

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

**2024**

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**

**2024**

**Тошкент**

## ТАҲРИР КЕНГАШИ

### Таҳрир кенгаши раиси:

Ҳабибуллаев Шерзод  
Ҳабибуллаҳўжаевич

### Масъул котиб:

Рўзиева Малоҳат Бахтиёрвна

### Таҳрир кенгаши аъзолари:

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

## ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ

### Бош муҳаррир:

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

### Бош муҳаррир ўринбосари:

Ҳикматов Фазлиддин,  
г.ф.д., проф.

### Таҳрир ҳайъати аъзолари:

Абдурахимов Бахтиёр Файзиевич, ф.-м.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Аденбаев Бахтиёр Ембергенович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Агзамов Файзулла Саидақбарович, и.ф.н. (Ўзбекистон); 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); Гафуров Акмал Акрамович, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Гуния Гарри Сергеевич, г.ф.д., проф. (Грузия); Гущина 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 Одилевич, тех.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Мягков Сергей Владимирович, тех.ф.д., к.и.х. (Ўзбекистон); Нишонов Мухтор Мадаминович, ф.-м.ф.н., доц. (Ўзбекистон); Раҳмонов Комилжон Раджабович, г.ф.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Рафиқов Ваҳоб Асомович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Тилляходжаева Зухраҳон Джахангирвна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Тлеумуратова Бибигуль Сариевна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Тургунов Данияр Маннапжанович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Умирзақов Ғулумжон Ўнгарбоевич, қ.х.ф.ф.д., доц. (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); Чембарисов Эльмир Исмаилович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Чередниченко Александр Владимирович, г.ф.д., проф. (Қозғоғистон); Эгамбердиев Хамракул 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 журналдан 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 Ғувоҳнома 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, 2024

## 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); 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); Гафуров Акмал Акрамович, д.ф.г.н. (Узбекистан); Гуния Гарри Сергеевич, д.г.н., проф. (Грузия); Гущина Дарья Юрьевна, д.г.н. (Россия); Дергачёва Ирина Викторовна, д.ф.г.н. (Узбекистан); Камалов Баходир Асамович, д.г.н., доц. (Узбекистан); Карандаева Лидия Михайловна, к.т.н., с.н.с. (Узбекистан); Мамаджанова Гавхар Ахматхоновна, д.ф.-м.н. (Узбекистан); Мурадов Шухрат Одилович, д.т.н., проф. (Узбекистан); Мягков Сергей Владимирович, д.т.н., с.н.с. (Узбекистан); Нишонов Мухтор Мадаминович, к.ф.-м.н., доц. (Узбекистан); Рахмонов Комилжон Раджабович, д.ф.г.н., доц. (Узбекистан); Рафигов Вахоб Асомович, д.г.н., проф. (Узбекистан); Тилляходжаева Зухраhon Джахангировна, д.ф.г.н. (Узбекистан); Тлеумуратова Бибигуль Саробаевна, д.ф.-м.н. (Узбекистан); Тургунов Данияр Маннапжанович, д.г.н., доц. (Узбекистан); Умирзаков Гуломжон Унгарбаевич, д.ф.с.-х.н., доц. (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); Чембарисов Эльмир Исмаилович, д.г.н., проф. (Узбекистан); Чередниченко Александр Владимирович, д.г.н., проф. (Казахстан); Эгамбердиев Хамракул Турсункулович, д.г.н., проф. (Узбекистан); Юнусов Голиб Ходжаевич, д.г.н., доц. (Узбекистан); Якубов Мурод Адилевич, д.т.н., проф. (Узбекистан).

