

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ХИЗМАТИ АГЕНТЛИГИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ВА АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

ИЛМИЙ ЖУРНАЛ

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ
И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING**

SCIENTIFIC JOURNAL

№2

2023

ISSN 2181-1261

Ўзбекистон Республикаси
Гидрометеорология хизмати агентлиги
(Ўзгидромет)

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти
(ГМИТИ)

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ
ВА АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ**

Илмий журнал



**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ
И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Научный журнал



**HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING**

Scientific journal

№ 2

2023

Тошкент

ТАҲРИР КЕНГАШИ

Таҳрир кенгаши раиси:

Ҳабибуллаев Шерзод
Ҳабибуллаҳўжаевич

Масъул котиб:

Рўзиева Малоҳат Бахтиёрвна

Таҳрир кенгаши аъзолари:

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

ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ

Бош муҳаррир:

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

Бош муҳаррир ўринбосари:

Ҳикматов Фазлиддин,
г.ф.д., проф.

Таҳрир ҳайъати аъзолари:

Абдурахимов Бахтиёр Файзиевич, ф.-м.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Аденбаев Бахтиёр Ембергенович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Агзамов Файзулла Саидқабарович, и.ф.н. (Ўзбекистон); Азизов Азамат Атақузиёвич, 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); Гуцина 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 Аҳматхоновна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Мурадов Шухрат Одилович, тех.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Мягков Сергей Владимирович, тех.ф.д., к.и.х. (Ўзбекистон); Нишонов Мухтор Мадаминович, ф.-м.ф.н., доц. (Ўзбекистон); Петров Юрий Васильевич, ф.-м.ф.н., проф. (Ўзбекистон); Раҳмонов Комилжон Раджабович, г.ф.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Рафиқов Ваҳоб Асомович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Тилляходжаева Зухраҳон Джахангировна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Тлеумуратова Бибигуль Саробаевна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Тургунов Данияр Маннапжанович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Умаров Муҳаммад Исмаиловна, қ.х.ф.н. (Ўзбекистон); Умирзақов Ғуломжон Ўнгарбоевич, қ.х.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Холбаев Гулман Холбаевич, г.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Фазылов Али Раҳматджанович, тех.ф.д., доц. (Тожикистон); Фролова Наталья Леонидовна, г.ф.д., проф. (Россия); Цинцадзе Тенгиз Нодарович, тех.ф.д., проф. (Грузия); Чембарисов Эльмир Исмаилович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Чередниченко Александр Владимирович, г.ф.д., проф. (Қозоғистон); Чуб Виктор Евгеньевич, г.ф.д. (Ўзбекистон); Эгамбердиев Ҳамракул Турсункулович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Юнусов Голиб Ходжаевич, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Якубов Мурод Адилевич, тех.ф.д., проф. (Ўзбекистон).

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

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

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

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

Таъсисчи: Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги

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

ISSN 2181-1261

© Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги, 2023

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель редакционного совета:

Хабибуллаев Шерзод
Хабибуллахужаевич

Ответственный секретарь:

Рузиева Малохат Бахтиёровна

Члены редакционного совета:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

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

Заместитель главного редактора:

Хикматов Фазлиддин,
д.г.н., проф.

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

Учредитель: Агенство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан.

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

ISSN 2181-1261

© Агентство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, 2023

EDITORIAL COUNCIL

Chairman of the Editorial Council:

Sherzod Khabibullakhujaevich
Khabibullaev

Assistant Editor:

Ruzieva Malokhat Bakhtiyorovna

Members of the Editorial Council:

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

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief:

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

Deputy Editor-in-Chief:

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

Members of the Editorial Board:

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

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

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

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

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

Founder: Agency 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: info@nigmi.uz

ISSN 2181-1261

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

МУНДАРИЖА

МЕТЕОРОЛОГИЯ

**Б.М. Холматжанов, Э.И. Абдулахатов, М.М. Нишонов,
Ф.М. Халматжанов**

Тошкент шаҳрининг биоиклимий шароитлари ва
унга таъсир этувчи циркуляцион омиллар 8

Э.Ю. Рахимов, Ф.И. Абдиқулов, А.А. Имяминов

Қашқадарё вилояти худудида куёшли, қисман булутли
ҳамда булутли кунлар таҳлили 20

Б.С. Тлеумуратова, М.Л. Арушанов, Б.Ж. Нарымбетов

Чўл худудларида аэрозолнинг конвектив кўчиши натижасида сирт яқини
қатламида ҳаво ҳароратининг ортиши 30

ГИДРОЛОГИЯ

Ф. Ҳикматов, З.Ф. Хақимова, Р.Р. Зияев, Н.Б. Эрлапасов

Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёларининг вегетация
давридаги алоҳида ойлари оқимини прогнозлаш 43

Ш.О. Мурадов, У.М. Тўраев

Қурғоқчилик даврида кўшимча сув ресурси 58

З.Ф. Хақимова

Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари вегетация даври оқимини
метеорологик омилларга боғлиқ ҳолда прогнозлаш 67

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

Ғ.Ў. Умирзақов, Т. Сакс, А. Калванс, Б.Э. Нишонов, С.Р. Исабеков

Писком дарёси ҳавзасида сувнинг стабил изотоплари
микдорининг ўзгаришлари 80

С.Р. Исабеков, Б.Э. Нишонов, Л.А. Саидмахмудова

Тошкент шаҳридаги атмосфера ёгинлари микдори ва
кимёвий таркибининг кўп йиллик ўзгаришлари 88

ШАРҲЛАР

Л.А. Саидмахмудова, Г.Қ. Ишчанова

Тошкент вилояти сув объектларининг гидробиологик кўрсаткичлар
бўйича 2021-2022 йиллардаги экологик ҳолати 97

ЮБИЛЕЙЛАР

Элмир Исмаилович Чембарисов – 75 ёшда! 105

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТЕОРОЛОГИЯ

**Б.М. Холматжанов, Э.И. Абдулахатов, М.М. Нишонов,
Ф.М. Халматжанов**

Биоклиматические условия города Ташкент и
влияющие на его циркуляционные факторы 8

Э.Ю. Рахимов, Ф.И. Абдикулов, А.А. Имяминов

Анализ солнечных, частично облачных и пасмурных дней на территории
Кашкадарьинской области 20

Б.С. Тлеумуратова, М.Л. Арушанов, Б.Ж. Нарымбетов

Повышение приповерхностной температуры воздуха, как результат
конвективного выноса аэрозоля на пустынных территориях 30

ГИДРОЛОГИЯ

Ф. Хикматов, З.Ф. Хакимова, Р.Р. Зияев, Н.Б. Эрлапасов

Прогноз стока рек Чирчик-Ахангаранского бассейна
на отдельные месяцы вегетационного периода 43

Ш.О. Мурадов, У.М. Тураев

Дополнительный водный ресурс в период засухи 58

З.Ф. Хакимова

Прогноз стока рек Чирчик-Ахангаранского бассейна на период вегетации
в зависимости от метеорологических факторов 67

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Г.У. Умирзаков, Т. Сакс, А. Калванс, Б.Э. Нишонов, С.Р. Исабеков
Изменение значения стабильных изотопов воды в бассейне реки Пскем 80

С.Р. Исабеков, Б.Э. Нишонов, Л.А. Саидмахмудова

Многолетние изменения количества и химического состава
атмосферных осадков в городе Ташкент 88

ОБЗОРЫ

Л.А. Саидмахмудова, Г.К. Ишчанова

Экологическое состояние водных объектов Ташкентской области по
гидробиологическим показателям в 2021-2022 годах 97

ЮБИЛЕИ

Чембарисову Эльмиру Исмаиловичу – 75 лет! 105

CONTENTS

METEOROLOGY

**B.M. Kholmatjanov, E.I. Abdulakhatov, M.M. Nishonov,
F.M. Khalmatjhanov**

Bioclimatic conditions of Tashkent city and
circulatory factors affecting it 8

E.Yu. Rakhimov, F.I. Abdikulov, A.A. Imyaminov

Analysis of sunny, partly cloudy and overcast days in Kashkadarya region 20

B.S. Tleumuratov, M.L. Arushanov, B.J. Narymbetov

Increase in the surface air temperature as a result of the convective release
of aerosol to desert territories 30

HYDROLOGY

F. Khikmatov, Z.F. Khakimova, R.R. Ziyaev, N.B. Erlapasov

Forecast of river flow of the Chirchik-Akhangaran basin for selected months
of the growing period 43

Sh.O. Muradov, U.M. Turaev

Additional water resource during the drought period 58

Z.F. Khakimova

Forecasting river runoff for the vegetation period depending
on meteorological factors in the Chirchik-Akhangaran basin 67

ENVIRONMENTAL MONITORING

G.U. Umirzakov, T. Saks, A. Kalvans, B.E. Nishonov, S.R. Isabekov

Changing of water stable isotopes values in the Pskem river basin 80

S.R. Isabekov, B.E. Nishonov, L.A. Saidmakhmudova

Long-term changes in the quantity and chemical composition
of atmospheric precipitation in the Tashkent city 88

REVIEWS

L.A. Saidmakhmudova, G.K. Ishchanova

Ecological state of water bodies of the Tashkent region according to
hydrobiological indicators in 2021-2022 97

ANNIVERSARIES

Elmir Ismailovich Chembarisov is 75 Years Old! 105

МЕТЕОРОЛОГИЯ / METEOROLOGY

УДК: 551.586+551.509.318

**ТОШКЕНТ ШАҲРИНИНГ БИОИҚЛИМИЙ ШАРОИТЛАРИ ВА
УНГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ ЦИРКУЛЯЦИОН ОМИЛЛАР****Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,2*}, Э.И. АБДУЛАХАТОВ², М.М. НИШОНОВ¹,
Ф.М. ХАЛМАТЖАНОВ³**

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

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

³ Алфраганус университети, farhod.Holmatjonov.75@mail.ru

Аннотация. Мақолада Тошкент шаҳрининг йил давомидаги биоиклимий шароитлари ҳамда уларни шакллантирувчи минтақавий атмосфера циркуляцияси шароитлари ҳаво қурғоқчилигининг термогигрометрик коэффициенти ҳамда Ўрта Осиё синоптик жараёнлари воситасида тадқиқ этилган. Тадқиқотни бажаришда Тошкент-обсерватория станциясида маҳаллий вақт бўйича соат 14.00 да қайд этилган 10 йиллик (2011-2020 йиллар) метеорологик кузатиш маълумотлари ҳамда шу давр учун Ўрта Осиё синоптик жараёнлари тақвимларидан фойдаланилди. Биоиклимий шароитларнинг асосий элементи ҳисобланган иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг турли йилларда хилма-хил тақсимоти Ўрта Осиёга кириб келувчи ҳаво массаларининг хусусиятларига боғлиқ бўлиб, минтақа устидаги циркуляцион шароитлар билан белгиланиши кўрсатиб берилган. Қиш мавсумида Тошкентда 1- (ўта совуқ) ва 2-зона (совуқ) шароитлари устуворлик қилиб, уларнинг шаклланишида Ўрта Осиё синоптик жараёнларининг 1-, 9-, 9б-, 10- ва 12-турлари, баҳорда, мартда 1-, 2- ва 3-зона (комфорт), апрелда 2- ва 3-зона, майда эса 3- ва 4-зона (нисбий комфорт) шароитлари ҳукмронлик қилиб, уларнинг шаклланишида 10-, 12- ва 13-турлар, ёз ойларида 4- ва 5-зона (иссиқ) шароитлари устуворлик қилиб, улар асосан 10- ва 13-турларда, сентябрда 3- ва 4-зона, октябрда 2- ва 3-зона, ноябрда эса 1- ва 2-зона шароитлари ҳукмронлик қилиб, уларнинг шаклланишида деярли барча синоптик жараён турлари иштирок этиши аниқланди.

Калит сўзлар: ҳаво ҳарорати, ёгинлар, иссиқлик ҳиссиёти, ҳаво қурғоқчилигининг термогигрометрик коэффициенти, атмосфера циркуляцияси, синоптик жараён, Тошкент.

Кириш. Маълумки, инсон организми биоиклимий шароитларга нисбатан муайян сезгирликка эга. Айниқса, ноқулай об-ҳаво шароитларида кишиларда бу ҳолат яққол сезилади [McMichael et al., 2006]. Глобал иқлим ўзгариши шароитида экстремал ҳаво ҳарорати кузатиладиган давр давомийлигининг ўзгариши ҳудудларда атмосфера циркуляцияси билан белгиланувчи ҳаво массаларининг алмашинишига боғлиқ [Vargas et al., 2014]. Сўнгги 30 йилликда Ўрта Осиё, хусусан, Ўзбекистонда кузатилувчи синоптик жараёнларнинг такрорланувчанлиги ва давомийлигида сезиларли ўзгаришлар қайд этилган [Холматжанов, Абдулахатов, 2022а; 2022б]. Яқунланган сўнгги иқлимий даврда (1991-2020 йй.) базавий иқлимий даврга (1961-1990 йй.) нисбатан минтақада совуқ ҳаво массаларининг кириб келишини белгиловчи синоптик жараёнлар такрорланувчанлиги қарийиб 3 баробарга камайган, минтақага кириб келувчи ҳаво массаларининг маҳаллий

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

ҳаво массаларига трансформациясини белгиловчи кичик градиентли юқори ва паст босимли майдонлар такрорланувчанлиги эса сезиларли ортган.

Мазкур ўзгаришлар минтақада мавсумий иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг давомийлигига таъсир кўрсатмоқда. Айниқса, стрессли биоқлимий шароитларнинг йирик мегаполис шаҳарлардаги таъсири ортиб бормоқда. Ҳозирги вақтга келиб дунё аҳолисининг 55% дан ортиғи шаҳарларда истиқомат қилмоқда [World ...]. Тошкент шаҳри сезиларли “иссиқлик ороли” шаклланивчи шаҳарлар қаторига кириб, сўнги йилларда шаҳардаги экстремал ҳарорат стресслари республиканинг бошқа ҳудудларига нисбатан кишилар кундалик фаолиятига кўпроқ таъсир ўтказмоқда. Экстремал ҳароратлар билан боғлиқ биоқлимий шароитлар энергетика, транспорт, шаҳарсозлик, медицина, туризм, спорт ва бошқа тармоқларга юкламаларни оширмоқда.

Тошкент шаҳрида илк биометеорологик тадқиқотлар ўтган асрнинг 70-90 йилларида Б.А. Айзенштат ва Л.П. Лукина томонидан амалга оширилган бўлса [Айзенштат, Лукина, 1982], ҳозирги кунда бу турдаги тадқиқотлар Б.М. Холматжонов, Ю.В. Петров, Ф.И. Абдукулов ва бошқалар томонидан амалга оширилмоқда [Холматжанов ва бошқ., 2020]. Б.А. Айзенштат ва Л.П. Лукиналар томонидан Тошкентнинг биоқлимий шароитлари Бодман ва Ли томонидан таклиф этилган самарали-эквивалент ҳарорати ва самарали-эквивалент куёш радиацияси усуллари ёрдамида тадқиқ этилган бўлса, Б.М. Холматжонов, Ю.В. Петров ва Ф.И. Абдукулов каби тадқиқотчилар Тошкент шаҳрида шаклланивчи иссиқлик ҳиссиёти шароитларини баҳолашда Ю.В. Петров ва А.Қ. Абдуллаевлар томонидан таклиф этилган ҳаво қурғоқчилигининг термогигрометрик коэффицентидан (ТГК) фойдаланишган [Петров, Абдуллаев, 2010]. Ушбу тадқиқот ишларида йил давомида мавсумий биоқлимий шароитлар ва уларнинг шаклланишига циркуляцион жараёнларнинг таъсири тадқиқ этилмаган.

Жаҳон миқёсида туризм мақсадларида фойдаланиш учун биоқлимий шароитларга ҳаво массаларининг таъсирини ўрганишга бағишланган кам сонли илмий ишлар эълон қилинган [Bartoszek et al., 2017]. Тошкент каби йирик шаҳарларда ёз ойларида юзага келувчи жазирама иссиқ кунлар сонининг ортиб бориши биоқлимий шароитлар ва уларга таъсир этувчи циркуляцион омилларни тадқиқ этиш ва келгусида биоқлимий шароитларни қисқа муддатли прогнозлаш заруратини белгилайди.

Тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари. Тошкент шаҳрида иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг шаклланишида Ўрта Осиё устидаги минтақавий атмосфера циркуляциясининг аҳамиятини тадқиқ этиш ишнинг **мақсади**, ТГК асосида аниқланган иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг вақт давомидаги тақсимоти, уларнинг шаклланишига сабаб бўлган Ўрта Осиё синоптик жараёнлари ҳамда уларга мос келувчи ҳаво ҳарорати диапазонларини аниқлаш ҳамда мавсумлар кесимида муайян иссиқлик ҳиссиёти шароитларига олиб келган синоптик жараён турларининг такрорланувчанлигини статистик баҳолаш эса ишнинг **вазифалари** ҳисобланади.

Тадқиқот объекти ва предмети. Тошкент шаҳри тадқиқот **объекти**, унинг биоқлимий шароитлари эса **предмети** ҳисобланади.

Бирламчи маълумотлар. Тадқиқот ишини бажаришда Ўзгидрометнинг Гидрометеорология фондида сақланаётган Тошкент-обсерватория станциясида 2011-2020 йиллар мобайнида қайд этилган муддатли кузатув маълумотлари, Ўрта Осиё синоптик жараёнлари тақвимлари [Календарь ..., 1993; 2013] ҳамда Ўзбекистон Республикаси метеорология станциялари бўйича метеорологик элементларнинг ўртача кўп йиллик қийматлари маълумотларидан [Ўзбекистон ..., 2003; 2022] фойдаланилди.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот ишида Тошкентда шаклланувчи иссиқлик ҳиссиёти шароитларини баҳолаш Ю.В. Петров ва А.Қ. Абдуллаевлар томонидан таклиф этилган ҳаво қурғоқчилигининг термогигрометрик коэффиценти (ТГК) ёрдамида бажарилди [Петров, Абдуллаев, 2010; Холматжанов ва бошқ., 2020; 2021; Холматжанов, Бегматов, 2022]:

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

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

Ҳаво ҳарорати ва ТГК орасидаги боғлиқлик асосида аниқланган инсон организми иссиқлик ҳиссиётининг 1 – ўта совуқ, 2 – совуқ, 3 – комфорт, 4 – нисбий комфорт, 5 – иссиқ ва 6 – ўта иссиқ зоналари таснифидан фойдаланилди [Холматжанов ва бошқ., 2021].

ТГКни ҳисоблаш, ҳисоблаш натижаларини статистик қайта ишлаш ва шамол омили таъсирида иссиқлик ҳиссиёти зоналарининг сутканинг 8 муддати бўйича такрорланувчанлигини ҳисоблаш алгоритмлари тузилди ҳамда Fortran дастурлаш тилида ёзилган маҳсус ҳисоблаш дастури ёрдамида бажарилди. Тошкентда шаклланувчи биоиклимий шароитларга таъсир этувчи синоптик жараёнлар статистик қайта ишлаш орқали баҳоланди.

Тадқиқот натижалари ва уларнинг муҳокамаси. Тошкентда базавий иқлимий даврда (1961-1990 йй.) ўртача кўпйиллик ҳаво ҳарорати $+14,2^{\circ}\text{C}$, яқунланган сўнгги иқлимий даврда (1991-2020 йй.) эса $+15,1^{\circ}\text{C}$ ни ташкил этган, яъни қарийиб $1,0^{\circ}\text{C}$ га кўтарилган (1-жадвал). Сўнгги 10 йиллик даврда (2011-2020 йй.) бу қиймат $+15,5^{\circ}\text{C}$ га етган. Мазкур ўн йилликда илиқ ярим йилликнинг апрель ойидан бошқа барча ойларда ўртача ойлик ҳаво ҳарорати базавий иқлимий даврнинг мос ойларига нисбатан сезиларли кўтарилган ($+1,4 \div +2,6^{\circ}\text{C}$).

1-жадвал

Тошкентда ўртача кўп йиллик ҳаво ҳарорати ва ёғинлар миқдори
(1 – 1961-1990 йй., 2 – 1991-2020 йй., 3 – 2011-2020 йй.)

Таблица 1

Многолетние средние температуры воздуха и суммы осадков в Ташкенте
(1 – 1961-1990 гг., 2 – 1991-2020 гг., 3 – 2011-2020 гг.)

Table 1

Long-term average air temperatures and precipitation in Tashkent
(1 – 1961-1990, 2 – 1991-2020, 3 – 2011-2020)

	Давр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СЯЙ	ИЯЙ	Йил
Т, °C	1	0,5	2,4	8,6	15,4	20,4	25,5	27,6	25,4	20,0	13,2	7,8	3,2	5,9	22,4	14,2
	2	2,3	4,2	10,2	15,9	21,1	26,2	28,2	26,6	21,0	14,3	8,1	3,5	7,1	23,2	15,1
	3	3,1	4,0	10,8	16,4	22,4	26,9	29,2	27,2	21,7	14,3	6,7	3,1	7,0	23,9	15,5
R, мм	1	54,6	46,8	72,0	63,5	32,0	7,2	3,6	1,9	4,6	34,0	44,4	53,1	304,9	112,8	417,1
	2	54,9	72,1	66,4	63,3	41,1	16,8	3,4	2,1	4,6	23,7	51,2	58,4	326,7	131,3	458,0
	3	56,2	64,9	64,8	63,2	29,0	13,2	1,2	2,6	2,6	29,7	63,2	47,1	325,9	111,8	437,4

Изоҳ: СЯЙ – совуқ ярим йил (октябрь-март), ИЯЙ – илиқ ярим йил (апрель-сентябрь)

Примечание: СЯЙ – холодное полугодие (октябрь-март), ИЯЙ – теплое полугодие (апрель-сентябрь)

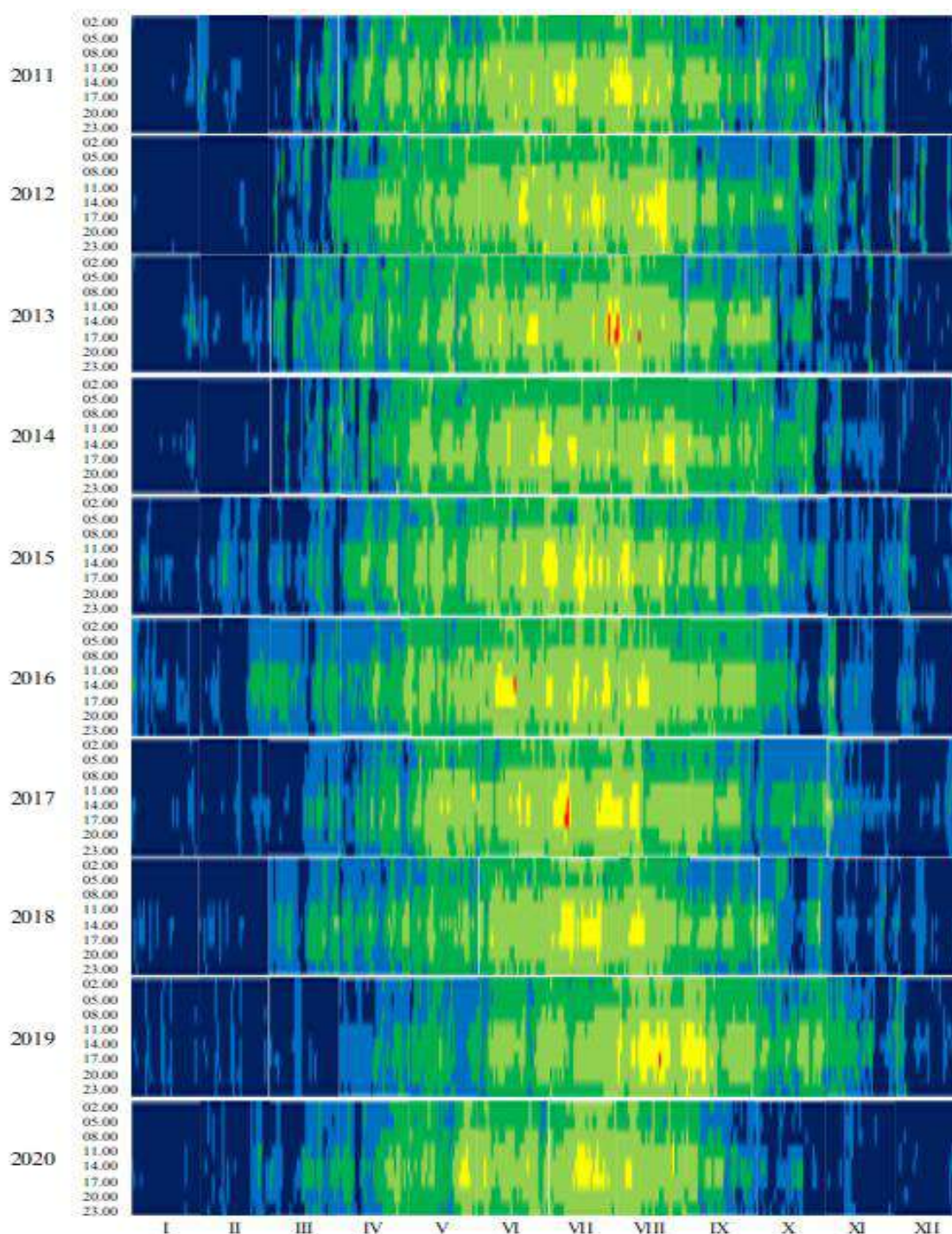
Note: СЯЙ – cold half-year (October-March), ИЯЙ – warm half-year (April-September)

Ҳаво ҳарорати режимида бўлгани каби ёгингарчилик режимида ҳам муайян ўзгаришлар юз берган. Тошкентда базавий иқлимий даврга нисбатан сўнгги иқлимий даврда ўртача йиллик ёгингарчилик миқдори 417,1 мм дан 458,0 мм гача ортган. Сўнгги 10 йилликда ёгингарчилик миқдори 437,4 мм ни ташкил этган. Юқорида келтирилган далиллар ҳамда Жаҳон метеорология ташкилотининг тавсиясини [WMO ..., 2017] инобатга олган ҳолда Тошкент шаҳрининг биоиклимий шароитлари 2011-2020 йилларни камраб олувчи 10 йиллик кузатув маълумотлари асосида баҳоланди.

Сўнгги ўн йиллик даврда сутканинг 8 муддатида биоиклимий шароитларнинг йил ичидаги тақсимоти 1-расмда, уларнинг кўп йиллик ўртача тақсимоти 2-расмда келтирилган. Расм маълумотларининг кўрсатишича, Тошкентда йилнинг ноябрдан мартгача бўлган даврида 1- ва 2-зона (ўта совуқ ва совуқ) иссиқлик ҳиссиёти шароитлари устуворлик қилади (2-расм). Шунга қарамай, тадқиқ этилган барча йилларда бу давр мобайнида, айниқса, ноябрда, 3-зона (комфорт) шароитлари ҳам қайд этилган (1-расм). Мартдан бошлаб 11.00 дан 20.00 гача бўлган кундузги ва кечки муддатларда 3-зона шароитлари устуворлик қила бошлайди. Бироқ, айрим йилларда, масалан, 2019 йилда, мартда асосан 1-зона шароитлари ҳукмронлик қилган. Апрельдан бошлаб кундузги муддатларда 3-зона, тунги соатларда эса 2-зона шароитлари устуворлик қилади (2-расм). Апрельнинг аввалида тунги муддатларда 1-зона, ой охирида эса кундузги муддатларда 4-зона (нисбий комфорт) шароитлари ҳам юзага келган (1-расм). Майда кундузги муддатларда 4-зона, тунги, эрталабки ва кечки соатларда эса 3-зона шароитлари ҳукмрон ҳисобланади (2-расм). Шунга қарамай, 2019 йилда бу ойда сутка давомида 2-зона шароитлари кузатилган ҳолатлар қайд этилган (1-расм).

Июнь ва июлда кўп йиллик ўртача тақсимотда кундузги ва кечки муддатларда 4-зона, тунги ва эрталабки соатларда эса 3-зона шароитлари ҳукмронлик қилса, июлда кундузги 14.00 ва 17.00 муддатларда 5-зона шароитлари устуворлик қилади (2-расм). Алоҳида йиллар кесимида 5-зона шароитларининг қайд этилиш давлари ва давомийлиги ўзаро сезиларли фарқланади (1-расм). Тадқиқ этилган 10 йиллик даврнинг ҳар бир йилида бўлмаса-да, айрим йилларда ёз ойларида 6-зона шароитлари ҳам қайд этилган (2013 йил июль-август, 2016 йил июнь, 2017 йил июль, 2019 йил август). Бироқ, статистик ўртачалаштириш оқибатида кўп йиллик ўртача тақсимотда 6-зона шароитлари қайд этилмайди (2-расм). Кўп йиллик ўртача тақсимотда сентябрда кундузги муддатларда (14.00 ва 17.00) 4-зона, қолган муддатларда эса 3- ва 2-зона шароитлари қайд этилади. Октябрнинг биринчи ва иккинчи декадаларида 3-зона шароитлари фақат кундузги (11.00 дан 17.00 гача) муддатларда кузатилиб, қолган вақт давомида 2-зона шароитлари устуворлик қилади (2-расм). Алоҳида олинган йиллар кесимида октябрда кун давомида 1-зона (2011-2016, 2018 ва 2020 йиллар) ва 4-зона (2019 йил) шароитлари қайд этилган йиллар ҳам учрайди (1-расм). Шундай қилиб, кўп йиллик ўртача ҳисобда иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг мавсумларга мос бир текис тақсимоти кузатилишига қарамай, алоҳида олинган йилларда иссиқлик шароитларининг етарлича хилма-хил тақсимотлари юзага келиши мумкин.

Биоиклимий шароитларнинг турли йиллардаги хилма-хил тақсимоти Ўрта Осиёга кириб келувчи ҳаво массаларининг хусусиятларига боғлиқ бўлиб, минтақа устидаги циркуляцион шароитлар билан белгиланади. Тадқиқотда 14.00 кузатув муддатида Тошкентдаги биоиклимий шароитларнинг шаклланишига сабаб бўлган Ўрта Осиё синотик жараёнлари ҳамда уларга мос келувчи ҳаво ҳарорати диапазонлари аниқланган (3-расм). Аниқланган боғланишлар асосида мавсумларнинг ўрта ойлари учун муайян иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг шаклланишига олиб келган синоптик жараёнлар такрорланувчанлигининг статистик таҳлили бажарилган (2-жадвал).



1-расм. Тошкентда иссиқлик ҳиссиёти шароитларнинг йил ичидаги тақсироти (2011-2020 йй.)

■ ўта соғуқ ■ соғуқ ■ қомфорт ■ нисбий қомфорт ■ иссиқ ■ ўта иссиқ

Рис. 1. Внутригодовое распределение условий теплоощущения в Ташкенте (2011-2020 гг.)

■ очень холодно ■ холодно ■ комфорт ■ относительный комфорт ■ жарко ■ очень жарко

Fig. 1. Intra-annual distribution of heat sensation conditions in Tashkent (2011-2020)

■ very cold ■ cold ■ comfort ■ relative comfort ■ hot ■ very hot

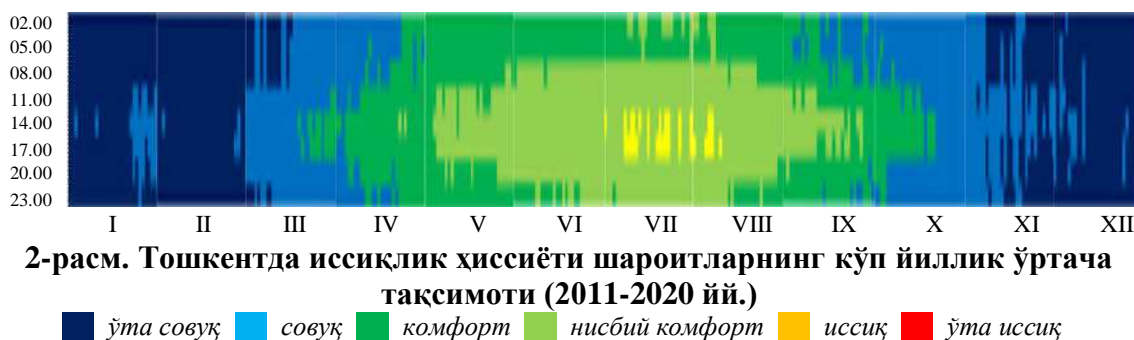


Рис.2. Многолетнее среднее распределение условий теплоощущения в Ташкенте (2011-2020 гг.)

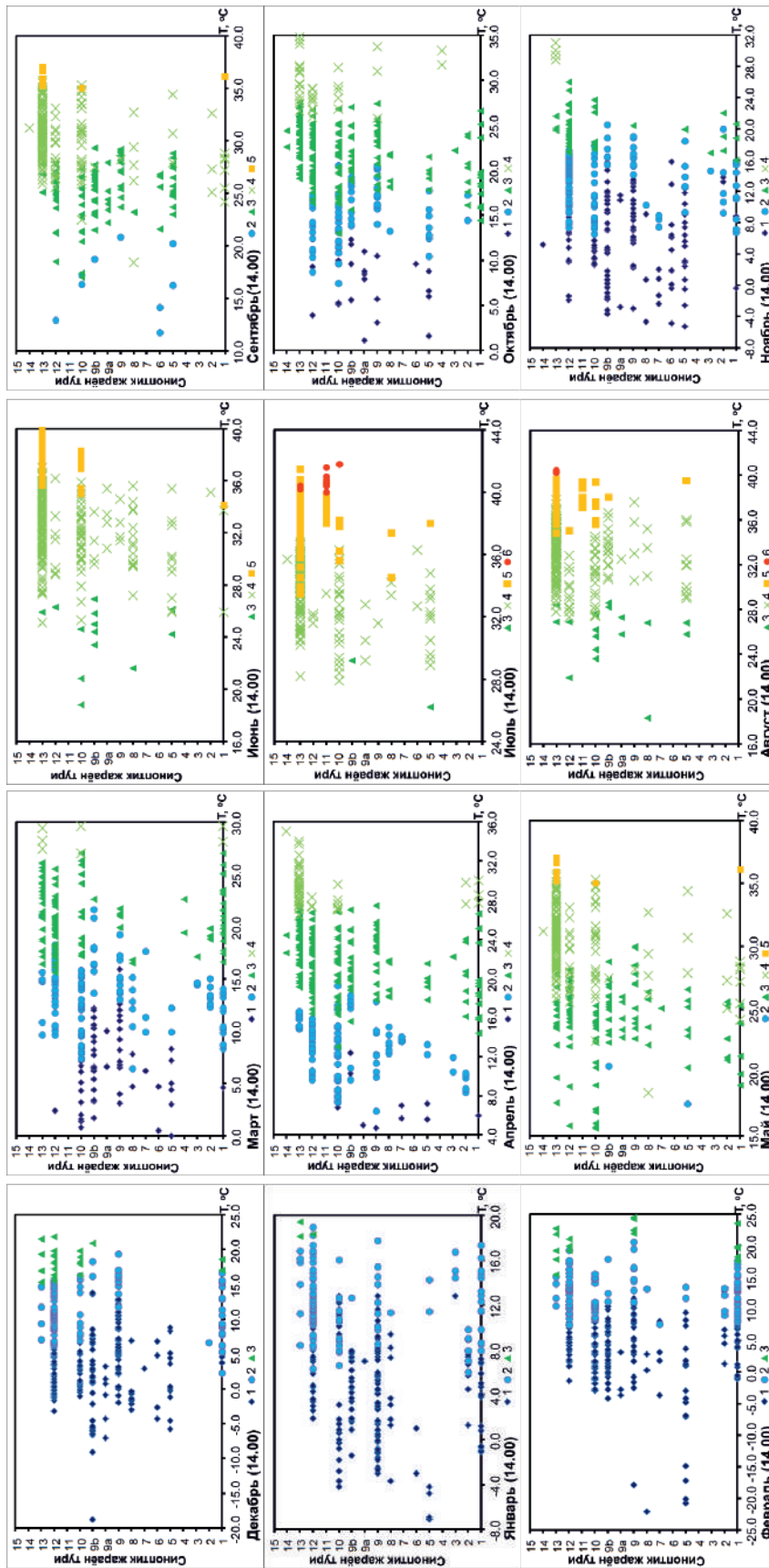
■ очень холодно ■ холодно ■ комфорт ■ относительный комфорт ■ жарко ■ очень жарко

Fig. 2. Long-term average distribution of heat sensation conditions in Tashkent (2011-2020)

■ very cold ■ cold ■ comfort ■ relative comfort ■ hot ■ very hot

Қиш ойларида 1-зона иссиқлик ҳиссиёти шароитлари Ўрта Осиё синоптик жараёнларининг Жанубий Каспий, Мурғоб ва Юқори Амударё циклонлари (1-, 2- ва 3-тур), Совуқ ҳавонинг шимол ва шимоли-ғарбдан кириб келишлари (5-ва 6-тур), Совуқ фронтдаги тўлқинли фаолият (7-тур), Ўрта Осиё устида кам ҳаракатли циклон (8-тур), Антициклоннинг жануби-ғарбий, жанубий ва жануби-шарқий чеккалари (9-, 9а- ва 9б-тур), Ҳавонинг ғарбдан кириб келиши (10-тур) ҳамда Кичик градиентли юқори ва паст босимли майдонлар (12- ва 13-тур) турларида қайд этилади. Синоптик жараёнларнинг 5-, 6-, 7-, 8-турларида бу зона шароитлари ҳаво ҳароратининг $-20^{\circ}\text{C} \div +9^{\circ}\text{C}$, 1-, 2-, 3-турларида $-1^{\circ}\text{C} \div +6^{\circ}\text{C}$, 9-, 9а-, 9б-турларида $-18^{\circ}\text{C} \div +13^{\circ}\text{C}$ ҳамда 10-, 12-, 13-турларида $-4^{\circ}\text{C} \div +14^{\circ}\text{C}$ диапазонларида қайд этилган. Ҳавонинг етарлича юқори ҳароратларида ($+14^{\circ}\text{C}$ гача) 1-зона шароитларининг қайд этилиши шамол омилининг таъсири билан изоҳланади. 2-зона шароитлари 1-, 2-, 5-, 7-, 8-, 9-, 9б-, 10-, 12- ва 13-турларда қайд этилиб, ҳаво ҳарорати $-2^{\circ}\text{C} \div +20^{\circ}\text{C}$ диапазонида ўзгарган. Синоптик жараёнларнинг 1-, 9-, 10-, 12-, ва 13-турларида 3-зона шароитлари ҳам кузатилиб, улар штиль шароитларида ҳаво ҳарорати $+15^{\circ}\text{C}$ дан юқори бўлган муддатларга мос келади (3-расм). Январь учун иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг шаклланишига олиб келган синоптик жараёнлар такрорланувчанлигининг статистик таҳлили тадқиқ этилаётган 10 йилликда бу ойда 197 та ҳолатларда (63,4%) 1-зона, 110 та ҳолатларда 2-зона (35,6%) ва 3 та ҳолатларда (0,9%) 3-зона шароитларининг қайд этилганини кўрсатди. 1-зона шароитларининг шаклланиши 9-турда 17,4%, 12-турда 14,5%, 10-турда 9,7% ва 9б-турда 8,4% ҳолатларда қайд этилиб, қолган турларнинг улуши 5,0% дан кичик қийматларни ташкил этган. 2-зона шароитлари 12- ва 1-тур кузатилганда 5,0% дан юқори улушга (мос равишда 16,5% ва 5,2%) эга бўлган (2-жадвал).

Баҳорда 1-зона иссиқлик ҳиссиёти шароитлари март ва апрелга хос бўлиб, улар 1-, 5-, 6-, 7-, 8-, 10-, 12- ва 13-турларда $+0^{\circ}\text{C} \div +10^{\circ}\text{C}$, 9-, 9а-, 9б-турларда ҳаво ҳароратининг $+15^{\circ}\text{C}$ гача бўлган диапазонларида қайд этилган. 2- ва 3-зона шароитлари 1-, 2-, 3-, 4- (Илиқ ҳавонинг кенг қўламли чиқиши), 5-, 7-, 8-, 9-, 9б-, 10-, 12- ва 13-турларда қайд этилиб, 2-зона ҳаво ҳароратининг $+6^{\circ}\text{C} \div +22^{\circ}\text{C}$ ҳамда 3-зона $+13^{\circ}\text{C} \div +30^{\circ}\text{C}$ диапазонларига мос келган. 4-зона шароитлари мартдан бошланиб, синоптик жараёнларнинг 1-, 2-, 5-, 8-, 9-, 9б-, 10-, 12-, 13- ва 14-турларида кузатилган. Бу зона шароитлари мавсум давомида ҳаво ҳароратининг $+18^{\circ}\text{C} \div +37^{\circ}\text{C}$ диапазонида мос келган. Майда синоптик жараёнларнинг 1-, 10- ва 13-турларида 5-зона шароитлари



3-расм. Тошкентда 14.00 да иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг синоптик жараён турлари ва ҳаво ҳароратига боғлиқ тақсими (2011–2020 йй.)

■ ўта совуқ ■ совуқ ■ қомфорт ■ иссиқ ■ ўта иссиқ
 ■ тақсими (2011–2020 йй.)
 ■ ўта совуқ ■ совуқ ■ қомфорт ■ иссиқ ■ ўта иссиқ
 ■ очень холодно ■ холодно ■ относительный комфорт ■ жарко ■ очень жарко
 ■ very cold ■ cold ■ comfort ■ relative comfort ■ hot ■ very hot

Рас. 3. Распределение условий теплоощущения в Ташкенте в зависимости от типов синоптических процессов и температуры воздуха в 14.00 (2011–2020 гг.)

Fig. 3. Distribution of heat sensation conditions in Tashkent depending on the types of synoptic processes and air temperature at 14.00 (2011–2020)

хам қайд этилиб, улар ҳаво ҳароратининг $+35^{\circ}\text{C}$ дан юқори қийматларида кузатилган (3-расм). Муайян иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг шаклланишига олиб келган синоптик жараёнлар такрорланувчанлигининг статистик таҳлили апрелда тадқиқот даврида 1-зона шароитлари атиги 10 та ҳолатларда (3,3%), 2-зона шароитлари 51 та ҳолатларда (17,0%), 3-зона шароитлари 184 та ҳолатларда (61,3%) ҳамда 4-зона шароитлари 55 та ҳолатларда (18,3%) қайд этилганини кўрсатди. Кўришиб турибдики, апрелда Тошкентда 3-зона шароитлари устуворлик қилиб, унинг шаклланишида 13- (14,3%), 12- (14,0%), 10- (11,0%), 9- (6,3%) ҳамда 9б- (5,0%) турлар етакчилик қилган. Шунингдек, 4-зона шароитларининг шаклланишида 5,0% дан юқори такрорланувчанликка 13-тур (13,3%) эга бўлган. Турли ҳиссиёт зоналарининг шаклланишида бошқа синоптик жараён турларининг улушлари кичик миқдорларни ташкил этади (2-жадвал).

Ёз ойларида 3-зона иссиқлик ҳиссиёти шароитлари синоптик жараёнларнинг 5-, 8-, 9а-, 9б-, 10-, 12- ва 13-турларида ҳароратнинг $+18^{\circ}\text{C} \div +30^{\circ}\text{C}$, 4-зона шароитлари 1-, 2-, 5-, 6-, 8-, 9-, 9а-, 9б-, 10-, 11- (Ёзги термик депрессия), 12-, 13- ва 14- (Ғарбий циклон) турларда ҳаво ҳароратининг $+26^{\circ}\text{C} \div +38^{\circ}\text{C}$, 5-зона шароитлари 1-, 5-, 8-, 9б-, 10-, 11-, 12- ва 13-турларида ҳаво ҳароратининг $+33^{\circ}\text{C} \div +42^{\circ}\text{C}$ диапазонларида қайд этилган. Июль ва августда 11- ва 13-турларда 6-зона иссиқлик ҳиссиёти шароитлари ҳам кузатилиб, ушбу иссиқлик стресси $+40^{\circ}\text{C}$ дан юқори ҳароратларда қайд этилган (3-расм). Июлда иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг 4- ва 5-зонлари устуворлик қилиб (мос равишда 56,3% ва 38,7% ҳолатлар), уларнинг шаклланишида 13-тур етакчилик қилган. Тошкентда 4-зона шароитларининг шаклланишида мазкур тур 40,6%, 5-зонанинг шаклланишида эса 32,3% ҳолатларда қайд этилган. 5,0% дан юқори такрорланувчанлик билан июлда 10-тур циркуляцион шароитлари ҳам 4-зона шароитларининг юзага келишига сабаб бўлган. Муайян иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг шаклланишига синоптик жараёнларнинг қолган турлари кичик улушлар билан сабаб бўлган (2-жадвал).

Куз мавсумида Тошкентда сентябрда 2-5-зона, октябрь ва ноябрда 1-4-зона шароитлари қайд этилади. 1-зона иссиқлик ҳиссиёти шароитлари 1-, 2-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 9а-, 9б-, 10-, 12- ва 14-турларда ҳаво ҳароратининг $-5^{\circ}\text{C} \div +16^{\circ}\text{C}$, 2-зона шароитлари 1-, 2-, 3-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 9б- 10- ва 12-турларда $+5^{\circ}\text{C} \div +22^{\circ}\text{C}$, 3- зона шароитлари 1-, 2-, 3-, 5-, 6-, 8-, 9-, 9а-, 9б-, 10-, 12-, 13-, ва 14-турларда $+13^{\circ}\text{C} \div +29^{\circ}\text{C}$, 4-зона шароитлари 1-, 2-, 4-, 5-, 8-, 9-, 10-, 12-, 13- ва 14-турларда $+23^{\circ}\text{C} \div +36^{\circ}\text{C}$ диапазонларида, 5-зона шароитлари эса 1-, 10- ва 13-турларда ҳавонинг $+36^{\circ}\text{C}$ дан юқори ҳароратларида кузатилган (3-расм). Тадқиқ этилаётган 10 йиллик даврнинг октябрь ойларида 24 та ҳолатда (7,7%) 1-зона, 70 та ҳолатида (22,5%) 2-зона, 181 ҳолатида (58,5%) 3-зона ҳамда 35 та ҳолатда (11,2%) 4-зона шароитлари қайд этилган (2-жадвал). Жадвал маълумотларидан кўришиб турибдики, устувор ҳисобланган 3-зона шароитларининг шаклланишида 12-тур етакчилик қилиб, унинг такрорланувчанлиги 33,5% ни ташкил этган. Мазкур зона шароитлари 10- ва 9-тур циркуляцион шароитларида ҳам 5,0% дан юқори такрорланувчанликка эга (мос равишда 8,1% ва 5,2%). Синоптик жараёнларнинг 10-турида 2-зона шароитлари кузатилган ҳолатлар 6,5% ни ташкил этган. Қолган синоптик жараён турлари муайян иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг шаклланишига 5,0% дан кичик такрорланувчанлик билан сабаб бўлган.

Хулоса. Бажарилган тадқиқот натижаларидан келиб чиқиб, қуйидаги хулосаларни бериш мумкин.

1. Тошкент шаҳрида 2011-2020 йилларни қамраб олган сўнгги 10 йиллик даврда 1961-1990 йиллардаги 30 йиллик иқлимий даврига нисбатан ҳароратнинг сезиларли кўтарилиши содир бўлган. Мазкур даврда апрель ойидан бошқа барча ойларда ўртача

ойлик ҳаво ҳарорати базавий иқлимий даврнинг мос ойларига нисбатан $+1,4^{\circ}\text{C}$ дан $+2,6^{\circ}\text{C}$ гача ортган.

2. Кўп йиллик ўртача ҳисобда иссиқлик ҳиссиёти шароитларининг мавсумларга мос бир текис тақсимооти кузатилишига қарамай, алоҳида олинган йилларда иссиқлик шароитларининг етарлича хилма-хил тақсимоотлари юзага келиши мумкин. Кўп йиллик тақсимоотда 6-зона (ўта иссиқ) ҳиссиёт шароитлари кузатилмаса-да, тадқиқ этилган 10 йиллик даврнинг айрим йилларида ёз ойларида мазкур зона шароитлари ҳам қайд этилган.

