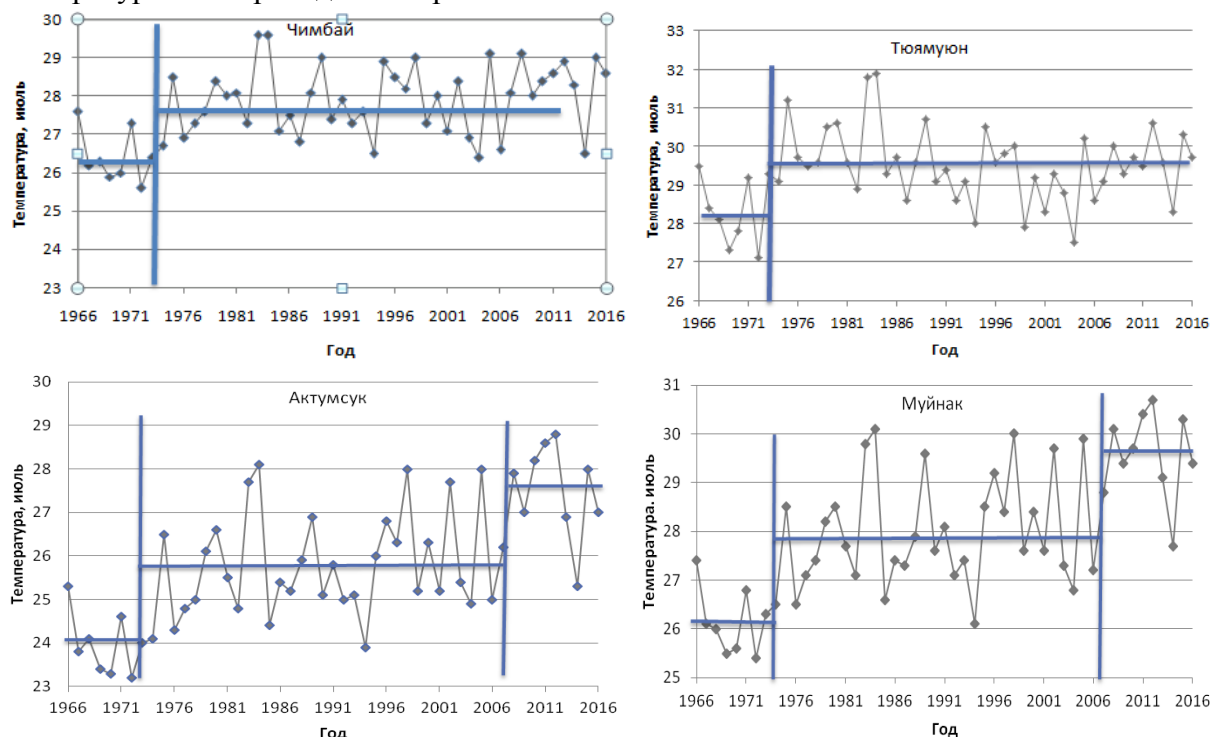


Рис. 2. Два вида нестационарности в многолетних рядах температур июля: 1-й тип – один подъем температуры в 1973 г., 2-ой тип – два роста температур в 1973 и 2007 гг.

Fig. 2. Two types of non-stationarity in long-term time series of July temperatures: 1st – one rise in temperature in 1973, 2nd type – two increases in temperature in 1973 and 2007.

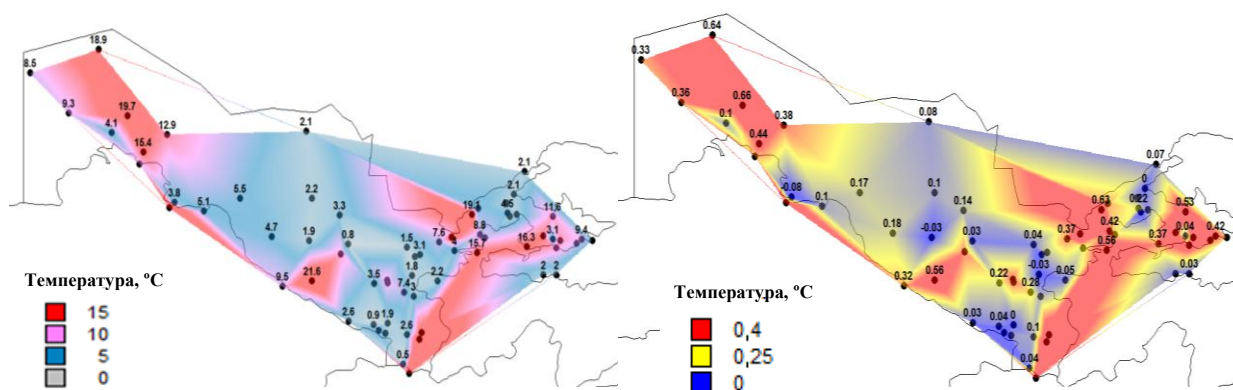


Рис. 3. Пространственные распределения температур Δ_{Tr} в % (слева) и R_{Tr} (справа) на территории Республики Узбекистан

Fig. 3. Spatial distributions temperatures of Δ_{Tr} in % (left) and R_{Tr} (right) on the territory of the Republic of Uzbekistan

Из сопоставления карт рис. 3 следует общий вывод, что на них представлены практически одни и те же области нестационарности, которые включают себя 3 региона:

- северо-западная область в Каракалпакии, находящаяся под влиянием высыхания Аральского моря и опустынивания близлежащей территории;
- южная область вдоль границы с Киргизией и Таджикистаном и отдельный изолированный район, примыкающий к ней;
- изолированная область на границе с Туркменистаном.

Для температуры воздуха января область нестационарности с небольшими $\Delta_{стун}$ представлена на юге Узбекистана в виде отдельных локальных образований.

Для количественной оценки изменений были рассчитаны разности норм температур за разные последовательные квазиоднородные периоды. На рис. 4 слева показаны разности двух норм температур, рассчитанных за период после и до 1973 года.

Как следует из пространственного распределения, области наибольшего роста температур (более $1,0^{\circ}$ - $1,5^{\circ}\text{C}$) практически полностью соответствуют областям эффективных нестационарных моделей (рис. 3). Причем наибольший прирост температур имеет место в районе Аральского моря и на юге – юго-востоке Узбекистана. В северо-западной части Каракалпакии, в низовьях Амударьи и южном побережье Аральского моря прирост норм температур наибольший: на станции Актумсук (38031) он составляет $2,2^{\circ}$, а на станции Муйнак (38146) – $2,1^{\circ}$ видимо за счет высыхания Аральского моря. Еще одна область большого роста норм температур (от $1,5^{\circ}$ до $2,0^{\circ}\text{C}$) – это южная часть Ферганской долины. На остальной территории Узбекистана прирост норм температур составляет в основном около $1,5^{\circ}$. Только в центральной части республики и на юго-западе прирост норм менее $1,0^{\circ}$.

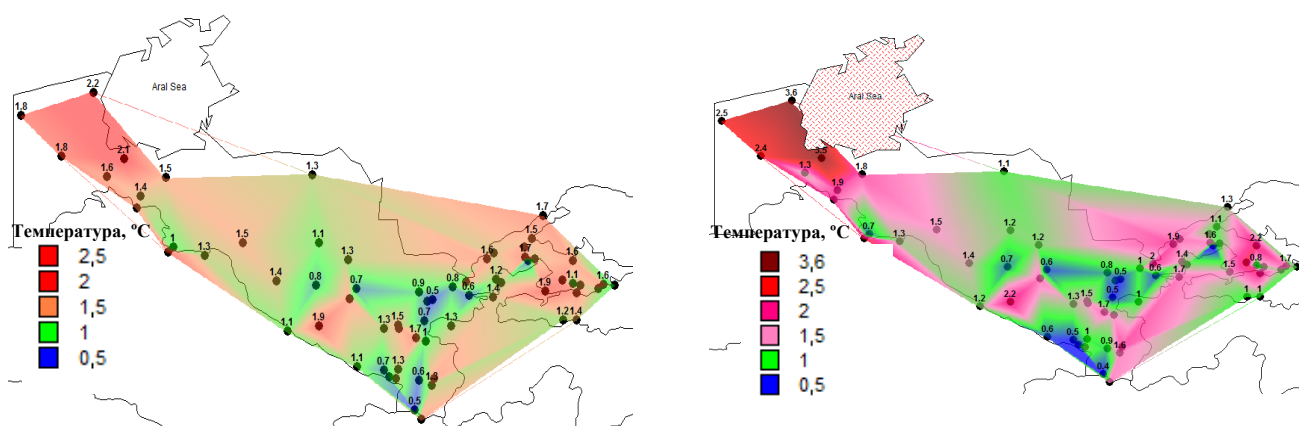


Рис. 4. Разности норм температур июля в $^{\circ}\text{C}$ за два стационарных периода после и до 1973 года (слева) и разности после и до 2007 г., отдельно для Каракалпакии (справа)

Fig. 4. Differences in July temperature norms in $^{\circ}\text{C}$ for two stationary periods before and after 1973 (left) and the differences after and before 2007 for Karakalpakia region only (right)

Если же учесть, что на станциях Каракалпакии наблюдается изменение норм не только в 1973 г., но и еще и в 2007 г., то можно найти разницу норм после и до 2007 г., которая будет еще больше для этих станций. Тогда рост норм температур в районе Аральского моря будет еще больше, как показано на рис. 4 (справа), и составляет: $+3,6^{\circ}$ на станции Актумсук (38031) и $+3,5^{\circ}$ на станции Муйнак (38146). На остальных станциях Каракалпакии рост норм также стал несколько больше и составляет в среднем $+2,0^{\circ}\text{C}$. В основном по всей территории республики за весь период наблюдений с 1966 г. температура поднялась на $+1,0^{\circ}$ – $+1,5^{\circ}$.

В юго-восточной и южной части республики – в Кашкадрийской области на станциях Карши (38812) и Гузар (38815) прирост температуры июля за весь период составил от $+0,4^{\circ}$ до $+0,6^{\circ}$ (хребты, горы). В Сурхандарьинской области на станции Термез (38827) температура июля выросла на $+0,9^{\circ}$.

На всей территории Джизакской области, на юго-западе (хребты, горы) и северо-востоке (равнинная часть) за весь период наблюдений с 1966 г. температура не поднялась больше, чем на $+1,0^{\circ}$ и в среднем увеличение составляет $+0,5^{\circ}$ – $+0,8^{\circ}$.

Выводы. В результате проведенного исследования получены следующие основные результаты.

1. Сформирована уникальная региональная база данных среднемесячных температур воздуха и осадков по 66 метеостанциям за последний период однородных наблюдений с 1966 года.

2. Эмпирические распределения температур воздуха и осадков практически не содержат неоднородных экстремумов. Выявлен только один неоднородный экстремум для температуры июля, обусловленный погрешностью данных и 18 неоднородных экстремумов в рядах осадков (1 для января и 17 для июля), обусловленные пропусками наблюдений и непродолжительными рядами.

3. Температуры июля выросли и притом ступенчато в основном в 1973 году и для трех рядов (Каракалпакия) установлен второй подъем температур в 2007 году. Вместе с тем для половины рядов температур июля пока еще эффективны стационарные модели.

4. На территории Узбекистана выделено 3 области нестационарности:

– северо-западная в Каракалпакии, находящаяся под влиянием высыхающего Аральского моря;

– южная вдоль границы с Киргизией и Таджикистаном;

– изолированная область на границе с Туркменистаном.

5. Рост норм температур на станциях возле Аральского моря составляет $+3,6^{\circ}$, на остальных станциях Каракалпакии $+2,0^{\circ}$, а по всей территории Узбекистана в среднем $+1,0^{\circ}$ – $+1,5^{\circ}$.

Вклад авторов: **В.А. Лобанов:** Научное руководство, методология, постановка проблемы, анализ, моделирование, описание результатов, проверка. **А.И. Вдовенко:** Сбор и статистическая обработка данных, табличное и графическое представление результатов, анализ, моделирование, написание текста, оформление. **Ш.Х. Хабибуллаев:** Сбор данных, оценка качества информации, оформление. Все авторы прочитали и согласны с опубликованной версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Арушанов М.Л. Объективная конструкция понятия «климат» // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. №1, 2021. – С. 11-19.

Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.

Закс Л. Статистическое оценивание. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.

Лобанов, В.А., Анисимов, О.А. Современные изменения температуры воздуха на территории Европы // Метеорология и гидрология. №2, 2003. – С. 5-14.

Лобанов В.А., Лемешко Н.А., Жильцова Е.Л., Горлова С.А., Ренева С.А. Восстановление многолетних рядов температуры воздуха на Европейской территории России // Метеорология и гидрология. № 2, 2005. – С. 5-14.

Лобанов В.А., Шадурский А.Е. Применение эмпирико-статистических методов для моделирования и анализа климатических изменений // Ученые записки РГГМУ. №14, 2010. – С. 16.

Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е. Практикум по климатологии. Часть 1. (учебное пособие). – СПб.: 2011. – 144 с.

Лобанов В.А., Шадурский А.Е. Определение зон климатического риска на территории России при современном изменении климата. Монография. – СПб.: РГГМУ, 2013. – 164 с.

Лобанов В.А., Тоцакова Г.Г. Проявление современных изменений климата на территории Костромской области. Монография. ФГБУ «Костромской центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», Кострома. 2013. – 171 с.

Лобанов В.А., Кириллина К.С. Современные и будущие изменения климата Республики Саха (Якутия). Монография. – СПб.: РГГМУ, 2019. – 157 с.

Лобанов В.А. Учебное пособие по региональной климатологии. – СПб.: РГГМУ, 2020. – 170 с.

Метеорологические данные Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (Узгидромет) (дата обращения 05.01.2017).

Монин А.С., Шишков Ю.А. Климат как проблема физики // Успехи физических наук. Т. 170, № 4, 2000. – 445 с.

Первый оценочный доклад «Изменение климата на территории Российской Федерации». – М.: 2008. – 1020 с.

Рекомендации по приведению рядов речного стока и их параметров к многолетнему периоду. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 64 с.

Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. – М.: Госстрой России, 2004. – 73 с.

Шукри О.А.А., Лобанов В.А., Хамид М.С. Современный и будущий климат Аравийского полуострова. Монография. – СПб.: РГГМУ, 2018. – 191 с.

Третье Национальное сообщение Республики Узбекистан по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. – Ташкент, 2016. – 246 с.

IPCC Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I. Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vincent Bex, Pauline M. Midgley. Cambridge University Press. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo, Delhi, Mexico City. 2013. – 1552 pp.

Электронный ресурс:

Вашингтонский Климатический Центр: http://cdiac.ornl.gov/by_new/bysubjec.html #climate (дата обращения 14.02.2017)

ЎЗБЕКИСТОН ҲУДУДИДА ЗАМОНАВИЙ ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИНИ БАҲОЛАШ

В.А. ЛОБАНОВ¹, А.И. ВДОВЕНКО², Ш.Ҳ. ҲАБИБУЛЛАЕВ²

¹ Россия давлат гидрометеорология университети,

² Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази, alena-meteo@mail.ru

Аннотация. Ўзбекистон Республикасининг 66 метеорология станциялари учун 1966 йилдан ҳозирги вақтгача бўлган ҳаво ҳарорати ва ёгинлар миқдорининг кузатув қаторлари моделлаштирилган. Иқлим ўзгаришининг энг катта таъсири июль ойи ҳароратида намоён бўлгани ҳамда ҳароратнинг погонали кўтарилиши 1973 йилдан буён кузатилаётгани аниқланган. Орол денгизи яқинидаги метеорология станцияларида 2007 йилда ўртача ҳароратнинг иккинчи кўтарилиши кузатилиб, бу жараён ҳудуддаги чўлланиш билан боғлиқ. Январь ойида ҳароратнинг кўтарилиши сезиларсиз бўлиб, фақат бир нечта алоҳида станцияларда кузатилган. Шунингдек, катта табиий ўзгарувчанлик туфайли ёгингарчилик қаторларида иқлим ўзгаришлари деярли намоён бўлмаган.

Калит сўзлар: иқлим ўзгариши, узоқ муддатли кузатув қаторлари, ёгингарчилик, ҳарорат, ностационар ўртачалар моделлари, чизиқли тренд, погонали ўзгаришлар модели, ностационарлик кўрсаткичлари, фазовий қонуниятлар.

**ASSESSMENT OF THE MODERN CLIMATE CHANGES
IN THE TERRITORY OF UZBEKISTAN****V.A. LOBANOV¹, A.I. VDOVENKO², Sh.Kh. KHABIBULLFEV²**¹ Russian State Hydrometeorological University,² Centre of the Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan, alena-meteo@mail.ru

Abstract. *The modeling of time series of air temperatures and precipitation was carried out for 66 meteorological stations of the Republic of Uzbekistan from 1966 to the present. It was found that the greatest manifestation of climate change affects the July temperature and its stepwise increase has been observed since 1973, and at meteorological stations near the Aral Sea there was a second increase in the average temperature in 2007, associated with the desertification of the territory. An increase of January temperature is insignificant and is observed at several separate stations, as well as practically no manifestation of modern climate changes in precipitation time series is observed due to their high natural variability.*

Keywords: *climate change, long-term observation time series, precipitation, temperature, models of non-stationary average, linear trend, step-change model, indicators of non-stationarity, spatial patterns.*

REFERENCES

Arushanov M.L. Obektivnaya konstruksia ponyatiya «Klimat» [Objective construction of the concept of «Climate»] // Hidrometeorologiyay i monitoring okrujaushey sredi, №1, 2021. – S. 11-19. (in Russian)

Drejper H., Smith G. Prikladnoy regressionniy analiz [Applied regression analysis]. – M.: Statistika, 1973. – 392 s. (in Russian)

Zaks L. Statisticheskoe otznenivanie [Statistical estimation]. – M.: Statistika, 1976. – 598 s. (in Russian)

Lobanov V.A., Anisimov O.A. Sovremennye izmeneniya temperaturi vozduha na territorii Evropi [Modern changes in air temperature in Europe] // Meteorologiya i Gidrologiya, №2, 2003. – S. 5-14. (in Russian)

Lobanov V.A., Lemeshko N.A., Zhiltsova E.L., Gorlova S.A., Reneva S.A. Vostanovlenie mnogoletnih ryadov temperaturi vozduha na Evropeyskoy territorii Rossii [Reconstruction of long-term series of air temperature in the European territory of Russia] // Meteorologiya i Gidrologiya, № 2, 2005. – S. 5-14. (in Russian)

Lobanov V.A. Shadurskiy A.Ye. Primenenie empiriko-statisticheskikh metodov dlya modelirovaniya i analiza klimaticheskikh izmeneniy [Application of empirical-statistical methods for modeling and analysis of climate change] // Ucheniye zapiski RGGMU, Sankt-Peterburg, №14, 2010. – S. - 16. (in Russian)

Lobanov V.A., Smirnov I.A., Shadurskiy A. Ye. Praktikum po klimatologii. Chast 1 (uchebnoe posobie) [Practice book on climatology. Part 1]. RGGMU, Sankt-Peterburg, 2011. – 144 s. (in Russian)

Lobanov V.A., Shadurskiy A.Ye. Opredeleniye zon klimaticheskogo riska na territorii Rossii pri sovremennom izmenenii klimata [Identify areas of climate risk in Russia at the present climate change]. Monografiya RGGMU, Sankt-Peterburg, 2013. – 164 s. (in Russian)

Lobanov V.A., Toschakova G.G. Proyavleniye sovremennih izmeneniy klimata na territorii Kostromskoy oblasti [Manifestation of modern climate changes on the territory of the Kostroma region]. Monografiya. FGBU. Kostromskoy Sentr po gidrometeorologii i monitoringu okrujaushey sredi, Kostroma, 2013. – 171 s. (in Russian)

Lobanov V.A., Kirillina K.S. Sovremenniye i budushiye izmeneniya klimata Respubliki Saha (Yakutiya) [Modern and future climate changes in the Republic of Sakha (Yakutia)]. Monografiya, RGGMU, Sankt-Peterburg, 2019. – 157 s. (in Russian)

Lobanov V.A. Uchebnoe posobie po regionalnoy klimatologii [Tutorial for Regional Climatology]. RGGMU, Sankt-Peterburg, 2019. – 170 s. (in Russian)

Meteorologicheskiye danniyе Sentra Gidrometeorologicheskoy Slujby Respubliki Uzbekistan [Meteorological data of the Center of the Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan]. (data obrasheniya 05.01.2017). (in Russian)

Monin A.S., Shishkov Yu.A. Klimat kak problema fiziki [Climate as a problem of physics] // Uspexi Fizicheskix Nauk, T. 170, № 4, 2000. – 445 s. (in Russian)

Perviy otsenochniy doklad «Izmeneniye klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii» [First Assessment Report "Climate Change in the Territory of the Russian Federation"]. – M.: 2008. – 1020 s. (in Russian)

Rekomendatsii po privedeniyu ryadov rechnogo stoka i ih parametrov k mnogoletnemu periodu [Recommendations for bringing the river runoff series and their parameters to a long-term period.]. – L.: Gidrometeoizdat, 1979. – 64 s. (in Russian)

Svod pravil po proyektirovaniyu i stroitelstvu. Opredeleniye osnovnih raschetnih gidrologicheskikh harakteristik. SP 33-101-2003. [A set of rules for design and construction. Determination of the main calculated hydrological characteristics. SP 33-101-2003]. – M.: Gosstroy Rossii, 2004. – 73 s. (in Russian)

Shukri O.A.A., Lobanov V.A., Hamid M.S. Sovremenniy i budushiy klimat Araviyskogo poluostrova [The modern and future climate of the Arabian Peninsula]. Monografiya. RGGMU, Sankt-Peterburg, 2018 – 191 s. (in Russian)

Tretye Natsionalnoye soobsheniye Respubliki Uzbekistan po Ramochnoy Konventsii OON ob izmenenii klimata [Third National Communication of the Republic of Uzbekistan on the UN Framework Convention on Climate Change]. – Tashkent, 2016. – 246 s. (in Russian)

Electronic resource:

Vashingtonskiy Klimaticheskiy Sentr [Washington Climate Center], http://cdiac.ornl.gov/by_new/bysubjec.html#climate.

УДК 551.509

МЕТОДИКА РАЦИОНАЛИЗАЦИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ СТАНЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА

М.Л. АРУШАНОВ^{1*}

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, mikl-arushanov@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрен метод рационализации метеорологической сети станций на территории Узбекистана с учетом существующей густоты станций наблюдений, основанный на величине ошибки оптимальной интерполяции, как функции расстояния между станциями.

Показано, что теоретически корректное решение задачи рационального планирования систем метеорологических наблюдений относительно некоторой «идеальной» сети должно основываться на использовании двух основных критериев – экономического и метеорологического. При этом под «идеальной» сетью понимается сеть наблюдений, обеспечивающая точными наблюдениями метеорологических величин в каждой точке пространства в каждый момент времени. Тем не менее, даже при мыслимо существующей такой сети, хозяйственные потери неизбежны из-за невозможности достижения 100%-ной точности прогнозов. Из очевидных соображений следует, что затраты на содержания «идеальной» системы наблюдений огромны, т.е. такая система экономически нецелесообразна. Поэтому задача рационализации метеорологической сети, теоретически, должна ставиться, как

* mikl-arushanov@rambler.ru, тел.: +998 90 9976146

задача оптимизации затрат на содержание системы и убытков хозяйства вследствие неточности и недостаточности метеорологической информации.

Практическая же реализация рационализации метеорологической сети с учётом экономического критерия в силу крайне слабой его изученности (последствий использования метеорологической информации) чрезвычайно сложна. Поэтому в данной статье использован метеорологический подход.

Ключевые слова: оптимальная интерполяция, мера Шеннона, ошибка интерполяции, квадратичная ошибка, корреляционная функция, метеорологическая сеть.

Введение. Оптимальная метеорологическая сеть такова, если расстояние между метеорологическими станциями составляет около 50-60 км для основных непрерывных метеорологических величин (температура, давление, влажность и др.), что согласно требованиям Всемирной метеорологической организации (ВМО) соответствует индексу плотности станций ($\rho = 1 \text{ МС}/1000 \text{ км}^2$) 3,0-3,5 (один пункт на 3,0-3,5 тыс. км²). Концепция оптимальности в полном объёме не может быть реализована из-за необходимости учета всех потребностей различных отраслей экономики. В табл. 1 приведён индекс плотности станций на территории Республики Узбекистан и сопредельных с ней странах. Как видно из таблицы, плотность сети метеорологических станций Узбекистана и сопредельных стран не удовлетворяет требованиям ВМО, кроме Таджикистана.

Таблица 1

**Индекс плотности метеорологической сети Узбекистана
и сопредельных стран**

Table 1

**Density index of the meteorological network of Uzbekistan
and neighboring countries**

Страна	Площадь, тыс. км ²	Количество метеостанций	Плотность сети, $N_{\text{мс}}/100000 \text{ км}^2$	Индекс ρ
Узбекистан	417,400	82	20	5
Казахстан	2717,300	260	10	10
Кыргызстан	198,500	32	16	6
Россия	17075,200	1686	10	10
Таджикистан	143,100	53	37	3
Туркменистан	491,200	102	21	5
Афганистан	652, 864	112	17	5

Примечание: $N_{\text{мс}}$ – число метеостанций.

Note: $N_{\text{мс}}$ – number of weather stations.

Плотность метеорологической сети в Узбекистане составляет $\approx 1 \text{ МС}$ на 6000 км^2 , что почти в два раза меньше требуемой ВМО нормы. Для обеспечения метеорологической информацией, отвечающей требованиям ВМО, территория Узбекистана должна быть оснащена не менее 144 метеорологическими станциями. Это требует значительных финансовых затрат. Однако, информативность метеорологической сети определяется не только расстоянием между станциями, а и их взаимным расположением. Критерием оптимального количества станций и их расположения может служить ошибка интерполяции [Гандин, 1961, 1963].

Теоретические основы задачи рационального размещения метеорологической сети станций. До 60-х годов прошлого столетия основной упор на развитие

метеорологических наблюдений ставился на совершенствование измерительной техники и приборостроения. Как следствие, информативность существовавших наблюдений в целях краткосрочного прогноза погоды была низка. Позже, учёные метеорологи для повышения оправдываемости краткосрочных прогнозов, обосновывая теоретически, ставят задачу увеличения плотности региональных метеорологических сетей [Гандин, Каган, 1976].

Из очевидных соображений прямо следует, что всестороннее корректное решение задачи рационального планирования систем метеорологических наблюдений не может быть осуществлено без рассмотрения экономической составляющей. Согласно [Гандин, Каган, 1976] мыслимо представим некую идеальную систему наблюдений, обеспечивающую точными метеорологическими данными в любой географической точке, в каждый момент времени. Тем не менее, имея такую систему наблюдений, хозяйственные экономические потери неизбежны по ряду причин, в том числе, и по причине невозможности получения 100%-ной точности прогнозов погоды. Уже из последнего следует, что такая «идеальная» система наблюдений экономически нецелесообразна. Действительно, рассмотрим выражение

$$\Sigma = M + \text{ЭУ},$$

где M – затраты на содержание системы метеорологических измерений, ЭУ – экономические убытки в хозяйстве из-за неточности метеорологической информации (как следствие, неточности прогнозов). Если взять предельные случаи, а именно, полное отсутствие информации ($M = 0$) и «идеальную» систему (ЭУ – маленькая величина), то в первом случае экономические убытки очень большие, а во втором – затраты на содержания системы значительно превышают экономические убытки. Отсюда прямо следует методика решения задачи – минимизация величины Σ .

Количественную схему, реализующую минимизацию величины Σ , рассмотрим, принимая фиксированными все параметры сети, кроме её густоты, определённой количеством станций N на заданной площади S [Гандин, Каган, 1967].

Обозначим стоимость содержания одной станции в течении года через Z_0 . Затраты Z на содержание N станций определяются выражением

$$Z = NZ_0.$$

Далее положим, что потери P из-за ошибок прогноза, определяемые величиной неточности информации I , являются линейной функцией этой величины:

$$P = \xi \cdot I + b,$$

где $\xi > 0$, т.е. чем больше неопределённость содержит информация, тем больше потери. Кроме того, имея ввиду принятое условие фиксированности всех параметров сети, кроме количества станций, параметр $I=f(N)$ есть убывающая функция величины N , так как с увеличением густоты сети неопределённость информации уменьшается. Тогда максимальные потери при полном отсутствии станций составят

$$P = \xi \cdot I(0) + b,$$

а уменьшение потерь ΔP при функционировании N станций определяются выражением:

$$\Delta P(N) = P_{\max} - P(N) = \xi \cdot [I(0) - I(N)] + b. \quad (1)$$

Разность между затратами на содержания N станций и сохранёнными затратами за счёт наличия метеорологической информации (N станций) составит величину

$$\Delta P^+ = \Delta P(N) - NZ_0. \quad (2)$$

Из (1) следует, что функция $\Delta P(N)$ обращается в нуль при $N = 0$. При $N \rightarrow \infty$ $\Delta P(\infty) = \xi \cdot I(0)$.

Таким образом, оптимальное количество густоты метеорологических станций (число станций N) для фиксированной площади S определяется зависимостями ΔP , Z и ΔP^+ от N . Условие рациональности сети определяется неравенством

$$\left| \frac{dI}{dN} \right| > \frac{Z_0}{\xi}, \quad (3)$$

так как в противном случае сеть станций не рациональна ни при каком N . иными словами содержание станций выгодно если $N < N_{\max}$, где N_{\max} определяется равенством $\Delta P(N) = Z(N)$. Оптимальное же количество станций определяется выражением:

$$\left| \frac{dI}{dN} \right|_{N=N_0} > \frac{Z_0}{\xi}. \quad (4)$$

В силу слабой изученности оценки экономической выгоды использования метеорологической информации, практическая реализация планирования сети станций с учётом экономической составляющей в рамках описанного выше подхода весьма затруднена. Поэтому в данной работе ограничимся метеорологическим и информационным подходом [Гуменюк, Поздниченко, 2015]. В рамках этого подхода точность, с которой должны быть известны метеорологические величины, задаётся априори и на основании этого определяются требования к сети станций.

Рационализация метеорологической сети на основе оценки ошибок оптимальной интерполяции. Метод рационализации метеорологической сети, основанный на оценке ошибок интерполяции впервые был предложен О.А. Дроздовым и А.А. Шепелевским [Дроздов, Шепелевский, 1946]. Позже, Л.С. Гандиным этот метод был усовершенствован на основе разработанного им метода оптимальной интерполяции [Гандин и др., 1972]. Изложим вкратце суть метода.

Обозначим через $f(x_i, y_i)$ измеренную с ошибкой φ_i в точке с координатами x_i, y_i метеорологическую величину

$$f(x_i, y_i) \equiv \overline{f_i} = f_i + f_i^* + \delta_i, \quad (5)$$

где $\overline{f_i}$ – норма метеорологической величины, f_i^* – отклонение от нормы. Далее обозначим через φ_i – измеренное отклонение величины f от нормы, т.е.

$$\varphi_i = f_i^* + \delta_i. \quad (6)$$

Пусть x_0, y_0 – координаты точки, в которую выполняется интерполяция величины φ_i как линейная комбинация с весами p_i и измеренных в n точках отклонений:

$$\hat{\varphi}^*(x_0, y_0) \equiv \hat{\varphi}_0^* = \sum_{i=1}^n p_i \varphi_i. \quad (7)$$

Весы p_i определим из условия минимума квадрата ошибки интерполяции E :

$$E = \overline{\left(\hat{\varphi}_0^* - \sum_{i=1}^n p_i \varphi_i \right)^2} = \min. \quad (8)$$

В (8) черта сверху – процедура усреднения. Раскрывая (8), получим систему (9) n линейных уравнений для определения весов p_i .

$$\sum_{i=1}^n r_{ij} p_i. \quad (9)$$

Где r_{ij} – корреляционная функция расстояния величины f_i . Поскольку квадратичная форма $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} p_i p_j > 0$, то система (9) всегда имеет решение в силу её положительной определённости.

Ошибку интерполяции E (8) запишем в виде [Гандин и др., 1972]

$$\sum_{j=1}^n \left(\overline{f_i^* f_j^*} + \overline{f_i^* \delta_j} + \overline{f_j^* \delta_i} + \overline{\delta_j \delta_i} \right) p_j = \overline{f_i^* f_0^*} + \overline{\delta_i f_0^*} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

и

$$E = \overline{f_0^*}^2 - \sum_{j=1}^n p_j \left(\overline{f_j^* f_0^*} + \overline{\delta_j f_0^*} \right) \quad (11)$$

Выражения (10), (11) позволяют дать оценку средней квадратичной ошибки интерполяции \sqrt{E} метеорологической величины f в любую точку при известных средних парных произведениях (ковариациях), т.е. знании корреляционной функции расстояний, которая описывает величину корреляции значений элемента f в различных точках, корреляцию между ошибками измерений в разных точках и корреляцию между истинными значениями метеорологической величины и ошибками её измерения. Таким образом, зная максимально допустимые значения средней квадратичной ошибки \sqrt{E} , используя выражения (10), (11), можно сформулировать требования к параметрам метеорологической системы наблюдений. В этом и состоит основа метода рационализации сети, предложенного в начале 60-х годов прошлого столетия Л.С.Гандиным.

Практическая реализация метода. Согласно выражениям (10), (11) для практической реализации метода рационализации сети необходимо получить пространственное распределение средней квадратичной ошибки интерполяции на заданной территории. Поэтому на первом этапе для вычисления \sqrt{E} необходимо рассчитать корреляционную функцию расстояния интерполируемой метеорологической величины. В качестве таковой возьмём приземную температуру воздуха. Будем

рассматривать регулярную сетку, используемую при реанализе [Kanamitsu et al, 2002] (рис. 1), покрывающую территорию Узбекистана. На рис. 2 приведена корреляционная функция температуры, как функция расстояния для каждого месяца года и осреднённая по месяцам. Приведённые на рис. 2 функции аппроксимированы полиномом 7-ой степени, что представляется очень удобным в дальнейших расчётах.

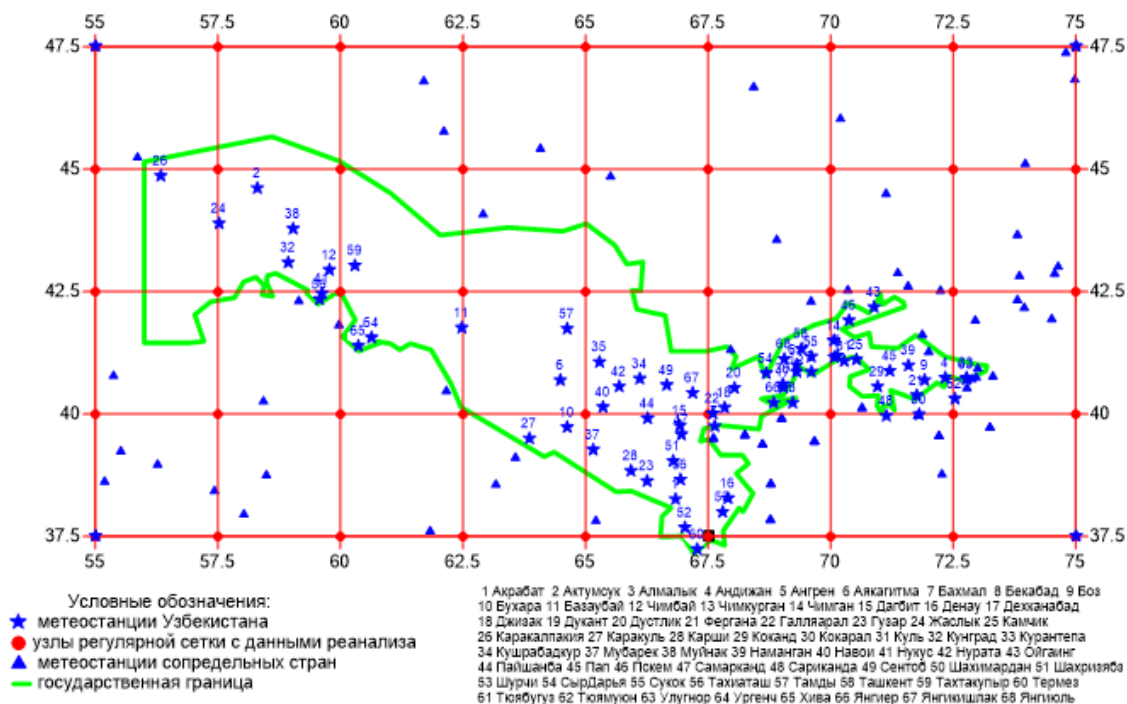


Рис. 1. Метеорологическая сеть Узбекистана и прилегающие метеорологические станции сопредельных стран

Fig. 1. Meteorological network of Uzbekistan and adjacent meteorological stations of neighboring countries

В дальнейшем, принимая во внимание, что статистические характеристики метеорологических полей обладают рядом известных свойств, примем следующие упрощающие предположения:

1. Ошибки измерений δ_i некоррелируют с истинными значениями температуры в любой точке (свойство несмещённости), т.е. $\overline{f_i \delta_i} = 0$.

2. Корреляционная функция $r_{ij} = f_i^* f_j^*$ однородна и изотропна, зависит только от расстояния $l = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ между точками, т.е. дисперсия $\sigma^2 = \overline{f_0^{*2}}$ не зависит от координат.

3. Предположения однородности и изотропности применимо и к ковариациям ошибок измерения.

В силу принятых допущений система (10) и формула (11) запишутся в виде:

$$\sum_{j=1}^n (r_{ij} + \eta \mu_{ij}) p_i = r_{oj}, \quad (i=1, 2, \dots, n) \tag{12}$$

$$\varepsilon = \frac{E}{\sigma^2} = 1 - \sum_{j=1}^n p_j r_{oi}, \quad (13)$$

где η – мера ошибки наблюдений, ε – мера ошибки интерполяции.

Таким образом, для выполнения расчётов входными данными являются корреляционная функция $r(l)$ температуры (рис. 2), её дисперсия σ^2 , дисперсия σ_0^2 ошибок наблюдений и их корреляционная функция $\mu(l)$.

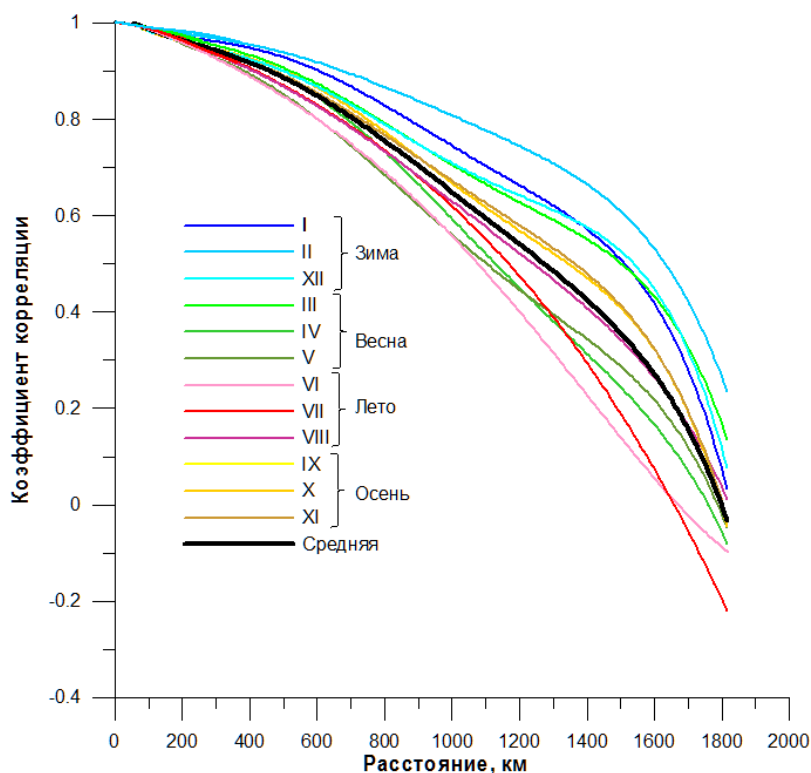


Рис. 2. Корреляционные функции приземной температуры воздуха

Fig. 2. Correlation functions of surface air temperature

Численные расчёты. Алгоритм решения поставленной задачи сводится к решению системы алгебраических уравнений (12) и нахождения среднеквадратичной ошибки E . Алгоритм реализован в виде программного комплекса на языке FORTRAN 99 в оболочке *Microsoft Fortran PowerStation version 4.0*.

Численные расчёты выполнялись в два этапа: 1) решение системы основывалось на расположении существующей метеорологической сети на территории Узбекистана (рис. 1); 2) существующая сеть была дополнена эмитированными метеорологическими станциями (рис. 4). В результате получены оценки среднеквадратичной ошибки \sqrt{E} на каждом из этапов. Величина допустимой ошибки была взята равной $0,5^\circ\text{C}$. Результаты расчётов приведены на рис. 3 – по существующей метеорологической сети и с добавленными метеорологическими станциями, как показано на рис. 2.

Как видно из приведённых рисунков, в первом случае введённому критерию ошибки интерполяции удовлетворяет около 1/3 площади Узбекистана (жёлтая палитра на рис. 3). Введение дополнительных 9 станций с их взаимным расположением на одинаковом расстоянии друг от друга позволяют оптимизировать метеорологическую сеть

Узбекистана, таким образом, что средняя квадратичная ошибка интерполяции $\sqrt{E} \leq 0,5$, т.е. вся площадь территории Узбекистана отвечает принятому критерию.

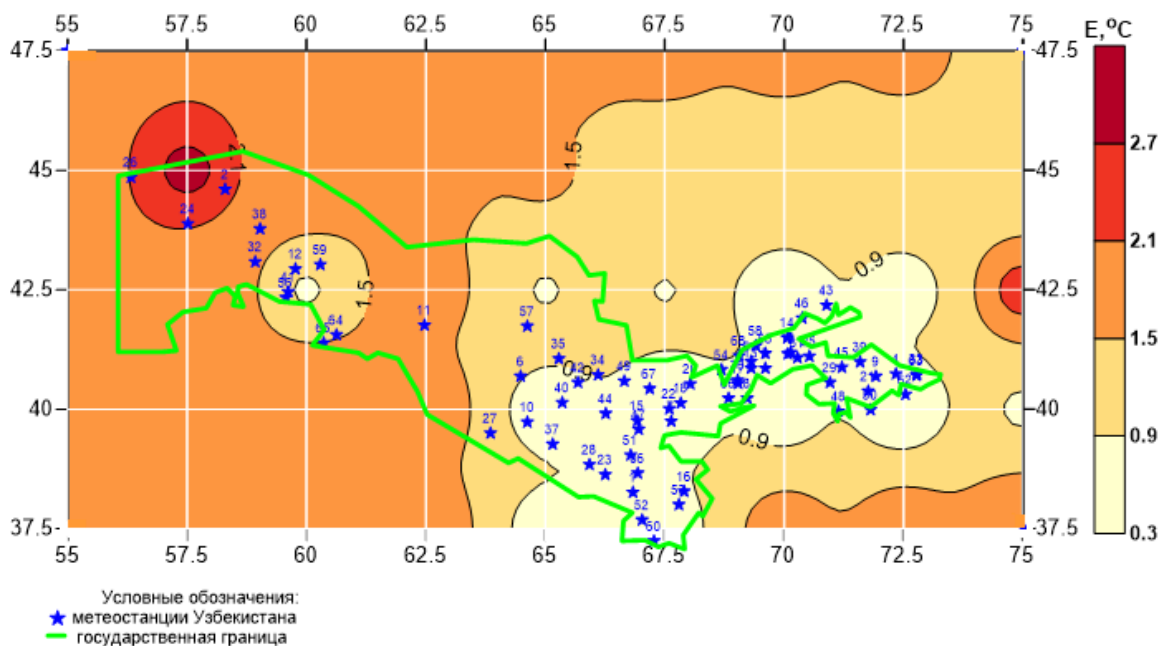


Рис. 3. Пространственное распределение средней квадратичной ошибки по данным имеющейся метеорологической сети на территории Узбекистана

Fig. 3. Spatial distribution of the root mean square error according to the data of the available meteorological network on the territory of Uzbekistan

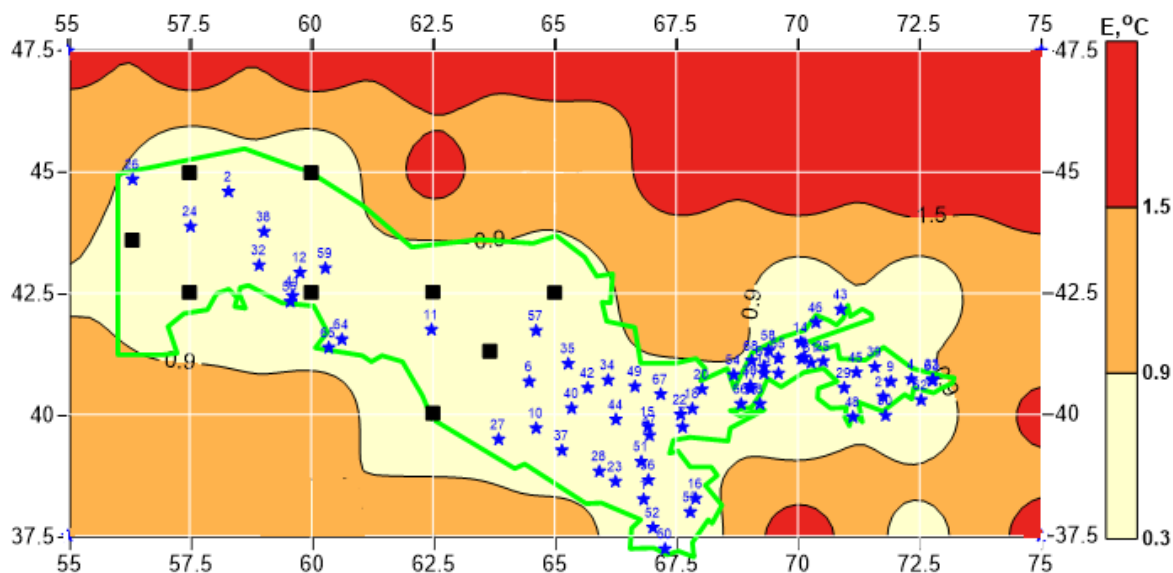


Рис. 4. Пространственное распределение средней квадратичной ошибки, полученной с учётом эмитированной метеорологической сети (■) на территории Узбекистана

Fig. 4. Spatial distribution of the root mean square error, obtained taking into account the emitted meteorological networks (■) on the territory of Uzbekistan

Выводы. Предложенный в начале 60-годов прошлого столетия профессором Л.С.Гандиным метод оптимизации метеорологической сети станций на основании ошибки

оптимальной интерполяции оказывается чрезвычайно эффективным в сочетании с правильным (оптимальным) расположением добавляемых станций.

Единственным субъективным параметром в данном методе является вводимая величина критерия ошибки интерполяции. Объективизировать эту величину необходимо из соображений допустимой точности измерений метеорологической величины.

ЛИТЕРАТУРА

Гандин Л.С. О принципах рационального размещения сети станций // Труды ГГО, Вып. 124. – 1961. С. 9-21.

Гандин Л.С. Объективный анализ метеорологических полей. – Л.: Гидрометеоздат, 1963. – 282 с.

Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 360 с.

Гандин Л.С., Каган Р.Л. Об экономическом подходе к планированию сети метеорологических станций // Труды ГГО, Вып. 208. 1967. – С. 120–131.

Гандин Л.С., Каган Р.Л., Полищук А.И. Об оценке информативности систем метеорологических наблюдений // Труды ГГО, Вып. 286. 1972. – С. 120-140.

Гандин Л.С., Каган Р.Л., Тараканова В.П. К вопросу о рациональном планировании сети наблюдений за температурой воздуха // Труды ГГО, Вып. 228. 1968. – С. 90-105.

Дроздов О.А., Шепелевский А.А. Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и её применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети // Труды НИУ ГУГМС, Сер. 1, Вып. 13. 1946.– С. 7-23.

Kanamitsu M., Ebisuzaki W., Woollen J., Yang S.-K., Hnilo J.J., Fiorino M., Potter G.L., NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // Bull. Am. Meteorol. Soc. 83. 2002. – PP. 1631–1644.

ЎЗБЕКИСТОН ХУДУДИДАГИ МЕТЕОРОЛОГИЯ СТАНЦИЯЛАРИ ТАРМОҒИНИ РАЦИОНАЛИЗАЦИЯЛАШ УСУЛИ

М.Л. АРУШАНОВ¹

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

Аннотация. Мақолада Ўзбекистон ҳудудидаги станцияларнинг метеорологик тармоғини рационализациялаш усули кузатув станцияларининг мавжуд зичлигини ҳисобга олган ҳолда, оптимал интерполяция хатоси қийматидан келиб чиқиб станциялар орасидаги масофа функцияси сифатида кўриб чиқилди.