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

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

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

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

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

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

ISSN 2181-1261

© Агентство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, 2024

## EDITORIAL COUNCIL

### Chairman of the Editorial Council:

Sherzod Khabibullakhujaevich  
Khabibullaev

### Assistant Editor:

Ruzieva Malokhat Bakhtiyorovna

### Members of the Editorial Council:

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

## EDITORIAL BOARD

### Editor-in-Chief:

Bakhtiyar Makhamatjanovich Kholmatjanov,  
*D.Sc. in Geog., 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)*; **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)*; **Gafurov Akmal Akramovich**, *Ph.D. in Geog. 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 Akhmatkhonovna Mamadjanova**, *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Shukhrat Odilovich Muradov**, *D.Sc. in Tech. (Uzbekistan)*; **Sergey Vladimirovich Myagkov**, *D.Sc. in Tech. (Uzbekistan)*; **Mukhtor Madaminovich Nishonov**, *Ph.D. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Komiljon Radjabovich Rakhmonov**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Vakhob Asomovich Rafikov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Zukhraxon Djakhangiromna Tillyakhodjaeva**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Bibigul Saribaevna Tleumuratova**, *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Daniyar Mannapjanovich Turgunov**, *D.Sc. in Geog. (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)*; **Elmir Ismailovich Chembarisov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Alexandr Vladimirovich Cherednichenko**, *D.Sc. in Geog. (Kazakhstan)*; **Khamrakul Tursunkulovich Egamberdiev**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Golib Khodjaevich Yunusov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Murod Adilovich Yakubov**, *D.Sc. in Tech. (Uzbekistan)*.

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

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

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

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

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

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

ISSN 2181-1261

© Agency of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan, 2024

# МУНДАРИЖА

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

### **О.Л. Бабушкин, А.Ё. Норхўжаев**

Лойиҳаланаётган «Тошкент-Шарқий» аэродроми ҳудудида шамол режимининг иқлимий хусусиятлари ..... 8

### **М.Л. Арушанов, Х.У. Умеров, Л.Ю. Шардакова**

Сунъий йўлдош тасвирлари ёрқинлик ҳарорати маълумотлари асосида аэрозол оптик қалинликни миқдорий баҳолаш ..... 19

### **Г.Ш. Эшмуратова**

SPI курғоқчилик индексининг Ўзбекистон ҳудудлари бўйича фазовий-мавсумий тақсимланиши..... 27

## ГИДРОЛОГИЯ

### **М.Ш. Абдиева, Ф.Ф. Садиев, С.Ф. Фатуллоев**

Зарафшон дарёси суви лойқа оқизиклар миқдорининг турли даврларда ўзгариши ..... 35

### **Ф. Ҳикматов, К.Р. Рахмонов, Х.Н. Магдиев**

Тоғ дарёлари ҳавзалари юзаларидан тупроқ-грунтлар ювилишини уларнинг иқлимий келиб чиқишини ҳисобга олиб карталаштириш ..... 43

### **С.С. Сувонқулов, А.Ж. Мамараимов, Д.М. Турғунов**

Ойгаинг дарёси ҳавзаси ирмоқларининг морфометрик кўрсаткичларини ГАТ ёрдамида аниқлаш ..... 51

### **Э.И. Чембарисов, А.И. Баллиев**

Иқлим ўзгариши шароитида Қорақалпоғистон Республикаси ирригация сув оқимларининг ифлосланиши ..... 58

## АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

### **Б.Э. Нишонов, С.Р. Исабеков, Ғ.У. Умирзаков,**

### **Л.А. Саидмахмудова, М.Н. Нурматов**

Тошкент шаҳри атмосфера ёғинлари таркибидаги стабил изотоплар ..... 69

### **Б. Алихонов, Ж. Казбеков, Б. Холхўжаев, Э. Омонов, Т. Сабитов**

Иқлим ўзгаришини юмшатиш мақсадларида атмосфера ҳавосини муҳофаза қилиш ва ҳудудларни яшиллаштиришнинг долзарб масалалари ..... 77

### **У.А. Содиқова, И.А. Усманов, М.Ш. Абдиева**

Қорақалпоғистон Республикаси қишлоқ аҳолисини ичимлик суви билан таъминлашнинг ҳозирги ҳолати ..... 89

## ХОТИРА ВА ЮБИЛЕЙЛАР

Олег Леонидович Бабушкин – 80 ёшда! ..... 95

# СОДЕРЖАНИЕ

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

**О.Л. Бабушкин, А.Ё. Норхужаев**

Климатическая характеристика ветрового режима в районе проектируемого аэродрома «Ташкент-Восточный» ..... 8