3. Биоиклимий шароитларнинг турли йиллардаги хилма-хил тақсимооти Ўрта Осиёга кириб келувчи ҳаво массаларининг хусусиятларига боғлиқ бўлиб, минтақа устидаги циркуляцион шароитлар билан белгиланади. Қиш мавсумида 1- ва 2-зона шароитлари устуворлик қилиб, уларнинг шаклланишида Ўрта Осиё синоптик жараёнларининг 1-, 9-, 9б-, 10- ва 12-турлари ҳал қилувчи аҳамиятга эга. Баҳорда, мартда 1-, 2- ва 3-зона, апрелда 2- ва 3-зона, майда эса 3- ва 4-зона шароитлари ҳукмронлик қилади. Уларнинг шаклланишида 10-, 12- ва 13-турларнинг такрорланувчанлиги энг юқори ҳисобланади. Ёз ойларида Тошкентда 4- ва 5-зона шароитлари устуворлик қилиб, июль ва августда 6-зона шароитлари ҳам қайд этилади. Нисбий комфорт ва иссиқ (4- ва 5-зона) шароитлар асосан 10- ва 13-турларнинг кузатилиши билан боғлиқ бўлса, ўта иссиқ (6-зона) шароитларнинг шаклланиши синоптик жараёнларнинг 11-тури билан боғлиқ бўлади. Сентябрда Тошкентда 3- ва 4-зона (5-, 9-, 9б-, 10-, 12- ва 13-турларда), октябрда 2- ва 3-зона (9-, 10-, 12- ва 13-турларда), ноябрда эса 1- ва 2-зона (1-, 2-, 5-, 6-, 9-, 9б-, 10- ва 12-турларда) шароитлари ҳукмронлик қилади.

Муаллифлар ҳиссаси. **Б.М. Холматжанов:** мақоланинг ғояси, раҳбарлик, натижалар таҳлили, мақолани расмийлаштириш. **Э.И. Абдулахатов:** методология, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **М.М. Нишонов:** ТГК ни ҳисоблаш дастури. **Ф.М. Халматжанов:** маълумотларни тўплаш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган матни билан танишдилар ва ўз розилиklarини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Айзениат Б.А., Лукина Л.П. Биоклимат и микроклимат Ташкента. – Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 128 с.

Айзениат Б.А., Швер Ц.А., Леухина Г.Н. Климат Ташкента. – Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 199 с.

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

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

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

Холматжонов Б.М. Минтақавий атмосфера циркуляцияси, унинг Ўрта Осиё иқлимининг ўзгариши ва Ўзбекистоннинг тоғли ҳудудларида ҳавонинг ифлосланишига таъсири хусусиятлари. Геогр. фан. докт. (DSc) дисс. автореф. – Тошкент: 2019. – 58 б.

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

Холматжанов Б.М., Абдулахатов Э.И. Продолжительность синоптических процессов Средней Азии и тенденции её изменения // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды, №3. 2022б. – С. 8-29.

Холматжанов Б.М., Бегматов С.У. Бухоро шахрининг биоиклимий шароитлари // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. №2. 2022. – Б. 21-32.

Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Абдикулов Ф.И., Абдикулова М.Р., Сайтиддинов З.Ф., Махмудов М.М., Халматжанов Ф.М. Условия теплового комфорта города Ташкент // Наука и инновационное развитие. №2. 2020. – С. 74-82.

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

Ўзбекистон Республикаси станциялари бўйича ўртача кўп йиллик метеоэлементлар қийматлари (1961-1990 йй. даври учун).–Тошкент: Ўзгидромет, 2003.–17 б.

Ўзбекистон Республикаси станциялари бўйича ўртача кўп йиллик метеоэлементлар қийматлари (1991-2020 йй. даври учун).–Тошкент: Ўзгидромет, 2022.–70 б.

Barros V.R., Field C.B., Dokken D.J., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L., (eds). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part B: Regional Aspects // Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: –PP. 1-13.

Bartoszek K., Wereski S., Krzyzewska A., Dobek M. The influence of atmospheric circulation on bioclimatic conditions in Lublin (Poland) // Bulletin of Geography Physical Series, 2017. №12. – PP. 41-49. <https://doi.org/10.1515/bgeo-2017-0004>.

McMichael A.J., Woodruff R.E., Hales S. Present and future risks. Lancet 367 // Climate change and human health, 2006. 9513. – PP. 859-869.

WMO (World Meteorological Organization). Guidelines on the Calculation of Climate Normals (WMO/TD-No. 1203). Geneva, 2017.

Электрон ресурс:

World Urbanization Prospects 2018. URL: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРОДА ТАШКЕНТ И ВЛИЯЮЩИЕ НА ЕГО ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ

Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,2}, Э.И. АБДУЛАХАТОВ², М.М. НИШОНОВ¹,
Ф.М. ХАЛМАТЖАНОВ³

¹ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, b.kholmatjanov@nuu.uz, mnishonov@gmail.com

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

³ Университет Альфраганус, farhod.Holmatjonov.75@mail.ru

Аннотация. В статье исследованы биоклиматические условия города Ташкент в течение года и формирующие их условия региональной циркуляции атмосферы с использованием термогигрометрического коэффициента сухости воздуха и типов синоптических процессов Средней Азии. В исследовании использованы данные 10-летних (2011-2020 гг.) метеорологических наблюдений на станции Ташкент-обсерватория в 14.00 по местному времени и календари синоптических процессов Средней Азии за этот период. Показано, что разнообразие распределения условий теплоощущения, являющимся основным элементом биоклиматических условий, в разные годы зависит от свойств воздушных масс, поступающих в Среднюю Азию, и определяется условиями циркуляции над регионом. Зимой в Ташкенте преобладают условия 1-й (очень холодно) и 2-й зоны (холодно), их формирование обусловлено типами 1, 9, 9б, 10, 12 синоптических процессов Средней Азии. Весной, в марте, преобладают 1-ая, 2-ая и 3-я зоны (комфорт), в апреле – 2-ая и 3-я зоны, а в мае – 3-я и 4-ая зоны (относительный комфорт),

обуславливающиеся типами 10, 12 и 13. В летний сезон преобладающими являются условия 4-й и 5-й зон (жарко), формирующиеся при типах 10 и 13. В сентябре преобладают 3-я и 4-ая зоны, в октябре 2-ая и 3-я зоны, а в ноябре главенствуют условия 1-й и 2-й зоны, в формировании которых участвуют почти все типы синоптических процессов.

Ключевые слова: температура воздуха, осадки, теплоощущение, термогигрометрический коэффициент сухости воздуха, атмосферная циркуляция, синоптический процесс, Ташкент.

BIOCLIMATIC CONDITIONS OF TASHKENT CITY AND CIRCULATORY FACTORS AFFECTING IT

B.M. KHOLMATJANOV^{1,2}, E.I. ABDULAKHATOV², M.M. NISHONOV¹, F.M. KHALMATJHANOV³

¹ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, b.kholmatjanov@nuu.uz, mnishonov@gmail.com

² Hydrometeorological Research Institute, erik_sen@mail.ru

³ Alfraganus University, farhod.Holmatjonov.75@mail.ru

Abstract. *In the article, bioclimatic conditions of Tashkent city throughout the year and regional atmospheric circulation conditions that form them are studied by means of the thermohygrometric coefficient of air dryness and Middle Asian synoptic processes. 10-year (2011-2020) meteorological observation data recorded at the Tashkent-observatory station at 14:00 local time and calendars of Middle Asian synoptic processes for this period were used in the research. It is shown that the different distribution of heat sensation conditions, which is considered the main element of bioclimatic conditions, in different years depends on the properties of the air masses entering Middle Asia and is determined by the circulation conditions over the region. In winter, conditions of 1st (very cold) and 2nd zone (cold) prevail in Tashkent; their formation is due to types 1, 9, 9b, 10, 12 of synoptic processes in Middle Asia. In the spring, in March, 1st, 2nd and 3rd zones (comfort) predominate, in April – 2nd and 3rd zones, and in May – 3rd and 4th zones (relative comfort), determined by types 10, 12 and 13. In the summer season, the predominant conditions are 4th and 5th zones (hot), formed under types 10 and 13. In September, 3rd and 4th zones predominate, in October, 2nd and 3rd zones, and in November, 1st and 2nd zone conditions predominate, in the formation of which almost all types of synoptic processes participate.*

Keywords: *air temperature, precipitation, heat sensation, thermohygrometric coefficient of air dryness, atmospheric circulation, synoptic process, Tashkent.*

REFERENS

Ayzenshtat B.A., Lukina L.P. Bioklimat i mikroklimat Tashkenta [Bioclimate and microclimate of Tashkent]. – L.: Gidrometeoizdat, 1982. – 128 s. (in Russian)

Ayzenshtat B.A., Shver S.A., Leuhina G.N. Klimat Tashkenta [Climate of Tashkent]. – L.: Gidrometeoizdat, 1982. – 199 s. (in Russian)

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

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

Petrov Yu.V., Abdullaev A.K. K voprosu otsenki suhosti vozduha [On the problem of air dryness estimation] // Meteorologiya i gidrologiya. – M.: NIS "Planeta", 2010. No 10, – S. 90-95. (in Russian)

Xolmatjonov B.M. Mintaqaviy atmosfera sirkulyatsiyasi, uning O'rta Osiyo iqlimining o'zgarishi va O'zbekistonning tog'li hududlarida havoning ifloslanishiga ta'siri xususiyatlari [Regional atmospheric

circulation, features of its impact on climate change in Middle Asia and air pollution in the mountainous regions of Uzbekistan]. Geogr. fan. dokt. (DSc) diss. avtoref. – Toshkent: 2019. – 58 b. (in Uzbek)

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

Xolmatjanov B.M., Abdulahatov E.I. Prodoljitelnost sinopticheskikh protsessov Sredney Azii i tendensii yeyo izmeneniya [Duration of Middle Asian synoptic processes and its change tendencies] // *Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushyey sredi*, №3. 2022b. – S. 8-29. (in Russian)

Xolmatjanov B.M., Begmatov S.U. Buhoro shahrining bioiklimiy sharoitlari [Bioclimatic conditions of the Bukhara city] // *Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi*. №2. 2022. – B. 21-32. (in Uzbek)

Xolmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Abdikulov F.I., Abdikulova M.R., Saypiddinov Z.F., Maxmudov M.M., Xalmatjanov F.M. Usloviya teplovogo komforta goroda Tashkent [Conditions of thermal comfort of the Tashkent city] // *Nauka i innovatsionnoe razvitie*. №2. 2020. – S. 74-82. (in Russian)

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

Ozbekiston Respublikasi stansiyalari bo'yicha ortacha kop yillik meteoelementlar qiymatlari (1961-1990 yy. davri uchun) [Average multi-year meteorological elements values for the stations of the Republic of Uzbekistan (for the period 1961-1990)]. – Toshkent: Ozgidromet, 2003. – 17 b. (in Uzbek)

Ozbekiston Respublikasi stansiyalari bo'yicha ortacha kop yillik meteoelementlar qiymatlari (1991-2020 yy. davri uchun) [Average multi-year meteorological elements values for the stations of the Republic of Uzbekistan (for the period 1991-2020)]. – Toshkent: Ozgidromet, 2022. – 70 b. (in Uzbek)

Electronic resource:

World Urbanization Prospects 2018. URL: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>

УДК: 621.311

ҚАШҚАДАРЁ ВИЛОЯТИ ҲУДУДИДА ҚУЁШЛИ, ҚИСМАН БУЛУТЛИ ҲАМДА БУЛУТЛИ КУНЛАР ТАҲЛИЛИ

Э.Ю. РАХИМОВ^{1*}, Ф.И. АБДИҚУЛОВ², А.А. ИМЯМИНОВ¹

¹ Ўзбекистон Республикаси Энергетика Вазирлиги ҳузуридаги Қайта тикланувчи энергия манбалари миллий илмий-тадқиқот институти, eyurakhimov@gmail.com, alimov7445@mail.ru

² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университети, abdikulov707@mail.ru

Аннотация. Мақолада Қашқадарё вилоятининг қуёш энергиясидан фойдаланиш имкониятларини баҳолаш мақсадида қуёшли (очиқ осмон), қисман булутли ҳамда булутли кунлар сони таҳлил қилинган. Бунда вилоят ҳудудида жойлашган метеорология станцияларининг осмонни булут қоплаши бўйича олиб борилган мuddатли кузатув маълумотлари (2000-2022 йиллар оралиги) дан фойдаланилган. Олинган натижаларга кўра, ўртача қуёшли кунлар энг кўп кузатилган кунлар сони Деҳқонобод ва Қарши метеорология станцияларида мос ҳолда 201 ва 206 кунни ташиқил этган. Қисман булутли кунлар сони Муборак ва Кўл метеорология станцияларида 71 кун бўлса, Шаҳрисабз метеорология станциясида булутли кунлар сони энг кўп кузатилган бўлиб, 146 кунни ташиқил этган. Энг кам кузатилган булутли кунлар сони Қарши ва

* Масъул муаллиф: eyurakhimov@gmail.com, тел.: +998 97 741-68-95

Дехқонобод метеорология станцияларида қайд этилган бўлиб, мос ҳолда 92 ва 95 кунга тенг эканлиги аниқланган.

Калит сўзлар: *қуёшли (очиқ осмон) кунлар, қисман булутли кунлар, булутли кунлар, қайта тикланувчи энергия манбалари, метеорология станциялари.*

Кириш. Бугунги кунда дунё миқёсида қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш энг долзарб масала бўлиб қолмоқда. Дунё бўйича 2020 йилга келиб, глобал электр энергияси ишлаб чиқаришдаги қайта тикланувчи энергия манбалари (ҚТЭМ) улуши 26% ни ташкил этган бўлса [IRENA, 2021], бу кўрсаткич 2021 йил сўнгига келиб 38% га етди. Бу ҳолат қайта тикланмайдиган энергия манбаларининг катта захирасини талаб этадиган ёқилғи электр станцияларидан фойдаланиш муддати тугашидан аввал воз кечиш тўғрисида қарор қабул қилган кўплаб мамлакатларда углерод эмиссиясини чеклаш киритилганини билдиради. Бу, айниқса, бутунлай қазилма ёқилғиларга асосланган электр энергиясини ишлаб чиқарувчи мамлакатларда яққол намоён бўлди. Шундай қилиб, 2021 йилда қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишга ўтишда катта сакраш содир бўлди. Жаҳон миқёсида қайта тикланувчи энергия деярли 257 GW га, энергия захираларидаги унинг ҳиссаси 9,1% га ортиб, глобал энергия қўшимчаларининг мисли кўрилмаган 81% ни ташкил этди [IRENA, 2022].

Ўзбекистон Республикасида ҳам қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш кўрсаткичлари ортиб бормоқда. Бу борадаги ишларни сўнгги йилларда олиб борилаётган ислохотлардан кўриш мумкин, жумладан, 2021 йилда Навоий вилоятида қуввати 100 MW бўлган мамлакатимиздаги биринчи қуёш электр станцияси ишга туширилган бўлса, 2022 йил май ойлари сўнгига Самарқанд вилояти Нуробод туманида қуввати 100 MW бўлган яна бир қуёш электр станцияси ишга туширилди [Energetika ...].

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 16 февралдаги «2023 йилда қайта тикланувчи энергия манбаларини ва энергия тежовчи технологияларни жорий этишни жадаллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-57-сон қарори ижтимоий ва уй-жой коммунал хизмат кўрсатиш соҳаларида ҳамда иқтисодиёт тармоқларида қайта тикланувчи энергия манбаларини кенг жорий этиш, энергия самарадорлигини ошириш орқали республика ҳудудларида энергия тақчиллиги қопланишини таъминлаш, бу борадаги ишларни комплекс ташкил этиш ҳамда инвесторлар учун қулай шароитлар ва рағбатлантириш механизмларини жорий қилиш бўйича ишларни жадаллаштириб юборди. Ушбу қарорда умумий қуввати 4300 MW бўлган қайта тикланувчи энергия манбаларини, шу жумладан 2100 MW – йирик қуёш ва шамол электр станциялари, 1200 MW – ижтимоий соҳа объектлари, хўжалик субъектларининг бино ва иншоотлари ҳамда хонадонларда ўрнатиладиган қуёш панеллари, 550 MW – тадбиркорлар томонидан барпо этиладиган кичик фотоэлектр станцияларини ишга тушириш бўйича таклифлар, топшириқлар ва чора-тадбирлар режаси белгиланган.

Режага кўра, Самарқанд вилояти Каттакўрғон туманида 2023 йилда ишга тушириладиган умумий қуввати 100 MW бўлган катта қувватли қуёш электр станцияси ҳамда ижтимоий соҳа объектлари ва давлат идораларида умумий қуввати 10,8 MW бўлган кичик қувватли қуёш электр станцияларини ўрнатиш режалаштирилган [O'zbekiston ...].

Тадқиқот ишининг долзарблиги. Катта қувватли қуёш фотоэлектрик станцияларининг иш унумдорлигига таъсир этувчи ташқи иқлимий омиллар талайгина, булар: осмоннинг булутлилиқ даражаси, атмосфера шаффофлиги, ҳаво ҳарорати ва намлиги, шамол тезлиги ва йўналиши кабилардир. Қуёшдан атмосфера қатламига етиб келувчи ёруғлик энергиясини маълум бир математик ифодалар ёрдамида аниқлаш қийин эмас [Duffie, Beckman, 2013]. Аммо атмосфера қатлаמידан ергача, яъни фотоэлектрик панель сиртига тушувчи қуёш энергияси интенсивлигини аниқлаш бирмунча қийинчилик

туғдиради. Бунда атмосфера шаффофлигидан ташқари осмоннинг булутлилик даражасини ҳам инобатга олишга тўғри келади. Шундай экан, асосий энергия манбаи сифатида фотоэлектрик станциялардан фойдаланиш ҳамда уларда ишлаб чиқариладиган электр энергияси миқдорини прогнозлашда шу ҳудудда кузатиладиган булутли ва очик кунлар сонини инобатга олиш зарур.

Куёшли ва булутли кунлар сони фотоэлектрик станцияларнинг ишлашига сезиларли таъсир кўрсатади. Қуйида ушбу таъсирни кўриб чиқадиган баъзи илмий тадқиқотлар келтирилган:

– Ҳиндистонда ўтказилган тадқиқотда муаллифлар куёш панелларидан электр энергияси ишлаб чиқаришга куёш соатлари сони сезиларли таъсир кўрсатишини кўрсатди, улар куёшли соатлар сони 1 соатга камайиши билан электр энергияси ишлаб чиқариш 0,39-0,44% га қисқаришини аниқладилар [Bhatia, Garg, 2016];

– АҚШда ўтказилган тадқиқот шуни кўрсатдики, куёш панелларининг ишлаши булут қоплами ва куёш нури миқдорига боғлиқ, муаллифлар бир ойда булутли кунлар сони 10 кундан ортик бўлса, электр энергияси ишлаб чиқариш 15-30% га қисқаришини аниқладилар [Khatod, Pareek, 2013];

– Германияда ўтказилган тадқиқотда муаллифлар куёшли соатлар сони куёш панелларининг ишлашига сезиларли таъсир этишини кўрсатди, муаллифлар май ва август ойлари орасида куёш соатлари сони электр энергияси ишлаб чиқаришга энг катта таъсир кўрсатишини аниқладилар [Khatod, Pareek, 2013];

– Ўзбекистонда Ю.В. Петров ва Б.М. Холматжанов бошчилигида ўтказилган тадқиқотларда Самарқанд, Бухоро, Хоразм, Қашқадарё вилоятлари ҳудудларида жойлашган метеорология станцияларининг 2009-2018 йиллар оралиғидаги кузатув маълумотлари асосида кўп йиллик ўртача суткалик булутли ва куёшли кунлар сонининг йил ичидаги ўзгаришлари аниқланган. Олинган натижалар асосида вилоятларнинг иқлимий тавсифи тузилган, биоиклимий шароитлари ҳамда вилоятларда туризмни ривожлантиришда улардан фойдаланиш имкониятлари баҳоланган [Абдикулов, 2022; Холматжанов ва бошқ., 2020, 2021; Kholmatjanov et al., 2020].

Юқорида келтирилган ишлардан фарқли равишда, ушбу тадқиқот ишида Қашқадарё вилояти ҳудудида жойлашган ер усти метеорология станцияларидан олинган кўп йиллик (2000-2022 йй.) кундузги 05:00 дан 20:00 гача бўлган вақтларда осмоннинг булутлилиги (булут қоплаши) бўйича кунлик ўртача маълумотларни 8 баллик шкалада таҳлили асосида ҳудудда кузатиладиган куёшли (очик осмон), қисман булутли ҳамда булутли кунлар сони таҳлил қилинган.

Тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари. Фотоэлектрик станцияларнинг ишлашига сезиларли таъсир кўрсатувчи омиллардан бири ҳисобланган булутлилик кўрсаткичларини тадқиқ этиш ишнинг **мақсади**, ер усти метеорология станцияларидан 8 баллик шкалада олинган кўп йиллик маълумотлар таҳлили асосида Қашқадарё вилояти ҳудудида кузатиладиган куёшли, қисман булутли ҳамда булутли кунлар сонини таҳлил қилиш тадқиқотнинг **вазифаси** ҳисобланади.

Тадқиқотнинг объекти ва предмети. Қашқадарё вилояти ҳудуди тадқиқотнинг объекти, ҳудуддаги метеорология станцияларининг осмонни булут қоплаш кўрсаткичи асосида аниқланган куёшли (очик осмон), қисман булутли ҳамда булутли кунлар сони эса тадқиқотнинг предмети ҳисобланади.

Тадқиқот усуллари ва бошланғич маълумотлар. Тадқиқотлар мақсад ва вазифаларидан келиб чиққан ҳолда турли муаллифлар томонидан ўтказилган тадқиқотларда осмоннинг булут қоплаш даражаси турли синфларга ҳамда 0 дан 10 гача балл даражаларига ажратилган.

NASA POWER томонидан тақдим этиладиган осмонни булут қоплаш даражаси ёки булутлилик улуши CERES алгоритмида ҳисобланади. Булутли қоплама фоизи маълум бир ой учун 1 соатлик қадамларда ва кейин ҳар бир вақт даражаси учун ўртача кунлик фоизни олиш учун кун давомида ўртача ҳисобланади. Бунда осмон ҳолати булут қопламаси фоизларига қараб қуйидаги уч турга ажратилади [Energy ...]:

- очиқ осмон $\leq 10\%$;
- қисман булутли осмон 10-70%;
- булутли осмон $\geq 70\%$.

J. Fuchs ва B. Kim тадқиқот ишларида осмоннинг булутлилик даражасининг барча 10 баллик шкаласи фойдаланилган [Fuchs et al., 2022; Kim, Cha, 2020].

Ю.В. Петров ва Б.М. Холматжанов тадқиқотларида қуёшли (очиқ осмон), қисман булутли ҳамда булутли кунлар сонини декадаларда таҳлил қилинган бўлиб, унда осмоннинг булутлилик даражаси мос равишда 0 балл бўлган кун қуёшли – очиқ кун, 1-4 баллгача қисман булутли кун ҳамда 5-10 балл орасида бўлганда эса булутли кун мезонлари асос қилиб олинган [Matzarakis, 2014].

B. Nouri ҳамда N. Blum ўз ишларида осмонни булут қоплаш даражасини қуйидагича тавсифлашган (1-жадвал) [Nouri et al., 2021; Blum et al., 2022].

1-жадвал

Осмон ҳолатининг ўзгарувчанлик даражалари мезони

Таблица 1

Критерий степени изменчивости состояния неба

Table 1

Criterion of the variability degree of the sky state

Даражалар	Осмон шароитлари	Очиқ осмон индекси	Ўзгарувчанлик
1	Асосан очиқ осмон	Жуда юқори тиниқ осмон	Очиқ (қуёшли) осмон
2	Деярли очиқ осмон	Юқори тиниқ осмон	
3	Деярли очиқ осмон	Юқори/ўрта тиниқ осмон	
4	Қисман булутли	Ўрта тиниқ осмон	Қисман булутли осмон
5	Қисман булутли	Ўрта тиниқ осмон	
6	Қисман булутли	Ўрта/паст тиниқ осмон	
7	Деярли булутли	Паст тиниқ осмон	Булутли осмон
8	Асосан булутли	Жуда паст тиниқ осмон	

1-жадвалдаги даражалар булут қоплаш кўрсаткичлари кузатувларининг 0 дан 10 баллик оралиғини 0 дан 1 гача бўлганини 1, ҳамда 8 дан 10 гача оралиқни 8 балл қилиб белгиланиши орқали ҳосил қилинган.

Ушбу тадқиқот ишида ҳам қуёшли (очиқ осмон), қисман булутли ҳамда булутли осмон кунларини аниқлашда 1- жадвалда келтирилган даражалардан ҳамда ўзгарувчанлик кўрсаткичидан фойдаланилган.

Мазкур тадқиқот ишида ҳозирги кунда Қашқадарё вилояти ҳудудида метеорологик кузатув ишлари олиб борилаётган 9 та ер усти метеорология станцияларининг осмоннинг булутлилик даражаси бўйича кузатув маълумотларидан фойдаланилган. Кузатув маълумотлари Ўзбекистон Республикаси Табиат ресурслари вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати агентлигининг Гидрометеорология фондида ТМ-1 жадвалларида қайд этилади. Вилоят ҳудудида жойлашган метеорология станциялари тўғрисидаги маълумотлар 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

Қашқадарё вилоятида жойлашган метеорология станциялари тўғрисида
маълумотлар

Таблица 2

Информация о метеостанциях, расположенных в Кашкадарьинской области

Table 2

Information about meteorological stations located in Kashkadarya region

№	Станция	Географик жойлашуви, кенглиги ва узоклиги, °		Денгиз сатҳига нисбатан баландлиги, м	Метеорологик кузатувлар бошланган сана
1.	Оқработ	38,86	66,16	1599,0	1950
2.	Ғузор	38,61	66,26	523,0	1927
3.	Дехқонобод	38,35	66,5	938,2	1933
4.	Қарши	38,81	65,77	375,2	1927
5.	Мингчукур	38,65	66,93	2131,0	1950
6.	Муборак	39,15	65,09	284,7	1932
7.	Кўл	39,01	67,65	2034,0	1994
8.	Чимқўрғон	38,5	66,12	465,0	1959
9.	Шахрисабз	39,01	66,83	625,3	1959

Тадқиқот натижалари ва уларнинг муҳокамаси. Олинган маълумотларни қайта ишлаш натижаларига асосан Қашқадарё вилоятида жойлашган Дехқонобод, Қарши ва Чимқўрғон метеорология станцияларида булутлилик даражалари бўйича ўртача кўп йиллик ҳисобда 1 даражага мос келувчи кунлар сони энг кўп (150-161 кун), 7-8 даражаларга мос келувчи кунлар сони энг кам (92-118 кун) кузатилганлиги аниқланди. Булутлилик даражаси 8 га тенг бўлган кунлар сони бўйича Шахрисабз метеорология станцияси мутлақ устинликка эга (126 кун). Вилоятда жойлашган барча метеорология станциялари бўйича кўп йиллик ўртача булутли кунлар сони ва уларнинг даражалари тўғрисидаги маълумотлар 3-жадвалда келтирилган.

1-жадвалда келтирилган мезонга асосан Мингчукур метеорология станцияси учун кўп йиллик ўртача булутли, қисман булутли ва қуёшли кунлар сонининг йил ичидаги ўзгариш диаграммаси 1-расмда келтирилган. Мингчукур метеорология станциясида январь, февраль, март ҳамда декабрь ойлари булутлилик 8 баллдан юқори бўлган кунлар сони энг кўп (15-19 кун) кузатилган. Ёз ойларида булутли кунлар сони ўртача 1-3 кунни ташкил этади. Қисман булутли кунлар сони кўп йиллик ўртача ҳисобда апрель ва май ойларига тўғри келиб 7-8 кунни ташкил этган. Баҳор мавсумида қисман булутли кунлар мавсум давомида 6-8 кунни ташкил этади. Қуёшли кунлар сони январь-март оралиғида ўртача 6-9 кунни ташкил этган бўлса, баҳор мавсумида қуёшли кунлар сони 6 дан 21 кунгача кўтарилган. Бу ҳолат ёз ҳамда куз мавсумининг ўрталаригача давом этиб, энг кўп қуёшли кунлар сони июль-сентябрь ойларига тўғри келади.

Қашқадарё вилоятида жойлашган барча метеорология станциялари кузатувлари таҳлиллари асосида олинган кўп йиллик (2000-2022 йй.) ўртача қуёшли (очиқ осмон), қисман булутли ва булутли кунлар сонининг йиллик ўзгариши маълумотлари 4-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Қашқадарё вилоятида жойлашган метеорология станциялари ҳудудидаги ўртача кўп йиллик булутлилик даражаларига тўғри келувчи кунлар сони

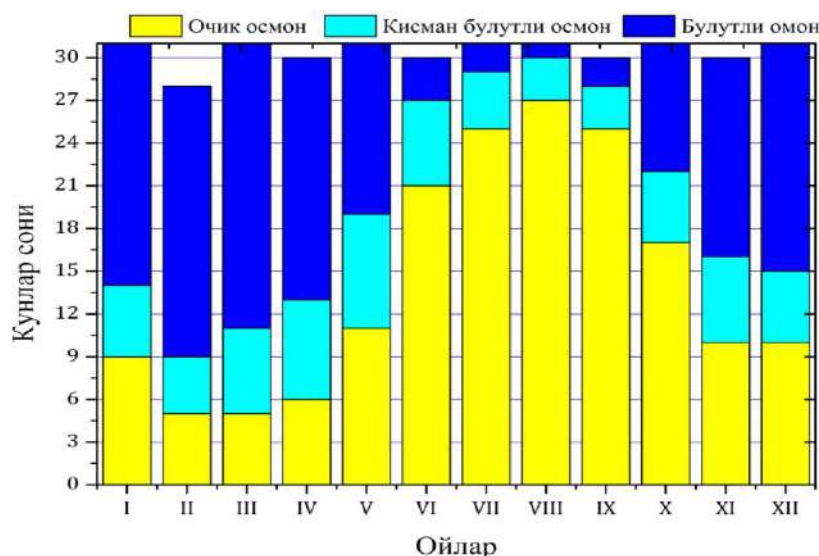
Таблица 3

Количество дней, соответствующих средним многолетним уровням облачности в районе метеостанций, расположенных в Кашкадарьинской области

Table 3

The number of days corresponding to the average multi-year cloudiness levels in the area of meteorological stations located in the Kashkadarya region

Станция Даража	Булутлилик даражаларига мос кунлар сони							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Оқработ	139	24	18	20	18	21	18	107
Ғузор	147	24	16	19	18	21	20	100
Дехқонобод	152	25	23	23	22	24	22	74
Қарши	161	25	19	23	20	25	17	75
Мингчукур	121	27	22	20	20	22	24	109
Муборак	137	27	23	24	23	26	25	80
Кўл	121	28	26	24	25	23	23	95
Чимқўрғон	155	19	14	18	15	19	17	108
Шаҳрисабз	126	22	18	16	17	20	20	126



1-расм. Мингчукур метеорология станцияси кузатувлари таҳлили асосида олинган кўп йиллик (2000-2022 йй.) ўртача қуёшли (очик осмон), қисман булутли ва булутли кунлар сонининг йиллик ўзгариши

Рис. 1. Годовое изменение числа средних многолетних (2000-2022 гг.) солнечных (ясное небо), частично облачных и пасмурных дней на основе анализа наблюдений метеостанции Мингчукур

Fig. 1. Annual change in the number of average long-term (2000-2022) sunny (clear sky), partly cloudy and overcast days based on the analysis of observations of the Mingchukur meteorological station

4-жадвал

Кашқадарё вилоятида жойлашган метеорология станцияларининг узок муддатли (2000-2022) кузатув маълумотлари таҳлили асосида олинган қуёшли (очик осмон), қисман булутли ва булутли кунлар сонининг ўртача йиллик ўзгариши маълумотлари

Таблица 4

Данные о среднегодовом изменении количества солнечных (ясное небо), частично облачных и пасмурных дней, полученные на основе анализа данных долгосрочных (2000-2022) наблюдений метеостанций, расположенных в Кашкадарьинской области

Table 4

Data on the average annual change in the number of sunny (clear sky), partly cloudy and overcast days, obtained on the basis of analysis of data from long-term (2000-2022) observations of meteorological stations located in Kashkadarya region

Станция	Осмон холати	Ойлар кесимида кунлар сони												Йиллик
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Оқрабат	ОО	9	5	5	8	12	22	26	28	26	18	11	10	180
	ҚБО	5	4	5	7	8	5	4	2	2	6	6	5	59
	БО	17	18	20	15	11	3	1	1	2	7	14	16	126
Ғузор	ОО	8	7	7	9	13	23	27	28	26	18	11	9	185
	ҚБО	6	5	6	7	7	5	3	2	3	6	5	6	59
	БО	17	17	19	14	11	3	1	1	2	7	14	17	122
Дехқонобод	ОО	10	8	7	10	15	24	28	29	27	20	12	11	201
	ҚБО	6	6	8	9	9	5	2	2	2	6	7	7	69
	БО	15	14	16	11	7	1	1	0	1	5	11	13	95
Қарши	ОО	9	7	8	12	16	24	29	29	27	20	14	11	206
	ҚБО	6	7	8	8	9	5	2	1	2	7	6	6	67
	БО	16	14	15	10	6	1	0	1	1	4	10	14	92
Мингчукур	ОО	9	5	5	6	11	21	25	27	25	17	10	10	171
	ҚБО	5	4	6	7	8	6	4	3	3	5	6	5	62
	БО	17	19	20	17	12	3	2	1	2	9	14	16	132
Муборак	ОО	8	7	7	10	13	22	27	28	25	19	12	9	187
	ҚБО	7	6	7	8	10	6	3	2	3	6	7	6	71
	БО	16	15	17	12	8	2	1	1	2	6	11	16	107
Кўл	ОО	11	8	7	8	11	18	22	25	24	17	12	12	175
	ҚБО	5	4	6	7	9	9	6	5	3	6	5	6	71
	БО	15	16	18	15	11	3	3	1	3	8	13	13	119
Чимқўрғон	ОО	8	6	7	9	14	23	27	28	26	19	12	9	188
	ҚБО	5	5	6	6	6	4	2	2	2	4	5	5	52
	БО	18	17	18	15	11	3	2	1	2	8	13	17	125
Шаҳрисабз	ОО	7	5	5	8	12	20	25	27	24	16	9	8	166
	ҚБО	4	4	5	6	7	6	3	2	3	5	4	4	53
	БО	20	19	21	16	12	4	3	2	3	10	17	19	146

4-жадвал маълумотларига кўра Дехқонобод ва Қарши метеорология станцияларида кўп йиллик ўртача ҳисобда қуёшли кунлар, мос равишда 201 ва 206 кун, энг кўп кузатилган. Қисман булутли кунлар сони Муборак ва Кўл метеорология станцияларида 71 кунни ташкил этган. Шаҳрисабз метеорология станциясида булутли кунлар сони энг кўп кузатилиб, 146 кунни ташкил этган бўлса, Дехқонобод ва Қарши метеорология станцияларида энг кам кузатилган ва мос равишда 95 ва 92 кунни ташкил этган.

Хулоса. Қашқадарё вилояти ҳудудида жойлашган 9 та ер усти метеорология станцияларининг 2000-2022 йиллар оралиғидаги осмоннинг булутлилик даражаси бўйича кузатув маълумотлари статистик қайта ишланди ва таҳлил қилинди.

Олинган натижаларга кўра, энг кўп кузатилган қуёшли кунларнинг кўп йиллик ўртача сони Деҳқонобод ва Қарши метеорология станцияларида мос равишда 201 ва 206 кун эканлиги аниқланди. Қисман булутли кунлар сони Муборак ва Кўл метеорология станцияларида 71 кунни ташкил этган. Шаҳрисабз метеорология станциясида булутли кунлар сони энг кўп кузатилган ва 146 кунни ташкил этган. Қарши ва Деҳқонобод метеорология станцияларида булутли кунлар сони энг кам қайд этилган (мос равишда 92 ва 95 кун).

Тадқиқот давомида олинган натижалар ушбу ҳудудда қуёш фотоэлектрик станцияларида ишлаб чиқарилиши мумкин бўлган қувватни прогноزلашга ва энергия етказиб беришда булутли кунлар сабабли вужудга келиши мумкин бўлган эҳтимолий хавфларни баҳолашга хизмат қилади. Шунингдек, қуёш энергиясидан фойдаланишда OffGrid ва Gibrud тизимларда энергияни захиралаш ва захира қувватини аниқлаш талаб этиладиган масалаларда катта аҳамиятга эга.

Муаллифлар ҳиссаси. **Э.Ю. Рахимов:** мақола ғояси, методология, натижалар таҳлили, натижаларни текшириш, раҳбарлик. **Ф.И. Абдиқулов:** мақола ғояси, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **А.А. Имяминов:** маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили, мақолани расмийлаштириш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тайёрланган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилигини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Абдиқулов Ф.И. Самарқанд вилояти танланган ҳудудларининг иқлимий ва биометеорологик шароитлари (Кўшработ ва Пайшанба метеорология станциялари маълумотлари асосида) // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. 61-жилд, 2022. – Б. 86-99.

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

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

Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Абдиқулов Ф.И. Самарқанд шаҳрининг иқлимий ва биометеорологик шароитлари // СамДУ илмий ахборотномаси. 3-сон (127), 2021. – Б. 124-134.

Bhatia, K.S., Garg H.P. Study of performance of photovoltaic module with variation in insolation, temperature and wind velocity. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 5(6), 2016, 10662-10670.

Blum N.B., Wilbert S., Nouri B., Stührenberg J., Lezaca Galeano J.E., Schmidt T., Heinemann D., Vogt T., Kazantzidis A., Pitz-Paal R. Analyzing Spatial Variations of Cloud Attenuation by a Network of All-Sky Imagers // Remote Sens. 2022, 14, 5685. <https://doi.org/10.3390/rs14225685>.

Kim B., Cha J.W. Cloud Observation and Cloud Cover Calculation at Nighttime Using the Automatic Cloud Observation System (ACOS) Package // Remote Sens. 2020, 12, 2314; doi:10.3390/rs12142314

Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. New Jersey, 2013.

IRENA (2021), Renewable capacity statistics 2021 International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi (<https://www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-Capacity-Statistics-2021>)

IRENA (2022), Renewable Energy Statistics 2022, The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi (<https://www.irena.org/publications/2022/Apr/Renewable-Capacity-Statistics-2022>)

Fuchs J., Andersen H., Cermak J., Pauli E., Roebeling R. High-resolution satellite-based cloud detection for the analysis of land surface effects on boundary layer clouds // Atmos. Meas. Tech., 15, 2022, 4257-4270. <https://doi.org/10.5194/amt-15-4257-2022>

Khatod D.K., Pareek J. Performance evaluation of solar PV module under different sky conditions // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 2(7), 2013, 3074-3080.

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

Matzarakis A. Transfer of climate data for tourism applications – The Climate-Tourism/TransferInformation-Scheme // Sustain. Environ. Res. – 2014. – No. 24(4). – PP. 273-280.

Nouri B., Blum N., Wilbert S., Zarzalejo L.F. A hybrid solar irradiance nowcasting approach: Combining all sky imager systems and persistence irradiance models for increased accuracy // Solar RRL, 6, 2021, 2100442.

Elektron manbalar:

О‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 16 fevraldagi “2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejoyvchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-57-son qarori. URL: <https://lex.uz/uz/docs/-6385716>.

Energetika vazirligi: Samarqand viloyatida yirik quyosh fotoelektr stansiyasi ishga tushirildi. URL: <https://minenergy.uz/ru/news/view/1957>.

Energy fluxes data overview Global sw solar insolation & lw radiative flux. URL: <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/energy-fluxes/#cloud-properties>

АНАЛИЗ СОЛНЕЧНЫХ, ЧАСТИЧНО ОБЛАЧНЫХ И ПАСМУРНЫХ ДНЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Э.Ю. РАХИМОВ¹, Ф.И. АБДИКУЛОВ², А.А. ИМЯМИНОВ¹

¹Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетики Республики Узбекистан, euyrakhimov@gmail.com, alimov7445@mail.ru

²Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, abdikulov707@mail.ru

Аннотация. В статье проанализировано количество солнечных (ясное небо), частично облачных и пасмурных дней в Кашкадарьинской области с целью оценки потенциала использования солнечной энергии. Использовались данные расположенных на территории региона метеорологических станций об облачности неба. Согласно полученным результатам, наибольшее количество наблюдаемых средних солнечных дней на метеостанциях Дехканабад и Карши составило 201 и 206 дней, соответственно. Количество переменного-облачных дней составило 71 день на метеостанциях Мубарак и Куль, а наибольшее количество пасмурных дней составило 146 дней на метеостанции Шахрисабз. Наименьшее количество пасмурных дней зафиксировано на метеостанциях Карши и Дехканабад и составило 92 и 95 дней, соответственно.

Ключевые слова: солнечные (ясное небо) дни, переменная облачность, пасмурные дни, возобновляемые источники энергии, метеостанция.

ANALYSIS OF SUNNY, PARTLY CLOUDY AND OVERCAST DAYS IN KASHKADARYA REGION**E.Yu. RAKHIMOV¹, F.I. ABDIKULOV², A.A. IMYAMINOV¹**

¹ National Research Institute of Renewable Energy Sources under the Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan, eyurakhimov@gmail.com, alimov7445@mail.ru

² National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, abdikulov707@mail.ru

Abstract. *The article analyzes the number of sunny (clear skies), partly cloudy and overcast days in Kashkadarya region in order to assess the potential of using solar energy. At the same time, data from meteorological stations located in the region on the cloud cover of the sky were used. According to the results obtained, the number of days with the largest number of observed average sunny days at the Dehkanabad and Karshi meteostations was 201 and 206 days, respectively. The number of partly cloudy days was 71 days at the Mubarak and Kul meteostations, and the largest number of cloudy days was 146 days at the Shakhrisabz meteostation. The smallest number of cloudy days was recorded at the Karshi and Dehkonabad meteostations and amounted to 92 and 95, respectively.*

Keywords: *sunny (clear sky) days, partly cloudy days, overcast days, renewable energy sources, meteorological station.*

REFERENCES

Abdikulov F.I. Samaraqand viloyati tanlangan hududlarining iqlimiy va biometeorologik sharoitlari (Qo‘shrabot va Payshanba meteorologiya stansiyalari ma‘lumotlari asosida) [Climatic and biometeorological conditions of selected areas of Samaraqand region (based on the data of Koshrabot and Payshanba meteorological stations)] // O‘zbekiston Geografiya jamiyati axboroti. Vol. 61. 2022. – B. 86-99. (in Uzbek)

Kholmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Abdikulov F.I. Imom al-Buxoriy majmuasi hududining bioiqlimiy sharoitlari [Bioclimatic conditions of the territory of the Imam al-Bukhari complex] // Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi. №2, 2021. – B. 19-31. (in Uzbek)

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

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

Electronic resources:

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 16 fevraldagi “2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-57-son qarori. URL: <https://lex.uz/uz/docs/-6385716>.

Energetika vazirligi: Samarqand viloyatida yirik quyosh fotoelektr stansiyasi ishga tushirildi. URL: <https://minenergy.uz/ru/news/view/1957>.

Energy fluxes data overview Global sw solar insolation & lw radiative flux. URL: <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/energy-fluxes/#cloud-properties>

УДК 551.51

**ПОВЫШЕНИЕ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА,
КАК РЕЗУЛЬТАТ КОНВЕКТИВНОГО ВЫНОСА АЭРОЗОЛЯ
НА ПУСТЫННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ****Б.С. ТЛЕУМУРАТОВА^{1*}, М.Л. АРУШАНОВ², Б.Ж. НАРЫМБЕТОВ¹**¹ Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук, tbibigul@mail.ru² Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, mikl-arushanov@rambler.ru

Аннотация. *Выполнена модификация математической модели влияния конвективного выноса аэрозоля (МКВ) с пустынных поверхностей на приповерхностную температуру воздуха, разработанную нами ранее для «идеальных» условий (отсутствия растительного покрова и наличия ветровых нагрузок – условие штилевой погоды).*

В ходе полевых экспериментов по ратификации модели выявилось существенное влияние ветра и растительного покрова на тепловой эффект конвективного выноса аэрозоля (КВ), вызывающие значительные невязки модельных и экспериментальных данных. На основе выведенных эмпирических зависимостей теплового эффекта КВ от скорости ветра и общего проективного покрытия растительности, а также изменения некоторых параметров МКВ, разработана версия МКВ-2 с учётом реальных условий.

По результатам реализации МКВ-2 для территории Южного Приаралья в тёплый период года (май-октябрь) в пустынных зонах отмечается повышение температуры в приповерхностном слое, в среднем, на 3,5°C, как следствие конвективного выноса аэрозоля. Эта величина является весьма значительной, что указывает на необходимость учёта конвективного выноса аэрозоля в прогностических и климатических моделях приземной температуры воздуха на пустынных территориях.

Ключевые слова: *конвективный вынос, аэрозоль, приповерхностная температура воздуха, Южное Приаралье.*

Введение. Главнейшим процессом, характеризующим состояние атмосферы, является теплообмен в системе почва-атмосфера. Особый характер этот процесс носит в пустынных территориях, где за счёт конвективного выноса аэрозоля с разогретой почвы в тёплый период года происходит дополнительный нагрев воздуха в приповерхностном слое атмосферы. В свою очередь, одним из основных факторов глобального изменения окружающей среды являются процессы, стимулирующие опустынивание. В этих процессах в аридных областях планеты, в частности, Южного Приаралья, важную составляющую представляет вынос частиц аэрозоля с подстилающей поверхности и последующий его атмосферный перенос. Вынос аэрозоля с разогретой коротковолновой радиацией пустынной подстилающей поверхности, наряду с пыльными бурями, является естественной составляющей климатической системы. Здесь необходимо отметить, что далеко непростой механизм этого явления по настоящее время изучен недостаточно.

Конвективный вынос аэрозоля с пустынных поверхностей как форсинг повышения приземной температуры воздуха в Южном Приаралье рассмотрен нами впервые в работах [Tleumuratova, Narymbetov, 2022; Арушанов и др., 2022] для «идеальных» условий (отсутствие растительного покрова, штилевые условия). В дальнейшем, в ходе полевых экспериментов, выполненных с целью ратификации

* Ответственный автор: tbibigul@mail.ru, тел. +998 91 384-64-08

модели, выявились существенные невязки для отдельных реализаций, связанные с реальными условиями атмосферы и подстилающей поверхности, а именно с ветровыми нагрузками и, как предполагалось, наличием растительного покрова. Однако, из проведённых измерений приповерхностной температуры воздуха в летний период года было выявлено наличие пустынной растительности, которая практически не коррелирует с температурой воздуха. Сказанное можно видеть на рис. 1, где представлена поверхность температуры воздуха (T_v), как функция температуры почвы (T_n) и процентного покрытия растительным покровом (РП) в точках плато Устюрт, Муйнак и Караузяк, где отчётливо проявляется очевидная линейная связь температуры воздуха и температуры почвы и отсутствия таковой для растительного покрова пустынных территорий (табл. 1). При этом необходимо иметь в виду, что косвенное влияние растительного покрова на приповерхностную температуру воздуха проявляется в уменьшение концентрации аэрозоля при его конвективном выносе с почвы пустынных территорий относительно участков, лишённых растительности, а сама зависимость отлична от линейной. Эта нелинейность определяется взаимным воздействием на конвективный вынос аэрозоля скорости ветра и растительным покровом пустынных территорий, что можно видеть на рис. 2, где представлена поверхность температуры воздуха, как функция скорости ветра и растительного покрова.