Метеорологик кузатув тизимларини бирор "идеал" тармоққа нисбатан оқилона режалаштириши муаммосини назарий жиҳатдан тўғри ҳал қилиши иккита асосий мезон - иқтисодий ва метеорологик мезонлардан фойдаланишга асосланган бўлиши кераклиги кўрсатилган. Бундай ҳолда, "идеал" тармоқ ҳар бир вақтнинг ҳар бир дақиқасида фазонинг ҳар бир нуқтасида метеорологик қийматларни аниқ кузатишини таъминлайдиган кузатувлар тармоғи сифатида тушунилади. Шунга қарамай, бундай тармоқ мавжуд бўлганда ҳам, прогнознинг 100% аниқлигига эришиши мумкин эмаслиги сабабли иқтисодий йўқотишлар муқаррардир. Аниқ мулоҳазалардан келиб чиқиб, "идеал" кузатув тизимини сақлаш харажатлари жуда катта; бундай тизим иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ эмас, дейиши мумкин. Шунинг учун метеорологик тармоқни рационализация қилиши вазифаси назарий жиҳатдан тизимни сақлаш харажатлари ва метеорологик маълумотларнинг нотўғри ва етарли эмаслиги туфайли иқтисодиётнинг йўқотишларини оптималлаштириши вазифаси сифатида қўйилиши керак.

Иқтисодий мезонни ҳисобга олган ҳолда метеорологик тармоқни рационализациялашни амалга ошириши, унинг жуда кам ўрганилганлиги (метеорологик маълумотлардан фойдаланиш оқибатлари) туфайли қийиндир. Шунинг учун ушбу мақолада метеорологик ёндашув қўлланилди.

Калит сўзлар: *оптимальная интерполяция, Шеннон ўлчови, интерполяция хатоси, квадратик хато, корреляция функцияси, метеорологик тармоқ.*

METHODOLOGY OF RATIONALIZATION OF THE METEOROLOGICAL NETWORK OF STATIONS ON THE EXAMPLE OF THE TERRITORY OF UZBEKISTAN

M.L. ARUSHANOV¹

¹ Hydrometeorological Research Institute, mikl-arushanov@rambler.ru

Abstract. *The article discusses the method of rationalizing the meteorological network of stations on the territory of Uzbekistan, taking into account the existing density of observation stations, based on the value of the optimal interpolation error as a function of the distance between stations and, in addition, on the Shannon's quantitative measure.*

It is shown that the theoretically correct solution to the problem of rational planning of meteorological observation systems with respect to some "ideal" network should be based on the use of two main criteria - economic and meteorological. In this case, an "ideal" network is understood as a network of observations that provides accurate observations of meteorological values at every point in space at every moment of time. Nevertheless, even with such a network conceivably existing, economic losses are inevitable due to the impossibility of achieving 100% forecast accuracy. From obvious considerations, it follows that the costs of maintaining an "ideal" observing system are enormous, such a system is economically impractical. Therefore, the task of rationalizing the meteorological network, theoretically, should be posed as the task of optimizing the costs of maintaining the system and losses of the economy due to inaccuracy and inadequacy of meteorological information.

The practical implementation of the rationalization of the meteorological network, taking into account the economic criterion, due to its extremely poor knowledge (the consequences of using meteorological information) is extremely difficult. Therefore, this article uses a meteorological approach.

Keywords: *optimal interpolation, Shannon's measure, interpolation error, quadratic error, correlation function, meteorological network.*

REFERENCE

Gandin L.S. O prinsipah razmezchenya seti stantsiy [On the principles of rational placement of a network of stations]. // Trudy GGO, Vip. 124 . 1961. – S. 9-21. (in Russian)

Gandin L.S. Obektyvniy analiz meteorologicheskoy poley [Objective analysis of meteorological fields]. – L.: Gidrometeoizdat, 1963. – 282 s. (in Russian)

Gandin L.S., Kagan R.L. Statisticheskiye metodi interpretatsii meteorologicheskikh dannih [Statistical methods of interpretation of meteorological data]. – L. : Gidrometeoizdat, 1976. – 360 s. (in Russian)

Gandin L.S., Kagan R.L. Ob ekonomicheskom podhode k planirovaniyu seti meteorologicheskikh stantsiy [On an economic approach to planning a network of meteorological stations] // Trudy GGO, Vip. 208. 1967. – S. 120-131. (in Russian)

Gandin L.S., Kagan R.L., Polishchuk A.I. Ob ocenke informativnosti sistem meteorologicheskikh nablyudeniy [On the assessment of the information content of meteorological observation systems] // Trudy GGO, Vip. 286. 1972. – S. 120-140. (in Russian)

Gandin L.S., Kagan R.L., Tarakanova V.P. K voprosu o ratsionalnom planirovanii seti nablyudeniy za temperaturoy vozduha [On the issue of rational planning of the air temperature observation network] // Trudy GGO, Vip. 286. 1972. – S. 120-140. (in Russian)

Drozhdov O.A., Shepelevsky A.A. Teoriya interpolatsii v stohasticheskom pole meteorologicheskikh elementov i ee primeneniye k voprosam meteorologicheskikh kart i ratsionalizatsii seti [The theory of interpolation in the stochastic field of meteorological elements and its application to the

questions of meteorological maps and rationalization of the network] // Trudy NIU GUGMS, Ser. 1, Vip. 13. 1946. – S. 7-23. (in Russian)

УДК: 551.584.32

ЎЗБЕКИСТОННИНГ ШИМОЛИ-ШАРҚИЙ ДАРЁ ҲАВЗАЛАРИДА 2010-2019 ЙИЛЛАРДА КУЗАТИЛГАН ҚУРҒОҚЧИЛИК ҲАВФИНИ БАҲОЛАШ

Ш.Ш. ЗАЙТОВ¹, Э.И. АБДУЛАХАТОВ^{1*}, Д.Ў. ЯРАШЕВ²

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, sherzodzaitov@gmail.com, erik_sen@mail.ru

² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, drxnayarashev@mail.ru

Аннотация: *Тадқиқотда Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий қисмидаги Тошкент ва Сирдарё вилоятларининг учта гидрологик ҳавзаларида қурғоқчилик ва ўсимлик қоплами ўзгариши ўртасидаги боғлиқлик тадқиқ этилган. Изланиш жараёнида нормаллаштирилган ўсимлик индекси (NDVI), стандартлаштирилган ёгингарчилик индекси (SPI) ва ўсимлик қопламининг мавсумий ўзгариши тўғрисидаги маълумотлар асосида кучли қурғоқчиликнинг такрорланувчанлиги таҳлил қилинган. Тадқиқотни бажаришда Ўзгидрометнинг 17 та метеорология станцияларида 2010-2019 йилларда ўлчанган ёгингарчилик маълумотларидан фойдаланилган. Ушбу давр учун NDVI индексини ҳисоблашда 16 кун даврийлик билан олинadиган MODIS TERRA йўлдош маълумотлари қўлланилган.*

Калит сўзлар: *ўсимлик қоплами, қурғоқчилик, ёгингарчилик, NDVI, MODIS TERRA, SPI, Гамма функция, гидрологик ҳавза, масофадан зондаш.*

Кириш. Қурғоқчилик – узоқ вақт қуруқ ва иссиқ ҳаво массалари сақланиб туриши оқибатида сув тақчиллигини юзага келтирувчи хавфли гидрометеорологик ҳодисадир [Чуб, 2007]. Мавжуд илмий адабиётларда қурғоқчиликнинг тўртта тури ажратилади [Вһуан, 2004]. Уларнинг асосийлари атмосфера ва гидрологик қурғоқчиликлардир. Атмосфера қурғоқчилиги – атмосферада циркуляцион жараёнлар натижасида юқори ҳаво ва тупроқ ҳарорати, шамол тезлиги, ёгингарчиликнинг узоқ вақт давомида бўлмаслиги (ёки ёгингарчиликнинг кўп йиллик ўртача иқлимий кўрсаткичларга нисбатан сезиларли даражада кам бўлиши) билан тавсифланувчи атмосфера ҳодисасидир. Қурғоқчиликнинг кучайиши тупроқ хусусиятлари, жойнинг микроиқлимий шароити, ўсимликнинг “қаттиқлашув” даражаси ҳамда ўсимлик физиологиясидаги ўзгаришларда сезилади [Петров ва бошқ., 2021]. Бу хавфли метеорологик ҳодисани баҳолаш учун одатда “сув буғи босими” қийматларидан фойдаланилади. Қурғоқчилик инсон саломатлиги, ижтимоий-иқтисодий объектларнинг барқарор ишлаши, қишлоқ ва сув хўжалиги, экология ва атроф муҳит ҳамда флора ва фаунага салбий таъсир кўрсатади [Goddard et al., 2003; Вһуан et al., 2006; Rahimzadeh et al., 2012; Khosravi et al., 2017]. Ўзбекистоннинг 78,7% қисмини текислик ҳудудлари ташкил этади [Ҳасанов ва бошқ., 2010]. Сўнгги йилларда глобал иқлим ўзгариши таъсирида бу майдонлар кенгайиб бормоқда [Чуб, 2007]. Ўзбекистоннинг марказий чўл минтақаларида ёз ойларида тупроқ ва ҳаво қурғоқчилигининг хавфлилик даражаси ортиб бормоқда. Бу минтақаларда узоқ муддат ёгингарчиликнинг кузатилмаслиги ҳамда иссиқ ва қуруқ ҳавонинг давомий узоқ вақт кузатилиши тупроқ қурғоқчилигини кучайтириб, ўсимлик қопламининг камайишига олиб келади. Ҳозирда сунъий йўлдош тасвирларида ўсимлик қопламининг мавсумий ўзгаришидаги ноодатий яшиллик циклининг ўзгараётганини кузатиш имкониятлари

* Масъул муаллиф: erik_sen@mail.ru, тел.: +998 91 2944494

мавжуд ва бу маълумотлар асосида қурғоқчиликни баҳолашнинг турли индекслари яратилган.

Дунёнинг турли ҳудудларида ўсимлик қопламининг мавсумий ўзгаришларини баҳолаш учун турли индекс ва усуллар ёрдамида қурғоқчиликни ҳисоблашга кўп сонли илмий тадқиқот ишлари бағишланган [Gibbs, Maher, 1967; Kogan, 2002; McKee et al., 1993; Palmer, 1965; Shafer, Dezman, 1982]. Тадқиқотлар ёғингарчилик, тупроқ намлиги, буғланиш, ўсимлик қоплами динамикаси, ер ости ва ер усти сувлари миқдорининг ўзгариши каби гидрометеорологик ўзгарувчилар ёрдамида олиб борилади. Бу параметрлар бир-бири билан ҳамма ҳам боғлиқ бўлсада, улар ўртасидаги корреляция кучсиз. Бир хил иқлим шароитларига эга минтақаларда жойнинг рельефи ва сув таъминотида боғлиқ ҳолда қурғоқчилик ҳам турлича намоён бўлади [Bhuiyan, 2004; Iman et al., 2020].

Вегетация даврида қишлоқ хўжалиги экинларига гидрологик ҳамда атмосфера қурғоқчилиги жиддий хавф туғдиради. Қишлоқ хўжалиги тармоғида қурғоқчилик хавфини ўсимлик қопламининг турли мавсумларда турлича ўзгариши орқали баҳолаш мумкин. Ҳудудларда ўсимлик қопламининг ўзгариши метеорологик омиллардан ташқари, қурғоқчилик хавфини келтириб чиқарувчи бошқа омиллар сабаб ҳам келиб чиқади. Тупроқ намлиги ва деградацияси, сув омборлари, ер ости ва ер усти сув оқимлари таркибидаги миқдорий ўзгаришлар ёғингарчиликнинг етишмаслиги шароитида қурғоқчиликнинг хавфлилик даражасини оширади. Атмосфера ва гидрологик қурғоқчилик маълумотлари асосида ҳудудларда нуқтавий (метеорология станциялари ва гидрология постлари) маълумотлар асосида қурғоқчиликнинг хавфлилик даражаларини ўрганишга бағишланган кўплаб тадқиқотлар ўтказилган. Тадқиқотнинг бундай усули бир қатор камчиликларга эга. Кўпинча катта масштабли қурғоқчил ҳудудларда сув етишмаслиги, сув хавзаларининг дефицити ва метеорологик кузатув тармоғининг тарқоқ жойлашганлиги сабабли фойдаланилаётган маълумотлар қурғоқчиликни ўз вақтида ва муайян ҳудудлар учун аниқлашга етарли эмас. Ҳозирда сунъий йўлдош маълумотлари асосида масофадан зондлаш технологияларини қўллаш усуллари орқали ҳудудларда қурғоқчилик хавфини фазовий кўламда ўрганиш ишлари жадал ривожланмоқда. Бу усул қурғоқчиликни ўрганишда ҳам вақтни, ҳам иқтисодий харажатларни тежайди. Қурғоқчилик хавфини ўсимлик қоплами ва тупроқ намлиги маълумотлари асосида аниқлаш қишлоқ хўжалиги тармоғида ижобий натижалар берди. Қишлоқ хўжалиги мақсадларида фойдаланиш учун 1980-йиллардан бошлаб сунъий йўлдош ёрдамида масофадан зондлаш маълумотларига таянувчи бир қатор индекслар яратилди [Rahimzadeh et al., 2012].

Масалан, АҚШ Океан ва атмосфера миллий бошқармаси (NOAA)нинг юқори аниқликдаги сунъий йўлдош радиометрик (AVHRR) маълумотлари ўсимлик қоплами ҳолатини кузатиш учун аҳамиятли. Сунъий йўлдошлардан олинган масофавий зондлаш маълумотлари асосида ўсимлик қоплами ҳолатини аниқлаш учун нормаллаштирилган ўсимлик индекси (NDVI) киритилди. Ўтган давр давомида Meteosat, MODIS ва Landsat йўлдош маълумотлари турли вақт масштабларида қўлланилди. Бу каби манбалардан фойдаланишнинг қулайлиги ҳамда архив маълумотларини олиш имкониятининг мавжудлиги ҳудудларда такомиллаштирилган моделлаш усуллари орқали қурғоқчиликни баҳолаш ва натижалардан турли соҳаларда фойдаланиш мумкинлигини кўрсатди.

Стандартлаштирилган ёғингарчилик ва буғланиш индекси (SPEI) ҳамда стандартлаштирилган ёғингарчилик индекси (SPI) асосида ҳам масофадан туриб, ҳам метеорологик маълумотлар ёрдамида қурғоқчиликни баҳолаш имкониятлари пайдо бўлди. Масалан, Борди ва Сутера [Bordi, Sutera, 2002] томонидан бажарилган катта майдонларда қурғоқчилик ўзгарувчанлиги таҳлили МакКи ва бошқалар [McKee et al., 1993] ҳамда Палмер [Palmer, 1965] томонидан яратилган Палмер қурғоқчилик зўриқиши индекси (PDSI) SPI индексига қараганда мураккаблиги билан фарқ қилишини кўрсатди [Iman et al., 2020]. Жи ва Петерс [Ji, Peters, 2003] Шимолий Америка чўлларида SPI ва NDVI

индекслари асосида қурғоқчиликнинг ўсимликларга таъсирини ўрганди. Улар SPI ва NDVI индексларига асосланиб, турли вақт ўлчовларига эга давр (1, 2, 3, 6, 9 ва 12 ойлар) учун уч усулни яратишди. Тадқиқотчилар 3 ойлик даврларда SPI ва NDVI индекслари ўртасидаги боғлиқлик борлигини аниқлашди. Айнан шу тадқиқотларда тупроқ намлиги кичик, нисбатан қурғоқчил ҳудудларда SPI ва NDVI индекслари орасида энг яхши боғлиқлик борлиги исботланди [Ji, Peters, 2003].

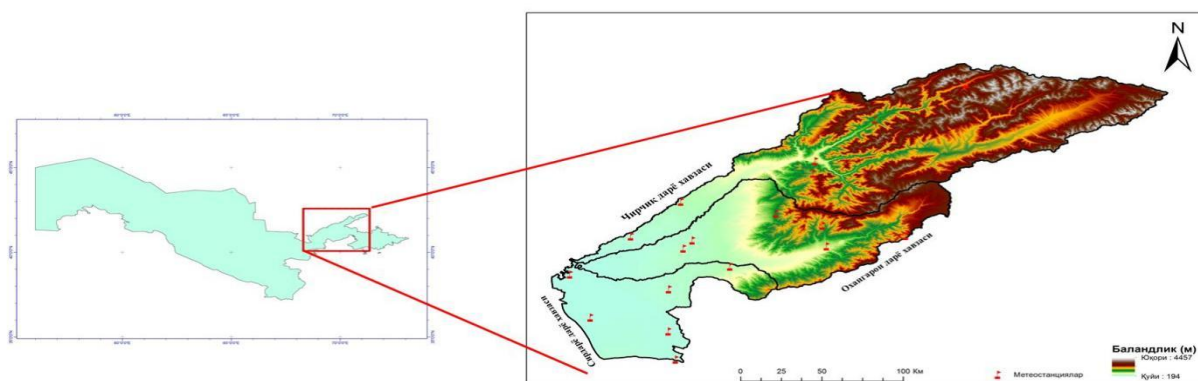
Бхуян ва бошқалар томонидан Ҳиндистоннинг Аравалли шаҳрида 1984-2003 йилларда метеорологик ва сунъий йўлдош маълумотлари асосида қурғоқчилик динамикаси ўрганилди [Bhuyan et al., 2006]. Тадқиқот даврида ёғингарчилик ва ер ости сувлари етишмаслиги мавжуд бўлган Аравалли шаҳрида дренаждаги оқимни баҳолаш мақсадида стандартлаштирилган сув сатҳи индексидан фойдаланилди. Ундан ташқари, NASAнинг сунъий йўлдош радиометрик (AVHRR) ва глобал вегетация индекс (GVI) маълумотларидан ҳаво ҳарорати индекси (TCI), соғлом ўсимлик индекси (VHI) ва ўсимлик қоплами индекс (VCI)лари яратилди. Бу индексларни қўллаш орқали SPIнинг салбий аномалияларида ҳар доим ҳам қурғоқчилик ва уни баҳолаш индекслари орасида мослик кузатилмаслиги аниқланди. Шунингдек, Араваллида “сув буғи босими” турлича бўлган мавсумларда SPI ва NDVI индекслари ўз позициясини турлича ўзгартирди [Bhuiyan et al., 2006]. Раҳимзода ва бошқалар Эроннинг шимоли-ғарбий қисмида VCI ҳамда NDVI индекслари ёрдамида қурғоқчиликни кузатиш имкониятларини ўрганишди. Улар NDVI ва VCI ўртасидаги энг яхши боғлиқлик йил фаслларида (3 ойлик)ги умумий ёғингарчилик қийматларига тўғри келишини аниқлашди. Улар тадқиқотлар натижасида ўсимлик қопламининг ўзгариши қурғоқчилик омили билан бевосита боғлиқ эканлигини исботладилар [Rahimzadeh et al., 2012]. Шундан сўнг, дунё олимлари томонидан турли хил иқлим минтақалари ва гидрологик ҳавзаларда ўсимлик қоплами ва қурғоқчилик ўртасида маълум бир боғлиқликларни тадқиқ этиш ишлари бошланди.

Глобал иқлим ўзгариши даврида Ўзбекистондаги кам сонли ўрмон майдонларидаги ёнғинлар, дарахтларнинг кесилиши, чўлланиш, тупроқ эрозияси ва деградацияси натижасида қурғоқчилик хавфи кучайиб бормоқда. Ўзбекистоннинг асосий гидрологик ҳавзалари ва уларда сув ҳосил бўлиш манбалари тоғ ва тоғ олди ҳудудларида жойлашган. Айрим тоғ ва тоғ олди ҳудудларида ўсимлик қоплами зич жойлашган бўлса, айрим минтақаларда ўсимлик қоплами жуда сийрак, дарахтзорларсиз ландшафтдан ташкил топган. Юқоридаги каби турли хил зоналик хусусиятига эга гидрологик ҳавзаларда ўсимлик қоплами динамикасини қурғоқчилик билан боғлиқлигини ўрганиш айни даврда мамлакатнинг экологик барқарорлиги учун жуда муҳим ҳисобланади. Ушбу тадқиқотнинг **мақсади** Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий қисмида турли хил гидрологик ҳавза ва турли зоналикдан иборат майдонларда кузатилган қурғоқчилик ва нормаллаштирилган ўсимлик индекслари ёрдамида ўсимлик қоплами ўзгариши ва қурғоқчилик омиллари ўртасидаги боғлиқликни ўрганиш, шунингдек, уларнинг ГАТ хариталарини яратишдан иборат бўлди.

Тадқиқот объекти Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий қисмида жойлашган Тошкент ва Сирдарё вилоятлари, қисман қўшни Қирғизистон, Қозоғистон ва Тожикистон Республикалари билан чегарадош тоғларда жойлашган учта гидрологик ҳавзани (24255,36 км²) қамраб олади. Бу ҳудуд сифатида Чирчиқ дарёси ҳавзаси (ЧДХ), Оҳангарон дарёси ҳавзаси (ОДХ) ва Сирдарё ҳавзаси (СДХ)нинг Тошкент ва Сирдарё вилоятларидан кесиб ўтган қисми танланган (1-расм, 1-жадвал).

ЧДХ – Тошкент вилоятининг шимолий, шимоли-ғарбий ва ғарбий қисмида Қозоғистон ва Қирғизистон баланд тоғ сувайриғичлари билан чегарадош гидрологик ҳавза ҳисобланади. Ҳавзанинг умумий майдони 13188,95 км², тадқиқот объектининг 54,37% ини ташкил қилиб, тоғ, текислик ва адирликлардан иборат. Ҳавзада сўнгги 40 йилликдаги ўртача йиллик ёғинлар миқдори 670,8 мм, тоғларда 944,0 мм ни ташкил этади.

ОДХ – Тошкент вилоятининг шарқий, марказий ва қисман жанубий, қўшни Қирғизистон ва Тожикистон баланд тоғлари билан чегарадош худудларда жойлашган. Ҳавза географик жойлашувга кўра шимол, шарқ ва жануби-шарқий томондан баланд тоғлар билан чегараланган. Ҳавзанинг жануби-ғарби Сирдарё ҳавзаси билан чегарадош. Ҳавзанинг умумий майдони 6964,35 км², тадқиқот объектининг 28,7% ни ташкил этади. Тоғ, текислик ва адирликлардан иборат. Ҳавза тоғликларида ўртача йиллик ёғинлар 940,0 мм ни ташкил этади. Ҳавзада сўнгги 40 йилликдаги ўртача йиллик ёғинлар миқдори 734,3 мм га тенг.



1-расм. Тадқиқот объектининг баландлик харитаси ва 17 та метеорология станцияларининг жойлашиши

Рис. 1. Область исследования с указанием высоты и 17 метеостанций

Fig. 1. Study area with altitude and 17 weather stations

СДХ – Тошкент ва Сирдарё вилоятлари билан чегарадош тўлиқ текисликдан иборат гидрологик ҳавза ҳисобланади. Шимоли-ғарбдан қисман Қозоғистон билан, жануби-шарқдан Тожикистон билан чегарадош. Ҳавзанинг ўртасидан Сирдарё оқиб ўтади. Иқлими ёз-куз ойларида қуруқ, кескин континентал. Қиш-баҳор ойларида нам, бироз ёмғирли. Гидрологик ҳавзанинг бу қисмдаги умумий майдони 4102,04 км², умумий ҳавзанинг 16,93%ни ташкил қилади. Ҳавзада сўнгги 40 йилликдаги ўртача йиллик ёғинлар миқдори 359,0 мм.

1-жадвал

Тадқиқот объекти сув ҳавзаларининг тавсифи

Таблица 1

Описание гидрологических бассейнов исследуемой территории

Table 1

Description of study area watersheds

№	Гидрологик ҳавза	Майдони, км ²	Ўртача йиллик ёғинлар миқдори, мм
1	Чирчиқ дарё ҳавзаси (ЧДХ)	13189	670,8
2	Оҳангарон дарё ҳавзаси (ОДХ)	6964	734,3
3	Сирдарё дарё ҳавзаси (СДХ)	4102	359,0

Уч гидрологик ҳавзада жойнинг рельефи, иқлимий шароитлари ва мавсумлар бўйича ёғинларнинг турли хил ўзгариши йил мавсумлари учун ўртача йиллик SPI да сезиларли ўзгаришлар келиб чиқишига олиб келади.

Бирламчи маълумотлар. ЧДХ, ОДХ ва СДХларда турли мавсумларда курғоқчилик даражаси ва давомийлигини аниқлаш учун Тошкент ва Сирдарё вилоятларида жойлашган метеорология станцияларида 2010-2019 йилларда қайд этилган ёғинлар тўғрисидаги маълумотларидан фойдаланилди (2-жадвал). SPIнинг ГАТ хариталарини яратишда Қозоғистоннинг Тасарик, Тараз ҳамда Қирғизистоннинг Чотқол метеорология станциялари ёғингарчилик маълумотлари ҳам жалб қилинди.

2-жадвал

Метеорология станциялари маълумоти

Таблица 2

Данные по метеорологическом станциям

Table 2

Data from meteorological stations

№	Метеорология сатанцияси номи	Денгиз сатхидан баландлиги, м	Ўртача йиллик ёғингарчилик миқдори (2010-2019 йй.), мм
1	Ангрен	942	709,8
2	Бекобод	300	356,1
3	Бошқизилсой	1276	876,5
4	Далварзин	289	347,3
5	Дукант	2001	1007,3
6	Камчиқ	2145	799,7
7	Кўкорол	340	394,2
8	Писком	1258	994,4
9	Ойгаинг	2151	819,7
10	Олмалик	507	505,1
11	Сирдарё	264	374,2
12	Сўқоқ	1351	976,1
13	Тошкент	466	509,6
14	Туябўғиз	500	460,4
15	Чимган	1670	1111,9
16	Янгиер	317	379,2
17	Янгийўл	341	388,9

Илмий адабиётларда мавжуд кўплаб тадқиқотларда турли мавсумлар учун курғоқчиликни таҳлил қилишда гамма тақсимот усулидан фойдаланилади [Iman et al., 2020]. Шу сабабли мазкур усулни қўллаган ҳолда тадқиқот объекти ҳисобланган учта гидрологик ҳавзада жойлашган 17 та метеорология станцияларида қайд этилган ойлик ёғингарчилик маълумотлари асосида 3 ой (фасл)лик ва 12 ой (йил)лик кесимда SPI кийматлари аниқланди.

NASA сунъий йўлдош маълумотлари (MODIS) асосида ўсимлик коплами ўзгаришини кузатиш орқали NDVI аниқланди. Ушбу тадқиқотда фойдаланилган MODIS маълумотлари MOD13Q1 номи остида таҳлил қилиниб, унинг фазовий ўлчами 250 метрни ташкил қилади. Мақолани тайёрлаш жараёнида 2010 йил 1 январдан 2019 йил 31 декабргача бўлган муддат оралиғидаги йўлдош тасвирлари <https://search.earthdata.nasa.gov/search> сайтидан юклаб олинди ва NDVI ифодаси ёрдамида ўсимлик индекси ҳисобланди. Фазовий таҳлил ArcGIS 10.5 дастурий муҳитида амалга оширилди.

Тадқиқот усуллари.

Нормаллаштирилган ўсимлик индекси (NDVI) – ўсимликнинг ривожланиш жараёнини баҳолаш учун кенг қўлланиладиган кўрсаткич бўлиб, у яшиллик майдони индекси (LAI) билан ўлчанади [Iman et al., 2020]. Сўнгги йилларда NDVI кўплаб олимлар томонидан ўсимликларнинг таснифи, фойдаланилаётган ва ҳайдалган ер майдонларининг ўзгариши, ўсимликлар фенологияси, континентал ер сирти харитаси ва ўсимликлар динамикасини тадқиқ этишда қўлланилмоқда [Iman et al., 2020, Geerken et al., 2005]. NDVI курғоқчиликни кузатиш, ўсимликларнинг физиологик ҳолати, экинларнинг ривожланиш шароитлари ва ҳосилдорлигини баҳолаш учун энг қулай кўрсаткичлардан бири ҳисобланади [Shah et al., 2015]. NDVI нинг асосий афзаллиги шундаки, у соғлом яшил баргларнинг ички мезофил тўқималари тузилиши, фотосинтез жараёни ҳамда хлорофил доначалари ва бошқа пигментларни нурланиш спектрларида акс эттиради.

Бунда қизил кўринадиган (К) нурланишнинг катта қисми баргларнинг ички тузилишидаги носоғломликни кўрсатади [Shah et al., 2015]. NDVI яқин инфрақизил (NIR) ва электромагнит спектрнинг кўринадиган қизил (R) диапазонидаги рефлектор ўртасидаги фарқ асосида ҳисобланади:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}, \quad (1)$$

NDVI қиймати - 1 ва + 1 оралиғида ўзгаради. NDVI нинг энг кичик мусбат қийматлари ($\leq 0,1$) қор, қум ёки тошли яланг жойларга тўғри келади. NDVI нинг 0,2 дан 0,3 гача оралиқдаги қийматлари ўтлоқлар ва паст баландликдаги ўтлардан иборат яйловларни ифодаласа, юқори NDVI қийматлари (0,6-0,8) тропик ва мўътадил ёмғирли ўрмонларни кўрсатади. 0 га яқин бўлган NDVI қийматлари ялангликларга, манфий қийматлари эса сув ҳавзаларига тўғри келади [Iman et al., 2020]. MODIS метеорологик сунъий йўлдошининг 250 м ўлчамдаги 16 кунлик йўлдош тасвирларига асосланиб, бутун тадқиқот объекти учун мавсумий ва йиллик NDVI, шунингдек, NDVI нинг ҳар йиллик аномалиялари ҳисобланди. Тадқиқот объекти учун NDVI турлари, шунингдек, ҳар бир гидрологик ҳавза учун мавсумий ва йиллик NDVI нинг саккиз тоифаси (0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,6; 0,6-0,7; 0,7-0,8; 0,8-0,9 ва 0,9-1) бўйича фазовий тақсимот хариталари ArcGIS 10.5 ёрдамида яратилди.

NDVI нинг мавсумий ва йиллик аномалиялари қуйидаги тенгламалар ёрдамида аниқланди.

$$NDVI_{\text{йА}} = (NDVI_{\text{xi}} - NDVI_{\text{x}}) / \delta, \quad (2)$$

$$NDVI_{\text{МА}} = (NDVI_{\text{xi}} - NDVI_{\text{x}}) / \delta, \quad (3)$$

бу ерда $NDVI_{\text{йА}}$ ва $NDVI_{\text{МА}}$ ҳар бир пиксел учун NDVI нинг йиллик (йА) ва мавсумий (МА) аномалияларидир, $NDVI_{\text{xi}}$ – ҳар бир давр учун мавсумий ва йиллик ўртача NDVI кўрсаткичи, $NDVI_{\text{x}}$ – бутун ўрганиш даври учун мавсумий ва йиллик ўртача NDVI кўрсаткичи, δ – стандарт четланиш.

$NDVI_{\text{йА}}$ ва $NDVI_{\text{МА}}$ қийматлари 0 дан катта бўлганда ижобий, 0 дан кичик бўлганда салбий аномалияга мос келади.

Стандартлаштирилган ёғингарчилик индекси (SPI).

МакКи ва бошқалар томонидан курғоқчиликни кузатиш учун ой давомида кузатилган ёғингарчилик маълумотлари асосида стандарт ёғингарчилик индекси ишлаб чиқилган [McKee et al., 1993]. Ёғингарчиликнинг иқлимий давр ва мавсумлар қаторига

мос келиши учун Том (1966) Гамма функциясини таклиф этган. Унинг ўзгарувчанлиги ёки номаълум ёғингарчилик функцияси қуйидагича ифодаланади [McKee et al., 1993; Thom, 1966]:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \tau^\alpha} x^{\beta-1} e^{-x/\beta}, \quad (4)$$

бу ерда α – шакл омили ($\alpha > 0$), β – ўлчов омили ($\beta > 0$), x – ёғингарчилик қиймати.

Гамма функцияси қуйидагича ифодаланади.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{\alpha-1} dt, \quad (5)$$

бу ерда $\Gamma(\alpha)$ – Гамма функцияси.

Гамма эҳтимолий зичлик функцияси метеорологик станцияда қайд этилган ёғингарчилик қиймати ўзгаришлари асосида SPI ни ҳисоблашда фойдаланилади. Том таклифига кўра, максимал эҳтимоллик ечимлар α ва β ни оптимал баҳолаш учун қўлланилади [Thom, 1966].

$$a = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right), \quad (6)$$

$$\beta = \frac{x}{\alpha}, \quad (7)$$

$$A = \ln \bar{x} - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (8)$$

бу ерда n – кузатилган ёғингарчиликлар сони, A – тақсимот чизиғининг эгрилиги, \bar{x} – барча (нолга тенг бўлмаган) қийматларнинг арифметик ўртачаси.

Гамма кумулятив эҳтимоллик функцияси қуйидагича аниқланади:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \tau^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx, \quad (9)$$

$t=x/\beta$ алмаштириш бажарилса, (9) ифода қуйидаги кўринишга келади:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t} dt, \quad (10)$$

$x=0$ бўлганда, яъни ёғингарчилик кузатилмаган шароитларда, Гамма функцияси кумулятив эҳтимолликка айланади.

$$H(x) = q + 1(1-q)G(x), \quad (11)$$

бу ерда q – нол эҳтимоллиги.

Гамма функциясига асосланиб ҳисобланган SPI 3- ва 4-жадвалларда кўрсатилган қийматлар оралиғидан келиб чиқиб баҳоланади. Йил давомида қурғоқчиликнинг ўсимлик қопламга таъсирини баҳолаш учун урта гидрологик ҳавзада турли мавсумлар учун NDVI ва SPI қийматларининг боғлиқлиги ҳисоблаб чиқилган.

3-жадвал

SPI индекси бўйича нам ва қурғоқчил мавсумлар таснифи [Shah et al., 2015]

Таблица 3

Классификация влажных и засушливых периодов по индексу SPI [Shah et al., 2015]

Table 3

Wet and drought period classification according to the SPI index [Shah et al., 2015]

Индекс	Синф	Даража	Эҳтимоллик	Δр
Қурғоқчилик	$SPI \geq 2,00$	Экстремал нам	0,977-1,000	0,023
	$1,50 \leq SPI \leq 2,00$	Жуда нам	0,933-0,977	0,044
	$1,00 \leq SPI \leq 1,50$	Ўртача нам	0,841-0,933	0,092
	$-1,00 \leq SPI \leq 1,00$	Меъёр атрофида	0,159-0,841	0,682
	$-1,50 \leq SPI \leq -1,00$	Ўртача қурғоқчилик	0,067-0,159	0,092
	$-2,00 \leq SPI \leq -1,50$	Қаттиқ қурғоқчилик	0,023-0,067	0,044
	$SPI \leq -2,00$	Экстремал қурғоқчилик	0,000-0,023	0,023

4-жадвал

Тадқиқотда қўлланилган нам ва қурғоқчил мавсумлар таснифи

Таблица 4

Классификация влажных и засушливых периодов, использованная в данном исследовании

Table 4

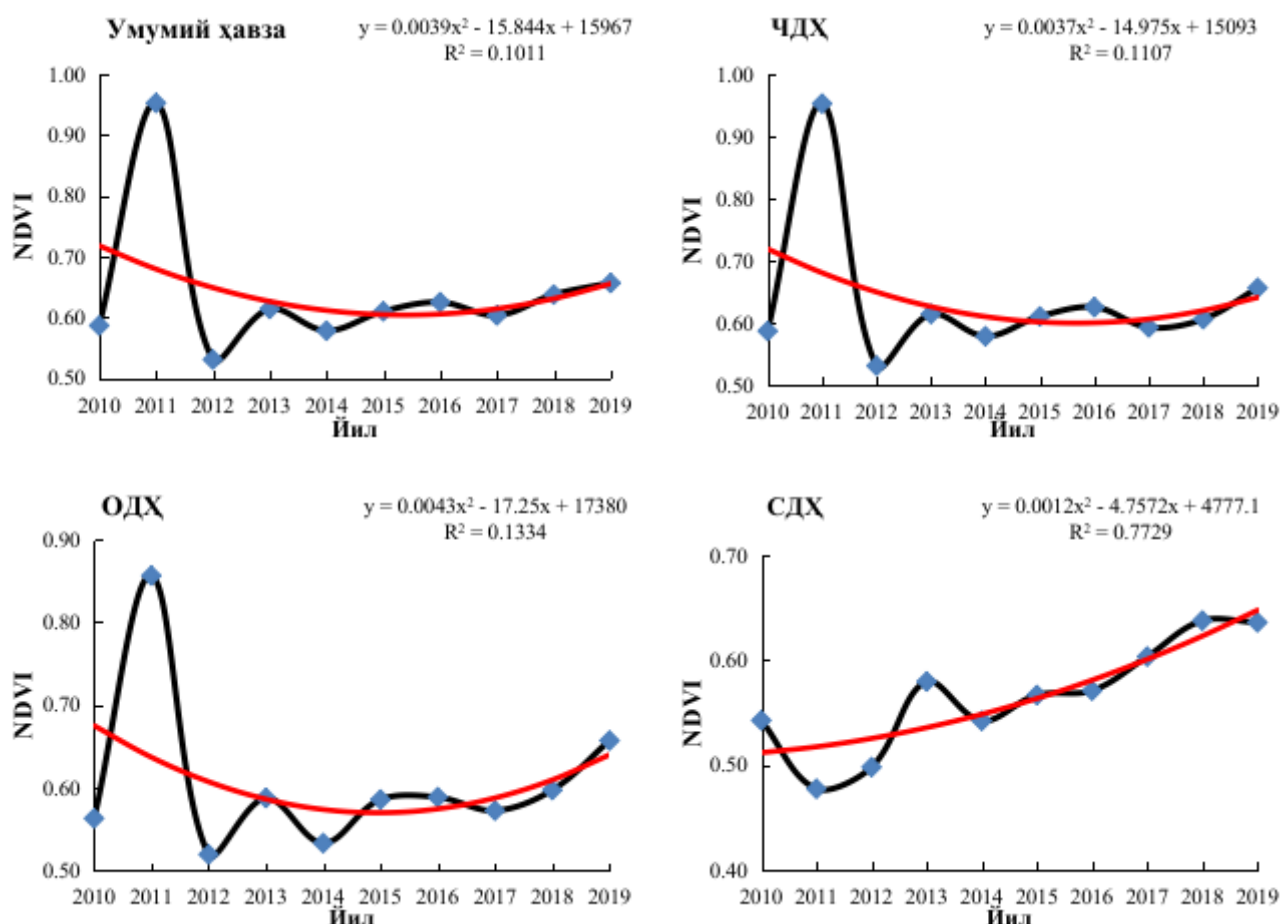
Wet and drought period classification used in this study

Индекс	Синф	Даража	Эҳтимоллик	Δр
Қурғоқчилик	$SPI \geq 2,00$	Экстремал нам	0,977-1,000	0,023
	$1,50 \leq SPI \leq 2,00$	Жуда нам	0,933-0,977	0,044
	$1,00 \leq SPI \leq 1,50$	Ўртача нам	0,841-0,933	0,092
	$0,00 \leq SPI \leq 1,00$	Бироз нам (меъёр атрофида)	0,159-0,841	0,341
	$-1,00 \leq SPI \leq 0,00$	Бироз қуруқ (меъёр атрофида)	0,159-0,841	0,341
	$-1,50 \leq SPI \leq -1,00$	Ўртача қурғоқчилик	0,067-0,159	0,092
	$-2,00 \leq SPI \leq -1,50$	Кучли қурғоқчилик	0,023-0,067	0,044
	$SPI \leq -2,00$	Экстремал қурғоқчилик	0,000-0,023	0,023

Асосий натижа ва уларнинг муҳокамаси.

NDVI нинг ўзгаришлари. 2-расмда умумий тадқиқот объекти ҳамда урта гидрологик ҳавзадаги сўнгги ўн йилликда ўртача NDVI нинг йиллар давомида ўзгариш графиклари келтирилган. 2010-2019 йиллар оралиғида ўртача йиллик NDVI нинг ўзгариш тенденциялари тадқиқот объектларида бир хил эмаслиги аниқланди. Икки гидрологик ҳавзада NDVI нинг бироз пасайиши, текислик гидрологик ҳавзада эса ўсиш тенденцияси кузатилган. Графиклардан кўриниб турибдики, бутун тадқиқот объектида ўртача NDVI бироз пасайган. ОДҲ ва ЧДҲ минтақаларида ўртача йиллик NDVI қиймати бироз пасайган бўлса, СДҲ текислик минтақасида NDVI қиймати ортган. Натижалар

пасттекисликдан иборат ҳудудларда ўсимлик олами ривожланиши учун “бироз қулай”, тоғ ва тоғ олди ландшафтдан иборат ҳавзаларда эса ўсимликлар ўсиши учун “қулай” шароитларнинг сўнгги йилларда камайиб бораётганлигини кўрсатди.



2-расм. Тадқиқот объекти ва ундаги ҳавзалар учун ўртача йиллик NDVI қийматининг ўзгариши

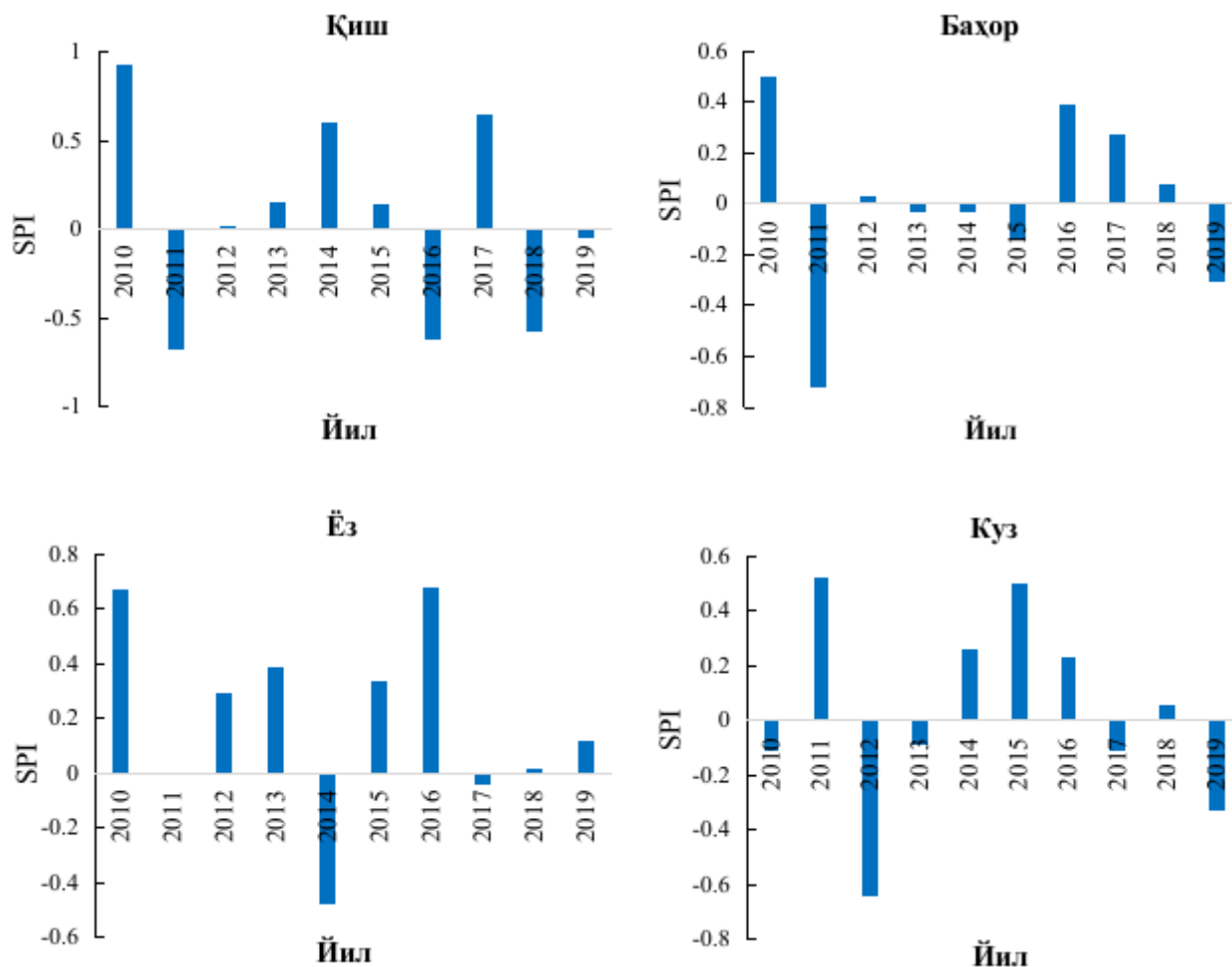
Рис. 2. Временной ряд среднего NDVI для исследуемой территории и ее бассейнов

Fig. 2. Time series of average NDVI for the study area and its basins

NDVI ва SPI ни баҳолаш. Тадқиқот объектида ўн йилликнинг биринчи пентадасида NDVI нинг пасайиши, иккинчи пентадасида ўсиш тенденцияси кузатилган. Аммо, умумий тенденция бироз пасайишни кўрсатган. Бир қатор йиллар учун NDVI нинг ўзгариш тенденцияси SPI га жуда мос тушган (2- ва 3-расм). Масалан, 2011 йил текислик ландшафтдан иборат Сирдарё ҳавзасида ўртача йиллик NDVI қиймати тадқиқот давридаги энг паст кўрсаткичга эга бўлган. SPI бўйича ҳам ўрганилаётган ҳудудда 2011 йил куздан ташқари барча мавсумлар куруқ бўлган. Бироқ, асосан тоғ ва адир ландшафтлардан иборат ОДХ ва ЧДХ ҳудудларида 2011 йил NDVI тадқиқот давридаги энг юқори кўрсаткични кўрсатган. Яъни, SPI бўйича бу йилда куруқ шароитлар кузатилганига қарамай, Тошкент вилоятининг тоғ ва тоғ олди ландшафт минтақалари ўсимлик дунёси учун “қулай” вегетацион давр бўлган.

Сўнгги ўн йилликда умумий ҳавзада айрим мавсумларда қурғоқчиликнинг “бироз куруқ” даражалари ($-1,00 \leq SPI \leq 0,00$) кузатилган (3-расм). Масалан, 2019 йилда SPI бўйича йилнинг учта мавсуми куруқ бўлишига қарамай, ўрганилаётган объектнинг ОДХ ва ЧДХ

минтақаларида NDVI қиймати иккинчи энг юқори кўрсаткич, яъни ўсимлик фаол ривожланиши учун “қулай” шароитни кўрсатган. Бироқ, қуруқ ва иссиқ кузатилган 2019 йилда асосан текислик ҳудудларидан иборат СДХ минтақасидаги фитомасса олами ҳам NDVI га кўра, “қулай” вегетацион давр бўлганини қайд этган. СДХ текислик минтақасида ўсимлик қоплами асосан суғориш тизими билан таъминланганлиги учун, ўсимлик ва дов-дарахтлар ўз яшиллилигини яхши сақлаб қолган бўлиши мумкин.



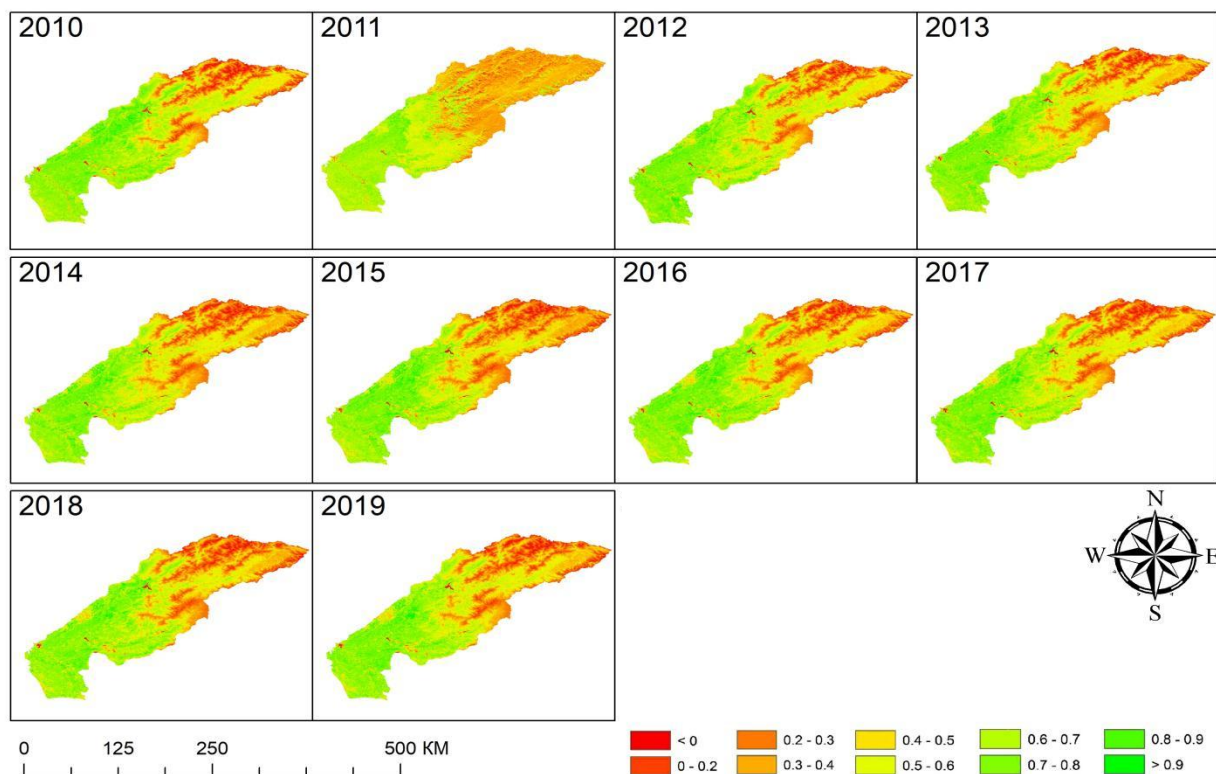
3-расм. Тадқиқот объектидаги ҳавзаларда SPI нинг 2010-2019 йй. давридаги мавсумий ўзгариши

Рис. 3. Сезонный индекс SPI для всей исследуемой территории в период 2010-2019 гг.