**М.Л. Арушанов, Х.У. Умеров, Л.Ю. Шардакова**

Количественная оценка аэрозольной оптической толщины по данным спутниковых снимков яркостной температуры ..... 19

**Г.Ш. Эшмуратова**

Пространственно-временное распределение индекса засушливости SPI по областям Узбекистана ..... 27

## ГИДРОЛОГИЯ

**М.Ш. Абдиева, Ф.Ф. Садиев, С.Ф. Фатуллоев**

Колебания уровня мутности в реке Зеравшан в разные периоды времени ..... 35

**Ф. Хикматов, К.Р. Рахмонов, Х.Н. Магдиев**

Картографирование смыва почво-грунтов с поверхности горных речных бассейнов с учетом их климатической обусловленности ..... 43

**С.С. Суванкулов, А.Ж. Мамараимов, Д.М. Тургунов**

Определение морфометрических показателей притоков бассейна реки Ойгаинг с помощью ГИС ..... 51

**Э.И. Чембарисов, А.И. Баллиев**

Загрязненность оросительных водотоков Республики Каракалпакстан в условиях изменения климата ..... 58

## МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Б.Э. Нишонов, С.Р. Исабеков, Г.У. Умирзаков,**

**Л.А. Саидмахмудова, М.Н. Нурматов**

Стабильные изотопы в атмосферных осадках города Ташкент ..... 69

**Б. Алихонов, Ж. Казбеков, Б. Холходжаев, Э. Омонов, Т. Сабитов**

Актуальные вопросы охраны атмосферного воздуха и озеленения территорий в целях смягчения изменения климата ..... 77

**У.А. Содикова, И.А. Усманов, М.Ш. Абдиева**

Современное состояние питьевого водоснабжения сельского населения в Республике Каракалпакстан ..... 89

## ХРОНИКА И ЮБИЛЕИ

Олегу Леонидовичу Бабушкину – 80 лет! ..... 95

## CONTENTS

## METEOROLOGY

**O.L. Babushkin, A.Y. Norkhujaev**

Climatic characteristics of wind regime in the area of the projected Tashkent-East airfield ..... 8

**M.L. Arushanov, Kh.U. Umerov, L.Yu. Shardakova**

Quantitative assessment of aerosol optical thickness according to satellite images brightness temperature ..... 19

**G.Sh. Eshmuratova**

Spatio-temporal distribution of the SPI drought index in the regions of Uzbekistan ..... 27

## HYDROLOGY

**M.Sh. Abdieva, F.F. Sadiev, S.F. Fatulloev**

Fluctuations in turbidity levels in the Zeravshan River in different periods ..... 35

**F. Khikmatov, K.R. Rakhmanov, Kh.N. Magdiev**

Mapping of soil erosion from the surface of mountain river basins taking into account their climatic condition ..... 43

**S.S. Suvankulov, A.J. Mamaraimov, D.M. Turgunov**

Determination of the morphometric indicators of the streams of the Oygaing River basin by using GIS ..... 51

**E.I. Chembarisov, A.I. Balliev**

Pollution of irrigation watercourses of the Republic of Karakalpakstan in the conditions of climate change ..... 58

## ENVIRONMENTAL MONITORING

**B.E. Nishonov, S.R. Isabekov, G.U. Umirzakov, L.A. Saidmakhmudova, M.N. Nurmatov**

Stable isotopes in atmospheric precipitation of Tashkent city ..... 69

**B. Alikhanov, J. Kazbekov, B. Kholkhudzhaev, E. Omonov, T. Sabitov**

Current issues in air protection and greening of territories for climate change mitigation in Uzbekistan ..... 77

**U.A. Sadikova, I.A. Usmanov, M.Sh. Abdieva**

The current state of drinking water supply of the rural population in the Republic of Karakalpakstan ..... 76