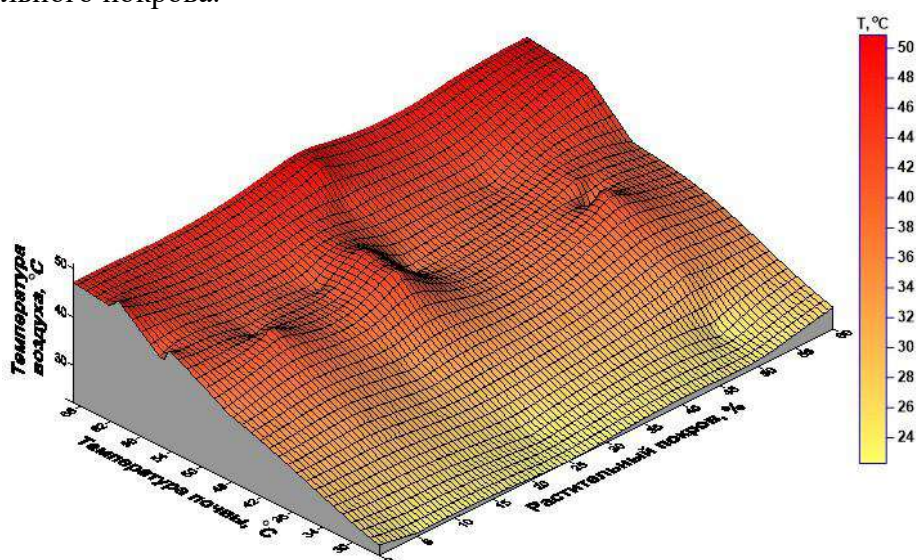


Рис. 1. Поверхность приземной температуры воздуха, как функция температуры почвы и количества (%) растительного покрова

Fig 1. Surface air temperature as a function of soil temperature and amount (%) of vegetation cover

Усыхание Аральского моря стало причиной существенных региональных климатических изменений [Вагер, Утина, 1982; Субботина, Чанышева, 2006; Глеумуратова, 2018; Чуб и др., 1999], приведшее к повышенному аэрозольному загрязнению атмосферы, влияющему на радиационный режим [Alfaro, Gomes, 2001; Shao et al., 2020; Кондратьев, Ивлев, 1995].

Таблица 1

Корреляционная матрица приповерхностной температуры воздуха, температуры почвы и растительного покрова

Table 1

Correlation matrix of surface air temperature, soil and vegetation temperatures

Величины	Приземная температура воздуха, Тв	Температура почвы, Тп	Растительный покров, РП
Приземная температура воздуха, Тв	1,00	0,93	0,11
Температура почвы, Тп		1,00	0,04
Растительный покров, РП			1,00

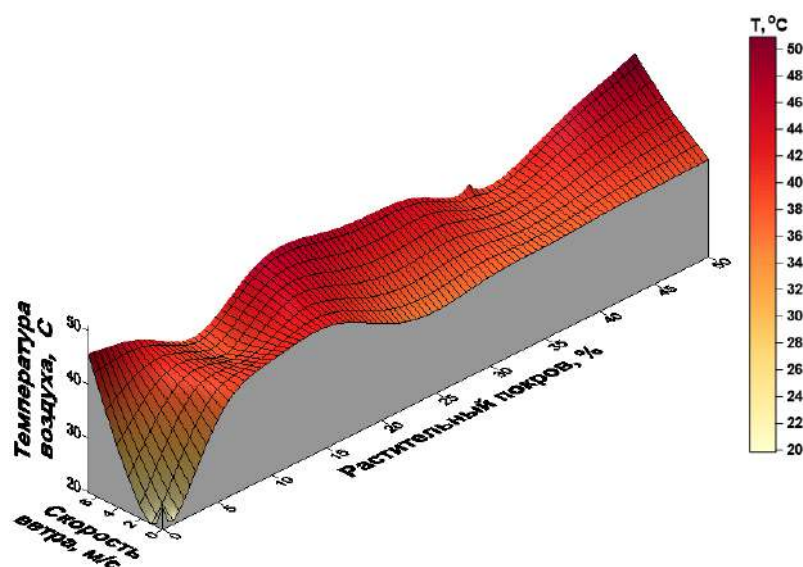


Рис. 2. Поверхность приземной температуры воздуха, как функция скорости ветра и количества (%) растительного покрова

Fig. 2. Surface air temperature as a function wind speed and amount (%) of vegetation cover

Во многих работах по аэрозольному загрязнению атмосферы в качестве основного источника рассматриваются пылевые бури [Akhlaj et al., 2012; Amgalan et al., 2017; Awadh, 2023; Shao et al., 2011; Shi et al., 2019; Sorek-Hamer et al., 2013]. Однако, существенным фактором повышения концентрации атмосферного аэрозоля на пустынной территории, такой как, например, Южное Приаралье, является конвективный вынос аэрозоля с образовавшейся пустынной поверхности (пустыня Аралкум) [Гранберг, 2009; Семенов и др., 2006]. Механизм влияния аэрозоля на климатические изменения в пограничном слое атмосферы достаточно хорошо изучен различными методами [Кондратьев, Ивлев, 1995; Глеумуратова, 2018]. В данной же работе на основании анализа условий моделирования и проведения полевых экспериментов показана необходимость введения некоторых поправок к ранее разработанной модели (МКВ) с учетом влияния скорости ветра и растительного покрова, а также пересмотра некоторых параметров модели.

Таким образом, выполненные полевые измерения приповерхностной температуры с учётом ветровых нагрузок и растительного покрова, показали необходимость модификации МКВ влияния конвективного выноса (КВ) аэрозоля с пустынных поверхностей на приземную температуру воздуха.

Методы исследования. Математическая модель оценки вклада конвективной эмиссии аэрозоля в повышение приповерхностной температуры (МКВ) подробно описана в работе [Teumuratova, Narymbetov, 2022]. Здесь приводится краткое содержание модели с указанием и обоснованием проведенных коррекций.

МКВ состоит из двух блоков. В первом блоке вычисляется массовая концентрация аэрозоля, генерируемая конвективными токами. Для этого использовалось эмпирическое соотношение, теоретическое обоснование которого дано в работе [Гледзер и др., 2009]:

$$\Delta\rho = 0,12 \delta T^{0,58} \quad (1)$$

где $\Delta\rho$ – отклонение массовой концентрации аэрозольных частиц от фоновой концентрации (мг/м^3), δT – скачок (падение) температуры в термическом пограничном слое, толщина которого варьирует от 10 до 30 см.

Сопоставление экспериментальных измерений и модельных расчетов показало, что формула (1), полученная для условия калмыцких пустынь (юг России), должна быть адаптирована к территории Южного Приаралья, которая была получена в виде:

$$\Delta\rho = 0,1866 \cdot \delta T^{0,535} \quad (1a)$$

Во втором блоке методом частиц «*Particle-In-Cell*» [Харлоу, 1967] вычисляется повышение температуры окружающего воздуха (в слое 0-3м) нагретыми взвешенными почвенными частицами [Teumuratova, Narymbetov, 2022]. По отклонению массовой концентрации аэрозоля, вычисленной в первом блоке модели, определяется счётная концентрация N и объем воздуха dV , занимаемый одной частицей. В МКВ предполагается, что объём dV инвариантен относительно размера частицы. Однако, при условии равномерного распределения полидисперсного аэрозоля по пространству можно принять, что занимаемый частицей объём dV пропорционален кубу ее радиуса.

Полевые эксперименты. Для валидации результатов моделирования в теплое время года 2021-2023 гг. была проведена серия полевых экспериментов в пустынных областях Южного Приаралья (Устюрт, Муйнак, Караузьяк, Нукусский район).

Эксперименты проводились в послеполуденные часы (14-15 ч.). Измерялись: температура воздуха на уровнях 0,2, 0,5, 1,5 и 2 м, температура поверхности почвы, счётная концентрация и дисперсность аэрозоля (прибор SorhisSX-L301T), скорость ветра с фиксацией с помощью GPS географических координат точек, где были выполнены измерения.

Фоновая температура воздуха и концентрация аэрозоля за те же даты измерялась на такыровидных, слегка смоченных, близлежащих участках. Для выявления и оценки влияния растительного покрова на исследуемый форсинг, эксперименты проводились для поверхностей с различным проективным покрытием растительности.

Обсуждение невязок результатов моделирования и полевых экспериментов. Численные эксперименты с моделью МКВ с различными вариантами функций распределения размеров частиц и веществ, а также толщины термического пограничного слоя выявили, что искомое изменение температуры ΔT наиболее чувствительно к

вариациям дисперсности. На рис. 3, отображающем результаты расчетов для монодисперсного аэрозоля, видно, что максимальные значения ΔT соответствуют субмикронным размерам частиц.

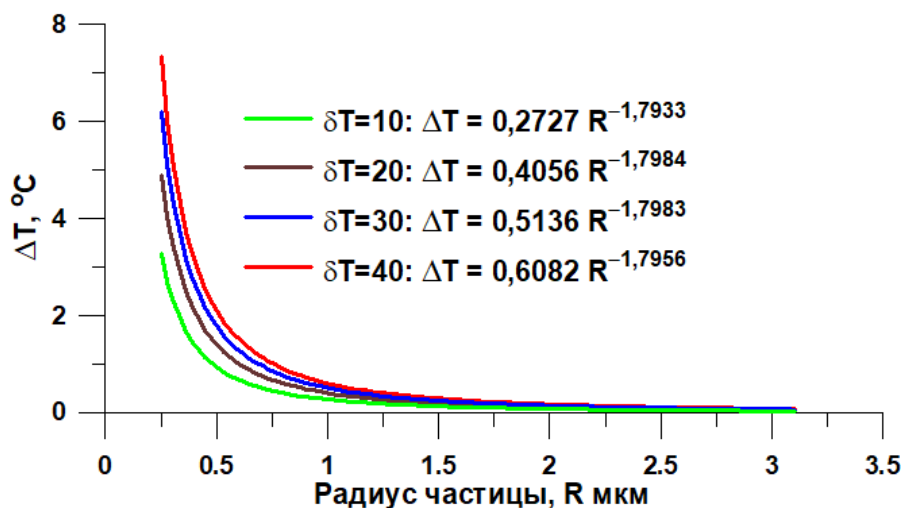


Рис. 3. Зависимость ΔT от радиуса частиц R монодисперсного аэрозоля и толщины термического пограничного слоя δT (июнь)

Fig. 3. Dependence of ΔT from the radius R of monodisperse aerosol particles and the thickness of the thermal boundary layer δT (June)

Надо отметить существенную нелинейность указанной зависимости: ΔT резко возрастает для частиц, радиус которых меньше 0,5 мкм. В этом же диапазоне проявляется значимость толщины термического пограничного слоя δT : значения ΔT падают от 10°C до 0,8°C. Различия, обусловленные δT и размерами, нивелируются для частиц, радиус которых больше 1 мкм.

Очевидно, что изменения температуры ΔT слоя воздуха, прилегающего к подстилающей поверхности, должны существенно зависеть от функции распределения размеров частиц. Расчеты по МКВ, изложенные в работе [Tleumuratova, Narymbetov, 2022], проводились по функции распределения, определенной для условий пустынь Таджикистана [Горчаков, Шукуров, 2003]. С использованием счетчика аэрозоля (разрешение 0,3 мкм) в качестве входных данных взяты показания прибора и экстраполированные значения для диапазона 0,1-0,3 мкм.

Отметим, что измерения счетной концентрации и дисперсности аэрозоля показали преобладание частиц с размерами 0,3-0,5 мкм, дающих максимальный тепловой эффект. Преобладание диапазона 0,3-0,5 мкм (78%) характерно для всех пунктов наблюдения. Вариация функции распределения в зависимости от координат и времени года оказалась незначительной в пределах Южного Приаралья.

Введение поправок 1-3 уменьшило среднюю невязку экспериментальных и модельных данных с 1,8К до 1,1К, но различия оставались для отдельных реализаций значительными (табл. 2). Частично они объясняются погрешностью измерений, связанной с пульсационным характером ветра (порывистость) и конвекции (отрыв отдельных термиков).

Таблица 2

Невязки модельных ($\Delta T_{\text{мод}}$) и экспериментальных ($\Delta T_{\text{эксп}}$) данных

Table 2

Residuals of model (ΔT_{mod}) and experimental (ΔT_{exp}) data

Область измерений	РП	V, м/с	$T_{\text{п}}$, °C	$T_{\text{в}}$, °C	$T_{\text{ф}}$, °C	$\Delta T_{\text{мод}}$	$\Delta T_{\text{эксп}}$	$\Delta T_{\text{д}}$
Плато Устюрт 11.10.2022	0%	0	31,5	24	22	2,15	2	0,15
Плато Устюрт 10.07.2023	30%	4,6	55,1	42,5	41,1	4,55	1,4	3,15
Плато Устюрт 31.05.2023	5%	2,2	51,9	38,8	34,9	2,94	3,9	-0,96
Нукус 31.05.2023	15%	3,0	59	44,4	37,5	3,9	6,9	-3,0
Нукус 31.05.2023	45%	2,6	59,8	41,3	36,3	3,88	5	-1,12
Нукус 03.07.2023	10%	4,3	48,5	38,2	37,1	2,72	1,1	1,62
Нукус 03.07.2023	35%	6,8	51,6	41,9	37,1	7,9	4,8	3,1
Нукус 03.07.2023	50%	2,9	53	42,7	37,1	3,85	5,6	-1,75

Примечание: РП – общее проективное покрытие растительного покрова, V – скорость ветра, $T_{\text{п}}$ – температура поверхности почвы; $T_{\text{в}}$ – температура воздуха; $T_{\text{ф}}$ – фоновая температура; $\Delta T_{\text{д}} = \Delta T_{\text{мод}} - \Delta T_{\text{эксп}}$ – невязки.

Note: RP is the total projective vegetation cover, V is the wind speed, T_n is the temperature of the soil surface; T_a – air temperature; T_b is the background temperature; $\Delta T_d = \Delta T_{\text{mod}} - \Delta T_{\text{exp}}$ – residuals.

Как видно из таблицы, отражающей результаты натуральных экспериментов, при различных скоростях ветра и РП, наименьшая невязка соответствует отсутствию ветра и РП. Отрицательная $\Delta T_{\text{д}}$ (усиление теплового эффекта) наблюдалась только для случаев слабого ветра (1-3 м/с), поставляющего дополнительно порцию нагретого мелкодисперсного аэрозоля (ветровой вынос аэрозоля). Усиление ветра (со скоростями больше 3 м/с), когда фракция крупнодисперсного аэрозоля резко увеличивается, приводит к обратному эффекту.

Для количественной оценки влияния ветра на тепловой эффект КВ модель дополнена модулем «А»: для вычисления дополнительной концентрации аэрозоля, поступающей в атмосферу при порывах ветра, используется формула мощности источника [Lu, Shao, 2001]:

$$F = \frac{0,12 C_H g \rho_s}{\rho} Q,$$

$$Q = \begin{cases} \frac{c \rho u_*^3}{g} \left[1 - \left[\frac{u_*^{KP}(d)}{u_*} \right]^2 \right] & u_* \geq u_*^{KP} \\ 0 & u_* < u_*^{KP} \end{cases} \quad (2)$$

где F – мощность источника (кВт/м²с), Q – расход примеси (кг·м), ρ – плотность воздуха (кг/м³), ρ_s – плотность частиц (кг/м³), p – давление деформации, оказываемое поверхностью почвы на движущиеся по ней частицы аэрозоля (ГПа), g – гравитационная

постоянная ($\text{м}^3/\text{кг}\cdot\text{с}^2$), u_* – скорость трения ($\text{м}/\text{с}$), $c=0,25+0,33w_g(d)/u_*$ – коэффициент Оуэна [Owen, 1964], $w_g(d)$ скорость частицы ($\text{м}/\text{с}$), как функция её диаметра d , $u_*^{kp}(d)$ – критическая скорость трения ($\text{м}/\text{с}$), C_n – наземная концентрация аэрозоля ($\text{кг}/\text{м}^3$) [Тлеумуратова, 2004].

В результате получены зависимости дополнительной массовой концентрации аэрозоля ΔC и изменений теплового эффекта КВ от скорости ветра (рис. 4, 5). Уравнения трендов ΔC , выражающие эти зависимости, в совокупности с формулой (2), составляют дополнительный модуль «А» к модели МКВ.

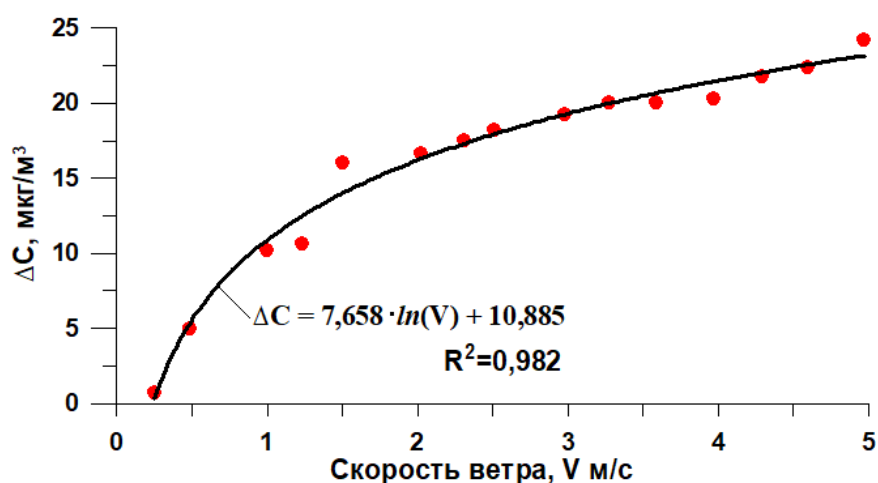


Рис. 4. Зависимость дополнительной массовой концентрации аэрозоля ΔC от скорости ветра

Fig. 5. Dependence of additional mass concentration aerosol ΔC from wind speed

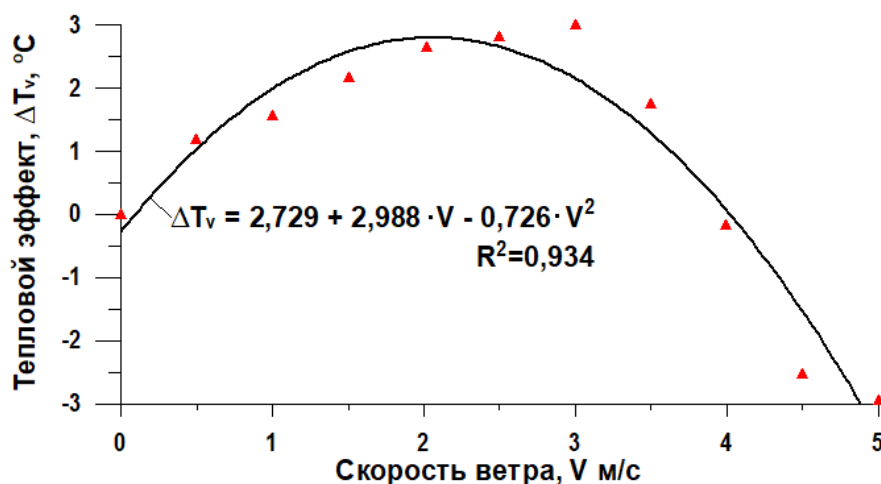


Рис. 5. Зависимость изменения теплового эффекта КВ от скорости ветра

Fig. 5. Dependence of the change in the thermal effect of CR from the wind speed

С учетом влияния скорости ветра тепловой эффект при КВ изменяется согласно уравнению на рис. 5.

Отепляющий эффект конвективного выноса аэрозоля, как выяснилось в ходе натуральных экспериментов существенно зависит и от растительного покрова. Известно, что растительный покров значительно влияет на тепло- и влагообмен, а при конвективном выносе аэрозоля и на массообмен на границе подстилающая поверхность-приземный слой, уменьшая, как было отмечено выше, количество выносимого с почвы аэрозоля. Уменьшение зависит от общего проективного покрытия и транспирации растительности. Влияние растительного покрова выражается преимущественно в том, что листовая поверхность задерживает конвективный поток аэрозоля, в результате часть нагретых микрочастиц остается в растительном слое (РС). Поэтому температура воздуха на верхней границе РС оказывается ниже, чем над голой поверхностью. В то же время накопление задержанных нагретых микрочастиц в РС обуславливает превышение температуры воздуха (ТВ) в РС по сравнению с окружающей голой поверхностью. Этот вывод подтверждается результатами измерений ТВ в РС. Механизм влияния транспирации растений заключается в следующем. Увеличение влажности воздуха замедляет конвекцию путем конденсации влаги на микрочастицах, увеличивая массу микрочастиц, кроме того, как известно, эвапотранспирация сама по себе уменьшает температуру воздуха. Поскольку влияние транспирации растений на конвективный поток аэрозоля требует отдельного изучения, мы ограничились эмпирическим уравнением уменьшения конвективного потока аэрозоля, как функции РП, полученным как аппроксимация логарифмической кривой экспериментальных данных (рис. 6).

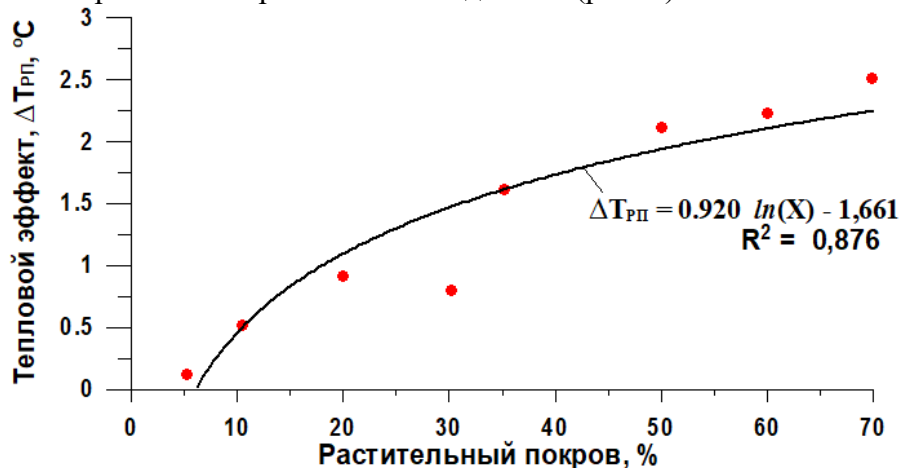


Рис. 6. Зависимость теплового эффекта ΔT_{RP} , вызванного конвективным выносом аэрозоля, от величины (%) растительного покрова

Fig. 6. The dependence of the thermal effect ΔT_{RP} caused by convective aerosol removal, on the value (%) of vegetation cover

Растительный покров уменьшает тепловой эффект КВ, согласно уравнению, приведенному на рис. 6.

Таким образом, выполненная модификация модели МКВ позволяет рассчитать тепловой эффект КВ не только для идеальных условий полного штиля и отсутствия растительного покрова (ΔT), но и для реальных условий (ΔT_p) наличия растительности и порывов ветра до 5 м/с:

$$\Delta T_p = \Delta T + \Delta T_v - \Delta T_{RP} \quad (3)$$

Заключение. Проведенное исследование показало значимость конвективного выноса аэрозоля с пустынных поверхностей в реальных условиях, как форсинга приповерхностной температуры воздуха в летние месяцы. В среднем по Южному Приаралью в тёплый сезон года (май-октябрь) в пустынных зонах конвективный вынос аэрозоля обуславливает повышение температуры воздуха на $3,5^{\circ}\text{C}$.

Обратная положительная связь, существующая между потеплением и рассматриваемым форсингом, лишь усиливает его. Необходимо отметить, что повышенная при дневной эмиссии концентрация аэрозоля сдерживает из-за поглощающих свойств почвенного аэрозоля ночное излучение, что также усиливает отепляющий эффект.

Растительный покров значительно снижает отепляющий эффект конвективного выноса аэрозоля в нелинейной зависимости от проективного покрытия. Это усиливает важное значение фитомелиорации как меры против опустынивания и ослабления потепления климата.

Численные и полевые эксперименты выявили высокую чувствительность модели конвективного выноса к дисперсности аэрозоля, условиям подстилающей поверхности и скорости ветра. Таким образом выяснилось, что тепловой эффект конвективного подъема пустынного аэрозоля представляет собой особо тонкий механизм взаимодействий подстилающей поверхности и атмосферы.

Для оценки региональных и глобальных климатических изменений с учетом влияния пустынных зон как «островов тепла» необходимы дальнейшие исследования с учетом скорости конвекции, турбулентной диффузии, нелинейных эффектов, вертикальных градиентов и теплообмена пустынных участков с соседними качественно отличающимися ландшафтами, влияния растительного покрова, статистики ветрового режима исследуемой местности. Очевидна необходимость применения в таких исследованиях методов математического моделирования, системного анализа и данных дистанционного зондирования.

Проведенные полевые эксперименты позволили снизить невязки модельных и экспериментальных данных с $1,8^{\circ}\text{C}$ до $0,3^{\circ}\text{C}$. Точность экспериментальных данных и их информативность, учитывая пульсационный характер ветра (порывистость) и конвекции (отрыв отдельных термиков), возможно значительно повысилась на основе использования приборов с непрерывной регистрацией метеорологических величин.

Модифицированная модель вклада в климатические изменения глобальной температуры за счёт конвективного выноса аэрозоля с учётом планетарной тенденции опустынивания может быть применена к другим пустынным территориям планеты с её предварительной адаптацией.

Исследование выполнено при поддержке Министерства высшего образования, науки и инновационного развития Республики Узбекистан (грант АЛ-392103042 «Моделирование эколого-метеорологических процессов в зонах опустынивания Южного Приаралья, приводящих к потеплению регионального климата»). Все экспедиционные выезды финансировались и поддерживались Гидрометеорологическом центром Республики Каракалпакстан и Комитетом по экологии и охране окружающей среды Республики Каракалпакстан согласно заключенным договорам 51/52-2022 от 27.07.2022 г. и 2/2022 от 27.07.2022 г. со сторонними организациями, предусмотренными в указанном проекте.

Вклад авторов: **Б.С. Тлеумуратова:** постановка задачи, разработка модели, анализ результатов. **М.Л. Арушанов:** научная редакция работы, консультации по элементам модели и анализу результатов. **Б.Ж. Нарымбетов:** выполнение полевых

экспериментов, численные расчёты. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Арушанов М.Л., Глемуратова Б.С., Нарымбетов Б.Ж. Аэрозольный форсинг приповерхностной температуры // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды, №1. – 2022. – С. 23-33.

Вагер Б.Г., Утина З.М. Моделирование влияния Аральского моря на процессы влагопереноса в пограничном слое атмосферы // Тр. ГГО, вып. 468. – 1982. – С. 56 – 65.

Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей // – М.: Наука. – 1972. – 720 с.

Гледзер Е.Б., Гранберг И.Г., Чхетиани О.Г. Конвективные потоки аэрозоля вблизи поверхности почвы // Доклады РАН, т. 426, №3. – 2009 – С. 380-385.

Горчаков Г.И., Шукуров К.А. Флуктуации концентрации субмикронного аэрозоля в конвективных условиях // Известия РАН, Физика Атмосферы и океана, т. 39, №1. – 2003. – С. 85-97.

Гранберг И.Г. Физические механизмы и экологические проблемы загрязнения атмосферного пограничного слоя над неоднородными поверхностями. Дисс. на соиск. учен. степ. д.ф.-м.н. – М.: 2009. – 339 с.

Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. – М.: Наука, 2003. – 246 с.

Кондратьев К.Я., Ивлев Л.С. О воздействии антропогенного аэрозоля на климат // Доклады РАН, т. 340. №1. – 1995. – С. 98-100.

Латышев А.В., Юшканов А.А. Аналитическое решение модельного БГК-уравнения Больцмана в задаче о температурном скачке с учетом аккомодации энергии // Математическое моделирование. – 1992. – С. 61-66.

Семенов О.Е., Шапов А.П., Галаева О.С., Идрисова В.П. Ветровой вынос и песчано-солевые выпадения с осушенной части дна Аральского моря / Аридные экосистемы. – 2006. – том 12. – № 29. – С. 42-47.

Субботина О.И., Чанышева С.Г. Климат Приаралья. – Ташкент: НИГМИ, 2006. – 170 с.

Глемуратова Б.С. Математическое моделирование влияния трансформаций экосистемы Южного Приаралья на почвенно-климатические условия. Дисс. на соиск. учен. степ. д.ф.-м.н. (DSc). – Ташкент: 2018. – 210 с.

Глемуратова Б.С. Математическое моделирование переноса аэрозоля в нижних слоях атмосферы. Дисс. на соиск. учен. степ. к.ф.-м.н. – Ташкент: 2004. – 138 с.

Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. – М.: Изд-во МГУ, 1980, – 464 с.

Харлоу Ф.Х. Численный метод частиц в ячейках для задач гидродинамики // Вычислительные методы в гидродинамике. – М.: Мир, 1967. – 460 с.

Чуб В.Е., Чанышева С.Г., Никулина С.П., Спекторман Т.Ю., Субботина О.И. Разработка региональных климатических сценариев. Информация об исполнении Узбекистаном своих обязательств по Конвенции ООН об изменении климата // Бюллетень №1. – Ташкент: САНИГМИ, 1999. – С. 5-14.

Щукин Е.Р., Малай Н.В., Шулиманова З.Л. Молекулярный теплообмен с газообразной средой, сильно нагретой неподвижной твердой умеренно крупной сферической частицы // Научные ведомости БелГУ, вып. 29, №23(142). – 2012. – С. 86-92.

Яламов Ю.И., Поддоскин А.Б., Юшканов А.А. О граничных условиях при обтекании неоднородно нагретым газом сферической поверхности малой кривизны // ДАН СССР, 254. – 1980. – С. 343-346.

Akhlaq M., Sheltami T.R., Mouftah H.T. A review of techniques and technologies for sand and dust storm detection // Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, T. 11. – 2012. – PP. 305-322.

Alfaro S.C., Gomes L. Modeling Mineral Aerosol Production by Wind Erosion: Emission Intensities and Aerosol Size Distributions in Source Areas // J. Geophys. Res., V.106. – 2001. – PP. 18075-18089.

Angalan G., Liu G.R., Kuo T.H., Tang-Huang, L. Correlation between dust events in Mongolia and surface wind and precipitation // Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, v. 28, No 1 – 2017. – PP. 23-32.

Awadh S.M. Impact of North African Sand and Dust Storms on the Middle East Using Iraq as an Example: Causes, Sources, and Mitigation // Atmosphere, 14(1). – 2023. – PP. 3-24.

Lu H., Shao Y. Toward quantitative prediction of dust storms: an integrated wind erosion modelling system and its applications // Env. Modeling & Software, No 16. – 2001. – PP. 233–249.

Owen R.P. Saltation of uniform grains in air // J. Fluid Mech., No 20. – 1964.– PP. 225–242.

Shao Y. et al. Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science // Aeolian Research, Vol. 2, No. 4. – 2011– P. 181-204.

Shao Y., Raupach R., Findlater P. The Effect of Saltation and Bombardment on the Entrainment of Dust by Wind // J. Geophys. Res., Vol. 98. – 1993. – PP. 12719-12726.

Shi L., Zhang J., Yao F., Zhang D., Guo H. (2020). Temporal variation of dust emissions in dust sources over Central Asia in recent decades and the climate linkages // Atmospheric Environment, Vol. 222. – 2019. – PP. 117-127.

Sorek-Hamer M. et al. Classification of dust days by satellite remotely sensed aerosol products // International journal of remote sensing. Vol. 34, No 8. – 2013. – PP. 2672-2688.

Tleumuratova B.S., Narymbetov B. Zh. Convective Aerosol Transport in Desert Zones as a Factor of Increasing Air Temperature // Arid ecosystems, Vol. 28, No. 1(90). – 2022 – PP. 11-19.

ЧЎЛ ҲУДУДЛАРИДА АЭРОЗОЛНИНГ КОНВЕКТИВ КЎЧИШИ НАТИЖАСИДА СИРТ ЯҚИНИ ҚАТЛАМИДА ҲАВО ҲАРОРАТИНИНГ ОРТИШИ

Б.С. ТЛЕУМУРАТОВА¹, М.Л. АРУШАНОВ², Б.Ж. НАРЫМБЕТОВ¹

¹ Қорақалпоғистон Табиий фанлар илмий-тадқиқот институти, tbibigul@mail.ru

² Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, mikl-arushanov@rambler.ru

Аннотация. Чўл сиртларидан аэрозол конвектив кўчишининг сирт яқини қатламида ҳаво ҳароратига таъсири математик модели (ККМ)нинг модификацияси бажарилган. Бу модел биз томондан илгари "идеал" шароитлар (ўсимлик қопламанинг йўқлиги ва шамол юкламаларининг мавжуд эмаслиги – сокин об-ҳаво) учун ишлаб чиқилган.

Моделни текшириши бўйича дала тажрибалари жараёнида модел ва тажриба маълумотлари ўртасида сезиларли тафовутларни келтириб чиқарувчи шамол ва ўсимлик қопламанинг аэрозол конвектив кўчиши (КК)нинг термал эффектига сезиларли таъсири мавжудлиги аниқланди. КК иссиқлик таъсирининг шамол тезлиги ва ўсимликларнинг умумий проектив қопламига, шунингдек, ККМ баъзи параметрларининг ўзгариши бўйича олинган эмпирик боғлиқликларга асосланиб, реал шароитларни ҳисобга олган ҳолда ККМ-2 версияси ишлаб чиқилди.

Жанубий Оролбўйи ҳудуди учун ККМ-2 ни амалга ошириши натижаларига кўра йилнинг илқ даврида (май-октябр) чўл зоналарида ер сиртига яқин қатламда ҳаво ҳароратининг ўртача КК натижасида 3,5°C га кўтариллиши қайд этилади. Бу кўрсаткич жуда муҳим бўлиб, чўл ҳудудларида сирт яқини қатлами ҳаво ҳароратининг прогностик ва иқлимий моделларида аэрозолнинг конвектив кўчишини ҳисобга олиши зарурлигини кўрсатади.

Калит сўзлар: конвектив кўчиши, аэрозол, сирт яқини қатлами ҳаво ҳарорати, Жанубий Оролбўйи.

**INCREASE IN THE SURFACE AIR TEMPERATURE AS A RESULT OF THE
CONVECTIVE RELEASE OF AEROSOL TO DESERT TERRITORIES****B.S. TLEUMURATOV¹, M.L. ARUSHANOV², B.J. NARYMBETOV¹**¹ Karakalpak Research Institute of Natural Sciences, tbibigul@mail.ru² Hydrometeorological Research Institute, mikl-arushanov@rambler.ru

Abstract. A modification of the mathematical model of the influence of the convective aerosol removal (MCR) from desert surfaces on the surface air temperature, which we previously developed for “ideal” conditions (the absence of vegetation cover and the presence of wind loads – the condition of calm weather) has been modified.

In the course of field experiments on model validation, a significant effect of wind and vegetation cover on the thermal effect of convective aerosol removal (CR) was revealed, causing significant discrepancies between model and experimental data. Based on the derived empirical dependences of the thermal effect of CR on wind speed and the total projective cover of vegetation, as well as changes in some parameters of the MCR, a version of MCR-2 was developed taking into account real conditions.

According to the results of the implementation of MCR-2 for the territory of the Southern Aral Sea in the warm period of the year (May-October), in desert zones, an increase in temperature in the near-surface layer by an average of 3.5°C is noted, as a result of convective aerosol removal. This value is very significant, which indicates the need to take into account the convective removal of aerosol in prognostic and climatic models of surface air temperature in desert areas.

Keywords: convective removal, aerosol, surface air temperature, South Prearalie.

REFERENCE

Arushanov M.L., Tleumuratova B.S., Narimbetov B.J. Aerosolnyy forsing pripoverhnostnoy temperaturi [Aerosol forcing of surface temperature] // Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredy, №1. – 2022. – S. 23-33. (in Russian)

Vager B.G., Utkina Z.M. Modelirovanie vliyaniya Aralskogo morya na processi vlagoperenosa v pogranichnom sloe atmosfery [Modeling the influence of the Aral Sea on the processes of moisture transfer in the boundary layer of the atmosphere] // Tr. GGO, vip. 468. – 1982. – S. 56 – 65. (in Russian)

Vargaftik N.B. Spravochnik po teplofizicheskim svoystvam gazov i jidkostey [Handbook of thermophysical properties of gases and liquids]. – M.: Nauka. – 1972. – 720 s. (in Russian)

Gledzer E.B., Grandberg I.G., Chehetuani O.G. Konvektivnie potoki aerolya vblizi poverhnosti pochvi [Convective aerosol flows near the soil surface] // Doklady RAN, t. 426, №3. – 2009. – S. 380-385. (in Russian)

Gorchakov G.I. Shukurov K.A. Fluktuatsii konsentratsii submikronnogo aerolya v konvektivnih usloviyah [Fluctuations in Submicron Aerosol Concentration under Convective Conditions] // Izvestiy RAN, Fizika Atmosfery i okeana, t. 39, №1. – 2003. – S. 85-97. (in Russian)

Grandberg I.G. Fizicheskie mehanizmi i ekologicheskie problemi zagryazneniya atmosfernogo pogranichnogo sloya nad neodnorodnimi poverhnostyami [Physical Mechanisms and Ecological Problems of Pollution of the Atmospheric Boundary Layer over Inhomogeneous Surfaces] / Diss. na soisk. uchyon. step. d.f.-m.n. – M.: 2009. – 339 s. (in Russian)

Zolotokrylin A.N. Klimaticheskoe opustinivanie [Climatic desertification]. – M.: Nauka, 2003. – 246 s. (in Russian)

Kondratev K.Y., Ivlev L.S. O vozdeystvii antropogennogo aerolya na klimat [On the impact of anthropogenic aerosol on climate] // Dokl. RAN, t. 340. №1. – 1995, – S. 98-100. (in Russian)

Latyshev A.V., Yushkanov A.A. Analiticheskoe reshenie modelnogo BGK-uravneniya Boltzmana v zadache o tempereturnom skachke s uchetom akkomodatsii energii [Analytical solution of the model BGK-Boltzmann equation in the problem of temperature jump with energy accommodation taken into account] // Matematicheskoe modelirovanie. – 1992. – S. 61-66. (in Russian)

Semenov O.E., Shapov A.P., Galeeva O.S., Idrisova V.P. Vetrovoy vinos i peschanno-solevie vipadeniya s osushennoy chasti dna Aralskogo Morya [Wind removal and sand-salt fallout from the dried part of the bottom of the Aral Sea] // Aridnye ekosistemy. – tom 12. – № 29. – 2006. – S. 42-47. (in Russian)

Subbotina O.I., Chanisheva S.G. Klimat Priaralya [The climate of the Priaralye]. – Tashkent: NIGMI, 2006. – 170 s. (in Russian)

Tleumuratova B.S. Matematicheskoe modelirovanie vliyaniya tranformatsiy ekosistemi Yujnogo Priaralya na pochvenno-klimaticheskie usloviya [Mathematical modeling of the impact of transformations of the South Aral Sea ecosystem on soil and climatic conditions] / Diss. na soisk. uchyon. step. d.f.-m.n. (DSc). – Tashkent: 2018. – 210 s. (in Russian)

Tleumuratova B.S. Matematicheskoe modelirovanie perenosa aerolya v nizhnih sloyakh atmosfery [Mathematical modeling of aerosol transport in the lower layers of the atmosphere] / Diss. na soisk. uchyon. step. k.f.-m.n. – Tashkent: 2004. – 138 s. (in Russian)

Fedorov V.D., Gilmanov T.G. Ekologiya [Ecology]. – M.: Izd-vo MGU, 1980. – 464 s. (in Russian)

Harlou F.H. Chislenniy metod chastits v yacheykah dlya zadach gidrodinamiki [Numerical particle-in-cell method for hydrodynamics problems] // Vichislitelnie metodi v gidrodinamike. – M.: Mir. – 460 s. (in Russian)

Chub V.E., Chanisheva S.G., Nikulina S.P., Spektorman T.Yu., Subbotina O.I. Razrabotka regionalnih klimaticheskikh scenariyev. Informatsiya ob ispolnenii Uzbekistanom svoih obyazanostey po Konvetsii OON ob izmenenii klimata [Development of regional climate scenarios. Information on the fulfillment by Uzbekistan of its obligations under the UN Convention on Climate Change] // Byulleten №1. – Tashkent: SANIGMI, 1999. – S. 5-14. (in Russian)

Shukin E.R., Malay N.V., Shulimanova Z.L. Molekulyarniy teploobmen s gazoobraznoy sredoy, silno nagretoy nepodvijno tverdoy umerenno krupnoy sfericheskoy chastitsi [Molecular heat exchange with a gaseous medium, a strongly heated stationary solid moderately large spherical particle] // Nauchnie vedomosti BELGU, vip. 29, №23(142). – 2012. – S. 86-92. (in Russian)

Yalamov Yu.I., Poddoskin A.B., Yushkanov A.A. O granichnom uslovii pri obtekanii neodnorodno nagretim gazom sfericheskoy poverhnosti maloy krivizni [On the boundary conditions in the flow of an inhomogeneously heated gas around a spherical surface of small curvature] // DAN SSSR. – 1980. 254. – S. 343-346. (in Russian)

ГИДРОЛОГИЯ / HYDROLOGY

УДК: 551.1:556.3 (556.55)

**ЧИРЧИҚ-ОҲАНГАРОН ҲАВЗАСИ ДАРЁЛАРИНИНГ ВЕГЕТАЦИЯ
ДАВРИДАГИ АЛОҲИДА ОЙЛАРИ ОҚИМИНИ ПРОГНОЗЛАШ****Ф. ҲИКМАТОВ¹, З.Ф. ХАКИМОВА^{1*}, Р.Р. ЗИЯЕВ¹, Н.Б. ЭРЛАПАСОВ¹**¹ Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, zilola_khakimova@inbox.ru

***Аннотация.** Мақола тоғ дарёларининг вегетация давридаги алоҳида ойлари оқимини гидрометеорологик омилларга боғлиқ ҳолда узоқ муддатли прогнозлаш масалаларини Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари мисолида тадқиқ этишига бағишланган. Шу мақсадда дарёлар вегетация даврининг алоҳида (апрель, май, июнь, июль) ойлари оқими билан мазкур ойлардаги ҳамда улардан олдинги кузги-қишки-баҳорги ёғинлар йиғиндиси, шунингдек, дарёларда шу ойларда ўлчанган сув сарфлари орасидаги кўпхадли боғланишлар статистик баҳоланган, уларнинг нормаллаштирилган регрессия тенгламалари тузилган. Прогнозлаш ишлари регрессия тенгламалари асосида қурилган номограммалар бўйича амалга оширилган. Ишлаб чиқилган прогнозлаш услубининг аниқлиги, самарадорлиги ва сифати баҳоланган.*

***Калит сўзлар:** тоғ дарёлари, вегетация даври, алоҳида ойлар оқими, гидрометеорологик омиллар, кўп хадли боғланишлар, статистик баҳолаш, регрессия тенгламалари, прогнозлаш номограммаси, прогнозлаш услубининг аниқлиги.*

Кириш. Бугунги кунда дарёларнинг вегетация давридаги алоҳида ойлари оқимини узоқ муддатли прогнозлаш масалалари нафақат қишлоқ хўжалигида, гидроэнергетикада, балки иқтисодийнинг сувдан фойдаланувчи ҳамда сув истеъмолчилари ҳисобланган барча тармоқларида муҳим аҳамиятга эга. Ушбу масала, ўрганилаётган ҳудуд мисолида қараладиган бўлса, Чирчиқ ҳавзасидаги Чорвоқ ва ундан қуйида жойлашган Хўжакент, Ғазалкент ҳамда Оҳангарон ҳавзасидаги Оҳангарон ва Туябўғиз сув омборларига ойлар, чорак (квартал), вегетация даври давомида қуйиладиган сув миқдорларини баҳолашда ҳам муҳимдир.

Маълумки, қор-ёмғир, қор, қор-муз сувларидан тўйинувчи дарёлар оқимининг йил давомида ойлар бўйича ва мавсумий тақсимланишларини аниқлаш натижалари шуни кўрсатадики, улар оқимининг асосий қисми баҳор ва ёз ойларига (март, апрель, май, июнь, июль) тўғри келади. Шу сабабли, мазкур ойларда кузатиладиган оқим миқдорларини прогноз қилиш усулларини ишлаб чиқиш долзарб аҳамиятга эга. Ушбу масала мазкур ишда Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари мисолида кўриб чиқилди. Чунки, юқорида қайд этилганидек, ушбу дарёлар ҳавзаларида жойлашган мавсумий сув омборларини самарали эксплуатация қилишда уларга қуйиладиган дарёларнинг ойлик ва мавсумий сув сарфлари миқдорларини олдиндан билиш катта амалий аҳамият касб этади.

Юқорида баён этилганлардан келиб чиқиб, тоғ дарёлари оқими кўрсаткичлари, хусусан, уларнинг мавсумий ва вегетация даври ўртача сув сарфлари ёки оқим ҳажмларини узоқ муддатли прогнозлаш масалалари устида ўтган XX асрнинг бошларидаёқ Э.М. Ольдекоп [Ольдекоп, 1917; 1918], Л.К. Давыдов [Давыдов, 1929], кейинчалик П.М. Машуков [Машуков, 1955], З.В. Джорджио [Джорджио, 1957], Б.А. Аполлов [Аполлов, 1974], А.В. Огиевский [Огиевский,], Г.П. Калинин [Калинин, 1968], В.Д. Комаров [Комаров, 1959],

* Масъул муаллиф: zilola_khakimova@inbox.ru, тел. +998 99 106-07-87

Е.Г. Попов [Попов, 1979], Н.Ф. Бефани [Бефани, 1983], А.Н. Важнов [Важнов, 1966], И.П. Дружинин [Дружинин, 1987] каби таниқли олимлар тадқиқот олиб борганлар. Шунингдек, узоқ муддатли прогнозлаш усуллари аниқлигини ошириш мақсадида, уларни такомиллаштириш масалалари билан Е.И. Гирник [Гирник, 1965], Н.Н. Аксарин [Аксарин, 1973], Т.С. Абальян [Абальян, 1976], Ю.М. Денисов [Денисов, 1965], А.М. Овчинников [Овчинников, 1973], Л.Н. Боровикова [Боровикова, 1977], Н.К. Лукина [Лукина, 1980] ва бошқалар шуғулланганлар. Мазкур тадқиқотларда асосий эътибор дарёларнинг тўлинсув даври ёки вегетация даври оқими кўрсаткичларини прогнозлаш масалаларига қаратилган. Ўзбекистон шароитида дарёлар ойлик оқимини прогнозлаш муаммоси, нақадар муҳимлигига қарамасдан, Е.И. Гирник [Гирник, 1965], А.М. Овчинников [Овчинников, 1973], Р.Р. Зияев [Зияев, 2021] ва Д.М. Турғунов [Турғунов, 2023] ларнинг ишларини ҳисобга олмаганда, тадқиқотчилар эътиборидан четда қолиб келмоқда.

Мазкур мақоланинг асосий **мақсади** тоғ дарёларининг вегетация давридаги алоҳида ойлари оқимини гидрометеорологик омилларга боғлиқ ҳолда узоқ муддатли прогнозлаш масалаларини Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари мисолида тадқиқ этишдан иборат.

Тадқиқотнинг мақсадидан келиб чиққан ҳолда, мақолада қуйидаги **вазифалар** белгилаб олинди ва изланишлар жараёнида ўз ечимини топди:

1. Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасидаги узоқ муддатли гидрологик кузатишларга эга бўлган, табиий сув режими сақланган дарёларни танлаб олиш, уларнинг сув сарфлари, шунингдек, ҳавзаларида жойлашган метеорологик станцияларда кузатилган атмосфера ёғинлари ҳақидаги гидрометеорологик маълумотлар базасини яратиш.

2. Дарёларнинг вегетация давридаги алоҳида ойлари оқимлари билан уларнинг ҳосил бўлишига таъсир этувчи аргументлар – ойлик ва мавсумий атмосфера ёғинлари ва ойлик сув сарфлари орасидаги кўп ҳадли боғланишларни статистик баҳолаш, уларнинг нормаллаштирилган регрессия тенгламаларини тузиш.

3. Нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига юқорида белгилаб олинган аргументларнинг қўшган ҳиссаларини баҳолаш ва бу борада бажарилган ҳисоблашлар натижаларининг таҳлиллари асосида самарали предиктантларни аниқлаш.