Fig. 3. Seasonal SPI index for whole study area in the period of 2010-2019

NDVI бўйича ўрганилаётган ҳудуд умумий майдонида тадқиқот давридаги энг паст кўрсаткич 2012 йилга тўғри келади. Бу йилда ҳавзада тадқиқот давридаги ўсимлик қопламининг, баргларида хлорофил дончалари ҳамда ўсимлик мезофил тўқима тузилишининг жуда “пассив” фаоллиги кузатилган. Бу даврда йилнинг куз фаслида SPI қиймати жуда ҳам паст, “бироз қуруқ” даражани қайд этган. 2012 йилнинг бошқа мавсумлари (бахор, ёз ва қиш)да ҳавзада SPI бўйича меъёр атрофидаги қийматлар кузатилган. SPI бўйича қишки қуруқ йилларда (2011, 2016, 2018 йй.) ўртача йиллик NDVI қиймати бироз юқорилаган.

Баъзи ҳолларда SPI кўрсаткичлари NDVI кўрсаткичларига мос тушмаслиги ҳам мумкин. 2016 йилда SPI бўйича учта мавсумнинг нам кузатилишига қарамай, NDVI қиймати кутилганидек, юқори кўрсаткични бермади. Бу, 2016 йилда ҳаво ҳароратининг мавсумларга хос бўлмаган ноодатий иссиқ кузатилгани билан боғлиқ. Демак, айрим ҳолларда ҳарорат омили туфайли, NDVI ҳудудда ёғиб ўтган ёгингарчилик орқали ҳисобланган SPI кўрсаткичларига мос тушмаслиги ҳам мумкин.



4-расм. 2010-2019 йиллар давомида ҳавзанинг ўртача йиллик NDVI қиймати

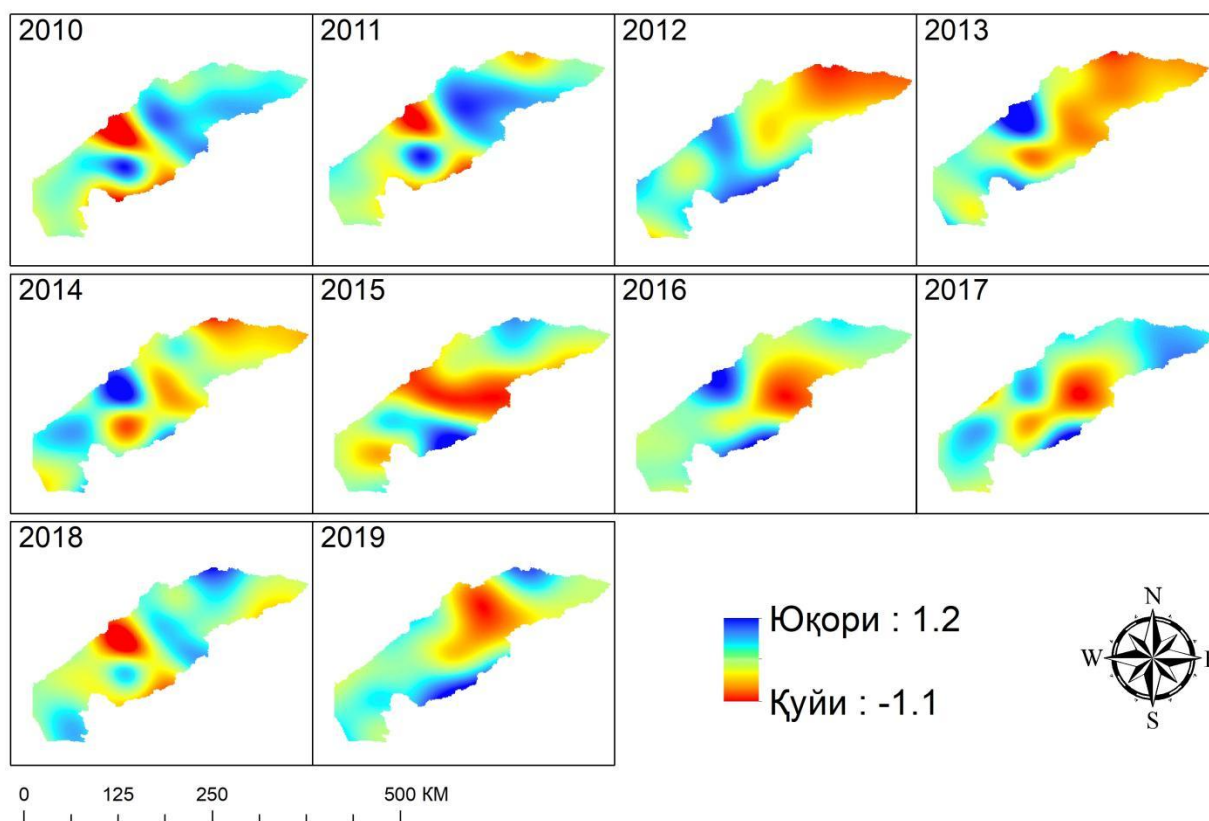
Рис. 4. Среднегодовой NDVI для исследуемой территории в период 2010-2019 гг.

Fig. 4. Annual mean NDVI for the study area during 2010-2019

Умуман олганда, 2013 йилдан сўнг, Тошкент ва Сирдарё вилоятларида NDVI нинг ўртача йиллик ўзгариш тенденциясида кескин ўзгаришлар кузатилмаган. Бу даврда йилнинг ҳамма мавсумларидан бири куруқ (SPI бўйича) бўлиши ҳисобига, NDVI қиймати кескин ўзгаришларсиз бироз кўтарилиб борган. Шундай қилиб, 2013-2019 йиллар Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий минтақасида ўсимликлар ўсиши, ривожланиши учун “қулай” шароитлар кузатилганини таъкидлаш мумкин.

Хулоса. Тадқиқот объектида жойлашган учта гидрологик ҳавзада 2010-2019 йиллар даврида мавсумлар бўйича SPI ва NDVI қийматлари орасидаги ўзгаришларда сезиларли боғлиқлик борлиги кузатилди. Сирдарё ҳавзасидаги текислик ҳудудларидан иборат ўсимлик қоплагига эга майдонларда SPI орқали мавсумий қурғоқчилик хавфини баҳолаш мумкинлиги аниқланди.

Чирчиқ-Оҳангарон ва Сирдарёнинг Тошкент ва Сирдарё вилоятларидан кесиб ўтувчи ҳавзаларида бутун тадқиқот даври учун SPI қиймати бўйича ўртача 0,047 ни ташкил этди. Бу қурғоқчиликнинг “бироз нам” даражасига мос келади. Тадқиқот даврида -1 даражадан паст “ўртача” қурғоқчилик хавфи мавжуд мавсумлар қайд этилмади.



5-расм. 2010-2019 йиллар давомида хавзанинг ўртача йиллик SPI қиймати

Рис. 5. Среднегодовой SPI для исследуемой территории в период 2010-2019 гг.

Fig. 5. Annual SPI for the study area during 2010-2019

SPI ёрдамида қурғоқчилик хавфини ёғингарчилик маълумотлари асосида ҳисоблаб чиқиш имконияти ўрганилди. Чирчиқ-Оҳангарон хавзасида қурғоқчилик хавфини метеорология станцияларида қайд этилган сув буғи босими маълумотларидан ташқари, гидрологик ва агрометеорологик кузатув пунктларида қайд этилган ёғингарчилик маълумотлари орқали ҳисоблаш имконияти мавжудлиги аниқланди.

Муаллифлар ҳиссаси. Ш.Ш. Зайтов: Методология, сунъий йўлдош тасвирлари ёрдамида масофадан зондаш метеорологик дастур маълумотлари устида ишлаш, ГАТ хариталарни яратиш. **Э.И. Абдулахатов:** Мақола ғояси, натижалар таҳлили, маълумотларни йиғиш, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш, раҳбарлик. **Д.Ў. Ярашев:** Методология, маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, графикларни яратиш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашр этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Петров Ю.В., Холматжанов Б.М., Эгамбердиев Х.Т., Ишниязова Ф.А., Буков В.А., Хайдаров М.Б. Новый подход к классификации атмосферной засухи // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. №1, 2021. – С. 20-36.

Ҳасанов И.А., Фуломов П.Н., Қаюмов А.А. Ўзбекистон табиий географияси (2-қисм). – Тошкент: ЎЗМУ нашриёти, 2010. – 161 б.

Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агрометеорологические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Тошкент: Ворис нашриёти, 2007. – 130 с.

Bhuiyan C. Various drought indices for monitoring drought condition in Aravalli terrain of India // XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, 2004. – PP. 12–23.

Bhuiyan C., Singh R., Kogan F. Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data // J. Appl. Earth Obs. Geoinf. №8, 18 March 2006. – PP. 289–302.

Bordi I., Sutera A. An analysis of drought in Italy in the last fifty years // Nuovo Cimento C. Geophysics Space Phys., 2005. – PP. 178–185.

Geerken R., Zaitchik B., Evans J. Classifying rangeland vegetation type and coverage from NDVI time series using Fourier Filtered Cycle Similarity // International Journal of Remote Sensing, (26:24), 2005. – PP. 5535–5554.

Gibbs W., Maher J. Rainfall deciles as drought indicators // Bulletin Commonwealth Bureau of Meteorology, Australia. Vol 48, 1967. - PP. 128–135.

Goddard S., Harms S., Reichenbach S., Tadesse T., Waltman W. Geospatial decision support for drought risk management // Communications of the ACM, 2003. – PP. 35–37.

Iman R., Olafsson H., Moniruzzaman Md., Ardö J., Zhang H., Darlington T., Shahin Sh and Azim S. The 2000–2017 drought risk assessment of the western and southwestern basins in Iran // Modeling Earth Systems and Environment, 27 March, 2020. – PP. 1201–1221.

Ji L., Peters. A Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices // Remote Sens. Environ., 2003. - PP. 85–98.

Khosravi H., Haydari E., Shekoohizadegan S., Zareie S. Assessment the effect of drought on vegetation in desert area using landsat data Egypt // J. Remote Sens. Space Sci., №20, 2017. – PP. 3–12.

Kogan F. World droughts in the new millennium from AVHRR based vegetation health indices // Eos. Trans. Am. Geophys. Union., (83), 2002. – PP. 557–563.

McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales // Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA. Boston, MA, American Meteorological Society. 17–22 January 1993. – PP. 179–184/

Palmer W.C. Meteorological Drought // US Weather Bureau, Research Paper. No. 45. – Washington. 1965. – P. 58.

Rahimzadeh B.P., Omasa K., Shimizu Y. Comparative evaluation of the Vegetation Dryness Index (VDI), the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) and the improved TVDI (iTVDI) for water stress detection in semi-arid regions of Iran. // ISPRS J. Photogramm Remote Sens. №68, 2012. – PP. 1–12.

Shafer A.B., Dezman L.E. Developemnet of a surface water supply index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas // Proceedings of the 50th annual western snow conference, Colorado State University, 1982. – PP. 164–175.

Shah R., Bharadiya N., Manekar V. Drought index computation using standardized precipitation index (SPI) method for Surat District // Gujarat. Aquat. Proc., №4, 2015. – PP. 1243–1249.

Thom H. Some methods of climatological analysis // WMO Tech. Note 81. 1966.

**ОЦЕНКА РИСКА ЗАСУХИ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ
УЗБЕКИСТАНА В 2010-2019 ГГ.****Ш.Ш. ЗАИТОВ¹, Э.И. АБДУЛАХАТОВ¹, Д.У. ЯРАШЕВ²**

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт,
sherzodzaitov@gmail.com, erik_sen@mail.ru

² Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, drxnnyarashev@mail.ru

Аннотация. Исследована взаимосвязь между засухой и изменениями растительного покрова в трех гидрологических бассейнах Ташкентской и Сырдарьинской областей на северо-востоке Узбекистана. В процессе исследования выполнен анализ повторяемости сильных засух на основе расчетных значений нормализованного индекса растительности (NDVI), стандартизированного индекса осадков (SPI) и сезонных изменений растительного покрова. Для выполнения исследования использовались данные об осадках 17 метеостанций Узгидромета за период 2010-2019 гг. Для расчета индекса NDVI использовались данные дистанционного зондирования спутника MODIS TERRA с 16 дневным интервалом.

Ключевые слова: растительность, засуха, осадки, NDVI, MODIS TERRA, SPI, Гамма функция, гидрологический бассейн, дистанционное зондирование.

**ASSESSMENT OF DROUGHT RISK IN THE NORTH-EAST RIVER BASINS OF
UZBEKISTAN IN 2010-2019****Sh.Sh. ZAITOV¹, E.I. ABDULAKHATOV¹, D.U. YARASHEV²**

¹ Hydrometeorological Research Institute, sherzodzaitov@gmail.com, erik_sen@mail.ru

² National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, drxnnyarashev@mail.ru

Abstract. The study examined the relationship between drought and vegetation changes in the three watersheds of Tashkent and Syrdarya regions in the northeastern part of Uzbekistan. The research provides a comprehensive analysis of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Standardized Precipitation Index (SPI), and the recurrence of severe droughts as a result of seasonal vegetation changes. In this research used precipitation data from Uzhydromet which is measured in 17 meteorological stations during 2010-2019 years. Moreover, for these periods used remote sensing data, such as MODIS TERRA, which is collected every 16-day for deriving vegetation index NDVI.

Keywords: vegetation, drought, precipitation, NDVI, MODIS TERRA, SPI, Gamma function, watershed, remote sensing.

REFERENCES

Petrov Yu.V., Kholmatjanov B.M., Egamberdiev Kh.T., Ishniyazova F.A., Bukov V.A., Khaydarov M.B. Noviy podhod k klassifikatsii atmosferynoy zasuhi [A new approach to the atmospheric drought classification] // Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredi. №1, 2021. – S. 20-36. (in Russian)

Khasanov I.A., Gulomov P.N., Kayumov A.A. Ozbekiston tabiiy geografiyasi (2-kism) [Natural Geography of Uzbekistan (Part 2)]. – Toshkent: OzMU nashriyoti, 2010. – 161 b. (in Uzbek)

Chub V.Ye. Izmeneniye klimata i yego vliyaniye na gidrometeorologicheskiye protsessi, agrometeorologicheskiye i vodniye resursi Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agrometeorological and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Toshkent: Voris nashriyoti, 2007. – 130 s. (in Russian)

УДК: 519.24:556.5

**ҲАВО ҚУРҒОҚЧИЛИГИ ТЕРМОГИГРОМЕТРИК КОЭФФИЦИЕНТИ БИЛАН
ҲАВО ВА ШУДРИНГ НУҚТАСИ ҲАРОРАТЛАРИ ОРАСИДАГИ
БОҒЛАНИШЛАРНИ СТАТИСТИК БАҲОЛАШ
(САМАРҚАНД ШАҲРИ МИСОЛИДА)**

Ф.И. АБДИҚУЛОВ^{1*}¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, abdiqulov707@mail.ru

Аннотация. Мақолада Самарқанд шаҳрида қайд этилган иссиқлик ҳиссиёти шароитлари билан ҳаво ҳарорати ва намлиги орасидаги боғланишларни объектив меъёрлаштириш усули асосида баҳолаш натижалари ҳавола қилинди. Таҳлилларнинг кўрсатишича, йилнинг ўттиш мавсумларида иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг ўзгаришида ҳаво ҳарорати ўзгаришларининг қўшган ҳиссаси 75,0% дан пасаймайди. Декабрь, январь ва май ойларида ҳаво ҳароратининг ҳиссаси 50,0% ва ундан ортиқни ташкил этади. Июлда иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг ўзгаришида ҳаво намлигининг аҳамияти ошиб, ҳаво ҳароратининг қўшган ҳиссаси 50,0% дан кичик қийматларни ташкил этиши аниқланди. Ҳисоблаш натижалари аниқланган боғланишлар 0,688-0,993 оралигидаги юқори корреляция коэффицентларига эга эканлигини кўрсатди.

Калит сўзлар: ҳаво ҳарорати, шудринг нуқтаси ҳарорати, ҳаво қурғоқчилигининг термогигрометрик коэффицентини, объектив меъёрлаштириш усули, жуфт корреляция коэффицентини, тўлиқ корреляция коэффицентини.

Кириш. Гидрометеорологик жараёнларни тадқиқ этишда математик статистика усуллари кенг фойдаланилади. Хусусан, муайян гидрометеорологик катталиқ билан унинг шаклланишига таъсир этувчи омиллар орасидаги эмпирик боғланишларни статистик баҳолашда объектив меъёрлаштириш усули ҳам қўлланилади. Мазкур усул 1971 йилда Г.А.Алексеев томонидан ишлаб чиқилган бўлиб [Алексеев, 1971], Н.Н.Бобровицкая, Ф.Ҳ.Ҳикматов, С.А.Хайдаров, К.Р.Рахмонов, Д.М.Турғунов, Р.Р.Зияев ва бошқа МДХ ва ўзбекистонлик олимлар томонидан турли гидрологик жараёнларни тадқиқ этишда кенг тадбиқ этилган [Боровицкая, 1972; Ҳикматов, 2011; Рахмонов, 2018; Хайдаров, 2018; Турғунов, 2019; Зияев, 2021].

Ўзбекистонда бажарилган бир қатор тадқиқот ишларида иссиқлик ҳиссиёти шароитларини баҳолаш Ю.В.Петров ва А.Қ.Абдуллаевлар томонидан тақлиф этилган ҳаво қурғоқчилигининг термогигрометрик коэффицентини (ТГК)га асосланган [Petrov, Abdullaev, 2010]:

$$K = \frac{T - \tau}{T} = \frac{\Delta}{T}, \quad (1)$$

бу ерда, T – ҳаво ҳарорати (Кельвин);
 τ – шудринг нуқтаси ҳарорати;
 $T - \tau = \Delta$ – шудринг нуқтаси дефицити.

*Масъул муаллиф: abdiqulov707@mail.ru, тел.: +998 90 9658877

Кўриниб турибдики, индекс муайян ҳаво ҳароратида ҳаводаги сув буғининг тўйиниш ҳолатидан қанчалик узокда эканлигини кўрсатиб, бу икки катталиқнинг биргаликдаги таъсирини ифодалайди.

Мазкур индекс Ўзбекистоннинг турли минтақалари, хусусан, Самарқанд шаҳрининг биометеорологик шароитларини баҳолашда қўлланилган [Петров ва бошқ., 2020; Kholmatjanov et al., 2020; Xolmatjanov va boshq., 2021].

Тадқиқот объекти ва предмети, бирламчи маълумотлар. Самарқанд шаҳрининг иссиқлик ҳиссиёти шароитлари **тадқиқот объекти**, унга таъсир этувчи омиллар орасидаги боғланишларни Г.А.Алексеевнинг объектив тенглаштириш ва меъёрлаштириш усули ёрдамида баҳолаш **тадқиқотнинг предмети** ҳисобланади. Боғланишларни статистик баҳолаш Самарқанд метеорология станциясида 2009-2018 йилларда қайд этилган ҳаво ҳарорати ва шудринг нуктаси ҳарорати тўғрисидаги муддатли кузатув маълумотлари асосида бажарилди.

Тадқиқот усуллари. ТГКнинг ўзгаришларида ҳаво ҳарорати ва намлиги ўзгаришларининг аҳамиятини сифат нуктаи назаридан аниқлаш мақсадида (1) ифодани логарифмиз ва дифференциаллаш.

$$\ln K = \ln \left(\frac{T - \tau}{T} \right),$$

$$\ln K = \ln (T - \tau) - \ln (T),$$

$$\frac{dK}{K} = \frac{dT - d\tau}{T - \tau} - \frac{dT}{T},$$

$$\frac{dK}{K} = \frac{\tau dT - T d\tau}{T (T - \tau)},$$

$$\frac{dK}{K} = \frac{\tau dT}{T (T - \tau)} - \frac{d\tau}{T - \tau},$$

$$\left. \frac{dK}{K} \right|_{T = \text{const}} = - \frac{d\tau}{T - \tau}, \quad (2)$$

$$\left. \frac{dK}{K} \right|_{\tau = \text{const}} = \frac{\tau dT}{T (T - \tau)}, \quad (3)$$

Ўзгармас ҳаво ҳарорати шароитида (2) ифодага мувофиқ намликнинг ортиши ҳаво қуруқлигининг камайишига, (3) ифодага биноан эса ўзгармас намлик шароитида ҳаво ҳароратнинг ортиши ҳаво қуруқлигининг ортишига олиб келади. Бу катталиқларнинг ҳар бири бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда ихтиёрий ўзгариши мумкин.

Бизнинг тадқиқотимизда қўлланилган уч ўзгарувчи (ТГК, ҳаво ҳарорати ва шудринг нуктаси ҳарорати) орасидаги боғланишни баҳолаш бўйича ҳисоблашларни бажариш кетма-кетлигини қисқача баён қиламиз [Ҳикматов, Айтбоев, 2007]. Барча ҳисоблаш ишлари MS Excel электрон жадвали муҳитида амалга оширилди.

1. Тадқиқотда фойдаланилган 10 йил давомидаги суткалик 8 та муддатда олиб борилган кузатув маълумотларининг ўртача қийматлари ҳар бир ойнанинг муайян саналари учун ҳисобланди.

2. Ҳосил қилинган ТГК, ҳаво ҳарорати ва шудринг нуктаси ҳарорати ўзгарувчилари ўсиб бориш тартибида сараланди.

3. Ўзгарувчиларнинг ранг (тартиб) рақамлари аниқланди ва уларнинг асосида

маҳсус жадвалдан фойдаланиб ўзгарувчиларнинг меъёрлаштирилган қийматлари топилди.

4. Меъёрлаштирилган қийматларнинг кўпайтмалари ва уларнинг алгебраик йиғиндилари ҳисобланди.

5. Ҳисоблаш натижаларидан фойдаланиб, ҳар бир ойнинг муайян кузатув муддатлари учун қуйидаги ифодалар асосида ковариация коэффициентлари ҳисобланди:

$$\begin{aligned}\mu_{01} &= \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N U_0(K) \cdot U_1(T); \\ \mu_{02} &= \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N U_0(K) \cdot U_2(\tau); \\ \mu_{12} &= \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N U_1(T) \cdot U_2(\tau).\end{aligned}$$

6. Маҳсус жадвалдан фойдаланиб эмпирик дисперсия $\sigma_u^2(N)$ қийматлари аниқланди.

7. Жуфт корреляция коэффициентлари қуйидаги формулалар асосида ҳисобланди:

$$\begin{aligned}r_{01} &= \frac{\mu_{01}}{\sigma_u^2(N)}; \\ r_{02} &= \frac{\mu_{02}}{\sigma_u^2(N)}; \\ r_{12} &= \frac{\mu_{12}}{\sigma_u^2(N)}.\end{aligned}$$

8. Ҳисоблашлар уч ўзгарувчи учун бажарилаётганлигини эътиборга олиб, регрессия коэффициентлари қуйидаги чизиқли тенгламалар тизими асосида ҳисобланди:

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

$$\begin{aligned}\alpha_{01} &= \frac{r_{01} - r_{02} \cdot r_{12}}{1 - r_{12}^2}; \\ \alpha_{02} &= \frac{r_{02} - r_{01} \cdot r_{12}}{1 - r_{12}^2}.\end{aligned}$$

9. Ҳисобланган жуфт корреляция ва регрессия коэффициентлари асосида тўлиқ корреляция коэффициентлари аниқланди:

$$r_0 = \sqrt{|r_{01} \cdot \alpha_{01}| + |r_{02} \cdot \alpha_{02}|}.$$

10. Ҳаво ҳарорати ва шудринг нуқтаси ҳарорати ўзгаришларининг ТГКнинг ўзгаришидаги ҳиссалари қуйидаги формулалар асосида аниқланди:

$$\delta(T) = \frac{r_{01} \cdot \alpha_{01}}{r_0^2};$$

$$\delta(\tau) = \frac{r_{02} \cdot \alpha_{02}}{r_0^2}.$$

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Ҳисоблашлар натижасида аниқланган ўзгарувчиларнинг ТГК ўзгаришларига қўшган ҳиссалари ҳамда боғланишларнинг тўлиқ корреляция коэффициентлари қийматлари 1-жадвалда келтирилган.

Олинган натижалар таҳлилни енгиллаштириш мақсадида ҳаво ҳарорати ва шудринг нуқтаси ҳарорати ўзгаришларининг ТГКнинг ўзгаришидаги қўшган ҳиссалари диаграммалар кўринишида ҳавола қилинади (1-расм).

Диаграммада келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, киш ойларида ТГКнинг ўзгаришига ҳаво ҳарорати ўзгаришларининг қўшган ҳиссаси шудринг нуқтаси ҳарорати ўзгаришларининг ҳиссасидан катта бўлиб, унинг улуши 53,2% (январь, 05.00) дан 99,9% (февраль, 02.00) гача қийматлар орасида тебранади (1-жадвал, 1а-расм).

Баҳор мавсумида февралда ортишни бошлаган ҳаво ҳарорати ўзгаришларининг қўшган ҳиссаси ортишда давом этади (1-жадвал, 1б-расм). Март ва апрелда ҳаво ҳароратининг ТГКнинг ўзгаришларидаги ҳиссаси юқори бўлиб, 74,0-98,6% оралиғида қайд этилган. Майда ҳаво намлиги ўзгаришларининг қўшган ҳиссаси ортиб борсада, ҳаво ҳароратининг ҳиссаси юқорилигича (53,4-74,9%) сақланиб қолади.

Ёз ойларида ТГКнинг ўзгаришларига таъсир этувчи катталикларнинг ҳиссалари ўзига хос тебранишларга учрайди (1-жадвал, 1в-расм). Июнь ва августда ҳаво ҳароратининг қўшган ҳиссаси 55,2-99,7% оралиғидаги юқори кўрсаткичларга эга бўлса, йилнинг энг иссиқ оyi - июлда бу кўрсаткич кескин камайиб, 23,2-48,7% ни ташкил этади.

Куз мавсумида ҳаво ҳарорати ўзгаришларининг ТГКнинг ўзгаришига қўшган ҳиссаси шудринг нуқтаси ўзгаришларининг ҳиссасидан устунлик қилади (1-жадвал, 1г-расм). Бутун мавсум давомида ҳаво ҳароратининг ҳиссаси юқори бўлиб, 76,7-99,5% оралиғида тебранади.

Таъкидлаш жоизки, ТГК, ҳаво ҳарорати ва шудринг нуқтаси ҳарорати орасидаги аниқланган боғланишларнинг тўлиқ корреляция коэффициентлари юқори қийматларга эга бўлиб, 0,688-0,993 оралиғида тебранади (1-жадвал).

Хулоса. Самарқанд метеорология станцияси учун ТГК нинг ўзгаришларида ҳаво ҳарорати ва намлигининг биргаликдаги таъсири гидрометеорологик жараёнлар ва уларга таъсир этувчи омиллар орасидаги боғланишни объектив тенглаштириш ва меъёрлаштириш усули ёрдамида статистик баҳоланди. Йилнинг ўтиш мавсумларида ТГКнинг ўзгаришларида ҳаво ҳарорати ўзгаришларининг қўшган ҳиссаси юқори бўлиб, 75,0% дан пасаймайди. Декабрь, январь ва майда ҳаво ҳароратининг ҳиссаси 50,0% ва ундан ортиқни ташкил этади. Йилнинг энг иссиқ оyi бўлган июлда эса унинг ҳиссаси 50,0% дан кичик қийматларга эга. Бундай ҳолат Самарқанд шаҳрида ҳаво ҳарорати ва намлигининг ўзига хос бўлган йиллик ўзгариши билан изоҳланади. Қаралаётган катталиклар орасидаги аниқланган боғланишларнинг тўлиқ корреляция коэффициентлари юқори қийматларга эга бўлиб, 0,688-0,993 оралиғидаги қийматларга эга.

1-жадвал

Самарқанд метеорология станцияси учун ТГКнинг ўзгаришида ҳаво ва шудринг нуқтаси ҳароратларининг қўшган ҳиссалари ($\delta(T)$ ва $\delta(\tau)$), боғланишларнинг тўлиқ корреляция коэффициентлари (r_0) ва уларнинг аниқлиги (σ_{r_0})

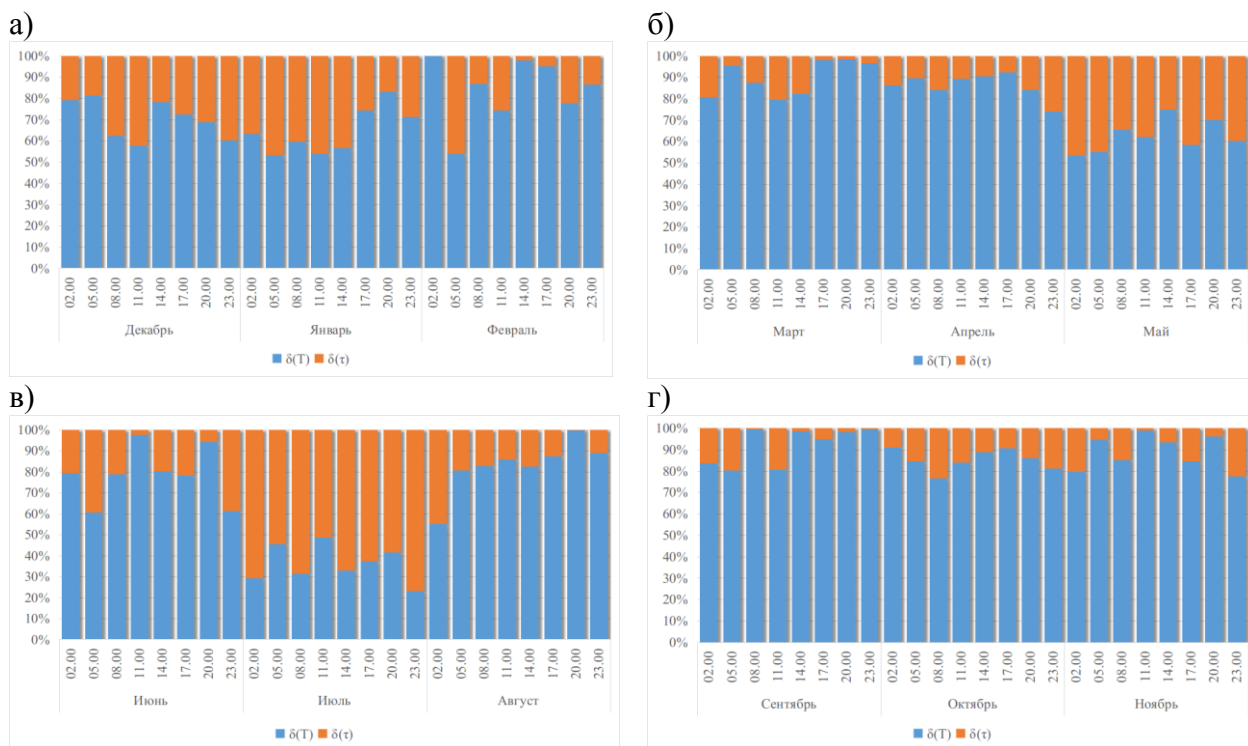
Таблица 1

Вклады температуры воздуха и точки росы ($\delta(T)$ и $\delta(\tau)$) в изменение ТГК для метеорологической станции Самарқанд, полные коэффициенты корреляции связей (r_0) и их точность (σ_{r_0})

Table 1

Contributions of air temperature and dew point ($\delta(T)$ and $\delta(\tau)$) to the change in THC for the Samarkand meteorological station, total correlation coefficients of relationships (r_0) and their accuracy (σ_{r_0})

	02.00	05.00	08.00	11.00	14.00	17.00	20.00	23.00
Январь								
$\delta(T)$	0,633	0,532	0,597	0,538	0,565	0,744	0,832	0,711
$\delta(\tau)$	0,367	0,468	0,403	0,462	0,435	0,256	0,168	0,289
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,945 \pm 0,038	0,956 \pm 0,031	0,945 \pm 0,038	0,978 \pm 0,016	0,971 \pm 0,021	0,977 \pm 0,017	0,940 \pm 0,041	0,960 \pm 0,028
Февраль								
$\delta(T)$	0,999	0,539	0,870	0,744	0,980	0,952	0,778	0,864
$\delta(\tau)$	0,001	0,461	0,130	0,256	0,020	0,048	0,222	0,136
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,752 \pm 0,133	0,853 \pm 0,092	0,879 \pm 0,079	0,944 \pm 0,040	0,929 \pm 0,050	0,944 \pm 0,040	0,884 \pm 0,108	0,968 \pm 0,024
Март								
$\delta(T)$	0,807	0,953	0,876	0,794	0,824	0,981	0,986	0,965
$\delta(\tau)$	0,193	0,047	0,124	0,206	0,176	0,019	0,014	0,035
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,883 \pm 0,157	0,937 \pm 0,043	0,909 \pm 0,060	0,937 \pm 0,043	0,954 \pm 0,032	0,969 \pm 0,022	0,962 \pm 0,027	0,954 \pm 0,033
Апрель								
$\delta(T)$	0,862	0,896	0,841	0,894	0,904	0,925	0,840	0,740
$\delta(\tau)$	0,138	0,104	0,159	0,106	0,096	0,075	0,160	0,260
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,888 \pm 0,114	0,927 \pm 0,063	0,889 \pm 0,101	0,935 \pm 0,055	0,958 \pm 0,034	0,964 \pm 0,030	0,847 \pm 0,149	0,788 \pm 0,223
Май								
$\delta(T)$	0,534	0,551	0,654	0,620	0,749	0,583	0,700	0,601
$\delta(\tau)$	0,466	0,449	0,345	0,380	0,251	0,417	0,300	0,399
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,979 \pm 0,015	0,978 \pm 0,016	0,974 \pm 0,018	0,970 \pm 0,021	0,960 \pm 0,028	0,969 \pm 0,023	0,957 \pm 0,030	0,973 \pm 0,019
Июнь								
$\delta(T)$	0,793	0,607	0,789	0,975	0,803	0,783	0,941	0,614
$\delta(\tau)$	0,207	0,393	0,211	0,025	0,197	0,217	0,059	0,386
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,947 \pm 0,038	0,942 \pm 0,041	0,956 \pm 0,032	0,964 \pm 0,026	0,969 \pm 0,023	0,948 \pm 0,037	0,950 \pm 0,035	0,939 \pm 0,043
Июль								
$\delta(T)$	0,291	0,456	0,315	0,487	0,328	0,372	0,416	0,232
$\delta(\tau)$	0,709	0,544	0,685	0,513	0,672	0,628	0,584	0,768
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,992 \pm 0,006	0,970 \pm 0,022	0,981 \pm 0,013	0,975 \pm 0,018	0,943 \pm 0,039	0,963 \pm 0,026	0,963 \pm 0,027	0,985 \pm 0,011
Август								
$\delta(T)$	0,552	0,807	0,829	0,860	0,825	0,874	0,997	0,890
$\delta(\tau)$	0,448	0,193	0,171	0,140	0,175	0,126	0,003	0,110
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,959 \pm 0,029	0,943 \pm 0,039	0,868 \pm 0,121	0,978 \pm 0,018	0,972 \pm 0,020	0,947 \pm 0,037	0,928 \pm 0,049	0,840 \pm 0,095
Сентябрь								
$\delta(T)$	0,836	0,802	0,995	0,807	0,985	0,951	0,982	0,995
$\delta(\tau)$	0,164	0,198	0,005	0,193	0,015	0,049	0,018	0,005
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,947 \pm 0,037	0,908 \pm 0,061	0,883 \pm 0,075	0,980 \pm 0,015	0,993 \pm 0,005	0,957 \pm 0,031	0,940 \pm 0,042	0,941 \pm 0,042
Октябрь								
$\delta(T)$	0,909	0,846	0,767	0,840	0,888	0,907	0,860	0,813
$\delta(\tau)$	0,091	0,154	0,233	0,160	0,112	0,093	0,140	0,187
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,953 \pm 0,038	0,921 \pm 0,067	0,688 \pm 0,372	0,877 \pm 0,111	0,923 \pm 0,065	0,927 \pm 0,062	0,887 \pm 0,101	0,776 \pm 0,235
Ноябрь,0.								
$\delta(T)$	0,798	0,947	0,852	0,988	0,933	0,847	0,963	0,776
$\delta(\tau)$	0,202	0,053	0,148	0,012	0,067	0,153	0,037	0,224
r_0	0,779 \pm 0,242	0,980 \pm 0,015	0,883 \pm 0,076	0,968 \pm 0,024	0,963 \pm 0,027	0,860 \pm 0,133	0,989 \pm 0,008	0,799 \pm 0,207
Декабрь								
$\delta(T)$	0,793	0,813	0,625	0,579	0,782	0,724	0,689	0,601
$\delta(\tau)$	0,207	0,187	0,375	0,421	0,218	0,276	0,311	0,399
$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	0,943 \pm 0,038	0,904 \pm 0,063	0,879 \pm 0,076	0,948 \pm 0,036	0,987 \pm 0,009	0,934 \pm 0,045	0,918 \pm 0,055	0,956 \pm 0,031



1-расм. ТГКнинг ўзгаришига ҳаво ҳарорати ва шудринг нуқтаси ҳароратининг қўшган ҳиссалари: а) қиш, б) баҳор, в) ёз, г) куз

АДАБИЁТЛАР

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

Бобровицкая Н.Н. Зависимость среднего многолетнего стока взвешенных наносов рек ЕТС от физико-географических факторов // Тр. ГГИ. – 1972. – Вып. 191. – С. 68-84.

Зияев Р.Р. Зарафшон ҳавзаси дарёлари сув режими фазаларининг иқлим ўзгариши шароитидаги силжишлари. Геогр. фан. бўй. фалс. докт. (PhD) ... диссертацияси. – Тошкент, 2021. – 154 б.

Рахмонов К.Р. Ўзбекистон тоғ дарёлари муаллақ оқизиклари ва улар ҳавзаларидан тупроқ-грунтлар ювилиши жадаллигини баҳолаш. Геогр. фан. бўй. фалс. докт. (PhD) ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2018. – 46 б.

Тургунов Д.М. Ўрта Осиё тоғ дарёларида кам сувли йиллар ва уларни шакллантирувчи иқлимий шароитлар. Геогр. фан. бўй. фалс. докт. (PhD) ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2019. – 45 б.

Хайдаров С.А. Зарафшон ҳавзаси дарёлари сув ресурсларининг шаклланишига иқлимий омилларнинг таъсирини баҳолаш. Геогр. фан. бўй. фалс. докт. (PhD) ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2018. – 45 б.

Хикматов Ф.Х. Водная эрозия и сток взвешенных наносов горных рек Средней Азии. – Ташкент: «Fan va texnologiya», 2011. – 248 с.

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

Ҳикматов Ф.Х., Айтбоев Д.П. Гидрометеорологияда статистик усуллар. – Тошкент: Университет, 2007. – 88 б.

Kholmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Abdikulov F.I., Abdikulova M.R., Saypiddinov Z.F., Makhtudov 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. 9 (2020): November. DOI: <https://doi.org/10.21070/ijler.2020.V7.481>

Petrov Yu.V., Abdullaev A.K. On the problem of air dryness estimation // Russian Meteorology and Hydrology, Vol. 35, Issue 10. 2010. – PP. 715-719.

Xolmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Abdikulov F.I. Samarqand shahrining iqlimiy va biometeorologik sharoitlari // SamDU ilmiy axborotnomasi. 3-son (127), 2021. – B. 124-134.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СВЯЗИ ТЕРМОГИГРОМЕТРИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА СУХОСТИ ВОЗДУХА С ТЕМПЕРАТУРАМИ ВОЗДУХА И ТОЧКИ РОСЫ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА САМАРКАНД)

Ф.И. АБДИКУЛОВ¹

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, abdikulov707@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты оценки связи условий теплового ощущения с температурой и влажностью воздуха в Самарканде на основе метода объективного нормирования. Анализ показал, что вклад изменения температуры воздуха в изменение тепловых ощущений в переходные сезоны года не опускается ниже 75,0%. В декабре, январе и мае вклад температуры воздуха составляет 50,0% и более. Выявлено, что в июле роль влажности воздуха в изменении условий теплового ощущения возрастает, и, вклад температуры воздуха составляет менее 50,0%. Результаты расчетов показали, что выявленные связи имеют высокие коэффициенты корреляции в диапазоне 0,688-0,993.

Ключевые слова: температура воздуха, температура точки росы, термогигрометрический коэффициент сухости воздуха, метод объективного нормирования, парный коэффициент корреляции, полный коэффициент корреляции.

STATISTICAL ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THERMOHYGROMETRIC COEFFICIENT OF AIR DRYNESS, AIR TEMPERATURES AND DEW POINT (ON EXAMPLE OF THE SAMARKAND CITY)

F.I. ABDIKULOV¹

¹Hydrometeorological Research Institute, abdikulov707@mail.ru

Abstract. The article presents the results of assessing the relationship between the conditions of thermal sensation and air temperature and humidity in Samarkand based on the objective normalization method. The analysis showed that the contribution of air temperature change to the change in thermal sensations in the transitional seasons of the year does not fall below 75.0%. In December, January and May, the contribution of air temperature is 50.0% or more. It was revealed that in July the role of air humidity in changing the conditions of thermal sensation increases, and the contribution of air temperature is less than 50.0%. The calculation results showed that the identified relationships have high correlation coefficients in the range of 0.688-0.993.

Keywords: *air temperature, dew point temperature, thermohygro-metric coefficient of air dryness, objective normalization method, pair correlation coefficient, total correlation coefficient.*

REFERENCES

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

Bobrovitskaya N.N. Zavisimost srednego mnogoletnego stoka vzveshennih nanosov rek YETS ot fiziko-geograficheskikh faktorov [Dependence of the average long term runoff of suspended sediments in the ETU rivers on physical and geographical factors] // Tr. GGI. – 1972. – Вып. 191. – S. 68-84. (in Russian)

Ziyayev R.R. Zarafshon havzasi daryolari suv rejimi fazalarining iklim ozgarishi sharoitidagi siljishlari [Climate shifts of water regime phases of rivers of Zarafshan basin]. Geogr. fan. boy. fals. dokt. (PhD) ... dissertatsiyasi. – Toshkent, 2021. – 154 b. (in Uzbek)

Turgunov D.M. Orta Osiyo tog daryolarida kam suvli yillar va ularni shakllantiruvchi iklimiy sharoitlar [Low water years in the mountain rivers of Central Asia and the climatic conditions that shape them]. Geogr. fan. boy. fals. dokt. (PhD) ... diss. avtoreferati. – Toshkent, 2019. – 45 b. (in Uzbek)

Rakhmonov K.R. Ozbekiston tog daryolari muallak okiziklari va ular havzalaridan tuprok-gruntlar yuvilishi jadalligini baholash [Assessment of the intensity of leaching of mountain rivers of Uzbekistan and their basins]. Geogr. fan. boy. fals. dokt. (PhD) ... diss. avtoreferati. – Toshkent, 2018. – 46 b. (in Uzbek)

Khaydarov S.A. Zarafshon khavzasi daryolari suv resurslarining shakllanishiga iklimiy omillarning tasirini baholash [Assessment of the impact of climatic factors on the formation of water resources of the rivers of the Zarafshan basin]. Geogr. fan. boy. fals. dokt. (PhD) ... diss. avtoreferati. – Toshkent, 2018. – 45 b. (in Uzbek)

Khikmatov F.Kh. Vodnaya eroziya i stok vzveshennih nanosov gornih rek Sredney Azii [Water erosion and runoff of suspended sediments of mountain rivers of Central Asia]. – Tashkent: «Fan va texnologiya», 2011. – 248 s. (in Russian)

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

Khikmatov F.Kh., Aytboyev D.P. Gidrometeorologiyada statistik usullar [Statistical methods in hydrometeorology]. – Toshkent: Universitet, 2007. – 88 b. (in Uzbek)

Xolmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Abdikulov F.I. Samarqand shahrining iklimiy va biometeorologik sharoitlari [Climatic and biometeorological conditions of Samarkand city] // SamDU ilmiy axborotnomasi. 3-son (127), 2021. – B. 124-134. (in Uzbek)

ГИДРОЛОГИЯ / HYDROLOGY

УДК: 551.48

**МЕТЕОРОЛОГИК ВА ГИДРОЛОГИК ҚУРҒОҚЧИЛИКЛАР ОРАСИДАГИ
БОҒЛАНИШЛАРНИ СТАТИСТИК БАҲОЛАШ****Ғ.Ў. УМИРЗАКОВ^{1*}, К.Р. РАХМОНОВ¹, Н.О. ОМОНОВ¹**

¹ Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети,
g.umirzakov@gmail.com, komiljons@mail.ru, oomonov506@gmail.com

Аннотация. Мақолада метеорологик ва гидрологик қурғоқчиликлар орасидаги статистик боғланишлар Писком ва Угом дарёлари мисолида ўрганилган. Ишда Писком ва Угом дарёларида ўлчанган ўртача ойлик сув сарфлари ҳамда Писком метеорологик станциясида кузатилган атмосфера ёгинлари маълумотларидан фойдаланилган. Тадқиқотда метеорологик қурғоқчилик (SPI) ва гидрологик қурғоқчилик (SSI) индекслари SPI generator компьютер дастури ёрдамида ҳисобланган. Танланган дарёлар учун SPI ва SSI индекслари орасидаги статистик боғланишлар зичлиги Пирсон корреляция коэффицентини орқали ифодаланган. Ҳисоб даврлари учун гидрологик қурғоқчиликни метеорологик қурғоқчилик асосида прогнозлаш имконини берувчи “hit-score” қийматлари аниқланган. Олинган натижалар гидрологик қурғоқчиликни прогнозлашда “hit-score” услубини қўллаш имконияти мавжудлигини кўрсатди.

Калит сўзлар: дарё, дарё ҳавзаси, атмосфера ёгинлари, сув сарфлари, SPI ва SSI қурғоқчилик индекслари, статистик боғланиш, корреляция коэффицентини, “hit-score” усули, прогнозлаш

Кириш. Бугунги кунда дунё миқёсида, шунингдек, Ўзбекистонда ҳам илм-фан жадал ривожланиб бормоқда. Бу борада Жаҳон Метеорология Ташкилоти (ЖМТ) томонидан янги илмий таклифлар ва тавсиялар берилмоқда. Ушбу тавсиялардан бири – ҳавзага ёғадиган атмосфера ёгинлари ва дарё оқимини SPI (Standardized Precipitation Index – стандартлаштирилган ёгин индекси) ва SSI (standardized streamflow index – стандартлаштирилган оқим индекси) индекслари орқали аниқлаш ва таҳлил қилишдан иборатдир. Мазкур индексларнинг қулайлиги шундан иборатки, вақт қаторлари тебраниши “0” атрофида ўзгаради ва уларнинг “0” га тенг қиймати меъёр ҳисобланади. Ушбу индексларнинг ўзгариши дарё ҳавзасида содир бўладиган қурғоқчиликни таснифлаш имкониятини беради.

Сўнгги йилларда дунё миқёсида, қолаверса, Ўрта Осиё минтақасида ҳам сувга бўлган талаб йилдан-йилга ортиб бормоқда. Шу сабабли, бугунги кунга келиб, минтақа давлатларида сув ресурсларидан самарали фойдаланиш масалаларига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу туфайли, дарёлар ҳавзаларига ёғадиган атмосфера ёгинлари ва улар оқимини метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари орқали тадқиқ этиш, ушбу жараёнлар орасида ўзаро боғлиқликни ўрганиш масалалари бугунги кунда долзарб аҳамият касб этади.