## CHRONICLE AND ANNIVERSARIES

Oleg Leonidovich Babushkin is 80 Years Old! ..... 95

---

**МЕТЕОРОЛОГИЯ / METEOROLOGY**

---

УДК: 551.587

**КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕТРОВОГО РЕЖИМА  
В РАЙОНЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО АЭРОДРОМА  
«ТАШКЕНТ-ВОСТОЧНЫЙ»****О.Л. БАБУШКИН<sup>1\*</sup>, А.Ё. НОРХУЖАЕВ<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, boleg1944@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлена климатическая характеристика ветрового режима в районе проектируемого аэродрома «Ташкент-Восточный» в соответствии с РД «Требования к составлению климатического описания аэродрома». Для работы использованы имеющиеся метеорологические данные дневников погоды АВ-6 за 5-летний период с 2008 по 2012 гг. Приведена сравнительная характеристика ветрового режима с материалами метеорологической станции Ташкент-обсерватория за тот же период. Показано смещение максимальной повторяемости направления ветра в осенне-зимне-весенний период с восток-северо-восточного в районе аэродрома Ташкент-Восточный на восточное в районе метеорологической станции Ташкент-обсерватория, в летние месяцы – с восточного на восток-юго-восточный.

**Ключевые слова:** климатическая характеристика, ветровой режим, аэродром «Ташкент-Восточный», скорость ветра, направление ветра, роза ветров.

**Введение.** Ташкент связан международными авиалиниями со многими странами Ближнего и Среднего Востока, Юго-восточной и Центральной Азии. Ташкентская авиаметеорологическая станция (ТАМС) обслуживает международные рейсы в Сеул, Пекин, Урумчи, Дубай, Стамбул, некоторые столицы стран СНГ и города России. По данным Минтранса [Пассажиропоток ..., 2023], по итогам первого полугодия 2023 года пассажиропоток аэропорта «Ташкент» вырос на 39% по сравнению с предыдущим годом и составил 3 млн. пассажиров, к концу года он ожидался порядка 7 млн. пассажиров.

В целях улучшения качества обслуживания пассажиров международных рейсов, соответствия его мировым стандартам, в 2017 и 2018 гг. вышли Постановления Президента Республики Узбекистан о строительстве современного аэропортового комплекса гражданской (деловой) авиации на базе аэродрома «Ташкент-Восточный» и о дополнительных мерах по ускорению его строительства (№ ПП-3104 от 30.06.2017 г. и № ПП-3456 от 03.01.2018 г.). Аэропорт должен быть оснащён современным радиотехническим и метеорологическим оборудованием класса ICAO III-A, обеспечивающим взлёт и посадку самолетов в сложных метеоусловиях.

В 2023 г. после посещения Президента Республики Узбекистан строящегося аэропорта его Генеральный план был доработан и принято решение о финансировании следующих этапов строительства [Президент ..., 2023].

Для метеорологического обеспечения работы аэропорта необходим документ в виде климатической характеристики аэродрома, обязательный для организаций, ответственных за планирование и обеспечение безопасности полетов, а также

---

\* Ответственный автор: boleg1944@mail.ru, тел.: +998 90 167-55-04

необходимый в работе по метеорологическому обеспечению авиации, по эксплуатации аэродромов и воздушных судов [РД ..., 2007].

Одной из важнейших климатических характеристик для авиации является ветровой режим. В районе аэропорта учет ветрового режима необходим при взлете и посадке самолетов, так как в зависимости от скорости и направления ветра может измениться время и длина разбега при взлете, длина пробега при посадке. При боковом направлении ветра при посадке отмечается снос самолета от заданного направления, и неточный его учет может привести к приземлению вне взлетно-посадочной полосы (ВПП), боковая составляющая ветра создает момент силы, стремящейся повернуть самолет носом против ветра. Для обеспечения безопасности полетов приняты предельные значения скорости боковой составляющей ветра, при которых могут взлетать и садиться самолеты. Для магистральных самолетов это 15 м/с при сухой полосе и до 5-8 м/с – для мокрой. Для легких самолетов она не должна превышать 10 м/с [Баранов и др., 1975; Богаткин, 2005, 2009].

**Цель работы:** дать климатическое описание ветрового режима в районе строящегося аэродрома «Ташкент-Восточный».

**Задача** данной работы: расчет и обобщение повторяемостей суточного и годового распределения значений скорости и направления ветра в районе данного аэродрома.