4. Самарали предиктантларни ҳисобга олган ҳолда, нормаллаштирилган регрессия тенгламаларини қайта тузиш ва улар асосида прогнозлаш номограммасини куриш.

5. Ишлаб чиқилган прогнозлаш услубининг аниқлиги, самарадорлиги, сифати ва таъминланишини баҳолаш.

Ишнинг мақсади ва вазифаларига мос равишда, мақолада **тадқиқот объекти** сифатида Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасидаги 3 та дарё танлаб олинди. Улардаги барча гидрологик постларда дарёларнинг табиий гидрологик режими элементлари стандарт талаблар асосида кузатиб борилади (1-жадвал).

Тадқиқотда белгиланган мақсадга эришиш учун Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёларида 1961-2020 йилларда кузатилган ўртача ойлик сув сарфлари ҳамда шу ҳавзадаги метеорологик станцияларда қайд этилган атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳарорати маълумотларидан фойдаландик. Мазкур дарёлар ҳавзаларининг табиий шароити, гидрологик хусусиятлари В.Е. Чуб [Чуб, 2000; 2007], Л.М. Карандаева [Карандаева, Карандаев, 2022], Ф. Хикматов [Хикматов и др., 2020], Д.М. Турғунов [Турғунов, 2022], З.Ф. Хақимова [Хақимова, 2022]ларнинг тадқиқотларида баён этилган. Шу ҳолатни ҳисобга олиб, мақолада тадқиқот объекти сифатида танлаб олинган ҳавзанинг табиий географик тавсифига алоҳида тўхталмаймиз.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Тўпланган гидрометеорологик маълумотларнинг дастлабки таҳлиллари натижаси, Писком ва Оҳангарон дарёларининг сув сарфлари қаторларида узилишлар борлигини кўрсатди. Масалан, биз танлаб олган

ҳисоб даври (1961-2020 й.й)га нисбатан солиштирсак, Писком дарёсининг Муллала гидропостида кузатишлар 1965 йилдан бошланган. Шу сабабли мазкур дарёда дастлабки 4 йиллик, Оҳангарон дарёсининг Эртош дарёси қуйилишидан қуйида жойлашган гидрологик постда эса, кузатишлар 1971 йилдан бошланганлиги туфайли, 10 йиллик узилишлар мавжуд. Мазкур узилишларни тиклаш мақсадида уларга аналог – ўхшаш қилиб, Угом дарёси олинди. Сўнг тикланиши лозим бўлган Писком ва Оҳангарон дарёлари билан Угом дарёси ўртача ойлик сув сарфлари орасидаги боғланишлар статистик баҳоланди (2-жадвал).

1-жадвал

Дарёлар ҳақида умумий гидрологик маълумотлар

Таблица 1

Общие гидрологические сведения о реках

Table 1

General hydrological information about rivers

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	F, км ²	H, м	Кузатишлар		Тўйиниш типи
				йиллари	сони	
1	Писком – Муллала қ.	2540	2740	1965-2020	56	ҚМ
2	Угом – Хўжакент қ.	869	2700	1961-2020	60	Қ
3	Оҳангарон – Эртош д.к.	1110	2600	1971-2020	50	ҚЁ

Изоҳ: F – сув тўплаи (ҳавза) майдони; H – ҳавзанинг ўртача баландлиги; ҚМ – қор-муз; Қ – қор, ҚЁ – қор-ёмғир сувларидан тўйиниши.

Примечание: F – площадь водосбора; H – средняя высота водосбора; ҚМ – снегово-леднивого; Қ – снегового, ҚЁ – снегового-дождого типов питания.

Note: F – water intake area; H – average height of water intake; ҚМ - snow-ice; Қ – snow, ҚЁ - snow-rain type of food.

2-жадвал

Дарёларнинг ўртача ойлик (Q_{III}, \dots, Q_{VII}) сув сарфлари орасидаги боғланишларнинг жуфт корреляция коэффициентлари

Таблица 2

Парные коэффициенты корреляции связей между средними месячными (Q_{III}, \dots, Q_{VII}) расходами воды рек

Table 2

Correlation coefficients of relationships between average monthly (Q_{III}, \dots, Q_{VII}) river water discharges

Дарё – кузатиш пости	Угом – Хўжакент қ.				
	Q_{III}	Q_{IV}	Q_V	Q_{VI}	Q_{VII}
Писком – Муллала қ.	0,836±0,039	0,785±0,051	0,856±0,019	0,844±0,038	0,933±0,017
Оҳангарон – Эртош д.к.	0,794±0,055	0,774±0,059	0,879±0,034	0,898±0,029	0,873±0,036

Юқорида келтирилган боғланишларнинг жуфт корреляция коэффициентлари ва хатоликларининг қийматлари Писком ва Угом дарёлари жуфтлигида $r=0,785\pm 0,051 \div 0,933\pm 0,017$, Оҳангарон ва Угом дарёлари жуфтлигида эса $r=0,774\pm 0,059 \div 0,898\pm 0,029$ ораликлардаги қийматларни қабул қилди. Ушбу боғланишларнинг аниқлиги гидрологик ҳисоблашларда фойдаланиш учун тавсия этиладиган эмпирик тенгламалар аниқлигига қўйиладиган талабларга тўла мос келади.

Юқоридаги ижобий натижани ҳисобга олган ҳолда, барча жуфтликларнинг регрессия тенгламалари тузилди. Улар ёрдамида Писком ва Оҳангарон дарёларининг ўртача ойлик ва йиллик сув сарфларида мавжуд бўлган узилишлар тикланди. Натижада,

ўрганилаётган дарёлар вегетация даврининг алоҳида ойлари сув сарфлари билан мавсумий ва шу ойдаги атмосфера ёғинлари ҳамда шу ойдаги ўртача ойлик сув сарфлари орасидаги боғланишлар зичлигини бир хил ҳисоб даври учун статистик баҳолаш имконияти яратилди.

Мақолада белгиланган мақсад ва вазифаларга мос равишда, тадқиқот объекти сифатида танлаб олинган дарёлар учун $Q_n = f(X_{кб}, X_n, Q_{n-1})$ кўринишдаги кўп ҳадли боғланишлар статистик баҳоланди. Бу ерда: Q_n – дарёларнинг ўрганилаётган ойдаги ўртача ойлик сув сарфлари; $X_{кб}$ – кузги-қишки-баҳорги ва X_n – ўрганилаётган ойдаги атмосфера ёғинлари йиғиндиси; Q_{n-1} – ўрганилаётган ойдан олдинги ойда кузатилган ўртача ойлик сув сарфлари. Ҳисоблашлар Г.А.Алексеев [Алексеев, 1971] таклиф этган усулда амалга оширилди. Дастлаб, ўрганилаётган ойлардаги ўртача ойлик сув сарфлари (Q_n) билан уларга таъсир этувчи гидрометеорологик ўзгарувчилар ($X_{кб}, X_n, Q_{n-1}$) орасидаги боғланишлар зичлиги баҳоланди. Шу мақсадда мазкур боғланишлар зичлигининг кўрсаткичлари – жуфт корреляция коэффициентлари ($r_{01}, r_{02}, r_{03}, r_{12}, r_{13}, r_{23}$) ҳисобланди (3-жадвал).

3-жадвал

Ўртача ойлик сув сарфлари билан гидрометеорологик ўзгарувчилар орасидаги боғланишларнинг жуфт корреляция коэффициентлари

Таблица 3

Парные коэффициенты корреляции связей между средними месячными расходами воды и гидрометеорологическими переменными

Table 3

Paired correlation coefficients of relationships between average monthly water discharges and hydrometeorological variables

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Ойлар	Жуфт корреляция коэффициентлари					
			r_{01}	r_{02}	r_{03}	r_{12}	r_{13}	r_{23}
1	Писком – Муллала қ.	IV	0,700	0,376	0,681	0,274	0,632	0,248
		V	0,652	0,188	0,639	0,465	0,700	0,387
		VI	0,794	0,198	0,763	0,022	0,652	0,099
		VII	0,843	0,073	0,800	0,062	0,794	0,072
2	Угом – Хўжакент қ.	IV	0,715	0,590	0,693	0,274	0,734	0,264
		V	0,635	0,280	0,868	0,465	0,715	0,267
		VI	0,634	0,251	0,868	0,022	0,715	0,208
		VII	0,802	0,089	0,855	0,061	0,634	0,125
3	Оҳангарон – Эртош д.қ.	IV	0,690	0,446	0,556	0,274	0,768	0,327
		V	0,708	0,264	0,684	0,465	0,690	0,290
		VI	0,809	0,085	0,887	0,021	0,708	0,210
		VII	0,836	0,043	0,951	0,062	0,809	0,135

Изоҳ: r_{01}, r_{02}, r_{03} – ўрганилаётган ойдаги ўртача сув сарфлари (Q_n) билан, мос равишда, кузги-қишки-баҳорги ($X_{кб}$), ўрганилаётган ойдаги (X_n) атмосфера ёғинлари ва ўтган ойдаги ўртача сув сарфлари (Q_{n-1}); r_{12}, r_{13} – кузги-қишки-баҳорги ёғинлар ($X_{кб}$) билан, мос равишда, ўрганилаётган ойдаги (X_n) ёғинлар ва ўтган ойдаги сув сарфлари (Q_{n-1}); r_{23} – ўрганилаётган ойдаги (X_n) ёғинлар билан ўтган ойдаги сув сарфлари (Q_{n-1}) орасидаги боғланишларнинг жуфт корреляция коэффициентлари.

Примечание: r_{01}, r_{02}, r_{03} – парные коэффициенты корреляции между средними месячными расходами воды изучаемого месяца (Q_n) и, соответственно, с осенне-зимне-весенними ($X_{кб}$), осадками изучаемого месяца (X_n) и расходами воды предыдущего месяца (Q_{n-1}); r_{12}, r_{13} – парные коэффициенты корреляции между осенне-зимне-весенними ($X_{кб}$) осадками и, соответственно, с осадками изучаемого месяца (X_n) и расходами воды текущего месяца (Q_n); r_{23} – парный коэффициент корреляции между осадками изучаемого месяца (X_n) и расходами воды предыдущего месяца.

Note: r_{01}, r_{02}, r_{03} – paired correlation coefficients between the average monthly water flows of the studied month (Q_n) and, accordingly, with autumn-winter-spring ($X_{кб}$), precipitation of the studied month (X_n) and water flows of the previous month (Q_{n-1}); r_{12}, r_{13} – paired correlation coefficients between autumn-winter-spring ($X_{кб}$) precipitation and, accordingly, with precipitation of the month under study (X_n) and water discharge of the current month (Q_n); r_{23} – paired correlation coefficient between precipitation of the month under study (X_n) and water discharge of the previous month.

Ҳисоблашларнинг навбатдаги босқичида, регрессия коэффициентлари (α_{01} , α_{02} , α_{03}) аниқланди. Шу мақсадда, жуфт корреляция коэффициентларининг юқорида аниқланган қийматлари ҳамда номаълум бўлган регрессия коэффициентларини ҳисобга олган ҳолда, уч номаълумли чизиқли тенгламалар системаси қуйидаги кўринишда тузилди:

$$\begin{cases} \alpha_{01} + r_{12} \cdot \alpha_{02} + r_{13} \cdot \alpha_{03} = r_{01} \\ r_{12} \cdot \alpha_{01} + \alpha_{02} + r_{23} \cdot \alpha_{03} = r_{02} \\ r_{13} \cdot \alpha_{01} + r_{23} \cdot \alpha_{02} + \alpha_{03} = r_{03} \end{cases} \quad (1)$$

Ушбу чизиқли тенгламалар системасининг бош (Δ_{00}) ва ёрдамчи (Δ_{01}) детерминантлари Крамер усулида ҳисобланди. Бош ва ёрдамчи детерминантларнинг ҳисобланган қийматлари номаълум бўлган регрессия коэффициентлари (α_{01} , α_{02} , α_{03})ни қуйидаги ифодалар ёрдамида аниқлаш имконини берди:

$$\alpha_{01} = \frac{\Delta_{01}}{\Delta}; \alpha_{02} = \frac{\Delta_{02}}{\Delta}; \alpha_{03} = \frac{\Delta_{03}}{\Delta}. \quad (2)$$

Ўрганилаётган Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлар учун регрессия коэффициентларининг юқоридаги (2) ифодалар ёрдамида ҳисобланган қийматлари таҳлил қилинди (4-жадвал).

4-жадвал

Чизиқли тенгламалар системаларидаги номаълум регрессия коэффициентларининг қийматларини ҳисоблаш

Таблица 4

Расчет неизвестных значений коэффициентов регрессий в системах линейных уравнений

Table 4

Calculation of unknown coefficient values regressions in systems of linear equations

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Ойлар	Бош ва ёрдамчи детерминантлар				Регрессия коэффициентлари		
			Δ	Δ_{01}	Δ_{02}	Δ_{03}	α_{01}	α_{02}	α_{03}
1	Писком – Муллала қ.	IV	0,550	0,229	0,093	0,207	0,416	0,169	0,376
		V	0,396	0,186	-0,070	0,150	0,470	-0,177	0,379
		VI	0,576	0,282	-0,145	0,263	0,497	-0,256	0,464
		VII	0,367	0,207	0,005	0,130	0,564	0,014	0,354
2	Угом – Хўжакент қ.	IV	0,423	0,159	0,171	0,131	0,376	0,404	0,310
		V	0,379	0,001	0,020	0,323	0,003	0,053	0,852
		VI	0,452	0,022	0,036	0,369	0,049	0,080	0,816
		VII	0,588	0,256	0,006	0,342	0,435	0,010	0,582
3	Оҳангарон – Эртош д.к.	IV	0,366	0,229	0,102	-0,006	0,626	0,279	-0,016
		V	0,410	0,199	-0,028	0,151	0,485	-0,068	0,368
		VI	0,461	0,160	-0,038	0,301	0,347	-0,082	0,653
		VII	0,337	0,061	-0,026	0,274	0,181	-0,077	0,813

Жуфт корреляция коэффициентлари (r_{01} , r_{02} , r_{03} , r_{12} , r_{13} , r_{23}) ва регрессия коэффициентлари (α_{01} , α_{02} , α_{03})дан ташкил топган чизиқли тенгламалардан иборат бўлган (1) системанинг ечими, номаълум бўлган регрессия коэффициентларининг

қийматларини аниқлаш имконини берди. Регрессия коэффициентларининг ушбу қийматларидан фойдаланиб, ўрганилаётган ҳар бир дарё учун нормаллаштирилган регрессия тенгламалари тузилди ва уларнинг аниқлиги статистик баҳоланди (5-жадвал).

5-жадвал

Нормаллаштирилган регрессия тенгламалари ва уларнинг аниқлиги

Таблица 5

Нормализованные уравнения регрессии и их точность

Table 5

Normalized regression equations and their accuracy

Дарё – кузатиш пости	Ойлар	Регрессия тенгламалари	$r_0 \pm \sigma_{r_0}$
Писком – Муллала қ.	IV	$U_0(Q_{IV})=0,416 \cdot U_1(X_{к6})+0,169 \cdot U_2(X_{IV})+0,376 \cdot U_3(Q_{III})$	$0,782 \pm 0,048$
	V	$U_0(Q_V)=0,470 \cdot U_1(X_{к6})-0,177 \cdot U_2(X_V)+0,379 \cdot U_3(Q_{IV})$	$0,762 \pm 0,052$
	VI	$U_0(Q_{VI})=0,497 \cdot U_1(X_{к6})-0,256 \cdot U_2(X_{VI})+0,464 \cdot U_3(Q_V)$	$0,894 \pm 0,025$
	VII	$U_0(Q_{VII})=0,564 \cdot U_1(X_{к6})+0,014 \cdot U_2(X_{VII})+0,354 \cdot U_3(Q_{VI})$	$0,871 \pm 0,030$
Угом – Хўжакент қ.	IV	$U_0(Q_{IV})=0,376 \cdot U_1(X_{к6})+0,404 \cdot U_2(X_{IV})+0,310 \cdot U_3(Q_{III})$	$0,850 \pm 0,089$
	V	$U_0(Q_V)=0,003 \cdot U_1(X_{к6})+0,053 \cdot U_2(X_V)+0,852 \cdot U_3(Q_{IV})$	$0,869 \pm 0,030$
	VI	$U_0(Q_{VI})=0,049 \cdot U_1(X_{к6})+0,080 \cdot U_2(X_{VI})+0,816 \cdot U_3(Q_V)$	$0,871 \pm 0,093$
	VII	$U_0(Q_{VII})=0,435 \cdot U_1(X_{к6})-0,010 \cdot U_2(X_{VII})+0,582 \cdot U_3(Q_{VI})$	$0,963 \pm 0,009$
Оҳангарон – Эртош д.к.	IV	$U_0(Q_{IV})=0,626 \cdot U_1(X_{к6})+0,279 \cdot U_2(X_{IV})-0,016 \cdot U_3(Q_{III})$	$0,752 \pm 0,053$
	V	$U_0(Q_V)=0,485 \cdot U_1(X_{к6})-0,068 \cdot U_2(X_V)+0,252 \cdot U_3(Q_{IV})$	$0,783 \pm 0,048$
	VI	$U_0(Q_{VI})=0,347 \cdot U_1(X_{к6})-0,082 \cdot U_2(X_{VI})+0,653 \cdot U_3(Q_V)$	$0,931 \pm 0,016$
	VII	$U_0(Q_{VII})=0,181 \cdot U_1(X_{к6})-0,077 \cdot U_2(X_{VII})+0,813 \cdot U_3(Q_{VI})$	$0,963 \pm 0,009$

Изоҳ: $r_0 \pm \sigma_{r_0}$ – тўлиқ корреляция коэффициентини ва унинг хатолиги.

Примечание: $r_0 \pm \sigma_{r_0}$ – полный коэффициент корреляции и его ошибка.

Note: $r_0 \pm \sigma_{r_0}$ – total correlation coefficient and its error.

Регрессия тенгламаларига гидрометеорологик ўзгарувчилар, яъни вегетация даври алоҳида ойлари оқими (Q_n)нинг ҳосил бўлишига ҳар бир аргументнинг, жумладан, кузги-қишки-баҳорги ($X_{к6}$) ва ўрганилаётган ойдаги (X_n) атмосфера ёғинларининг йиғиндиси ҳамда ўтган ойда кузатилган сув сарфлари (Q_{n-1})нинг қўшган ҳиссалари аниқланди. Ушбу ҳолатда дарёларнинг алоҳида ойлардаги сув сарфларининг нормаллаштирилган қийматлари $[U_0(Q_n)]$ функция бўлса, кузги-қишки-баҳорги $[U_1(X_{к6})]$ ва ўрганилаётган ойдаги $[U_2(X_n)]$ ёғинлар ҳамда ўтган ойда кузатилган сув сарфларининг $[U_3(Q_{n-1})]$ нормаллаштирилган қийматлари эса унинг аргументлари ҳисобланади. Аргументларнинг нормаллаштирилган тенгламаларга қўшган ҳиссаларини аниқлашга оид ҳисоблашлар ҳам Г.А.Алексеев [Алексеев, 1971] таклиф этган ифодалар ёрдамида бажарилди (6-жадвал).

Ҳисоблашлар натижаларининг таҳлиллари ўрганилган дарёлар алоҳида ойлари оқимининг ҳосил бўлишига гидрометеорологик омиллар қўшган ҳиссаларининг турличалигини кўрсатди. Масалан, кузги-қишки-баҳорги ёғинларнинг ҳиссалари $\delta(X_{к6})$ турли дарёларда, ойлар бўйича қаралганда, Угом дарёсида май, июнь ойларини ҳисобга олмаганда, $16,3 \div 76,5$ оралиқда ўзгарди. Ўрганилаётган ойлардаги ёғинларнинг ҳиссалари $\delta(X_n)$ нисбатан кичик бўлиб, $0,1 \div 33\%$ оралиқни ташкил этди. Ўтган ойдаги сув сарфларининг $\delta(Q_{n-1})$ улуши, Оҳангарон дарёсида апрель ойи оқимини ҳисобга олмаганда, анча юқори қийматларни ($30 \div 98\%$) ташкил қилди.

Нормаллаштирилган регрессия тенгламасига аргументнинг қўшган ҳиссаси қуйидаги шартни бажарган ҳолдагина самарали ҳисобланади [Алексеев, 1971]:

$$\delta(X_j) > 2 \frac{\delta_{r_0}^2}{r_0^2} \approx 2 \frac{\delta_{r_0}}{r_0} \quad (3)$$

6-жадвал

Гидрометеорологик ўзгарувчиларнинг нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига қўшган хиссалари

Таблица 6

Вклады гидрометеорологических переменных в уравнения нормализованной регрессии

Table 6

Contributions of hydrometeorological variables to normalized regression equations

Дарё – кузатиш пости	Ойлар	Кузги-кишки-бахорги ёғинлар, $\delta(X_k)$	Ўрганилаётган ойдаги ёғинлар, $\delta(X_n)$	Ўтган ойдаги сув сарфлари, $\delta(Q_{n-1})$
Писком – Муллала қ.	Апрель	47,6	10,5	41,9
	Май	52,7	5,7	41,6
	Июнь	49,4	6,4	44,2
	Июль	62,6	0,2	37,2
Угом – Хўжакент қ.	Апрель	37,2	33	29,8
	Май	0,03	1,97	98
	Июнь	4,08	2,64	93,3
	Июль	41,2	0,1	58,7
Оҳангарон – Эртош д.қ.	Апрель	76,5	21,9	1,6
	Май	56	3	41
	Июнь	32,2	0,8	67
	Июль	16,3	0,3	83,4

Дарёлар алоҳида ойлари оқимининг ҳосил бўлишида, Угом дарёсининг май-июнь ойларини ҳисобга олмаганда, кишки ёғинларнинг ҳиссаси ва Оҳангарон дарёсининг апрель ойи оқимини ҳисобга олмаганда, ўтган ойдаги сув сарфининг ҳиссаси самарали ҳисобланади. Бунга мос равишда, Оҳангарон дарёси апрель ойи оқимининг ҳосил бўлишида кишки ва апрель ойи атмосфера ёғинлари самарали ҳисобланади. Шу тартибдаги таҳлиллар асосида, нормаллаштирилган регрессия тенгламалари, фақат самарали аргументларни ҳисобга олган ҳолда, қайтадан тузилди. Бунинг учун α_{01} ва α_{02} регрессия коэффициентлари қуйидаги ифодалар ёрдамида қайта ҳисобланди:

$$a) \alpha_{01} = \frac{r_{01} - r_{03} \cdot r_{13}}{1 - r_{13}^2}; \quad b) \alpha_{02} = \frac{r_{03} - r_{01} \cdot r_{13}}{1 - r_{13}^2}. \quad (4)$$

Регрессия коэффициентларининг (4) ифода ёрдамида қайта ҳисобланган қийматлари олдингилардан катта фарқ қилмайди. Улар асосида нормаллаштирилган регрессия тенгламалари ҳам қайта тузилди ҳамда уларнинг аниқлиги қайта баҳоланди (7-жадвал).

Нормаллаштирилган регрессия тенгламаларининг юқоридаги жадвалда келтирилган тўлиқ корреляция коэффициентлари $r_0=0,691 \pm 0,064 \div 0,957 \pm 0,010$ оралиқда ўзгарди. Демак, уларнинг аниқлиги гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозларда фойдаланиш учун тавсия этиладиган ифодаларга қўйиладиган талабларга тўла жавоб беради. Лекин, уларни гидрологик прогнозлар амалиётида қўллаш ноқулай, чунки, ушбу тенгламалар ўзгарувчиларнинг нормаллаштирилган қийматларини ҳисобга олади. Ана шу ноқулайликларни бартараф этиш учун нормаллаштирилган регрессия тенгламалари асосида прогнозлаш номограммалари қуйидаги кетма-кетликда тузилди.

Дастлаб, ўзгарувчиларнинг нормаллаштирилган ва кузатиш қийматлари орасидаги боғланиш графиклари ўрганилаётган дарёлар вегетация даврининг алоҳида ойлари учун чизилди ва уларнинг аниқлиги баҳоланди.

7-жадвал

Қайта тузилган нормаллаштирилган
регрессия тенгламалари ва уларнинг аниқлиги

Таблица 7

Пересоставленные уравнения нормализованной регрессии и их точность

Table 7

Refitted normalized regression equations and their accuracy

Дарё – кузатиш пости	Ойлар	Регрессия тенгламалари	$r_0 \pm \sigma_{r_0}$
Писком – Муллала қ.	Апрель	$U_0(Q_{IV})=0,449 \cdot U_1(X_k)+0,239 \cdot U_3(Q_{III})$	$0,782 \pm 0,048$
	Май	$U_0(Q_V)=0,401 \cdot U_1(X_k)+0,358 \cdot U_3(Q_{IV})$	$0,762 \pm 0,052$
	Июнь	$U_0(Q_{VI})=0,516 \cdot U_1(X_k)+0,427 \cdot U_3(Q_V)$	$0,894 \pm 0,025$
	Июль	$U_0(Q_{VII})=0,562 \cdot U_1(X_k)+0,353 \cdot U_3(Q_{VI})$	$0,871 \pm 0,030$
Угом – Хўжакент қ.	Апрель	$U_0(Q_{IV})=0,447 \cdot U_1(X_k)+0,365 \cdot U_3(Q_{III})$	$0,757 \pm 0,053$
	Май	$U_0(Q_V)=0,029 \cdot U_1(X_k)+0,847 \cdot U_3(Q_{IV})$	$0,868 \pm 0,030$
	Июнь	$U_0(Q_{VI})=0,033 \cdot U_1(X_k)+0,840 \cdot U_3(Q_V)$	$0,866 \pm 0,031$
	Июль	$U_0(Q_{VII})=0,523 \cdot U_1(X_k)+0,579 \cdot U_3(Q_{VI})$	$0,956 \pm 0,011$
Оҳангарон – Эртош д.к.	Апрель	$U_0(Q_{IV})=0,641 \cdot U_1(X_k)+0,064 \cdot U_3(Q_{III})$	$0,691 \pm 0,064$
	Май	$U_0(Q_V)=0,450 \cdot U_1(X_k)+0,373 \cdot U_3(Q_{IV})$	$0,757 \pm 0,053$
	Июнь	$U_0(Q_{VI})=0,363 \cdot U_1(X_k)+0,630 \cdot U_3(Q_V)$	$0,924 \pm 0,018$
	Июль	$U_0(Q_{VII})=0,192 \cdot U_1(X_k)+0,794 \cdot U_3(Q_{VI})$	$0,957 \pm 0,010$

Изоҳ: $r_0 \pm \sigma_{r_0}$ – тўлиқ корреляция коэффицентини ва унинг хатолиги.

Примечание: $r_0 \pm \sigma_{r_0}$ – полный коэффициент корреляции и его ошибка.

Note: $r_0 \pm \sigma_{r_0}$ – total correlation coefficient and its error.

Юқорида келтирилган нормаллаштирилган регрессия тенгламаларидан фойдаланган ҳолда, ўзгарувчиларнинг регрессия тенгламаларидаги нормаллаштирилган қийматлари асосида, уларнинг абсолют қийматлари юқорида қайд этилган графикдан аниқланди. Ушбу масала билан боғлиқ бўлган ҳисоблашлар намунаси Писком дарёсининг июль ойи оқимини прогнозлаш имконини берадиган номограмма мисолида кўрсатилди (8-жадвал). Ушбу жадвалда келтирилган ҳисоблашлар Писком дарёсининг апрель, май, июнь ойлари учун ҳам бажарилди. Ҳисоблашлар натижалари асосида мазкур ойлар учун ҳам прогнозлаш номограммалари тузилди. Мазкур ишда Писком дарёси июль ойи оқимини (Q_{VII}) прогнозлаш номограммаси намуна сифатида келтирилди (1-расм).

Прогнозлаш номограммасидан фойдаланган ҳолда, Писком дарёсининг июль ойи оқими (Q_{VII})ни кузги-қишки-баҳорги ($X_{к6}$) ва июнь (Q_{VI}) ойи оқимига боғлиқ ҳолда прогнозлаш аниқлиги баҳоланди (9-жадвал).

8-жадвал

Писком дарёси июль ойи оқими (Q_{VII}) ни прогнозлаш номограммасини қуриш мақсадида бажарилган ҳисоблашлар

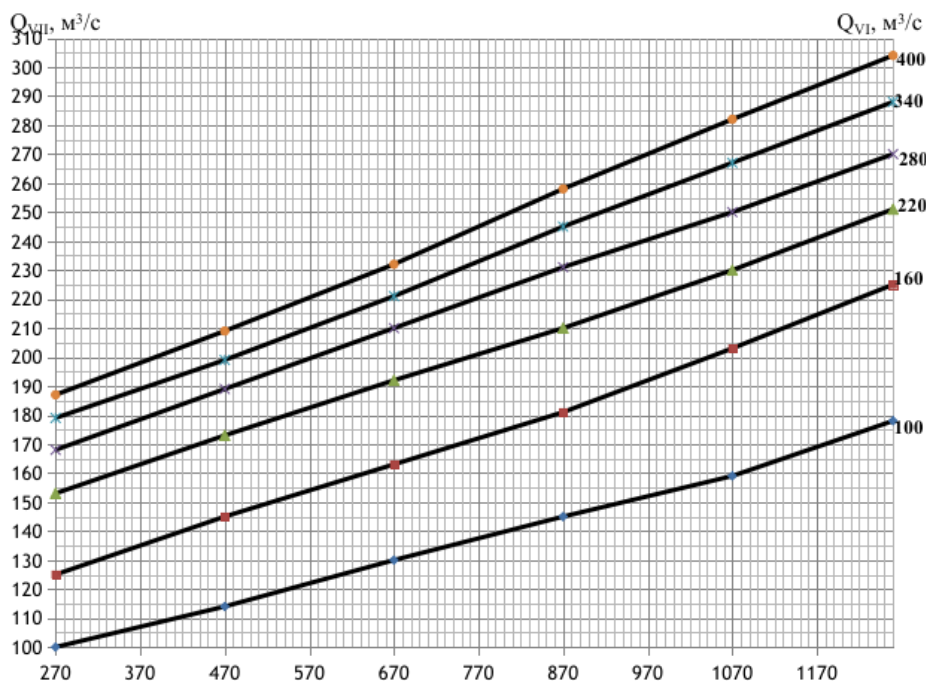
Таблица 8

Расчеты, выполненные с целью построения номограммы для прогноза стока реки Пскем на июль месяц (Q_{VII})

Table 8

Calculations performed to construct a nomogram for forecasting the flow of the Pskem River for the month of July (Q_{VII})

X_{KB}, MM	$U_1(X_{KB})$	$0,562 \cdot U_1(X_{KB})$	$U_2(Q_{VI})$	$U_2(Q_{VI})$	$0,353 \cdot U_2(Q_{VI})$	$U_0(Q_{VII})$	$Q_{VII}, \text{M}^3/\text{c}$
270	-2,1	-1,80	100	-1,95	-0,68835	-1,868	100
			160	-0,63	-0,22239	-1,402	114
			220	0,31	0,10943	-1,071	130
			280	1,18	0,41654	-0,764	149
			340	1,78	0,62834	-0,552	152
			400	2,18	0,76954	-0,410	158
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1260	2,1	1,180	100	-1,95	-0,68835	0,492	187
			160	-0,63	-0,22239	0,958	209
			220	0,31	0,10943	1,289	232
			280	1,18	0,41654	1,596	258
			340	1,78	0,62834	1,808	282
			400	2,18	0,76954	1,949	300



1-расм. Писком дарёси июль ойи оқими (Q_{VII}) ни прогнозлаш номограммаси

Рис. 1. Номограмма для прогноза стока реки Писком на июль месяц (Q_{VII})

Fig. 1. Nomogram for forecasting the flow of the Piskom River for the month of July (Q_{VII})

9-жадвал

Писком дарёси июль ойи оқими (Q_{VII})ни прогнозлаш номограммаси
аниқлигини баҳолаш

Таблица 9

Оценка точности прогностической номограммы
стока реки Пскем на июль месяц (Q_{VII})

Table 9

Assessment of the accuracy of the forecast nomogram
of the Pskem river flow for the month of July (Q_{VII})

Т.р.	Йил	$Q_{VII}, \text{м}^3/\text{с}$	$X_{кб}, \text{мм}$	$Q_{VI}, \text{м}^3/\text{с}$	Q_{VII}^n	Хатолик	
						$E_a, \text{м}^3/\text{с}$	$E_n, \%$
1	1961	119	352	134	121	-2	-1,68
2	1962	152	368,7	160	143	9	5,92
3	1963	197	600,9	244	195	2	1,02
4	1964	216	670,3	249	206	10	4,63
5	1965	110	367,3	131	123	-13	-11,8
6	1966	200	787,4	257	218	-18	-9,00
7	1967	146	495,9	192	161	-15	-10,3
8	1968	229	677,2	234	216	13	5,68
9	1969	329	1257	382	311	18	5,47
10	1970	157	628,1	187	161	-4	-2,55
11	1971	165	526,6	241	181	-16	-9,70
12	1972	208	632,1	195	189	19	9,13
13	1973	145	608,8	151	152	-7	-4,83
14	1974	121	273,9	144	123	-2	-1,65
15	1975	129	545,3	156	141	-12	-9,30
16	1976	154	472,6	182	166	-12	-7,79
17	1977	149	539,1	192	172	-23	-15,4
18	1978	214	676,1	216	198	16	7,48
19	1979	239	655,2	247	221	18	7,53
20	1980	161	514,7	189	163	-2	-1,24
21	1981	195	493,1	163	173	22	11,28
22	1982	93,3	364,5	95,4	102	-8,7	-9,32
23	1983	141	391,8	130	128	13	9,22
24	1984	168	504,5	222	173	-5	-2,98
25	1985	175	682,5	220	191	-16	-9,14
26	1986	141	412,5	143	139	2	1,42
27	1987	263	772,1	261	251	12	4,56
28	1988	199	646,9	241	191	8	4,02
29	1989	146	485,3	163	151	-5	-3,42
30	1990	179	523,2	306	206	-27	-15,1
		5240,3	16925,6	6027,4	5266	-25,7	-47,86
		174,68	564,2	200,9	175,5	-0,86	-1,60

Ҳисоблашлар натижалари таҳлилларига кўра, Писком дарёси июль ойи оқими (Q_{VII})ни номограмма ёрдамида прогнозлашдаги абсолют хатоликларнинг қийматлари $-27 \div 19 \text{ м}^3/\text{с}$ ораликда ўзгарган бўлса, нисбий хатоликлар эса, $-15,4 \div 11,3$ ораликда ўзгарди.

Номограмманинг аниқлиги «Наставления по службе прогнозов» талаблари асосида ҳам баҳоланди [Бефани, Калинин, 1983; Наставление, 1962]. Баҳолашлар прогнозлаш номограммасини қуришга асос бўлган ўзаро боғлиқ маълумотлар асосида амалга

оширилди. Шу мақсадда, дастлаб, Писком дарёсида июль ойида кузатилган сув сарфлари (Q_{VII})нинг ўртача квадратли четлашиши ($\sigma_{Q_{VII}}$) ҳисобланди:

$$\sigma_{VII} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{VII} - \bar{Q}_{VII})^2}{n-1}}, \quad (4)$$

бу ерда: Q_{VII} – Писком дарёсида июль ойида кузатилган ўртача йиллик сув сарфлари; \bar{Q}_{VII} – июль ойидаги ўртача кўп йиллик сув сарфи; n – кузатиш йиллари сони, $n=30$.

Сўнг прогнозлаш услубининг йўл қўйилиши мумкин бўлган хатолиги (δ_M) қуйидаги ифода билан аниқланди:

$$\delta_M = \pm 0,674 \cdot \sigma, \quad (5)$$

Кейинги босқичда прогнозлаш услубининг абсолют хатоликлари (δ_i) қуйидагича ҳисобланди:

$$\delta_i = Q_{VII} - Q_{VII}^n, \quad (6)$$

бу ерда: Q_{VII} – июль ойи оқимининг кузатилган миқдорлари; Q_{VII}^n – июль ойи оқимининг прогноз қилинган миқдорлари.

Номограмма асосида амалга оширилган прогнозлар абсолют хатоликларининг ўртача квадратли фарқи (S) қуйидаги ифода ёрдамида ҳисобланди:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Q_{VII} - Q_{VII}^n)^2}{n-1}}. \quad (7)$$

Калит тадқиқот объекти сифатида танланган Писком дарёси мисолида вегетация даврининг алоҳида ойлари оқимини прогнозлаш услубининг самаралиги мезони (S/σ) ҳар бир ой учун ҳисобланди. Маълумки, гидрологик прогнозлар амалиётида $S/\sigma \leq 0,50$ шартини бажарса, ишлаб чиқилган прогнозлаш услубининг сифати «яхши»га, $0,50 < S/\sigma \leq 0,80$ шартини бажарилганда эса «қониқарли» га баҳоланади [Бефани, Калинин, 1983]. Унинг натижалари асосида эса ойлик оқимни прогнозлаш таклиф этилаётган услубнинг сифати баҳоланди (10-жадвал).

Прогнозлаш услубининг таъминланиши қуйидаги ифода билан ҳисобланди:

$$P = \frac{m}{n} \cdot 100\%, \quad (8)$$

ифодада: m – тўғри чиққан прогнозлар сони; n – умумий прогнозлар сони.

10-жадвалдан кўришиб турибдики, Писком дарёси вегетация даври алоҳида ойлари оқимини прогнозлаш услубининг самаралилиги мезони (S/σ) қийматлари $0,28 \div 0,34$ ораликда ўзгарди, сифати эса барча ойларда «яхши»га баҳоланди. Прогнозлаш услубининг таъминланиши, яъни тўғри чиққан прогнозлар 93-97% ни ташкил этди. Демак, тадқиқот жараёнида дарёлар вегетация даври алоҳида ойлари оқимини прогнозлаш мақсадида олинган боғланишлар гидрологик прогнозларга қўйилган талабларга тўла жавоб беради.

10-жадвал

Писком дарёси вегетация даври алоҳида ойлари оқимини прогнозлаш услубининг самарадорлиги мезони (S/σ), сифати ва таъминланиши (P)ни баҳолаш натижалари

Таблица 10

Результаты оценки критерия эффективности (S/σ), качества и обеспеченности (P) методики прогноза стока реки Пскем на отдельные месяцы вегетационного периода

Table 10

Results of assessing the effectiveness criterion (S/σ), quality and availability (P) of the methodology for forecasting the flow of the Pskem River for individual months of the growing season

Т.р.	Ойлар	σ	δ_M	S	S/σ	P, %
1	Апрель	17,7	11,9	7,36	0,42	90,0
2	Май	30,1	20,3	10,3	0,34	96,7
3	Июнь	61,3	41,3	16,4	0,28	96,7
4	Июль	50,6	34,1	16,4	0,32	93,3

Бажарилган тадқиқот натижаларининг таҳлиллари асосида, **хулоса** сифатида, куйидагиларни қайд этиш мумкин:

1. Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасидаги узоқ муддатли гидрологик кузатишларга эга бўлган, табиий режимли дарёлар танлаб олинди. Улардаги гидрологик постларда ўлчанган сув сарфлари ҳамда дарёлар ҳавзаларида жойлашган метеорологик станцияларда кузатилган атмосфера ёғинлари ҳақидаги маълумотлар базаси яратилди.

2. Дарёларнинг вегетация давридаги алоҳида ойлари оқими билан уларнинг ҳосил бўлишига таъсир этувчи ойлик ва мавсумий атмосфера ёғинлари ҳамда олдинги ойдаги сув сарфлари орасидаги кўп ҳадли боғланишлар статистик баҳоланди, боғланишларнинг нормаллаштирилган регрессия тенгламалари тузилди. Ушбу тенгламаларнинг аниқлиги $r_0=0,752\pm 0,084\pm 0,963\pm 0,014$ ораликда ўзгарадиган тўлиқ корреляция коэффициентлари билан ифодаланади.

3. Нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига аргументларнинг кўшган ҳиссалари баҳоланди ва бу борада бажарилган ҳисоблашлар натижаларининг таҳлиллари асосида самарали предиктантлар аниқланди. Фақат самарали деб баҳоланган предиктантларни ҳисобга олган ҳолда, нормаллаштирилган регрессия тенгламалари қайта тузилди ва улар асосида прогнозлаш номограммаси қурилди.

4. Калит тадқиқот объекти сифатида танлаб олинган Писком дарёси мисолида вегетация давридаги алоҳида ойлар оқимининг прогнозлари ҳар бир ой учун қурилган номограммалар асосида амалга оширилди. Таклиф этилган прогнозлаш услубининг самаралилиги мезони S/σ нинг қийматлари $0,28\div 0,34$, таъминланиши эса $90\div 96,7\%$ ораликларда ўзгарди. Прогнозлаш услубининг сифати барча ойлар учун «яхши»га баҳоланди. Ушбу ижобий натижалар Писком дарёси вегетация даври алоҳида ойлари оқимини прогнозлаш услубини амалиётда қўллаш учун тавсия этиш имконини беради.

5. Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари мисолида бажарилган мазкур тадқиқотда олинган натижалар, шунингдек, ойлик оқим миқдорларини прогнозлашга бўлган илмий-услубий ёндашувлар, шубҳасиз, маълум илмий ва амалий аҳамиятга эга. Уларни келажакда Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасининг бошқа дарёларида синовдан ўтказиш, шу билан бирга, натижалардан ҳавза сув ресурсларини миқдорий баҳолаш масалалари билан боғлиқ

бўлган гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозлар амалиётида фойдаланиш тавсия этилади.

Миннатдорчилик. Муаллифлар мақолани тайёрлашда зарур бўлган бирламчи гидрометеорологик маълумотларни тўплашда яқиндан ёрдам берган Ўзгидромет ходимларига ҳамда мақолани нашрга тайёрлаш жараёнида ўзининг илмий маслаҳатларини аямаган т.ф.н. Л.М.Карандаевага ўз миннатдорчилигини билдирадилар.

Муаллифлар ҳиссаси. **Ф. Ҳикматов:** мақола ғояси, методология, тадқиқот объектини танлаш, натижалар таҳлили, хулосалар. **З.Ф. Ҳакимова:** ҳисоблашлар, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Р.Р. Зияев:** ҳисоблаш усуллари, натижалар таҳлили, илмий хулосалар, мақолани расмийлаштириш. **Н.Б. Эрлапасов:** ҳисоблаш усуллари, натижалар таҳлили, илмий хулосалар, мақолани расмийлаштириш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган матни билан танишдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 63 с.

Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 419 с.

Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 439 с.

Гирник Е.М. Методика долгосрочных прогнозов средних за вегетационный период и средних месячных расходов воды р. Карадарья // Тр. САНИГМИ. – Ташкент, 1960. – Вып. 3(18). – С. 28-36.

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

Денисов Ю.М., Агальцева Н.А., Пак А.В. Автоматизированные методы прогнозов стока горных рек Средней Азии. – Ташкент: САНИГМИ, 2000. – 160 с.

Джорджио З.В. Опыт долгосрочных прогнозов стока рек Средней Азии. – Ташкент: Изд-во САГУ, 1957. – 202 с.

Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. – Новосибирск: Наука, 1987. – 255 с.

Зияев Р.Р. Зарафшон ҳавзаси дарёлари сув режими фазаларининг иқлим ўзгариши шароитидаги силжишлари. Геогр. фан. ф. д. ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2021. – 46 б.

Карандаева Л.М., Карандаев С.В. Анализ атмосферных осадков базового и текущего климатических периодов по данным метеорологических станций бассейна реки Чирчик и сопредельных территорий // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – Ташкент, 2022. №3. – С. 30-43.

Лукина Н.К. Методические указания к выполнению практических работ по долгосрочным прогнозам стока горных рек. – Ташкент, 1980. – 26 с.

Машуков П.М. Основные методы гидрологических прогнозов, применяемые в Средней Азии // Метеорология и гидрология в Узбекистане. – Ташкент: Изд-во Ан УзССР, 1955. – С. 253-261.

Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Ч. 1. –Л.: Гидрометеоиздат, 1962. – 193 с.

Овчинников А.М. Применение метода множественной регрессии к прогнозам стока горных рек (на примере бассейна Карадарья). Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Ташкент, 1973. – 20 с.

Ольдекоп Э.М. К вопросу о прогнозе расходов рек в Туркестане // Бюлл. Гидром. части в Туркестанском крае. – Ташкент, 1917. – № 1-3. – С. 1-29.

Ольдекоп Э.М. Зависимость режима р.Чирчик от метеорологических факторов // Тр. Метеорол. отдела Гидром. части в Туркестанском крае. – 1918. – Вып. 89. – 83 с.

Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 256 с.

Тургунов Д.М. Тоғ дарёлари кам сувли йиллар оқими гидрологик кўрсаткичларини

хисоблаш ва прогнозлаш. Геогр. фан. док. (DSc) ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2022. – 61 б.

Хакимова З.Ф. Оҳангарон ҳавзаси дарёлари оқимининг шаклланишига метеорологик омилларнинг таъсирини баҳолаш // Гидрометеорология ва атроф-мухит мониторинги. – Ташкент, 2022. №4. – Б. 50-62.

Хикматов Ф.Х., Юнусов Г.Х., Хакимова З.Ф., Зияев Р.Р., Эрлапасов Н.Б. Закономерности формирования водных ресурсов горных рек в условиях изменения климата. – Ташкент: «ИРНМУ», 2020. – 232 с.

Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. – Ташкент: САНИГМИ, 2000. – 252 с.

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

Хикматов Ф.Х., Хакимова З.Ф., Турғунов Д.М. Чирчик ҳавзаси дарёлари оқими билан иқлимий омиллар орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш // Гидрометеорология ва атроф-мухит мониторинги. – Ташкент, 2022. №4. – Б. 50-62.

Xikmatov F.X., Yunusov G'.H., Raxmonov K.R. Gidrologik bashorat. – Toshkent: «Faylasuflar» nashriyoti, 2013. – 144 b.

ПРОГНОЗ СТОКА РЕК ЧИРЧИК-АХАНГАРАНСКОГО БАССЕЙНА НА ОТДЕЛЬНЫЕ МЕСЯЦЫ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

Ф. ХИКМАТОВ¹, З.Ф. ХАКИМОВА¹, Р.Р. ЗИЯЕВ¹, Н.Б. ЭРЛАПАСОВ¹

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

Аннотация. *Статья посвящена исследованию проблем долгосрочного прогнозирования стока отдельных месяцев вегетационного периода в зависимости от гидрометеорологических факторов на примере рек Чирчик-Ахангаронского бассейна. С этой целью произведена статистическая оценка многофакторной зависимости между стоком рек отдельных месяцев вегетационного периода (апрель, май, июнь, июль) и суммой осенне-зимне-весенних осадков и осадков изучаемого месяца, а также расходом воды предыдущего месяца, получены их нормализованные уравнения регрессии. Прогнозирование осуществлялось по номограммам, построенным на основе полученных уравнений регрессий. Оценены критерия эффективности, качества и обеспеченность разработанной методики прогнозирования.*

Ключевые слова: *горные реки, вегетационный период, сток отдельных месяцев, гидрометеорологические факторы, многофакторная зависимость, статистическая оценка, уравнения регрессии, прогностическая номограмма, точность методики прогноза.*

FORECAST OF RIVER FLOW OF THE CHIRCHIK-AKHANGARAN BASIN FOR SELECTED MONTHS OF THE GROWING PERIOD

F. KHAKIMOV¹, Z.F. KHAKIMOVA¹, R.R. ZIYAEV¹, N.B. ERLAPASOV¹

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

Abstract. *The article is devoted to the study of the problems of long-term forecasting of the flow of individual months during the growing season depending on hydrometeorological factors using the example of the rivers of the Chirchik-Akhangaron basin. For this purpose, a statistical assessment was made of the multifactorial relationship between the river flow of individual months of the growing season (April, May, June, July) and the sum of autumn-winter-spring precipitation and precipitation of the month under study, as well as the water flow of the previous month, and their normalized regression equations were compiled. Prediction was carried out using nomograms constructed on the basis of the obtained regression equations. The criteria, effectiveness, quality and security of the developed forecasting methodology were assessed.*

Keywords: *mountain rivers, growing season, runoff of individual months, hydrometeorological*

factors, multifactorial dependence, statistical assessment, regression equations, prognostic nomogram, accuracy of the forecast methodology.