Ушбу муаммолар ўз даврида Н.А. Агальцева [Агальцева ва бошқ., 2010], В.Е. Чуб [Чуб, 2001, 2007], Ф.Ҳ. Ҳикматов [Ҳикматов, Айтбоев, 2007; Ҳикматов, Турғунов, 2017], McKee [McKee et al., 1993], А. Lehman [Lehman, 2005], М. Свобода [Свобода ва бошқ., 2012], К. Haslinger [Haslinger et al., 2014]. Н. Guo [Guo et al., 2018] ва бошқалар томонидан кўриб чиқилган. Мазкур тадқиқотларда метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик

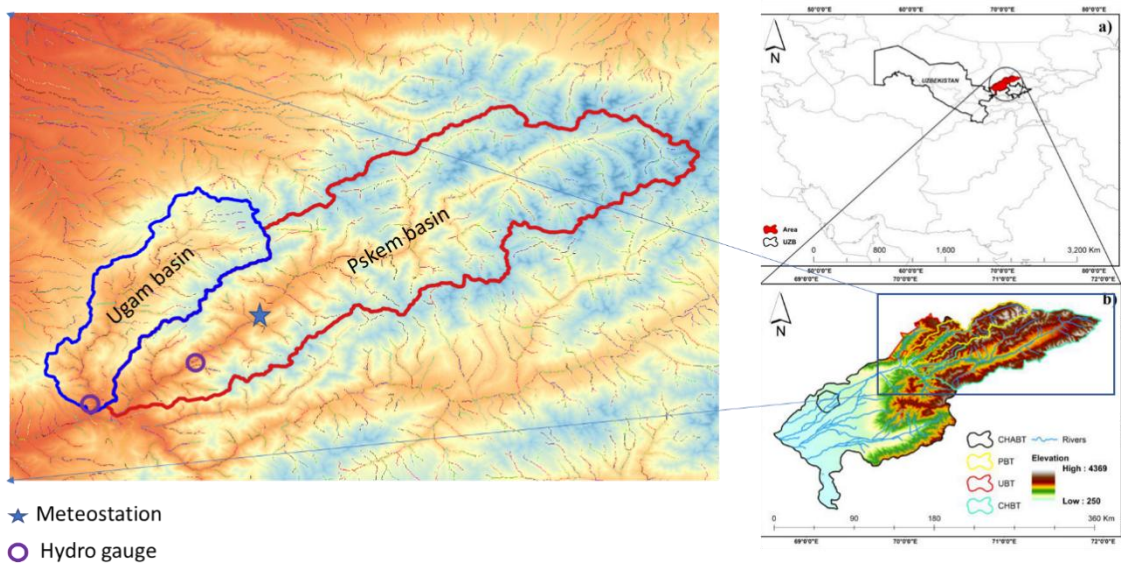
* Масъул муаллиф: g.umirzakov@gmail.com, тел.: +998 97 4010283

индексларини ҳисоблаш масалалари, Ўрта Осиё дарёлари ҳавзалари мисолида қисман амалга оширилган. Лекин, улар орасидаги боғланишлар ва уларни статистик баҳолаш етарлича ўрганилмаган.

Ишнинг мақсади ва вазифалари. Мазкур тадқиқот ишининг асосий мақсади метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик орасидаги боғланишларни статистик баҳолашдан иборат. Метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) қурғоқчилик индексларини *SPI generator* дастури асосида ҳисоблаш, SPI ва SSI индекслари орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш ва гидрологик қурғоқчиликни эрта аниқлаш услубларини синаб кўриш тадқиқот ишининг асосий вазифаларидан ҳисобланади.

Тадқиқот объекти ва предмети. Ишда тадқиқот объекти сифатида Писком ва Угом дарёлари танлаб олинди (1-расм). Метеорологик ва гидрологик қурғоқчиликни SPI ва SSI индекслари орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш ҳамда гидрологик қурғоқчиликни прогнозлаш масалалари ишнинг тадқиқот предметини белгилаб беради.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Ишни бажариш жараёнида Чирчиқ ҳавзасида жойлашган Писком дарёсининг Муллала ва Угом дарёсининг Хожикент гидрологик постларида ўлчанган ўртача ойлик сув сарфлари ҳамда Писком метеостанциясида қайд этилган атмосфера ёғинлари ҳақидаги маълумотлардан фойдаланилди. Ишда белгиланган мақсад ва вазифаларга эришиш учун танланган метеостанция ва гидропостларнинг 1965 йилдан 2018 йилгача бўлган атмосфера ёғинлари ва ўртача ойлик сув сарфлари маълумотлари тўпланди.



1-расм. Писком ва Угом дарёлари ҳавзаларининг географик ўрни

Рис. 1. Географическое положение бассейнов рек Пскем и Угам

Fig. 1. Geographic location of the Pskem and Ugam river catchments

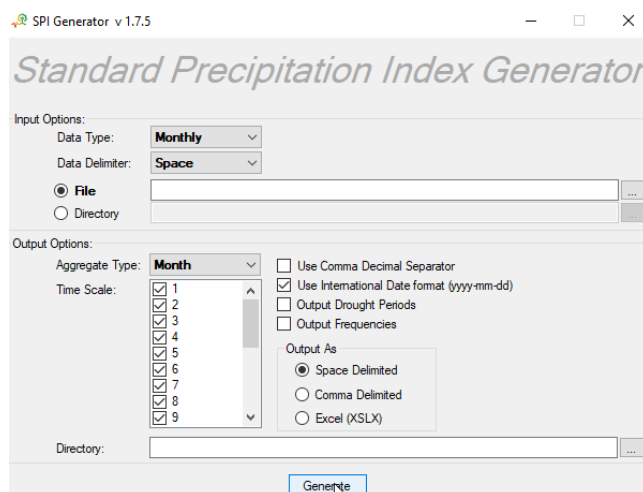
Тадқиқот ишида замонавий гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозлар усуллари билан бир вақтда қурғоқчилик индексларини ҳисоблаш ҳамда математик статистика усулларидан фойдаланилди. Тўпланган маълумотлар асосида SPI ва SSI индекслари махсус *SPI generator* дастури ёрдамида ҳисобланди (2-расм).

Ушбу дастурда SPI индексининг қийматлари соддалаштирилган кўринишда қуйидаги ифода асосида ҳисобланади:

$$SPI_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_i}, \quad (1)$$

бу ерда: x_i – ойлик ёгин миқдори, \bar{x} – кўп йиллик ўртача ойлик ёгин миқдори, σ_i – ўртача квадратли четланиш бўлиб, қўйидагича аниқланади:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{x_i - \bar{x}}{n}}. \quad (2)$$



2-расм. SPI generator дастури ишчи ҳолати

Рис. 2. Рабочий режим программы SPI generator

Fig. 2. Operating mode of SPI generator

Аниқланган метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) қурғоқчилик индекслари орасида статистик боғланишлар Пирсон корреляция коэффиценти бўйича ҳисобланди:

$$r_p = \frac{\text{cov}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}, \quad (3)$$

бу ерда: x , y – ўзгарувчилар, \bar{x} , \bar{y} – ўзгарувчиларнинг ўртача арифметик қийматлари, cov – ковариация коэффиценти, σ_x ва σ_y – x ва y ўзгарувчиларининг ўртача квадрат четланишлари.

Метеорологик қурғоқчиликнинг гидрологик қурғоқчиликка таъсири, дастлаб, Писком ва Угом дарёлари бўйича ўрганилди. Сўнгра, танланган даврлар учун, гидрологик қурғоқчиликни прогнозлаш имконини берувчи услуб, яъни “hit-score” қийматлари аниқланди.

Олинган натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Ишнинг мақсадидан келиб чиқиб, 1965-2018 йиллар учун Писком метеорологик станциясида қайд этилган атмосфера ёгинлари маълумотлари ҳамда метеорологик қурғоқчилик индекслари (SPI) билан Писком ва Угом дарёлари ойлик сув сарфлари маълумотлари асосида гидрологик қурғоқчилик индекслари (SSI) аниқланди. Турли даврлар учун метеорологик (SPI1, SPI2, ..., SPI12) ва

гидрологик (SSI1, SSI2, ..., SSI12) қурғоқчилик индекслари орасидаги статистик боғланишлар Писком метеостанцияси ÷ Писком дарёси (1-жадвал) ва Писком метеостанцияси ÷ Угом дарёлари (2-жадвал) бўйича аниқланди. Ушбу босқичда SPI1÷SSI1, SPI2÷SSI2, ... SPI12÷SSI12 қурғоқчилик индекслари мос равишда 12 ойлик даврлар учун ҳисобланди. Жадваллардаги ойлар турли даврли SPI ва SSI ларнинг шу ойгача бўлган йиғиндисини билдиради. Масалан, 2 ойлик индекслар бўлган SPI2 ва SSI2 нинг январь ойи қаторидаги қийматлари, декабрь-январь ойлари индекслари орасидаги боғланишни ифодалайди, февраль ойи қаторидаги эса январь-февраль ойлари индекслари ўртасида боғланишни ифодалайди ва ҳоказо.

1-жадвал

Метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) қурғоқчилик индекслари орасидаги статистик боғланишлар натижалари (Писком дарёси мисолада)

Таблица 1

Результаты статистических связей между метеорологическим (SPI) и гидрологическим (SSI) индексами засухи (на примере реки Пскем)

Table 1

Results of statistical correlation between meteorological (SPI) and hydrological (SSI) drought indices (an example of the Pskem river)

Oylar	SPI1 ва SSI1	SPI2 ва SSI2	SPI3 ва SSI3	SPI4 ва SSI4	SPI5 ва SSI5	SPI6 ва SSI6	SPI7 ва SSI7	SPI8 ва SSI8	SPI9 ва SSI9	SPI10 ва SSI10	SPI11 ва SSI11	SPI12 ва SSI12
Январь	-0,04	0,08	0,13	0,37	0,33	0,24	0,25	0,21	0,28	0,43	0,54	0,57
Февраль	0,06	-0,02	0,04	0,10	0,35	0,33	0,24	0,29	0,22	0,29	0,44	0,54
Март	0,27	0,26	0,18	0,21	0,19	0,34	0,33	0,26	0,27	0,19	0,23	0,37
Апрель	0,30	0,45	0,43	0,37	0,36	0,36	0,49	0,48	0,41	0,38	0,29	0,30
Май	0,11	0,39	0,49	0,50	0,49	0,50	0,54	0,61	0,59	0,53	0,48	0,37
Июнь	-0,13	0,12	0,40	0,54	0,57	0,57	0,61	0,66	0,73	0,72	0,67	0,62
Июль	0,29	0,19	0,33	0,56	0,66	0,67	0,67	0,70	0,74	0,80	0,79	0,75
Август	0,00	0,29	0,17	0,34	0,57	0,67	0,67	0,67	0,71	0,75	0,81	0,79
Сентябрь	-0,12	-0,06	0,15	0,13	0,30	0,53	0,65	0,65	0,65	0,70	0,73	0,80
Октябрь	0,37	0,11	0,05	0,06	0,06	0,21	0,45	0,59	0,61	0,61	0,67	0,71
Ноябрь	0,15	0,33	0,17	0,08	0,08	0,05	0,19	0,38	0,52	0,54	0,56	0,64
Декабрь	0,13	0,21	0,42	0,34	0,22	0,21	0,15	0,23	0,40	0,53	0,56	0,59

Изоҳ: ранглар корреляция даражасини ифодалайди (қизил – кичик, яшил – катта).

Примечание: цвета представляют уровень корреляции (красный – низкий, зеленый – высокий).

Note: colors indicate the level of correlation (red – low, green – high).

Жадвалда келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, Писком дарёси бўйича SPI1÷SSI1 орасидаги статистик боғланишларни ифодалайдиган корреляция коэффициентининг энг катта қиймати $r=0,37$ га тенг бўлган (1-жадвал). Бир ойлик қурғоқчилик индекслари таҳлили хавзада мазкур ойнинг ўзида оқимнинг шаклланишида ойлик ёғинларнинг ҳиссаси кичиклигини кўрсатади. Бунинг асосий сабаби Писком хавзасида дарё оқимининг шаклланишида ёмғир сувлари ҳиссасининг кичиклиги билан изоҳланади.

Шу каби ҳолатларни икки ва уч ойлик қурғоқчилик индекслари ўртасидаги боғланишлар натижаларида ҳам кўриш мумкин. SPI2÷SSI2 ва SPI3÷SSI3 орасидаги

корреляцион боғланишлар, мос равишда, март-апрель ($r=0,45$) ва март-май ойлари ($r=0,49$) учун энг юқори кўрсаткичга эга бўлган (1-жадвал). Бу ҳолат ҳавзада ёмғир шаклидаги атмосфера ёғинларининг асосан баҳор ойларига тўғри келишини ва шу даврдаги оқимнинг шаклланишига таъсир этганлигини билдиради. SPI÷SSI боғланишлар жадвалига эътибор қаратадиган бўлсак, 1-3 ойлик даврлардан 12 ойлик даврларгача корреляция коэффиценти кўрсаткичларининг ошиб борганлигини кўришимиз мумкин (1-жадвал).

Ишда Писком метеостанцияси SPI индекслари билан Угом дарёси оқими SSI индекслари орасидаги статистик боғланишлар ҳам аниқланди (2-жадвал). Писком дарёси каби, метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари 1 ойдан 12 ойлик индекслар учун январдан декабргача бўлган даврлар учун баҳоланди. Олинган натижалардан кўриниб турибдики, Писком дарёсидаги каби, SPI1 ва SSI1 боғланишлар учун ҳам энг кичик корреляция коэффицентлари аниқланди ($-0,06 - 0,58$). Угом дарёсида SPI1÷SSI1 индекслар орасидаги боғланишларда нисбатан юқори қийматлар кузатилди ($r=0,58$ март, $r=0,51$ май, 2-жадвал). Мазкур индекс 1 ойлик боғланишларни ифодалагани учун, ушбу ойларда ёққан ёғиннинг шу ойларнинг ўзида дарё оқимига таъсир этиши билан изоҳланади.

2-жадвал

Метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) қурғоқчилик индекслари орасидаги статистик боғланишлар натижалари (Угом дарёси мисолида)

Таблица 2

Результаты статистических связей между метеорологическим (SPI) и гидрологическим (SSI) индексами засухи (на примере реки Угам)

Table 2

Results of statistical correlation between meteorological (SPI) and hydrological (SSI) drought indices (an example of the Ugam river)

Ойлар	SPI1 ва SSI1	SPI2 ва SSI2	SPI3 ва SSI3	SPI4 ва SSI4	SPI5 ва SSI5	SPI6 ва SSI6	SPI7 ва SSI7	SPI8 ва SSI8	SPI9 ва SSI9	SPI10 ва SSI10	SPI11 ва SSI11	SPI12 ва SSI12
Январь	-0,06	0,14	0,31	0,47	0,42	0,30	0,30	0,30	0,40	0,49	0,67	0,67
Февраль	0,24	0,11	0,15	0,31	0,47	0,46	0,36	0,37	0,38	0,45	0,65	0,65
Март	0,58	0,53	0,46	0,45	0,53	0,62	0,60	0,52	0,48	0,43	0,50	0,50
Апрель	0,49	0,67	0,66	0,65	0,63	0,69	0,75	0,75	0,70	0,67	0,57	0,57
Май	0,51	0,62	0,73	0,73	0,74	0,73	0,80	0,82	0,83	0,80	0,71	0,71
Июнь	0,36	0,54	0,65	0,75	0,75	0,77	0,78	0,84	0,86	0,86	0,83	0,83
Июль	0,42	0,48	0,62	0,71	0,79	0,79	0,82	0,82	0,86	0,88	0,87	0,87
Август	0,25	0,45	0,46	0,62	0,73	0,81	0,81	0,83	0,83	0,88	0,89	0,89
Сентябрь	0,08	0,17	0,35	0,44	0,60	0,71	0,81	0,80	0,82	0,83	0,90	0,90
Октябрь	0,36	0,20	0,07	0,11	0,13	0,36	0,54	0,69	0,72	0,74	0,82	0,82
Ноябрь	0,41	0,53	0,40	0,21	0,15	0,14	0,31	0,45	0,60	0,64	0,72	0,72
Декабрь	0,26	0,38	0,49	0,41	0,25	0,21	0,19	0,31	0,43	0,58	0,68	0,68

Изоҳ: ранглар корреляция даражасини ифодалайди (қизил – кичик, яшил – катта).

Примечание: цвета представляют уровень корреляции (красный – низкий, зеленый – высокий).

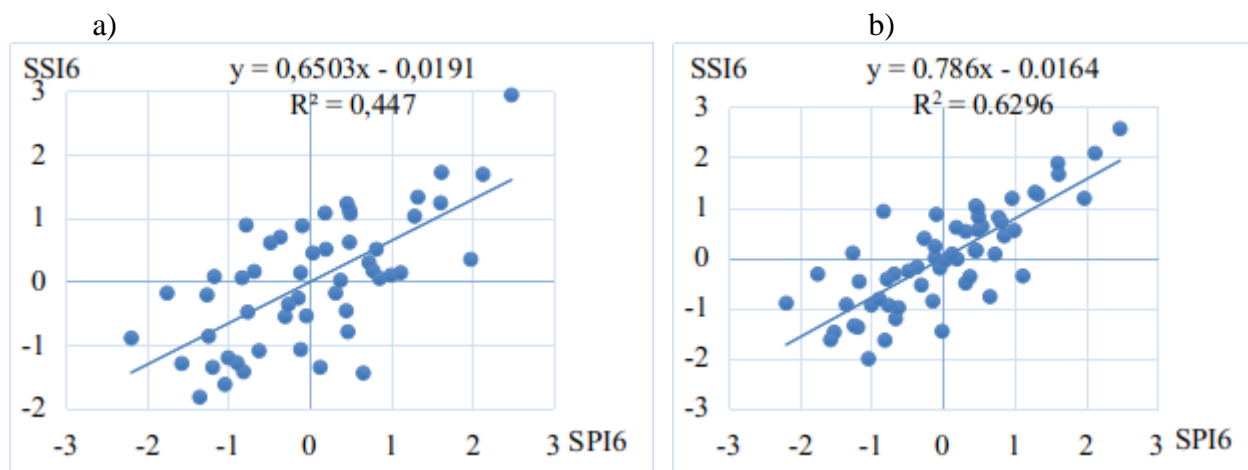
Note: colors indicate the level of correlation (red – low, green – high).

Статистик таҳлил натижаларидан кўриниб турибдики, ўзгарувчилар асосида аниқланган SPI2÷SSI2 қурғоқчилик индекслари орасидаги боғланишлар ҳам нисбатан

кичикроқ қийматларда олинди. Мазкур 2 ойлик индекслар орасида энг зич боғланишлар апрель-май ва март-апрель ойлари даврларига тўғри келиб, уларнинг қийматлари мос равишда $r=0,62$ ва $r=0,67$ га тенг бўлган (2-жадвал). Ундан кейинги, нисбатан зичроқ, боғланишлар февраль-март ва май-июнь ойлари даврларига тўғри келган (2-жадвал).

SPI÷SSI ўртасида статистик боғланишларнинг юқори қийматлари SPI5÷SSI5 дан SPI12÷SSI12 гача, муайян даврларда, қайд этилган. Хусусан, SPI5÷SSI5 қурғоқчилик индекслари ичида энг зич боғланишлар январь-май ойларидадан апрель-август ойлари оралиғидаги даврларда қайд этилган. Мазкур 4 та даврда корреляция коэффициентлари $r=0,70$ дан юқори бўлган. SPI6÷SSI6 боғланишларида корреляция коэффициентлари $r=0,70$ дан юқори бўлган 5 та даврда, 7, 8, 10 ва 11 ойлик қурғоқчилик индексларида 6 та даврни ва 9 ва 12 ойлик индексларда энг кўп - 7 та даврни ташкил этади. Корреляция коэффициентларининг энг юқори кўрсаткичи ($r=0,90$) ҳам 12 ойлик индексларда гидрологик йилда, яъни октябрь-сентябрь ойлари даврида кузатилган.

Метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари ўртасида аниқланган энг зич боғланишларнинг баъзилари график кўринишда келтирилди (3-ва 4-расмлар). 3-расмда SPI6÷SSI6 ўртасида боғланишларнинг февраль-июль ойлари давридаги боғланиш графиклари ва уларнинг детерминация коэффициентлари (R^2) акс этган.



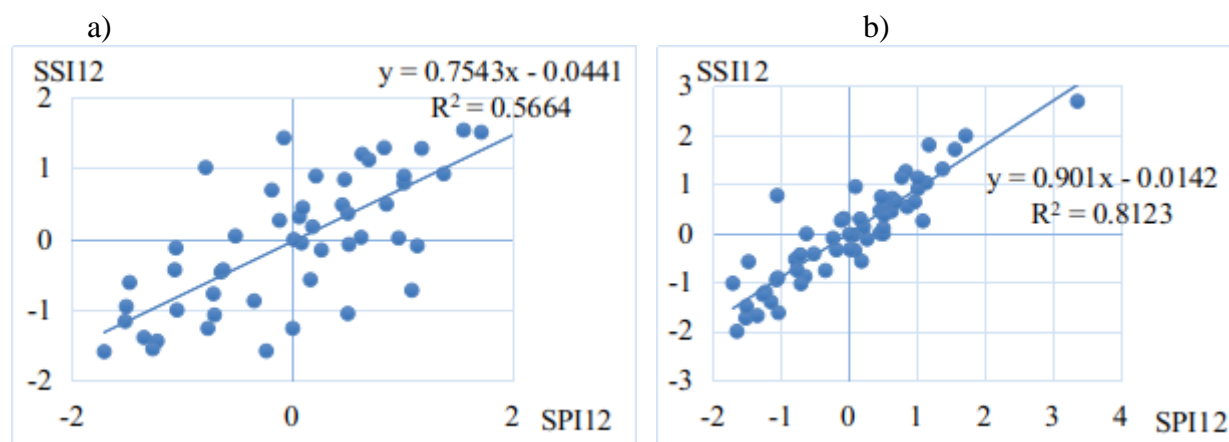
3-расм. SPI6 ва SSI6 индекслари орасидаги боғланишлар графиклари: а) Писком метеостанцияси ва Писком дарёси оқими бўйича; б) Писком метеостанцияси ва Угом дарёси оқими бўйича

Рис. 3. Графики связи между индексами SPI6 и SSI6: а) по метеостанции Пскем и стока реки Пскем; б) по метеостанции Пскем и стока реки Угам

Fig. 3. Graphs of the correlations of SPI6 and SSI6 indices: а) Pskem meteorostation and Pskem river runoff; б) Pskem meteorostation and Ugam river runoff

Шу каби графиклар 12-ойлик метеорологик ва гидрологик индекслар (SPI12÷SSI12) учун ҳам келтирилди (4-расм). Графиклардан кўриниб турибдики, SPI6÷SSI6 ва SPI12÷SSI12 орасидаги боғланишларда Угом дарёси бўйича Писком дарёсига нисбатан детерминация коэффициентлари юқори бўлган. Кузатилган давр бўйича SPI6÷SSI6 боғланишлар Писком дарёси бўйича $R^2=0,45$ қийматда бўлган бўлса, Угом дарёси оқими билан боғланиш қиймати $R^2=0,63$ га тенг бўлган. SPI12÷SSI12 нинг октябрь-сентябрь даврлари учун келтирилган графикда боғланишлар кўрсаткичлари SPI6÷SSI6 нисбатан юқори экинлигини кўриш мумкин, яъни Писком дарёси оқими

индекси бўйича $R^2=0,57$ га, Угом дарёси оқими индекси бўйича эса $R^2=0,81$ қийматларда бўлган (4-расм).



4-расм. SPI12 ва SSI12 индекслари орасида боғланиш графиклари: а) Писком метеостанцияси ва Писком дарёси оқими бўйича; б) Писком метеостанцияси ва Угом дарёси оқими бўйича

Рис. 4. Графики связи между индексами SPI12 и SSI12: а) по метеостанцию Пскем и стока реки Пскем; б) по метеостанцию Пскем и стока реки Угам

Fig. 4. Graphs of the correlations of SPI6 and SSI6 indices: а) Pskem meteorostation and Pskem river runoff; б) Pskem meteorostation and Ugam river runoff

Маълумки, метеорологик қурғоқчилик кузатилган йилларда хавзада гидрологик қурғоқчилик кузатилади. Писком дарёсида метеорологик қурғоқчилик билан гидрологик қурғоқчилик орасидаги боғлиқликнинг нисбатан кичик бўлганлигини хавзада мавжуд музликларнинг дарё оқими шаклланишидаги ҳиссаси билан изоҳлаш мумкин. Угом дарёсида эса Писком дарёсига нисбатан корреляция коэффиценти қийматларининг зичлиги дарё оқимининг ҳосил бўлишида атмосфера ёғинлари асосий ўринни эгаллашидан далолат беради.

Тадқиқот ишининг кейинги босқичида қурғоқчилик индекслари асосида кам сувли йилларда дарё оқимини прогношлаш масалалари ўрганилди. Шу мақсадда, гидрологик қурғоқчиликни метеорологик қурғоқчилик индекслари орқали прогношлаш имконини берувчи ёндашувдан фойдаланилди. Мазкур ёндашув, халқаро тадқиқотларда “hit-score” индекси деб номланган, “аниқланиш эҳтимоли” маъносини берувчи кўрсаткич ҳисобланади [Wilks, 2011].

Мазкур ёндашув асосида дарёда кузатилган кам сувли йилларни метеорологик қурғоқчилик индекси билан прогношлаш имкони яратилади. Шу нуқтаи назардан, кам сувлилик ҳолатларини ойлик қурғоқчилик индекслари шартли оқими меъёрининг (мазкур ҳолатда индекс меъёрининг, яъни “0”) белгиланган фоиздан пастки чегараси билан аниқлаймиз. Ўзгарувчилар қаторида метеорологик қурғоқчилик индекси меъёрга нисбатан белгиланган фоиздан кам кузатилганда, метеорологик қурғоқчилик деб қабул қилинади. Дарё оқими индекси учун ҳам ушбу ёндашув тадбиқ этилади ва унда гидрологик қурғоқчилик чегараси аниқланади. Муайян таъминланишда қурғоқчилик чегаралари белгилаб олингандан сўнг, метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари солиштирилади. Агар метеорологик қурғоқчилик кузатилган даврда гидрологик қурғоқчилик ҳам кузатилган бўлса “1” қиймати берилади. Ва, аксинча, метеорологик

қурғоқчилик кузатилган даврда, гидрологик қурғоқчилик кузатилмаган бўлса, “0” билан белгиланади. Шу каби кодлаш қурғоқчилик индекслари вақт қаторлари учун ҳам амалга оширилади. Бунда ҳам кам сувлилик чегараси муайян таъминланиш фоизи билан белгиланади. Белгиланган чегара орқали кузатилган метеорологик ва гидрологик қурғоқчиликлар аниқланади. Агар кузатилган даврда қурғоқчилик бўлганда, кузатилган гидрологик қурғоқчиликлар йиғиндиси жами кузатилган метеорологик қурғоқчиликлар (ёки, метеорологик қурғоқчилик кузатилганда, кузатилган ва кузатилмаган гидрологик қурғоқчиликлар йиғиндиси)га нисбати орқали “hit-score” қиймати аниқланади [Wilks, 2011]. Гидрологик ва метеорологик қурғоқчилик индекси вақт қаторлари бўйича бир хил миқдордаги қурғоқчилик ҳодисалари ҳосил бўлади. Ушбу кодланган вақт серияси билан “hit-score” индексида фойдаланиладиган a, b, c ва d қийматлар қуйидаги жадвал ёрдамида аниқланди (3-жадвал).

3-жадвал

“Hit-score” қийматини солиштириш жадвали

Таблица 3

Таблица сопряженности “hit-score”

Table 3

Contingency table of “Hit-score”

Қийматлар		Кузатилган метеорологик қурғоқчилик (SPI)		
		Ҳа	Йўқ	Жами
Прогноз қилинган гидрологик қурғоқчилик (SSI)	Ҳа	a	b	a+b
	Йўқ	c	d	c+d
	Ҳаммаси	a+c	b+d	a+b+c+d

Жадвалда: “a” метеорологик қурғоқчилик кузатилганда, гидрологик қурғоқчилик кузатилганини билдиради; “b” метеорологик қурғоқчилик кузатилмаганда гидрологик қурғоқчилик кузатилганини билдиради; “c” метеорологик қурғоқчилик кузатилганда, гидрологик қурғоқчилик кузатилмаганлигини билдиради; “d” метеорологик қурғоқчилик кузатилмаганда, гидрологик қурғоқчилик кузатилмаганлигини билдиради. a+c эса метеорологик қурғоқчилик кузатилганда, содир бўлган ва бўлмаган гидрологик қурғоқчиликларни ёки, бошқача айтганда, кузатилган метеорологик қурғоқчиликлар йиғиндиси ҳисобланади.

Ишда “hit-score” қуйидагича аниқланди [Haslenger, 2014]:

$$H = \frac{a}{a + c}. \quad (4)$$

Мазкур ифода метеорологик қурғоқчилик индекслари орқали гидрологик қурғоқчиликни прогнозлаш имконини беради. Гидрологик қурғоқчилик прогнози аниқлиги энг юқори 1 ёки, аксинча, 0 қийматлари оралиғида ўзгаради.

Ишнинг кейинги босқичида, “hit score”ни ҳисоблаш мақсадида 54 йиллик вақт қаторлари SPI ва SSI индексларининг 70, 80, 90 ва 95% ларда таъминланиши қийматлари (қурғоқчилик чегараси) аниқлаб олинди. Таъкидлаш жоизки, индексларнинг ушбу таъминланишлардан кичик қийматларида ҳавзада турли даражада қурғоқчилик ҳодисаси кузатилган деб қабул қилиш мумкин. Сўнгра, белгиланган чегарадан кичик қийматлар сони метеорологик ва гидрологик индекслар учун аниқланди ва “hit-score” қиймати (4) формула бўйича аниқланди. 4-жадвалда Писком ва Угом дарёлари бўйича қурғоқчилик индексларининг 70, 80, 90, 95% таъминланишларида аниқланган “hit-score” қийматлари

келтирилган. Ҳисоблашлар метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индексларининг энг юқори боғланишли даврлари 6 (II-VII) ва 12 ой (X-IX) бўйича амалга оширилди.

4-жадвал

SPI ва SSI индексларининг турли таъминланишлардаги “hit-score” қийматлари

Таблица 4

Значения “hit-score” при различной обеспеченности индексов SPI и SSI

Table 4

"Hit-score" values in different probability of SPI and SSI indices

SPI ва SSI таъминланиши, %	Писком MC ÷ Писком-Муллала қ.							
	SPI6÷SSI6 (II-VII)				SPI12÷SSI12 (X-IX)			
	a	c	a+c	hit-score	a	c	a+c	hit-score
70	9	7	16	0,56	11	4	15	0,73
80	6	5	11	0,55	6	4	10	0,6
90	1	5	6	0,17	3	2	5	0,6
95	0	3	3	0	2	1	3	0,67
SPI ва SSI таъминланиши, %	Писком MC ÷ Угом-Хожикент қ.							
	SPI6 ÷ SSI6 (II-VII)				SPI12÷SSI12 (X-IX)			
	a	c	a+c	hit-score	a	c	a+c	hit-score
70	12	6	18	0,67	14	3	17	0,82
80	7	5	12	0,58	10	2	12	0,83
90	2	4	6	0,33	4	2	6	0,67
95	1	2	3	0,33	2	1	3	0,67

Таъминланиш фоизлари қурғоқчилик ходисаларининг чуқурлашув даражасини билдиради (4-жадвал). Улар фоизларининг ортиб бориши билан қурғоқчилик қаттиклиги даражасининг ҳам ортиб борганлигини акс эттириди ва уларнинг кузатилиши нисбатан кам бўлиши табиийдир. Писком дарёси ҳавзасида SPI6-SSI6 ўртасида “hit-score” қийматлари “0,56” дан “0” гача камайиши кузатилган. Ҳавзада гидрологик йил учун SPI12 - SSI12 индекслари асосида аниқланган “hit-score” (0,60 – 0,67 оралиғида) 6 (II-VII) ойлик қийматлар асосида аниқланган натижаларга нисбатан каттароқ.

Угом дарёси учун кам сувли йилларни аниқлашда Писком дарёси натижаларига нисбатан ҳам аниқроқ натижалар олинди. Жумладан, Угом дарёси 6 (II-VII) ойлик “hit-score” (SPI6-SSI6) қийматлари белгиланган таъминланишларда 0,67-0,33 оралиғида бўлган бўлса, гидрологик йил учун мазкур кўрсаткичлар 0,82-0,67 ни ташкил этди. Натижалар шуни кўрсатадики, метеорологик қурғоқчилик (SPI) билан гидрологик қурғоқчилик (SSI) индекслари ўртасида статистик боғланишлар ва махсус ёндашувлар келажакда ўрганилаётган дарё ҳавзасида гидрологик қурғоқчиликни прогнозлаш услубларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш имконини беради. Кейинги ишларда метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари ўртасида статистик боғланишларни силжитишлар усули ёрдамида аниқлаш кўзда тутилган. Силжитишлар усули орқали гидрологик қурғоқчиликни эрта аниқлаш мумкин бўлади.

Хулоса. Олинган натижаларнинг таҳлиллари асосида қуйидагилар аниқланди:

1. Писком ва Угом дарёлари ҳавзасига ёққан атмосфера ёғинлари дарёлар оқимида тўғридан-тўғри таъсир қилиб, ушбу алоқадорлик дарёлар оқимини атмосфера ёғинларига боғлиқ ҳолда прогнозлаш имкониятини беради.

2. Метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) қурғоқчилик индекслари орасидаги статистик боғланишларни ифодаловчи корреляция коэффициентлари қийматларининг дарёларнинг тўйиниш манбаларига боғлиқлиги ҳамда Угом дарёси бўйича аниқланган

курғоқчилик индекслари ўртасида корреляция коэффициентларининг Писком дарёсига нисбатан юқори эканлиги аниқланди.

3. Курғоқчилик индекслари SPI ва SSI оралик даврларининг ортиб бориши билан, улар ўртасидаги корреляция коэффициентлари қийматларининг ҳам ортиб бориши кузатилди. Ҳар иккала дарёда ҳам 6-12 ойлик курғоқчилик индекслари орасида корреляция коэффициентлари катта қийматларга эга эканлиги аниқланди. Мазкур курғоқчилик индексларининг юқори боғлиқликка эга даврлари дарёлар хавзасида намликнинг тўпланиши ва сарфланиши кузатиладиган ораликни тўлиқ ёки қисман қамраб олади.

4. Метеорологик курғоқчилик (SPI) ва гидрологик курғоқчилик (SSI) индекслари ўртасидаги статистик боғланишларнинг корреляция коэффициентлари қийматининг катталиги ва ишда қўлланилган “hit-score” ёндашувлари натижалари, келажақда, дарё хавзасида гидрологик курғоқчиликни прогнозлаш усуллари яратиш имкониятларини беради.

5. Ушбу тадқиқот натижалари келажақда гидрологик курғоқчиликни прогнозлаш усулларини яратиш ва шу орқали қишлоқ хўжалиги ва энергетика соҳалари учун зарур тавсиялар ишлаб чиқиш имконини беради.

Муаллифлар хиссаси: **Ғ.Ў. Умирзаков:** мақола ғоясини аниқлаштириш, методология, объектни танлаш, натижалар таҳлили, натижаларни текшириш, раҳбарлик; **К.Р. Раҳмонов:** мақола ғояси, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Н.О. Омонов:** мақола ғоясини қўллаш, маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Агальцева Н.А., Пак А.В., Новикова В.А. Гидрологическая засуха в Узбекистане, анализ причин и возможности прогнозирования // Труды Научно-исследовательского гидрометеорологического института. – Ташкент: Вып. 12(257). 2010. – С. 55-63.

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

Свобода М., Хайес М., Вуд Д. Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков. – ВМО, Женева, 2012 (1090). – 36 с.

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

Хикматов Ф.Х., Айтбоев Д.П. Гидрометеорологияда статистик усуллар. – Тошкент: Университет, 2007. – 88 б.

Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент: Voris-nashriyot, 2007. – 132 с.

Barlow M., Cullen H., Lyon B. Drought in central and southwest Asia: La Nina, the warm pool, and Indian Ocean precipitation // Journal of Climate, V. 15, 2002. – PP. 697-700.

Chen H., Sun J., Changes in drought characteristics over China using the standardized precipitation evapotranspiration index // Journal of Climate, V. 28, 2015. – PP. 5430-5447

Guo H., Bao A., Ndayisaba F., Liu T., Jiapaer G., El-Tantawi A.M. and De Maeyer P. Space-time characterization of drought events and their impacts on vegetation in Central Asia // Journal of Hydrology, V. 564, 2018. – PP.1165-1178.

Haslinger K., Koffler D., Schöner W. and Laaha G. Exploring the link between meteorological drought and streamflow: Effects of climate- catchment interaction // Water Resources Research, 50(3), 2014. – PP. 2468-2487.

Lehman A. *Jmp for Basic Univariate and Multivariate Statistics: A Step-by-step Guide*. Cary, NC: SAS Press., 2005. – 123 p.

Li Z., Chen Y., Fang G., Li Y. Multivariate assessment and attribution of droughts in Central Asia // *Science Report*, 7, 2017. – PP. 1316-1324

McKee, Thomas B., Nolan D., John K. The relationship of drought frequency and duration to time scales / *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, V. 17, No. 22, 1993. – P. 136.

Mishra A.K., Singh V.P. A review of drought concepts // *Journal of Hydrology*, V. 391, 2010. – PP. 204–216.

Patrick E. Drought characteristics and management in Central Asia and Turkey. *FAO Water Reports*. FAO, 2017. – 114 p.

Sheffield J., Wood E.F. Characteristics of global and regional drought, 1950-2000: analysis of soil moisture data from off-line simulation of the terrestrial hydrologic cycle // *Journal of Geophysical Research*, V. 112, 2007. D17115.

Svoboda M.D., Brian A.F. *Handbook of drought indicators and indices*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2016.

Wilks D.S. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* // *International Geophysics*, V. 91, 3rd ed., Academic, Burlington, Mass, 2011. – 676 p.

Wu J., Chen X., Yao H., Gao L., Chen Y., Liu M. Non-linear relationship of hydrological drought responding to meteorological drought and impact of a large reservoir // *Journal of Hydrology*, V. 551, 2017. – P. 495-507.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СВЯЗИ МЕЖДУ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ И ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАСУХОЙ

Г.У. УМИРЗАКОВ¹, К.Р. РАХМОНОВ¹, Н.О. ОМОНОВ¹

¹ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
g.umirzakov@gmail.com, komiljons@mail.ru, oomonov506@gmail.com

Аннотация. В статье изучены статистические связи между метеорологической и гидрологической засухой на примере рек Пскем и Угам. В работе использованы стандартные гидрометеорологические данные об атмосферных осадках, наблюдаемых на метеостанции Пскем и среднемесячных расходах воды, измеренных на реках Пскем и Угам. Индексы метеорологической засухи (SPI) и гидрологической засухи (SSI) рассчитывались с помощью компьютерной программы SPI generator. Статистические связи между индексами SPI и SSI для выбранных рек вычислялись по коэффициенту корреляции Пирсона. Определены значения «hit-score», которые позволяют прогнозировать гидрологическую засуху на выбранный период на основе метеорологической засухи. Результаты показали, что имеется возможность использования метода «hit-score» при прогнозировании гидрологической засухи.

Ключевые слова: река, речной бассейн, атмосферные осадки, расходы воды, индексы засухи SPI и SSI, статистическая корреляция, коэффициент корреляции, метод «hit-score», прогнозирование.

STATISTICAL ASSESSMENT OF THE CORRELATIONS BETWEEN METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL DROUGHT

G.U. UMIRZAKOV¹, K.R. RAKHMONOV¹, N.O. OMONOV¹

¹ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
g.umirzakov@gmail.com, komiljons@mail.ru, oomonov506@gmail.com

Abstract. The article studies statistical correlations between meteorological and hydrological drought on the example of the Pskem and Ugam rivers. In this research standard hydrometeorological

data on precipitation observed at the Pskem meteorological station and mean monthly water discharges measured on the Pskem and Ugam rivers were used. The meteorological drought indices (SPI) and hydrological drought indices (SSI) were calculated using SPI generator computer program. Statistical relations between SPI and SSI indices for the selected rivers were estimated on Pearson correlation coefficient. The "hit-score" values, that allow predicting hydrological drought for selected period based on meteorological drought, were determined, The results showed that there is a possibility of using the hit-score method for predicting hydrological drought.

Keywords: river, river basin, precipitation, water discharge, SPI and SSI drought indices, statistical correlation, correlation coefficient, hit-score method, forecasting.

REFERENCES

Agal'tseva N.A., Pak A.V., Novikova V.A. Gidrologicheskaya zasuha v Uzbekistane, analiz prichin i vozmoonosti prognozirovaniya [Hydrological drought in Uzbekistan, analysis of the causes and possibilities of forecasting] // Trudy Nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta. – Tashkent: Vyp. 12(257). 2010. – S. 55-63. (in Russian)

Alekseyev G.A. Ob'yektivniye metodi vyravnivaniya i normalizatsii korrelyatsionnih svyazey [Objective methods of alignment and normalization of correlations]. – L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 363 s. (in Russian)

Svoboda M., Khayyes M., Vud D. Rukovodstvo dlya pol'zovateley standartizirovannogo indeksa osadkov [Guidance for users of the standardized precipitation index]. – VMO, Jeneva, 2012 (1090). – 36 s. (in Russian)

Khikmatov F.Kh., Turgunov D.M. Malovodnie godi na gornikh rekah, voprosi rascheta ih normi i parametrov uglubleniya [Low-water years in mountain rivers, issues of calculating their rates and deepening parameters] // Vesnik NUUZ. № 3/1. Yestestvennye nauki. – Tashkent, 2017. – S. 330-335. (in Russian)

Khikmatov F.Kh., Aytboyev D.P. Gidrometeorologiyada statistik usullar [Statistical methods in hydrometeorology]. – Toshkent: Universitet, 2007. – 88 b. (in Uzbek)

Chub V.Ye. Izmeneniye klimata i ego vliyaniye na gidrometeorologicheskiye protsessi, agroklimaticheskiye i vodnye resursy Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent: Voris-nashriyot, 2007. – 132 s. (in Russian)

УДК: 551.573:631.67

ОЦЕНКА РАСЧЁТНОГО ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

М.Л. АРУШАНОВ¹, Г.М. ХАМДАМОВА^{1,2*}, А.И. ВДОВЕНКО²,
Х.Д. ОДИЛОВ², Т.У. АПАКХУЖАЕВА³

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

² Центр гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, gkhamdamova81@gmail.com

³ Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

Аннотация. В статье выполнена количественная оценка испарения с почвы по расчётному методу Мезенцева в сравнении с данными, измеренными весовым испарителем ГГИ-500. Приведены результаты расчётов обеспеченности максимальных сумм годовых испарений на основе эмпирических данных в сравнении с аналогичными с использованием гамма- и

* Ответственный автор: gkhamdamova81@gmail.com, тел.: +998 91 1903791

биномиального распределений. Показано, что указанные распределения могут быть успешно использованы для расчёта обеспеченности максимальных сумм годовых испарений на территории Узбекистана.

Для получения большей точности расчёта испарения с почвы, входящие константы в формулу Мезенцева лучше получать, для исследуемой территории, на основе применения метода наименьших квадратов с использованием данных, измеренных испарителями. В целом, аналитический способ расчёта испарения с почвы, предложенный в середине 50-х годов прошлого столетия В.С. Мезенцевым, может применяться в различных областях гидрометеорологии, особенно он удобен при разработке математических моделей эвапотранспирации.

Ключевые слова: гидролого-климатический метод, осадки, температура, гамма-распределение, биномиальное распределение, кривая обеспеченности.

Введение. Испарение с почвы – один из самых сложных метеорологических параметров при исследовании элементов водного баланса. Его измерение в естественных условиях представляет определённые трудности, усугубляющиеся наличием растительного покрова.

Слагаемые суммарного испарения определяют прямыми, с использованием почвенных испарителей и лизиметров, и косвенными методами [Константинов, 1968]. Последние опираются на эмпирические связи с метеорологическими величинами или же рассчитываются как остаточный член уравнения водного баланса [Соколова, Чампен, 1976].

Прямые приборные методы, в силу их трудоёмкости и особых требований к техническому оснащению, ограничивают их применение в научных исследованиях и практической реализации. Поэтому, как правило, используется расчётные методы. Подробный обзор расчётных методов представлен в литературе [Черемисинов, Черемисинов, 2016].

В данной работе нами рассматриваются расчётный метод, предложенный В.С.Мезенцевым [Мезенцев, 1957].

Исследование точности расчётных методов испарения с почвы имеет важное значение при разработке моделей эвапотранспирации в различных условиях почвенно-климатического разнообразия. Точность расчётных методов наиболее актуальна для засушливых территорий, какой является большая часть территории Узбекистана.

Географическое местоположение, данные и методы расчёта. Географическое положение исследуемого района – Джизакская область Узбекистана, где расположены метеорологические станции Янгикишлак ($40,42^\circ$ с. ш., $67,18^\circ$ в. д.) и Галляарал ($40,02^\circ$ с. ш., $67,59^\circ$ в. д.) (рис. 1), на которых выполняются 8-ми срочные суточные метеорологические измерения.



Рис. 1. Географическое положение метеостанций

Fig. 1. Geographical situation of meteostations

В рассматриваемом районе благоприятные полугидроморфные и гидроморфные условия почвообразования, минерализации грунтовых вод. В силу физико-географических особенностей и влияния антропогенного фактора здесь сформировались орошаемые серозёмно-луговые почвы. Климат классифицируется как континентальный с засушливым, жарким летом и умеренно холодной зимой. В этом районе запланировано создание АЭС.

В работе использовались измеренные с помощью весового испарителя ГГИ-500 [Пушкарев, 1954] данные Узгидромета, полученные на станции Галляарал за 12-летний период (1972-1983 гг.). Важной особенностью такого типа испарителей является возможность с их помощью раздельно определять транспирацию и испарение с почвы.

В качестве расчётного метода взят гидролого-климатический метод Мезенцева [Мезенцев, 1957], основанный на данных о температуре воздуха и осадков. Временные ряды температуры воздуха и осадков составляют сорокапятилетний период (1972-2020 гг.) на станции Янгикишлак и 12-летний период (1972-1983 гг.) на станции Галляарал.

Согласно методу Мезенцева, рассчитывалась годовое испарение с почвы по формуле

$$E = E_{max} \times \left[\left(1 + \frac{X}{E_{max}} \right)^n \right]^{-1/n}, \quad (1)$$

где E_{max} – максимально возможное испарение, мм; n – параметр для равнинного рельефа средних широт ($n=3$); X – годовая сумма атмосферных осадков, мм, а значение E_{max} рассчитывалось по формуле:

$$E_{max} = a \sum_{t>0}^{\text{ГОД}} t + b, \quad (2)$$

где $\sum t$ – сумма среднемесячных положительных температур воздуха за год, $a=5,88$, $b=258$ – эмпирические константы по Мезенцеву.

Однако, для повышения точности аналитического расчёта испарения, указанные параметры лучше подбирать для рассматриваемой территории на основе метода наименьших квадратов по данным приборных измерений. Эта же касается и параметра n в формуле (1).

Оценка невязки, измеренной и рассчитанной годовой испаряемости с почвы вычислялась за 12-летний период с использованием данных метеостанции Галляарал.

Численные расчёты. В табл. 1 приведены годовые суммы испарения по данным станций Галляарал и Янгикишлак, а в табл. 2 – статистические характеристики испарения по данным станции Янгикишлак: среднее многолетнее значение испарения: $\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$;

дисперсия $\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}{n-1}$; коэффициент вариации $C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}}$, $k_i = \frac{E_i}{\bar{E}}$.

В табл. 3 приведены оценки невязки расчётных и измеренных значений испарения по данным станции Галляарал. В качестве оценок невязки вычислялись:

$|\Delta_{max}|$ – абсолютная максимальная невязка;

$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (E_{из} - E_{рас})^2}$ – среднеквадратичная невязка;

$\varepsilon = \frac{S}{\sigma_{E_{из}}}$ – относительная невязка;

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (E_{из} - \bar{E}_{из})(E_{рас} - \bar{E}_{рас})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (E_{из} - \bar{E}_{из})^2 \sum_{i=1}^N (E_{рас} - \bar{E}_{рас})^2}} - \text{коэффициент корреляции.}$$

Таблица 1

Расчётные значения годовых сумм испарения с поверхности почвы по данным температуры воздуха и осадков, учтенных на метеостанциях Галляарал и Янгикишлак

Table 1

Calculated values of annual amounts of evaporation from the soil surface according to air temperature and precipitation, taken into account at the meteorological stations of the Gallyaaral and Yangikishlak

МС Галляарал												
Год	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
ΣЕ, мм	311	306	239	171	197	189	196	133	163	198	173	155
МС Янгикишлак												
Год	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
ΣЕ, мм	293	260	303	351	438	344	307	291	218	363	262	245
Год	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ΣЕ, мм	446	260	385	331	504	349	501	307	182	298	457	448
Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ΣЕ, мм	340	211	218	473	464	511	327	290	386	265	414	283
Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ΣЕ, мм	406	286	330	333	335	332	325	252	368	351	-	-

Таблица 2

Статистические характеристики максимального годового испарения с почвы (МС Янгикишлак)

Table 2

Statistical characteristics of the maximum annual evaporation from the soil (Yangikishlak meteostation)

Параметр	Значение
Среднее многолетнее значение суммарных испарений, \bar{E}	340
Дисперсия, σ	83
Коэффициент вариации, C_v	0,24

Таблица 3

Оценки невязки расчётных и измеренных значений испарения по данным метеостанции Галляарал

Table 3

Estimates of the discrepancy between the calculated and measured values of evaporation according to the data of the Gallyaaral meteostation

$ \Delta_{max} $, мм	S , мм	ϵ	r
61,21	9,03	0,41	0,89

На рис. 2 приведён график связи измеренных и рассчитанных значений испарения с почвы. Как видно из табл. 3 и рис. 2, приведённые оценки невязки двух способов получения значений испарения с почвы являются вполне удовлетворительными.