**Объект исследования:** приземный слой атмосферы в районе аэродрома «Ташкент-Восточный».

**Предмет исследования:** ветровой режим в районе аэродрома «Ташкент-Восточный».

**Исходные данные.** Согласно Руководящему документу «Требования к составлению климатического описания аэродрома», климатическое описание может основываться на метеорологических материалах не менее 5-летнего периода [РД ..., 2007]. Для работы использованы метеорологические данные дневников погоды АВ-6 аэродрома Ташкент-Восточный за 5-летний период с 2008 по 2012 гг., а также метеорологические данные станции Ташкент-Обсерватория за этот же период.

В работе использованы статистические **методы исследования.**

**Основные результаты и их обсуждение. Направление ветра.** Преобладающее направление ветра связано с направлением барических градиентов. Большую роль в наших районах играет влияние орографического антициклона, расположенного над горами Западного Тянь-Шаня, вызывающего ветры северо-восточной четверти горизонта. В предгорьях на это накладываются особенности общей и местной циркуляции. В зимнее время влияние оказывает юго-западная периферия отрога зимнего азиатского антициклона, весной его действие прекращается, но сохраняется влияние орографического антициклона. В летний период над перегретыми пустынными территориями возникает термическая депрессия, также оказывающая свое воздействие на направление ветра в предгорной полосе. На все эти процессы накладывается действие местной горно-долинной циркуляции [Балашева и др., 1960; Климат..., 1982].

За рассматриваемые годы (2008-2012 гг.) на аэродроме Ташкент-Восточный в среднем за год преобладающими являются ССВ, ВСВ и восточные ветры с повторяемостью 20%, 16% и 10%, соответственно. Относительно редко отмечаются ВЮВ, ЮЮВ, ЗЮЗ и западные ветры, повторяемость которых за год составляет менее 5% (табл. 1). В течение года повторяемость направлений ветра распределяется неравномерно.

Чаще всего отмечаются ВСВ ветры с октября по март и с мая по июнь, составляя 19-24%, не опускаясь ниже 15% в остальные месяцы. Повторяемость восточного ветра не опускается ниже 12%. Несколько реже отмечается ССВ ветер, составляя с января по май

10-12%, во второй половине года снижаясь до 7-8% с наименьшими значениями в августе и сентябре. Повторяемость ССЗ ветра составляет 7-10% с марта по ноябрь. Выделяются также ЮЮЗ и южное направления с повторяемостью 5-10%. Реже всего, в 2-6% случаев, отмечаются ветры ВЮВ, ЮЮВ, ЗЮЗ и З направлений (табл. 1).