REFERENCES

- Alekseyev G.A.* Obyektivnie metodi viravnivaniya i normalizatsii korrelyatsionnix svyazey [Objective methods of alignment and normalization of correlations]. – L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 63 s. (in Russian)
- Apollo B.A., Kalinin G.P., Komarov V.D.* Kurs gidrologicheskix prognozov [Hydrological forecast course]. – L.: Gidrometeoizdat, 1974. – 419 s. (in Russian)
- Befani N.F., Kalinin G.P.* Uprajneniya i metodicheskie razrabotki gidrologicheskim prognozam [Exercises and methodological developments on hydrological forecasts]. – L.: Gidrometeoizdat, 1983. – 439 s. (in Russian)
- Girnik Ye.M.* Metodika dolgosrochnix prognozov srednix za vegetatsionniy period I srednix mesyachnix rasxodov vodi r. Karadarya [The method of long-term forecasts of average for the growing season and average monthly water flow of the r. Karadarya] // Tr. SANIGMI. – Tashkent, 1960. – Vip. 3(18). – S. 28-36. (in Russian)
- Davidov L.K., Korjnevskiy N.L.* Vliyaniye meteorologicheskix faktorov na rejim r. Narina [The influence of meteorological factors on the regime of the River Narina] // Tr. Sredazmeta. – Tashkent, 1929. – Tom 1. – Vip. 2. – S. 79-144. (in Russian)
- Denisov Yu.M., Agaltseva N.A., Pak A.V.* Avtomatizirovannye metodi prognozov stoka gornix rek Sredney Azii [Automated methods for forecasting the runoff of mountain rivers in Central Asia]. – Tashkent: SANIGMI, 2000. – 160 s. (in Russian)
- Djorjio Z.V.* Opit dolgosrochnix prognozov stoka rek Sredney Azii [Experience of long-term forecasts of river flow in Central Asia] – Tashkent: Izd-vo SAGU, 1957. – 202 s. (in Russian)
- Drujinin I.P.* Dolgosrochniy prognoz i informatsiya [Long-term prognoz i informatsiya]. – Novosibirsk: Nauka, 1987. – 255 s. (in Russian)
- Ziyaev R.R.* Zarafshon havzasi daryolari suv rejimi fazalarining iqlim o'zgarishi sharoitidagi siljishlari [Zarafshan basin rivers shifts in the conditions of climate change of the phases of the water regime]. Geogr. fan. f. dok. ... diss. avtoreferati. – Toshkent, 2021. – 46 b. (in Uzbek)
- Karandaeva L.M., Karandaev S.V.* Analiz atmosferynx osadkov bazovogo i tekushego klimaticheskix periodov po dannim meteorologicheskix stansiy basseyna reki Chirchik i sopredelnix territoriy [Analysis of atmospheric precipitation of the base and current climatic periods according to meteorological stations in the Chirchik river basin and adjacent territories] // Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredi. – Tashkent, 2022. №3. – S. 30-43. (in Russian)
- Lukina N.K.* Metodicheskie ukazaniya k vipolneniyu prakticheskix rabot po dolgosrochnim prognozam stoka gornix rek [Metodicheskie ukazaniya k vipolneniyu prakticheskix rabot po dolgosrochnim prognozam stoka gornix rek]. – Tashkent, 1980. – 26 s. (in Russian)
- Mashukov P.M.* Osnovnie metodi gidrologicheskix prognozov, primenyaemie v Sredney Azii [The main methods of hydrological forecasts used in Central Asia] // Meteorologiya i gidrologiya v Uzbekistane. – Tashkent: Izd-vo An UzSSR, 1955. – S. 253-261. (in Russian)
- Nastavlenie po slujbe prognozov [Forecast service manual]. Razdel 3. Ch. 1. – L.: Gidrometeoizdat, 1962. – 193 s. (in Russian)
- Ovchinnikov A.M.* Primenenie metoda mnojestvennoy regressii k prognozam stoka gornix rek (na primere basseyna Karadari) [Application of the multiple regression method to mountain river runoff forecasts (on the example of the Karadarya basin)]. Avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. – Tashkent, 1973. – 20 s. (in Russian)
- Oldekop E.M.* K voprosu o prognoze rasxodov rek v Turkestane [On the issue of forecasting the flow of rivers in Turkestan] // Byull. Gidrom. chasti v Turkestanskom krae. – Tashkent, 1917. – № 1-3. – S. 1-29. (in Russian)
- Oldekop E.M.* Zavisimost rejima r.Chirchik ot meteorologicheskix faktorov [Dependence of r.Chirchik mode from meteorological factors] // Tr. Meteopol. otdela gidpom. chasti v Turkestanskom krae. – Toshkent. – 1918. – Vip. 89. – 83 s. (in Russian)
- Popov Ye.G.* Gidrologicheskie prognozi [Hydrological forecasts]. – L.: Gidrometeoizdat, 1979.

– 256 s. (in Russian)

Turgunov D.M. Tog daryolari kam suvli yillar oqimi gidrologik korsatkichlarini hisoblash va prognozlash [Calculation and forecasting of hydrological indicators of the flow of low-water years of mountain rivers]. Geogr. fan. dok. (DSc) ... avtoreferati. – Tashkent, 2020. – 61 b. (in Uzbek)

Xakimova Z.F. Ohangaron havzasi daryolari oqimining shakllanishiga meteorologik omillarning tasirini baholash [Assessment of the influence of meteorological factors on the formation of the flow of rivers of the Ohangaron basin] // *Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi*. – Tashkent, 2022. №4. – B. 50-62. (in Uzbek)

Xikmatov F.X. i dr. Zakonomernosti formirovaniya vodnix resursov gornix rek v usloviyax izmeneniya klimata. Monografiya [Patterns of formation of water resources of mountain rivers in the conditions of climate change. Monography]. – Tashkent: “Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi”, 2020. – 232 s. (in Russian)

Chub V.Ye. Izmenenie klimata i yego vliyanie na prirodno-resursniy potentsial Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on the natural resource potential of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent: SANIGMI, 2000. – 252 s. (in Russian)

Chub V.Ye. Izmenenie klimata i yego vliyanie na gidrometeorologichesie protsessi, agroklimaticheskie i vodnie resursi Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agro-climatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent: Voris-Nashriyot, 2007. – 132 s. (in Russian)

Xikmatov F.X., Hakimova Z.F., Turgunov D.M. Chirchiq havzasi daryolari oqimi bilan iqlimiy omillar orasidagi boglanishlarni statistik baholash [Statistical assessment of the relationship between the flow of rivers of the Chirchik basin and climatic factors] // *Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi*. – Tashkent, 2022. №4. – B. 50-62. (in Uzbek)

Xikmatov F.X., Yunusov G.H., Raxmonov K.R. Hidrologik bashorat [Hydrological prediction]. – Tashkent: «Faylasuflar» nashriyoti, 2013. 144 b. (in Uzbek)

УДК 504.062:628.16

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ВОДНЫЙ РЕСУРС В ПЕРИОД ЗАСУХИ

Ш.О. МУРАДОВ^{1*}, У.М. ТУРАЕВ¹

¹ Каршинский инженерно-экономический институт, m.oikos@mail.ru

Аннотация. *Имеющиеся в резерве коллекторно-дренажные, озёрные и подземные воды являются дополнительным ресурсом. Их использование возможно после соответствующей регенерации. Поэтому научное обоснование и разработка технологии деминерализации вод является актуальным направлением науки. Приводится анализ существующих технологий и практическое обоснование наиболее эколого-экономичного газогидратного способа деминерализации вод. Даны результаты экспериментов на разработанном усовершенствованном варианте модельной установки.*

Ключевые слова: *деминерализация вод, газогидратная технология, подземные воды, коллекторно-дренажные воды, озерные воды, промышленность, орошение.*

Введение. В докладе на 78-й Сессии Генеральной Ассамблеи ООН Президент Узбекистана, резюмируя все решения и высказывания, обратил внимание на то, что мы «...Выступаем за привлечение и внедрение самых передовых технологий в процессе создания Платформы водосберегающих технологий в Центральной Азии, используя механизм «Организации Объединенных Наций – водные ресурсы».

* Ответственный автор: m.oikos@mail.ru, тел. +998 90 341-00-53

Проблема нарастающего дефицита пресной воды благоприятного состава признана проблемой международного значения [Безднина, 2006]. Интенсивный рост промышленности должен быть в максимальной степени обеспечен не вследствие увеличения водозаборов свежей воды, а в результате интенсивного развития систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения [Шикломанов, 2010]. Этот дефицит может быть покрыт регенерацией соленых вод путем деминерализации. Искусственное опреснение соленых вод перспективно. Наибольших успехов в этой области достигло Государственное управление по использованию соленых вод США [Хамраев, 1997]. Одним из основных направлений в решении проблемы повышения надежности функционирования мелиоративных систем является деминерализация сбросных и коллекторно-дренажных вод, утилизация дренажно-сбросных вод [Карпенко, 2004]. Около 40% воды в Центрально-Азиатском регионе, забранной из источников, участвует в формировании дренажно-сбросных вод [Каримов и др., 2002]. Необходимость деминерализации соленых вод юга Узбекистана диктуется и тем, что наличие пресных (до 1,0 г/л) подземных вод в регионе незначительно (Сурхандарьинском – 29,14 м³/с, а в Кашкадарьинском – 15,6 м³/с) по сравнению с Ферганским (111,4 м³/с), Приташкентским (90,8 м³/с) и Зарафшанским (46,4 м³/с) гидрогеологическими районами [Абиров и др., 2003]. Количество пресных питьевых подземных вод в Узбекистане за 30 лет (1965-1995 гг.) уменьшилось с 471 м³/с до 294 м³/с и стало составлять 34% вместо 56% от общей величины ресурсов подземных вод с минерализацией 5 г/л и более. Количество же последних даже несколько возросло с 844 м³/с до 853 м³/с [Борисов и др., 2002].

Цели и задачи исследования. Основной целью исследований является анализ существующих технологий и разработка усовершенствованного эколого-экономического способа деминерализации вод. Очевидно, что данная задача может быть решена несколькими способами и в том числе:

а) созданием технологических приемов и технических средств, позволяющих регулировать качество воды на сброс с оросительных систем;

б) регулированием качества коллекторно-дренажных вод (КДВ) в процессе формирования их непосредственно на массивах орошения с учетом геологических, геоморфологических, гидрологических и гидрогеологических условий, а также климатических и мелиоративных параметров.

Вторая задача решается в каждом конкретном случае и повторное использование дренажных вод будет зависеть от мелиоративного состояния орошаемого массива, вида культур, типа почв, минерализации воды и т.д. [Гранкин и др., 2002].

В принципе нами выбран первый способ. Все существующие технологии очистки и деминерализации сточных, включая коллекторно-дренажные, подземные и озерные воды могут быть подразделены на две большие группы. Первая группа технологий основана на удалении из воды загрязняющих компонентов, вторая группа технологий базируется на противоположном принципе: из сточной воды выделяются не загрязняющие компоненты, а молекулы чистой воды.

К первой группе технологий относятся способы технологической, биологической, химической, а также многие способы физико-химической очистки сточных вод. Ко второй группе относятся способы, основанные на выпаривании сточных вод, кристаллизации сухого остатка и конденсации дистиллята.

Использование первой группы технологий предпочтительно в тех случаях, когда доля загрязняющих компонентов в массе сточных вод незначительна. Если же концентрация загрязняющих компонентов достигает десятков и более грамм на литр, целесообразно использование второй группы технологий.

Именно вторая группа технологий наиболее перспективна при деминерализации подземных, коллекторно-дренажных, озёрных и сбросных вод, содержащих повышенные

концентрации хлоридных, сульфатных, карбонатных и других неорганических солей. Однако существующим технологиям второй группы присущ весьма существенный недостаток: эти технологии характеризуются весьма высокой энергоемкостью.

Современный уровень техники характеризуется гидратной технологией деминерализации сточных вод, которая лишена указанного выше недостатка – высокой энергоёмкости процессов. Человеческая практика непрестанно ставит перед наукой все новые и новые вопросы, нарастающие числом и сложностью. Успешное их решение является мощным стимулом прогресса человечества. Однако, бывает и так, что некоторые явления и закономерности первоначально недооцениваются. Так было с группой веществ, получивших название газовых гидратов.

Методы исследования. Первым исследователем, что наблюдал образование газовых гидратов, по всей вероятности, был английский химик Джозеф Пристли (1777-1778). Он получил необычный лед-гидрат сернистого газа, существующий при положительных температурах, который, в отличие от обычного гексагонального льда тонул в водных растворах SO_2 . И все-таки, началом более «осознанной» химии газовых гидратов сейчас принято датировать 1811 годом, когда английский химик и физик Гемфри Дэви сообщил о получении – гидрата хлора (хлор пропускался через охлажденную до 0°C воду). Великий английский физик Майкл Фарадей ещё 1823 году приблизительно выполнил анализы состава гидрата хлора и приписал ему стехиометрическую формулу $\text{Cl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. В 1829 г. Левич открыл гидрат брома, а в 1840 г. немецкий химик Фридрих Вёлер получил гидрат сероводорода, причем с высокой точностью установил его состав ($\text{H}_2\text{S} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Позднее польский физик Зигмунт Вроблевски (1882 г.) синтезировал гидрат диоксида углерода. В 1884 году Нидерландский физико-химик Хендрик Розебом предложил формулу состава гидрата-хлора $8\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Cl}_2$. Гидраты метана, этана, пропана, этилена, аргона, криптона, ксенона и ряда других газов исследовал французский физик П.У. Виллар с 1888 г. В эти же годы разрабатываются методы определения состава газовых гидратов (французские физико-химики Анри Луи Ле Шателье и др.) [Кузнецов и др., 2003].

Дальнейшие исследования газовых гидратов (вплоть до начала тридцатых годов XX века) носили чисто академический характер. Начиная с 1940-х годов публикуются и патентуются многочисленные и весьма перспективные предложения по использованию газогидратов в различных технологических процессах и в частности, как опреснение воды, обессоливание морской воды, концентрирование и разделение водных растворов и др.

Отдельных успехов в практическом отношении достигли в Великобритании, где создана опытно-промышленная установка по получению гидратов производительностью 1 т/сут. В Японии построены полупромышленные установки по получению лед – газогидратных «таблеток», которые можно хранить и перевозить при низких температурах [Кузнецов и др., 2003].

Последующие исследования были проведены многими учеными [Suga, Yamamuro, 1989; Прохоров и др., 1998; Истомин, 1998, 1999; Мурадов, Валуконис, 2000; Istomin et al., 2002; Кузнецов и др., 2003; Макогон, Хольсти, 2003; Манаков, Дядин, 2003; Мурадов, 2001, 2002, 2005].

Резюмируя, можно отметить, что это лишь перечень исследований газовых гидратов, однако практическая их ценность – огромна, они составляют научно-техническую базу для гидроэкологических, гидрохимических, гидрологических, геологических и экологических исследований.

Впоследствии было обращено внимание на то, что газовые гидраты могут быть использованы в различных промышленных технологиях (разделение газов, рассеяние туманов, облаков, деминерализация воды и др).

Как отмечают ученые, минерализованные дренажные воды – это отходы гидромелиоративной системы. Их утилизация – серьезнейшая проблема современной науки [Кирейчева и др., 1999]. Подземные воды глубокого залегания засолены и могут быть задействованы только при условии их опреснения [Алиханов, 2007].

Современный уровень науки и техники требует разработку эколого-экономичных технологий деминерализации вод. В настоящее время в целях деминерализации вод применяют различные способы очистки: химические – ионный обмен, опреснение клатратами; физические – вымораживание, дистилляция, активация; физико-химические: флотация, экстракция, коагуляция, сорбция, электродиализ, обратный осмос, газовые гидраты; биологические и биохимические – аэробные и анаэробные микроорганизмы, микрофиты, гидромакрофиты, сорбенты.

Метод ионного обмена используется для деминерализации вод с содержанием солей 1,5-10 г/л. Однако при опреснении сильно минерализованных вод расход химических реагентов увеличивается и составляет 3-5% количества опресняемой воды [Кирейчева и др., 1999]. Опреснительные технологии требуют использования дорогостоящих оборудования и материалов, следовательно, проблема разработки дешёвых технологий весьма актуальна [Коренева, Адылова, 2003]. При сравнении технико-экономических параметров различных способов, самой эколого-экономичной технологией явилась газогидратная. Суть этой технологии состоит в том, что при контакте газа-гидратообразователя со сточной водой при соответствующих температурах и давлениях образуется газовый гидрат, в который входят только газ и пресная вода, а соли остаются в растворе, так как молекулы их слишком велики и не помещаются в полостях молекул воды. После выделения кристаллов гидрата из рассола их промывают и разлагают с образованием пресной воды и газа, который вновь направляют в цикл. В промышленных установках фирмы «Копперс» в качестве газа-гидратообразователя используют пропан [Патент США, 1959]. Однако этот газ, во-первых, огне- и взрывоопасен. Во-вторых, он дефицитен, особенно в странах и регионах, не имеющих собственных нефтяных и газовых месторождений.

Пропану присущи также следующие недостатки технологического плана. Как газообразный, так и сжиженный пропан плохо растворим в воде, что отрицательно сказывается на кинетике гидратообразования. Газовый гидрат этого углеводорода существует в весьма узком интервале положительных температур, что также накладывает ограничения на технологический процесс его использования.

Основные результаты и их обсуждение. Основной задачей, решаемой нашим предложением, является устранение отмеченных выше недостатков. Предложенное техническое решение [Мурадов и др., 2000] включает получение газового гидрата при контактировании газа-гидратообразователя с водой, выделение кристаллов гидрата, их промывку и разложение с образованием пресной воды и газа, причём в качестве газа-гидратообразователя используют растворимый в воде газ. По своим параметрам наиболее пригодным для этих целей является двуокись углерода (CO_2). При этом образование гидрата двуокиси углерода осуществляют в интервале температур 275-279К (2-7°C) при давлениях 1400-2500 кПа.

В настоящее время известно довольно большое количество газов, образующих гидраты. Однако далеко не все они пригодны для осуществления гидратного процесса деминерализации вод. В качестве критериев выбора оптимального газа-гидратообразователя могут быть использованы следующие: во-первых, гидрат должен образоваться при положительных температурах, т.е. контактируя с жидкой водой, при давлениях выше атмосферного (для исключения попадания в систему воздуха), но не более 20-25 МПа (для уменьшения металлоёмкости конструкций, исходя из условий

прочности); во-вторых, предпочтителен газ, хорошо растворимый в воде, и, в-третьих, газ-гидратообразователь должен соответствовать условиям гигиеничности и экологичности.

Перечисленным выше критериям в наибольшей степени соответствует двуокись углерода. Именно этот газ обладает существенными преимуществами по сравнению с газом, используемым в способе США – пропаном.

Во-первых, двуокись углерода хорошо растворима в воде (при 0°C в 100 г воды растворяется 171,3 мл CO₂). Во-вторых, гидрат двуокиси углерода образуется в наиболее широком интервале положительных температур. Для CO₂ максимальная температура существования гидрата равна 283,1К (10,1°C), т.е. интервал положительных температур гидратообразования почти в два раза шире, чем для гидрата пропана.

Двуокись углерода неопасна в обращении (в противоположность горючему и взрывоопасному пропану), водные растворы CO₂ нетоксичны для человека, поэтому не требуется полное ее удаление из конечного продукта (пресной воды). Двуокись углерода более широко распространенный в природе и более дешёвый газ по сравнению с пропаном. Формула гидрата двуокиси углерода изменяется от CO₂·6H₂O до CO₂·17H₂O (при давлениях до 70 МПа). Нижняя квадрупольная точка системы CO₂+H₂O (газ-гидрат-лёд) характеризуется следующими параметрами: T=273,1 К; P=1250 кПа, а верхняя квадрупольная точка (газ-гидрат-вода-жидкий гидратообразователь) – параметрами: T=283,1 К, P=4490 кПа. При нормальном атмосферном давлении (P=101,3 кПа) равновесная температура существования гидрата T=218,1 К (-55°C).

Для реализации разработанного способа важное значение имеют P-T-условия гидратообразования, так как они определяют режимные характеристики технологического процесса деминерализации вод, а также выбор насосов, компрессоров и материалов конструкционных элементов используемых устройств и установок. На основании обобщения разрозненных литературных (зачастую противоречивых) данных и проведения специальных экспериментальных прецизионных исследований, а также проведения расчётов, получены следующие условия образования гидрата CO₂ в системе CO₂+H₂O (рис. 1.).

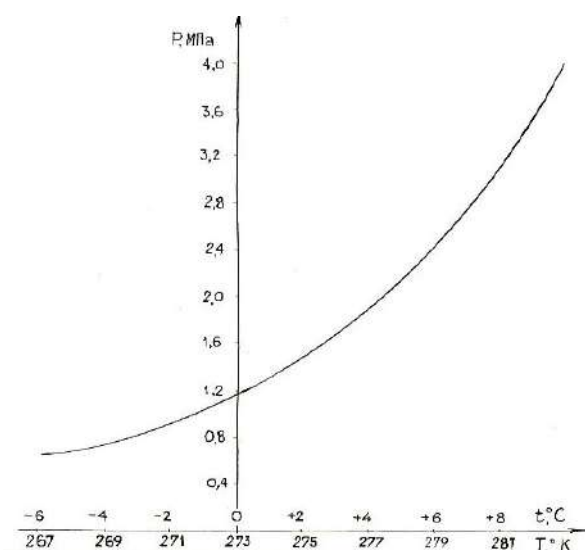


Рис. 1. Условия образования гидрата двуокиси углерода в системе CO₂+H₂O. Поле выше кривой – область существования гидратов

Fig. 1. Conditions of carbon dioxide hydrate formation in the system CO₂+H₂O. The field above the curve is the area of hydrate existence

Исходя их экспериментальных данных, в качестве оптимального температурного интервала принят интервал от 275 до 279 К, которому соответствуют равновесные давления гидратообразования от 1400 до 2500 кПа. Температурные интервалы 273,1÷274,9 К и 279,1÷283,1 К составляют некий режимный “запас прочности” (они примыкают к верхним и нижним квадрупольным точкам, вблизи которых процесс гидратообразования резко ослабевает; кроме того, они необходимы для регулирования процессов теплообмена).

Главной задачей экспериментально-модельной установки деминерализации (рис. 2а) было получение гидрата (рис. 2б). Конструирование и эксперименты проводились в ООО «Кашкадарё махсус темир бетон буюмлари». Процесс образования газовых гидратов осуществлялся за счет образования клатратов в процессе квантового перехода CO_2 в кристаллические структуры, содержащихся из молекул воды. Кристаллическая решетка газового гидрата (так называемый «хозяин») построена из молекул воды, удерживаемых водородными связями. Молекулы газа (гость), образующие гидрат, размещены во внутри полостях кристаллической решетки и удерживаются в них силами Ван-дер-Ваальса.



а) Экспериментально-модельная установка деминерализации вод;
б) Образец полученного гидрата

Fig. 2. a) Experimental-modular installation of demineralization water;
b) Sample of the obtained hydrate

Еще одна особенность предложенного модернизированного решения – его универсальность.

Поэтому деминерализации могут быть приняты подземные, коллекторно-дренажные, озерные и иные сточные воды весьма широкого спектра показателей: рН 3÷12; минерализация – от 2-3 до 200-300 г/л (кстати в апреле 2009 г. засоление вод Восточного Арала достигло 253 г/л [Istomin et al., 2002]; она обладает селективностью, т.е. тип загрязнений – как неорганический, так и органический.

Конечным продуктом деминерализации является пресная вода. Гидратная технология предусматривает следующие требования к ней: рН 6,8÷7,5; сухой остаток – не выше 1,0-1,5 г/л; по химическому, бактериальному составу, содержанию взвесей и физическим свойствам вода соответствует действующим нормативам. Как известно, воды минерализацией от 0,7 до 2,0 г/л считаются хорошими по качеству для орошения [Oakes, 1977]. Проектная мощность промышленных установок от 50 до 500 м³/ч.

Выводы. Деминерализация коллекторно-дренажных, подземных и озёрных вод рассматривается как наиболее кардинальный вариант решения проблемы их регенерации для получения дополнительного водного ресурса.

Научно-практическое обоснование способа газогидратной технологии деминерализации вод соответствует современному уровню науки и техники, повышает безопасность работ, снижает дефицитность газо-гидратообразования, а также энергоёмкость и повышает технологичность процессов – ускоряет образование гидратов и расширяет интервал положительных температур гидратообразования.

Разработанная экспериментально-модельная установка позволила разработать проект усовершенствованной технологии промышленного образца.

Резюмируя надо отметить, что технология деминерализации вод позволит решить проблему водообеспеченности отраслей экономики в период изменения климата и истощения водных ресурсов.

Вклад авторов. Ш.О. Мурадов: постановка задачи, анализ, редакция текста.
У.М. Тураев: конструирование установки, проведение экспериментов, анализ результатов, написание текста, оформление. Авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Абиров А.А., Галустян А.Г., Сидоренко О.Ф. Подземные воды – значительный резерв в повышении водообеспеченности орошаемых земель Узбекистана // Сб. науч. трудов «САНИИРИ». – Ташкент, 2003. – С. 62-68.

Алиханов Б.Б. Выступление Председателя Государственного Комитета Республики Узбекистан по охране природы // Экологический вестник Узбекистана, №11(80). 2007. – С. 6-8.

Безднина С.Я. Концепция экологически безопасного функционирования систем водопользования в АПК. - В кн.: Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования // Научное издание ВНИИГиМ РАСХН. – М.: 2006. – С. 132-280.

Борисов В.А., Вавленко Л.И., Мусаева Т.П., Султанова Д.Г. Индексная оценка качества питьевых подземных вод Узбекистана. - В кн.: Проблемы питьевого водоснабжения и экологии. – Ташкент: Университет, 2002. – С. 83-91.

Гранкин Ю., Рыбинцев Ю. Технология подготовки высокоминерализованных дренажных вод для орошения / Материалы международного семинара ИКАРДА. – Тараз: ИЦ «АКВА», 2002. – С.118-129.

Истомин В.А. Перспективные направления в технологии предупреждения газовых гидратов // Химия в интересах устойчивого развития. Т. 6., №1. 1998. – С. 83-92.

Истомин В.А. О возможности перегрева гидратов природных газов и других водосодержащих кристаллических структур // Журн. физ. химии. Т. 73, №11. 1999. – С. 2091-2095.

Каримов А., Мирзаджанов К., Исаев С. Повышение продуктивности использования водных ресурсов на уровне фермерских хозяйств / Материалы международного семинара ИКАРДА. - Тараз: ИЦ «АКВА», 2002. – С. 38-49.

Карпенко Н.П. Повышение экологической надежности функционирования мелиоративных систем // Мелиорация и водное хозяйство. №5. 2004. – С. 30-32.

Кирейчева Л.В., Конторович И.И., Кружилин И.П., Болотин А.Г., Кормыш Е.И. Пособие по очистке и утилизации дренажно-сборных вод. – М.: 1999. – 68 с.

Коренева Л.А., Адилова М.К. Адсорбционная технология опреснения дренажной воды // Сб. науч. трудов «САНИИРИ». – Ташкент, 2003. – С.116-120.

Кузнецов Ф.А., Истомин В.А., Родионова Т.В. Газовые гидраты: исторический экскурс, современное состояние, перспективы исследований // Рос. хим. журн. Т. XLVII, № 3. 2003. – С. 5-18.

Макогон Ю.Ф., Хольсти Дж.С. Вискерные кристаллы газогидратов // Рос. хим. журн. Т. XLVII, – № 3. 2003. – С. 43-48.

- Манатов А.Ю., Дядин Ю.А. Газовые гидраты при высоких давлениях // Рос. хим. журн. Т. XLVII, № 3. 2003. – С. 28-42.
- Мурадов Ш.О. Гидроэкология субаридной зоны // Экологический вестник. № 3. 2001. – С. 8-10.
- Мурадов Ш.О. Гидроэкологический способ утилизации сточных вод // Экологический вестник. № 3. 2002. – С. 34-35.
- Мурадов Ш.О. Экологический способ деминерализации вод // Экология и промышленность России. №1. 2005. – С. 18-19.
- Мурадов Ш.О., Валуконис Г.Ю. Способ деминерализации коллекторно-дренажных вод. Патент Узб. ИДР № 04339, 2000.
- Патент США № 2904511, кл. 210-1959.
- Прохоров А.Ю., Сухаревский Б.Я., Васюков В.Н., Леонтьева А.В. Квазиаморфное состояние метаногидрата // Журн. структ. химии. Т. 39. № 1. 1998. – С. 86-91.
- Трешкин С.Е., Кузьмин Ж.В. Восстановление деградированных земель Приаралья в условиях изменения климата // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. № 1. 2010. – С. 79-82.
- Хамраев Н.Р., Денисов Ю.М., Давранова Н.Г., Азимбаев С.А. Основы управления местными водными ресурсами пустынь (на примере Ц. Кызылкума). – Ташкент: АО «Агросаноатахбороти», 1997. – 130 с.
- Шикломанов А.И., Георгиевский В.Ю. Проблемы изучения формирования и оценки изменений водных ресурсов и водообеспеченности в России // Метеорология и гидрология. № 1. 2010. – С. 23-32.
- Istomin V.A., Derevyagine A.M., Seleznev S.V. Proceedings of the 4th international Conference on Gas Hydrates, Yokogama (Japan), May 19-23, 2002. – PP. 439-443.
- Suga H.J., Yamamoto O. Thermal Analysis, v. 35, 1989. – PP. 2025-2064.
- Oakes D.B. Use of idealized models in predicting the pollution of water supplies due to leachate from land fill sites. Groundwater Qual., Mesur. Predict. And Prat. Paper and Proc. Water Res. Cent. Conf., Reading, 1976. Medmenhat-Stevenage, 1977. – PP. 611-623.

ҚУРҒОҚЧИЛИК ДАВРИДА ҚЎШИМЧА СУВ РЕСУРСИ

Ш.О. МУРАДОВ¹, У.М. ТЎРАЕВ¹

¹Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти, m.oikos@mail.ru

Аннотация. Мавжуд коллектор-зовур, кўлллар ва ер ости сувлари заҳирадаги қўшимча ресурс ҳисобланади. Улардан тегишли регенерациядан кейингина фойдаланиши мумкин. Шу сабабли сувни шўрсизлантириши технологиясини илмий асослаш ва ишлаб чиқиши илмда долзарб йўналиши ҳисобланади. Мавжуд технологиялар таҳлили ва сувни экологик жиҳатдан энг тежамкор газгидратли шўрсизлантириши усулининг амалий асослари келтирилган. Сувни шўрсизлантирувчи такомиллаштирилган қурилманинг тажриба натижалари келтирилган.

Калит сўзлар: деминерализация, газгидрат технологияси, ер ости, коллектор-дренаж ва кўл сувлари, саноат, сугориши.

ADDITIONAL WATER RESOURCE DURING THE DROUGHT PERIOD

Sh.O. MURADOV¹, U.M. TURAEV¹

¹Karshi engineering economics institute, m.oikos@mail.ru

Abstract. Collector-drainage, lake and ground waters available in reserve are an additional resource. Their use is possible after appropriate regeneration. Therefore, scientific substantiation and development of water demineralization technology is an actual direction of science. The analysis of

existing technologies and practical substantiation of the most ecologically-economical gas-hydrate method of water demineralization is given. The results of experiments on the developed improved version of the model plant are given.

Keywords: demineralization, gas hydrate technology, underground, collector-drainage and lake water, industry, irrigation.

REFERENCE

Abirov A.A., Galustyan A.G., Sidorenko O.F. Podzemnie vodi – znachitelnyy rezerv v povshenii vodoobespechennosti oroshaemix zemel Uzbekistana [Groundwater is a significant reserve in increasing the water supply of irrigated lands in Uzbekistan] // Sb. nauch. trudov «SANIIRI». – Tashkent, 2003. – S. 62-68. (in Russian)

Alixanov B.B. Vstuplenie Predsedatelya Gosudarstvennogo Komiteta Respubliki Uzbekistan po oxrane prirodi [Speech by the Chairman of the State Committee of the Republic of Uzbekistan for Nature Protection] // Ekologicheskii vestnik Uzbekistana. – Tashkent, 2007. - № 11 (80). – S. 6-8. (in Russian)

Bezdnina S.Ya. Konsepsiya ekologicheskii bezopasnogo funkcionirovaniya sistem vodopolzovaniya v APK [The concept of environmentally safe functioning of water use systems in the agro-industrial complex]. V kn.: Metod i texnologii kompleksnoy melioratsii i ekosistemnogo vodopolzovaniya // Nauchnoe izdanie VNIIGiM RASXN. – Moskva, 2006. – S. 132-280. (in Russian)

BorisoV V.A., Vavlenko L.I., Musaeva T.P., Sultanova D.G. Indeksnyaya osenka kachestva pitevix podzemnix vod Uzbekistana [Index assessment of the quality of drinking groundwater in Uzbekistan]. V kn.: Problem pitevogo vodosnabjeniya i ekologii. – Tashkent.: Universitet, 2002. – S. 83-91. (in Russian)

Grankin Yu., Rbinsev Yu. Texnologiya podgotovki visokomineralizovannix drenajnix vod dlya orosheniya [Technology for the preparation of highly mineralized drainage water for irrigation] / Materiali mejdunarodnogo seminaru IKARDA. – Taraz: IS «AKVA», 2002. – S. 118-129. (in Russian)

Istomin V.A. Perspektivnie napravleniya v texnologii preduprejdeniya gazovix gidratov [Promising directions in technology for preventing gas hydrates] // Ximiya v interesax ustoychivogo razvitiya. – Novosibirsk, 1998, T. 6. № 1. – S. 83-92. (in Russian)

Istomin V.A. O vozmozhnosti peregreva gidratov prirodnix gazov i drugix vodosoderjashix kristallicheskix struktur [On the possibility of overheating of natural gas hydrates and other water-containing crystalline structures] // Journ. fiz. ximii. T. 73, № 11. 1999. – S. 2091-2095. (in Russian)

Karimov A., Mirzadjanov K., Isaev S. Povshenie produktivnosti ispolzovaniya vodnix resursov na urovne fermerskix xozyaystv [Increasing the productivity of water resources at the farm level] / Materiali mejdunarodnogo seminaru IKARDA. – Taraz: IS «AKVA», 2002. – S. 38-49. (in Russian)

Karpenko N.P. Povshenie ekologicheskoy nadejnosti funkcionirovaniya meliorativnix sistem [Increasing the environmental reliability of the functioning of reclamation systems] // Melioratsiya i vodnoe xozyaystvo. - Moskva, 2004. - №5. – S. 30-32. (in Russian)

Kireycheva L.V., Kontorovich I.I., Krujilin I.P., Bolotin A.G., Kormsh YE.I. Posobie po ochistke i utilizatsii drenajno-sbornix vod. [A manual for the purification and disposal of drainage water] M., 1999. – 68 s. (in Russian)

Koreneva L.A., Adilova M.K. Adsorbsionnaya texnologiya opresneniya drenajnoy vodi [Adsorption technology for desalination of drainage water] // Sb. nauch. trudov «SANIIRI». – Tashkent, 2003. – S. 116-120. (in Russian)

Kuznesov F.A., Istomin V.A., Rodionova T.V. Gazovie gidrati: istoricheskiy ekskurs, sovremennoe sostoyanie, perspektivi issledovaniy [Gas hydrates: historical excursion, current state, research prospects] // Ros. xim.URN. T. XLVII. – № 3. 2003. – S. 5-18. (in Russian)

Makogon Yu.F., Xolsti Dj.S. Viskernie kristalli gazogidratov [Whisker crystals of gas hydrates] // Ros. xim.URN. T. XLVII. – № 3. 2003. – S. 43-48. (in Russian)

Manakov A.Yu., Dyadin Yu.A. Gazovie gidrati pri vsokix davleniyax [Gas hydrates at high pressures] // Ros. xim.URN. – Moskva, 2003. – T. XLVII. № 3. – S. 28-42. (in Russian)

Muradov Sh.O. Gidroekologiya subaridnoy zoni [Hydroecology of the subarid zone] // Ekologicheskii vestnik. № 3. 2001. – S. 8-10. (in Russian)

Muradov Sh.O. Hidroekologicheskiy sposob utilizatsii stochnix vod [Hydroecological method of wastewater disposal] // *Ekologicheskiy vestnik*. № 3. 2002. – S. 34-35. (in Russian)

Muradov Sh.O. Ekologicheskiy sposob demineralizatsii vod [Ecological method of water demineralization] // *Ekologiya i promishlennost Rossii*. №1. 2005. – S. 18-19. (in Russian)

Muradov Sh.O., Valukonis G.Yu. Sposob demineralizatsii kollektorno-drenajnix vod [Method for demineralization of collector-drainage waters.] Patent Uzb. IDP № 04339, 2000 (in Russian)

Proxorov A.Yu., Suxarevskiy B.Ya., Vasyukov V.N., Leonteva A.V. Kvaziamorfnoe sostoyanie metanogidrata [Quasi-amorphous state of methane hydrate] // *Jurn. strukt. ximii*. T. 39. № 1. 1998. – S. 86-91. (in Russian)

Treshkin S.YE., Kuzmin J.V. Vosstanovlenie degradirovannix zemel Priaralya v usloviyax izmeneniya klimata [Restoration of degraded lands of the Aral Sea region in conditions of climate change] // *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel*. № 1. 2010. – S. 79-82. (in Russian)

Xamraev N.R., Denisov Yu.M., Davranova N.G., Azimbaev S.A. Osnov upravleniya mestnimi vodnimi resursami pustin (na primere S. Kizilkuma) [Fundamentals of management of local water resources of deserts (using the example of C. Kyzylkum)]. – Tashkent: AO «Agrosanoataxboroti», 1997. – 130 s. (in Russian)

Shiklomanov A.I., Georgievskiy V.Yu. Problem izucheniya formirovaniya i osenki izmeneniy vodnix resursov i vodoobespechennosti v Rossii [Problems of studying the formation and assessment of changes in water resources and water availability in Russia] // *Meteorologiya i gidrologiya*. № 1. 2010. – S.23-32. (in Russian)

УДК: 551.1:556.3 (556.55)

ЧИРЧИҚ-ОҲАНГАРОН ҲАВЗАСИ ДАРЁЛАРИ ВЕГЕТАЦИЯ ДАВРИ ОҚИМИНИ МЕТЕОРОЛОГИК ОМИЛЛАРГА БОҒЛИҚ ҲОЛДА ПРОГНОЗЛАШ

З.Ф. ХАКИМОВА^{1*}

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

Аннотация. Мақола Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари вегетация даври оқимини метеорологик омилларга боғлиқ ҳолда узоқ муддатли прогнозлаш масалаларига бағишланган. Шу мақсадда дарёлар вегетация даври оқими билан мавсумий атмосфера ёгинлари ҳамда ёзги ҳаво ҳарорати орасидаги кўпҳадли боғланишлар статистик баҳоланиб, уларнинг нормаллаштирилган регрессия тенгламалари олинган. Дарёларнинг вегетация даври оқими прогнозлари регрессия тенгламалари асосида қурилган номограммалар бўйича амалга оширилган. Ишлаб чиқилган прогнозлаш услубининг аниқлиги баҳоланган ва у гидрологик прогнозлар амалиётида қўллаш учун тавсия этилган.

Калит сўзлар: дарё, вегетация даври оқими, метеорологик омиллар, атмосфера ёгинлари, ҳаво ҳарорати, кўп ҳадли боғланиш, статистик баҳолаш, регрессия тенгламалари, прогнозлаш номограммаси, прогнозлаш услубининг аниқлиги.

Кириш. Тоғ дарёлари вегетация даври оқимини прогнозлаш масалалари қишлоқ хўжалигида, сув хўжалиги тизимларининг барқарор ва самарали ишлашини таъминлашда, гидроэнергетикада ва иқтисодийнинг сувдан фойдаланувчи ҳамда сув истеъмолчилари ҳисобланган бошқа тармоқларида муҳим аҳамиятга эга. Шу сабабли, ушбу муаммони ўрганишга қаратилган илк тадқиқотлар Э.М. Ольдекоп [Ольдекоп, 1918], Л.К. Давыдов [Давыдов, 1929], П.М. Машуков [Машуков, 1955], Е.И. Гирник [Гирник, 1960], А.М. Овчиников [Овчиников, 1973], Б.А. Аполлов [Аполлов, 1974], Е.Г. Попов [Попов,

* Масъул муаллиф: zilola_khakimova@inbox.ru, тел. +998 99 106-07-87

1979], Н.К. Лукина [Н.К.Лукина, 1980], Н.Ф. Бефани [Бефани, Калинин, 1983], И.П. Дружинин [Дружинин, 1987] ва бошқалар томонидан амалга оширилган. Ҳозирги кунда мазкур йўналишдаги тадқиқотлар Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти (ГМИТИ)да В.Е. Чуб [Чуб, 2007], Л.М. Карандаева [Карандаева, Карандаев, 2007], Ўзбекистон Миллий университетида Ф.Х. Ҳикматов [Ҳикматов и др., 2020], Ғ.Х. Юнусов [Юнусов, 2021] Р.Р. Зияев [Зияев, 2021] ҳамда Д.М. Турғунов [Турғунов, 2022] каби тадқиқотчилар томонидан давом эттирилмоқда.

Бирок, юқорида номлари қайд этилган олимларнинг тадқиқотларида Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари вегетация даври оқимининг шаклланиши, уларни узок муддатли прогнозлаш масалалари иқлимий омиллар, жумладан, ҳаво ҳарорати ва атмосфера ёғинлари билан боғлиқ ҳолда, атрофлича ўрганилмаган.

Ишнинг мақсади ва вазифалари. Мазкур тадқиқотнинг асосий мақсади тоғ дарёлари вегетация даври оқимини метеорологик омилларни ҳисобга олган ҳолда узок муддатли прогнозлаш имкониятларини тадқиқ этишдир. Тадқиқотда мазкур муаммо Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари мисолида кўриб чиқилган.

Ишда, ушбу мақсад доирасида, куйидаги вазифалар белгиланди:

- ўрганилаётган Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасидаги табиий гидрологик режимли дарёларни танлаб олиш, уларда вегетация даврининг алоҳида ойларида ўлчанган сув сарфлари ҳамда дарёлар ҳавзаларида жойлашган метеорологик станцияларда кузатилган ойлик атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳарорати ҳақидаги маълумотларни тўплаш;

- дарёлар вегетация даври оқимини белгиловчи мавсумий (қишки ҳамда ёзги) атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳароратининг алоҳида-алоҳида ҳамда биргаликдаги таъсирларини ифодаловчи кўп ҳадли боғланишларни статистик баҳолаш;

- ўзгарувчилар орасидаги боғланишларни ифодаловчи нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига аргументларнинг кўшган ҳиссаларини баҳолаш;

- баҳолашлар натижасида самарали ҳисобга олинган аргументлар асосида нормаллаштирилган регрессия тенгламаларини қайта тузиш. Улар асосида ишлаб чиқилган прогнозлаш услубининг аниқлиги, самарадорлиги ва таъминланишини баҳолаш.

Тадқиқотнинг мақсади ва унга эришишда белгиланган вазифалардан келиб чиққан ҳолда, мақолада **тадқиқот объекти** сифатида Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасидаги 3 та табиий гидрологик режимли дарёлар танлаб олинди. Ушбу дарёлар ҳақидаги умумий гидрологик маълумотлар журналнинг ушбу сонидagi мақолада келтирилган [Ҳикматов ва бошқ., 2023].

Мақолада Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёларида 1961-2020 йилларда кузатилган ўртача йиллик сув сарфлари ҳамда ҳавзадаги метеорологик станцияларда ўлчанган атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳарорати қийматларидан бирламчи маълумотлар сифатида фойдаландик. Маълумки, қор ёки ёмғир кўринишидаги ёғинлар дарёлар ҳавзалари ёнбағирларида юза оқим ҳосил бўлишига турлича таъсир кўрсатади. Тадқиқотда дарёлар ҳавзаларига ёққан ёғинларнинг турини ҳам ҳисобга олишга ҳаракат қилдик. Шу мақсадда йиллик ёғинлар қишки (октябрь-март) ва ёзги (апрель-сентябрь) ёғинларга ажратилди. Дарёлар оқимининг шаклланишига ҳаво ҳароратининг таъсирини ўрганишда унинг ёзги, аниқроғи, апрель-сентябрь ойларидаги ўртача қийматларидан фойдаландик.

Бирламчи гидрометеорологик маълумотларнинг дастлабки таҳлили уларда, айниқса, сув сарфлари қаторларида узилишлар мавжудлигини кўрсатди. Масалан, Писком дарёсининг Муллала гидропостида кузатишлар 1965 йилдан бошланган. Шу каби Оҳангарон дарёсининг Эртош дарёси куйилишидан куйидаги гидрологик постда кузатишлар 1971 йилдан бошланган. Кўриниб турибдики, биз юқорида қабул қилган ҳисоб даври, яъни 1961-2020 йилларга таққослайдиган бўлсак, Писком дарёсида дастлабки 4 йиллик, Оҳангарон дарёсида эса 10 йиллик узилишлар мавжуд. Уларни

тиклаш мақсадида узун қаторга эга бўлган Угом дарёси билан қисқа қаторли Писком ва Оҳангарон дарёлари ўртача ойлик, вегетация даври ва йиллик сув сарфлари орасидаги боғланишлар статистик баҳоланди (1-жадвал).

Юқорида келтирилган боғланишларнинг зичлигини ифодаловчи жуфт корреляция коэффициентларининг энг кичик қиймати $r=0,785\pm 0,046$, Писком ва Угом дарёлари жуфтлигида, апрель ойига тўғри келди. Ушбу жуфтликдаги энг катта қийматлар ($0,933\pm 0,037$) июль ойида қайд этилди. Худди шунингдек, Оҳангарон ва Угом дарёлари жуфтлигида эса энг кичик қиймат ($0,588\pm 0,068$) сентябрь ойида, энг катта қиймат ($0,898\pm 0,029$) июнь ойига тўғри келди. Кўришиб турибдики, ушбу боғланишлар аниқлиги гидрологик ҳисоблашлар амалиётида фойдаланиш учун тавсия этиладиган эмпирик тенгламалар аниқлигига қўйиладиган талабларга тўла мос келади. Шу туфайли улар юқорида қайд этилган узилишларни тиклашда асос бўлиб хизмат қилди.

1-жадвал

Дарёларнинг ўртача ойлик (Q_{IV}, \dots, Q_{IX}), вегетация даври (Q_v) ва йиллик ($Q_{\text{й}}$) сув сарфлари орасидаги боғланишларнинг корреляция коэффициентлари

Таблица 1

Кoeffициенты корреляции связей между средними месячными (Q_{IV}, \dots, Q_{IX}), вегетационными (Q_v) и годовыми ($Q_{\text{й}}$) расходами воды рек

Table 1

Correlation coefficients of relationships between mean monthly (Q_{IV}, \dots, Q_{IX}), vegetation (Q_v) and annual ($Q_{\text{й}}$) river water discharges

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Угом – Хўжакент қ.							
		Q_{IV}	Q_v	Q_{VI}	Q_{VII}	Q_{VIII}	Q_{IX}	Q_v	$Q_{\text{й}}$
1	Писком – Муллала қ.	0,785	0,856	0,844	0,933	0,856	0,810	0,927	0,928
2	Оҳангарон – Эртош д.қ.	0,774	0,879	0,898	0,873	0,809	0,588	0,888	0,850

Шу ҳолатни ҳисобга олган ҳолда, барча ўрганилган жуфтликларнинг регрессия тенгламалари тузилди. Писком ва Оҳангарон дарёларининг сув сарфларида мавжуд бўлган узилишлар айнан ушбу тенгламалар ёрдамида тикланди. Натижада, ўрганилаётган дарёлар вегетация даври сув сарфлари билан метеорологик омилар орасидаги боғланишларни бир хил ҳисоб даври учун статистик баҳолаш ва олинган натижаларни ўзаро солиштириш имконияти яратилди.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Тадқиқотда ўрганилаётган ҳар бир дарё учун вегетация давридаги ўртача сув сарфлари (Q_v) қишки (X_k) ва ёзги ($X_{\text{ё}}$) ёғинлар йиғиндилари ҳамда ёзги ўртача ҳаво ҳарорати ($t_{\text{ё}}$) орасидаги корреляцион боғланишлар статистик баҳоланди. Ҳисоблашлар Г.А.Алексеев [Алексеев, 1971] таклиф этган объектив тенглаштириш ва нормаллаштириш усулида бажарилди. Ушбу усулни гидрометеорологик ҳисоблашлар амалиётида қўллаш намуналари Г.А.Алексеев [Алексеев, 1971], Ф.Ҳ.Ҳикматов ва бошқалар [Ф.Ҳ.Ҳикматов ва бошқ., 2020, 2023] нинг ишларида батафсил баён этилган. Шу туфайли мақолада мазкур усулнинг мазмуни ва моҳияти ҳақида тўхталмаймиз.