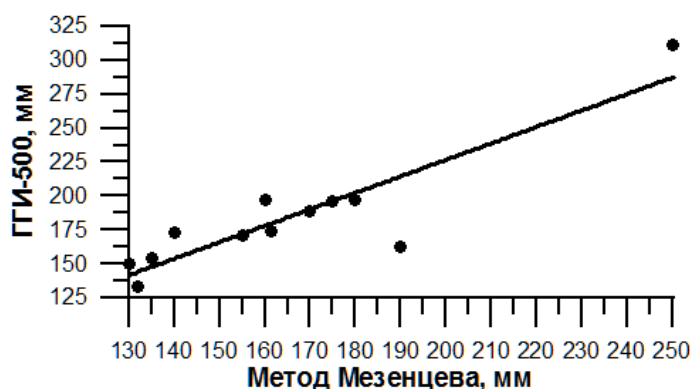


Рис. 2. График связи рассчитанных и измеренных значений испарения с почвы

Fig. 2. Relationship diagram between calculated and measured values of evaporation from the soil

График связи метеорологических характеристик и её эмпирической вероятности превышения (эмпирическая кривая обеспеченности) [СНИП 2.01.14-98, 1998], характеризующий обеспеченность максимальных испарений, построен по данным станции Янгикишлак за 46-летний период. Для этого, по ранжированному ряду суммарных годовых испарений, вычислялась вероятность превышения [Алексеев, 1971]

$$P_m = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%,$$

где: m – порядковый номер в выборке в ранжированном временном ряде; n – число членов (табл. 4).

Расчеты максимальных суммарных годовых испарений различной обеспеченности выполнены на основе гамма-распределения при значениях коэффициента вариации $C_s = \frac{[n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3]}{[\bar{c}_v^3 (n-1)(n-2)]} = K C_v$, где $K = 1.5, 2.0, 2.5$ и биномиального распределения для $K = 2.0$ [Справочник по СФ, 1979]. Результаты расчётов приведены в табл. 5.

Биномиальные и эмпирические кривые максимальных сумм годовых испарений различной обеспеченности приведены на рис. 3.

Как следует из рис. 3, рассчитанные распределения максимальных сумм годовых испарений достаточно близки к эмпирической кривой обеспеченности. Итоговые расчеты обеспеченности для 5%, 10%, 50% и 97% вероятности превышения приведены в табл. 6.

Выводы. Метод Мезенцева, предложенный для расчёта испарения с почвы для территории Узбекистана на основе полученных достаточно высоких оценок невязки с приборными измерениями испарения, может быть успешно использован в различных областях агрометеорологии, в том числе, при разработке математических моделей эвапотранспирации. Сказанное в полной мере подтверждается полученными гамма- и биномиальными распределениями максимальных сумм годовых испарений, близкие к эмпирической кривой обеспеченности.

Таблица 4
Обеспеченность (P%) максимальных испарений с поверхности почвы
(МС Янгикешлак)

Table 4
Probability (P%) of maximum evaporation from the soil surface
(Yangikishlak meteorostation)

Годы	ΣЕ	m	P, %	Годы	ΣЕ	m	P, %	Годы	ΣЕ	m	P, %
2004	511	1	2,13	1978	351	17	36,17	1982	291	33	70,21
1991	504	2	4,26	1992	349	18	38,30	2006	290	34	72,34
1993	501	3	6,38	1980	344	19	40,43	2012	286	35	74,47
2002	473	4	8,51	1999	340	20	42,55	2010	283	36	76,60
2003	464	5	10,64	2015	335	21	44,68	2008	265	37	78,72
1997	457	6	12,77	2014	333	22	46,81	1985	262	38	80,85
1998	448	7	14,89	2016	332	23	48,94	1988	260	39	82,98
1987	446	8	17,02	1990	331	24	51,06	1976	260	40	85,11
1979	438	9	19,15	2013	330	25	53,19	2018	252	41	87,23
2009	414	10	21,28	2005	327	26	55,32	1986	245	42	89,36
2011	406	11	23,40	2017	325	27	57,45	2001	218	43	91,49
2007	386	12	25,53	1994	307	28	59,57	1983	218	44	93,62
1989	385	13	27,66	1981	307	29	61,70	2000	211	45	95,74
2019	368	14	29,79	1977	303	30	63,83	1995	182	46	97,87
1984	363	15	31,91	1996	298	31	65,96				
2020	351	16	34,04	1975	293	32	68,09				

Примечание: вероятности превышения за данные годы приведены в возрастающем порядке.

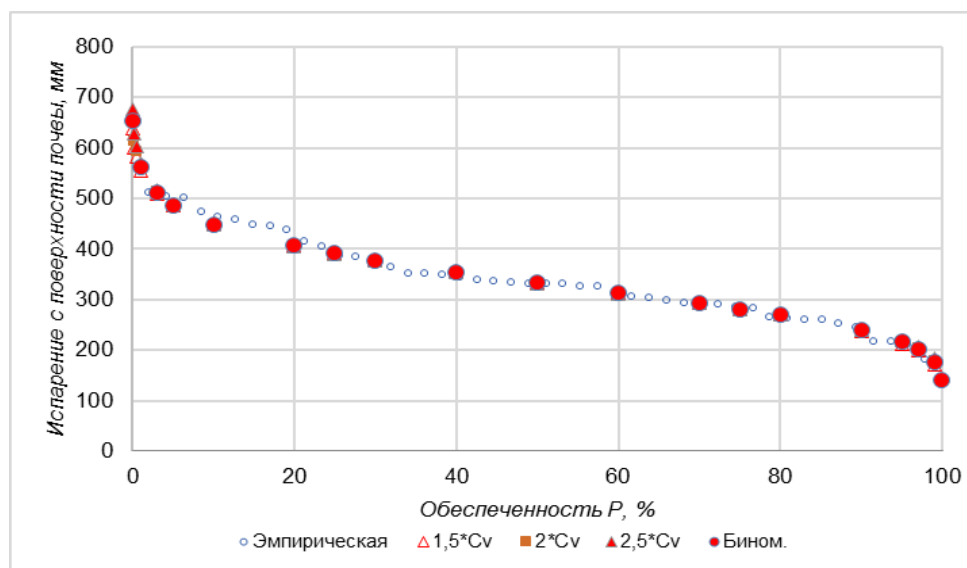


Рис. 3. Распределения максимальных сумм годовых испарений различной обеспеченности

Fig. 3. Distribution of the maximum amounts of annual evaporation of various probability

Таблица 5

Максимальные суммы годовых испарений различной обеспеченности
(МС Янгикишлак)

Table 5

The maximum amount of annual evaporation of various probability
(Yangikishlak meteostation)

Гамма-распределение						Биномиальное распределение, К=2	
К=1.5		К=2.0		К=2.5		P%	ΣЕ
P, %	ΣЕ	P, %	ΣЕ	P, %	ΣЕ		
0,10	639	0,10	657	0,10	676	0,10	-
0,30	601	0,30	614	0,30	627	0,30	654
0,50	583	0,50	593	0,50	604	0,50	561
1,0	555	1,0	561	1,0	571	1,0	512
3,0	509	3,0	514	3,0	517	3,0	486
5,0	486	5,0	487	5,0	489	5,0	449
10	449	10	449	10	449	10	407
20	408	20	406	20	405	20	392
25	393	25	392	25	390	25	378
30	380	30	377	30	377	30	354
40	357	40	355	40	354	40	334
50	335	50	333	50	332	50	313
60	314	60	313	60	312	60	292
70	293	70	292	70	292	70	281
75	281	75	281	75	281	75	270
80	269	80	270	80	270	80	239
90	238	90	239	90	241	90	216
95	213	95	217	95	220	95	202
97	199	97	203	97	207	97	177
99	172	99	179	99	184	99	-

Таблица 6

Максимальные суммарные годовые испарения (мм)
различной обеспеченности (МС Янгикишлак)

Table 6

Maximum total annual evaporation (mm)
of various probability (Yangikishlak meteostation)

Виды распределения	Обеспеченность P, %			
	5	10	50	97
Гамма-распределение при К = 1.5	486	449	335	199
Гамма-распределение при К = 2.0	487	449	333	203
Гамма-распределение при К = 2.5	489	449	332	207
Биномиальное распределение при К = 2.0	486	449	334	202

Вклад авторов. М.Л. Арушанов: Методология, постановка проблемы, анализ, метод расчёта, проверка результатов. **Г.М. Хамдамова:** Разработка идеи статьи, методы, табличное и графическое представление результатов, описание и проверка результатов,

анализ, написание текста. **А.И. Вдовенко:** Определение объекта исследования, сбор данных, анализ, оформление. **Х.Д. Одилов:** Сбор данных, метод расчёта. **Т.А. Апакхужаева:** Анализ и проверка результатов, оформление. Все авторы прочитали и согласны с опубликованной версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляции. Монография, – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 365 с.

Мезенцев В.С. Метод гидролого-климатических расчётов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности // Труды Омского сельскохозяйственного института, Т. 27. 1957. – 121 с.

Пушкарев В.Ф. Исследование методов наблюдений над испарением с почвы // Труды ГГИ, вып. 45 (99). 1954. – С. 12-23.

Строительные нормы и правила (СНИП) 2.01.14-98. Определение расчётных гидрологических характеристик. Госкомархитектстрой Узбекистана. – Ташкент, 1998. – 118 с.

Соколова А.А., Чампен Т.Г. Методы расчёта водного баланса. Международное руководство по исследованиям и практике. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 120 с.

Справочник по специальным функциям. – М.: Наука, 1979. – 827 с.

Черемисинов А.А., Черемисинов А.Ю. Обзор расчётных методов определения суммарного испарения орошаемых сельскохозяйственных полей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 1(21), 2016. – С. 113-133.

ТУПРОҚ ЮЗАСИДАН БУҒЛАНИШНИ ГИДРОЛОГИК-ИҚЛИМИЙ ҲИСОБЛАШ УСУЛИДА БАҲОЛАШ

**М.Л. АРУШАНОВ¹, Г.М. ҲАМДАМОВА^{1,2}, А.И. ВДОВЕНКО²,
Х.Д. ОДИЛОВ², Т.У. АПАКХЎЖАЕВА³**

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти

² Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази, gkhamdamova81@gmail.com

³ «Тошкент ирригация ва кишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти» Миллий тадқиқот университети

Аннотация. Мақолада тупроқдан буғланишни Мезенцевнинг ҳисоблаш усули бўйича аниқланган миқдорий баҳолашлари ГГИ-500 тарози буғлатгич билан ўлчанган маълумотларга таққосланган. Ўхшаш гамма ва биномиал тақсимотлар ёрдамида, эмпирик маълумотлар асосида, тупроқдан буғланишнинг йиллик максимал миқдорлари таъминланишини ҳисоблаш натижалари келтирилган. Бунда, келтирилган тақсимотлардан Ўзбекистон ҳудудида буғланишнинг йиллик максимал миқдорлари таъминланишини ҳисоблашда муваффақиятли фойдаланиши мумкинлиги кўрсатилган.

Ўрганилаётган ҳудуд учун буғлатгичлар ёрдамида ўлчанган маълумотлар асосида энг кичик квадратлар усулини қўллаш, тупроқдан буғланишни Мезенцев ҳисоблаш ифодасига киритилган константаларни янада аниқроқ олишида яхши самара беради. Умуман олганда, ўтган асрнинг 50-йиллари ўрталарида В.С. Мезенцев томонидан таклиф этилган тупроқдан буғланишни ҳисоблашнинг аналитик усули агрометеорологиянинг турли соҳаларида қўлланилиши мумкин, айниқса у эвапотранспирациянинг математик моделларини ишлаб чиқишида қулайдир.

Калит сўзлар: гидрологик-иқлимий усул, ёгинлар, ҳарорат, гамма тақсимот, биномиал тақсимот, таъминланиши эгри чизиги.

EVALUATION OF THE CALCULATED HYDROLOGICAL-CLIMATIC METHOD OF EVAPORATION FROM THE SOIL SURFACE**M.L. ARUSHANOV¹, G.M. KHAMDAMOVA^{1,2}, A.L. VDOVENKO²,
N. H.D. ODILOV², T.U. APAKHYZHAEVA³**¹ Hydrometeorological Research Institute² Centre of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan, gkhamdamova81@gmail.com³ National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"

Abstract. *The article provides a quantitative assessment of the Mezentsev method for calculating evaporation from the soil in comparison with the data measured by the GGI-500 weight evaporator. The results of calculating the provision of the maximum amounts of annual evaporation based on empirical data in comparison with similar ones using gamma and binomial distributions are presented. It is shown that these distributions can be successfully used to calculate the provision of the maximum amounts of annual evaporation in the territory of Uzbekistan. The constants included in the Mezentsev formula for calculating evaporation from the soil to obtain greater accuracy, it is better to obtain for the study area on the basis of the least squares method using data measured by evaporators. In general, it is concluded that the analytical method for calculating evaporation from soil, proposed in the mid-50s of the last century by V.S. Mezentsev, can be used in various fields of agrometeorology, it is especially convenient when developing mathematical models of evapotranspiration.*

Keywords: *hydrological-climatic method, precipitation, temperature, gamma distribution, binomial distribution, probability curve.*

REFERENCE

Alekseev G.A. Ob'ektivnie metodi viravnivaniya i normalizatsiya korrelyatsii [Objective methods of alignment and normalization of correlations]. Monografiya, – L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 365 s. (in Russian)

Mezentsev V.S. Metod gidrologo-klimaticheskikh raschetov i opit ego primeneniya dlya rayonirovaniya Zapadno-Sibirskoy ravnini po priznakam uvlajneniya i teploobespechennosti [The method of hydrological and climatic calculations and the experience of its application for zoning the West Siberian Plain on the basis of moisture and heat supply] // Izdatel'stvo Omskogo sel'skohozyaystvennogo Instituta, T. 27. 1957. – 121 p. (in Russian)

Pushkarev V.F. Issledovanie metodov nabludeniy za ispareniem s pochvi [Research of methods of observation of evaporation from soil] // Trudi Gosudarstvennogo geologicheskogo Instituta, 45 (99). 1954. – S. 12-23. (in Russian)

Stroitelnie normi i pravila (SNIP) 2.01.14-98. Opredelenie raschetnih gidrologicheskikh harakteristik [Determination of the calculated hydrological characteristics] // Goskomarhitektstroy Uzbekistana. – Tashkent, 1998. – 118 s. (in Russian)

Sokolova A.A., Champen T.G. Metodi rascheta vodnogo balansa. Mejdunarodnoe rukovodstvo po issledovaniyu i praktike [Methods for calculating the water balance. International guide to research and practice]. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 120 s. (in Russian)

Spravochnik po special'nim funktsiyam [Reference for special functions]. – M.: Nauka, 1979. – 827 p. (in Russian)

Cheremisinov A.A., Cheremisinov A.Yu. Obzor raschetnih metodov opredeleniya summarnogo ispareniya s oroshaemih sel'skohozyaystvennih poley [Review of calculation methods for determining the total evaporation of irrigated agricultural fields] // Nauchniy jurnal Rossiiskogo NII problem melioracii, No. 1 (21), 2016. – S. 113-133. (in Russian)

УДК: 556.54

**ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ АМУДАРЬЯ НИЖЕ
ТУЯМУЮНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА****Н.Г. ВЕРЕЩАГИНА¹, Ф.С. АГЗАМОВ¹, Е.М. ВИДИНЕЕВА¹,
А.М. МУХАМЕТЗЯНОВА^{1*}**¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, malbinam30@gmail.com

Аннотация. В статье описан гидрологический режим реки Амударья в верхнем, среднем и нижнем течениях. Отмечено, что вниз по течению, в среднем и в нижнем течениях реки многократно упала мутность воды и резко возросла ее минерализация. Поскольку река Амударья является главным источником пресной воды для питьевого водоснабжения населения и других нужд народного хозяйства, целью данного исследования явилась характеристика гидрологического режима ее. Особый интерес он представляет для ирригации, так как в разные сезоны года потребности в воде для поливов различны.

Ключевые слова: сток воды, взвешенные наносы, мутность, минерализация, забор воды, коллектор.

Введение. Гидрологический режим реки Амударья характеризовался в работах М.М.Рогова [Рогов, 1968;], В.Л.Щульца [В.Л.Щулец, 1965], Ф.Х.Хикматова [Ф.Х.Хикматов и др., 2008], Б.Е.Аденбаева [Б.Е.Аденбаев, 2010] и других. За последний период произошли заметные преобразования стока реки Амударья из-за изменения величин сбросов коллекторов в реку и забора воды из нее на хозяйственные нужды. Нами изучались эти изменения за последние 50 лет, и в данной статье приводятся результаты этих исследований.

Самым верхним гидроствором на реке Амударья, где измеряется сток воды, является пост у г.Атамурат, расположенный примерно на 1070-м километре от устья. (Примерно, так как в современных условиях местоположение устья реки Амударья меняется в зависимости от водности года). Именно сток у этого гидроствора характеризует водность реки в Узбекистане и Туркменистане. Сток у г.Атамурат уже искажен заборами воды на орошение в бассейнах рек Вахша, Сурхандарья и особенно значительно из реки Амударья в каналы Каракумский и Каршинский со средними годовыми водозаборами 300 и 100 м³/сек, соответственно. Характеристика этого стока важна, но этим вопросом никто не занимался.

Объектом исследования выбрана река Амударья, для характеристики стока которой взяты данные наблюдений по четырем гидростворам. Ниже Атамурата (бывший Керки) забирает воду реки Амударья еще ряд каналов, крупнейший из которых Аму-Бухарский имеет пропускную способность 350 м³/сек [Курбанбаев и др., 2010].

Предметом исследования выбран сток реки Амударья, гидрологический режим ее ниже Туямуюнского водохранилища, изменения режима в дельте.

Исходные данные и методы исследования. Данные о расходах воды взяты из справочников «Основные гидрологические характеристики» и гидрологических ежегодников. Анализ их проводился методами математической статистики.

Основные результаты. Сток реки Амударья у теснины Туямуюн измеряется в нижнем бьефе Туямуюнского руслового водохранилища, осуществляющего годичное регулирование стока. Поэтому он здесь искажен еще больше, чем у г.Атамурат.

* Ответственный автор: malbinam30@gmail.com, тел.: +998 90 9356456

Годовой объем стока существенно уменьшается вниз по реке: у Кызылджара он на 2337 млн.м³ меньше, чем у Туямуюна. Это примерная величина водопотребления, в основном, на орошение в Хорезмской области и большей части Каракалпакстана.

Зимний сток за октябрь-февраль, характеризует роль подземного питания в жизни реки и меняется в низовьях от 13,1% у Туямуюна до 16,2% у Саманбая, то есть роль его невелика. Дело в том, что геолого-минералогическое строение в низовьях реки Амударья обуславливает крайне затрудненные условия подземного притока грунтовых вод за счет слабой дренированности территории, вызванной очень малыми уклонами поверхности (0,0001-0,0002) и довольно высокой влагопроводимостью в горизонтальном направлении сильно водопроницаемых прослоек песков и глин. Из-за последней происходит передача гидравлического давления в грунтовые воды от рек и поливаемых и промываемых полей к близлежащим территориям [Курбанбаев и др., 2010].

Попуски из Туямуюнского водохранилища определяют собой поступление речной воды в Хорезмскую область и Каракалпакстан, а непосредственно сток реки Амударья в дельту измеряется у гидропоста Саманбай. Между нижним бьефом водохранилища и Саманбаем расстояние 235 км. Поскольку между этими створами из реки Амударья забирает воду ряд крупных и мелких каналов, сток у Саманбая по величине существенно отличается от стока у Туямуюна, и по водности отдельных лет. Однако, и у Туямуюна, и у Саманбая хронологические изменения стока идентичны: в многоводные у Туямуюна годы река Амударья у Саманбая также была многоводной. То же совпадение отмечалось и в маловодные годы (рис. 1). Следовательно, сток, измеренный у Саманбая, отражает поступление воды в Каракалпакстан.

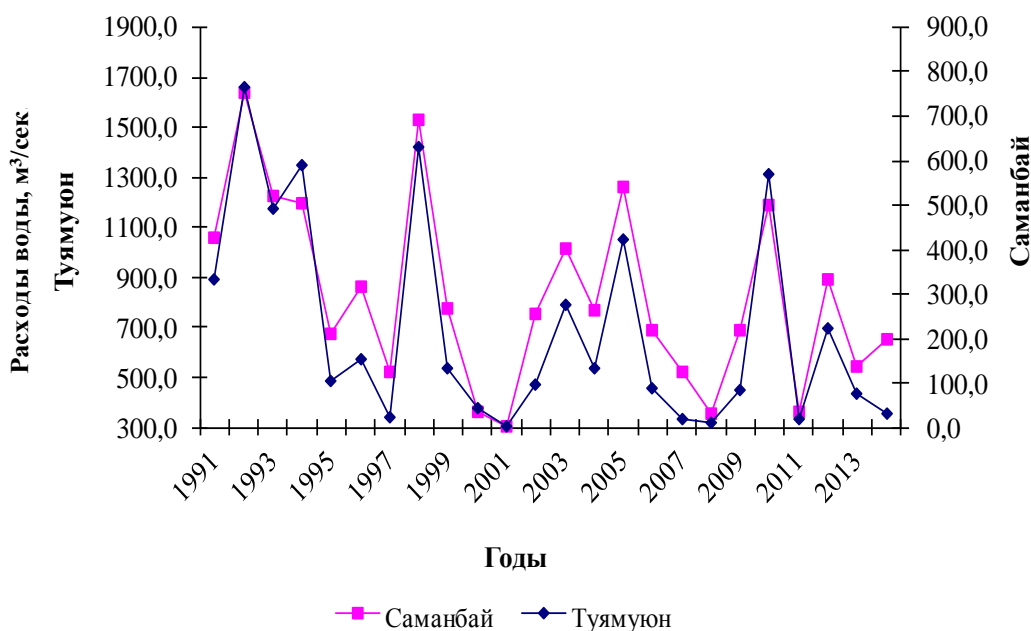


Рис. 1. Хронологические изменения расходов воды реки Амударья у гидропостов Туямуюн и Саманбай за 1991-2015 гг.

Fig. 1. Chronological changes in the water consumption of the Amu Darya River at the Tuyamuyun and Samanbai hydroposts for 1991-2015

В среднем за период 1991-2015 гг. внутригодовой ход расходов воды реки Амударья на четырех гидропостах Туямуюн, Кипчак, Саманбай и Кызылджар совпадает: в феврале-марте они повышаются для проведения промывных и запасных поливов, затем в апреле сбросы из Туямуюнского руслового водохранилища уменьшаются, так как в нем

накапливают сток половодья рек Сурхандарьи, Кафирнигана, низкогорных притоков Вахша, изредка Кундуздарьи (с территории Афганистана). Затем сток возрастает до июля с дальнейшим падением до ноября, в декабре он возрастает у Кипчака и Кзылджара, а у Саманбая практически не меняется до апреля (рис. 2).

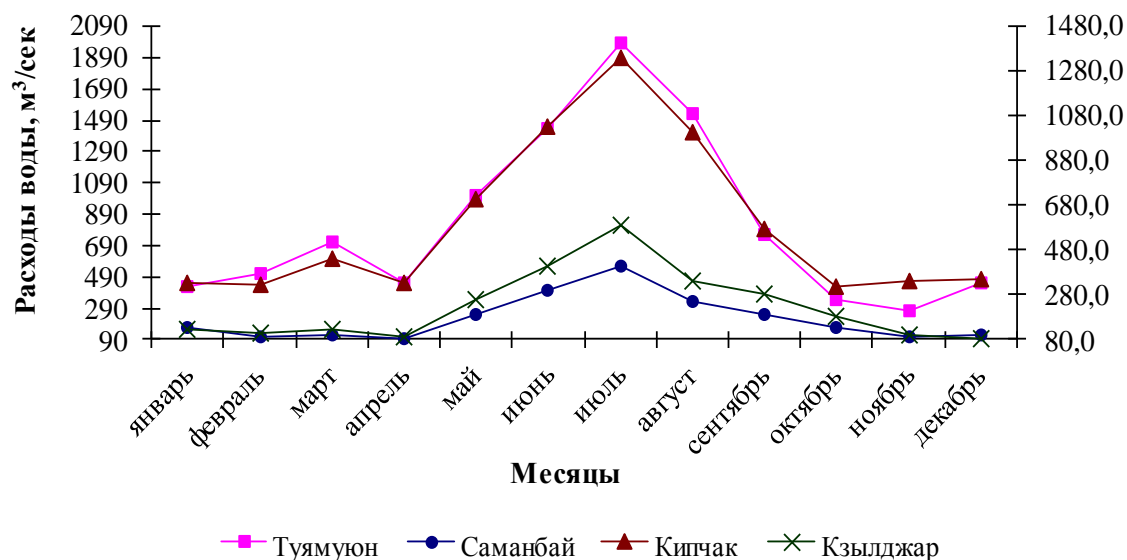


Рис. 2. Внутригодовой ход средних расходов воды реки Амударья в низовьях за период 1991-2015 гг.

Fig. 2. Intra-annual average water discharge of the Amu Darya River in the lower reaches for the period 1991-2015

Внутригодовой ход расходов воды реки Амударья у Туямуюна и Саманбая очень похожи в многоводные годы (рис. 3а): расходы минимальны в феврале, возрастают в марте, а годовой максимум отмечается не в июле, как в другие годы, а в августе, то есть в период таяния ледников и вечных снегов в горах, в Таджикистане.

Внутригодовые изменения средних многолетних месячных расходов воды у обоих гидростворов очень похожи (рис. 3б), а вот в маловодные годы заметно отличаются. Так, в маловодном 2013 году внутригодовые колебания попусков воды из руслового Туямуюнского водохранилища мало отличались от средних многолетних, хотя по величине попуски были в среднем в 2-3 раза ниже, но максимум отмечен, как и в большинстве лет, в июле. У Саманбая же в 2013 г. расходы почти не менялись с апреля до августа, оставаясь малыми: ниже 20-40 м³/сек (рис. 3б).

Выявлено существенное различие во внутригодовом распределении стока реки Амударья по данным гидрологических наблюдений на четырех гидропостах. Гидрологическое состояние разнится в маловодные, многоводные годы и в среднем за весь период наблюдений. Разнятся и хронографы стока, которые построены также для четырех гидрологических станций, что менее заметно в многоводные годы.

Такое поступление воды в Каракалпакстан катастрофично, учитывая тот факт, что из последних 27 лет 16 лет были маловодными или чрезвычайно маловодными, как, например, 2013 г. В эти годы водообеспечение населения водой из запасов грунтовых вод возрастает до 48-60% от общего водоснабжения; также растет их роль в орошении [Мурадов и др., 2006].

Река Амударья в естественном состоянии принадлежала к числу наиболее насыщенных наносами рек мира, занимая 3-е место после рек Колорадо и Хуанхэ. Их

средняя многолетняя годовая мутность была 8600, 5000 и 3600 г/м³ соответственно [Рогов, 1968].

Мутность речного потока зависит от: 1) характера водосборной части бассейна и ложа реки, то есть устойчивости их к размыву и денудации; 2) неравномерности и величины водного стока; 3) скоростей потока; 4) степени пересеченности рельефа и характера растительности; 5) наличия ледников в бассейне.

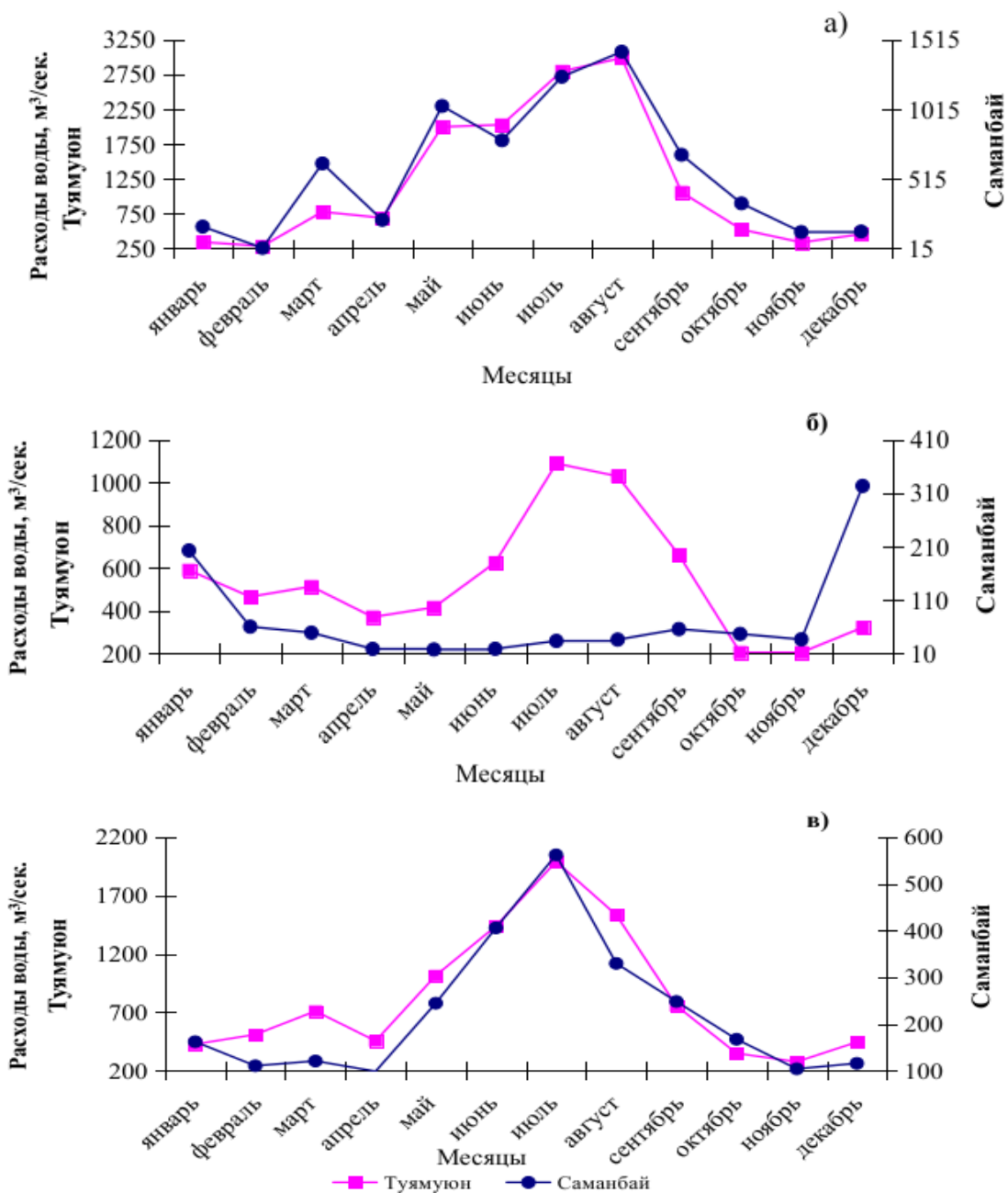


Рис. 3. Внутригодовой ход расходов воды реки Амударья у гидропостов Туямуюн и Саманбай
a) многоводный 2010 г., б) маловодный 2013 г., в) средний за период 1991-2015 гг.

Fig. 3. Intra-annual flow of water discharge of the Amu Darya river at the Tuymuyun and Samanbai hydroposts
a) high-water 2010, b) low-water 2013, c) average for the period 1991-2015

Так как река Амударья течет по пустыням, то в нее поступают частицы пыли, песка и солей, образовавшиеся в результате ветровой эрозии пустынных земель, что увеличивает ее мутность и минерализацию.

Высокогорная часть бассейна реки Амударья (бассейны ее составляющих Вахша и Пянджа) имеет высокую степень оледенения: например, степень оледенения Памира превышает 10% [Рогов, 1968], а ледники являются активнейшими в эрозионном отношении объектами.

Для реки Амударья характерны высокие скорости течения – от 2 до 3,5 м/сек, а на отдельных суженных участках русла – до 4,5 м/сек.

Сейчас нет сведений о стоке взвешенных наносов р.Амударьи в верхнем и средних течениях, поэтому в созданную нами базу данных (БД) введены данные о мутности воды из справочника «Основные гидрологические характеристики», а для нижнего течения в БД включены материалы наблюдений о мутности воды Узгидромета по гидропостам Кипчак, Саманбай и Кзылджар за период 1991-2015 гг.

Режим стока взвешенных наносов в значительной мере зависит от зарегулированности стока реки водохранилищами. Хотя Туямуюнское водохранилище осуществляет только сезонное (годовое) регулирование стока, за счет седиментации наносов в нем мутность воды ниже водохранилища уменьшилась многократно, а минимальная ее величина может доходить до 10 г/м^3 . В дельтовом участке реки Амударья мутность невелика и процесс ее формирования довольно сложен.

В основном под влиянием ирригации в реке весьма существенно меняется минерализация воды при движении вниз по руслу. Кроме сброса в реку более минерализованных вод, особенно в низовьях реки, приносятся ветром значительные массы солей не только с осушенной части Аральского моря, но и с остальной территории Каракалпакстана, где большая часть земель представляют собой солончаковые почвы, солончаки и даже шоры [Мурадов и др., 2006]. На поверхности последних соли могут находиться в виде пухляков – скоплений мельчайших солевых частиц, выдуваемых ветром и переносимых им на большие расстояния – до 200 и более километров.

Верхним гидроствором, на котором отбираются пробы воды на химический анализ, является пост у г.Термеза ниже впадения р.Сурхандарьи. Средняя многолетняя средняя месячная минерализация воды у Термеза меняется от 350 до 850 мг/дм³.

Поскольку в водохранилищах сезонного регулирования, каким является русловое Туямуюнское, происходит накопление вод разных сезонов года и, следовательно, разного происхождения, в нем идет процесс смешения дождевых, талых, грунтовых и коллекторно-дренажных вод. Поэтому ниже водохранилища у теснины Туямуюн минерализация менялась уже в более широких пределах, чем у Термеза – от 500 до 1600 мг/дм³, а в 167-и километрах ниже у гидропоста Кипчак уже она колебалась от 600 до 1900 мг/дм³; у расположенного ниже Саманбая она была еще выше и менялась от 600 до 3200 мг/дм³. Однако у Саманбая более резко, чем у Кипчака, меняется сток воды – здесь он может падать до $10 \text{ м}^3/\text{сек.}$, а в отдельные дни до нуля. В такие моменты река полностью переходит на подземное питание, а минерализация подземных вод у берегов реки нередко достигает 2000-4000 мг/дм³ [Мурадов и др., 2006]. Минерализация воды значительно меняется вниз по течению реки от г.Атамурад до Саманбая. Весь процесс формирования химического состава воды в низовьях Амударьи сложный, меняющийся в разные сезоны года.

Выводы. Количество речной воды, поступающей непосредственно в дельту реки Амударья, измеряется на гидропосту Саманбай. Чтобы выяснить соответствует ли учитываемая на этом посту вода, тому количеству, которое идет из Туямуюнского водохранилища, произведено сравнение внутригодовых изменений расходов в разные по водности годы и их хронологических изменений за период 1991-2015 гг. Выяснилось, что

измерения у Саманбая достаточно репрезентативны, кроме очень маловодных лет, когда расходы воды у этого гидростата могут опускаться ниже $10 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Поступление столь малого количества речной воды в Каракалпакстан катастрофично. В такие годы почти не сеют рис и другие сельхозкультуры, а для питья свыше 60% водопотребления составляют подземные воды.

Вклад авторов: **Н.Г. Верещагина:** редактирование, производство расчетов. **Ф.С. Агзамов:** обоснование актуальности исследований, общее руководство. **Е.М. Видинеева:** написание текста, производство расчетов. **А.М. Мухаметзянова:** оформление статьи, производство расчетов. Все авторы прочитали и согласны с опубликованной версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Аденбаев Б.Е., Толыбаев Д.А. Гидрологический режим низовьев реки Амударьи в условиях интенсивного водозабора // Известия Географического общества Узбекистана, Том 35. – Ташкент, 2010. – С. 174-176.

Джалилова Т., Маткаримов Ж. Экологические проблемы водных и земельных ресурсов, влияющие на среду в условиях Приаралья / Проблемы обеспечения водными ресурсами сельских населенных пунктов в маловодные годы и пути их решения. – Ташкент: ГИДРОИНГЕО. – 2008. – С. 35-38.

Курбанбаев Е.К., Артыков О., Курбанбаев С.Е. Интегрированное управление водными ресурсами в дельте реки Амударьи. – Ташкент: Global Water Partnership Central Asia and Caucasus. – 2010. – 145 с.

Мурадов К.Ж., Морозов А.Н., Широкова Ю.И. Оценка использования воды и мелиоративного состояния орошаемых земель Хорезмской области // Сб. научных трудов САНИИРИ к 80-летию САНИИРИ. – 2006. – С. 68-77.

Рогов М.М. Гидрология устьевой области Амударьи. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 254 с.

Хикматов Ф.Х., Аденбаев Б.Е., Ибраев Р.А. Динамика поступления речных вод в дельту реки Амударьи // Известия Географического общества Узбекистана, Том 31. – Ташкент, 2008. – С. 57-59.

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

АМУДАРЁНИНГ ТУЯМЎЙИН СУВ ОМБОРИДАН ҚУЙИ ҚИСМИДАГИ ГИДРОЛОГИК РЕЖИМИ

**Н.Г. ВЕРЕШАГИНА¹, Ф.С. АГЗАМОВ¹, Е.М. ВИДИНЕЕВА¹,
А.М.МУХАМЕТЗЯНОВА¹**

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, malbinam30@gmail.com

Аннотация. Мақолада Амударёнинг юқори, ўрта ва қуйи оқимидаги гидрологик режими ёритилган. Қайд этилишича, дарёнинг ўрта ва қуйи оқимларида сувнинг лойқалиги бир неча бор пасайган ва унинг минераллашуви кескин ошган. Амударё аҳолини ичимлик суви билан таъминлаш ва иқтисодиётнинг бошқа тармоқлари эҳтиёжлари учун тоза сувнинг асосий манбаи бўлганлиги сабабли, тадқиқотнинг асосий мақсади унинг гидрологик режимини тавсифлашга қаратилган. Натижалар ирригация учун алоҳида аҳамиятга эга, чунки сугоришга олинадиган сувга эҳтиёж йилнинг турли фаслларида турлича бўлади.

Калит сўзлар: сув оқими, лойқа оқизиқлари, лойқалик, минераллашув, каналларга сув олиш, коллектор.

**HYDROLOGICAL REGIME OF THE AMU DARYA RIVER BELOW THE
TUYAMUYUN RESERVOIR****N.G. VERESHCHAGINA¹, F.S. AGZAMOV¹, E.M. VIDINEEVA¹,
A.M.MUKHAMETZYANOVA¹**¹ Hydrometeorological Research Institute, malbinam30@gmail.com

Abstract. *The article describes the hydrological regime of the Amu Darya River in the upper, middle and lower reaches. It is noted that downstream, in the middle and in the lower reaches of the river, the turbidity of the water has repeatedly fallen and its mineralization has sharply increased. Since the Amu Darya River is the main source of fresh water for the drinking water supply of the population and other needs of the national economy, the purpose of our study was to characterize its hydrological regime. It is of particular interest for irrigation, since the water needs for irrigation are different in different seasons of the year.*

Keywords: *water runoff, suspended sediments, turbidity, mineralization, water intake, collector.*

REFERENCES

Adenbayev B.Ye., Tolybayev D.A. Gidrologicheskiy rejim nizovyev reki Amudari v usloviyah intensivnogo vodozabora [Hydrological regime of the lower reaches of the Amu Darya river under conditions of intensive water intake] // *Izvestiya Geograficheskogo obshchestva Uzbekistana*, Tom 35. – Tashkent, 2010. – S. 174-176. (in Russian)

Jalilova T., Matkarimov Zh. Ekologicheskie problemi vodnih i zemelnih resursov, vliyayushie na sredu v usloviyah Priaralya [Environmental problems of water and land resources affecting the environment in the Aral Sea region] / *Problemi obespecheniya vodnimi resursami selskix naseleennykh punktov v malovodnie godi i puti ix resheniya.* – Tashkent: GIDROINGEO. – 2008. – S. 35-38. (in Russian)

Khikmatov F.Kh., Adenbayev B.Ye., Ibrayev R.A. Dinamika postupleniya rechnykh vod v deltu reki Amudari [Dynamics of river water inflow into the delta of the Amu Darya river] // *Izvestiya Geograficheskogo obshchestva Uzbekistana*, Tom 31. – Tashkent, 2008. – S. 57-59. (in Russian)

Kurbanbayev E.K., Artykov O., Kurbanbayev S.E. Integrirovannoye upravleniye vodnimi resursami v delte reki Amudari [Integrated water resources management in the Amudarya River delta]. – Tashkent: Global Water Partnership Central Asia and Caucasus. – 2010. – 145 s. (in Russian)

Muradov K.Zh., Morozov A.N., Shirokova Yu.I. Otsenka ispolzovaniya vodi i meliorativnogo sostoyaniya oroshayemykh zemel Horezmской oblasti [Assessment of water use and reclamation status of irrigated lands of the Khorezm region] // *Sb. nauchnykh trudov SANIIRI k 80-letiyu SANIIRI* [Collection of scientific works of SANIIRI to the 80th anniversary of SANIIRI]. – 2006. – S. 68-77. (in Russian)

Rogov M.M. Gidrologiya ustyevoy oblasti Amudari [Hydrology of the estuary region of the Amu Darya]. – L.: Gidrometeoizdat, 1968. – 254 p. (in Russian)

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

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

УДК 504.4.054:504.453

**ҚАШҚАДАРЁ ДАРЁСИ ГИДРОКИМЁВИЙ РЕЖИМИ ВА СУВ СИФАТИНИНГ
АНТРОПОГЕН ТАЪСИР НАТИЖАСИДА ЎЗГАРИШЛАРИ****Б.Э. НИШОНОВ^{1*}, И.Р. РАЗИКОВА¹**¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, bnishonov@mail.ru

***Аннотация:** Мақолада Қашқадарё дарёси гидрокимёвий режими ва суви сифатининг антропоген таъсир натижасида замонавий ўзгаришлари таҳлил қилинган. Қашқадарё дарёсидаги Варганза, Чироқчи ва Чимқўрғон сув сифатини кузатиш пунктларининг кўпйиллик (1990-2019 йй.) маълумотлари асосида минерализация, асосий ионлар, органик моддалар, биоген моддалар, фторидлар, оғир металлларнинг ойлари бўйича, йил ичидаги ва кўпйиллик ўзгаришлари ўрганилган. Антропоген таъсир натижасида дарёнинг қуйи қисмида ушбу моддаларнинг дарё сувидаги миқдорлари бир неча марта ортиши аниқланган.*

***Калит сўзлар:** гидрокимёвий режим, сув сифати, минерализация, органик ифлосланиш, БКИ, ККИ, биоген моддалар, фторидлар, оғир металллар, Қашқадарё дарёси.*

Кириш.

Қашқадарё дарёси Қашқадарё вилоятининг асосий дарёси ҳисобланади. Дарё оқими Зарафшон ва Ҳисор тоғ тизмаларининг ғарбий ёнбағирларида шаклланади. Қашқадарё дарёси қордан тўйинадиган дарё бўлиб, қор-ёмғирдан тўйинадиган дарёларга яқин [Шульц, 1965]. Дарё узунлиги 310 км, сув йиғиш майдони 12000 км². Тоғлардан водийга оқиб чиққанидан сўнг Қашқадарё дарёсига бир қанча чап ирмоқлар – Жиннидарё, Оксуб, Яккабоғдарё, Ғузордарё, Лангар, Қизилдарё қуйилади, уларнинг кўпчилиги Қашқадарёга нисбатан серсув ҳисобланади. Қашқадарё дарёсида Чимқўрғон сув омбори қурилган. Қашқадарё дарёси ва унинг ирмоқларининг суви асосан суғориш мақсадларида сарфланади, натижада дарё оқими Қарши шаҳридан кейин тугайди.

Қашқадарё дарёси гидрологик режимида максимал сув сарфи дарёнинг юқори қисмида апрелда, ўрта оқимда июнда, минимал сув сарфи дарёнинг юқори қисмида ёзнинг охири-кузнинг бошида, ўрта оқимда декабрь-январь ойларида кузатилади [Шульц, Машрапов, 1969]. Бунга сабаб, Қашқадарё дарёси ирмоқларининг дарёнинг ўзига нисбатан серсувлиги ва уларнинг музлик-қордан тўйинадиган (Оксуб дарёси) ва қор-музликдан тўйинадиган (Яккабоғдарё, Лангар, Танхоздарё) дарёлари эканлигидир [Чуб, 2007].

Қашқадарё сувининг кимёвий таркибига Шаҳрисабз, Қарши шаҳарларининг саноат ва маиший оқава сувлари ҳамда вилоят қишлоқ хўжалик ерларидан тушадиган оқава сувлар таъсир кўрсатади.

Қашқадарё дарёси сув ресурслари В.Л.Шульц, В.Е. Чуб, Л.М.Карандаева, Ф.Ҳ.Ҳикматов ва бошқалар томонидан ўрганилган. Дарёнинг гидрокимёвий режими ва сув сифати илмий адабиётларда кам ёритилган. Фақат Ф.Э.Рубинова ўз тадқиқотларида

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

дарё гидрокимёвий режимини 1970-1980 йиллардаги ўзгаришларини ўрганган [Рубинова, Куропатка, 1986; Рубинова, Иванов, 2005]. Бирок, Қашқадарё дарёси сув сифатининг сўнгги 30 йил давомидаги ўзгаришлари илмий адабиётларда ёритилмаган.

Қашқадарё дарёси Қашқадарё вилоятининг асосий дарёси ва вилоят иқтисодиёти тармоқлари учун муҳим аҳамиятини ҳисобга олган ҳолда дарё сув сифатининг замонавий ҳолатини ўрганиш **долзарб** вазифа ҳисобланади. Ушбу тадқиқотнинг **мақсади** Қашқадарё дарёси сув сифатининг ҳудуд ва вақт бўйича ўзгаришларини аниқлаш ҳисобланади. Тадқиқотнинг **объекти** Қашқадарё дарёси, тадқиқотнинг **предмети** эса дарёнинг сув сифати ҳисобланади.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Тадқиқот ишини бажаришда Қашқадарё дарёси сув сифати мониторингининг сўнгги 30 йиллик (1990-2019 йй.) маълумотларидан фойдаланилди [Ежегодники, 1990-2019]. Қашқадарё дарёси сув сифатини кузатиш авваллари 4 та пунктда олиб борилган. Ҳозирги вақтда Қашқадарё дарёсида, ирмоқларини ҳисобга олмаганда, Ўзгидрометнинг 3 та сув сифатини кузатув пунктлари – Варганза, Чирокчи ва Чимқўрғон пунктлари мавжуд. Дарё сувидан намуналар йил давомида 6-8 марта олинадилди ва лабораторияда таҳлил қилинадилди.

Ишда замонавий гидрокимёвий ҳисоблашлар, статистик ва умумлаштириш усулларидан фойдаланилди. Дарёнинг гидрокимёвий режимини ўзгаришларини аниқлаш учун сув сифат кўрсаткичлари (минерализация, асосий анион ва катионлар, биоген моддалар, феноллар, фторидлар, оғир металллар, органик ифлосланишлар)нинг кўпйиллик ўртача миқдорларини ҳисоблаш, ушбу кўрсаткичларнинг йил ичида ўзгаришларини таҳлили ўтказилди. Сув сифатини комплекс баҳолаш учун сувни ифлосланиш индекси (СИИ) кўрсаткичидан фойдаланилди [Методические..., 1988].

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Қашқадарё дарёсида Варганза пункти Варганза қишлоғидан 2,5 км юқорида, Бешкал қишлоғидан 0,6 км қуйида, Жиннидарё қуйилиш жойидан 8 км юқорида жойлашган. Пункт 4-категорияга киради ва дарёнинг юқори оқимидаги сув сифати ҳақида маълумот олишга мўлжалланган.

Чирокчи пункти Чирокчи шаҳарчаси чегарасида, автойўл кўпригидан 100 м қуйида, Танхоздарё қуйилиш жойидан 6,5 км қуйида жойлашган. Пункт 4-категорияга киради ва суғориш деҳқончилиги зонасида дарё суви сифати ҳақида маълумот олишга мўлжалланган.

Чимқўрғон пункти Чимқўрғон шаҳарчасидан 0,7 км шимолий-шарқда, Чимқўрғон сув омбори тўғонидан 1 км қуйида жойлашган. Пункт 3-категорияга киради ва Чимқўрғон сув омборидан қуйидаги дарё суви сифати ҳақида маълумот олишга мўлжалланган.

Қашқадарё дарёсидаги кузатув пунктларида йил давомида ҳар ойда олинган сув намуналари 40 дан ортиқ физик-кимёвий кўрсаткичларга таҳлил қилинадилди. Бунда рН, электрўтказувчанлик, сувда эриган кислород, углерод диоксид, минерализация, кислороднинг кимёвий истеъмоли (ККИ), кислороднинг биокимёвий истеъмоли (КБИ), асосий анионлар ва катионлар, биоген моддалар, фторидлар, феноллар, оғир металллар, синтетик сирт фаол моддалар, пестицидлар аниқланади.

Тадқиқот давомида Қашқадарё дарёсидаги 3 та кузатиш пунктидаги сув сифатининг кўп йиллик (1990-2019 йй.) маълумотлар базаси шакллантирилди ва маълумотлар асосида гидрокимёвий режими ва сув сифати ҳамда уларнинг ўзгаришлари таҳлил қилинди.

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, Қашқадарё дарёси суви гидрокимёвий таркибининг шаклланишига унинг ирмоқлари – Жиннидарё, Оксув, Яккабоғдарё, Гузордарё, Лангар, Қизилдарё ва бошқа дарёларнинг сув таркиби, шунингдек, антропоген омиллар таъсир қилади. Оқим шаклланиш зонасида гидрокимёвий режим асосан гидрологик режимга боғлиқ бўлиб, сув сарфи ортиши билан минерализация камаяди ва аксинча, сув сарфи камайиши билан минерализация ортади. Э.Ф.Рубинова фикрича,

Қашқадарё дарёсида бошқа дарёларга нисбатан дарё оқимининг фазавий ўзгаришлари ва уларнинг минерализацияга таъсири кучсиз сезилади [Рубинова, Куропатка, 1986]. Минерализация, худди Сурхондарё дарёсидаги каби, кўпсувлик йилларга нисбатан камсувлик йилларда кўпроқ ортади.

Қашқадарё дарёсининг Варганза кузатув пунктида минерализация миқдори ўртача 271,1 мг/дм³ ни ташкил қилса, дарё оқими бўйлаб қуйига томон – Чирокчи пунктида – 450,5 мг/дм³ ни, Чимқўрғон пунктида – 891,4 мг/дм³ ни ташкил қилади (1-жадвал). Минерализациянинг ўртача йиллик миқдори мос равишда 125,8-988,9 мг/дм³, 1635,0-14970,0 мг/дм³ ва 470,8-1924,0 мг/дм³ оралиқда кузатилади (1-расм).

1-жадвал

Қашқадарё дарёси суви сифатининг асосий кўрсаткичлари (1990-2019йй.)

Таблица 1

Основные показатели качества воды реки Кашкадарья (1990-2019гг.)

Table 1

Main parameters of the water quality of the Kashkadaryo river (1990-2019)

Концентрация, мг/дм ³	Кузатиш пункти								
	Варганза			Чирокчи			Чимқўрғон		
	мин.	макс.	ўртача	мин.	макс.	ўртача	мин.	макс.	ўртача
Минерализация	125,8	988,9	271,1	163,5	1497,0	450,5	470,8	1924,0	891,4
Cl ⁻	0,3	19,0	3,1	0,9	27,5	10,4	2,7	130,0	46,9
SO ₄ ²⁻	2,0	87,5	17,1	2,9	857,0	111,8	144,0	1058,0	388,3
HCO ₃ ⁻	64,7	336,0	179,0	94,6	351,0	211,3	48,1	318,0	207,7
Na ⁺	0	28,2	6,2	1,1	81,9	21,4	15,5	177,0	82,2
K ⁺	0	4,0	0,8	0	4,0	1,6	1,0	9,0	2,9
Ca ²⁺	11,0	96,2	42,5	20,4	162,3	58,3	44,1	184,4	92,7
Mg ²⁺	0,7	63,2	13,6	2,4	87,6	45,0	31,3	108,2	58,6
N-NH ₄ ⁺	0	1,91	0,04	0	0,93	0,04	0	0,39	0,04
N-NO ₂ ⁻	0	0,09	0,08	0	0,15	0,02	0	1,00	0,02
N-NO ₃ ⁻	0	4,70	0,76	0,01	9,69	1,43	0,01	4,93	1,21
ККИ, мгО/дм ³	0,7	22,2	3,6	0,8	15,7	5,2	1,2	25,4	9,1
КБИ, мгО ₂ /дм ³	0,1	3,9	0,5	0,1	2,3	0,6	0,2	5,7	1,3

Қашқадарё дарёсининг қуйи қисмида минерализациянинг ортининг сабаблари – дарё оқимининг сув омборлари билан тартибга солиниши, сув оқимининг камайиши ва дарёга коллектор-дренаж сувларининг тушиши ҳисобланади.

Қашқадарё дарёсида минерализациянинг ойлар бўйича кўпйиллик ўзгаришлари орасидаги фарқ - $C_{\text{макс}}/C_{\text{мин}}$ Варганза, Чирокчи ва Чимқўрғон кузатув пунктлари учун мос равишда 1,54, 2,41 ва 1,49 ни, вариация коэффициенти эса 0,12, 0,20 ва 0,11 ни ташкил қилади.

Қашқадарё дарёсида дарё оқими бўйлаб минерализациянинг ортиши билан ион таркиби ҳам ўзгаради (1-жадвал). Дарёлар сувидаги асосий ионлар – Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ сувда эриган моддаларнинг 90% гачани ташкил этганлиги сабабли ўрганилаётган сув объектларининг ион таркибини тавсифлаш учун қўлланилади. Асосий анионлар ва катионлар миқдорининг минерализацияга боғлиқлигини аниқлаш учун регрессия тенгламалари тузилди (2-жадвал).

Қашқадарё дарёсининг юқори оқимида минерализациянинг гидрокарбонат ва кальций ионлари билан боғлиқлиги юқори бўлса, дарёнинг ўрта қисмида сульфат ва кальций ионлари билан боғлиқлик, дарёнинг қуйи қисмида эса сульфат ва натрий ионлари билан боғлиқлик юқори.



1-расм. Қашқадарё дарёси суви минерализациясининг йиллик ўртача миқдори (1990-2019йй.)

Рис. 1. Среднегодовая минерализация воды реки Кашкадарья (1990-2019гг.)

Fig. 1. Average yearly water mineralization of the Kashkadaryo River (1990-2019)

2-жадвал

Минерализация ва ионлар миқдорлари орасидаги боғлиқлик тенгламалари

Таблица 2

Уравнения регрессии связей между минерализацией и содержанием ионов

Table 2

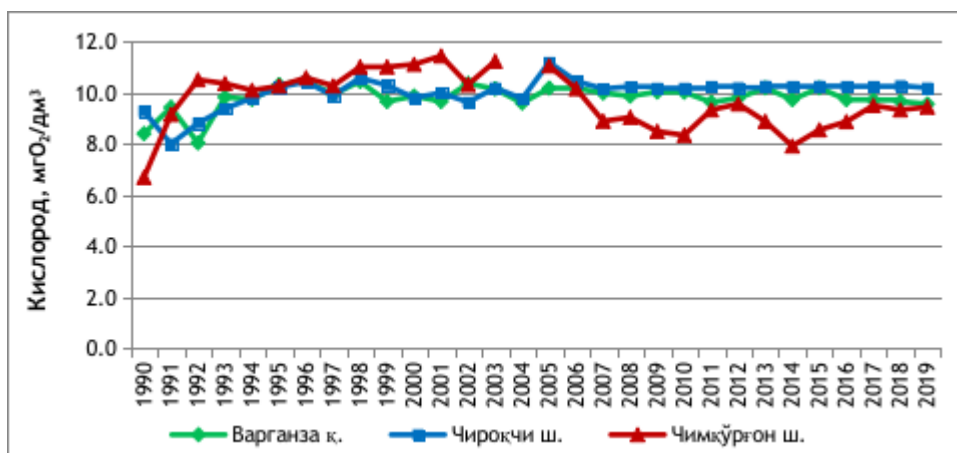
Regression equations of relations between mineralization and content of ions

Варганза пункти		Чироқчи пункти		Чимқўрғон пункти	
Тенгламалар	$r \pm \sigma_r$	Тенгламалар	$r \pm \sigma_r$	Тенгламалар	$r \pm \sigma_r$
$Cl^- = 0,0157 \sum U - 1,07$	$0,24 \pm 0,116$	$Cl^- = -0,0289 \sum U + 17,95$	$0,26 \pm 0,115$	$Cl^- = -0,0851 \sum U + 68,84$	$0,31 \pm 0,110$
$SO_4^{2-} = 0,128 \sum U - 16,65$	$0,53 \pm 0,088$	$SO_4^{2-} = 0,4674 \sum U - 100,90$	$0,78 \pm 0,049$	$SO_4^{2-} = 0,5724 \sum U - 115,78$	$0,90 \pm 0,023$
$HCO_3^- = 0,6605 \sum U + 6,27$	$0,89 \pm 0,025$	$HCO_3^- = 0,1729 \sum U + 132,65$	$0,46 \pm 0,097$	$HCO_3^- = 0,0663 \sum U + 155,22$	$0,32 \pm 0,110$
$Na^+ = 0,0411 \sum U - 4,58$	$0,44 \pm 0,099$	$Na^+ = 0,0561 \sum U - 3,33$	$0,58 \pm 0,081$	$Na^+ = 0,177 \sum U - 74,78$	$0,80 \pm 0,045$
$K^+ = -0,0002 \sum U + 0,83$	$0,02 \pm 0,130$	$K^+ = 0,0023 \sum U + 0,63$	$0,31 \pm 0,118$	$K^+ = 0,0021 \sum U + 1,02$	$0,32 \pm 0,114$
$Ca^{2+} = 0,1874 \sum U - 6,46$	$0,66 \pm 0,069$	$Ca^{2+} = 0,062 \sum U + 30,46$	$0,60 \pm 0,079$	$Ca^{2+} = 0,0622 \sum U + 38,80$	$0,57 \pm 0,083$
$Mg^{2+} = 0,0734 \sum U - 5,71$	$0,51 \pm 0,091$	$Mg^{2+} = 0,0734 \sum U - 5,71$	$0,51 \pm 0,091$	$Mg^{2+} = 0,0363 \sum U + 26,45$	$0,60 \pm 0,079$

Изоҳ: $\sum U$ - минерализация, $r \pm \sigma_r$ - корреляция коэффициенти ва унинг хатолиги

Дарёлар сув сифатининг асосий кўрсаткичларидан бири – сувда эриган кислород ҳисобланади, унинг ер усти сувларидаги миқдори $6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ дан кам бўлмаслиги керак. Қашқадарё дарёсида сувда эриган кислороднинг ўртача йиллик миқдори $6,69-11,44 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ оралиқда кузатилади (2-расм).

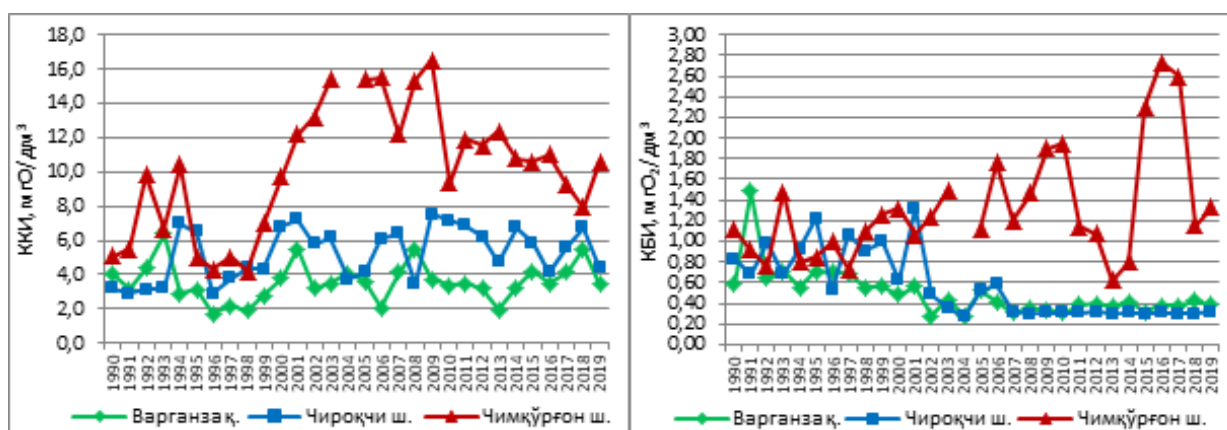
Кислороднинг кимёвий истеъмоли (ККИ) ва кислороднинг биокимёвий истеъмоли (КБИ) кўрсаткичларидан дарёлар сувининг умумий органик ифлосланганлигини тавсифлашда фойдаланилди. Кислороднинг кимёвий истеъмоли (ККИ) сув таркибидаги органик моддаларни оксидловчи моддалар таъсирида кимёвий оксидлаш жараёнида истеъмол қилинган кислород миқдорини билдиради. Кислороднинг биокимёвий истеъмоли (КБИ₅) сувдаги осон оксидланадиган органик моддалар билан ифлосланишни акс эттиради. Қашқадарё дарёсининг дарё оқими бўйлаб ўртача кўп йиллик ККИ миқдори Варганза пунктида $0,7-22,2 \text{ мгО}/\text{дм}^3$, Чироқчи пунктида $0,7-15,7 \text{ мгО}/\text{дм}^3$, Чимқўрғон пунктида $1,2-25,4 \text{ мгО}/\text{дм}^3$ оралиғида, кислород биокимёвий истеъмоли (КБИ₅)нинг ўртача кўп йиллик миқдори мос равишда $0,1-3,9 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, $0,1-2,3 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ва $0,2-5,7 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ оралиғида кузатилади (3-расм).



2-расм. Қашқадарё дарёси сувида эриган кислород концентрацияси (1990-2019 йй.)

Рис. 2. Концентрация растворенного кислорода в воде реки Кашкадарья (1990-2019 гг.)

Fig. 2. Concentration of dissolved oxygen in the water of the Kashkadaryo River (1990-2019)

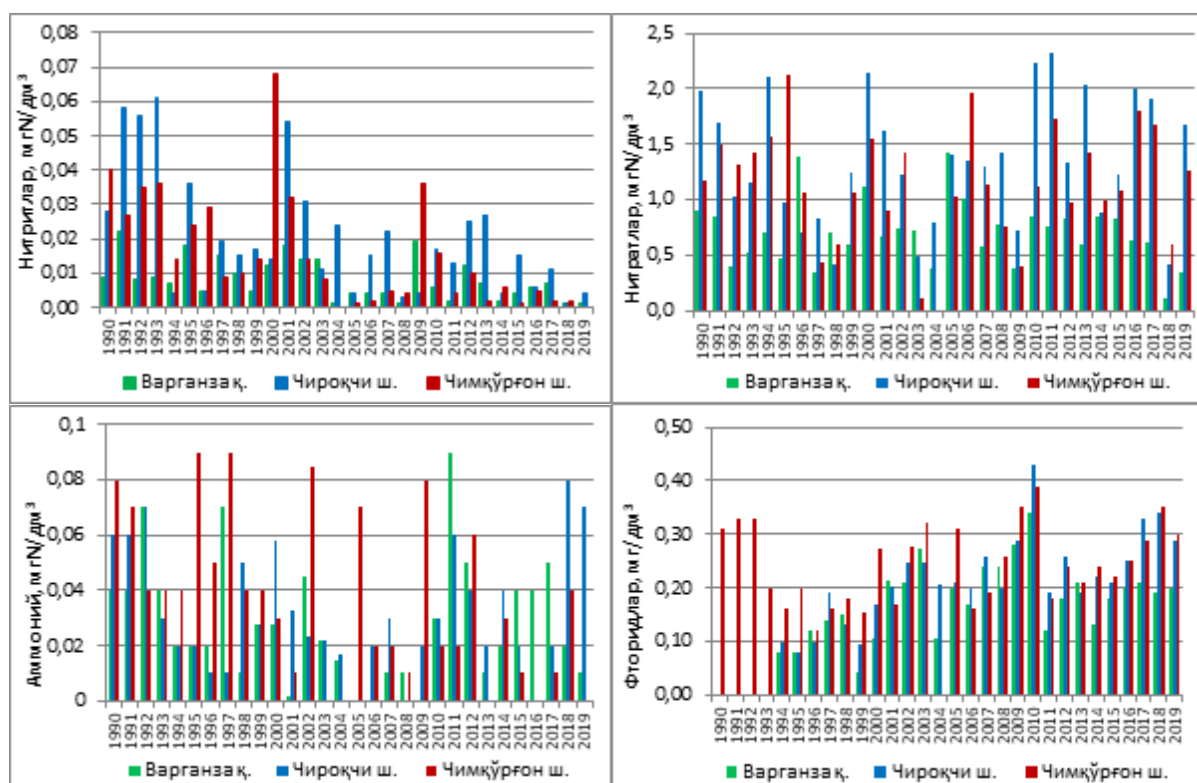


3-расм. Қашқадарё дарёси сувида ККИ ва КБИ кўрсаткичлари (1990-2019 йй.)

Рис. 3. Показатели ХПК и БПК в воде реки Кашкадарья (1990-2019 гг.)

Fig. 3. COD and BOD in the water of the Kashkadaryo River (1990-2019)

1990-2019 йиллар оралиғида Қашқадарё дарёси сувини азот бирикмаларидан нитрат (NO_3^-) ионлари билан ифлосланиши рухсат этилган концентрация (РЭК)дан ортамаганлиги аниқланди. Нитритлар (NO_2^-) билан ифлосланиш асосан дарёнинг ўрта ва қуйи оқимида 1990-2013 йилларда РЭК дан юқори миқдорда кузатилган. Аммоний (NH_4^+) билан ифлосланиш эса барча пунктларда турли йилларда РЭКдан юқори миқдорда аниқланган (4-расм). Қашқадарё дарёси сувидаги фторидларнинг ўртача йиллик миқдорлари РЭК ($0,75 \text{ мг/дм}^3$) дан паст миқдорда кузатилади, бироқ дарёнинг ўрта ва қуйи оқимида унинг миқдори юқори оқимдагига нисбатан юқори.



4-расм. Қашқадарё дарёси сувида азот бирикмалари ва фторидларнинг ўртача йиллик миқдори (1990-2019 йй.)

Рис. 4. Среднегодовая концентрация азотных соединений и фторидов в воде реки Кашкадарья (1990-2019гг.)

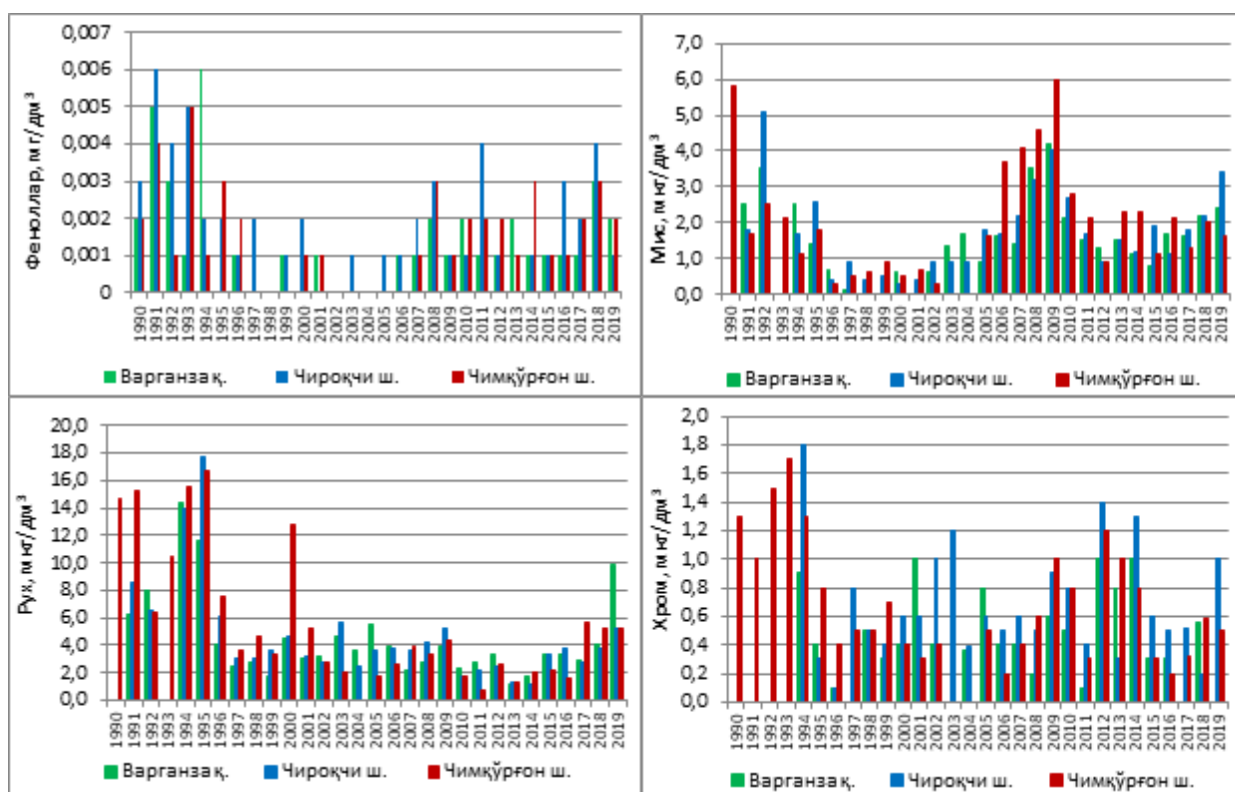
Fig. 4. Average yearly concentration of nitrogen components and fluorides in the water of the Kashkadaryo River (1990-2019)

Қашқадарё дарёси сувида феноллар миқдори РЭК ($0,001 \text{ мг/дм}^3$)дан юқори миқдорларда кузатилади (5-расм). Бу Ўзбекистондаги деярли барча дарёларга хос бўлиб, у табиий омиллар (тоғ жинсларидаги миқдорининг юқорилиги) билан боғлиқ.

Қашқадарё дарёсида миснинг миқдори $0,0-6,0 \text{ мкг/дм}^3$ (РЭК= 1 мкг/дм^3), рух $0,8-17,7 \text{ мкг/дм}^3$ (РЭК= 10 мкг/дм^3) ва хром (VI) $0,0-1,8 \text{ мкг/дм}^3$ (РЭК= 1 мкг/дм^3) оралиқда кузатилади, яъни баъзи йилларда уларнинг миқдори рухсат этилган меъёрлардан юқори бўлган (5-расм).

Ўзбекистонда сув сифатини комплекс баҳолаш учун сувнинг ифлосланиш индекси (СИИ) фойдаланилади. СИИ бўйича сувлар етти синфга ажратилади: I синф ($\text{СИИ} \leq 0,03$) - тоза сувлар, II синф ($0,3 < \text{СИИ} \leq 1,0$) - кучсиз ифлосланган, III синф ($1,0 < \text{СИИ} \leq 2,5$) - қисман ифлосланган, IV синф ($2,5 < \text{СИИ} \leq 4,0$) - кам ифлосланган, V синф ($4,0 < \text{СИИ} \leq 6,0$) - ифлосланган, VI синф ($6,0 < \text{СИИ} \leq 10,0$) - ифлос ва VII синф ($10,0 < \text{СИИ}$) - жуда ифлос сувлар [Национальный доклад, 2013].

Дарёнинг Варганза, Чироқчи ва Чимкўрғон пунктларида сув сифати 1990-2019 йиллар давомида СИИ бўйича II (кучсиз ифлосланган) синфдан III (қисман ифлосланган) синф оралиғида ўзгаради (3-жадвал). Бунда Варганза пунктида сув сифати асосан II синфга мос келиши аниқланди.



5-расм. Қашқадарё дарёси сувида феноллар ва оғир металлларнинг ўртача йиллик миқдори (1990-2019 йй.)

Рис. 5. Среднегодовая концентрация фенолов и тяжелых металлов в воде реки Кашкадарья (1990-2019гг.)

Fig. 5. Average yearly concentration of phenols and heavy metals in the water of the Kashkadaryo River (1990-2019)

Қашқадарё дарёси сувининг ифлосланиш даражаси, СИИ (1990-2019 йй.)

3-жадвал

Степень загрязнения воды реки Кашкадарья, ИЗВ (1990-2019 гг.)

Таблица 3

Water contamination degree of the Kashkadaryo River, WPI (1990-2019)

Table 3

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Варганза	0,67 II	1,73 III	1,47 III	0,58 II	1,28 III	0,81 II	0,60 II	0,55 II	0,60 II	0,50 II	0,48 II	0,62 II	0,47 II	0,60 II	0,56 II
Чироқчи	1,19 III	2,09 III	2,28 III	1,30 III	1,41 III	1,53 III	0,67 II	0,90 II	0,94 II	0,81 II	1,04 III	1,01 III	0,80 II	0,82 II	0,75 II
Чимқўрғон	2,06 III	1,59 III	1,26 III	1,95 III	0,97 II	1,44 III	1,01 III	0,79 II	0,83 II	0,99 II	1,34 III	0,80 II	0,56 II	0,52 II	- -
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Варганза	0,60 II	0,68 II	0,57 II	1,24 III	1,29 III	0,90 II	0,75 II	0,73 II	0,88 II	0,68 II	0,46 II	0,62 II	0,60 II	1,10 III	1,00 II
Чироқчи	0,70 II	0,77 II	1,04 III	1,20 III	1,12 III	1,02 III	1,20 III	0,93 II	0,75 II	0,83 II	0,79 II	0,95 II	1,06 III	1,50 III	1,29 III
Чимқўрғон	0,80 II	1,19 III	1,29 III	1,73 III	1,79 III	1,30 III	1,22 III	0,99 II	1,07 III	1,25 III	0,79 II	1,04 III	1,00 II	1,29 III	1,01 III

Изоҳ: * суратда – СИИ миқдори, махражда - сувининг ифлосланиш даражаси синфи, “-“ маълумот йўқ.

Қашқадарё дарёси оқими бўйлаб сув сифатига антропоген таъсирнинг ортишини баҳолаш учун Чироқчи ва Чимқўрғон пунктларидаги маълумотлар дарёнинг юқори қисмидаги Варганза пункти маълумотлари билан солиштирилди. Таҳлиллар дарёнинг юқори қисмига нисбатан Чироқчи ва Чимқўрғон пунктларида минерализация мос равишда 1,66 ва 3,29 мартага, органик ифлосланиш (КБИ бўйича) 1,50 ва 2,60 мартага ортганини кўрсатди (4-жадвал).

Дарё оқими бўйлаб анионлардан хлоридлар миқдори 3,35 ва 15,13 марта, сульфатлар миқдори 6,54 ва 22,21 марта, натрий миқдори 3,45 ва 13,26 марта ортади. Факатгина, гидрокарбонат миқдори дарё оқими бўйлаб деярли ўзгармайди (4-жадвал).

4-жадвал

**Қашқадарё дарёси сувининг антропоген таъсир натижасида ўзгариши
(Варганза пунктига нисбатан, 1990-2019 йй. учун ўртача маълумот)**

Таблица 4

**Изменение качества воды реки Кашкадарья под антропогенным влиянием
(относительно пункта Варганза, среднемноголетние значения за 1990-2019гг.)**

Table 4

**Changes of the water quality of the Kashkadaryo river under anthropogenic pressure
(comparing to Varganza point, mean values for 1990-2019)**

Кузатиш пункти	ΣU	Cl	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	N-NO ₃	ККИ	КБИ
Чироқчи	1,56	3,35	6,54	1,18	3,45	2,00	1,37	3,31	1,88	1,44	1,50
Чимқўрғон	3,29	15,13	22,71	1,16	13,26	3,63	2,18	4,31	1,59	2,53	2,60

Изох: ΣU - минерализация, ККИ – кислороднинг кимёвий истеъмоли, КБИ – кислороднинг биокимёвий истеъмоли

Хулоса. Қашқадарё дарёси сув сифатининг асосий кўрсаткичларини 1999-2019 йиллардаги маълумотлари таҳлили асосида дарё оқими бўйлаб минерализация, асосий анион ва катионлар миқдори ортиши аниқланди. Дарё сувининг минерализацияси кўпсувлик йилларга нисбатан камсувлик йилларда кўпроқ ортади. Минерализация ва асосий ионлар миқдори орасидаги боғлиқликни статистик таҳлили асосида дарёнинг юқори оқимида минерализациянинг гидрокарбонат ва кальций ионлари билан боғлиқлиги юқорилиги, дарёнинг ўрта қисмида сульфат ва кальций ионлари билан боғлиқлик, дарёнинг қуйи қисмида эса сульфат ва натрий ионлари билан боғлиқлик юқори эканлиги аниқланди.

Кўп йиллик маълумотлар таҳлили Қашқадарё дарёсининг юқори қисмига нисбатан дарёнинг ўрта ва қуйи қисмида органик моддалар, нитритлар, феноллар, мис, хром билан ифлосланиш юқори эканлиги кўрсатди.

Дарёнинг қуйи қисмида ифлосланишлар асосан коммунал маиший, саноат ва қишлоқ хўжалик оқаваларининг дарёга ташланиши сабабли содир бўлади. Қашқадарё дарёсига антропоген таъсирнинг ортиши дарё оқими бўйлаб сув сифатини ёмонлашишига олиб келмоқда.

Дарёлар сув сифатига антропоген таъсир даражасини баҳолаш сув объектларини ифлосланишини олдини олиш, уларни табиий ҳолатда сақлаш ва сув сифатига салбий таъсирларни камайтириш тадбирларини ишлаб чиқишда муҳим ҳисобланади.

Муаллифлар ҳиссаси. Б.Э. Нишонов: Мақола ғояси, методология, таҳлил, матнни ёзиш, раҳбарлик. **И.Р. Разикова:** маълумотларни тўплаш, таҳлил қилиш, графикларни тузиш, матнни ёзиш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган матнини ўқиб чиқдилар ва ўз розилиklarини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Ежегодники качества поверхностных вод на территории деятельности Узгидромета за 1990-2019 гг. Ташкент: Узгидромет.

Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госкомгидромет. – 1988. – 12 с.

Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан / Под общей ред. Н.М.Умарова. – Ташкент: Chinor ENK, 2013. – 256 с.

Рубинова Ф.Э., Иванов Ю.Н. Качество воды рек бассейна Аральского моря и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности. – Ташкент: НИГМИ, 2005. – 185 с.

Рубинова Ф.Э., Куропатка Л.М. Гидрохимический режим рек бассейна Кашкадарья и влияние на него хозяйственной деятельности // Труды САНИИ Госкомгидромета. – Москва: Гидрометеоздат, 1986. Вып. 119(200). – С.79-89.

Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент, НИГМИ, 2007. – 132 с.

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

Шульц В.Л., Маиранов Р. Ўрта Осиё гидрографияси. – Т.: Ўқитувчи, 1969. – 328 б.

ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ КАШКАДАРЬЯ ПОД АНТРОПОГЕННЫМ ВЛИЯНИЕМ

Б.Э. НИШОНОВ¹, И.Р. РАЗИКОВА¹

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, bnishonov@mail.ru

Аннотация. В статье анализировано современные изменения гидрохимического режима и качества воды реки Кашкадарья под антропогенным влиянием. На основе многолетних (1990-2019 гг.) данных пунктов наблюдения качества воды Варганзи, Чиракчи и Чимкурган на реке Кашкадарья исследованы месячные, внутригодовые и многолетние изменения минерализации, основных ионов, органического загрязнения, биогенных веществ, фторидов, тяжелых металлов. Выявлено повышение в несколько раз содержания этих компонентов в воде в нижнем течении реки.

Ключевые слова: гидрохимический режим, качество воды, минерализация, органическое загрязнение, БПК, ХПК, биогенные вещества, фториды, тяжелые металлы, река Кашкадарья.

CHANGES IN THE HYDROCHEMICAL REGIME AND WATER QUALITY OF THE KASHKADARYA RIVER UNDER ANTHROPOGENIC INFLUENCE

B.E. NISHONOV¹, R.I. RAZIKOVA¹

¹ Hydrometeorological Research Institute, bnishonov@mail.ru

Abstract. The article analyzes contemporary changes in the hydrochemical regime and water quality of the Kashkadaryo River under anthropogenic influences. Based on long-term (1990-2019) data from water quality observation points Varganza, Chirokchi and Chimkurgan on the Kashkadaryo River, monthly, intra-annual and multi-year changes in mineralization, basic ions, organic pollution, biogenic substances, fluorides, heavy metals were investigated. It was revealed that the content of these components in the water in the lower reaches of the river increased several times.

Keywords: hydrochemical regime, water quality, mineralization, organic pollution, BOD, COD, biogenic substances, fluorides, heavy metals, Kashkadaryo river.

REFERENCES

Yejegodniki kachestva poverxnostnih vod na territorii deyatelnosti Uzgidrometa za 1990-2019 gg. [Yearbooks of surface water quality in the territory of Uzgidromet activity for 1990-2019]. Tashkent: Uzgidromet (in Russian)

Metodicheskiy rekomendatsii po formalizovannoy kompleksnoy osenke kachestva poverxnostnih i morskikh vod po gidroximicheskim pokazatelyam [Methodological recommendations on formalized integrated assessment of surface and sea water quality according to hydrochemical characteristics]. – M.: Goskomgidromet, 1988. – 12 s. (in Russian)

Natsionalniy doklad o sostoyanii okrujayushey sredi i ispolzovanii prirodniy resursov Respubliki Uzbekistan [National report on state of the environment and use of the natural resources of the Republic of Uzbekistan.]. Eds. N.M.Umarov. – Tashkent: ChinorENK, 2013. - 256 s. (in Russian)

Rubinova F.E., Ivanov Yu.N. Kachestvo vodi rek basseyna Aralskogo morya i yego ismeneniye pod vliyaniem hozyaystvennoy deyatelnosti [Water quality of the rivers of the Aral Sea basin and its change under the influence of economic activity]. – Tashkent: NIGMI, 2005. – 185 s. (in Russian)

Rubinova F.E., Kuropatka L.M. Gidroximicheskiy rejim rek basseyna Kashkadaryu i vliyaniye na nyego hozyaystvennoy deyatelnosti [Hydrochemical regime of the rivers of Kashkadarya and influence to it the economic activity] // Proceedings of SANII of the Goskomgidromet. – Moskva: Gidrometeoizdat, 1986. V.119(20). – S. 79-89. (in Russian)

Chub V.E. Izmeneniye klimata i yego vliyaniye na gidrometeorologicheskiy protsessi, agroklimaticheskiy i vodniy resursi Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on the hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. Tashkent: NIGMI, 2007. – 132 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 gidrografiya [Hydrography of Central Asia]. – T.: Okituvchi, 1969. – 328 b. (in Uzbek)

ШАРҲЛАР / ОБЗОРЫ / REVIEWS

УДК: 556.124

ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПСКЕМ**Л.М. КАРАНДАЕВА^{1*}, С.В. КАРАНДАЕВ¹, Т.В. КУДЫШКИН¹,
М.А. ПЕТРОВ², Ю.А. ТАРАСОВ¹, Г.У. УМИРЗАКОВ^{1,3}**¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, karan.serg@rambler.ru² Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева³ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Аннотация. Данная статья посвящена обзору гляциологических исследований, проводимых в бассейне реки Пскем.

Впервые сведения о ледниках бассейна реки Пскем были опубликованы исследователем Таласского Алатау Д.Л.Ивановым в 1886 году. Первый «Каталог ледников Средней Азии» составил Н.Л.Корженевский в 1930 г. В этом Каталоге были сведения о 45 на то время известных ледниках бассейна реки Пскем. УГМС Узбекистана в 1960-1962 гг. была проведена каталогизация пскемских ледников. Однако, число ледников в бассейне Пскема было искусственно занижено, так как ледники площадью менее 0,3 км² во внимание не принимались. Уточнение размеров оледенения бассейна реки Пскем выполнил А.С.Щетинников в 1968 г. при составлении «Каталога ледников СССР». Всего в бассейне реки Пскем было выделено 250 ледников общей площадью 127,8 км². Коллективом сотрудников Отдела гляциологии НИГМИ выполнена оценка современного состояния оледенения горных районов Узбекистана. Суммарная площадь ледников бассейна реки Пскем по данным 2010 г. составляет 102,52 км², количество ледников – 262.

В настоящее время в НИГМИ ведутся исследования в рамках проекта «Разработка системы мониторинга изменений баланса массы горных ледников и технологий, характеризующих их будущее состояние в условиях глобального изменения климата», который является продолжением проектов SATCOS и SICADA.

Ключевые слова: бассейн реки Пскем, ледник, гляциологические исследования, каталог ледников, суммарная площадь ледников, деградация оледенения, проекты.

Введение. Река Пскем (правая составляющая р. Чирчик) по классификации В.А.Шульца относится к рекам снегово-ледникового типа питания [Шульц, 1965]. Суммарная площадь ледников бассейна р. Пскем по данным 2010 г. составляет 102,52 км² [Кудышкин и др., 2014] или примерно 78% всего оледенения бассейна р. Чирчик. Максимальный сток р. Пскем формируется в мае-июне и составляет 36% годового стока реки. Доля стока в июле-августе также существенна и составляет 31% годового стока реки. Столь большая доля стока р. Пскем в летние месяцы, когда запасы сезонного снега в горах в основном истощаются, обусловлена существованием здесь ледников и многолетних снежников.

Обзор гляциологических исследований, проводимых в бассейне реки Пскем. Первые сведения о существовании ледников в верховьях р. Пскем были получены от местных жителей И.В.Мушкетовым, проводившим геолого-географические исследования в Средней Азии [Мушкетов, 1886]. Первые опубликованные сведения о пскемских ледниках встречаются в работах исследователя Таласского Алатау Д.Л.Иванова. Он обследовал Чотанскую группу ледников на северном склоне Майдантальского хребта и в верховьях рек Аютор-майдантальской и Турпакбель в июле-августе 1878 г. [Иванов, 1880, 1881].

* Ответственный автор: karan.serg@rambler.ru Тел.: +998 71 2358001; +998 91 1360512

В 1892 г. французский ботаник Капюс [Carpus, 1892] дал краткое описание ледников Анаульгенсая. По поручению Туркестанского отдела Русского географического общества в 1897 г. ледники в верховьях рек Майдантал и Анаульгенсай посетил Г.Б.Леонов [Леонов, 1898]. Параллельно с ним, в этом же году, изучением оледенения занимался Б.А.Федченко [Федченко, 1898]. Б.А.Федченко попытался организовать систематические наблюдения за динамикой Чотанских ледников путем устройства меток, позволяющих определить изменение положения языков ледников за период между посещениями. Продолжая эти наблюдения, Б.А.Федченко в 1902 г. вновь посетил бассейн р. Майдантал [Федченко, 1903]. Летом 1903 г. на Майдантальских ледниках побывал О.А.Шкапский [Шкапский, 1906].

Однако, ни Г.Б.Леонов, ни Б.А.Федченко, ни О.А.Шкапский не ставили перед собой задачи каталогизации ледников. Их работы сводились к географическому описанию маршрутов, района обследования и, в частности, ледников. Так, в 1897 г. Б.А.Федченко обследовал в верховьях реки Майдантал 26 ледников.

В 1910 г. в Туркестанском крае при Отделе земельных улучшений Министерства земледелия была организована гидрометрическая часть, занимавшаяся под руководством В.Г.Глушкова и позднее Э.М.Ольдекопа изучением режима рек. Э.М.Ольдекоп впервые затронул вопрос о роли испарения и конденсации в питании туркестанских ледников на примере оледенения верховьев р. Майдантал.

Дальнейшие гляциологические исследования в бассейне р. Пскем проводились Гидрометеорологическим отделом Туркестанского (а позднее Среднеазиатского) метеорологического института. Возглавлял институт с 1922 г. Л.К.Давыдов. С 1932 г. гляциологические исследования в бассейне реки Пскем были продолжены Бюро высокогорных исследований, созданного на базе снегомерно-гляциологического отделения этого института. Основной целью проводимых исследований были наблюдения за динамикой ледников, в том числе и пскемских, способами буссольно-глазомерных и инструментальных съемок концов языков от реперов-меток. Такие съемки были начаты в 1924 г. Чотанской экспедицией Средазмета под руководством Л.К.Давыдова и выполнялись позднее Л.Н.Бабушкиным (1927), Б.П.Пановым (1926), Б.И.Дмитриевым (1927), В.А.Новиковым (1928, 1930), Н.Л.Корженевским и А.И.Павловым (1929), П.М.Машуковым (1931), В.П.Бруевичем (1932), М.В.Косаревым (1933), И.А.Ильиным (1940). Материалы этих съемок проанализированы под руководством А.С.Щетинникова группой специалистов: Л.А.Канаевым, Л.Д.Подкопаевой, Л.Е.Языковым [Канаев, 1967].

Н.Л.Корженевский в 1930 г. составил «Каталог ледников Средней Азии» [Корженевский, 1930] и поместил в него сведения о 45 на то время известных ледниках бассейна реки Пскем. Каталог был составлен на высоком для того времени научном уровне. В последующие годы знания об оледенении расширились. В 1936 г. Н.Л.Корженевский подготовил второй вариант Каталога, который содержал сведения о 1727 известных в то время ледниках Средней Азии, т.е. на 504 ледника больше, чем в Каталоге 1930 г. Во втором варианте Каталога содержатся сведения уже о 55 известных к 1936 г. пскемских ледниках [Корженевский, 1936].

В 1932-1933 гг. в бассейне реки Пскем были открыты гидрометеорологическая станция Пскем и гидрологические посты в устьях рек Ойгаинг, Майдантал, Чараалма и Пскем. Однако дальнейшее расширение гидрометеорологической сети, так же, как и развитие гляциологических исследований было прервано Великой Отечественной войной.

Возобновление изучения пскемских ледников относится уже к 1950-м годам. В 1954 г. Г.З.Хасаншиной по данным полевых обследований выполнено описание некоторых ледников, расположенных в верховьях рек Аютор-майдантальской, Турпакбель, Койназарсай и Шавурсай [Хасаншина, 1964].

В 1957 г. под руководством В.Л.Шульца были поставлены опыты по искусственному усилению таяния снега в высокогорной части бассейна реки Анаульгенсай [Шульц, 1958].

В том же 1957 г. в связи с проведением международного геофизического года М.В.Косарев и Н.В.Петров провели съемки ледников Турпакбель Нижний и Аютор-2. С 1960 г. УГМС Узбекистана начаты систематические наблюдения за пространственным положением некоторых ледников бассейна реки Пскем. С 1963 г. эти наблюдения проводились по классу А Международной программы.

В 1960 г. УГМС совместно с отделом гидрологии САНИГМИ были начаты, а в 1961 г. и 1962 г. продолжены и завершены экспедиционные работы по выявлению характера и масштабов оледенения бассейна реки Пскем. Результаты полевых обследований опубликованы в работах Л.А.Канаева [Канаев, Коновалов, 1961; Канаев, 1966]. Всего в бассейне реки Пскем Л.А.Канаевым выделено 140 ледников общей площадью 128,8 км². Последняя цифра, как это отмечал Л.А.Канаев, требовала дальнейших уточнений, поскольку площади большинства ледников из-за отсутствия достаточно точных карт были планиметрированы по материалам нетрансформированной аэрофотосъемки 1957 г.

В 60-е годы прошлого столетия Институт математики Академии Наук Узбекистана и УГМС начали изучение режима пскемских ледников. Исследования, проводимые на четырех ледниках, несмотря на их краткосрочность, имеют определенную ценность, если учесть, что климатические условия нивальной зоны рассматриваемого бассейна раньше не изучались. Так, Отдел гляциологии Института математики АН Узбекистана под руководством А.А.Крейтера летом 1961 г. и 1962 г. провел теплобалансовые наблюдения на двух ледниках Баркракской группы (бассейн реки Ойгаинг) – Баркраке Среднем и Баркраке Правом.

В 1962 г. УГМС совместно с гляциологами Института математики, а в 1963 г. самостоятельно организовали метеорологические наблюдения в приледниковой зоне и на языке ледника Баркрак Средний, а также измерения поверхностных скоростей движения и абляции снега и льда, учет стока с ледников Баркрак Средний и Баркрак Правый. По той же программе летом 1966 г. и 1969 г. проведены полустационарные наблюдения на леднике Аютор-2.

Летом 1963 г. Отделом гляциологии Института геологии и геофизики на Баркраке Среднем был поставлен комплекс наблюдений за искусственным усилением таяния снега и льда. В то же время на леднике Пахтакор в верховьях реки Шавурсай работала совместная экспедиция ЛГУ и УГМС Узбекистана под руководством В.Г.Коновалова. В 1970 г. широкий комплекс работ на аюторских ледниках был проведен совместной экспедицией ИГиГ АН и УГМС. В 1971 г. Отдел гляциологии ИГиГ АН Узбекистана и Лаборатория инженерной гляциологии САНИГМИ организовали полустационарные наблюдения на ледниках Баркракской группы. Одновременно были произведены маршрутные исследования на ледниках Калесника, Аютор-2, Турпакбель Верхний со съемками ледников по Международной программе.

Возросшие запросы к гидрометеорологическому обслуживанию народного хозяйства требовали организации новых высокогорных станций в бассейне р. Пскем. Одна из них была открыта в 1962 г. в долине реки Ойгаинг на высоте 2180 м. Эта станция (гидрометеостанция Ойгаинг) должна была одновременно служить базой для организации гляциологического стационара на ледниках Баркракской группы на высоте более 3000 м. Этот проект не был осуществлен. Гидрометеостанция Ойгаинг начала комплекс метеорологических, снегомерно-осадкомерных и гидрологических наблюдений в бассейнах притоков одноименной реки – одной из составляющих реки Пскем. Заменить Баркракский стационар должна была автоматическая радиометстанция АРМС-1, которая была установлена в сентябре 1967 г. не в районе баркракских ледников, а в верховье соседней с Баркраксаем р. Аккапчигайсай на высоте 3100 м.

В 1960-1962 гг. УГМС Узбекистана произвело каталогизацию пскемских ледников. Согласно методическим указаниям, по которым выполнялась работа, ледники с площадью менее 0,3 км² во внимание не принимались. Таким образом, число ледников в бассейне

реки Пскем было искусственно занижено. Недостаточная точность существующего в то время картографического материала повлияла на величину суммарной площади ледников.

Уточнение размеров оледенения бассейна реки Пскем произведено А.С.Щетинниковым в 1968 г. при составлении «Каталога ледников СССР» [Щетинников, Подкопаева, 1968]. Одновременно с уточнением числа ледников (учтены все ледники, независимо от их размеров, в соответствии с требованиями Руководства [Руководство, 1966]) их площади и высотные характеристики проверены заново по картам 1963 г. издания, созданным на материалах аэрофотосъёмки. Всего в бассейне реки Пскем было выделено 250 ледников общей площадью 127,8 км². Несмотря на значительное увеличение числа ледников (на 110), площадь их уменьшилась на 1 км², что свидетельствует о больших ошибках в определении площади ледников по нетрансформированным аэрофотосъёмкам. В Каталоге дается характеристика географического положения, морфологии и режима ледников. Особое внимание уделено влиянию жизнедеятельности ледников на режим рек, величину и распределение стока во времени.

Через два года после выхода в свет Каталога пскемских ледников [Щетинников, Подкопаева, 1968] А.С.Щетинников получил возможность произвести камеральные работы на новом картографическом материале, что позволило уточнить в рассматриваемом бассейне площадь оледенения, высотные характеристики ледников, распределение площади оледенения по высоте и т. д. По новым картам площадь 251 пскемского ледника составила 121,2 км², что на 5,1% меньше площади, приводимой в Каталоге [Щетинников, Подкопаева, 1968]. Эти данные, дополненные личными многолетними наблюдениями А.С.Щетинникова (проводившего полевые работы на пскемских ледниках), рассматриваются в монографии [Щетинников, 1976]. Следует отметить, что они характеризуют оледенение реки Пскем по состоянию на 1958-1960 гг. В монографии [Щетинников, 1976] на основании корреляционных зависимостей рассчитаны многие характеристики периода абляции – его продолжительность, суммы положительных средних суточных температур за многолетний период, а также оценены летние осадки и роль летних снегопадов в жизни пскемских ледников.

Более или менее полные сведения об оледенении Средней Азии были получены в процессе каталогизации ледников, выполненной в 1966-1982 годах. В середине 70-х годов прошлого века широкое развитие для исследований ледников получили космические фотоснимки (КФС) земной поверхности. На их базе в середине 1980-годов для Памиро-Алая выполнена комплексная картографическая инвентаризация природных ресурсов (ККИПР) в масштабе 1:500000. Среди объектов картографической инвентаризации было и оледенение. Данные КФС ледниковых районов предоставили возможность получения более точных данных об эволюции оледенения. Были выявлены качественные признаки сокращения оледенения:

- исчезновение некоторых ледников площадью менее 0,1 км²;
- сокращение площади крупных ледников;
- распад крупных ледников.