Дастлаб, гидрометеорологик ўзгарувчилар ($Q_v, X_k, X_{\text{ё}}, t_{\text{ё}}$) орасидаги боғланишлар зичлигини ифодаладиган жуфт корреляция коэффициентлари ($r_{01}, r_{02}, r_{03}, r_{12}, r_{13}, r_{23}$) ҳисобланди (2-жадвал).

2-жадвал

Гидрометеорологик ўзгарувчилар орасидаги боғланишларнинг жуфт корреляция коэффициентлари

Таблица 2

Парные коэффициенты корреляции связей между гидрометеорологическими переменными

Table 2

Pair correlation coefficients of relationships between hydrometeorological variables

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Жуфт корреляция коэффициентлари					
		r_{01}	r_{02}	r_{03}	r_{12}	r_{13}	r_{23}
1	Писком – Муллала қ.	0,852	0,571	-0,364	0,380	-0,335	-0,745
2	Угом – Хўжакент қ.	0,768	0,697	-0,523	0,380	-0,335	-0,749
3	Охангарон – Эртош д.к.	0,775	0,615	-0,421	0,380	-0,335	-0,749

Изоҳ: r_{01} , r_{02} , r_{03} – вегетация даври сув сарфлари (Q_0) билан мос равишда, қишки (X_k), ёзги (X_e) ва ёзги ҳаво ҳароратлари (t_e); r_{12} , r_{13} – қишки ёгинлар (X_k) билан, мос равишда, ёзги (X_e) ёгинлар ва ёзги ҳаво ҳароратлари (t_e); r_{23} – ёзги (X_e) ёгинлар билан ёзги ҳаво ҳароратлари (t_e) орасидаги боғланишларнинг жуфт корреляция коэффициентлари.

Примечание: r_{01} , r_{02} , r_{03} – парные коэффициент корреляции расходов воды вегетационного периода (Q_0), соответственно, с зимними (X_k), летними (X_e) осадками и летней температурой воздуха (t_e); r_{12} , r_{13} – парные коэффициенты корреляции зимних (X_k) осадков, соответственно, с летними (X_e) осадками и летней температурой воздуха (t_e); r_{23} – парные коэффициенты корреляции между летними осадками (X_e) и летней температурой воздуха (t_e).

Note: r_{01} , r_{02} , r_{03} – paired coefficient of correlation of water flow during the growing season (Q_0), respectively, with winter (X_k), summer (X_e) precipitation and summer air temperature (t_e); r_{12} , r_{13} – pair correlation coefficients of winter (X_k) precipitation, respectively, with summer (X_e) precipitation and summer air temperature (t_e); r_{23} – pair correlation coefficients between summer precipitation (X_e) and summer air temperature (t_e).

Тадқиқотнинг кейинги босқичида, жуфт корреляция коэффициентларининг аниқланган қийматлари асосида, регрессия коэффициентлари (α_{01} , α_{02} , α_{03}) ҳисобланди. Бунинг учун жуфт корреляция коэффициентлари ва номаълум бўлган регрессия коэффициентларидан ташкил топган уч номаълумли чизикли тенгламалар системаси тузилди [Алексеев, 1971, Ҳикматов ва бошқ., 2020, 2023].

Чизикли тенгламалар системасининг бош (Δ_{00}) ва ёрдамчи (Δ_{0i}) детерминантлари Крамер усулида ҳисобланди. Уларнинг аниқланган қийматлари асосида номаълум бўлган регрессия коэффициентлари (α_{01} , α_{02} , α_{03}) тегишли ифодалар ёрдамида ҳисобланди (3-жадвал).

3-жадвал

Бош ва ёрдамчи детерминантлар ҳамда регрессия коэффициентлари

Таблица 3

Основные и вспомогательные детерминанты и коэффициенты регрессии

Table 3

Main and auxiliary determinants and regression coefficients

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Бош ва ёрдамчи детерминантлар				Регрессия коэффициентлари		
		Δ	Δ_{01}	Δ_{02}	Δ_{03}	α_{01}	α_{02}	α_{03}
1	Писком – Муллала қ.	0,373	0,282	0,171	0,087	0,756	0,458	0,232
2	Угом – Хўжакент қ.	0,373	0,221	0,194	0,039	0,592	0,519	0,064
3	Охангарон – Эртош д.к.	0,373	0,240	0,184	0,061	0,643	0,493	0,163

Тўйиниш манбалари бўйича турли типларга мансуб бўлган, ўрганилаётган дарёлар учун ҳисобланган регрессия коэффициентларининг қийматлари таҳлил қилинди. Уларнинг қийматлари $\alpha_{01}=0,592\div 0,756$; $\alpha_{02}=0,458\div 0,519$ ва $\alpha_{03}=0,064\div 0,232$ оралиқларда ўзгарди (4-жадвал).

Чизиқли тенгламалардан иборат бўлган системадаги номаълум регрессия коэффициентларининг ҳисобланган қийматлари асосида, тадқиқотда ўрганилган ҳар бир дарё учун нормаллаштирилган регрессия тенгламалари тузилди, уларнинг аниқлиги баҳоланди (4-жадвал).

4-жадвал

Нормаллаштирилган регрессия тенгламалари ва уларнинг аниқлиги

Таблица 4

Нормализованные уравнения регрессии и их точность

Table 4

Normalized regression equations and their accuracy

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Регрессия тенгламалари	$r_0\pm\sigma_{r_0}$
1	Писком – Муллала қ.	$U_0(Q_b)=0,756\cdot U_1(X_k)+0,458\cdot U_2(X_\varepsilon)+0,232\cdot U_3(t_\varepsilon)$	$0,995 \pm 0,052$
2	Угом – Хўжакент қ.	$U_0(Q_b)=0,592\cdot U_1(X_k)+0,519\cdot U_2(X_\varepsilon)+0,064\cdot U_3(t_\varepsilon)$	$0,922 \pm 0,032$
3	Оҳангарон – Эртош д.қ.	$U_0(Q_b)=0,643\cdot U_1(X_k)+0,493\cdot U_2(X_\varepsilon)+0,163\cdot U_3(t_\varepsilon)$	$0,933 \pm 0,025$

Изоҳ: $r_0\pm\sigma_{r_0}$ – тўлиқ корреляция коэффициенти ва унинг хатолиги.

Примечание: $r_0\pm\sigma_{r_0}$ – полный коэффициент корреляции и его ошибка.

Note: $r_0\pm\sigma_{r_0}$ – total correlation coefficient and its error.

Нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига гидрометеорологик ўзгарувчилар, яъни вегетация даври оқими (Q_b)нинг ҳосил бўлишига қишки (X_k) ва ёзги (X_ε) ёғинларнинг ҳамда ёзги ҳаво ҳарорати (t_ε)нинг қўшган ҳиссалари аниқланди (5-жадвал).

5-жадвал

Аргументларнинг нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига қўшган ҳиссалари

Таблица 5

Вклады аргументов в уравнения нормализованной регрессии

Table 5

Argument contributions to normalized regression equations

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Қишки ёғинлар, $\delta(X_k)$	Ёзги ёғинлар, $\delta(X_\varepsilon)$	Ҳаво ҳарорати, $\delta(t_\varepsilon)$
1	Писком – Муллала қ.	65	26	9
2	Угом – Хўжакент қ.	53	43	4
3	Оҳангарон – Эртош д.қ.	57	35	8

Бажарилган ҳисоблашлар натижаларининг таҳлиллари ўрганилган дарёлар вегетация даври оқимининг ҳосил бўлишига метеорологик омиллар қўшган ҳиссаларининг турлича эканлигини кўрсатди. Жумладан, асосан қор кўринишида ёғадиган қишки ёғинларнинг ҳиссалари $\delta(X_k)$ турли дарёларда $53\div 65\%$ оралиқда ўзгарди. Асосан ёмғир шаклидаги ёзги ёғинларнинг ҳиссалари $\delta(X_\varepsilon)$ эса, қишки ёғинларга нисбатан кичик бўлиб, $26\div 43\%$ оралиқни ташкил этди. Дарёларнинг тўйинишида эриган қор ва муз

сувларининг улушини ифодалайдиган ҳаво ҳароратининг ҳиссалари $\delta(t_{\text{ё}})$ бошқа аргументларга нисбатан анча кичик қийматларда ($4 \div 9$ %) ўзгарди.

Маълумки, нормаллаштирилган регрессия тенгламасига аргументларнинг қўшган ҳиссалари белгиланган мезон шартини бажарган ҳолдагина самарали ҳисобланади [Алексеев, 1971]. Ўрганилаётган дарёлар вегетация даври оқимининг ҳосил бўлишида қишки ва ёзги ёғинларнинг ҳисобланган ҳиссалари нисбатан катта ва барча ҳолатларда самаралилик мезонини қаноатлантиради. Лекин, ёзги ҳаво ҳароратининг улуши самаралилик мезонига жавоб бермайди. Шу сабабли, юқорида келтирилган нормаллаштирилган регрессия тенгламалари, фақат самарали аргументларни ҳисобга олган ҳолда, қайтадан тузилди. Шу мақсадда α_{01} ва α_{02} регрессия коэффицентлари ҳам қайта ҳисобланди.

Таъкидлаш лозимки, регрессия коэффицентларининг қайта ҳисобланган қийматлари тўрт ўзгарувчилар учун ҳам ҳисобланганлардан деярли фарқ қилмайди. Уларнинг аниқланган қийматлари асосида нормаллаштирилган регрессия тенгламалари ҳам қайта тузилди, уларнинг аниқлигини баҳоловчи тўлиқ корреляция коэффицентлари ҳам қайта баҳоланди (6-жадвал).

6-жадвал

Самарали аргументларни ҳисобга олган ҳолда қайта тузилган нормаллаштирилган регрессия тенгламалари ва уларнинг аниқлиги

Таблица 6

Нормализованные уравнения регрессии, составленные с учетом эффективных аргументов и их точность

Table 6

Normalized regression equations based on effective arguments and their accuracy

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Регрессия тенгламалари	$r_0 \pm \sigma_{r_0}$
1	Писком – Муллала қ.	$U_0(Q_B) = 0,742 \cdot U_1(X_K) + 0,289 \cdot U_2(X_{\text{ё}})$	$0,893 \pm 0,038$
2	Угом – Хўжакент қ.	$U_0(Q_B) = 0,585 \cdot U_1(X_K) + 0,473 \cdot U_2(X_{\text{ё}})$	$0,883 \pm 0,042$
3	Оҳангарон – Эртош д.қ.	$U_0(Q_B) = 0,632 \cdot U_1(X_K) + 0,374 \cdot U_2(X_{\text{ё}})$	$0,849 \pm 0,053$

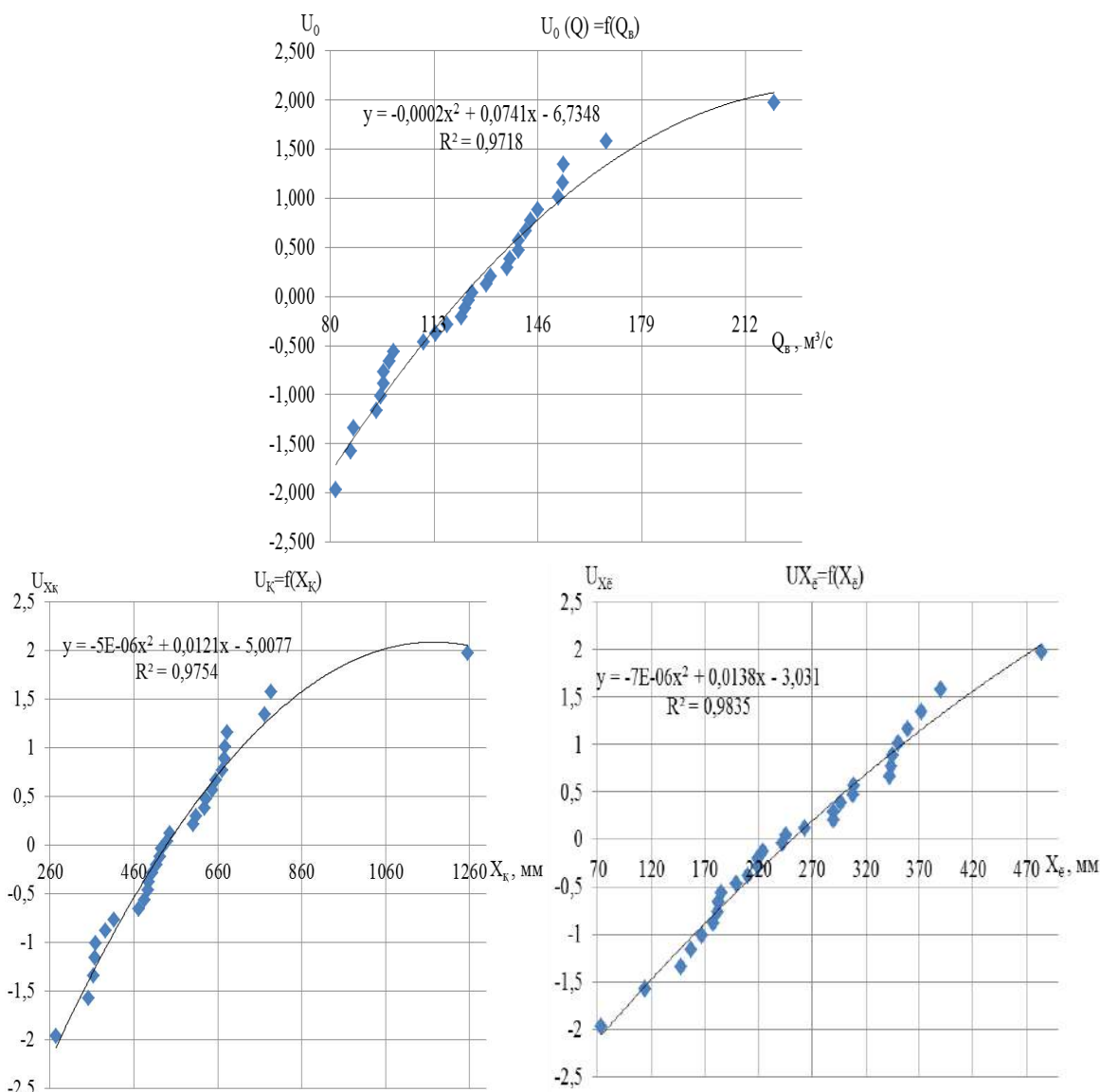
Изоҳ: $r_0 \pm \sigma_{r_0}$ – тўлиқ корреляция коэффицентлари ва унинг хатолиги.

Примечание: $r_0 \pm \sigma_{r_0}$ – полный коэффициент корреляции и его ошибка.

Note: $r_0 \pm \sigma_{r_0}$ – total correlation coefficient and its error.

Ҳисоблашлар натижасида тузилган нормаллаштирилган регрессия тенгламаларининг тўлиқ корреляция коэффицентлари $r_0 = 0,849 \pm 0,053 \div 0,893 \pm 0,038$ оралиқда ўзгарди. Демак, уларнинг аниқлиги гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозларда фойдаланиш учун тавсия этиладиган эмпирик ифодаларга қўйиладиган талабларга тўла жавоб беради. Лекин, уларни гидрологик прогнозлар амалиётида қўллаш ноқулай, чунки, ушбу тенгламалар ўзгарувчиларнинг нормаллаштирилган қийматларини ҳисобга олади. Ана шу ноқулайликларни бартараф этиш учун нормаллаштирилган регрессия тенгламалари асосида прогнозлаш номограммалари қуйидаги кетма-кетликда қурилди.

Дастлаб, ўзгарувчиларнинг нормаллаштирилган ва кузатилган қийматлари орасидаги боғланишлар графиклари ўрганилаётган дарёлар учун чизилди ва уларнинг аниқлиги баҳоланди (1-расм).



1-расм. Ўзгарувчиларнинг кузатишган ва нормаллаштирилган қийматлари орасидаги боғланишлар (Писком-Муллала)

Рис. 1. Зависимости между наблюдаемыми и нормализованными значениями переменных (Писком-Муллала)

Fig. 1. Relationships between observed and normalized values of variables (Pskem-Mullala)

Уқорида келтирилган, дарёлар вегетация даври ўртача сув сарфлари билан қишқи (X_k) ва ёзги ёғинлар (X_e) орасидаги боғланишларни ифодаловчи нормаллаштирилган регрессия тенгламаларидан фойдаланиб, ўзгарувчиларнинг нормаллаштирилган қийматлари асосида, уларнинг абсолют қийматлари аниқланди (7-жадвал).

7-жадвалда келтирилган ҳисоблашлар Угом ва Оҳангарон дарёлар учун ҳам бажарилди. Шунингдек, Писком дарёси мисолида бажарилган ҳисоблашлар асосида қурилган прогнозлаш номограммаси каби графиклар Угом ва Оҳангарон дарёлари учун

хам чизилди. Улардан фойдаланган ҳолда мазкур дарёлар вегетация даври оқимини ҳисоблаш ва прогнозлаш ишларини амалга ошириш мумкин (2-расм).

7-жадвал

Писком дарёси вегетация даври оқими (Q_B) ни прогнозлаш номограммасини қуриш мақсадида бажарилган ҳисоблашлар

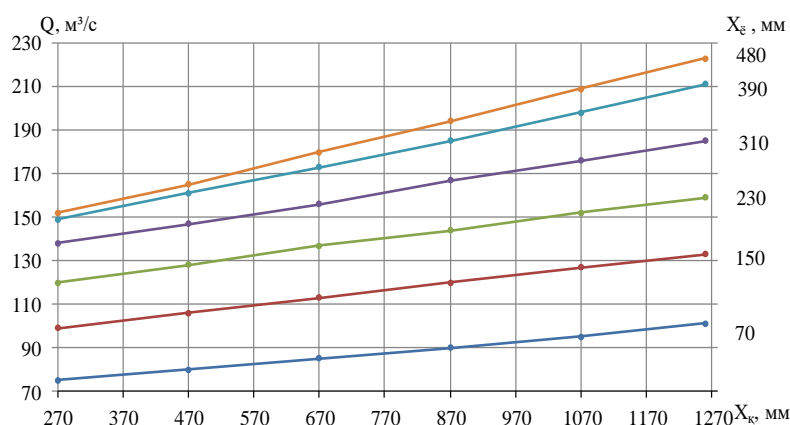
Таблица 7

Расчеты, выполненные с целью построения номограммы для прогноза стока вегетационного периода (Q_B) реки Писком

Table 7

Calculations performed to construct a nomogram for predicting runoff for vegetation period (Q_B) of the Pskem River

$X_K, \text{мм}$	$U_1(X_K)$	$0,742 \cdot U_1(X_K)$	$t_{\bar{e}}, \text{мм}$	$U_2(t_{\bar{e}})$	$0,289 \cdot U_2(t_{\bar{e}})$	$U_0(Q)$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	$X_K, \text{мм}$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$
270	-2,1	-1,558	70	-2,1	-0,607	-2,17	75	270	75
			150	-1,1	-0,318	-1,88	80	470	80
			230	0,2	0,058	-1,50	85	670	85
			310	0,6	0,173	-1,38	90	870	90
			390	1,3	0,376	-1,18	95	1070	95
			480	2,0	0,578	-0,98	101	1260	101
470	-0,4	-0,297	70	-2,1	-0,607	-0,90	99	270	99
			150	-1,1	-0,318	-0,61	106	470	106
			230	0,2	0,058	-0,23	113	670	113
			310	0,6	0,173	-0,12	120	870	120
			390	1,3	0,376	0,08	127	1070	127
			480	2,0	0,578	0,28	133	1260	133
...									
1260	2,1	1,558	70	-2,1	-0,607	0,95	152	270	152
			150	-1,1	-0,318	1,24	165	470	165
			230	0,2	0,058	1,62	180	670	180
			310	0,6	0,173	1,73	194	870	194
			390	1,3	0,376	1,93	209	1070	209
			480	2,0	0,578	2,14	223	1260	223



2-расм. Писком дарёси вегетация даври оқими (Q_B) ни прогнозлаш номограммаси

Рис. 2. Номограмма для прогноза стока реки Пскем на вегетационный период (Q_B)

Fig. 2. Nomogram for forecasting the flow of the Pskem River for the growing season (Q_B)

Юқорида келтирилган номограммадан фойдаланган ҳолда, дастлаб, вегетация даври оқими (Q_v)ни қишки (X_k) ва ёзги (X_e) ёғинларга боғлиқ ҳолда ҳисоблаш аниқлигини баҳолаш Писком дарёси мисолида амалга оширилди. Ҳисоблашлар натижалари таҳлилларига кўра, дарёлар вегетация даври оқими (Q_v)ни номограмма ёрдамида аниқлашдаги абсолют хатоликларининг ўртача қийматлари $-3,2 \div 0,81$ м³/с, нисбий хатоликлар эса $-7,29 \div 1,24$ % ораликларда ўзгарди (8-жадвал). Тўғри, айрим йилларда абсолют ва нисбий хатоликларнинг қийматлари анча катта бўлган. Масалан, Писком дарёсида турли йилларда абсолют хатоликлар $-29,4 \div 24,8$ м³/с, нисбий хатоликлар эса $36,0 \div 17,3$ % ораликларда ўзгарган.

8-жадвал

Дарёлар вегетация даври оқимини (Q_v) номограммадан аниқлашнинг хатоликлари

Таблица 8

Ошибки определения стока рек вегетационного периода (Q_v) по номограмме

Table 8

Errors determined runoff of rivers of vegetation period (Q_v) from nomogram

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Ўзгарувчиларнинг энг катта ва энг кичик қийматлари				Хатоликлар	
		Q_v , м ³ /с	X_k , мм	X_e , мм	Q_{vx} , м ³ /с	E_a , %	E_n , %
1	Писком – Муллала қ.	81,6÷221	274÷1257	73÷485	84-219	-3,2	-4,3
2	Угом – Хўжакент қ.	19÷66			19,2-64,2	0,81	1,24
3	Оҳангарон – Эртош д.к.	9,8÷72,7			13,8-65,8	-0,20	-7,29

Номограмма асосида вегетация даври оқимини (Q_v) прогнозлашда қишки ёғинлар (X_k)дан фойдаланиш ҳеч қандай муаммо туғдирмайди. Лекин, ёзги ёғинлар (X_e) миқдорини олдиндан билиш анча мураккабдир. Бироқ, бу масалани ҳам қуйидаги икки йўл билан ҳал этиш мумкин: 1) прогнозлашда X_e нинг меъёрий қийматларидан фойдаланиш; 2) қишки ва ёзги ёғинлар орасидаги боғланишлардан фойдаланиш.

Прогнозлашда ёзги ёғинлар (X_e) меъёридан фойдаланиш механизми барча мутахассисларга аён. Шу мақсадда иккинчи йўлни қўллаш учун, қишки (X_k) ва (X_e) ёғинлар, яъни $X_k=f(X_e)$ боғланиш статистик баҳоланди. Мазкур баҳолаш Писком метеорологик стацияси маълумотлари асосида амалга оширилди: $r=0,538 \pm 0,129$. Кўриниб турибдики, қишки ёғинлар миқдорига қараб, ёзги ёғинлар миқдорини олдиндан баҳолашда мазкур турдаги боғланишлардан фойдаланиш имконияти мавжуд.

Номограммадан прогнозлаш мақсадида фойдаланишда унинг аниқлиги «Наставления по службе прогнозов» талаблари асосида баҳоланди [Бефани, Калинин, 1983]. Баҳолашлар прогнозлаш номограммасини қуришга асос бўлган ўзаро боғлиқ маълумотлар асосида амалга оширилди. Бунда дастлаб, вегетация даврида кузатилган сув сарфлари (Q_v)нинг ўртача квадратли четлашишлари (σ) ҳисобланди. Сўнг прогнозлаш услубининг йўл қўйилиши мумкин бўлган хатолиги (δ_m) аниқланди. Кейинги босқичда эса прогнозлаш услубининг абсолют хатоликлари (δ_i) ҳисобланди ва номограмма асосида амалга оширилган прогнозлар абсолют хатоликларининг ўртача квадратли фарқи (S) ҳисобланди. Тадқиқот объекти ҳисобланган дарёлар мисолида прогнозлаш услубининг самаралилиги мезони (S/σ) аниқланиб, шу асосда таклиф этилаётган прогнозлаш услубининг сифати баҳоланди (9-жадвал).

9-жадвал

**Дарёлар вегетация даври оқимини прогнозлаш услубининг
аниқлиги ва сифатини баҳолаш**

Таблица 9

**Оценка точности и качества методики прогноза стока рек на
вегетационный период**

Table 9

**Assessment of the accuracy and quality of the methodology
for forecasting river runoff for vegetation period**

Т.р.	Дарё – кузатиш пости	Тенгламаларнинг параметрлари			Тенгламаларнинг сифати ва таъминланиши				
		$r_0 \pm \sigma_{r_0}$	α_{01}	α_{02}	σ	δ_M	S	S/ σ	P, %
1	Писком – Муллала қ.	0,893±0,038	0,742	0,289	29,5	19,9	17,2	0,58	83,3
2	Угом – Хўжакент қ.	0,883±0,042	0,585	0,473	9,9	6,7	2,7	0,27	96,6
3	Оҳангарон – Эртош д.к.	0,849±0,053	0,632	0,374	12,8	8,6	6,3	0,49	86,6

Прогнозлаш услубининг таъминланиши (P), тўғри чиққан прогнозлар сони (m) ва умумий прогнозлар сони (n) ни эътиборга олган ҳолда, аниқланди.

Юқоридаги жадвалдан кўришиб турибдики, таклиф этилган прогнозлаш услубининг самаралилиги мезони S/ σ нинг қийматлари 0,27÷0,58 ораликда ўзгарди. Демак, тадқиқотда дарёлар вегетация даври оқимини прогнозлаш мақсадида олинган боғланишлар гидрологик прогнозларга қўйилган талабларга тўла жавоб беради.

Тадқиқот жараёнида олинган натижаларнинг таҳлиллари куйидаги **хулосаларни** кайд этиш имконини берди.

1. Мақолада Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасидаги Писком, Угом ва Оҳангарон дарёлари калит тадқиқот объектлари сифатида танлаб олинди. Уларнинг вегетация давридаги ўртача сув сарфлари (Q_v) билан қишки (X_k) ва ёзги (X_e) ёғинлар ҳамда ёзги ҳаво ҳарорати (t_e) орасидаги кўп ҳадли боғланишлар статистик баҳоланди. Ҳисоблашлар натижалари асосида ҳар бир дарё учун нормаллаштирилган регрессия тенгламалари тузилди, уларнинг аниқлигини ифодаловчи тўлиқ корреляция коэффициентларининг қийматлари $r_0=0,888 \pm 0,041 \div 0,928 \pm 0,027$ ораликда ўзгаради;

2. Дарёлар вегетация даври оқимининг ҳосил бўлишига метеорологик омилларнинг кўшган ҳиссалари баҳоланди. Ҳисоблашлар натижалари таҳлилларига кўра, бу жарёнда қишки ёғинларнинг ҳиссалари катта бўлиб, уларнинг қийматлари ўрганилаётган дарёларда 53÷65% ораликда ўзгаради. Ёзги ёғинларнинг ҳиссалари эса қишки ёғинларга нисбатан бир мунча кам бўлиб, улар 26÷43% ораликдаги қийматларни ташкил этди. Ёзги ҳаво ҳароратининг нормаллаштирилган регрессия тенгламаларига кўшган улушлари янада кичик бўлиб, 4÷9% атрофида ўзгарди;

3. Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари мисолида вегетация даври оқимини прогнозлаш услуби ишлаб чиқилди. Таклиф этилган прогнозлаш услубининг самаралилиги мезони S/ σ нинг қийматлари 0,27÷0,58 ораликда ўзгарди. Тадқиқот жараёнида дарёлар вегетация даври оқимини прогнозлаш мақсадида олинган боғланишлар гидрологик прогнозларга қўйилган талабларга тўла жавоб беради ва улар амалиётда қўллаш учун тавсия этилади.

Миннатдорчилик. Мақолани тайёрлашда яқиндан ёрдам берган ва илмий маслаҳатларини аямаган устозларимиз – г.ф.д., доцент Б.Е.Аденбаев ва г.ф.д., доцент

Ғ.Х.Юнусовларга ўз миннатдорчилигимни билдираман. Муаллиф қўлёзманинг нашрга тайёрланган нусхасини ўқиб чиқди ва розилик билдирди.

АДАБИЁТЛАР

Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 63 с.

Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 419 с.

Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 439 с.

Гирник Е.М. Методика долгосрочных прогнозов средних за вегетационный период и средних месячных расходов воды р. Карадарья // Тр. САНИГМИ. – Ташкент, 1960. – Вып. 3(18). – С. 28-36.

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

Денисов Ю.М., Агальцева Н.А., Пак А.В. Автоматизированные методы прогнозов стока горных рек Средней Азии. – Ташкент: САНИГМИ, 2000. – 160 с.

Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. – Новосибирск: Наука, 1987. – 255 с.

Лукина Н.К. Методические указания к выполнению практических работ по долгосрочным прогнозам стока горных рек. – Ташкент, 1980. – 26 с.

Зияев Р.Р. Зарафшон ҳавзаси дарёлари сув режими фазаларининг иқлим ўзгариши шароитидаги силжишлари. Геогр. фан. ф. д. ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2021. – 46 б.

Машуков П.М. Основные методы гидрологических прогнозов, применяемые в Средней Азии // Метеорология и гидрология в Узбекистане. – Ташкент: Изд-во Ан УзССР, 1955. – С. 253-261.

Овчинников А.М. Применение метода множественной регрессии к прогнозам стока горных рек (на примере бассейна Карадарья). Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Ташкент, 1973. – 20 с.

Ольдекоп Э.М. К вопросу о прогнозе расходов рек в Туркестане // Бюлл. Гидром. части в Туркестанском крае. – Ташкент, 1917. – № 1-3. – С. 1-29.

Ольдекоп Э.М. Зависимость режима р. Чирчик от метеорологических факторов // Тр. Метеорол. отдела Гидром. части в Туркестанском крае. – 1918. – Вып. 89. – 83 с.

Попов Э.Г. Гидрологические прогнозы. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 256 с.

Тургунов Д.М. Тоғ дарёлари кам сувли йиллар оқими гидрологик кўрсаткичларини ҳисоблаш ва прогнозлаш. Геогр. фан. док. (DSc) ... дисс. автореферати. – Тошкент, 2022. – 61 б.

Хакимова З.Ф. Оҳангарон ҳавзаси дарёлари оқимининг шаклланишига метеорологик омилларнинг таъсирини баҳолаш // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. – Ташкент, 2022. №4. – Б. 50-62.

Хикматов Ф.Х., Юнусов Г.Х., Хакимова З.Ф., Зияев Р.Р., Эрлапасов Н.Б. Закономерности формирования водных ресурсов горных рек в условиях изменения климата. – Ташкент: «ИРНМУ», 2020. – 232 с.

Чуб В.Э. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. – Ташкент: САНИГМИ, 2000. – 252 с.

Чуб В.Э. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент: Ворис – Нашриёт, 2007. – 132 с.

Хикматов Ф.Х., Хакимова З.Ф., Тургунов Д.М. Чирчик ҳавзаси дарёлари оқими билан иқлимий омиллар орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. – Ташкент, 2022. №4. – Б. 50-62.

Hikmatov F.H., Yunusov G.H., Raxmonov K.R. Hidrologik bashorat. – Toshkent: «Faylasuflar» nashriyoti, 2013. 144 b.

ПРОГНОЗ СТОКА РЕК ЧИРЧИК-АХАНГАРАНСКОГО БАСЕЙНА НА ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**З.Ф. ХАКИМОВА¹**¹ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, zilola_khakimova@inbox.ru

Аннотация. *Статья посвящена вопросам долгосрочных прогнозов стока рек Чирчик-Ахангаранского бассейна на период вегетации в зависимости от метеорологических факторов. С этой целью произведена статистическая оценка многофакторной зависимости между стоком рек за период вегетации, сезонными атмосферными осадками и летней температурой воздуха, получены уравнения нормализованной регрессии. Прогнозы стока рек на период вегетации осуществлялись по номограмме, построенных на основе уравнения регрессии. Произведена оценка точности разработанной методики прогноза и она рекомендована к использованию в практике гидрологических прогнозов.*

Ключевые слова: *река, сток вегетационного периода, метеорологические факторы, атмосферные осадки, температура воздуха, многофакторная связь, статистическая оценка, уравнения регрессии, прогностическая номограмма, точность методики прогноза.*

FORECASTING RIVER RUNOFF FOR THE VEGETATION PERIOD DEPENDING ON METEOROLOGICAL FACTORS IN THE CHIRCHIK-AKHANGARAN BASIN**Z.F. KHAKIMOVA¹**¹ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, zilola_khakimova@inbox.ru

Abstract. *The article is devoted to the issues of long-term forecasts of the rivers runoff for vegetation period depending on meteorological factors in the Chirchik-Akhangaran basin. For this purpose, statistical assessment of the multifactorial relationship between river runoff during the vegetation period, seasonal precipitation and summer air temperature was made, and normalized regression equations were obtained. River flow forecasts for the vegetation period were carried out according to the nomogram, obtained on the basis of the regression equation. An assessment of the accuracy of forecast methodology was performed and it was recommended for using in the practice of hydrological forecasts.*

Keywords: *river, vegetation runoff, meteorological factors, atmospheric precipitation, air temperature, multifactor relationship, statistical estimate, regression equations, prognostic nomogram, accuracy of the forecast technique.*

REFERENCES

Alekseyev G.A. Obektivnie metodi viravnivaniya i normalizatsii korrelyatsionnix svyazey [Objective methods of alignment and normalization of correlations]. – L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 63 s. (in Russian)

Apollo B.A., Kalinin G.P., Komarov V.D. Kurs gidrologicheskix prognozov [Hydrological forecast course]. – L.: Gidrometeoizdat, 1974. – 419 s. (in Russian)

Befani N.F., Kalinin G.P. Uprajneniya i metodicheskie razrabotki gidrologicheskim prognozom [Exercises and methodological developments on hydrological forecasts]. – L.: Gidrometeoizdat, 1983. – 439s. (in Russian)

Girnik Ye.M. Metodika dolgosrochnix prognozov srednix za vegetatsionniy period I srednix mesyachnix rasxodov vodi r. Karadarya [The method of long-term forecasts of average for the growing season and average monthly water flow of the r. Karadarya] // Tr. SANIGMI. – Tashkent, 1960. – Vip. 3(18). – S. 28-36. (in Russian)

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

Denisov Yu.M., Agaltseva N.A., Pak A.V. Avtomatizirovannye metodi prognozov stoka gornix rek Sredney Azii [Automated methods for forecasting the runoff of mountain rivers in Central Asia]. – Tashkent: SANIGMI, 2000. – 160 s. (in Russian)

Drujinin I.P. Dolgosrochniy prognoz i informatsiya [Long-term prognoz i informatsiya]. – Novosibirsk: Nauka, 1987. – 255 s. (in Russian)

Lukina N.K. Metodicheskie ukazaniya k vipolneniyu prakticheskix rabot po dolgosrochnim prognozam stoka gornix rek [Metodicheskie ukazaniya k vipolneniyu prakticheskix rabot po dolgosrochnym prognozam stoka gornix rek]. – Tashkent, 1980. – 26 s. (in Russian)

Ziyaev R.R. Zarafshon havzasi daryolari suv rejimi fazalarining iqlim o'zgarishi sharoitidagi siljishlari [Zarafshan basin rivers shifts in the conditions of climate change of the phases of the water regime]. Geogr. fan. f. dok. ... diss. avtoreferati. – Toshkent, 2021. – 46 b. (in Uzbek)

Mashukov P.M. Osnovnie metodi gidrologicheskix prognozov, primenyaemie v Sredney Azii [The main methods of hydrological forecasts used in Central Asia] // Meteorologiya i gidrologiya v Uzbekistane. – Tashkent: Izd-vo An UzSSR, 1955. – S.253-261. (in Russian)

Ovchinnikov A.M. Primenenie metoda mnojestvennoy regressii k prognozam stoka gornix rek (na primere basseyna Karadari) [Application of the multiple regression method to mountain river runoff forecasts (on the example of the Karadarya basin)]. Avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. – Tashkent, 1973. – 20 s. (in Russian)

Oldekop E.M. K voprosu o prognoze rasxodov rek v Turkeстане [On the issue of forecasting the flow of rivers in Turkestan] // Byull. Gidrom. chasti v Turkestarskom krae. – Tashkent, 1917. – № 1-3. – S. 1-29. (in Russian)

Oldekop E.M. Zavisimost rejima r.Chirchik ot meteorologicheskix faktorov [Dependence of r.Chirchik mode from meteorological factors] // Tr. Meteopol. otdela gidpom. chasti v Turkestarskom krae. – Toshkent. – 1918. – Vip. 89. – 83 s. (in Russian)

Popov E.G. Gidrologicheskie prognozi [Hydrological forecasts]. – L.: Gidrometeoizdat, 1979. – 256 s. (in Russian)

Turgunov D.M. Tog daryolari kam suvli yillar oqimi gidrologik korsatkichlarini hisoblash va prognozlash [Calculation and forecasting of hydrological indicators of the flow of low-water years of mountain rivers]. Geogr. fan. dok. (DSc) ... avtoreferati. – Tashkent, 2020. – 61 B. (in Uzbek)

Xakimova Z.F. Ohangaron havzasi daryolari oqimining shakllanishiga meteorologik omillarning tasirini baholash [Assessment of the influence of meteorological factors on the formation of the flow of rivers of the Ohangaron basin] // Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi. – Tashkent, 2022. №4. – B. 50-62. (in Uzbek)

Xikmatov F.X. i dr. Zakonomernosti formirovaniya vodnix resursov gornix rek v usloviyax izmeneniya klimata. Monografiya [Patterns of formation of water resources of mountain rivers in the conditions of climate change. Monography]. – Tashkent: “Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi”, 2020. – 232 s. (in Russian)

Chub V.E. Izmenenie klimata i yego vliyanie na prirodno-resursniy potentsial Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on the natural resource potential of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent: SANIGMI, 2000. – 252 s. (in Russian)

Chub V.E. Izmenenie klimata i yego vliyanie na gidrometeorologicheskie protsessi, agroklimaticheskie i vodnie resursi Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agro-climatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent: Voris-Nashriyot, 2007. – 132 s. (in Russian)

Hikmatov F.H., Xakimova Z.F., Turgunov D.M. Chirchiq havzasi daryolari oqimi bilan iqlimiy omillar orasidagi boglanishlarni statistik baholash [Statistical assessment of the relationship between the flow of rivers of the Chirchik basin and climatic factors] // Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi. – Tashkent, 2022. №4. – B. 50-62. (in Uzbek)

Hikmatov F.H., Yunusov G.H., Raxmonov K.R. Gidrologik bashorat [Hydrological prediction]. – Toshkent: «Faylasuflar» nashriyoti, 2013. – 144 b. (in Uzbek)

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ / МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ / ENVIRONMENTAL MONITORING

УДК: 556.51+550.42

ПИСКОМ ДАРЁСИ ҲАВЗАСИДА СУВНИНГ СТАБИЛ ИЗОТОПЛАРИ МИҚДОРНИНГ ЎЗГАРИШЛАРИ

Ғ.Ў. УМИРЗАҚОВ^{1,4*}, Т. САКС², А. КАЛВАНС³, Б.Э. НИШОНОВ^{4,1},
С.Р. ИСАБЕКОВ⁴

¹ Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, g.umirzakov@nuu.uz

² Фрибург Университети, Швейцария, tomas.saks@unifr.ch

³ Латвия давлат университети, andis.kalvans@lu.lv

⁴ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, b.nishonov@mail.ru,
serikisabekov5858@gmail.com

Аннотация: Мақолада Писком дарёси ҳавзасида атмосфера ёгинлари ва турли оқим компонентлари сувнинг изотопик таркиби ўрганилган. Дарё ҳавзасида олиб борилган дала тадқиқотлари давомида атмосфера ёгинлари, дарё оқими, музлик ва қордан олинган намуналарнинг изотоп кўрсаткичлари халқаро стандартларга мос изотоплар лабораториясида аниқланган. Намуналар $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ изотоп қийматларининг Глобал метеорик сув чизигида жойлашуви таҳлил қилинган ҳамда оқимнинг турли компонентлари изотоп қийматларининг вақт ва ҳудуд бўйича ўзгаришлари ўрганилган.

Калит сўзлар: дарё ҳавзаси, изотоп гидрологияси, сувнинг стабил изотоплари, $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$, глобал метеорик сув чизиги, маҳаллий метеорик сув чизиги, Писком дарёси.

Кириш. Ўрта Осиё дарёларида оқим асосан Тяньшан ва Помир тоғларидаги қор ва музликларнинг эриши натижасида ҳосил бўлади. Минтақада ўтган асрнинг 70-йилларидан музликларнинг чекиниши [Hoelzle et al., 2017; Farinotti 2015] ва қор қопламанинг қисқариши [Aizen et al., 1996, 1997; Чуб, 2007] кузатила бошланди. Яқин келажакда музликлар эришишининг кучайиши баҳор ва ёз ойларида дарёлар оқимининг ортишига олиб келиши мумкин. XXI асрнинг иккинчи ярмида музликлар майдонининг кескин қисқариши натижасида ёз ойларида дарё оқимининг сезиларли даражада камайиши кутилмоқда. Дарё оқимининг камайиши қишлоқ хўжалиги, маиший сув истеъмоли ва экотизимларга салбий таъсир қилади. Барқарор сув бошқарувини таъминлашда дарёлар гидрологик режимини ўрганиш муҳим аҳамият касб этади.

Халқаро гидрологик тадқиқотларда сувнинг стабил изотопларидан (дейтерий – ^2H ва кислород-18 – ^{18}O) турли оқим манбалари, хусусан, музлик, қор, ёгинлар ва ер ости сувларининг дарё оқимига қўшган ҳиссасини баҳолашда асосий индикатор сифатида фойдаланилади (Aizen et al., 1996; Meier et al., 2013; Mook and De Vries, 2000). Оқим ҳосил бўлишини баҳолашнинг мавжуд анъанавий усули – гидрографни вертикал ажратиш усули анча ноаниқ ва давом этаётган иқлим ўзгариши шароитида янада кўпроқ хатоликларга олиб келиши мумкин. Стабил изотоплардан фойдаланиш гидрографни вертикал ажратиш усулидаги ноаниқликларини камайтириш учун фойдали ёндашув бўлиши мумкин (Regan

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

et al., 2017; Ma et al., 2017). Халқаро атом энергияси бўйича агентлик (ХАЭА) Жаҳон метеорология ташкилоти (ЖМТ) билан ҳамкорликда Ёгинлардаги изотоплар глобал тармоғи – ЁИГТ (Global Network of Isotopes in Precipitation – GNIP) ташкил этган [<https://www.iaea.org/services/networks/gnip>]. ЁИГТ доирасида дунёнинг турли ҳудудларида ёгинлардаги стабил изотопларнинг узоқ муддатли мониторинги олиб борилади. Аммо Ўрта Осиё ҳудудида ҳозирга кунга қадар доимий кузатувлар йўлга қўйилмаган (Meier et al., 2013).

Ушбу тадқиқотнинг **мақсади** Писком дарёси ҳавзасида атмосфера ёгинлари ва оқимни ташкил қилувчи турли компонентларининг сув стабил изотоплари қийматларини тавсифлаш ва уларнинг хусусиятлари ўрганишдан иборат. Тадқиқот объекти Писком дарёси ҳавзаси, хусусан унинг Ойгаинг ирмоғидаги Барқироқсой ҳавзаси бўлиб, тадқиқот предмети ҳавзадаги сув манбаларининг изотоп қийматларини ўрганиш ҳисобланади. Мазкур иш танланган дарё ҳавзасида дарёлар тўйиниш манбалари ҳиссаларини аниқлашда зарур бўладиган стабил изотоплар нисбатлари ҳақида бирламчи маълумотлар олиш бўйича бажарилган дастлабки тадқиқот ишидир.

Тадқиқот объектининг қисқача тавсифи.

Писком дарёси ҳавзаси. Писком дарёси Чирчиқ дарёсининг асосий ирмоқларидан бўлиб, унинг ҳавзаси Тянь-Шан тоғ тизмасининг шимолий-ғарбий қисмида жойлашган. Писком дарёсининг узунлиги 70 км, дарё ҳавзаси майдони 2830 км², дарё ҳавзасининг ўртача баландлиги 2740 м ни ташкил этади. Писком дарёси ўз сувини Чорвоқ сув омборига қуяди. Писком дарёси қор, ёмғир, музлик ва ер ости сувларидан тўйинади. Писком ҳавзасининг йиллик сув ҳажми ўртача 2,148 км³ ёки 76,7 м³/с, ўртача оқим модули 30,2 л/сек· км² ёки оқим қалинлиги 852 мм/йил ни ташкил этади [Чуб, 2007].

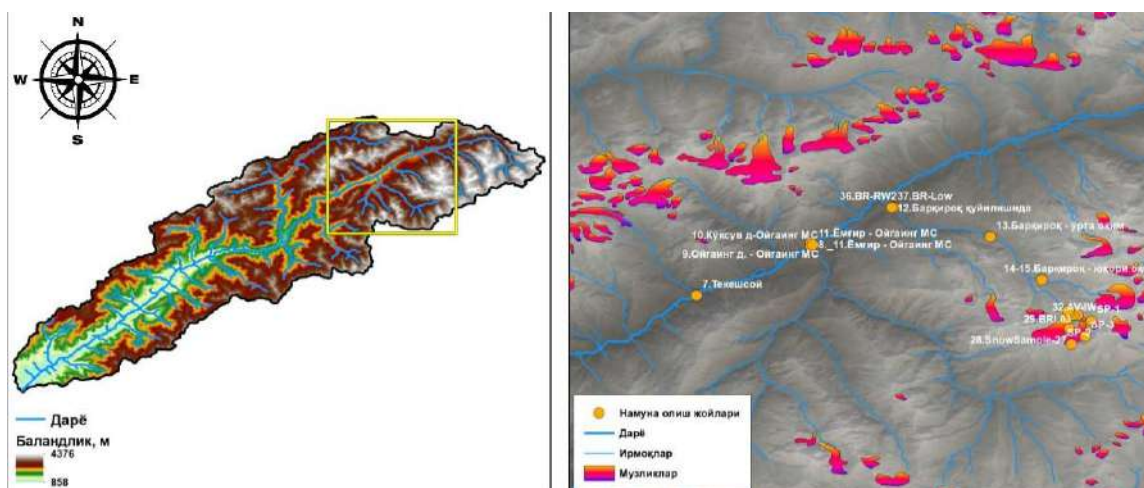
Писком дарёси ҳавзаси шимолий-шарқдан жанубий-ғарбга томон тўғри йўналган ва Ўрта Осиё тоғли ҳудудларига ғарб ва жанубий-ғарбдан кириб келувчи нам ҳаво массаларига очиқ ҳисобланади. Бу каби жойлашув нам ҳаво массаларининг дарё ҳавзалари юқори қисмига кириб келишига ва баланд тизмаларда тутилиб қолишига имконият яратади. Айнан шунинг учун Писком дарёси ҳавзаси Ғарбий Тяньшан ҳудудидаги энг намгарчил ҳавза ҳисобланади. Ҳавзада ёгингарчилик миқдори 800-1200 мм оралиғида тақсимланади [Шетинников, 1976].