В работах А.С.Щетинникова по результатам аэрофотосъёмки проведена повторная инвентаризация оледенения всего Памиро-Алая [Catalogue, 2012] и некоторых речных бассейнов Тянь-Шаня. Как видно, из таблицы 1 [Глазырин, Щетинников, 2001], за рассматриваемый период произошло уменьшение площади оледенения по всем рассматриваемым бассейнам.

Изменение характеристик оледенения зависит от сценариев изменения климата. Г.Е.Глазыриным были рассчитаны возможные реакции оледенения на различные изменения годовых сумм осадков и летней температуры воздуха [Глазырин, 2006]. В таблице 2 приведены результаты расчетов изменения оледенения и ледникового стока для бассейна реки Ойгаинг (пост «Устье»). В этом бассейне находится основная часть

ледников, имеющих на территории Узбекистана. Площадь бассейна – 1010 км², площадь оледенения в 1980 г. составила 59,5 км² при количестве ледников – 128, опорная метеостанция – Ойгаинг. Как видно из таблицы 2, в самом неблагоприятном случае, когда летняя температура воздуха возрастет на 3°C, ледники в бассейне р. Ойгаинг полностью растают [Глазырин, 2006].

Таблица 1

Сведения об оледенении бассейна реки Пскем по годам

Table 1

Information on glaciation of the Pskem river basin by years

Бассейн	Площадь, км ²		Число ледников	
	1957 г.	1978 г.	1957 г.	1978 г.
Майдантал	45,0	34,5	66	84
Ойгаинг	71,6	60,0	104	129
Пскем - весь	127,8	106,0	250	260

Таблица 2

Реакция изменения оледенения и ледникового стока в бассейне р. Ойгаинг на возможные изменения климата

Table 2

Reaction of changes in glaciation and glacial runoff in the Oygaiing river basin on possible climate changes

dT _s , °C	Параметры оледенения	dX, %			
		-50	0	+50	+100
0	Zf	4,11	3,73	3,45	3,23
	Fg	13,9	59,5	137	208
	Ng	62	128	226	285
	Wg/Wb	0,11	0,22	0,33	0,41
1,0	Zf	4,22	3,86	3,60	3,38
	Fg	6,8	34,5	95,3	159
	Ng	47	88	179	246
	Wg/Wb	0,07	0,17	0,28	0,36
2,0	Zf	4,33	3,99	3,74	3,54
	Fg	1,8	23,0	56,6	113
	Ng	28	75	123	200
	Wg/Wb	0,04	0,14	0,21	0,30
3,0	Zf	4,43	4,17	3,88	3,69
	Fg	-	13,5	32,8	71,5
	Ng	-	61	86	147
	Wg/Wb	0	0,10	0,16	0,24

Примечание: Zf – высота фирновой границы, км; Fg – площадь оледенения, км²; Ng – число ледников в бассейне; Wg – объем ледникового стока, км³; Wg/Wb – доля ледникового стока в общем стоке с бассейна (Wb)

Ледники в нашем регионе являются вторым после сезонного снега источником питания рек. В летний период, когда жидкие осадки практически полностью отсутствуют, доля ледникового питания таких рек достигает 35-55%. Исследования отечественных ученых показали, что рост температуры на 1°C или уменьшение осадков на 20%

сокращает площадь оледенения в некоторых бассейнах Узбекистана вдвое [Глазырин, 2006]. В этой связи исследования, направленные на изучение современного оледенения в Узбекистане, являются чрезвычайно актуальными, а организация мониторинга ледников, учета и контроля их состояния является важной составляющей в управлении водными ресурсами республики.

Изучение изменения горноледниковых систем в настоящее время связано с использованием не только традиционных, но и новых методов, к которым относятся геоинформационные технологии (ГИС), использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса.

С использованием снимка с сенсора ASTER, установленного на американском спутнике TERRA [Карандаева, 2004] была выполнена оценка оледенения бассейна реки Ойгаинг (табл. 3). Как видно из таблицы 3, площадь оледенения за период с 1957 по 1978 год (21 год) сократилась на 10%, а за период с 1978 по 2001 год (23 года) – на 16%. Из приведенного сравнения следует, что темп сокращения оледенения за период 1978-2001 гг. возрос по сравнению с 1957-1978 гг. на 0,26%.

Таблица 3

Суммарная площадь ледников верховьев бассейна реки Ойгаинг

Table 3

Total glacier area in the upper reaches of the Oygaing River basin

Годы	1957 г.	1978 г.	2001 г.
F, км ²	53,6 по данным «Каталогов ледников» [Щетинников, Подкопаева, 1968]	48,5 по данным А.С.Щетинникова	40,9 вычислена по снимку

Коллективом сотрудников Отдела гляциологии НИГМИ под руководством Т.В.Кудышкина выполнена оценка современного состояния оледенения горных районов Узбекистана. Ледники в Узбекистане расположены в бассейне реки Кашкадарья (полностью), в части бассейна реки Пскем (притоки реки Пскем, бассейн реки Ойгаинг), и в части бассейна реки Сурхандарья (бассейн рек Сангардак и Тупаланг) [Кудышкин и др., 2014]. Ледники этих бассейнов представлены ледниками малых форм. Ниже в таблице 4 приводятся данные о количестве ледников в бассейне р. Пскем и их суммарной площади в разные годы инвентаризации [Кудышкин и др., 2014].

Таблица 4

**Суммарная площадь и число ледников бассейна реки Пскем
в разные годы инвентаризации**

Table 4

**Total area and number of glaciers in the Pskem river basin
in different years of inventory**

Речной бассейн	Суммарная площадь ледников, км ²			Число ледников		
	1957 г.	1978 г.	2010 г.	1957 г.	1978 г.	2010 г.
Пскем	119,80	106,13	102,52	211	260	262

Как видно, в бассейне реки Пскем количество ледников в результате деградации оледенения увеличилось. Следует отметить, что число ледников недостаточно хороший показатель при оценке сокращения оледенения. При уменьшении площади оледенения

число ледников может возрасти за счет распада крупных ледников на мелкие. Необходимо рассматривать суммарные площади оледенения, а суммарные площади ледников уменьшаются. Уменьшение суммарных площадей оледенения составляет для бассейна реки Пскем 17,28 км² от площади 1957 года. В таблице 5 приводятся данные скорости изменения оледенения. В бассейне р. Пскем отмечается переход от стадии деградации оледенения (1957-1978 гг.) к стадии стационарного состояния оледенения (1978-2010 гг.). Скорость деградации уменьшилась с 0,59% в год до 0,10% в год [Кудышкин и др., 2014].

Таблица 5

**Скорость изменения оледенения бассейна р. Пскем
за разные периоды времени, % в год**

Table 5

**The rate of change in the glaciation of the river basin Pskem
for different time periods, % per year**

Речной бассейн	1957-1978 гг.	1978-2010 гг.
Пскем	0,59	0,10

Учитывая, что территория высокогорья, где расположены ледники, крайне труднодоступна и обширна, поэтому наблюдения современного состояния ледников осуществляются визуально с борта вертолета. Эти наблюдения достаточно эффективный прием оценки современного состояния отдельных ледников и даже групп ледников в высокогорных ледниковых бассейнах, поскольку сопровождаются фото и видеосъемкой ледников и ледниковых бассейнов. Это предоставляет возможность накопить достаточно большой архив фотографического материала.

Среди задач визуального контроля современного состояния ледников основными являются следующие:

- определение современной конфигурации языка ледника, а также его высотного положения;
- выявление новых моренных отложений за прошедший период (ряд десятилетий) после последней площадной аэрофотосъемки ледников (1980 г.);
- выявление новых прорывоопасных озер, особенно подпруженных моренными отложениями, а также оценка изменения состояния существующих моренных озер в связи с климатическими изменениями за последние годы (на рис. 1-5 представлено морено-запрудное озеро у языка ледника Баркрак Средний в разные годы наблюдений);
- фиксирование распада сложных ледников на отдельные ледники, если деградация оледенения привела к такому новому состоянию;
- обнаружение и фиксация существования или исчезновения малых по площади ледников, каталогизированных по архивным данным.

На рис. 6-10, как пример, приводятся некоторые материалы аэровизуальных наблюдений по отдельным ледникам бассейна реки Пскем.

Между Швейцарским агентством по вопросам развития и сотрудничества, Департаментом наук о Земле Университета Фрибурга (Швейцария) от имени Всемирной службы мониторинга ледников (WGMS), Институтом геологии и геофизики Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам (Отдел гляциальной геологии), при участии Центра гидрометеорологической службы и Научно-исследовательского гидрометеорологического института (Отдел гляциологии) было заключено соглашение в отношении международного проекта «CATCOS (создание и удвоение потенциала для систем наблюдения за климатом)» [CICADA/CATCOS]. Период реализации проекта с 15 августа 2015 года по 30 сентября 2016 года. В качестве



Рис. 1. Морено-запрудное озеро у языка ледника Баркрак Средний. 1975 год

Fig. 1. Moreno-dammed lake near the tongue of the Barkrak Sredny glacier, 1975



Рис. 2. Морено-запрудное озеро у языка ледника Баркрак Средний. 2004 год

Fig. 2. Moreno-dammed lake near the tongue of the Barkrak Sredny glacier, 2004



Рис. 6. Ледник Калесника. На переднем плане – отложенная морена

Fig. 6. Kalesnik glacier. In the foreground is a deferred moraine



Рис. 7. Ледник Баркрак Правый. Четко видна фирновая граница и лоб языка

Fig. 7. Glacier Barkrak Right. The firn border and forehead are clearly visible



Рис. 8. Район ледника Баркрак Средний. Хорошо видны присклоновые ледники, бергшруды и, особенно, висячий ледник

Fig. 8. The area of the Barkrak glacier Sredny. The slope glaciers, bergschrunds and, especially, the hanging glacier are clearly visible

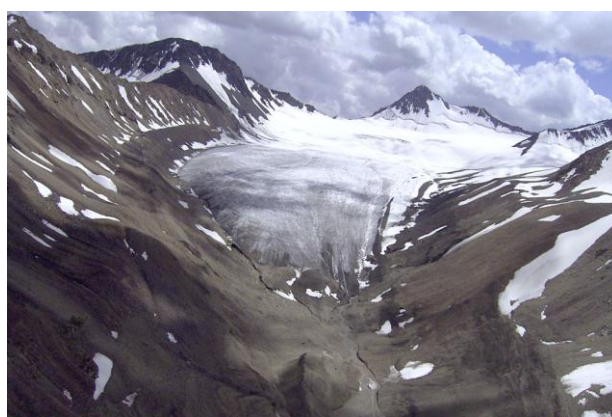


Рис. 9. Ледник Пахтакор. Видны бергшруды, зона абляции и, предположительно, погребенный лед у конца языка ледника

Fig. 9. Pakhtakor glacier. Bergschrunds, an ablation zone and, presumably, buried ice at the end of the glacier tongue are visible

репрезентативного ледника выбран ледник Баркрак. Ледник Баркрак расположен в долине р.Ойгаинг в водосборе реки Пскем в Западном Тянь-Шане (рис. 11). Площадь ледника Баркрак Средний составляет 2,04 км². В рамках проекта «SATCOS» в августе 2016 г. на языковой части ледника Баркрак, на высоте 3400 м была установлена автоматическая метеостанция (рис. 12) и камера для наблюдения за изменением высотного положения снеговой линии (рис. 13).



Рис. 10. Пример стадийного отступления языка ледника

Fig. 10. An example of a staged retreat of a glacier tongue



Рис. 11. Экспедиционный лагерь на леднике Баркрак Средний. 3200 м. н.у.м.

Fig. 11. Expeditionary camp on the Barkrak Sredny glacier. 3200 m asl



Рис. 12. Автоматическая метеостанция на леднике Баркрак Средний

Fig. 12. Automatic weather station on the Barkrak Sredny glacier



Рис. 13. Камера для наблюдения за изменением высотного положения снеговой линии на леднике Баркрак Средний

Fig. 13. Camera for monitoring changes in the altitude position of the snow line on the Barkrak Sredny glacier

Каждые 30 минут автоматическая метеостанция фиксирует следующие параметры: температуру и влажность воздуха, давление, жидкие осадки, прямую солнечную радиацию. Камера осуществляет мониторинг динамики снеговой линии путем ежечасной фотосъемки

в светлое время суток. Также была создана сеть наблюдения за балансом массы с 11 абляционными и 3 аккумуляционными рейками.

Следующим этапом было заключение Соглашения по проекту «CICADA (Климатические данные криосферы для улучшения адаптации)» с теми же участниками. Настоящее Соглашение охватывало период с 1 июня 2017 года по 30 апреля 2021 года [CICADA/CATCOS].

В Узбекистане в рамках реализации проектов CATCOS и CICADA была создана новая инфраструктура для систематических наблюдений за ледниками. Важным аспектом данной деятельности является также техническое и научное обучение молодых ученых для развития гляциологических профессиональных навыков с целью продолжительного наблюдения за ледниками в Центральной Азии [Hoelzle et al., 2017].

Продолжением проектов CATCOS и CICADA является проект №АЛМ-202107010 «Разработка системы мониторинга изменений баланса массы горных ледников и технологий, характеризующих их будущее состояние в условиях глобального изменения климата» (руководитель проекта Г.У. Умирзаков). Период реализации проекта с июля 2021 г. по июль 2024 г. Основной целью данного проекта является создание системы мониторинга изменения массы горных ледников и проведение систематических гляциологических и гидрологических наблюдений. На основе полевых наблюдений, дистанционного зондирования и моделирования, на основе климатических данных будут разработаны сценарии, характеризующие состояние годового баланса массы ледников (до 2050 года). Будет создана гляцио-гидрологическая база данных о состоянии ледников в соответствии со стандартными наблюдениями и измерениями «Службы мониторинга ледников» и интегрированная с ней.

В рамках проектов CATCOS/CICADA и №АЛМ-202107010 ежегодно начиная с 2017 г. летом (август месяц) организовывались экспедиции на ледник Баркрак Средний. В первую очередь цель экспедиций – скачать на компьютер данные с автоматической метеостанции и фотокамеры. В частности, в августе 2021 года целью экспедиционных работ являлось следующее:

- скачать на компьютер данные с автоматической метеостанции;
- скачать на компьютер данные с камеры наблюдения за колебаниями снеговой линии;
- измерить годовую абляцию ледника Баркраксай по 14 абляционным рейкам;
- измерить годовой слой снега на аккумуляционной зоне ледника Баркрак по 3 аккумуляционным точкам и произвести там же замеры плотности снега в шурфах;
- установить временный гидропост на Баркраксай и провести наблюдения за уровнем воды, температурой и электропроводностью воды.

Летом 2021 г. состоялись еще две экспедиции на ледник Текеш и на ледник Пахтакор (бассейна реки Пскем).

Экспедицией на ледник Текеш руководил директор Центра гляциальной геологии при ИГГ Государственного комитета Республики Узбекистан Ф.М.Акбаров. Участниками экспедиции в бассейн р.Текешсай (правый приток р.Ойгаинг) были выполнены гидрологические работы в период максимального ледникового паводка, включающие наблюдения за расходами воды и уровнем режимом. Была выполнена съемка современного уровня стояния ледника Текешсой 1 (июль 2021 г.).

Экспедицией на ледник Пахтакор руководил А.Гафуров – координатор проекта Central Asia Water (CAWA), преподаватель географического факультета Берлинского университета им. Гумбольдта. Цель экспедиции: определить и исследовать маршруты подхода к леднику.

В рамках проекта №АЛМ-202107010 «Разработка системы мониторинга изменений баланса массы горных ледников и технологий, характеризующих их будущее состояние в

условиях глобального изменения климата» планируется продолжение экспедиционных работ на ледниках бассейна реки Пскем в 2022 г. и последующие годы.

Заключение. Неоценимый вклад в развитие гляциологических исследований в Узбекистане, в частности в изучение оледенения бассейна реки Пскем, внесли ученые-гляциологи, сотрудники Отдела гляциологии НИГМИ Узгидромета: В.Г.Коновалов, Г.М.Камнянский, В.К.Ноздрюхин, Н.К.Тупаева, Л.А.Канаев, А.С.Щетинников, Л.Д.Подкопаева, Г.Е.Глазырин, Ф.И.Перцыгер, В.И.Бруханда, Г.Н.Старыгин, А.А.Акбаров, М.И.Геткер, И.Д.Щенцис, Б.К.Царев, В.А.Кудышкин, Н.Ф.Дроздовская, Г.Г.Харитонов, в том числе ученые сотрудники Института геологии и геофизики: Ю.Н.Лесник, А.А.Крейтер, А.А.Ни, А.А.Тихановская и многие, многие другие [Царев, 2007]. В настоящее время гляциологические исследования в бассейне Пскема развиваются в следующих направлениях: мониторинг баланса массы ледников, гляциальная геология, дистанционное зондирование снежного покрова, оценка прорыва ледниковых озер (GLOF) и другие.

ЛИТЕРАТУРА

Глазырин Г.Е., Щетинников А.С. Современное и возможное будущее изменение оледенения западного Тянь-Шаня // Труды САНИГМИ. – 2001. – Вып. 161(242). – С.5-14.

Глазырин Г.Е. Сведения о системе гидрометеорологического мониторинга в Узбекистане. Снежно-ледовые и водные ресурсы высоких гор Азии. Материалы международного семинара «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии», Алматы, Казахстан, 28-30 ноября 2006 г.

Иванов Д.Л. Поездка в Алатау в 1879 г. – Газета «Туркестанские ведомости», 1880, №№ 8, 10, 13, 14, 16.

Иванов Д.Л. Верховья системы Таласского Алатау – «Изв. ИРГО», 1881, т. 17, вып. 3, с.193-198.

Канаев Л.А., Коновалов В.Г. Некоторые новые данные об оледенении бассейна р. Пскем. «Изв. Уз. Филиала ВГО», 1961, № 5, с. 113-119.

Канаев Л.А. Современное оледенение бассейна р. Пскем. // Труды САНИГМИ, 1966, вып. 27(42), с. 35-46.

Канаев Л.А. и др. Результаты наблюдений за состоянием ледников Узбекистана. // Труды САНИГМИ, 1967, вып. 30(45), с. 3-18.

Карандаева Л.М. Оценка современного оледенения бассейна реки Пскем по данным ASTER TERRA // Труды НИГМИ. – 2004. – Вып. 3(248). – С. 96-10.

Корженевский Н.Д. Каталог ледников Средней Азии. Ташкент, 1930, 200 с.

Корженевский Н.Д. Каталог ледников Средней Азии – Гидрометфонд УГМС Узб.ССР, Ташкент, 1936 (рукопись).

Кудышкин Т.В., Тарасов Ю.А., Яковлев А.В. Изменение оледенения речных бассейнов с преобладанием малых ледников во второй половине XX – начале XXI века Журнал «Вопросы географии и геоэкологии» № 4, Казахстан, Алматы, 2014 г. С. 45-54.

Леонов Г.Б. Ледники в Таласском Алатау. – «Изв. ТОРГО», 1898, т. 1, вып. 1, с. 35-69.

Мушкетов И.В. Туркестан, т.1. Геологическое и орографическое описание по данным, собранным во время путешествий с 1874 по 1880 г. – СПб, 1886, – 741 с.

Руководство по составлению Каталога ледников СССР. – Л.: Гидрометиздат, 1966, 154 с.

Федченко Б.А. Поездка в Западный Тянь-Шань для изучения ледников Таласского Алатау. – «Изв. РГО», 1898, вып. 4, т. 34, с. 403-423.

Федченко Б.А. В Западном Тянь-Шане летом 1902 г. – «Изв. РГО», 1903, т. 39.

Хасанишина Г.З. О формах ледникового рельефа в бассейне реки Пскем Таласского Алатау. – Труды САГУ, Ташкент, 1964, вып. 50, с. 23-42.

Царев Б.К. Гляциологические исследования в НИГМИ (к 50-летию НИГМИ) // Труды НИГМИ. – 2007. – Вып. 8(258). – С. 101-144.

Шкапский О.А. Две поездки в горы Ташкентского уезда. – «Изв. РГО», 1906, т. 42, с. 1-17.

Щетинников А.С., Подкопаева Л.Д. Каталог ледников СССР, т. 14, вып. 1, ч. 1 – бассейн р. Пскем. Л.: Гидрометеоздат, 1968, 48 с.

Щетинников А.С. Ледники бассейна реки Пскем. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 120 с.

Шульц В.Л. Некоторые вопросы усиления таяния снега. – «Изв. АН УзССР», сер. техн. наук, Ташкент, 1958, № 2, с. 63-72.

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

Carus G.A. A travers le royaume de Tamerfan/ Paris. 1992. pp. 414.

Catalogue of Pamir and Hissaro-Alay Glaciation for 1980 (database of S.A. Schetinnikov) compiled by Prof. G.E. Glazirin, M.G. Glazirina. – Almaty, 2012 – 565 p.

CICADA/CATCOS - <https://www3.unifr.ch/geo/cryosphere/en/projects/glacier-monitoring-and-dynamics/cicada.html>

Hoelzle, M., Azisov, E., Barandun, M., Huss, M., Farinotti, D., Gafurov, A., Hagg, W., Kenzhebaev R., Kronenberg, M., Machguth, H., Merkushev, A., Moldobekov, B., Petrov, M., Saks, T., Salzmann, N., Schöne, T., Tarasov, Y., Usubaliev, R., Vorogushyn, S., Yakovlev, A., and Zemp, M.: Re-establishing glacier monitoring in Kyrgyzstan and Uzbekistan, Central Asia, Geosci. Instrum. Method. Data Syst., 6, 397–418, <https://doi.org/10.5194/gi-6-397-2017>, 2017.

ПИСКОМ ДАРЁСИ ҲАВЗАСИДА ГЛЯЦИОЛОГИК ТАДҚИҚОТЛАР

Л.М. КАРАНДАЕВА¹, С.В. КАРАНДАЕВ¹, Т.В. КУДИШКИН¹,
М.А. ПЕТРОВ², Ю.А. ТАРАСОВ¹, Ф.Ў. УМИРЗАҚОВ^{1,3}

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, karan.serg@rambler.ru

² Х.М. Абдуллаев номидаги Геология ва геофизика институти

³ Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети

Аннотация. Мақола Писком дарёси ҳавзасида олиб борилган гляциологик тадқиқотлар шарҳига бағишланган.

Писком дарёси ҳавзасининг музликлари ҳақида дастлаб 1886 йилда Талас Алатови тадқиқотчиси Д.Л. Иванов томонидан нашр этилган. Биринчи “Ўрта Осиё музликлари каталоги” 1930 йилда Н.Л. Корженевский томонидан тузилган. Мазкур каталогда Писком дарёси ҳавзасининг ўша даврдаги 45 та музликлари ҳақида маълумотлар келтирилган. 1960-1962 йилларда Ўзбекистон ГМСБ Писком музликларини каталогини тузиши олиб борилган. Бироқ, ушбу каталогда Писком ҳавзасидаги музликлар сони шартли равишда кам бўлган. Сабаби тадқиқотда майдони 0,3 км² дан кичик музликлар ҳисобга олинмаган. Писком дарёси ҳавзасининг музлик майдонини аниқлаштириши 1968 йилда А.С. Шетинников томонидан амалга оширилди. “СССР музликлари каталоги” ни тузишда Писком дарёси ҳавзасида умумий майдони 127,8 км² бўлган 250 та музлик аниқланган. ГМИТИнинг Гляциология бўлими ходимлари Ўзбекистон тоғли ҳудудларидаги музликларнинг 2010 йилга қадар ҳолатини баҳолашган. Унга кўра, Писком дарёси ҳавзаси музликларининг умумий майдони 102,52 км², музликлар сони 262 тани ташкил этади.

Ҳозирги кунда ГМИТИда халқаро SATCOS ва CICADA лойиҳаларининг давоми бўлган “Глобал иқлим ўзгариши шароитида тоғ музликлари массаси баланси ўзгаришининг мониторинг тизимини ва музликларнинг келажакдаги ҳолатини тавсифловчи технологияларни ишлаб чиқиши” амалий лойиҳаси доирасида тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Калит сўзлар: Писком дарёси ҳавзаси, музлик, музлик тадқиқотлари, музликлар каталоги, музликлар майдони, музликлар деградацияси.

GLACIOLOGICAL RESEARCH IN THE PSKEM RIVER BASIN

L.M. KARANDAEVA¹, S.V. KARANDAEV¹, T.V. KUDYSHKIN¹,
M.A. PETROV², YU.A. TARASOV¹, G.U. UMIRZAKOV^{1,3}¹ Hydrometeorological Research Institute, karan.serg@rambler.ru² Institute of Geology and Geophysics named after H.M. Abdullaeva,³ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Abstract. *This article is devoted to a review of glaciological research in the Pskem river basin.*

First information about the glaciers of the Pskem river basin was published by D.L.Ivanov in 1886 on his Talas Alatau research. The first "Catalog of glaciers of Central Asia" was created by N.L.Korzhenevsky in 1930. This Catalog contained information about 45 known glaciers of the Pskem river basin. In 1960-1962 catalogization of the Pskem glaciers was performed by Uzhymet. However, the number of glaciers in the Pskem basin was artificially underestimated, since glaciers with an area of less than 0.3 km² were not included. Clarification of the size of glacial covering in the Pskem river basin was accomplished by A.S.Shetinnikov in 1968 when compiling the «Catalog of glaciers of the USSR». In that catalog, 250 glaciers with a total area of 127.8 km² were identified in the Pskem river basin. A team of employees of the department of glaciology of NIGMI made an assessment of the current state of glaciation in mountainous regions of Uzbekistan. The total area of glaciers in the Pskem river basin according to 2010 data is 102.52 km², the number of glaciers is 262.

Currently, HMRI is conducting research within the framework of the project «Development of monitoring systems and technologies of mass balance changes in the mountain glaciers and characterizing their future state under global climate change», which is a continuation of CATCOS and CICADA international projects.

Keywords: *Pskem river basin, glacier, glaciological research, catalog of glaciers, total glacier area, degradation of glaciers, projects.*

REFERENCES

Glazirin G.E., Shetinnikov A.S. Sovremennoe i vozmojnoe budushee izmenenie oledeneniya zapadnogo Tyan-Shanya [Current and possible future changes in the glaciation of the Western Tien Shan] // SANIGMI Issues. – 2001. – Vol. 161(242). – S. 5-14. (in Russian)

Glazirin G.E. Svedeniya o sisteme gidrometeorologicheskogo monitoringa v Uzbekistane. Snejno-ledovie i vodnie resursi visokih gor Azii [Information about the hydrometeorological monitoring system in Uzbekistan. Snow-ice and water resources of the high mountains of Asia]. Materiali mejdunarodnogo seminara «Otsenka snejno-ledovix i vodnix risursov Azii», Almati, Kazaxstan, 28-30 noyabrya 2006 g. (in Russian)

Ivanov D.L. Poezdka v Alatau v 1879 g [Trip to Alatau in 1879]. – Gazeta «Turkestanskije vedomosti», 1880, № 8, 10, 13, 14, 16. (in Russian)

Ivanov D.L. Verhovya sistemi Talsskogo Alatau [Upper reaches of the Talas Alatau system]. – «Izv. IRGO», 1881, T. 17, Vol. 3, S. 193-198. (in Russian)

Kanaev L.A., Konovalov V.G. Nekotore novie dannie ob oledenanii basseyna r. Pskem [Some new data on glaciation of the Pskem River basin]. «Izv. Uz. Filiala VGO», 1961, № 5, S. 113-119. (in Russian)

Kanaev L.A. Sovremennoe oledenenie basseyna r. Pskem. [Current glaciation of the Pskem River basin] // Trudy SANIGMI, 1966, Vol. 27(42), S. 35-46. (in Russian)

Kanaev L.A. i dr. Rezultati nablyudeniy za sostoyaniem lednikov Uzbekistana [Results of observations on the states of glaciers in Uzbekistan] // Trudy SANIGMI, 1967, Vol. 30(45), S. 3-18. (in Russian)

Karandaeva L.M. Otsenka sovremennogo oledeneniya basseyna reki Pskem po dannim ASTER TERRA [Assessment of current glaciation of the Pskem River basin according to ASTER TERRA] // Trudy NIGMI. – 2004. – Vol. 3(248). – S. 96-10. (in Russian)

Korzhenevskiy N.D. Katalog lednikov Sredney Azii [Catalog of glaciers of Central Asia]. Tashkent, 1930, 200 s. (in Russian)

Korjenevskiy N.D. Katalog lednikov SredneyAzii [Catalog of glaciers of Central Asia]. – Gidrometfond UGMS Uzb.SSR, Tashkent, 1936 (rukopis'). (in Russian)

Kudishkin T.V., Tarasov Yu.A., Yakovlev A.V. Izmenenie oledneniya rechnih basseynov s preobladaniem malih lednikov vo vtoroy polovine XX – nachale XXI veka [Changes in glaciation of river basins with the predominance of small glaciers between the second half of the XX and beginning of the XXI century] Jurnal «Voprosi geografii i geologii» № 4, Kazaxstan, Almati, 2014 g. S. 45-54. (in Russian)

Leonov G.B. Ledniki v Talasskom Alatau [Glaciers in the Talas Alatau]. – «Izv. TORGO», 1898, T. 1, Vol. 1, S. 35-69. (in Russian)

Mushketov I V. Turkestan, T. 1. Geologicheskoe i orograficheskoe opisanie po dannim, sobrannim vo vremya puteshestviy s 1874 po 1880 g. [Turkestan, Vol. 1 Geological and orographic description based on data collected during travels from 1874 to 1880] – SPb, 1886, – 741 s. (in Russian)

Rukovodstvo po sostavleniyu Kataloga lednikov SSSR [Guidelines for creating the Catalog of Glaciers of the USSR]. – L.: Gidrometeoizdat, 1966, 154 s. (in Russian)

Fedchenko B.A. Poezdka v Zapadnyy Tyan-Shan dlya izucheniya lednikov Talasskogo Alatau [Trip to the Western Tien Shan to study the glaciers of the Talas Alatau]. – «Izv. RGO», 1898, Vol. 4, T. 34, S. 403-423. (in Russian)

Fedchenko B.A. V Zapadnom Tyan-Shane letom 1902 g [In the Western Tien Shan in the summer of 1902]. – «Izv. RGO», 1903, T. 39. (in Russian)

Xasanshina G.Z. O formas lednikovogo relefa v bassejne reki Pskem Talasskogo Alatau. [On the forms of glacial relief in the Pskem river basin of the Talas Alatau] – Trudy SAGU, Tashkent, 1964, Vol. 50, S. 23-42. (in Russian)

Tsaryov B.K. Glyatsiologicheskie issledovaniya v NIGMI (k 50-letiyu NIGMI) [Glaciological research in NIGMI (on the 50th anniversary of NIGMI)] // Trudy NIGMI. – 2007. – Vol. 8(258). – S. 101-144. (in Russian)

Shkapskiy O.A. Dve poezdki v gori Tashkentskogo uезда [Two trips to the mountains of Tashkent county]. – «Izv. RGO», 1906, T. 42, S. 1-17. (in Russian)

Shetinnikov A.S., Podkopaeva L.D. Katalog lednikov SSSR [Catalog of glaciers of the USSR], T. 14, Vol. 1, Ch. 1 – bassen r. Pskem. L.: Gidrometeoizdat, 1968, 48 s. (in Russian)

Shetinnikov A.S. Ledniki basseyna reki Pskem [Glaciers of the Pskem River basin]. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 120 s. (in Russian)

Shults V.L. Nekotore voprosi usileniya tayaniya snega [Some issues of increasing snowmelt]. – «Izv. AN UzSSR», ser. texn. nauk, Tashkent, 1958, № 2, S. 63-72. (in Russian)

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

МУҲОКАМА / ДИСКУССИЯ / DISCUSSION

УДК: 551.583

**ОТНОШЕНИЕ К СТАТЬЕ Б.А. КАМОЛОВА
«О «КЛИМАТЕ» И ПАРНИКОВОМ ЭФФЕКТЕ»****М.Л. АРУШАНОВ¹**¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, mikl-arushanov@rambler.ru

Аннотация. В статье даётся ответы на критические замечания работ М.Л. Арушанова, в которых утверждается определяющая роль внешних естественных факторов на наблюдаемый положительный тренд температуры, а антропогенные факторы являются вторичными. Обосновывается введённое количественное (объективное) определение климата, основанное на динамике производства энтропии открытой термодинамической системы. Показано, следуя академику О.Г. Сорохтину, что трактуемый в метеорологии парниковый эффект, как основная причина наблюдаемого потепления, совершенно не соответствует физике этого явления, перенесённого в открытую термодинамическую систему, где в отличие от оранжерейного эффекта с преобладанием радиационного теплообмена, определяющим является конвективный теплообмен.

Ключевые слова: климат, открытая термодинамическая система, теорема Пригожина, конвективный теплообмен, солнечная постоянная, вариации солнечной активности, числа Вольфа.

Введение. Профессор Б.А. Камолов обращаясь к очень актуальной теме, касающейся определению климата и «парникового эффекта» – одного из факторов, представляющего одну из составляющих динамики климата, попытался изложить в работе [Камолов, 2021] свои взгляды на данную проблему. Данное изложение в своей большей части построено на критическом подходе к работам М.Л.Арушанова [Арушанов, 1994, 2002, 2003, 2006, 2010, 2012, 2014, 2017, 2021], посвящённых аналогичной тематике, в которых не просто декларируется определяющая роль естественных внешних и внутренних факторов, но строго обосновываются на основании выполненных численных экспериментах, в которых приводится количественная оценка солнечно-гелиогеофизических связей на основе современных количественных методах корреляционного, спектрального, вейвлет и фрактального анализов в совокупности с причинным анализом.

Принимая критические замечания в сторону моих исследований, я необходимо вынужден на них ответить, несмотря на то, что, по сути, приведённая в статье Б.А.Камолова критика в большей мере носит риторические высказывания и не более того.

Определение климата. Во введении Б.А.Камолов приводит существующие классические определения климата, выделенные в моих работах [Арушанов, 2010, 2012, 2014]. Мною, исходя из того факта, что все классические определения климата основаны на том или ином усреднении гидрометеорологических величин на определённом периоде времени, делается вывод, что количественная объективная, физически (а не статистически) обоснованная характеристика климата, как такового, и его динамики в связи с многочисленными факторами, в этих определениях отсутствует. Встаёт вопрос «Что является определяющим в формализации понятия «климат?». Поскольку формирования климата связано с многочисленными факторами, как внешними (астрономическими), так и внутренними геофизическими (глобальными – температура

океана, локальные – орографическими особенностями и пр.), то определяющую роль в формировании атмосферных процессов играют термодинамические процессы, увязанными движением Земли по орбите и её вращением вокруг оси, т.е. климат – это прежде всего система, а учитывая сказанное – открытая неравновесная термодинамическая система – развивающейся раздел современной физики, основоположниками которого являются лауреаты нобелевской премии И.Пригожин – за работы по неравновесной термодинамике, диссипативных структур, де Гроота, Р.Л. Мёссбауэра и др. На то, что к климатической системе надо подходить с позиций неравновесной термодинамике обратил внимание ещё в 1984 г. С.Эссекс [Essex, 1984]. Основываясь на работах по неравновесной термодинамике [Гленсдорф, Пригожин, 1973; Де Гроот, Мазур, 1964; Пригожин, 1985], мною, после выполнения численных экспериментов по исследованию динамики производства энтропии климатической системы [Арушанов, 2010, 2014, 2021] было дано количественное определение климата: *«Климат - это открытая, периодически меняющаяся термодинамическая система, сохраняющая состояние стационарности или близкое к нему с постоянным значением производства энтропии на определённых интервалах времени»*. По поводу этого определения Б.А.Камолов пишет [Камолов, 2021]: *«Если от его определения убрать слово «климат», то трудно понять, о чем речь»*. – Совершенно откровенное признание неосознания глубинных оснований, касающихся понимания смысла термодинамической системы. Б.А.Камолов предлагает дополнить, следуя Б.П.Алисову [Алисов, Полтараус, 1974] данное мною определение словами из определения Б.П.Алисова *«... земной поверхности, формирующаяся под влиянием радиационных, гидротермических, механических и других воздействий»*. При этом, исключая тот факт, что открытая термодинамическая климатическая система неотъемлемо включает в себя перечисленные Б.П.Алисовым субстанции («масло – масленое»).

Поясню сказанное. Открытая термодинамическая система – это, прежде всего, система, которая обмениваться с окружающей средой энергией, веществом и импульсом. Одного этого уже достаточно, чтобы климат отнести к термодинамической системе. Фраза в работе Б.А.Камолова [Камолов, 2021] *«... если убрать слово климат, то трудно понять, о чем речь»* абсолютно бессмысленна, равно как, если из определения «сила – степень проявления чего-либо» убрать слово «сила», т.е. по Б.А.Камолову в определении физической субстанции название самой субстанции не важно. Однако, в определённом смысле, Б.А.Камолов прав. Действительно, **грамотный** метеоролог или климатолог, прочтя теорему Пригожина [Пригожин, 1960]: *«При данных внешних условиях, препятствующих достижению открытой термодинамической системы равновесного состояния, стационарному состоянию системы соответствует квазипостоянное минимальное производство энтропии»*, не встретивши там слово «климат», тем не менее, сразу обратит внимание на аналогию с динамикой климатической системы: на определённых периодах времени климатическая система находится около некоторого среднего состояния, затем в течении определённого периода переходит в другое и т.д., а периоды перехода определены в различных областях спектра колебаний системы, что отмечено в определениях академика А.С.Монина и профессора Д.М.Сонечкина [Монин, 1969, 1979; Монин, Сонечкин, 2005]. Компетентность учёного как раз и проявляется в таких деталях – **увидеть в базисных понятиях существо конкретной проблемы**. Таким образом, производство энтропии является количественным (объективным) показателем состояния климатической системы.

Главнейшей термодинамической характеристикой является параметр состояния – температура*. В термодинамической системе число независимых параметров состояния

* Отметим, что в климатической системе температура – основной параметр.

равно числу степеней свободы, поэтому остальные параметры могут быть выражены через независимые с помощью уравнения состояния – центральное уравнение в математических моделях климата (модели общей циркуляции атмосферы и океана) [Манабе, Стриклер, 1967].

В определении климата у А.С.Монина [Монин, 1969] фигурирует слово «ансамбль». Вообще говоря, под ансамблем понимается не просто множество состояний, но и некоторая вероятностная мера, заданная на этом множестве. Другими словами, должна быть некоторая количественная характеристика, дающая оценку того, что система может находиться на некотором подмножестве данного множества, т.е. из гипотетически всех возможных состояний – принимать одно из них. В качестве такой количественной меры и предлагается использовать производство энтропии.

Солнечная постоянная. Б.А.Камолов, разделяет скептическое мнение А.С.Монина [Монин, 1979] о роли вариаций солнечной активности в динамике климатической системы на больших периодах. Пытаясь его обосновать, приводит пример 50-летней давности оценки А.С.Мониным колебаний солнечной постоянной в пределах ошибки измерений. Далее, опираясь на несопоставимые графики временных рядов годового интегрального потока интенсивности радиации на планету (взятой из моей работы из раздела, касающегося производства энтропии) и среднемесячных значений чисел Вольфа, утверждает, исходя из визуального сравнения построенных графиков, что никакой связи между ними не существует. Такие расчёты в публикации недопустимы. Но давайте по порядку, расставив всё на свои места.

Высокоточные измерения солнечной постоянной начали с конца 70-х годов прошлого столетия. Оказалось, что кривые 11-летних вариаций уровня активности и величины солнечной постоянной коррелированы ($r=0,82\pm 0,07$) [Абдусаматов, 2003, 2005, 2009] и, более того, уровни активности (числа Вольфа) причинно обусловлены вариациями солнечной постоянной ($\gamma < 1$) [Арушанов, 2014]. Здесь цепь причинно-следственных переходов связана звеньями: «вариации гравитационного взаимодействия планет и Солнца → вариации солнечной постоянной → вариации солнечной активности (числа Вольфа) → динамика климатической системы». На рис. 1 приведены графики временных рядов солнечной постоянной, полученной на основании высокоточных измерений [Fruhlich, 1978] и чисел Вольфа, охватывающие 21-23 летние циклы солнечной активности.

Б.А.Камолов в качестве опровержения выше представленных доводов приводит временной ход среднемесячных чисел Вольфа в сопоставлении с годовым *распределением интенсивности интегрального потока солнечной радиации*, рассчитанной по модели Манабе [Манабе, Стриклер, 1967], в которой солнечная постоянная входит как константа (эта модель мною было использовано для расчёта производства энтропии). На основании, в принципе, несопоставимых графиков, Б.А.Камолов делает вывод, что это сопоставление «показывает отсутствие какого-либо направленного изменения солнечной активности». Во-первых, о каком «направленном изменении» идёт речь непонятно, (возможно о тренде), во-вторых, что намного существеннее, как можно сравнивать среднемесячные значения чисел Вольфа с интегральной характеристикой годового потока интенсивности солнечной радиации на планету?

Совершенно не разобравшись о чём идёт речь, уважаемый профессор, пытаясь обосновать неизменность солнечной постоянной приводит два несопоставимых графика и выносит вердикт.

Парниковый эффект. Трактовка Б.А.Камолова парникового эффекта применительно к атмосфере, как и некоторых других учёных, принципиально

классическая – оранжерейный эффект переносится на атмосферу с преобладанием радиационного теплообмена. Последнее представляет ошибочное утверждение. Покажем это [Сорохтин, 2008].

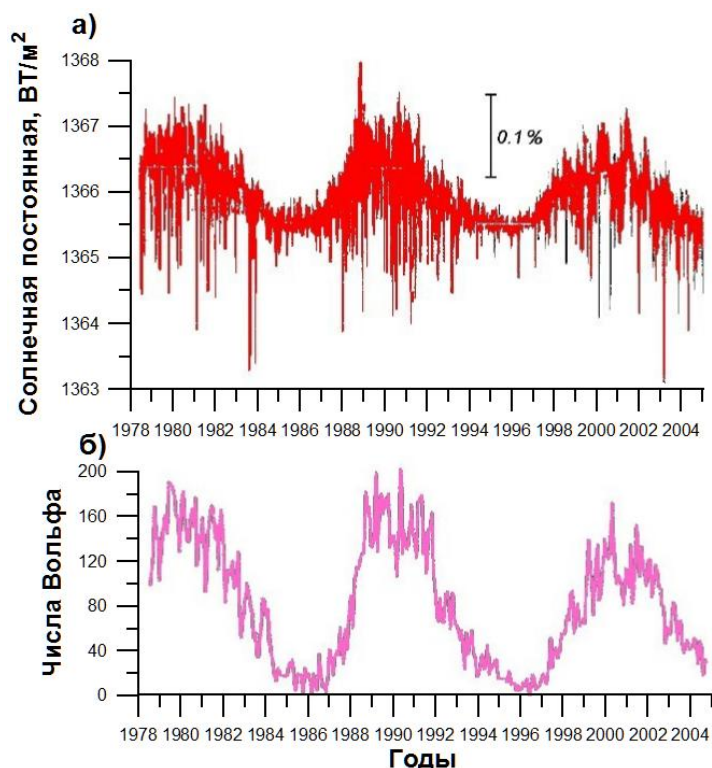


Рис. 1. Временной ход солнечной постоянной (а) [Fruhlih, 1978] и чисел Вольфа (б) в 21-23 летних циклах солнечной активности

Fig. 1. Time variation of the solar constant (a) [Fruhlih, 1978] and Wolf numbers (b) in 21-23 cycles of solar activity

Наиболее характерное состояние атмосферы – убывание плотности воздуха с высотой. Поэтому, в пределах тропосферы с ещё относительно высокой плотностью воздуха, среднее распределение температуры близко к адиабатическому (отсутствуют источники и стоки, т.е. $dQ=0$, Q – количество тепла). Последнее означает термодинамический процесс, при котором изменение температуры обусловлено только расширением и охлаждением воздуха при его подъёме, подчиняющееся закону Пуассона

$$T = T_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}}, \quad (1)$$

где $\chi = \frac{c_p}{c_v} = 0,2558$, c_p , c_v – теплоёмкость воздуха при постоянном давлении и объёме, соответственно.

В толще тропосферы атмосферные процессы, как правило (за исключением случаев, связанных с инверсией), соответствуют уравнению (1). Поэтому в тропосфере в процессе теплообмена доминирует конвективная составляющая, а радиационная представляет доминанту в верхних слоях атмосферы. Таким образом, принимая во внимание, что подавляющее количество парниковых газов находится в тропосфере,

определяющим в процессе разогрева атмосферы с участием парниковых газов является конвективный теплообмен. К сожалению этот чрезвычайно простой вывод, по непонятным не только мне причинам, игнорируется рядом учёных, в который входит и Б.А.Камолов.

Антропогенная причина потепления. Как заблуждения, описанные выше, Б.А.Камолов утверждает, что я в своих работах отрицаю роль антропогенного фактора в наблюдаемом потеплении, оскорбительно изменяя мой подход: «*Их авторы (в том числе и я), может быть в угоду правителям и олигархам, всегда желающим получить большие выгоды, сжигая как можно больше топлива во вред экологии, стараются объяснить потепление естественными причинами*» [Камолов, 2021]. Это же надо такое придумать (!) – всё перевернуто с ног на голову, имея ввиду проведённую в прошлом магнатами аферу с фреоном и «озоновыми дырами», упомянутую в моей работе [Арушанов, 2010].

Что касается антропогенного фактора, влияющего на изменения климата, то я в своих работах ни одной строчкой не отметил, что антропогенная нагрузка не влияет на наблюдаемое глобальное потепление. Либо намерено, либо, как в случае с утверждением постоянства в пределах ошибок измерений «солнечной постоянной», Б.А.Камолов не замечает, что основная моя предпосылка – не отрицание влияния антропогенной составляющей, а признание главенствующей роли естественной составляющей. При этом моя позиция основывается не на риторике, как позиция Б.А.Камолова, а на количественной оценке вклада естественной и антропогенной составляющих [Арушанов, 2010] – табл. 1. В этой таблице приведены оценки вклада естественной и антропогенной составляющих на основе рассмотрения тропических циклонов (ТЦ), как механизма с обратной связью стока тепла из атмосферы в океан и вариаций глобальной яркостной температуры, связанные с вариациями полного альbedo Земли, а также вариаций парниковых газов. Как видно из таблицы вклад естественных стохастических факторов на порядок превосходит энергетический эквивалент антропогенного фактора. Кроме того, поступающая от Солнца на планету энергия в 10 тысяч раз больше потребляемой на планете человеком энергии, а энергия среднего тропического циклона (10^{17} Дж) превосходит, вырабатываемую человечеством на три порядка. Из соотношения энергии Природы и вырабатываемой человечеством энергии прямо следует, что в силу самоорганизующегося начала Природы естественные процессы в наблюдаемом потеплении в настоящее время занимают лидирующую позицию. Это не означает, что в последующее время, это соотношение сохранится и лидирующую позицию не займет антропогенная составляющая. С этой точки зрения принимаемые меры по борьбе с выбросами (не без игнорирования материальной выгоды определёнными государствами), по-видимому, имеют право на существование.

Таблица 1

Вклад ($Вт/м^2$) вариаций естественных и антропогенных процессов в формирования глобальной температуры приземного воздуха атмосферы

Table 1

Contribution (W/m^2) of variations in natural and anthropogenic processes to the formation of global surface air temperature atmosphere

Составляющие радиационного воздействия, $Вт/м^2$		
Альbedo	Поток тропических циклонов	Парниковые газы
10,3	4,4	2,1

Заключение. Профессор Б.А.Камолов, весьма уважаемый человек, не только имеет полное право, но как высококвалифицированный учёный обязан иметь свою позицию на ту или иную научную проблему. Однако, отстаивая свои взгляды, тем более в такой непростой проблеме как причины изменчивости климатической системы, в качестве пожелания, советую отстаивать своё видение проблемы не риторически, а опираясь на законы физики и количественные оценки.