Шетинников маълумотларига кўра, Писком ҳавзаси музликларининг умумий майдони 121 км² ни ташкил этган [Шетинников, 1976]. Сўнгги тадқиқотлар ҳавзада музликлар майдонни 14,4 фоизга камаганини кўрсатади [Кудишкин ва бошқалар, 2014]. Асосан қор ва музликлардан тўйинувчи Писком дарёсида тўлин сув даври одатда апрель ва май ойларида бошланади ва сентябрь ойига қадар давом этади. Қор эришининг энг юқори чўққиси одатда июнь ойида кузатилади. Июль ва август ойларида асосан музликларнинг эриши устунлик қилади ва бу даврда одатда дарёнинг максимал оқими кузатилади. Сентябрь-октябрь ойларида дарё оқими пасаяди, қишда эса дарё оқими асосан ер ости сувлари ҳисобига тўйинади.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари.

Дала тадқиқот ишлари ва намуналар олиш. Тадқиқот давомида 2018 йил ва 2019 йилнинг август ойларида Писком дарё ҳавзасида дала-экспедиция ишлари олиб борилди. Дала-экспедиция ишининг асосий мақсади сувнинг стабил изотоплари қийматларини аниқлаш учун дарё оқимининг турли компонентларидан намуналар олишдан иборат. Шу мақсадда музлик, қор, дарё суви ва ёмғир каби турли оқим манбаларидан сув намуналари олинди (1-расм). Тадқиқот давомида стабил изотоплар таҳлил учун 120 та сув намунаси олинди. Сув намуналари ёгинлар, қор ва муз ҳамда унинг эриган сувлари, дарё ва унинг ирмоқлари оқимларидан иборат. Сув намуналари пластик қопқоқли изотоп таҳлили учун махсус идишга йиғилди ва буғланишни олдини олиш мақсадида лаборатория парафильми билан ўралди. Оқим сувлари Писком ва

Ойгаинг дарёлари ҳамда Барқироқсой оқими намуналарини, шунингдек, музлик устида шаклланган оқимни ўз ичига олади. Барқироқ музлиги моренаси ва абляция зонаси юзасидаги қор намуналари, Барқироқ музлигининг аккумуляция зонасидаги йиллик қор қатламлари намуналари, музликнинг абляция зонаси юзасидан муз намуналари каттароқ идишларга олинди ва улар табиий эригандан сўнг махсус изотоп идишларига таҳлил учун намуналар олинди. Олинган намуналар изотоплар таҳлили лабораториясига жўнатилганига қадар салқин жойда сақланди.



1-расм. Писком дарёси ҳавзаси ва намуналар олинган жойлар

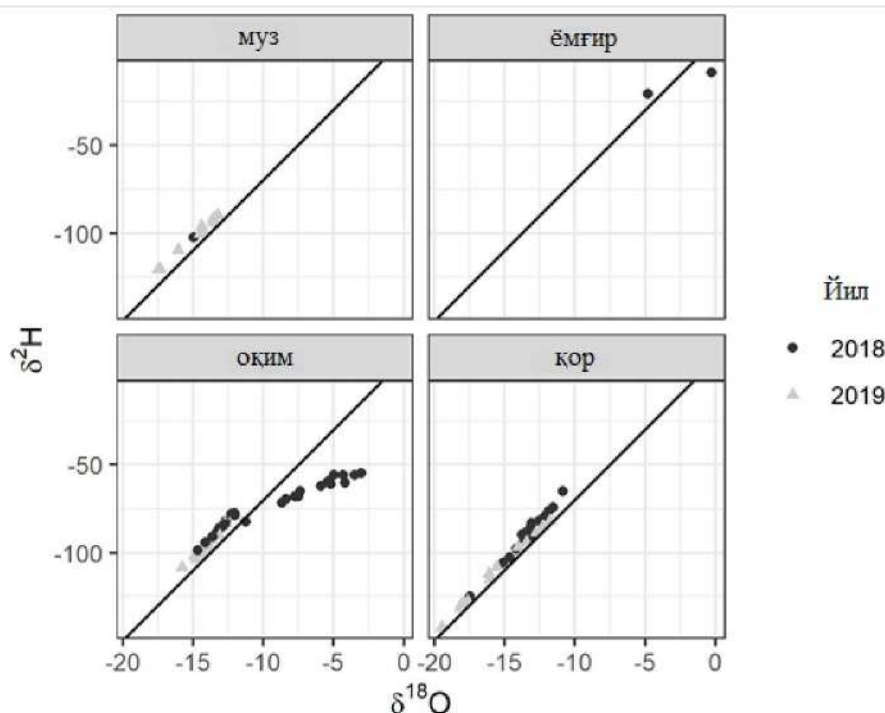
Рис 1. Бассейн реки Пскем и места отбора проб

Figure 1. Pskem River Basin and sampling locations

Стабил изотоплар таҳлили. Сув намуналари Латвия университети География ва Ер фанлари факультетининг Атроф-муҳит мониторинги лабораториясида водород ва кислороднинг стабил изотоплари қийматларини аниқлаш мақсадида таҳлил қилинди. Ушбу лаборатория халқаро стандартларга мос келади ва 2016 йилда ХАЭА томонидан сувнинг стабил изотопларини аниқлаш бўйича малака синовларидан муваффақиятли ўтган [Wassenaar et al., 2018]. Сув намуналари изотоплари қийматлари Океан сувининг ўртача Вена стандартлари (Vienna Standart Mean Ocean Water) га нисбатан (δ -қийматда) аниқланди [Creag, 1961]. Водород ва кислороднинг иккала изотоплари нисбати лазерли спектроскопия усулида Picarro-L2120-*i* сув изотоплари анализаторида ўлчанди. Мазкур қурилмада стабил изотоплар $\delta^{18}\text{O}$ учун $\pm 0,1\%$ ва $\delta^2\text{H}$ учун $\pm 1\%$ аниқликда ўлчанади. Сув намуналарини олиш ва лабораторияда қайта ишлаш ХАЭА томонидан ишлаб чиқилган халқаро миқёсда қабул қилинган йўриқномлар асосида амалга оширилди. d-excess (дейтерий орттирмаси) $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ нисбатларининг глобал метеорик сув чизиғи (ГМСЧ)дан оғишини билдириб, унинг қиймати $d\text{-excess} = \delta^2\text{H} - 8\delta^{18}\text{O}$ [Creag, 1961] ифодаси ёрдамида аниқланди.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси.

Турли сув манбаларининг изотоп қийматлари. Олинган сув намуналарининг изотоп қийматлари $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ учун мос равишда $-124,7\%$ ва $-17,4\%$ (қор намуналари)дан $-8,71\%$ ва $-0,28\%$ (ёзги ёмғир)гача ораликда ўзгаради. Сув намуналарининг аксариятида (эриган муз, ёмғир, ер усти сув оқими ва эриган қор) изотоплар қиймати ГМСЧнинг юқори қисмида жойлашганлиги кузатилди (2-расм). Писком дарёси ҳавзасида турли сув намуналарининг изотопик қийматларининг тақсимланиши 2-расмда ва 1-жадвалда кўрсатилган.



2-расм. Сув намуналари стабил изотоплари қийматларининг ГМСЧ га нисбатан жойлашуви

Рис 2. График значений стабильных изотопов проб воды относительно ГЛМВ

Fig 2. Graph of stable isotope values of water samples relative to GMWL

Оқим намуналарининг баъзилари ГМСЧ дан оғанлигини кўриш мумкин, яъни $\delta^{18}\text{O}$ изотоплари $\delta^2\text{H}$ га қараганда нисбатан кўпроқ ортган. Бундай ҳолат одатда буғланиш жараёни юз берганлигидан далолат беради. Буғланиш эффекти дарё сувида ва музли сувнинг эришида кузатилган (3-, 4-расм). Ёзги ёмғир намуналарини ҳисобга олмаганда, буғланишни кўрсатадиган изотопик белгилар диапазони $\delta^2\text{H}$ изотоплари учун $-74,0\text{‰} \div -53,0\text{‰}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ учун $-11,26\text{‰} \div -3,02\text{‰}$ ни ташкил этади. Мазкур буғланган намуналар учун d-ортгирмаси $-30,5\text{‰}$ дан $7,8\text{‰}$ қийматлар оралиғида бўлганлиги аниқланди (1-жадвал).

1-жадвал

Олинган сув намуналари изотоп қийматларининг умумлаштирилган статистик таҳлили

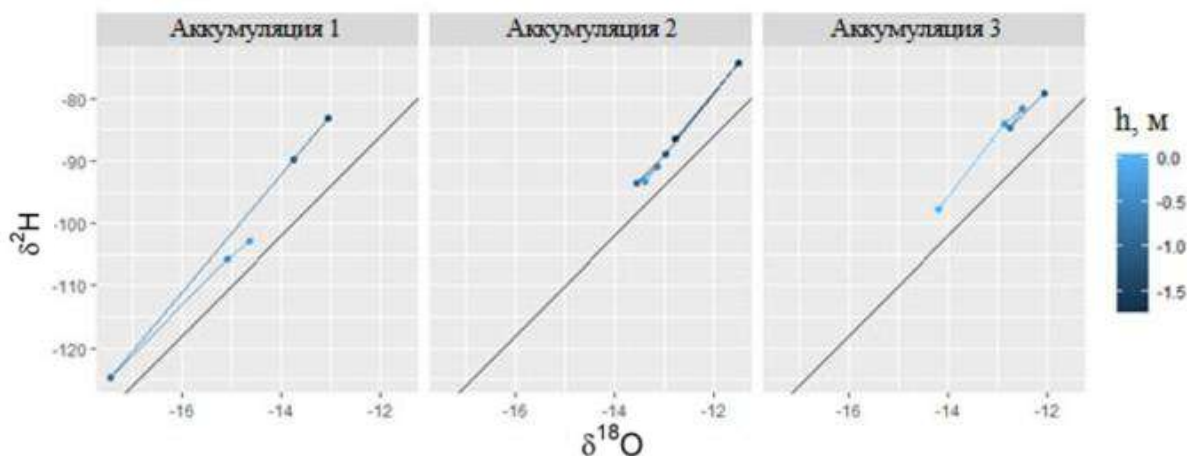
Таблица 1

Сводный статистический анализ значений изотопов полученных проб воды

Table 1

Summary statistical analysis of isotope values of the obtained water samples

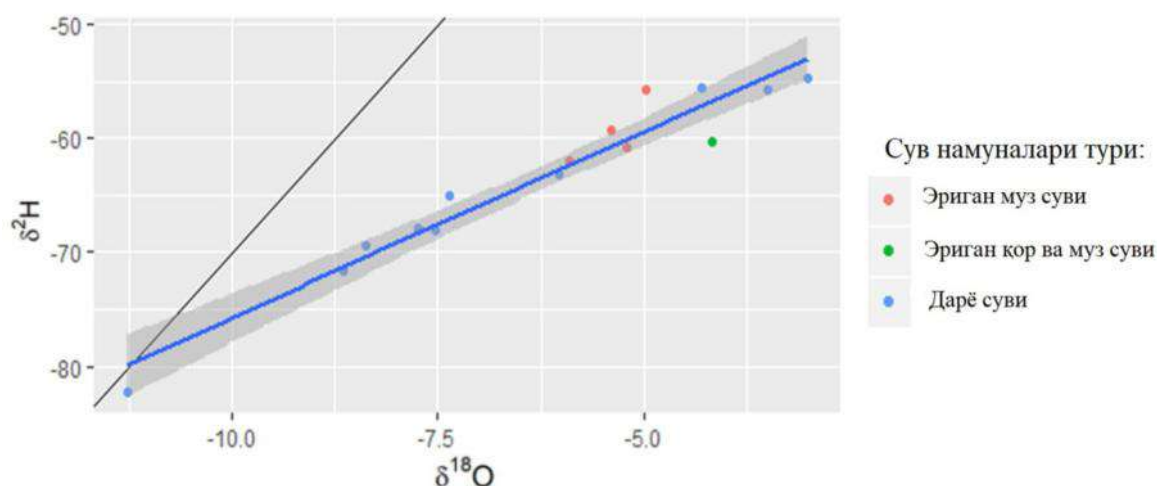
Намуна тури	Н	$\delta^{18}\text{O}, \text{‰}$			$\delta^2\text{H}, \text{‰}$			d-excess, ‰		
		Ўрт	Мин	Мах	Ўрт	Мин	Мах	Ўрт	Мин	Мах
Ёмғир	2	-2,55	-4,81	-0,28	-14,7	-20,7	-8,7	5,7	-6,5	17,8
Қор	35	-14,20	-19,48	-10,85	-97,7	-142,3	-64,9	15,8	12,4	21,9
Муз	11	-14,81	-17,49	-13,24	-101,4	-120,7	-89,6	17,0	13,5	19,2
Оқим, табиий	57	-13,92	-15,76	-12,02	-94,2	-108,4	-77,5	17,2	14,0	20,3
Оқим, буғланган	15	-6,32	-11,26	-3,02	-63,5	-82,3	-54,7	13,0	-30,5	7,8



3-расм. Баркироқ музлиги аккумуляция зонаси қор қатлампидан олинган намуналарнинг изотоп қийматлари

Рис 3. Изотопные значения проб снежного профиля зоны аккумуляции ледника Баркрак

Fig 3. Isotopic values of samples from snow profile of accumulation zone of Barkrak glacier



4-расм. Буғланиш эффекти мавжуд бўлган намуналарнинг изотоп қийматлари

Рис 4. Изотопные значения образцов с эффектом испарения

Fig 4. Isotopic values of samples with evaporation effect

Изотоп нисбатларида буғланиш белгиси бўлган барча намуналар бир хил чизиқда жойлашган, унинг регрессия қиялиги 3,27 ва кесишиши $-43,1\%$ ($R^2 = 0,935$, $n = 15$) (4-расм). Расмда келтирилган чизиқ август ойидаги шароитларни ифодаловчи маҳаллий буғланиш чизиғидир. Бу каби буғланиш чизиғи ҳавонинг нисбий намлиги паст бўлган қурғоқчил ҳудудлар учун хос.

Маҳаллий метеорик сув чизиғини ҳисоблаш. Метеорик, яъни атмосфера сувида $\delta^{18}\text{O}$ ва $\delta^2\text{H}$ орасидаги буғланишлар океан денгиз сувидан буғланиш ва буғнинг конденсацияланиши ўртасидаги кислород ва водород изотопларининг массага боғлиқ фракцияланишидан келиб чиқади (Craig, 1961). Кислород изотоплари (^{18}O ва ^{16}O) ва водород изотоплари (^2H ва ^1H) ҳар хил массага эга бўлганлиги сабабли, уларнинг

буғланиши ва конденсацияланиши жараёнларида турлича ҳаракат қилади ва шунинг учун ^{18}O ва ^{16}O , шунингдек, ^2H ва ^1H ўртасидаги фракцияланишга олиб келади.

Маҳаллий метеорик сув чизиғи (ММСЧ) ва маҳаллий буғланиш чизиғи (МБЧ)нинг чизиқли регрессия тенгламалари тегишли стандарт хатоликлари билан аниқланди (2-жадвал). $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ боғланишлари асосида аниқланувчи ММСЧ Писком дарёси учун нишаблик $7,60 \pm 0,13$ ва кесишув $11,0 \pm 1,8$ қийматларда аниқланди. Олинган ММСЧ қийматлари қурғоқчил иқлимли ҳудудлар ҳолатини акс эттиради.

2-жадвал

Маҳаллий метеорик сув чизиғи ва маҳаллий буғланиш чизиғи статистик кўрсаткичлари

Таблица 2

Статистические показатели местной линии метеорной воды и локальной линии испарения

Table 2

Statistical indicators of Local Meteoric Water Line and Local Evaporation Line

	Тенглама	r^2_{adjust}	p-value	N
ММСЧ	$\delta^2\text{H} = 7,60 \pm 0,13 \delta^{18}\text{O} + 11,0 \pm 1,8$	0,971	<0,01	105
МБЧ	$\delta^2\text{H} = 3,24 \pm 0,24 \delta^{18}\text{O} - 43,1 \pm 1,6$	0,929	<0,01	15

2-жадвалдаги тенгламалардан ММСЧ глобал метеорик сув чизиғига ўхшаш нишабликка эга эканлигини, лекин юқори $\delta^2\text{H}$ қийматлари томон силжишини кўриш мумкин. Буғланиш таъсирида сув намуналари бир хил буғланиш чизиғи бўйлаб жойлашган, бунинг сабаби намуналарнинг барчаси бир йилги дала ишлари вақтида олинганлиги билан изоҳлаш мумкин. Шу туфайли ушбу МБЧни бутун минтақа учун ҳосил деб қабул қилиш тўғри бўлмайди. Ҳудуд учун мос МБЧни топиш учун бир неча йиллик тадқиқотлар натижаларига асосланиши мақсадга мувофиқ. Қор ва муз намуналари қишки ёғингарчиликни ифодалайди ва икки дала мавсумида тўпланган намуналар орасида сезиларли фарқ кузатилмайди.

Таққослаш учун, ММСЧ глобал ёғингарчилик изотопи моделидан [www.WaterIsotopes.org] 42° шимолий кенлик, 71° шарқий узунлик, 3100 м баландликда ойлик изотоп нисбатлари қийматларидан нишаблик $7,75 \pm 0,10$ ва кесишув $15,2 \pm 1,3$ эканлиги аниқланди. Ушбу дейтерий ва кислород-18 композициясидан олинган нишаблик ва кесишув қийматлари, бизнинг тадқиқотда олинган қийматларга мос келади ва маълум даражада Бовен моделлаштирилган маълумотлар тўпламини тасдиқлайди.

Атмосфера ёғинлари изотоп маълумотларини таққослаш. Ҳисоблаган ММСЧ (8.8) қиймати Тяньшан тоғларининг шимолий ёнбағирлари (Хитой)да кузатилганига энг яқин (Wang et al., 2018), ММСЧ шимолий ён бағирлар учун бироз тик (8,3 гача, 2012-2013 йиллардаги кузатув учун) ва жанубий ён бағирларда ётиқроқ (6,5 дан кам) эканлигини аниқлаган. Писком ҳавзасидаги атмосфера ёғинларининг изотопик хусусиятлари Шимолий Тяньшан тизмалари шароитига ўхшаш эканлиги кўринади.

Хулоса.

1. Писком дарёси ҳавзасида ўтказилган дала-тадқиқот ишлари давомида турли сув манбалари намуналарининг изотоп таҳлили $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ асосида амалга оширилди ва оқим ҳосил қилувчи турли компонентлар изотоп қийматларининг статистик кўрсаткичлари аниқланди.

2. Таҳлилда асосан турли сув намуналарининг изотоп қийматлари $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ ўзаро композициясини ифодаловчи Глобал метеорик сув чизиғи (ГМСЧ)га солиштириш

асосида ўрганилди. Тадқиқот объектида тўпланган намуналар изотоп кўрсаткичлари асосида Маҳаллий метеорик сув чизиғи (ММСЧ) аниқланди.

3. Музликнинг аккумуляция зонасида тўпланган йиллик қор қатламининг изотоп қийматлари таҳлили натижасида мавсумий атмосфера ёғинларининг изотоп қийматлари аниқланди. Бу дарё оқимининг шаклланиши жараёнларини ўрганишда фойдали маълумот бўлиб хизмат қилиши мумкин.

4. Изотоп гидрологияси оқим шаклланиши жараёнларини тадқиқ этишда муҳим маълумотларни беради. Хусусан, оқим шаклланишида турли тўйиниш манбалари ҳиссасини аниқлашда мазкур усулдан фойдаланиш мумкин. Бунинг учун, йил давомида оқим ва атмосфера ёғинларидан услуксиз намуналар олиш талаб этилади. Изотоп гидрологияси бўйича кейинги тадқиқотлар оқим манбалари ҳиссасини баҳолашга қаратилади.

Миннатдорлик. Мазкур тадқиқот “Cryospheric Climate Services for improved Adaptation” халқаро лойиҳаси ҳамда Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтида амалга оширилаётган ИЗ-2020113030 “Ўзбекистонда стабил изотоплардан фойдаланиб сув ресурслари ва уларнинг ифлосланишини мониторинг қилиш бўйича дастурий маҳсулот яратиш” мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилди.

Муаллифлар ҳиссаси. **Ғ.Ў. Умирзақов:** мақола ғояси, намуналар тўплаш, мақола матнини ёзиш **Т. Сакс:** методология, маълумотларни қайта ишлаш, мақолани таҳрир қилиш. **А. Калванс:** намуналар изотоп қийматларини аниқлаш, лаборатория иши, натижалар таҳлили. **Б.Э. Нишонов:** методология, мақолани таҳрир қилиш, раҳбарлик. **С.Р. Исабеков:** маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш, натижаларни график тасвирлаш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тайёрланган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Кудышкин Т.В., Тарасов Ю.А., Яковлев А.В. Изменение оледенения речных бассейнов с преобладанием малых ледников во второй половине XX–начале XXI века // Вопросы географии и геоэкологии. Алматы. – 2014. – С. 45-54.

Щетинников А.С. Ледники бассейна реки Пскем. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 121 с.

Aizen V., Aizen E., Melack J., Martma T. Isotopic measurements of precipitation on central Asian glaciers (southeastern Tibet, northern Himalayas, central Tien Shan). // Journal of Geophys. Res. Atmospheres. 101, 1996. – PP. 9185-9196.

Aizen V.B., Aizen E.M., Melack J.M., Dozier J. Climatic and hydrologic changes in the Tien Shan, Central Asia // Journal of Climatology. 10, 1997. – PP. 1393-1404.

Beria H., Larsen J.R., Ceperley N.C., Michelon A., Vennemann T., Schaefli B. Understanding snow hydrological processes through the lens of stable water isotopes // Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. 5(6), 2018. – PP. 1311-1312.

Cable, J., Ogle, K., Williams, D. Contribution of glacier meltwater to streamflow in the Wind River Range, Wyoming, inferred via a Bayesian mixing model applied to isotopic measurements // Hydrological Process. 25, 2011. – PP. 2228-2236.

Chub V. Climate change and its influence on hydro-meteorological processes, agro-climatic and water resources of the Republic of Uzbekistan / Uzgidromet “Voriz-Nashriyot,” Tashkent. 2007. – 133 p.

Craig H. Isotopic variations in meteoric waters // Science. 3465, 1961. – PP. 1702-1703.

Hughes C.E., Crawford J. A new precipitation weighted method for determining the meteoric water line for hydrological applications demonstrated using Australian and global GNIP data // Journal of Hydrology. 464–465, 2012. – PP. 344-351. doi:10.1016/j.jhydrol.2012.07.029.

Ma B., Liang X., Liu S., Jin M., Nimmo J.R., Li J. Evaluation of diffuse and preferential flow pathways of infiltrated precipitation and irrigation using oxygen and hydrogen isotopes // Hydrogeological Journal. 2017. – PP. 675-688.

Meier C., Knoche M., Merz, R., & Weise, S. M. Stable isotopes in river waters in the Tajik Pamirs: regional and temporal characteristics. *Isotopes in environmental and health studies*, 49(4), 2022. – PP. 542-554.

Mook W.G., De Vries J.J. *Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and Applications*, vol. I, Introduction: Theory, Methods, Review. UNESCO/IAEA. 2000. – 580 p.

Regan S., Goodhue R., Naughton O., Hynds P. Geospatial drivers of the groundwater $\delta^{18}\text{O}$ isoscape in a temperate maritime climate (Republic of Ireland) // *Journal of Hydrology*. 554, 2017. – PP. 173-186.

Wang S., Zhang M., Hughes C. E., Crawford J., Wang G., Chen F., Qiu X. Meteoric water lines in arid Central Asia using event-based and monthly data // *Journal of Hydrology*. 562, 2018. – PP. 435-445.

Wassenaar L.I., Terzer-Wassmuth S., Douence C., Araguas-Araguas L., Aggarwal P.K., & Coplen T.B. Seeking excellence: An evaluation of 235 international laboratories conducting water isotope analyses by isotope-ratio and laser-absorption spectrometry // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 32/5, 2018. – PP. 393-406.

ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ ВОДЫ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ПСКЕМ

Г.У. УМИРЗАКОВ^{1,4}, Т. САКС², А. КАЛВАНС³, Б.Э. НИШОНОВ^{4,1},
С.Р. ИСАБЕКОВ⁴

¹Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, g.umirzakov@nuu.uz

²Университет Фрибурга, Швейцария, tomas.saks@unifr.ch

³Латвийский государственный университет, andis.kalvans@lu.lv

⁴Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, b.nishonov@mail.ru, serikisabekov5858@gmail.com

Аннотация: В статье изучен изотопный состав атмосферных осадков и воды различных компонентов стока в бассейне реки Пскем. Изотопные показатели $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ проб, отобранных из атмосферных осадков, речного стока, ледников и снега при полевом исследовании в бассейне реки Пскем определялись в изотопной лаборатории по международным стандартам. Было проанализировано расположение изотопных значений $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в Глобальной метеорной водной линии, а также изучены временные и пространственные вариации изотопных значений различных компонентов стока.

Ключевые слова: речной бассейн, изотопная гидрология, стабильные изотопы воды, $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$, глобальная линия метеорных вод, локальная линия метеорных вод, река Пскем.

CHANGING OF WATER STABLE ISOTOPES VALUES IN THE PSKEM RIVER BASIN

G.U. UMIRZAKOV^{1,4}, T. SAKS², A. KALVANS³, B.E. NISHONOV^{4,1}, S.R. ISABEKOV⁴

¹National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, g.umirzakov@nuu.uz.

²University of Fribourg, Switzerland, tomas.saks@unifr.ch

³Latvian State University, andis.kalvans@lu.lv

⁴Hydrometeorological Research Institute, b.nishonov@mail.ru, serikisabekov5858@gmail.com

Abstract: The isotopic composition of precipitation and water of different runoff components in the Pskem River basin is studied in this paper. Isotopic values $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ of samples collected from atmospheric precipitation, river runoff, glaciers and snow during field study in the Pskem River basin were determined in an isotope laboratory according to international standards. The fitting of $\delta^2\text{H}$ and

$\delta^{18}O$ isotopic values in the Global Meteoric Water Line was analyzed, and temporal and spatial variations of isotopic values of different runoff components were studied.

Keywords: river basin, isotope hydrology, stable water isotopes, δ^2H and $\delta^{18}O$, global meteoric water line, local meteoric water line, Pskem River.

REFERENCES:

Kudishkin T.V., Tarasov Yu.A., Yakovlev A.V. *Izmenenie oledeneniya rechnix basseynov s preobladaniem malix lednikov vo vtoroy polovine XX–nachale XXI veka [Changes in glaciation of river basins dominated by small glaciers in the second half of the XX-early XXI century] // Voprosi geografii i geoekologii. Almati. – 2014. – S. 45-54. (in Russian)*

Shetinnikov A.S. *Ledniki basseyna reki Pskem [Glaciers of Pskem River basin]. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 121 s. (in Russian)*

УДК 551.510:551:577

ТОШКЕНТ ШАХРИДАГИ АТМОСФЕРА ЁҒИНЛАРИ МИҚДОРИ ВА КИМЁВИЙ ТАРКИБИНИНГ КЎП ЙИЛЛИК ЎЗГАРИШЛАРИ

С.Р. ИСАБЕКОВ^{1*}, Б.Э. НИШОНОВ¹, Л.А. САИДМАХМУДОВА¹

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, s.isabekov5858@gmail.com

Аннотация. Мақолада республикамиз пойтахти бўлган Тошкент шаҳрида 2000-2022 йилларда атмосфера ёғинлари миқдори ва уларнинг кимёвий таркибининг кўп йиллик ўзгаришлари ёритилган. Тошкент шаҳрида атмосфера ёғинларининг йиллик миқдорлари йилдан-йилга фарқ қилса-да, улар миқдорларининг умумий тенденцияси ўзгаришсиз қолаётганлиги аниқланган. Атмосфера ёғинларининг йиллик рН кўрсаткичи 5,70÷6,94 оралиқда, ойлик рН кўрсаткичи 4,50÷7,9 оралиқда кузатилган. Ёғинлар таркибидаги анионлардан сульфатлар (SO_4^{2-}), хлоридлар (Cl), катионлардан эса кальций (Ca^{2+}) ва магний (Mg^{2+})нинг йиллик ўртача миқдорлари ортиб бораётганлиги аниқланган. Тадқиқот натижалари Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосининг ифлосланганлик даражасини аниқлашга ёрдам беради.

Калит сўзлар: атмосфера ёғинлари, ёғинлар миқдори, кимёвий таркиби, катионлар, анионлар, рН, кислотали ёмғирлар.

Кириш. Атмосфера ёғинларининг кимёвий таркибини ўрганиш назарий ва амалий аҳамиятга эга. Атмосфера ҳавосидаги моддалар, жумладан, ифлослантирувчи моддалар атмосферада содир бўладиган турли жараёнлар туфайли ер юзасига тушади. Атмосфера ёғинлари ер усти ва ер ости сувлари таркибинининг шаклланишида муҳим рол ўйнайди [Толкачева и др., 2006].

Атмосфера ёғинлари шаҳар муҳитидаги экологик вазиятни белгиловчи энг муҳим омиллардан биридир. Атмосферанинг тозаланиши асосан ёғингарчилик пайтида содир бўлади. Бироқ, булут ости қатламидан ер юзасига ўтаётганда, ёғинлар газлар ва аэрозолларни ёмғир томчилари ёки қор парчалари кристаллари билан сингдиради. Ифлослантирувчи моддаларнинг сингиши ёғинлар минерализациясининг ошишига, уларнинг кимёвий таркибининг ўзгаришига ва "кислотали ёмғирлар" пайдо бўлишига олиб келади. Атмосфера ёғинлари таркибини ўрганиш шаҳар ҳудудидаги ҳавонинг

* Масъул муаллиф: s.isabekov5858@gmail.com, тел. +998 93 531-58-58

ифлосланиш даражаси, шунингдек, ифлослантирувчи моддалар манбалари тўғрисида маълумот олишга имкон беради [Еремина, 2019].

Шуни таъкидлаш керакки, Ер шарининг турли географик нуқталарида ёғингарчиликнинг кимёвий таркиби ва кислоталигининг ўзгариши тенденциялари ҳар хил. Ўзбекистонда бундай тадқиқотлар Г.А. Толкачёва, Т.Ю. Смирнова, Ю.И. Ковалевскаялар томонидан олиб борилган бўлиб, сўнгги йилларда бундай тадқиқотлар тўхтаб қолган. Хорижда бундай тадқиқотлар кўплаб тадқиқотчилар томонидан амалга оширилган.

Ушбу мақолада Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинларининг кўп йиллик (2000-2022 йй.) миқдори ва кимёвий таркибининг ўзгаришлари ўрганилган.

Тошкент шаҳрининг табиати кўп жиҳатдан унинг географик ўрни, атроф ер юзасининг тузилиши билан боғлиқ. Шаҳар Фарбий Тяньшаннинг Қоржонтов, Угом, Писком, Кўксув ва Чатқол тизмалари орасидан оқиб чиқадиган Чирчиқ дарёси водийсининг ўрта қисмида, дарёнинг ўнг томонидаги паст-баланд тоғ олди текислигида жойлашган. Шаҳарнинг энг баланд жойи (515 м) унинг шимолий-шарқий чеккасида, Мирзо Улуғбек туманидаги «Тошкент трактор заводи» яқинида, энг паст жойи эса (380 м) Сергели туманида, Чирчиқ дарёси соҳилида жойлашган. Шаҳар ҳудудининг денгиз сатҳидан ўртача мутлақ баландлиги 447,5 м га тенг (Ўзбекистон миллий энциклопедияси, 2009). Шаҳар иқлими континентал, киши совук, ёзи эса иссиқ ва курук бўлади. Тошкент серқуёш шаҳар бўлиб, Қуёш нур сочиб турадиган вақт йилига ўртача 2870 соатни ташкил қилади, йил давомида ўртача ойлик 110 соатдан (декабрда) 390 соатгача (июлда) ўзгаради. Қуёшсиз кунлар бир йилда ўртача 36 кун. Ўртача йиллик ҳаво ҳарорати эса 13,8°C га тенг [Ўзбекистон миллий энциклопедияси, 2009].

Тошкент шаҳрида ёғадиган **атмосфера ёғинларининг** ўртача йиллик миқдори 423,4 мм га тенг. Бирок, у йилдан-йилга фарқ қилади. Масалан, 1969 йилда 802,5 мм ва 1916 йилда 206,2 мм ёғин ёққани кузатилган. Атмосфера ёғинлари миқдори йил давомида ҳам нотекис тақсимланган. Йиллик ёғиннинг кўпроқ қисми (305 мм) йилнинг совук қисмига (октябрь-март), камроқ қисми (119,4 мм) эса йилнинг илиқ қисмига (апрель-сентябрь) тўғри келади. Йиллик ёғиннинг 41% дан ортиқроғи баҳорда, қолган қисми эса қишда (36%), кузда (18%) ва ёзда (5%) ёғади. Тошкентда атмосфера ёғинларининг катта қисми (66%) ёмғир тарзида, 11% қор тарзида ва 23% қор-ёмғир аралаш ҳолда тушади (Ўзбекистон миллий энциклопедияси, 2009).

Амалий жиҳатдан, барқарор яшаш муҳитини шакллантириш мақсадида атмосфера ёғинларининг кимёвий таркиби, уларнинг атроф-муҳит объектларига таъсирини ўрганиш муҳим ҳисобланади. Ёмғир, қор, муз таркибидаги турли ингредиентларни аниқлаш қишлоқ хўжалиги эҳтиёжлари учун муҳим аҳамиятга эга. Гидрохимиклар, тупроқшунослар, геологлар табиий сувларнинг ҳосил бўлиш жараёнларини, тупроқ таркиби эволюциясини тадқиқ қилиш мақсадида ёғинларнинг кимёвий таркибини ўрганишади. Тиббиёт соҳаси ходимлари санитария-гигиена нуқтаи назаридан турли ҳудудлар, шу жумладан, рекреация ҳудудларида ҳаводаги ёғинлар ва ифлослантирувчи моддалар таркибидаги ўзгаришлар хусусиятларини ўрганадилар. Юқоридаги келтирилган мисолларни ҳисобга олган ҳолда атмосфера ёғинларининг миқдори ва кимёвий таркибининг кўп йиллик ўзгаришларини ўрганиш **долзарб** вазифа ҳисобланади. Ушбу тадқиқотнинг **мақсади** Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари миқдори ва кимёвий таркибининг кўп йиллик ўзгаришларини ўрганиш бўлиб, тадқиқотнинг **объекти** Тошкент шаҳри, тадқиқот **предмети** эса атмосфера ёғинларининг кимёвий таркиби ҳисобланади.

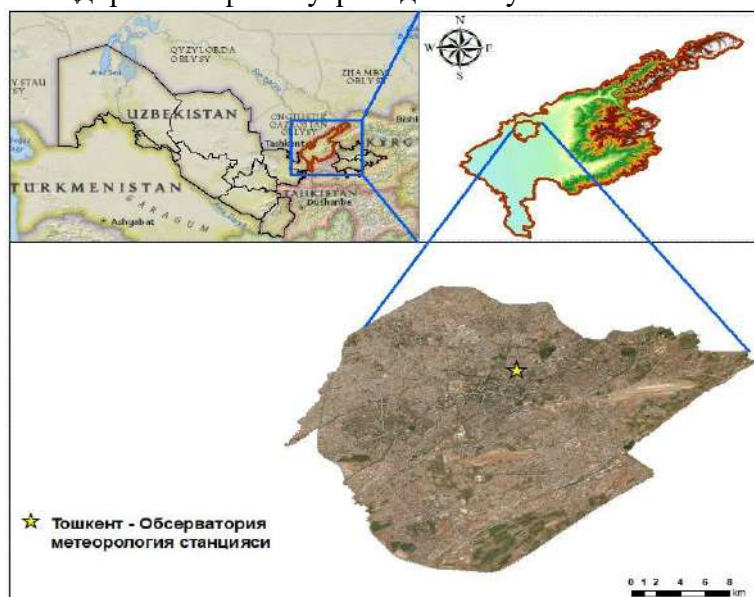
Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Тадқиқот ишида Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари миқдори ва кимёвий таркиби сўнгги 23 йиллик (2000-2022 йй.) маълумотлар асосида ўрганилди [Ежегодники, 2000-2022]. Тошкент шаҳри ҳудудида атмосфера ёғинлари кимёвий таркибининг таҳлили асосан Ўзгидрометнинг

Тошкент-Обсерватория М-І метеорология станциясида йиғилган ойлик намуналар асосида олиб борилади.

Атмосфера ёғинларининг кимёвий таркиби қуйидаги кўрсаткичлар бўйича аниқланади: анионлар – сульфатлар (SO_4^{2-}), гидрокарбонатлар (HCO_3^-), хлоридлар (Cl^-), нитратлар (NO_3^-), катионлар – кальций (Ca^{2+}), магний (Mg^{2+}), натрий (Na^+), калий (K^+) ва аммоний (NH_4^+).

Ёғинларнинг кислоталилик даражаси рН ни потенциометрик усулда ўлчаш орқали амалга оширилади. Ёғинлар намуналаридаги ионлар миқдорлари – сульфатлар (SO_4^{2-}) турбидиметрик усулда, гидрокарбонатлар (HCO_3^-) титрлаш усулида, хлоридлар (Cl^-) аргентометрик усулда, нитратлар (NO_3^-) Грис реактиви ёрдамида (кадмийли колонкада қайтарилиб), кальций (Ca^{2+}) ва магний (Mg^{2+}) комплексонометрик усулда, аммоний (NH_4^+) Несслер реактиви ёрдамида, натрий (Na^+) ва калий (K^+) атом абсорбцион усулда аниқланади [Семенов, 1977].

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Тадқиқот ишида Тошкент шаҳридаги Тошкент-Обсерватория метеорология станциясида кузатишган атмосфера ёғинларининг кўп йиллик (2000-2022 йй.) маълумотларидан фойдаланилди. Ушбу кузатув пункти Тошкент шаҳрининг Юнусобод туманида жойлашган бўлиб, Ўзбекистондаги энг қадимий метеорология станцияси ҳисобланади. Бу ерда кузатувлар 1876 йилдан олиб борилади. Ҳозирги вақтда метеорология станциясида олиб борилаётган кузатувлар атмосфера ёғинлари миқдори ва сифати тўғрисида маълумот олишга имкон беради.

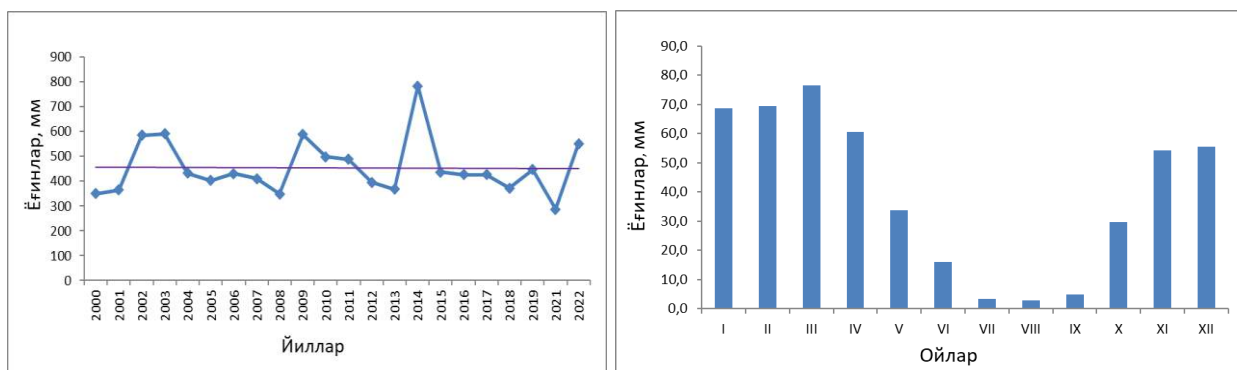


1-расм. Тошкент-Обсерватория метеорология станцияси жойлашуви

Рис. 1. Расположение метеостанции Ташкент-Обсерватория

Fig. 1. Location of the Tashkent-Observatory meteostation

Ёғинлар миқдори. Кузатув натижаларига кўра, Тошкент шаҳри худудида 2000-2022 йиллар давомида атмосфера ёғинларининг йиллик максимал миқдори 2014 йилда (784,0 мм), минимал миқдори 2021 йилда (287,7 мм) кузатилиб, кўп йиллик ёғинлар умумий миқдори деярли кескин ўзгаришсиз қолмоқда (2-расм). Ёғинлар асосан куз-қиш-баҳор мавсумида ёғиб, ёзда деярли ёғмайди. Ойлик максимал миқдор 2014 йил январь ойида (447,7 мм) кузатишган, турли йилларда июнь, июль, август ойларида ёғинлар умуман кузатилмаган.



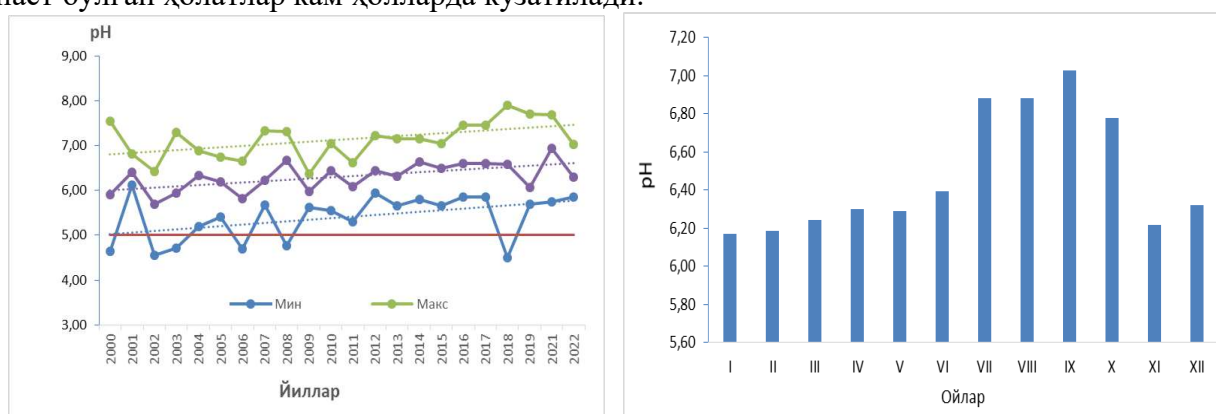
2-расм. Тошкент шаҳрида атмосфера ўғинлари миқдорининг кўп йиллик ўзгаришлари (2000-2022 йй.)

Рис. 2. Многолетние изменения количество атмосферных осадков в городе Ташкент (2000-2022 гг.)

Fig. 2. Long-term changes in precipitation amount in the Tashkent city (2000-2022)

Ўғинлар муҳити. Маълумки, ҳатто ифлосланиш даражаси кам бўлган атмосфера ўғинларида ҳам, уларнинг таркибидаги карбонат ангидрид ва бошқа табиий бирикмалар (водород сульфиди, олтингугурт диоксиди, азот оксидлари, органик кислоталар) ҳисобига рН кўрсаткичи 7 дан баланд бўлмайди. Илмий манбаларда ўғинларнинг табиий кислоталигининг энг кўйи чегараси рН=5 деб қабул қилинган.

Тошкент шаҳрида ўғинларнинг кўп йиллик ўртача рН кўрсаткичи рН=5,70÷6,94 ораликда ўзгарган (3-расм). Ойлик минимал миқдори 2018 йил март ойида (рН=4,50), максимал миқдори 2018 йил октябр ойида (рН=7,90) кузатишган. Кузатув йилларида рН=5 дан паст бўлган ҳолатлар фақатгина 6 мартаба - 2000 йил январь (рН=4,92) ва ноябрь (рН=4,65), 2002 йил ноябрь (рН=4,55), 2003 май (рН=4,76) ва декабрь (рН=4,72), 2006 йил апрель (рН=4,70), 2008 йил ноябрь (рН=4,76) ва 2018 йил март (рН=4,50) ойларида кузатишган. Тошкент шаҳрида ёғадиган атмосфера ўғинлари муҳити рН=5 дан паст бўлган ҳолатлар кам ҳолларда кузатилади.



3-расм. Тошкент шаҳрида атмосфера ўғинлари кислоталигининг ўзгаришлари (2000-2022 йй.)

Рис. 3. Изменения кислотности осадков в городе Ташкент (2000-2022 гг.)

Fig. 3. Changes of acidity of precipitation in Tashkent city (2000-2022)

Ёғинларнинг ион таркиби. Атмосфера ёғинлари ифлосланишининг интеграл кўрсаткичи бу барча ионларнинг умумий концентрациясидир. 1-жадвалда атмосфера ёғинлари таркибидаги ионлар концентрацияларининг мавсумий ўртача қийматлари келтирилган. Атмосфера ёғинлари миқдорларининг мавсум бўйича фарқланишини ҳисобга олган ҳолда, уларнинг кимёвий таркибининг мавсум бўйича ўзгаришини ўрганиш мақсадида мавсумий илиқ давр учун апрель (IV) ойдан октябрь (X) ойигача бўлган давр, совуқ давр учун эса ноябрь (XI)дан март (III) ойигача бўлган давр танлаб олинди.

1-жадвал

Атмосфера ёғинларидаги ионлар концентрацияларининг ўртача қийматлари (2000-2022 йй.)

Таблица 1

Средние значения концентраций ионов в атмосферных осадках (2000-2022 гг.)

Table 1

Average values of ion concentrations in atmospheric precipitation (2000-2022)

Ионлар	Йил	Илиқ давр (IV-X)	Совуқ давр (XI-XII, I-III)	Йил	Илиқ давр (IV-X)	Совуқ давр (XI-XII, I-III)	Йил
pH	6,30	6,6	6,23				
	мг/л			микро-экв/л			% экв
HCO ₃ ⁻	29,33	45,5	16,82	481	746	276	30
SO ₄ ²⁻	10,8	16,66	9,27	225	346	193	14
Cl ⁻	3,56	3,93	3,44	100	111	97	6
NO ₃ ⁻	6,06	5,70	5,63	97	91	90	6
Ca ²⁺	10,11	18,65	7,69	410	413	314	25
Mg ²⁺	1,83	2,07	1,81	150	170	149	9
Na ⁺	1,81	2,3	1,83	78	100	80	5
K ⁺	1,13	2,41	0,83	28	62	21	2
NH ₄ ⁺	0,8	0,68	0,72	44	37	40	3
Ионлар йиғиндиси	65,7	98,8	48,6	1612,9	2076,2	1260,1	100

Изоҳ: Жадвалдаги нитратлар миқдори 2000-2009 йиллар маълумотлари асосида келтирилган.

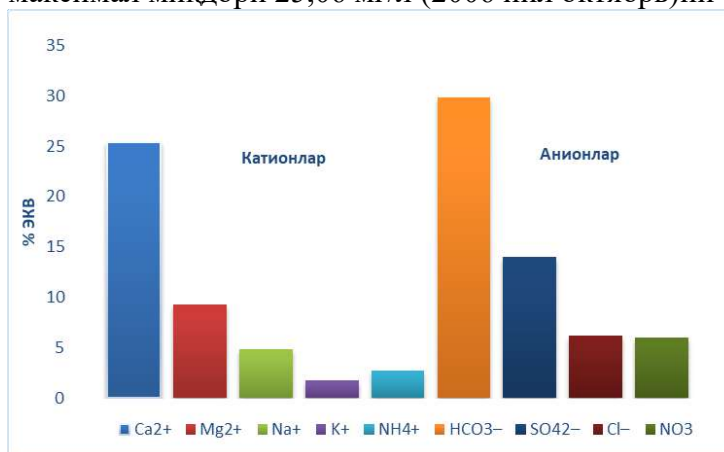
Примечание: Концентрация нитратов в таблице приведена по данным 2000-2009 гг.

Note: The nitrate concentration in the table is shown for 2000-2009.

Таҳлилларга кўра, ёғинлар таркибидаги ионлар концентрациялари илиқ мавсумда юкори бўлади, буни илиқ даврда ёғинлар миқдорларининг кам бўлиши билан изоҳлаш мумкин. Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари таркибидаги Ca²⁺ ва HCO₃⁻ нинг улуши умумий қийматга нисбатан 55 % ни ташкил этган (4-расм).

Тадқиқот натижаларига кўра, атмосфера ёғинлари таркибидаги кальцийнинг йиллик ўртача миқдори 17,81÷4,32 мг/л, унинг кузатилган минимал миқдори 1,6 мг/л (2005 йил ноябрь), максимал миқдори 59,32 мг/л (2013 йил июнь); магнийнинг йиллик ўртача миқдори 0,78÷3,77 мг/л, минимал миқдори 0,24 мг/л (2012 йил апрель), максимал миқдори 8,27 мг/л (2012 йил декабрь); натрийнинг йиллик ўртача миқдори 0,68÷3,28 мг/л, минимал миқдори 0,10 мг/л (2008 йил октябрь), максимал миқдори 2,22 мг/л (2004 йил июль); калийнинг йиллик ўртача миқдори 0,65÷2,27 мг/л, минимал миқдори 0,04 мг/л (2001 йил декабрь), максимал миқдори 8,61 мг/л (2013 йил июнь); аммонийнинг йиллик ўртача миқдори 0,10÷2,17 мг/л, минимал миқдори 0,01 мг/л (2021 йил май), максимал

миқдори 3,25 мг/л (2006 йил июнь); гидрокарбонатларнинг йиллик ўртача миқдори 6,83÷77,47 мг/л, минимал миқдори 1,22 мг/л (2002 йил февраль), максимал миқдори 128,77 мг/л (2018 йил октябрь); сульфатларнинг йиллик ўртача миқдори 4,08÷30,78 мг/л, минимал миқдори 0,7 мг/л (2016 йил май ва 2017 йил май), максимал миқдори 58,7 мг/л (2021 йил январь); хлоридларнинг йиллик ўртача миқдори 1,21÷9,39 мг/л, минимал миқдори 0,1 мг/л (2008 йил октябрь), максимал миқдори 24,11 мг/л (2021 йил январь); нитратларнинг йиллик ўртача миқдори 2,25÷9,7 мг/л, минимал миқдори 0,13 мг/л (2006 йил апрель), максимал миқдори 25,06 мг/л (2006 йил октябрь)ни ташкил этган.



4-расм. Атмосфера ёгинлари кимёвий таркибининг нисбий қийматлари (2000-2022 йй.)

Рис. 4. Относительные значения химического состава атмосферных осадков (2000-2022 гг.)

Fig. 4. Relative values of chemical composition of atmospheric precipitation (2000-2022)

2-жадвал

Атмосфера ёгинлари таркибидаги ионлар концентрацияларининг характерли қийматлари (2000-2022 йй.)

Таблица 2

Характерные значения концентраций ионов в атмосферных осадках (2000-2022 гг.)

Table 2

Characteristic values of ion concentrations in atmospheric precipitation (2000-2022)

№	Ионлар	Ўртача	Минимал	Максимал
1	гидрокарбонат (HCO ₃ ⁻), мг/л	29,33	1,22	128,77
2	сульфат (SO ₄ ²⁻), мг/л	10,8	0,7	58,7
3	хлорид (Cl ⁻), мг/л	3,56	0,10	24,11
4	нитрат (NO ₃ ⁻), мг/л	6,06	0,13	25,06
5	кальций (Ca ²⁺), мг/л	10,11	1,60	59,32
6	магний (Mg ²⁺), мг/л	1,83	0,24	8,27
7	натрий (Na ⁺), мг/л	1,81	0,10	2,22
8	калий (K ⁺), мг/л	1,13	0,04	8,61
9	аммоний (NH ₄ ⁺), мг/л	0,80	0,01	3,25

Кузатув йилларининг турли даврларида ёғинлар таркибидаги ионлар миқдори ва рН кўрсаткичлари икки даврга, яъни 2000-2010 йиллар ва 2011-2022 йиллар оралиғидаги даврларга бўлиб ўрганилди (3-жадвал).

3-жадвал

Кузатув йилларининг турли даврларида ёғинлардаги
ионлар миқдори ва рН кўрсаткичлари

Таблица 3

Показатели рН и концентрации ионов в осадках в разные периоды наблюдений

Table 3

pH and ions' concentrations in precipitation during different periods of observation

Даврлар	рН	Ионлар концентрацияси, мг/л									
		НСО ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ионлар йиғиндиси
2000-2010 йй.	6,15±	31,89±	9,81±	2,84±	6,06±	8,00±	1,76±	1,84±	1,2±	0,86±	64,26±
	0,47	15,06	5,11	2,05	3,34	5,24	0,61	1,48	0,97	0,52	34,38
2011-2022 йй.	6,46±	26,78±	11,79±	4,27±	-	12,23±	1,91±	-	1,14±	0,74±	58,86±
	0,47	16,54	5,99	1,71	-	6,77	1,06	-	0,82	0,49	33,38

Изоҳ: Натрий ва нитратларнинг кузатув маълумотлари тўлиқ бўлмаганлиги сабабли иккинчи давр учун қийматлар келтирилмади.

Примечание: За второй период данные по натрию и нитратов не приведены из-за неполноты данных.

Note: Sodium and nitrate data are not provided for the second period due to incompleteness of data.

Таҳлилларга кўра, биринчи даврга нисбатан иккинчи даврда ионларнинг умумий миқдори (59,55 дан 62,27 мг/л гача) ортган, бунинг сабаби ёғинлар таркибида сульфатлар (9,81 дан 11,79 мг/л гача), хлоридлар (2,84 дан 4,27 мг/л гача) ва кальций (8,00 дан 12,23 мг/л гача) миқдорларининг ортганлиги билан боғлиқ. Ёғинлардаги гидрокарбонатлар ва аммоний миқдори бироз камайган. Атмосфера ёғинларининг рН кўрсаткичи эса (6,15 дан 6,46 гача) ортган.

Хулоса. Ўрганилаётган ҳудуднинг атмосфера ҳавоси ифлосланганлигини ва экологик вазиятни баҳолаш учун атмосфера ёғинларининг физик-кимёвий кўрсаткичлари ва кимёвий таркиби муҳим индикаторлардан ҳисобланади. Кузатув йилларида Тошкент шаҳрида ёққан атмосфера ёғинларининг йиллик ўртача миқдорлари йилдан-йилга фарқ қилса-да, улар миқдорлари ўзгаришининг умумий тенденцияси сезиларли эмаслиги аниқланди. Аммо ёғинларнинг кимёвий кўрсаткичлари турлича қийматларга эга. Кузатув йилларида сульфатлар, хлоридлар, кальций, магний ва рНнинг йиллик ўртача миқдорлари ортганлиги, гидрокарбонатлар, аммоний, натрий ва калий миқдорлари нисбатан камайган ёки кескин ўзгармаганлиги кузатилган.

Миннатдорчилик. Мазкур тадқиқот ИЗ-2020113030 “Ўзбекистонда стабил изотоплардан фойдаланиб сув ресурслари ва уларнинг ифлосланишини мониторинг қилиш бўйича дастурий маҳсулот яратиш” мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилди.

Муаллифлар ҳиссаси. **С.Р. Исабеков:** маълумотларни тўплаш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Б.Э. Нишонов:** мақола ғояси, методология, раҳбарлик, мақолани расмийлаштириш. **Л.А. Саидмахмудова:** маълумотларни тўплаш, ҳисоблашларни бажариш. Мақола муаллифлари қўлёзманинг нашрга тавсия этилган матни билан танишдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Еремина И.Д. Химический состав атмосферных осадков в Москве и тенденции его многолетних изменений. // Вестник Московского Университета. Серия 5. География. – 2019, № 3. – С. 3-7.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 542 с.

Толкачева Г.А., Смирнова Т.Ю., Ковалевская Ю.И., Агафонова О.А. Химический состав осадков как индикатор загрязнения атмосферы в фоновых и антропогенных зонах // Труды НИГМИ. Выпуск 1 (246). - 2006, № 246. – С. 122-137.

Тошкент. Энциклопедия. – Тошкент: Ўзбекистон миллий энциклопедияси, Давлат илмий нашриёти, 2009. – 784 б.

Химический состав осадков. Ежегодные данные за 2000-2022 гг. – Ташкент: Узгидромет.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ГОРОДЕ ТАШКЕНТ

С.Р. ИСАБЕКОВ¹, Б.Э. НИШОНОВ¹, Л.А. САИДМАХМУДОВА¹

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, s.isabekov5858@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрено количество атмосферных осадков и их химический состав в городе Ташкенте – столице нашей республики. Выявлено, что годовые суммы атмосферных осадков в городе Ташкент различаются год от года, но тенденция их изменения остается неизменной. Годовой показатель рН атмосферных осадков наблюдается в пределах 5,70÷6,94, а месячный показатель рН – в пределах 4,50÷7,9. Среднегодовое количество анионов – сульфатов (SO_4^{2-}), хлоридов (Cl) и катионов – кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}) в осадках увеличивается. Результаты исследования помогут определить уровень загрязнения атмосферного воздуха города Ташкент.

Ключевые слова: атмосферные осадки, количество осадков, химический состав, катионы, анионы, рН, кислотные дожди.

LONG-TERM CHANGES IN THE QUANTITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN THE TASHKENT CITY

S.R. ISABEKOV¹, B.E. NISHONOV¹, L.A. SAIDMAKHMUDOVA¹

¹ Hydrometeorological Research Institute, s.isabekov5858@gmail.com

Abstract. The article considers the amount of atmospheric precipitation and their chemical composition in the Tashkent city, the capital of our republic. It was revealed that the annual amounts of precipitation in the Tashkent city vary from year to year, but the trend of their change remains unchanged. The annual pH of precipitation is within 5.70÷6.94 and the monthly pH is within 4.50÷7.9. The average annual concentration of anions – sulfates (SO_4^{2-}), chlorides (Cl) and cations – calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}) in precipitation increases. The results of the study will help determine the level of air pollution in the city of Tashkent.

Keywords: atmospheric precipitation, precipitation amount, chemical composition, cations, anions, pH, acid rain.

REFERENCES

Yeremina I.D. Ximicheskiy sostav atmosfernix osadkov v Moskve i tendensii yego mnogoletnix izmeneniy [Chemical composition of atmospheric precipitation in Moscow city and trends in its long-term changes] // Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5. Geografiya. 2019. № 3. – S. 3-7. (in Russian)

Rukovodstvo po ximicheskomu analizu poverxnostnix vod sushi [Guide on Chemical Analysis of Terrestrial Surface Waters] / Pod red. A.D. Semenova. – L.: Gidrometeoizdat, 1977. – 542 s. (in Russian)

Tolkacheva G.A., Smirnova T.Yu., Kovalevsraya Yu.I., Agafonova O.A. Ximicheskiy sostav osadkov kak indikator zagryazneniya atmosfery v fonovix i antropogennix zonax [Chemical composition of precipitation as an indicator of atmospheric pollution in background and anthropogenic zones] // Trudi NIGMI. Vipusk 1 (246). 2006. – No. 246. – S. 122-137. (in Russian)

Toshkent. Ensiklopediya [Tashkent. Encyclopedia]. – Toshkent: O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi, Davlat ilmiy nashriyoti, 2009. – 784 b. (in Uzbek)

Ximicheskiy sostav osadkov. Yejegodnie dannie za 2000-2022 gg. [Chemical composition of precipitation. Yearly data for 2000-2022]. – Tashkent: Uzgidromet. (in Russian)

ШАРҲЛАР / ОБЗОРИ / REVIEWS

**ТОШКЕНТ ВИЛОЯТИ СУВ ОБЪЕКТЛАРИНИНГ ГИДРОБИОЛОГИК
КЎРСАТКИЧЛАР БЎЙИЧА 2021-2022 ЙИЛЛАРДАГИ ЭКОЛОГИК ҲОЛАТИ****Л.А. САИДМАХМУДОВА¹, Г.Қ. ИШЧАНОВА¹**¹ Гидрометеорология хизмати агентлиги, lsaidmakhmudova@mail.ru

Аннотация. Мақолада Гидрометеорология хизмати агентлигининг Гидробиологик мониторинг лабораторияси маълумотлари асосида Тошкент вилояти асосий сув объектларининг 2021-2022 йиллардаги экологик ҳолатини сув биотасининг биоценоз таркибининг перифитон ва зообентос кўрсаткичлари орқали баҳолаш натижалари келтирилган.

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

Кириш. Замонавий гидробиологик мониторинг сув биоценозларининг таркиби ва тузилиши тўғрисида гидробиологик маълумот олиш учун амалга оширилади. Гидробиологик мониторинг табиатдан фойдаланишда интеграциялашган атроф-муҳит мониторингини кичик бўлимларидан бири сифатида муҳим роль ўйнайди ва сув объектларининг экологик ҳолатини баҳолаш учун зарур маълумотлар билан таъминлайди.

Сув биоценозларининг экологик ҳолати турли сув оқимларининг узунлиги бўйлаб сув сифати ва турли сув ҳавзаларининг экологик ҳолатини яхлит тавсифловчи расмий индекслари (ИП, БПИ, МБИ) бўйича табиий равишда ўзгариб боради.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Мақолада 2021-2022 йилларда Гидрометеорология хизмати агентлигининг Гидробиологик мониторинг лабораторияси натижаларидан фойдаланилди (Ежегодник..., 2022). Гидробиологик таҳлил учун намуналар Ўзгидромет тасарруфидаги сув объектларидан олиб келинади ва Гидробиологик мониторинг лабораториясида перифитон ва зообентос кўрсаткичлари бўйича таҳлил қилинади.

Гидробиологик мониторинг Тошкент вилоятининг асосий сув оқимларини қамраб олиб, перифитон ва зообентос бўйича ҳар ой 10 та сув ҳавзаси, 20 та пункт, 27 та кузатиш нуқтасидан намуналар олинди ва лабораторияда таҳлил қилинди. Шунингдек, Чотқол биосфера қўриқхонасидаги Бошқизилсой дарёсида ҳам мунтазам равишда фон гидробиологик мониторинг кузатувлари олиб борилди. Чирчиқ, Оҳангарон, Сирдарё дарёлари ва уларнинг ирмоқлари, шунингдек, Туябўғиз сув омборига кириш ва чиқиш қисми, Бўзсув магистрал канали, Тошкент шаҳри худудидан оқиб ўтадиган Қорасув ва Салар каналларидан ҳам мунтазам равишда гидробиологик намуналар олинди (1-жадвал).

Сув объекти сувининг сифати, экологик ҳолати ва синфлиги “Расмий сапробик индексларнинг қийматлари бўйича сув оқимларининг сифати ва экологик ҳолатини таснифлаш жадвали” асосида сапроблилик индекси (СИ), биотик перифитон индекси (БПИ) ва ўзгартирилган биотик индекс (МБИ) бўйича баҳоланади [Саидмахмудова ва бошқ., 2021].

Тадқиқот натижалари ва уларнинг муҳокамаси. Олинган гидробиологик маълумотлар шуни кўрсатадики, сув объектлари сувининг сифати, сув биоценозларининг таркиби ва тузилишининг ўзгаришига антропоген омиллар бевосита таъсир қилади ҳамда

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

сув сифатини ифлосланишига ва сув объектлари экологик ҳолатини ўзгаришига олиб келади. Биоценозлар таркиби аҳоли яшаш ҳудудида, қишлоқ хўжалиги тармоқлари ривожланган ва фойдаланиладиган жойларда, шунингдек, шаҳар ҳудуди орқали оқиб ўтувчи сув объектларида юқори даражада ўзгаради.

1-жадвал

Ўзгидромет гидробиологик мониторинг тармоғи маълумотлари (2021-2022 йй.)

Таблица 1

Данные сети гидробиологического мониторинга Узгидромета

Table 1

Data of the hydrobiological monitoring set of Uzhydromet

Кузатув тармоғи			Намуналар сони		
Сув объектлари	Пунктлар	Створлар	Перифитон	Зообентос	Макрофитлар
10	20	27	219	201	166

Сув сифатига антропоген омиллар доимий равишда бевосита таъсир қилмайдиган ҳудудларда гидробиологик кўрсаткичларнинг ўзгариши табиий хусусиятга эга ва сув биоценозлари асосан иқлим омиллари динамикасига боғлиқ бўлади. Бу Чотқол кўриқхона ҳудудидаги Бошқизилсой дарёси “фон” сув оқимларига хос бўлиб, кўп йиллик гидробиологик БПИ, МБИ индекслари ўзгаришларсиз қолади.

Шунингдек, ҳарорат, гидрологик омиллар ва ифлослантирувчи моддалар сув объектлари биотаси биоценозлари сифатига сезиларли таъсир кўрсатади ва уларнинг таркиби тур ва сифат жиҳатдан фарқ қилади, яъни тоза ва ифлосланган сув объектларида, масалан, Салар ва Қорасув каналларининг аҳоли пунктларидан юқори ва қуйида жойлашган қисмларида сезиларли даражада фарқ қилади. Гидробиологик кўрсаткичлардан перифитон ва зообентос турларининг кескин ўзгаришлари айниқса, ёз охири ва куз бошида Чирчиқ, Оҳангарон ва Сирдарё дарёлари ҳавзаларида, дарё оқимининг сунъий равишда камайишида яққол намоён бўлди. Ушбу даврда ер усти сувлари биоценозлари таркибида организмларнинг галофит турларининг ўзига хос нисбати ошади, сув минераллашувининг ортиши ва эвтрофикацияланган сув индикатор турларининг сезиларли даражада ривожланиши кузатилади.

Минераллашган коллектор-дренаж сувларининг таъсирида Сирдарё дарёсининг Тошкент вилояти ҳудудидаги қуйи қисмида, шунингдек, Чирчиқ ва Оҳангарон дарёлари ҳавзаларида сув биоценозларининг эвробентон турлари билан бир қаторда шўр сувли тур вакиллари ҳам ривожланади.

Сув объектларининг сув оқимлари бўйлаб биоценозларнинг тузилиши ўзгариши ва тур вакиллариининг кузатилишига қараб, сув сифати ва турли сув ҳавзаларининг экологик ҳолатини яхлит тавсифловчи расмий индекслар (СИ, БПИ, МБИ) табиий равишда ўзгаради (2-жадвал).

Оҳангарон дарёси ҳавзасига кирувчи Қизилча дарёси асосан, қор, қисман ёмғир сувларидан тўйинади. Дарёда макрофитлар деярли ривожланмайди. Перифитон биоценозлари йил давомида ўртача даражада ривожланган. Диатом сув ўтларидан *Achnanthes*, *Ceratoneis*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Diatoma*, *Gomphonema*, *Fragilaria*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra* x-o-, o-, o-b-, b- мезосапробик турлари аниқланди. Кўк-яшил ёсулардан асосан *Oscillatoriaceae* оиласига кирувчи *Oscillatoria*, *Spirulina*, *Phormidium* турларининг шаклланганлиги кузатилди. Йил давомидаги кузатувлар

2-жадвал

Тошкент вилояти сув объектларининг гидробиологик кўрсаткичлар бўйича
экологик ҳолати (2021-2022 йй.)

Таблица 2

Экологическое состояние водных объектов Ташкентской области по
гидробиологическим показателям (2021-2022 гг.)

Table 2

Ecological state of water bodies of Tashkent regions by hydrobiological indicators
(2021-2022)

Сув объектлари	2021-2022 йй.	Сув сифати синфларининг ишчи шкаласи			
	Сув синфи	Сув сифати	БПИ(МБИ), балл	Биоценозлар экологик ҳолати	Экологик ҳолати
Қизилча дарёси	II	Тоза сувлар	8-7(9-7)	Фон экологик ҳолат	АБ (Ф)
Қизилча дарёси – Эртош қишлоғи	II	Тоза сувлар	8-7(9-7)	Фон экологик ҳолат	АБ (Ф)
Дукантсой дарёси	II	Тоза сувлар	8-7(9-7)	Фон экологик ҳолат	АБ (Ф)
Оҳангарон дарёси - Эртош дарёсидан қуйи қисми	II	Тоза сувлар	8-7(9-7)	Фон экологик ҳолат	АБ (Ф)
Оҳангарон дарёси – Ангрен шаҳридан қуйида	II-III	Ўтиш синфи	6-7	Фон, қониқарли экологик ҳолат	АБ(Ф)-АБ
Оҳангарон дарёси - Туябўғиз сув омборидан юқори	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Оҳангарон дарёси - Туябўғиз сув омборидан қуйида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Оҳангарон дарёси – Дўстобод шаҳарчаси	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Оҳангарон дарёси – қуйилиш жойи	III-IV	Ўтиш синфи	4,5	Ўтиш экологик ҳолат	АБ-АБ
Бўзсув канали- Тошкент шаҳридан юқорида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Бўзсув канали- Тошкент шаҳридан қуйида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Уғом дарёси – Хожикент қишлоғи	II	Тоза сувлар	8-7(9-7)	Фон экологик ҳолати	АБ (Ф)
Чирчиқ дарёси –Ғазалкент шаҳридан юқорида	II-III	Ўтиш синфи	6-7	Фон, қониқарли экологик ҳолати	АБ(Ф)-АБ
Чирчиқ дарёси – Чирчиқ шаҳридан юқорида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Чирчиқ дарёси – Чирчиқ шаҳридан қуйида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Чирчиқ дарёси – Тошкент шаҳридан қуйида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Чирчиқ дарёси – Янгийўл шаҳридан юқорида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ

2-жадвалнинг давоми

Чирчиқ дарёси – Новомихайловкадан қуйида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Чирчиқ дарёси – Чиноз шаҳри	III-IV	Ўтиш синфи	4,5	Ўтиш экологик ҳолат	АБ-АБ
Бошқизилсой дарёси	II	Тоза сувлар	8-7(9-7)	Фон экологик ҳолат	АБ (Ф)
Салар канали – Тошкент шаҳридан юқорида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Салар канали – Тошкент шаҳридан қуйида	V	Ўта ифлос сувлар	4-3	Қониқарсиз ёмон ҳолат	АБ
Салар канали - Янгийўл шаҳридан қуйида	V	Ўта ифлос сувлар	3-2	Қониқарсиз ёмон ҳолат	АБ
Қорасув канали – Тошкент шаҳридан юқорида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Қорасув канали – Тошкент шаҳридан қуйида	IV	Ифлосланган сувлар	4	Қониқарсиз ҳолат	АБ
Сирдарё дарёси - Бекобод шаҳридан юқорида	III	Ўртача ифлосланган сувлар	6-5	Қониқарли экологик ҳолат	АБ
Сирдарё дарёси - Бекобод шаҳридан қуйида	IV	Ифлосланган сувлар	4	Қониқарсиз ҳолат	АБ
Сирдарё дарёси-ГПК-С коллекторидан қуйида	IV	Ифлосланган сувлар	4	Қониқарсиз ҳолат	АБ

Изоҳ: А - биоценозларнинг метаболик ривожланиш ҳолати (сув биоценозларининг фаол метаболизми), а - биоценозларнинг метаболик регрессияси ҳолати (сув биоценозларининг метаболизми) секинлашуви, Б - экологик ривожланиш ҳолати (сув биоценозларининг экологик тузилишининг мураккаблашиши), б - экологик регрессия ҳолати (сув биоценозларининг экологик тузилишини соддалашиши)

натijasида нитчаткали яшил сув ўтларидан *Ulothrix zonata*, *Spirogyra* sp., *Sp.porticalis*, *Cladophora glomerata* қайд этилди. Консумент организм турлари учрамади.

Бентос фауна йил давомида яхши ривожланмаган бўлиб, чўкинди фауналар асосан тоғ ва тоғ олди худудларида х-о-, о-, о-б-, б-мезосапробилик турларидан иборат *Iron kirgisticus*, *Iron sinespinosus*, *Ecdyonurus rubrofasciatus*, *Ephemerella submontana*, *Baetis rhodani*, *Baetis (Acentrella) latus*, *Baetis stipposus*, *Caenis hissari*, ручейниклардан *Mystrophora altaica*, *Cheumatopsyche lepida*, икки қанотлилар личинка авлодларидан *Dicranomyia*, *Tipula*, қўнғизлар авлодидан *Helmis*, *Stenelmis*, олигохеталардан *Nais behningi*, хирономид авлодидан *Diamesa* ва бошқалар учради. Ёз-куз даврида б-а-, а-мезосапробилик турларидан *Caenis macrura*, *Hydropsyche gracilis* чивинлари, *Hygrobates calliger* сув канаси ҳамда олигахета авлодидан *Nais* тури ривожланганлиги қайд этилди.

Сув объектининг гидробиологик ҳолати СИ – 1,28-1,45, БПИ – 7, МБИ – 6,5÷7, сув сифати кўрсаткичи - II синф, экологик ҳолати – АБ (Ф) деб баҳоланди (2-жадвал).

Дукантсой дарёсида перифитон биоценозлари йил давомида яхши ривожланганлиги аниқланди. Диатомлардан асосан Қизилча дарёсидаги каби турлари учради. Ёз-куз даврида *Cymbella*, *Diatoma*, *Fragillaria*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra* авлодларидан диатомлар сезиларли даражада ривожланганлиги ва яшил нитчаткали ёсулардан *Cladophora glomerata*, *Ulothrix zonata* кузатилди.

Зообентоснинг тур таркиби асосан Қизилча дарёсида учрайдиган турлар таркибига ўхшайди. Бу ерда о-, о-б сепкилларнинг о -, о-б-ва б-мезосапробик турлардан *Mesoperlina pezirkae*, *Ecdyonurus rubrofasciatus* ривожланади, *Baetis rhodani*, *Baetis stipposus*,

ручейниклардан *Mystrophora altaica*, *Cheumatopsyche lepida*, иккиқанотлилар авлодидан *Tipula*, кўнғизлар авлодидан *Helmis*, олигохеалардан *Nais behningi*, хирономидлар авлодидан *Tvetenia*, *Cricotopus*, *Eukiefferiella* ва бошқалар учради. Бутун кузатув даврида кенг тарқалган субдоминант турлардан *Hydropsyche gracilis* тури қайд этилди. Куз ойлари давомида сув зулугининг *Eprobdeella octoculata* а-р-сапроблик тури кузатилди.

Сув объектининг гидробиологик ҳолати СИ – 1,49÷1,64, БПИ – 7÷8 ва МБИ – 7 балл, сув сифати – II синф ва экологик ҳолати АБ (Ф) деб баҳоланди.

Оҳангарон дарёси сув биоценозларининг таркиби ва тузилишига кўра шартли равишда уч қисмга бўлинган:

1) юқори фон қисми - Ангрен шаҳридан юқорида ва қуйида;

2) Туябўғиз сув омборига қуйилишдан олдин ва сув омборидан чиқиш ҳамда Дўстобод шаҳарчасидан юқори қисми;

3) Оҳангарон дарёси қуйилиш қисми.

Дарёнинг юқори фон қисми одатда тоғ худудидаги оқим ҳисобланади. Сув сифатининг ифлосланиш индекси (СИИ) II ва II-III синфига тўғри келади, БПИ – 7÷8 ва МБИ – 6,5÷8 балл, СИ – 1,19÷1,68, экологик ҳолати АБ (Ф) дан ўтиш даври АБ(Ф)-АБ гача ўзгариб турди.

Оҳангарон дарёсининг иккинчи қисмидаги худудларда, яъни Туябўғиз сув омборига қуйилишдан олдин ва чиқиш қисми ҳамда Дўстобод шаҳарчасидан юқори қисмида перифитон ва зообентос биоценозлари асосан мезосапробик турларининг кенг тарқалганлиги билан ифодаланади. Худуд сувининг ифлосланиш индекси III ва III-IV синфларига тўғри келади. БПИ ва МБИ қийматлари 4,5÷6, СИ – 1,61÷2,28, экологик ҳолати АБ дан ўтиш АБ-АБ ни ташкил қилди.

Оҳангарон дарёси қуйилиш қисмида сув биоценозлари перифитон ва зообентоснинг шўр сувли муҳитда кўп учрайдиган турларининг сезиларли даражада ривожланиши билан ажралиб туради. Бу сувнинг юқори минераллашганлигини ифодалайди. Сув сифати III ва III-IV синфларига тўғри келади. БПИ ва МБИ қийматлари 4,5÷6, СИ – 1,70÷2,07, экологик ҳолати АБ дан ўтиш АБ-АБ ни ташкил қилди (1,2-расмлар).

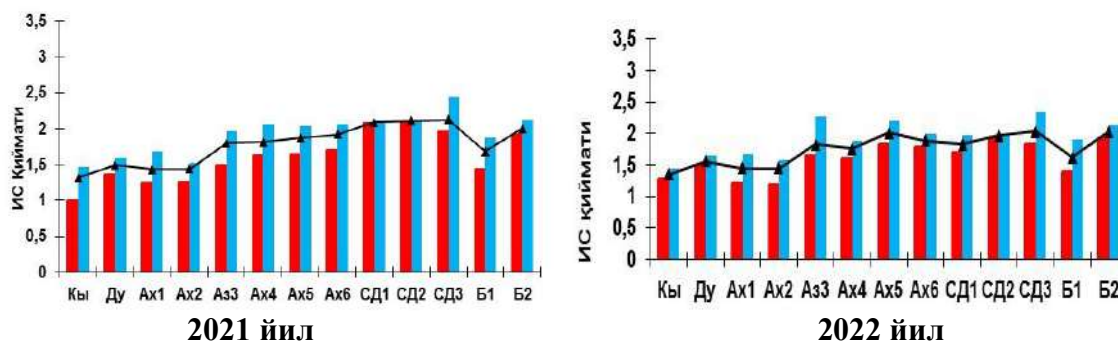
Чирчиқ дарёси ҳавзасига кирувчи асосий дарёлардан Бошқизилсой, Угом ва Чирчиқ дарёларининг экологик ҳолати баҳоланди (2-жадвал).

Бошқизилсой дарёси Чотқол кўриқхонаси худудидан оқиб ўтади, йил давомида сув оқими юқори тезликка эга бўлган тоғ худуди фон мониторинги сув объекти ҳисобланади. Дарёнинг сув сифати I дан II синфгача ўзгаради, ифлосланиш индекси СИ – 1,05÷1,55, БПИ – 8÷10 ва МБИ – 7÷9 балл, экологик ҳолати – АБ (Ф) ни ташкил қилди.

Угом дарёси тоғ ва тоғ олди худудий қисмига кирувчи сув оқими катта тезликка эга бўлган сув объектидир. Сув сифати асосан II синфга тўғри келади, экологик ҳолати АБ(Ф), СИ – 1,28÷1,72, БПИ – 7÷8, МБИ – 6,5÷8 балли кўрсаткичга эга.

Чирчиқ дарёси сув биоценозларининг таркибига кўра шартли равишда учта қисмга ажратилган, юқори қисми Ғазалкент шаҳридан юқорида фон қисми сифатида таснифланади, ўртача ифлосланиш - Чирчиқ шаҳридан Новомихайловка қишлоғидан қуйи қисмигача ва қуйи - Чиноз шаҳри юқори ифлосланган сув объектларига қиради.

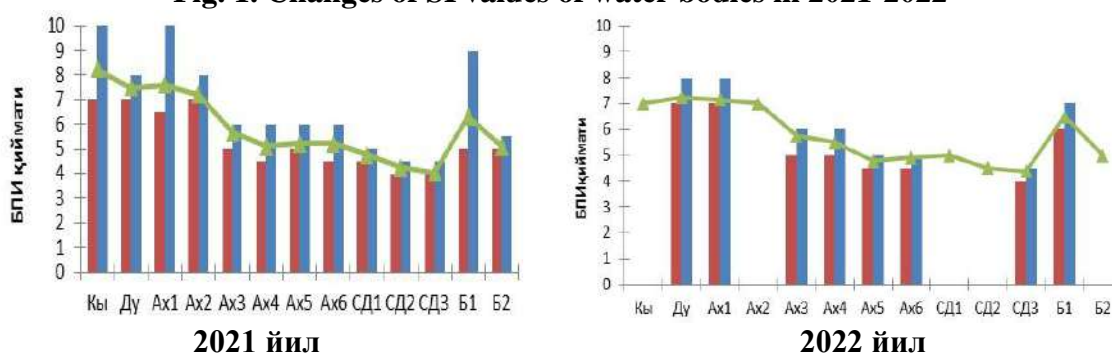
Бўзсув магистрал канали, Қорасув ва Салар каналлари Тошкент ва Янгийўл шаҳарларидан оқиб ўтади. Салар каналининг экологик ҳолати бошқа каналларга нисбатан анча юқори ифлосланишга эга бўлиб, сув биоценозлари b-, b-a, a-мезосапробик тур организмлари билан ифодаланади. Сув сифати Тошкент шаҳридан юқорида III синф, СИ – 1,90÷2,07, БПИ – 5, МБИ – 4,5÷5 балл, экологик ҳолати – АБ, Тошкент ва Янгийўл шаҳарларидан қуйи қисмида сув сифати IV дан V синфгача, СИ – 2,82÷4,90, БПИ ва МБИ – 2÷3 балл кўрсаткичга эга бўлиб, экологик ҳолати - қоникарсиз ёмон ҳолат – АБ гача ўзгаради (3,4-расмлар).



1-расм. 2021-2022 йилларда сув объектларида СИ қийматларининг ўзгаришлари

Рис. 1. Изменения значений СИ в водных объектах в 2021-2022 гг.

Fig. 1. Changes of SI values of water bodies in 2021-2022



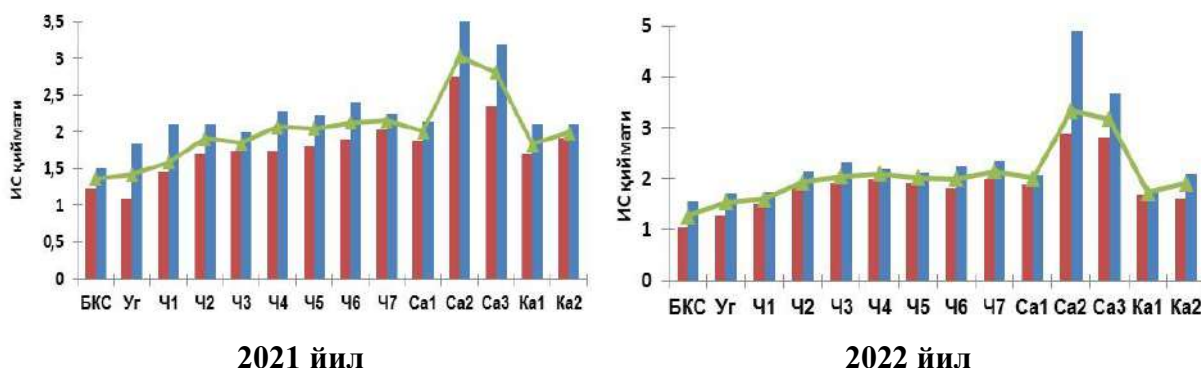
2-расм. 2021-2022 йилларда сув объектларида БПИ қийматларининг ўзгаришлари

Рис. 2. Изменения значений БПИ в водных объектах в 2021-2022 гг.

Fig. 2. Changes of BPI values of water bodies in 2021-2022

1- ва 2 –расмларда келтирилган сув объектларининг шартли белгилари

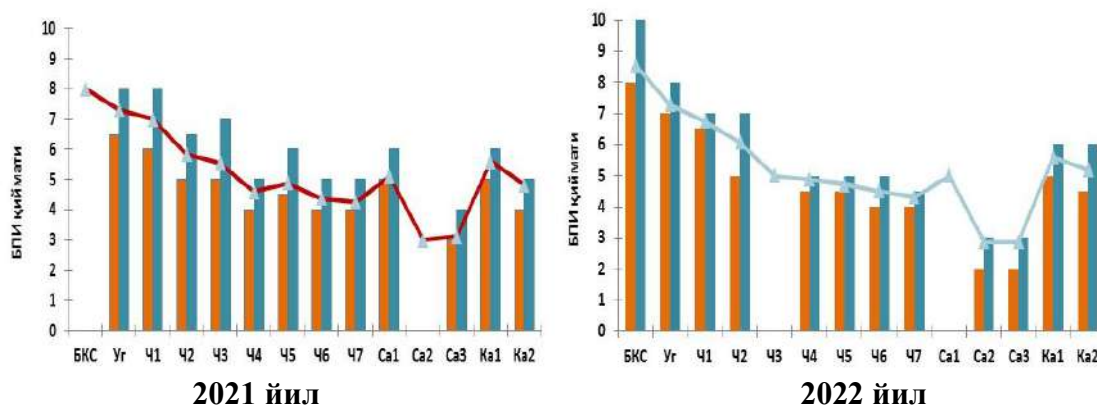
Кы – Қизилча дарёси, Ду – Дуқантсой, Ах1 – Оҳангарон дарёси – юқори – Эртош дарёси қуйилиши қисми, Ах2 – Оҳангарон дарёси – Ангрен шаҳридан қуйида, Ах3 – Оҳангарон дарёси - Туябўғиз сув омборига қуйилиши қисми, Ах4 – Оҳангарон дарёси – Туябўғиз сув омборининг қуйи қисми, Ах5 – Оҳангарон дарёси – Дўстобод шаҳарчаси, Ах6 – Оҳангарон дарёси – қуйилиши жойи, СД1 – Сирдарё дарёси – Бекобод шаҳридан юқорида, СД2 – Сирдарё дарёси – Бекобод шаҳридан қуйида, СД3 – Сирдарё дарёси – ГПК-С коллекторидан қуйида, Б1 – Бўзсув канали – Тошкент шаҳридан юқорида, Б2 – Бўзсув канали – Тошкент шаҳридан қуйида.



3-расм. 2021-2022 йилларда сув объектларида СИ қийматларининг ўзгаришлари

Рис. 3. Изменения значений СИ в водных объектах в 2021-2022 гг.

Fig. 3. Changes of SI values of water bodies in 2021-2022



4-расм. 2021-2022 йилларда сув объектларида БПИ қийматларининг ўзгаришлари

Рис. 4. Изменения значений БПИ в водных объектах в 2021-2022 гг.

Fig. 4. Changes of BPI values of water bodies in 2021-2022

3- ва 4-расмларда келтирилган сув объектларининг шартли белгилари

БКС – Бошқизилсой, Уг – Угом дарёси, Ч1 – Чирчиқ дарёси – Ғазалкент шаҳридан юқорида, Ч2 – Чирчиқ дарёси – Чирчиқ шаҳридан юқорида, Ч3 – Чирчиқ дарёси – Чирчиқ шаҳридан қуйида, Ч4 – Чирчиқ дарёси – Тошкент шаҳридан қуйида, Ч5 – Чирчиқ дарёси – Янгийўл шаҳридан юқорида, Ч6 – Чирчиқ дарёси – Новомихайловка қишлоғидан қуйида, Ч7 – Чирчиқ дарёси – Чиноз шаҳри, Са1 – Салар канали – Тошкент шаҳридан юқорида, Са2 – Салар канали – Тошкент шаҳридан қуйида, Са3 – Салар канали – Янгийўл шаҳридан қуйида, Ка1 – Қорасув канали – Тошкент шаҳридан юқорида, Ка2 – Қорасув канали – Тошкент шаҳридан қуйида.

Хулоса. Олинган гидробиологик маълумотлар шуни кўрсатадики, сув объектларига антропоген омилларнинг таъсири турли сув ҳавзалари сув биоценозларининг таркиби, тузилиши ва экологик ҳолатининг ўзгаришига олиб келади. Юқори даражада ифлосланишлар асосан аҳоли пунктлари жойлашган ҳудудларда, шунингдек, қишлоқ хўжалиги ва саноатлашган ҳудудлар орқали оқиб ўтадиган дарё ҳавзалари сув объектларида кузатилди. Тошкент вилояти сув объектларининг экологик ҳолати гидробиологик мониторинг кузатиш нуқталарида турлича:

- фон мониторинги учун танлаб олинган умумий сув объектларининг 20% ни сув сифати “тоза сувлар” ташкил қилди;
- қониқарли экологик ҳолатга эга ўртача ифлосланган мониторинг ҳудудлар тахминан 60% ни ташкил қилди;
- сув оқимларининг экологик жихатдан ифлосланган ва ўта ифлос қисми умумий объектларнинг тахминан 20% ни ташкил қилди.

АДАБИЁТЛАР

Саидмахмудова Л.А., Тальских В.Н., Герасимова О.Д., Ишчанова Г.К. Экологическое состояние водотоков Ташкентской области в 2019-2020 годах // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. 2021. № 3. – С.89-97.

Ежегодник качества и экологического состояния поверхностных вод по гидробиологическим показателям на территории деятельности Узгидромета за 2022 год. – Ташкент: Узгидромет, 2022.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. Под ред. В.А.Абакумова. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 318 с.

РУз 52.25.32-97. Рекомендации. Методы гидробиологического мониторинга водных объектов региона Центральной Азии. - Ташкент, 1997. – 67с.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В 2021-2022 ГОДАХ**Л.А. САИДМАХМУДОВА¹, Г.К. ИШЧАНОВА¹**¹ Агентство гидрометеорологической службы, lsaidmakhmudova@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты оценки экологического состояния основных водных объектов Ташкентской области в 2021-2022 годах по показателям перифитона и зообентоса биоценозного состава водной биоты по данным Лаборатории гидробиологического мониторинга Агентства гидрометеорологической службы.

Ключевые слова: биоценоз, индикатор, индекс загрязнения вод (ИЗВ), биотический перифитонный индекс (БПИ), модифицированный биотический индекс (МБИ), сапробный индекс (СИ), перифитон, зообентос.

ECOLOGICAL STATE OF WATER BODIES OF THE TASHKENT REGION ACCORDING TO HYDROBIOLOGICAL INDICATORS IN 2021-2022**L.A. SAIDMAKHMUDOVA¹, G.K. ISHCHANOVA¹**¹ Agency of Hydrometeorological Service, lsaidmakhmudova@mail.ru

Abstract. The article provides the results of assessing the ecological state of the main water bodies of the Tashkent region in 2021-2022 by periphyton and zoobenthos indicators of the biocenotic composition of the water biota according to the Hydrobiological Monitoring Laboratory of the Agency of Hydrometeorological Service.

Keywords: biocenosis, indicator, water pollution index (WPI), biotic periphyton index (BPI), modified biotic index (MBI), saprobic index (SI), periphyton, zoobenthos.

REFERENCES

Saidmaxmudova L.A., Talskix V.N., Gerasimova O.D., Ishchanova G.K. Ekologicheskoye sostoyaniye vodotokov Tashkentskoy oblasti v 2019-2020 godax [Environmental state of watersheds in Tashkent region in 2019-2020] // Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredi. 2021. No. 3. – PP. 89-97. (in Russian)

Yejegodnik kachestva i ekologicheskogo sostoyaniya poverxnostnix vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam na territorii deyatelnosti Uzgidrometa za 2022 god [Yearbook of Quality and Ecological State of Surface Water by Hydrobiological Indicators in the Territory of Uzhydromet Activity for 2022]. – Tashkent: Uzgidromet, 2022. (in Russian)

Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnix ekosistem [Guidelines for Hydrobiological Monitoring of Freshwater Ecosystem]. Pod red. V.A.Abakumova. – SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. – 318 p. (in Russian)

RUz 52.25.32-97. Rekomendatsii. Metodi gidrobiologicheskogo monitoringa vodnix obyektov regiona Sentralnoy Azii [Recommendations. Methods of hydrobiological monitoring of water bodies in the Central Asian region]. – Tashkent, 1997. – 67 p. (in Russian)

ЮБИЛЕЙЛАР / ЮБИЛЕИ / ANNIVERSARIES**ЧЕМБАРИСОВУ ЭЛЬМИРУ ИСМАИЛОВИЧУ – 75 ЛЕТ!**

Доктору географических наук, профессору, главному научному сотруднику Научно-исследовательского института ирригации и водных проблемы (НИИИВП) Эльмиру Исмаиловичу Чембарисову 5 апреля 2023 г. исполнилось 75 лет.

Э.И. Чембарисов является ведущим ученым в области гидрохимии, мелиоративной гидрологии и гидроэкологии. Под его руководством и при непосредственном участии проводились обширные гидрохимические исследования на реках и водоемах бассейна Аральского моря.

В 1965 г. он поступил учиться на географический факультет Ташкентского государственного университета, который с отличием закончил по специальности инженер-гидролог.

С 1970 по 1987 гг. Э.И. Чембарисов работал в начале младшим научным сотрудником, а затем руководителем хоздоговорной группы на географическом и биолого-почвенном факультетах Ташкентского государственного университета.

В 1975 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию на географическом факультете Московского государственного университета по теме "Изменение минерализации речных вод Средней Азии в связи с орошением".

С 1988 по 1990 годы Э.И. Чембарисов работал старшим научным сотрудником в Отделе географии Президиума АН Узбекистана.

В 1990 г. он защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора географических наук по теме "Коллекторно-дренажные воды Средней Азии" в институте географии Российской Академии наук (Москва).

С 1991 по 2012 гг. он работал заведующим Лаборатории гидрохимии в Институте водных проблем.

В 2005 г. Э.И. Чембарисову присвоено ученое звание профессора в области гидрологии суши, водных ресурсов и гидрохимии.

С 2012 г. по настоящее время является главным научным сотрудником Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем.

Направления научной деятельности Эльмира Исмаиловича довольно широки: гидрология, гидрохимия, гидроэкология, водные ресурсы, охрана и рациональное использование природных ресурсов.

Методология, масштабы и научный уровень его исследований позволили заложить основы мелиоративной гидрохимии поверхностных вод в Узбекистане.

С 2021 г. по настоящее время Э.И. Чембарисов является членом редакционной коллегии международного научно-практического журнала "Глобальные науки и инновации в XXI веке: Центральная Азия" (Казахстан), ежемесячного сборника "Центра перспективных научных публикаций" (Россия) и научного журнала «Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды (издаваемого в НИГМИ).

Э.И. Чембарисов - автор 220 научных трудов, среди которых можно отметить "Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии" (1989 г.), "Гидрохимия орошаемых территорий (на примере бассейна Аральского моря)" (1988), "Коллекторно-дренажные воды Республики Каракалпакстан" (2008), "Практическая гидроэкология (на примере Республики Каракалпакстан)" (2012), "Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна р. Амударья)" (2016), "Водный кадастр" (2018), "Комплексная оценка влияния

мелиорации на гидроэкологическое состояние водных ресурсов Республики Каракалпакстан и пути его уменьшения” (2020), “Особенности гидрологического и гидрохимического мониторинга поверхностных вод Кашкадарьинской области” (2018), “Особенности гидрологического и гидрохимического мониторинга поверхностных вод среднего течения р. Сырдарья” (2019), “Особенности гидрологического и мелиоративного мониторинга орошаемой территории Республики Каракалпакстан” (2022), “Гидрологические и гидрохимические особенности поверхностных вод бассейна р. Зеравшан” (2022).

Э.И. Чембарисов выполняет значительную работу в сфере подготовки высококвалифицированных кадров для республики, под его руководством защищено восемь кандидатских и две докторские диссертации, из них трое являются представителями Республики Каракалпакстан.

В течении нескольких лет Э.И. Чембарисов был экспертом Высшей аттестационной комиссии Узбекистана по наукам о Земле. В настоящее время он является членом Научного Совета по присуждению ученых степеней по специальностям “11.00.03 - Гидрология суши. Водные ресурсы. Гидрохимия” и “11.00.04 - Метеорология. Климатология. Агрометеорология”.

Э.И. Чембарисов участник более ста международных и республиканских научно-практических конференций. В 1990 г. он принял участие на Международной конференции по спасению Арала в США (Блумингтон, штат Индиана), в 1996 г. избран почетным профессором Американского гидрологического института, в 1977 г. успешно закончил курсы по повышению квалификации в Центральном Европейском Университете (Варшава).

В настоящее время Э.И. Чембарисов руководит соискателями, занимающимися исследованием комплексной оценки влияния мелиорации на гидроэкологическое состояние водных ресурсов республики и путей их уменьшения, результаты которых воплощаются в виде докторских диссертаций (PhD и DSc).

Сердечно поздравляем Эльмира Исмаиловича с семидесятипятилетием и искренне желаем ему доброго здоровья, благополучия и новых творческих успехов.