ЛИТЕРАТУРА

- Абдусаматов Х.И.* Скоординированные вариации диаметра, активности и светимости Солнца и эксперимент «Измерение вариаций и формы диаметра Солнца» на борту российского сегмента МКС // Петербургские фрагменты научной картины мира. – СПб.: Вып. 2., 2003. – С. 8-20.
- Абдусаматов Х.И.* Солнце определяет климат. – М.: «Наука и жизнь», №1, 2009. – С.34-40.
- Абдусаматов Х.И.* О долговременных вариациях потока интегральной радиации и возможных изменениях температуры в ядре Солнца // Кинематика и физика небесных тел. Т. 21, №6. 2005. – С. 471-477.
- Алисов Б.П., Полтаргаус Б.В.* Климатология. – М.: Изд. МГУ, 1974. – 299 с.
- Арушанов М.Л.* О необходимости учета эффектов причинной механики в гидродинамических моделях прогноза и климата // Доклады АН РУ, №6, 2002. – С. 28-29.
- Арушанов М.Л.* Радиационная негэнтропия и солнечно-атмосферные связи / «Математическое моделирование и вычислительный эксперимент». Республиканская научная конференция. 25-27 марта, 2002. – Ташкент. – С. 27-36.
- Арушанов М.Л., Коротаев С.М.* Причинный анализ и его применение для изучения физических процессов в атмосфере // Метеорология и гидрология. №6, 1994. – С. 15-22.
- Арушанов М.Л.* Климатический спектр планеты Земля. – Ташкент: Узгидромет, 2010. – 160 с.
- Арушанов М.Л.* Естественные причины современного изменения климата планеты. – Hamburg, LAMBERT Academic Publishing (LAP), 2012. – 170 с.
- Арушанов М.Л.* Гравитация, солнечная активность, вращение Земли – индикаторы погоды на длительные сроки. – Ташкент: Узгидромет, 2014. – 151 с.
- Арушанов М.Л.* Предикторы погоды на длительные сроки. – Hamburg, LAMBERT Academic Publishing (LAP), 2014. – 190 с.
- Арушанов М.Л., Горячев А.М.* Эффекты причинной механики в метеорологии. – Ташкент: Узгидромет, 2003. – 103 с.
- Арушанов М.Л.* Следствия причинной механики в геофизике и метеорологии. – Hamburg, LAMBERT Academic Publishing (LAP), 2012. – 130 с.
- Арушанов М.Л., Жумаев У.* Особенности пространственно-временного распределения климатической энергии циркуляции атмосферы в северном и южном полушариях // Труды Гидрометцентра России. Вып. 366. 2017. – С. 144-137.
- Арушанов М.Л.* Объективная конструкция понятия «климат» // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. №1. 2021. – С. 11-19.
- Гленсдорф П., Пригожин И.* Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. – М.: Мир, 1973. – 280 с.
- Де Гроот С., Мазур П.* Неравновесная термодинамика. – М.: Мир, 1964. – 456 с.
- Камолов Б.А.* О «климате» и парниковом эффекте // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. №3. 2021. – С. 8-17.
- Манабе С., Стриклер Р.Ф.* Термическое равновесие в атмосфере с учётом конвекции // Теория климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – С. 61-104.
- Монин А.С.* История климата. – М.: Гидрометеоздат, 1979. – 407 с.
- Монин А.С.* Прогноз погоды, как задача физики. – М.: Наука, 1969. – 184 с.
- Монин А.С., Сонечкин Д.М.* Колебания климата по данным наблюдений: тройной солнечный и другие циклы. – М.: Наука, 2005. – 191 с.
- Пригожин И.* От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985. – 327 с.

Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. – М.: R&C. 1960. – 160 с.

Сорохтин О.Г. Адиабатическая теория парникового эффекта // Институт океанологии им. Ширшова РАН. 2008. – 19 с.

Arushanov M.L. Addressing the necessity of the registration of the effects of causal mechanics in the example of a simple barotropic model of the atmosphere // J. Meteorology and Atmospheric Physics. Volume 92, Issue 1-2. 2006. – PP. 12-22.

Essex C. Radiation and irreversible thermodynamics of climate // Journal of the Atmospheric Sciences, 12, – PP. 1985-1991.

Fruhlich C. Solar Constant // www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant. – 1978.

Б.А. КАМОЛОВНИНГ «ИҚЛИМ ВА ИССИҚХОНА ЭФФЕКТИ ҲАҚИДА» МАҚОЛАСИГА МУНОСАБАТ

М.Л. АРУШАНОВ¹

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

Аннотация. Мақолада М.Л.Арушановнинг илмий ишларида илгари сурилган ижобий ҳарорат тенденциясида таиққи табиий омилларнинг ҳал қилувчи аҳамияти тасдиқланганлиги ва антропоген омиллар иккинчи даражали бўлганлиги тўғрисидаги танқидий фикрларга жавоб берилган. Очиқ термодинамик тизимнинг энтропия ишлаб чиқариши динамикасига асосланган иқлимнинг миқдорий (объектив) таърифи асосланади. Академик О.Г.Сорохтиннинг фикрига таяниб, метеорологияда кузатилаётган исининг асосий сабаби сифатида талқин қилинган иссиқхона эффекти очиқ термодинамик тизимга ўтказилганда ушбу ҳодиса физикасига умуман тўғри келмаслиги кўрсатилган. Бундай тизимда радиацион иссиқлик узатилиши устунлик қилувчи иссиқхона эффектидан фарқли равишда ҳал қилувчи омил конвектив иссиқлик алмашинуви ҳисобланади.

Калит сўзлар: иқлим, очиқ термодинамик тизим, Пригожин теоремаси, конвектив иссиқлик узатилиши, қуёш доимийси, қуёш фаоллиги ўзгариши, Вольф сонлари.

OPINION ON B.A. KAMALOV'S ARTICLE «ABOUT CLIMATE AND GREENHOUSE EFFECT»

M.L. ARUSHANOV¹

¹Hydrometeorological Research Institute, mikl-arushanov@rambler.ru

Abstract. The article provides answers to the criticisms of the works of M.L.Arushanov, in which the decisive role of external natural factors on the observed positive temperature trend is affirmed, and anthropogenic factors are secondary. The introduced quantitative (objective) definition of climate based on the dynamics of entropy production of an open thermodynamic system is substantiated. It is shown, following academician O.G.Sorokhtin, that the greenhouse effect interpreted in meteorology, as the main cause of the observed warming, does not correspond at all to the physics of this phenomenon, transferred to an open thermodynamic system, where, in contrast to the greenhouse effect with a predominance of radiative heat exchange, convective heat transfer is decisive.

Keywords: climate, open thermodynamic system, Prigozhin's theorem, convective heat transfer, solar constant, solar activity variations, Wolf numbers.

REFERENCE

Abdusamatov H.I. Skoordinirovannye variatsii diametra, aktivnosti i svetimosti Solntsa i eksperement «Izmerenie variatsii i formi diametra Solntsa» na bortu rossiiskogo segmenta MKS [Coordinated variations in the diameter, activity and luminosity of the Sun and the experiment "Measurement of variations and shape of the diameter of the Sun" on board the Russian segment of the ISS] // St. Peterburgskie fragmenty nauchnoy kartiny mira. – SPb.: Vip. 2, 2003. – S. 8-20. (in Russian)

Abdusamatov H.I. Solntse opredelyaet klimat [The sun determines the climate]. – M.: «Nauka i jizn», №1, 2009. – S. 34-40. (in Russian)

Abdusamatov H.I. O dolgovremennih variatsiyah potoka integralnoy radiatsii i vozmojnih izmeneniyah temperaturi v yadre Solntsa [On long-term variations in the flux of integral radiation and possible changes in temperature in the core of the Sun] // Kinematika i fizika nebesnyh tel, T. 21. №6. 2002. – S. 28-29. (in Russian)

Alisov B.P., Poltarau B.V. Klimatologiya. – M.: Izd. MGU, 1974. – 299s. (in Russian)

Arushanov M.L. O neobходимosti uchota effektov prichinnoy mehaniky v gidrodinamicheskikh modelyakh prognoza i klimata [On the need to take into account the effects of causal mechanics in hydrodynamic models of forecast and climate] // Doklady AN RUz, 2002. – S. 28-29. (in Russian)

Arushanov M.L. Radiatsionnaya negentropiyai Solnechno-atmosfernoy svyazi [Radiation negentropy and solar-atmospheric relations] // «Matematicheskoe modelirovanie i vychislitelny eksperement» Respublikanskaya nauchnaya konferensya. 25-27 marta, 2003. – Tashkent. – S. 27-36. (in Russian)

Arushanov M.L., Korotaev S.M. Prichynny analiz i ego primeneniye dlya izucheniya atmosfernih protsessov [Causal analysis and its application for the study of physical processes in the atmosphere] // Meteorologiya i gidrologiya, 1994. – S. 15-22. (in Russian)

Arushanov M.L. Klimaticheskii spektr planety Zemlya [Climatic spectrum of the planet Earth]. – Tashkent: Uzhydromet, 2010. – 160 s. (in Russian)

Arushanov M.L. Estestvenniye prichini sovremennogo izmeneniya klimata planeti [Natural causes of modern climate change of the planet]. – Hamburg, LAMBERT Academic Publishing (LAP), 2012. – 170 s. (in Russian)

Arushanov M.L. Gravitatsiya, solnechnaya aktivnost, vrashenie Zemly – indikatory pogodi na dlitelnie sroki [Gravity, solar activity, Earth rotation - weather indicators for long periods]. – Tashkent: Uzhydromet, 2014. – 151 s. (in Russian)

Arushanov M.L. Prediktori pogody na dlitelnye sroki [Long-term weather predictors]. – Hamburg, LAMBERT Academic Publishing (LAP), 2014. – 190 s. (in Russian)

Arushanov M.L., Gorychev A.M. Effekti prichinnoy mehaniki v meteorologii [Effects of Causal Mechanics in Meteorology]. – Tashkent: Uzhydromet, 2003.–103 s. (in Russian)

Arushanov M.L. Sledstviya prichinnoy mehaniki v geofizike i meteorologii [Consequences of Causal Mechanics in Geophysics and Meteorology]. – Hamburg, LAMBERT Academic Publishing (LAP), 2012. – 130 s. (in Russian)

Arushanov M.L., Jumaev U. Osobennosti prostranstvenno-vremennogo raspredeleniya klimaticheskoy energy cirkulyatsii v severnom i yuzhnom polushary [Features of the spatial-temporal distribution of the climatic energy of atmospheric circulation in the northern and southern hemispheres] // Trudy Gydrometsentra Rossii, Vyp. 366.2017. –S. 144-137. (in Russian)

Arushanov M.L. Obektivnaya konstruktsiya ponyatiya «klimat» [Objective construction of the concept of «climate»] //Gidrometeorologiya i monitoring okruzhayushey sredy, №1. 2021. – S. 8-17. (in Russian)

Glensdorf P., Prigogine I. Termodinamicheskaya teoriya strukturi, ustoychivosti i fluktatsiy [Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations]. – M.: Mir, 1973. –280 s. (In Russian)

De Groot S., Mazur P. Neravnovesnaya termodinamika [Nonequilibrium thermodynamics]. – M.: Mir, 1964. – 456 s. (in Russian)

Manabe S., Strickler R.F. Termicheskoe ravnovesie v atmosfere s uchotom konveksii [Thermal equilibrium in the atmosphere taking into account convection] // Teoriya klimata. – L.: Gidrometeoizdat, 1967. –S. 61-104. (in Russian)

Monin A.S. Istoriya klimata [History of climate]. – M.: Gidrometeoizdat, 1979. – 407 s. (in Russian)

Monin A.S. Prognoz pogodi kak zadacha fiziki [Weather forecast as a problem in physics]. – M.: Nauka, 1969. – 184 s. (in Russian)

Monin A.S., Sonechkin D.M. Kolebaniya klimata po dannim nablyudeniya: troynoy solnechniy i drugie tsikli [Climate fluctuations according to observational data: triple solar and other cycles]. – M.: Nauka, 2005. – 191 s. (in Russian)

Prigogin I. Ot sushestvuyushogo k voznikayushemu [From existing to emerging]. – M.: Nauka, 1985. – 327 s. (in Russian)

Prigogin I. Vvedeniye v termodinamiku neobratimih protsessov [Introduction to the thermodynamics of irreversible processes]. – M.: R&C. 1960. – 160 s. (in Russian)

Sorohtin O.G. Adiabaticheskaya teoriya parnikovogo effekta [Adiabatic theory of the greenhouse effect] // Institut okeanologii im. Shirshova RAN. 2008. – 19 s. (in Russian)

ХОТИРА ВА ЮБИЛЕЙЛАР / ХРОНИКА И ЮБИЛЕИ / CHRONICLE AND ANNIVERSARIES



ЭГАМБЕРДИЕВ ХАМРОҚУЛ ТУРСУНҚУЛОВИЧ – 60 ЁШДА!

Эгамбердиев Хамроқул Турсунқулович 1961 йил 5 ноябрда Тошкент шаҳрида таваллуд топган. У 1984 йилда Тошкент давлат университети (ТошДУ)ни муваффақиятли тугатиб, 1984-1990 йилларда ТошДУ Физика факультети Атмосфера физикаси кафедрасида муҳандис, 1990-1991 йилларда кичик илмий ходим, 1992-1994 йилларда ассистент, 1994-1996 йилларда катта ўқитувчи, 1996-2000 йилларда Атмосфера физикаси кафедрасида доцент вазифасини бажарувчи, 2002-2006 йилларда Атмосфера физикаси кафедраси мудири, 2005-2012 йилларда Умумий физика, физикани ўқитиш услуги ва атмосфера физикаси кафедраси доценти, 2012-2013 йилларда Умумий физика кафедраси доценти, 2013-2019 йилларда Астрономия ва атмосфера физикаси кафедраси доценти, 2019-2021 йилларда Астрономия ва атмосфера физикаси кафедраси профессори вазифасини бажарувчи лавозимларида ишлаган, 2021 йилдан ҳозирги кунга қадар Гидрометеорология факультети Метеорология ва иқлимшунослик кафедраси мудири лавозимида ишлаб келмоқда.

Х.Т.Эгамбердиев 1995 йилда 11.00.01 – Табиий география ва 11.00.09 – Метеорология. Иқлимшунослик. Агрометеорология ихтисосликлари бўйича география фанлари номзоди илмий даражасини олиш учун “Ўзбекистонда қуёш энергияси ресурсларини антропоген омиллар ҳисобга олинган тақсимланиш хусусиятлари” мавзусида номзодлик ҳамда 2019 йилда 11.00.04 – Метеорология. Иқлимшунослик. Агрометеорология ихтисослиги бўйича география фанлари доктори (DSc) илмий даражасини олиш учун “Ўзбекистонда антропоген омилларни ҳисобга олган ҳолда атмосфера тиниклигининг қуёш энергияси ресурсларига таъсири” мавзусида докторлик диссертацияларини ҳимоя қилган. 2005 йилда Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси қарори билан унга доцент илмий унвони берилган.

Х.Т.Эгамбердиев иш фаолиятида 100 дан ортиқ ўқув адабиётлари, илмий мақолалар чоп эттирган. Унинг ҳаммуаллифлигида 17 та ўқув адабиётлари, шу жумладан 7 та дарслик, 10 та ўқув қўлланмалар чоп этилган. Х.Т.Эгамбердиев томонидан яратилган 12 та карта Ўзбекистон Миллий атласига киритилган.

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.27/30.12.2019.Gr.47.01 рақамли ва Самарқанд давлат университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/30.12.2019.Gr.02.07 рақамли Илмий кенгашлар аъзоси.

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.27/30.12.2019.Gr.47.01 рақамли Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси ўринбосари. Ўзбекистон миллий университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Gr.01.06 рақамли илмий кенгаш қошидаги 11.00.01 – Табиий география, 11.00.02 – Иқтисодий ва ижтимоий география ихтисосликлари бўйича илмий семинар аъзоси.

Х.Т.Эгамбердиев республика миқёсида бажарилган қатор грантларда иштирок этиб келмоқда, Ўзбекистон Республикаси Инновацион ривожланиш вазирлиги ҳузуридаги “Ер ҳақидаги фанлар” Илмий-техник кенгаши аъзоси ҳисобланади.

Х.Т.Эгамбердиев университет жамоаси ва мутахассислар орасида ҳалол меҳнати ва олийжаноб фазилатлари боис ҳурмат-эътибор қозонган. У ҳар ишда ташаббускор, тўғрисиўз, касбдошларига меҳрибон ва ғамхўр, хушмуомала, камтар, касбига меҳр билан муносабатда бўлади. Оилали, уч нафар фарзанди бор.

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти ҳамда Ўзбекистон Миллий университети Гидрометеорология факультети жамоалари Ҳамроқул Турсункуловични таваллудининг 60 йиллиги билан муборакбод этади.

МАҚОЛАНИ РАСМИЙЛАШТИРИШ ТАЛАБЛАРИ / ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ / MANUSCRIPT PREPARATION GUIDELINES

“Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги”
илмий журналида чоп этиладиган мақолаларга қўйиладиган талаблар

I. Умумий қоидалар

“Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги” илмий журналида республикаимиз ва дунё миқёсида гидрометеорология соҳасига оид фанлар доирасида ўтказилган тадқиқотлар ва уларнинг амалий тадбиқини ёритишга қаратилган ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги назарий, амалий ва услубий мақолалар чоп этилади. Қисқа маърузалар, кенг миқёсли илмий тадбирлар тўғрисидаги маълумотлар ва китоб шарҳлари ҳам нашрга қабул қилинади. Нашр этиш учун тақдим этилган материаллар журналнинг расмий талабларига жавоб бериши, эксперт текширувидан ўтиши ва журнал таҳририяти кенгаши мажлисида нашр этиш учун тавсия олиши керак. Нашр қилиш тўғрисида қарор тақдим этилган материалларнинг илмий аҳамияти ва долзарблиги асосида қабул қилинади. Таҳририят томонидан рад этилган мақолалар қабул қилинмайди ва муаллифга қайтарилмайди.

Мақола матни сарлавҳа, муаллиф(лар) ҳақидаги маълумотлар ва асосий қисм, миннатдорчиликлар ва адабиётлардан иборат бўлиб, асосий қисм қуйидаги бўлимларни ўз ичига олиши зарур: аннотация ва калит сўзлар (ўзбек, рус ва инглиз тилларида), кириш, тадқиқот объекти ва предмети, бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари, асосий натижалар, муҳокама, хулосалар.

Мақола матни билан бирга таҳририятга эксперт хулосаси (рахбар имзоси ва ташкилот муҳри билан) тақдим этилади.

II. Мақола матнини расмийлаштиришга оид кўрсатмалар

Сарлавҳа: Мақоланинг биринчи саҳифасида УДК универсал ўнли таснифининг индекси кўрсатилиши керак (мақола сарлавҳаси тепасига чап тарафдан жойлаштирилади). Ахборот-қидирув тизимларида кўпинча аниқ ва лўнда сарлавҳалар қўлланилади. Шунинг учун имконият даражасида сарлавҳада қисқартмалар ва формулалардан фойдаланиш тавсия этилмайди.

Муаллиф(лар)нинг исми-шарифи ва улар фаолият юритаётган ташкилотлар: Мақолани тайёрлашда иштирок этган барча муаллифлар тўғрисида тўлиқ маълумот келтирилади. Муаллиф(лар)нинг исми, шарифи ва фамилияси бош ҳарфлар билан ёзилади. Муаллиф(лар)нинг Ф.И.Ш. келтирилган қаторда ҳар бир муаллифнинг иш жойига рақамли ҳавола қўйилади. Кейинги қаторларда рақамли ҳаволага мос равишда ҳар бир муаллиф фаолият юритаётган ташкилот ёки муассаса номи, уларнинг тўлиқ почта манзили кўрсатилади. Юлдузча ёрдамида нашр жараёни ва ундан кейинги даврда ёзишмалар бўйича жавобгарликни ўз зиммасига олган муаллифга саҳифа ости ҳаволаси белгиланади ва унинг электрон почта манзили кўрсатилади.

Аннотация: Тадқиқотнинг мақсади ва қўлланилган усул (усуллар), асосий натижалар ва хулосалар қисқача баён қилиниши керак. Мақоланинг аннотацияси аксарият ҳолларда унинг асосий матнидан алоҳида тақдим этилиши сабабли ҳаволалар, ностандарт

ёки кам қўлланиладиган қисқартмалардан фойдаланиш тавсия этилмайди. Аннотациянинг рус ва инглиз тилидаги нусхалари адабиётлар рўйхатидан кейин келтирилади.

Калит сўзлар: Бевосита мақола мавзусига оид 6 дан 10 тагача калит сўзлар берилади. Умумий, кўп маъноли атама ва тушинчаларни қўллаш тавсия этилмайди.

Кириш: Бажарилган илмий тадқиқотнинг моҳиятини очиб бериш учун етарли ҳажмдаги маълумотлар келтирилади. Тадқиқотнинг аҳамияти, мақсади ва қўлланилган усул(лар), зарур манбаларга, айниқса сўнгги йилларда нашр этилган ишларга ҳаволалар кўрсатилади ва уларга қисқача шарҳлар берилади.

Тадқиқот объекти ва предмети, бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари: Тадқиқот бағишланган ҳудуд ёки тажриба ўтказилган табиий шароитлар, фойдаланилган материаллар ва усуллар, шунингдек тадқиқотнинг асосий натижалари тўғрисида умумий тасаввур берувчи маълумотлар келтирилади. Ишни асослашга имкон берувчи етарли тафсилотлар тақдим этилади. Аввал нашр этилган усуллар ҳавола орқали кўрсатилиши керак.

Асосий натижалар: Кузатиш ва тажриба натижалари келтирилади ҳамда натижаларни қиёслашда уларнинг моҳияти изоҳланмайди. Натижалар аниқ ва лўнда бўлиши зарур.

Муҳокама: Тадқиқот(лар) доирасида олинган барча натижаларнинг аҳамияти аввалги бўлимдаги матнни такрорламаган ҳолда изоҳланади. Ҳар бир гипотеза/фараз тасдиғини топганлиги ёки ишонч билан хулоса бера олмаган ҳолда тасдиқланмаганлиги кўрсатилади. Келгуси тадқиқотлар йўналиши ёки бажарилган тадқиқотни мукамаллаштириш бўйича таклифлар берилади.

Хулосалар: Мустақил ёки муҳокама бўлими доирасида тадқиқотнинг асосий хулосалари тақдим этилади.

Муаллифлар ҳиссаси: Таҳририят илмий мақолада халқаро CRediT қоидаларидан фойдаланган ҳолда муаллифларга шахсий ҳиссаларининг ёритилишини тавсия этади. Батафсил маълумот ва намуна билан куйидаги ҳавола орқали танишиш мумкин: <https://www.elsevier.com/authors/journal-authors/policies-and-ethics/credit-author-statement>

Миннатдорчиликлар: Ўринли бўлган ҳолларда бу бўлим тадқиқот бажарилган грант, тадқиқотни молиялаштирган ташкилотлар ва ёки тадқиқотни бажариш ёки мақолани тайёрлашда ёрдам кўрсатган шахсларни эътироф этиш тўғрисидаги маълумотларни ўз ичига олади.

Адабиётлар: Мақолани тайёрлашда фойдаланилган адабиётлар рўйхати келтирилади. Матнда келтирилган ҳар бир ҳаволага оид адабиёт рўйхатда мавжудлигига эътибор берилади.

III. Мақола матнини расмийлаштиришнинг техник талаблари

Мақола матни А4 форматдаги стандарт қоғозда 1,5 қатор оралиғида ёзилиши лозим. Ҳар бир бет юқоридан ва пастдан 2 см, чапдан 3 см, ўнгдан 1,5 см ҳошияга эга, хатбоши 1,27 см га тенг ва бир хилда бўлиши лозим.

Матнни компьютер воситасида босиб чиқаришда «Times New Roman» 14 ўлчамли шрифтда «Microsoft Word» матн редакторидан фойдаланиш тавсия қилинади.

Мақоланинг умумий ҳажми (адабиётлар рўйхати, жадвал ва расмлар билан бирга) А4 форматдаги 16 саҳифадан кўп бўлмаслиги керак. Белгиланган ҳажмдан ортиқ бўлган мақолалар таҳририят хулосаси билан чоп этилиши мумкин. Матнда келтирилган ҳисоблаш ифодалари мақола бўйича узвий кетма-кетликда рақамланади. Матнда фақат ҳавола келтирилган ифодалар рақамланади. Рақамлар ифода ёзилган қаторнинг ўнг тарафида қавс ичида ёзилади (1, 2 ва ҳаказо).

Адабиётлар рўйхатида дастлаб ўзбек (кирил алифбосидаги) ва рус тилидаги, сўнг

инглиз тилидаги (ёки лотин алифбосидаги ўзбек адабиётлари) адабиётлар келтирилади. Адабиётлар рўйхати аввал алфавит, сўнгра хронологик тартибда қабул қилинган стандарт асосида расмийлаштирилади. Мақола матнида адабиётларга келтириладиган ҳаволаларда муаллиф ва чоп этилган йил квадрат қавс ичида кўрсатилади. Ҳаволалар гуруҳлари аввал хронологик, сўнгра алфавит тартибда кўрсатилиши керак [Иванов, 2007; Петров и др., 2008; География..., 2010]. Адабиётлар рўйхатидан кейин рус (ёки ўзбек) ва инглиз тилларидаги аннотация ва калит сўзлар жойлаштирилади. Сўнг, адабиётлар рўйхатида келтирилган ўзбек ва рус тилларидаги адабиётларнинг инглиз тилидаги таржимаси келтирилади. Таржимада фақат мақоланинг номи инглиз тилида келтирилиб, адабиётдаги бошқа маълумолар лотин алифбосида ёзилади.

IV. Жадвал, расм ва графикларни расмийлаштириш бўйича кўрсатмалар

Жадваллар А4 форматдаги стандарт қоғозда 1,5 қатор оралиғида ҳамда матнни компьютер воситасида босиб чиқаришда «Times New Roman» 12 ўлчамли шрифтда «Microsoft Word» матн редакторидан фойдаланиб тўлдирилиши лозим. Улар араб рақамларида қайд этиш тартибда рақамланади. Рақамдан кейин жадвал номи ёзилади. Жадваллардаги барча устунлар сарлавҳаларга эга бўлиши ва вертикал чизиқлар билан ажратилиши керак.

Расмларда ортиқча тафсилотлар ва ёзувлар келтирилмайди (ёзувларни рақамлар ёки ҳарфлар билан алмаштириш тавсия этилади, уларнинг изоҳлари расм сарлавҳаларида ёки матнда келтирилади).

Графиклардаги чизиқлар аниқ кўриниши керак (5-6 пиксел). Чизмаларнинг кенглиги 180 мм дан, баландлиги – 240 мм дан ошмаслиги керак. Графикларни расмийлаштиришда белгилашлар ва рақамлар «Times New Roman» шрифти 9-10 ўлчамда бўлиши лозим. Расмлар сарлавҳалари 12 ўлчамли шрифтда, алоҳида қаторда 1,5 қатор оралиғида келтирилади.

Журнални яқин келажакда РИНЦ ва Scopus каби халқаро маълумотлар базасида индексацияланган нуфузли журналлар рўйхатига киритиш кўзда тутилган. Шу мақсадда мақолада келтириладиган жадвал, схема, расм ва графикларнинг номлари ўзбек тилида ёзилган мақолалар учун рус ва инглиз тилларида (рус тилида ёзилган мақолалар учун инглиз тилида) ҳам ёзилиши лозим.

V. Адабиётлар рўйхатини расмийлаштириш бўйича намуна

АДАБИЁТЛАР

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

Владимиров А.М. Сток рек в маловодный период года. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 295 с.

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

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

Хикматов Ф.Х., Тургунов Д.М. Тоғ дарёларида кам сувли йиллар, уларнинг меъёри ва кам сувлиликнинг чуқурлашуви масалалари // ЎзМУ хабарлари. Табиий фанлар. – Тошкент, № 3/1. 2017. – Б. 330-335.

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.

Van Loon A.F., Van Lanen H.A.J. A process-based typology of hydrological drought // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2012. № 16(7). – P. 1915-1946. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-16-1915-2012>.

Электрон ресурс:

EDB (Eurasian Development Bank): Impact of Climate Change to water resources in Central Asia, Almaty, Kazakhstan, 44 p. [Электронный ресурс] URL:<http://www.vinokurov.info/assets/files/EDB%20Report%206%20climate%20eng.pdf>, 2009 (дата обращения 20.01.2019).

REFERENCES

Agaltseva N.A., Pak A.V., Novikova V.A. Hidrologicheskaya zasuha v Uzbekistane, analiz prichin i vozmozhnosti prognozirovaniya [Hydrological drought in Uzbekistan, analysis of the causes and the prospects of forecasting] // Trudy nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta, 2010. – Tashkent: Vol. 12(257). – S. 55-63. (in Russian)

Kalendar tipov sinopticheskikh protsessov Sredney Azii [Calendar of the types of synoptic processes of Middle Asia] Vol. 4 / Pod red. S.I. Inogamovoy. – Tashkent: NIGMI, 2013. – 82 s. (in Russian)

Khikmatov F.K., Turgunov D.M. Tog daryolarida kam suvli yillar, ularning meyori va kam suvlilikning chuqurlashuvi masalalari [Low-water years on mountain rivers, problems of calculating their standard characteristics and extension parameters] // OZMU xabarlar. Tabiiy fanlar. – Toshkent, No 3/1. 2017. – S. 330-335. (in Uzbek)

Rasulov A.R., Khikmatov F.K., Aytboyev D.P. Hidrologiya asoslari [The basics of hydrology]. – Toshkent: Universitet, 2003. – 327 s. (in Uzbek)

Vladimirov A.M. Stok rek v malovodniy period goda [River runoff during the low-flow period of the year] – L.: Gidrometeoizdat. 1976. – 295 s. (in Russian)

Web resources:

EDB (Eurasian Development Bank): Impact of Climate Change to water resources in Central Asia, Almaty, Kazakhstan, 44 p. [Elektronniy resurs] URL: <http://www.vinokurov.info/assets/files/EDB%20Report%206%20climate%20eng.pdf>, 2009 (access data 20.01.2019)

VI. Плагиатни текшириш

“Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги” илмий журналида нашрдан олдин тақдим этилган мақола кўлэзмаларининг оригиналлиги текширилади. Журналга кўлэзмани топшириш орқали муаллифлар ўзларининг кўлэзмаларини плагиат учун текширилишига розилиklarини билдиради.

VII. Мақолаларни қабул қилиш тартиби

1. Барча материаллар электрон почта орқали қабул қилинади.
2. Муаллифлар билан мулоқот электрон почта орқали амалга оширилади.
3. Журналда чоп этиш учун тақдим қилинган илмий мақолалар журнал таҳририяти томонидан йўналишлар кесимида масъул соҳа мутахассисларига тақриз учун берилади.
4. Ижобий тақриз берилган илмий мақолалар илмий журналнинг янги сонидан чоп этилади.

5. Тақризда жиддий камчиликлар кўрсатилган илмий мақолалар уларнинг муаллифларига мутахассисларнинг изоҳлари асосида қайта кўриб чиқиш учун қайтарилади ва камчиликлар бартараф этилганидан сўнг чоп этиш учун қайта рўйхатга олинади.

6. Журнал илмий йўналишларига мос келмайдиган илмий мақолалар чоп этилмайди ва муаллифга қайтарилмайди.

Манзил:

Ўзбекистон, 100052, Тошкент шаҳри, Юнусобод тумани,
Бодомзор йўли 1-тор кўча, 72
Тел.: +998 71 235-87-59; +998 90 355-35-07
e-mail: is@meteo.uz

Масъул котиб:

Рўзиева Малоҳат Бахтиёровна

**Требования к статьям, публикуемым в научном журнале
«Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды»**

I. Общие правила

Научный журнал «Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды» публикует теоретические, практические и методологические статьи на узбекском, русском и английском языках, посвященные гидрометеорологическим исследованиям и исследованиям в области мониторинга окружающей среды, их практическому применению в стране и мире. К публикации также принимаются краткие тезисы, информация о крупных научных мероприятиях и обзоры книг. Материалы, представленные к публикации, должны соответствовать официальным требованиям журнала, пройти экспертизу и получить рекомендацию для публикации на заседании редакционного совета журнала. Решение об издании принимается с учетом научной значимости и актуальности представленных материалов. Статьи, отклоненные редакцией, к публикации не принимаются и не возвращаются.

Текст статьи состоит из заголовка, сведений об авторе (авторах) и основной части, благодарности и ссылок, основная часть должна включать следующие разделы: аннотация и ключевые слова (на узбекском, русском и английском языках), введение, объект и предмет исследования, первичные данные и методы исследования, основные результаты, обсуждение, выводы.

Текст статьи сопровождается экспертным заключением (подписывается руководителем и заверяется печатью организации).

II. Рекомендации к оформлению текста статьи

Заголовок: На первой странице статьи должен быть указан индекс универсальной десятичной классификации УДК (в левом верхнем углу заголовка статьи). В информационно-поисковых системах часто используются четкие и краткие заголовки. Поэтому, по мере возможности, в заголовке статьи не рекомендуется использовать сокращения и формулы.

Ф.И.О. автора(ов) и название организации(ий), в которой(ых) он(и) работает(ют): Приводится полная информация обо всех авторах, участвовавших в

подготовке статьи. Фамилия, имя и отчество автора(ов) пишутся заглавными буквами. На Ф.И.О каждого автора ставится цифровая ссылка, указывающая место работы автора. В следующих строках, согласно цифровой ссылке, указываются названия организаций или учреждений, их полный почтовый адрес, где работают авторы. Звездочкой ставится подстраничная ссылка с указанием адреса электронной почты автора, который берет на себя ответственность за процесс публикации и переписку в последующий период.

Аннотация: Должны быть кратко описаны - цель исследования и используемый(ые) метод(ы), основные результаты и выводы. Не рекомендуется использовать ссылки, нестандартные или редко используемые сокращения, так как аннотация статьи часто представляется отдельно от ее основного текста. Аннотации на русском и английском языках приводятся после списка литературы.

Ключевые слова: Приводятся от 6 до 10 ключевых слов, непосредственно относящихся к теме статьи. Не рекомендуется использовать общие, неоднозначные термины и понятия.

Введение: Предоставляется достаточно информации, чтобы раскрыть суть проведенного исследования. Важность, цель и метод(ы) исследования, ссылки на необходимые источники, особенно работы, опубликованные в последние годы, и краткие комментарии.

Объект и предмет исследования, исходные данные и методы исследования: Приводятся природные условия области исследования или эксперимента, представляются сведения об используемых материалах и методах, и основных результатах исследования. Приводится достаточно деталей, позволяющих обосновать работу. Ранее опубликованные методы должны быть указаны по ссылке.

Основные результаты: Представляются результаты наблюдений и эксперимента, при сравнении результатов их суть не разъясняется. Результаты должны быть четкими и краткими.

Обсуждение: Значимость результатов, полученных в рамках исследования(ий), объясняются без дублирования текста, представленного в предыдущем разделе. Указывается, что каждая гипотеза/предположение была подтверждена или не подтверждена без достоверного заключения. Представляются предложения относительно будущего направления исследований или улучшения проведенных исследований.

Выводы: Основные выводы исследования представляются в отдельном разделе или в разделе обсуждение.

Авторский вклад: Редакционная коллегия рекомендует авторам указать личный вклад каждого автора с использованием международных правил CRediT. Более подробная информация и пример приведены в <https://www.elsevier.com/authors/journal-authors/policies-and-ethics/credit-author-statement>

Благодарности: В случаях, когда это уместно, в этот раздел включается информация о гранте, в рамках которого проводилось исследование, организациях, финансировавших исследование, и/или признании лиц, оказавших помощь в проведении исследования или в подготовке статьи.

Список литературы: Приводится список источников, использованных при подготовке статьи. Обращается внимание на то, чтобы литература по каждой ссылке, представленной в тексте, содержалась в списке.

III. Технические требования к тексту статьи

Текст статьи должен быть размещен в стандартном листе бумаги формата А4 с интервалом 1,5 строки. Каждая страница должна иметь поля: верхнее и нижнее - 2 см, левое - 3 см, правое - 1,5 см, абзац должен быть равномерным - 1,27 см.

При печати текста на компьютере рекомендуется использовать текстовый редактор «Microsoft Word», прямой шрифт «Times New Roman» 14 кегль.

Общий объем статьи (вместе с библиографией, таблицами и рисунками) не должен превышать 16 страниц. Статьи, превышающие указанный размер, могут быть опубликованы в соответствии с редакционным заключением. Вычислительные выражения, представленные в тексте, нумеруются в непрерывной последовательности в соответствии с полной статьей. В тексте нумеруются только выражения со ссылкой. Номера записываются в скобках с правой стороны строки, в которой приводится выражение (1, 2 и т.д.).

Список литературы включает сначала источники на узбекском (на кириллице) и русском языках, а затем на английском языке (или на узбекском языке на латинице). Библиографические сведения источников оформляются в соответствии с принятым стандартном, сначала, в алфавитном порядке, а затем в хронологическом. В тексте статьи, в ссылках на литературу в квадратных скобках указывается автор и год публикации. Группы источников должны быть перечислены сначала в хронологическом порядке, а затем в алфавитном [Иванов, 2007; Петров и др., 2008; География..., 2010].

После списка литературы помещаются аннотации на русском (или узбекском) и английском языках и ключевые слова. Затем представляется английский перевод литературы на узбекском и русском языках, перечисленной в библиографии. При переводе на английский язык переводится только название статьи, остальная информация в литературе пишется на латинской графике.

IV. Указания по оформлению таблиц, рисунков и графиков

Таблицы должны быть размещены в стандартном листе бумаги формата А4, заполнены с интервалом в 1,5 строки, рекомендуется использовать текстовый редактор «Microsoft Word», прямой шрифт «Times New Roman» 12 кегль. Таблицы должны быть пронумерованы арабскими цифрами, название таблицы пишется после её номера. Все столбцы в таблицах должны иметь заголовки и разделяться вертикальными линиями.

На изображениях следует избегать ненужных деталей и надписей (рекомендуется заменить надписи цифрами или буквами, комментарии к которым приводятся в названии рисунка или в тексте). Линии на графиках должны быть четкими (5-6 пикселей). При оформлении графиков обозначения и цифры должны быть написаны шрифтом «Times New Roman» 9-10 кегль. Ширина рисунков не должна превышать 180 мм, высота - 240 мм. Названия к рисункам должны быть представлены шрифтом «Times New Roman» 12 кегль с интервалом 1,5 строки.

Предусматривается в ближайшем будущем включение журнала в список авторитетных журналов, проиндексированных в международных базах данных, таких как РИНЦ и Scopus. Поэтому названия таблиц, схем, рисунков и графиков в статьях на узбекском языке должны быть написаны на русском и английском языках (в статьях на русском языке - на английском языке).

V. Образец для оформления списка литературы

ЛИТЕРАТУРА

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

Владимиров А.М. Сток рек в маловодный период года. – Л.: Гидрометеоздат,

1976. – 295 с.

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

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

Хикматов Ф.Х., Турғунов Д.М. Тоғ дарёларида кам сувли йиллар, уларнинг меъёри ва кам сувlilikнинг чуқурлашуви масалалари // ЎзМУ хабарлари. Табиий фанлар. – Тошкент, № 3/1. 2017. – Б. 330-335.

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.

Van Loon A.F., Van Lanen H.A.J. A process-based typology of hydrological drought // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2012. № 16(7). – P. 1915-1946. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-16-1915-2012>.

Электрон ресурс:

EDB (Eurasian Development Bank): Impact of Climate Change to water resources in Central Asia, Almaty, Kazakhstan, 44 p. [Электронный ресурс] URL:<http://www.vinokurov.info/assets/files/EDB%20Report%206%20climate%20eng.pdf>, 2009 (дата обращения 20.01.2019).

REFERENCES

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

Kalendar tipov sinopticheskikh protsessov Sredney Azii [Calendar of the types of synoptic processes of Middle Asia] Vol. 4 / Pod red. S.I. Inogamovoy. – Tashkent: NIGMI, 2013. – 82 s. (in Russian)

Khikmatov F.K., Turgunov D.M. Tog daryolarida kam suvli yillar, ularning meyori va kam suvlilikning chuqurlashuvi masalalari [Low-water years on mountain rivers, problems of calculating their standard characteristics and extension parameters] // *OZMU xabarлари. Tabiiy fanlar.* – Toshkent, No 3/1. 2017. – S. 330-335. (in Uzbek)

Rasulov A.R., Khikmatov F.K., Aytboyev D.P. Hidrologiya asoslari [The basics of hydrology]. – Toshkent: Universitet, 2003. – 327 s. (in Uzbek)

Vladimirov A.M. Stok rek v malovodniy period goda [River runoff during the low-flow period of the year] – L.: Gidrometeoizdat. 1976. – 295 s. (in Russian)

Web resources:

EDB (Eurasian Development Bank): Impact of Climate Change to water resources in Central Asia, Almaty, Kazakhstan, 44 p. [Elektronniy resurs] URL: <http://www.vinokurov.info/assets/files/EDB%20Report%206%20climate%20eng.pdf>, 2009 (access data 20.01.2019)

VI. Проверка на плагиат

Научный журнал «Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды» проверяет оригинальность содержания представленной рукописи перед публикацией. Отправляя рукопись в этот журнал, авторы соглашаются с тем, что их рукопись может быть проверена на плагиат.

VII. Порядок приема статей

1. Все материалы принимаются по электронной почте.
2. Общение с авторами осуществляется по электронной почте.
3. Научные статьи, представленные для публикации в журнале, передаются редакцией журнала экспертам для рецензирования.
4. Научные статьи, получившие положительные рецензии, будут опубликованы в новом номере научного журнала.
5. Научные статьи, имеющие серьезные недостатки, возвращаются их авторам на доработку на основе комментариев экспертов и перерегистрируются для публикации после устранения недостатков.
6. Научные статьи, не соответствующие научным направлениям журнала, не публикуются и не возвращаются автору.

Адрес:

Узбекистан, 100052, г. Ташкент, Юнусабадский район,
ул. 1-проезд Бодомзор йули, 72
Тел.: +998 71 235-87-59; +998 90 355-35-07
e-mail: is@meteo.uz

Ответственный секретарь:

Рузиева Малохат Бахтиёровна

Scientific Journal of “Hydrometeorology and Environmental Monitoring” Manuscript preparation guidelines

I. General terms

The Scientific journal "Hydrometeorology and Environmental Monitoring" publishes theoretical, empirical, and methodological articles in Uzbek, Russian and English languages, aimed at covering research in the field of hydrometeorology at the country level and across the world. Short manuscripts, comprehensive reviews on major scientific events and book reviews are also accepted for publication. The materials submitted for the publication must meet the formal requirements of the journal, pass the procedure of reviewing and receive a recommendation for publication by the editorial board of the journal. The editorial criteria for publication of scientific papers based on the scientific importance and the relevance of submitted manuscripts to its interdisciplinary readership. Articles declined by the editorial board will not be accepted and returned.

The manuscript text should include the following parts: a title, author(s) affiliations, the main part, acknowledgments, and references. The main part should include the following sections, in order: abstract and keywords (in Uzbek, Russian and English), introduction, aim and objectives of the research, data and methods, main results, discussion, conclusions.

Before submitting, the manuscript should be confirmed by an expert, signed and sealed by the affiliated institution.

II. Instructions for the article style

Title: The first page of the article should show the index of the universal decimal classification (UDC) placed at the top left of the article title. Title should be clear and concise as

the information retrieval systems often identify succinct headlines. Therefore, it is not recommended to use abbreviations and equations in the title in order to achieve the online discoverability for the article.

Names and affiliations of all authors: Information about all authors involved in manuscript preparation should be included. The name, patronymic (if have one) and surname of the authors should be written in capital letters. The authors' full name should be numbered according to each author's main institution. Authors affiliations including main institution and full postal address should be presented in the following lines. Corresponding author responsible for the publication process should be indicated with asterisk and e-mail address of the corresponding author should be linked below the title page.

Abstract: In abstract the aim of research and applied method(s), the main results and conclusions should be presented succinctly as possible. It is not recommended to use references, non-standard or uncommon abbreviations, as the abstract of the article is often presented separately from the main text. Abstract copies in Russian and English languages should be given after the list of references.

Keywords: 6 to 10 keywords that directly related to the paper should be provided. Using general and plural terms and multiple concepts are not recommended in the keyword list.

Introduction: The introduction section should provide an adequate background and essential features of the conducted research. The importance of the research work, descriptions of the objectives and applied method(s), and brief literature review based on references published in recent years should be addressed.

Object and subject of research, data and methods: General conditions of the research area or experiments, used materials or data and applied methods, and expected main results of the study should be described. Justification for the need of the research work should be detailed and previously published papers indicating the applied method should be referred.

Main results: Results of observations and experiments should be described by avoiding the explanation of their significance and comparison of overall results. Results should be clear and concise.

Discussion: This should explain the significance of all results obtained within the research and should not repeat information in the results section. It should be indicated that each finding has been corroborated with those of others or not confirmed in the absence of clearly convincing explanation. The direction of future research or more enhanced approach to complete the conducted research should be suggested.

Conclusions: The main findings of the study may be presented separately in this section, or as a subsection of the Discussion section.

Author contributions: The editorial board encourages authors to submit an author statement outlining their individual contributions to the manuscript using the relevant CRediT roles. More details and an example is given in <https://www.elsevier.com/authors/journal-authors/policies-and-ethics/credit-author-statement>

Acknowledgments: In appropriate cases, this section includes information about funding or organisations that provided financial support for research work, and contribution of those individuals who have assisted during the research or preparing the article.

References: A list of references used in the preparation of the manuscript should be provided here. It should be noted that every reference cited in the text is also listed in the bibliography.

III. Technical instructions for the text of the article

The text of the article should be placed on a standard A4 size and should be written in 1.5 line spacing. It is desirable to have margins of 2 cm at the top and bottom of each page, and 3 cm

on the left and 1.5 cm at the right outer edge, the first line of each new paragraph should be indented by 1.27 cm. It is recommended to use Times New Roman 14 font size in Microsoft Word text editor for typesetting and printing the article.

The overall size of the manuscript including references, tables and figures should not exceed 16 pages in A4 format. Articles exceeding the maximum size may be published with the agreement of editorial board. The equations given in the text should be numbered consecutively along with the article. When the equation comes in the text the respective number should be used. Equations should be referred to by the respective number in parentheses on the right side (1, 2, etc.).

Reference list includes Uzbek literature (in Cyrillic alphabet) following by Russian, and therefore English (or Uzbek literature in the Latin alphabet) which should be listed in alphabetical order followed by all key elements in chronological order. In the text, references should indicate the author and year of publication in square brackets. Reference groups should be listed in chronological and then in alphabetical order [Ivanov, 2007; Petrov et al., 2008; Geography..., 2010]. The bibliography is followed by abstracts and keywords in Russian (for articles written in Uzbek or vice versa) and English. Therefore, an English interpretation of Uzbek and Russian literatures listed in the bibliography will be presented. The title of the article translated into English and other details of the literature should be presented in Latin alphabet.

IV. Instructions for preparing tables, figures and graphs

Tables should be placed on a standard A4 size in 1.5 line spacing and 12 Times New Roman font size using Microsoft Word text editor. Tables should be numbered in Arabic numerals and table titles are written after the number. All columns in the tables should have headings and be separated by vertical lines.

Text and freehand or typewritten lettering in figures are unacceptable. It is strongly recommended to replace the inscriptions with numbers or letters and to provide comments in figure captions or within the main text of the article.

Figures should be clear (5-6 pixels) and it is strongly recommended the size of 180 mm width and 240 mm height. Figure numbers should be in 9-10 Times New Roman font size and figure captions are presented in 12 font size in 1.5 line spacing.

The journal is expected to be included in the list of notable journals indexed in international databases such as Russian Science Citation Index (RSCI) and SCOPUS in the future. For this purpose, tables, diagrams, figures and graphs descriptions in the articles written in Uzbek language should be presented in Russian and English languages also (in the articles written in Russian - in English as well).

V. Examples of bibliography format

REFERENCES

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

Kalendar tipov sinopticheskikh protsessov Sredney Azii [Calendar of the types of synoptic processes of Middle Asia] Vol. 4 / Pod red. S.I. Inogamovoy. – Tashkent: NIGMI, 2013. – 82 s. (in Russian)

Khikmatov F.K., Turgunov D.M. Tog daryolarida kam suvli yillar, ularning

meiori va kam suvlilikning chuqurlashuvi masalalari [Low-water years on mountain rivers, problems of calculating their standard characteristics and extension parameters] // OzMU xabarlari. Tabiiy fanlar. – Toshkent, No 3/1. 2017. – S. 330-335. (in Uzbek)

Rasulov A.R., Khikmatov F.K., Aytboyev D.P. Hidrologiya asoslari [The basics of hydrology]. – Toshkent: Universitet, 2003. – 327 s. (in Uzbek)

Vladimirov A.M. Stok rek v malovodniy period goda [River runoff during the low-flow period of the year] – L.: Gidrometeoizdat. 1976. – 295 s. (in Russian)

Web resources:

EDB (Eurasian Development Bank): Impact of Climate Change to water resources in Central Asia, Almaty, Kazakhstan, 44 p. [Elektronniy resurs] URL: <http://www.vinokurov.info/assets/files/EDB%20Report%206%20climate%20eng.pdf>, 2009 (access data 20.01.2019)

VI. Plagiarism checking

The Scientific journal "Hydrometeorology and Environmental Monitoring" checks the originality of content submitted manuscript before the publication. By submitting a manuscript to this journal authors accept that their manuscript may be verified for plagiarism.

VII. Publication process

1. All attachments should be sent by email.
2. All correspondence with authors regarding submitted manuscripts will be conducted by email.
3. All submitted manuscripts are sent for formal review to the experts in the field by the editorial staff of the journal.
4. Manuscripts with positive recommendations will be published in a new issue of the scientific journal.
6. Based on expert comments, scientific articles with major corrections will be returned to authors for revision and will be resubmitted when all the necessary requirements for publication have been completed.
7. Manuscripts do not match the scope of journal will not be considered for publication and not returned to the author.

Contact information:

Malokhat Ruziyeva

72, 1st Bodomzor Yuli street,
Yunusabad district, Tashkent, 100052
Uzbekistan
Phone: +998 71 235-87-59; +998 90 355-35-07
Email: is@meteo.uz