Таблица 1

**Повторяемость (%) направлений ветра по месяцам на аэродроме  
«Ташкент-Восточный» за 2008-2012 гг.**

Table 1

**Frequency (%) of wind directions by month  
at the Tashkent-Vostochny airfield for 2008-2012**

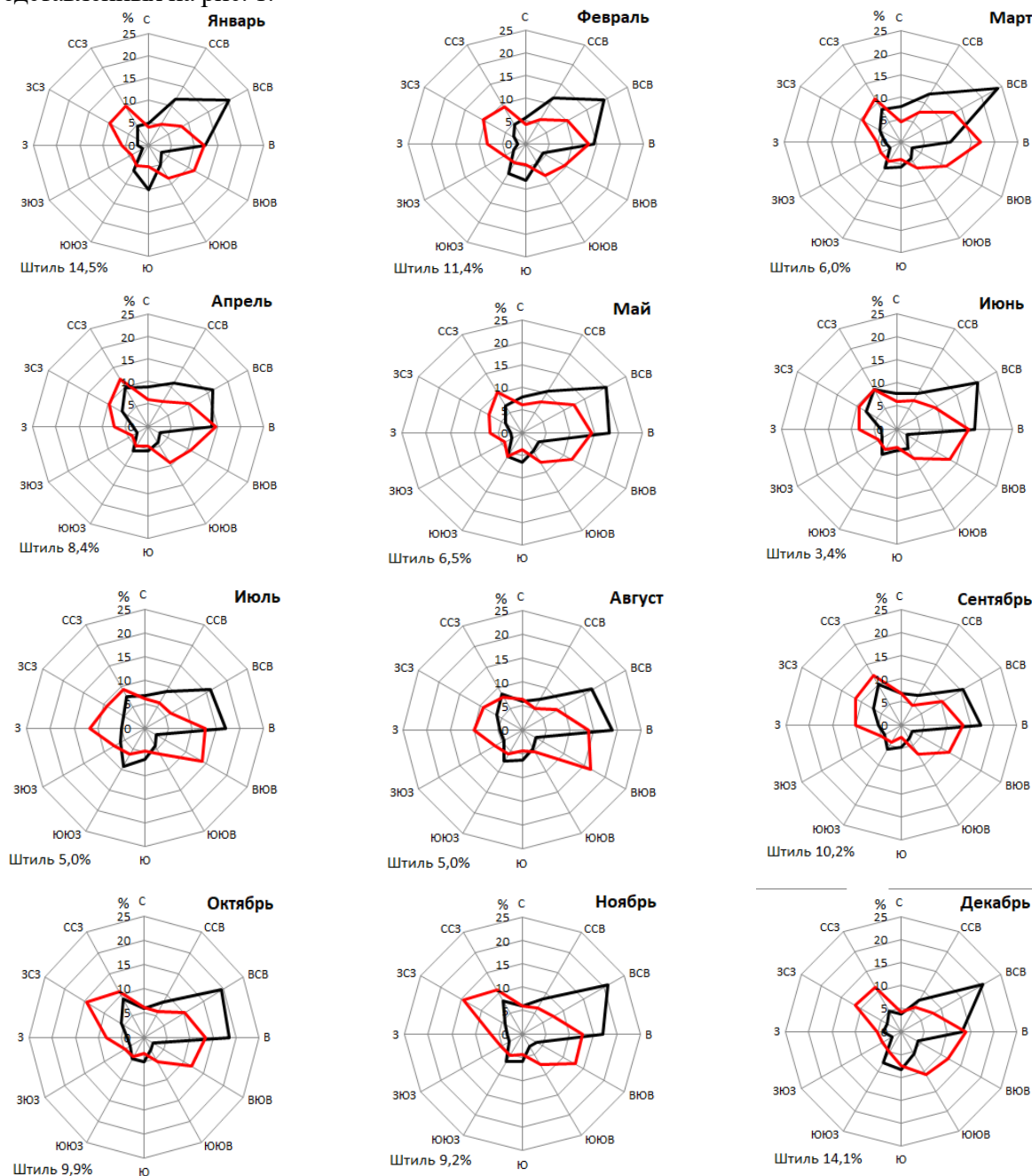
| Направ-<br>ление     | Месяц       |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | Год         |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                      | I           | II          | III         | IV          | V           | VI          | VII         | VIII        | IX          | X           | XI          | XII         |             |
| Ташкент-Восточный    |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| Штиль                | 14,5        | 11,5        | 6,0         | 8,0         | 6,5         | 3,0         | 5,0         | 5,0         | 10,2        | 9,9         | 9,2         | 14,1        | 8,5         |
| С                    | 4,8         | 5,7         | 7,9         | 8,7         | 7,8         | 7,8         | 6,7         | 5,9         | 6,9         | 6,0         | 6,0         | 3,8         | 6,5         |
| ССВ                  | <b>11,7</b> | <b>11,6</b> | <b>12,2</b> | <b>11,1</b> | <b>10,6</b> | 8,8         | 8,8         | 7,5         | 7,4         | 8,4         | 8,7         | 7,9         | 9,6         |
| ВСВ                  | <b>20,1</b> | <b>19,2</b> | <b>23,8</b> | <b>16,3</b> | <b>20,1</b> | <b>20,1</b> | <b>16,0</b> | <b>16,9</b> | <b>15,5</b> | <b>19,5</b> | <b>21,0</b> | <b>20,4</b> | <b>19,1</b> |
| В                    | <b>12,3</b> | <b>14,5</b> | <b>10,7</b> | <b>13,8</b> | <b>18,1</b> | <b>16,8</b> | <b>16,9</b> | <b>19,0</b> | <b>17,2</b> | <b>18,6</b> | <b>17,1</b> | <b>13,2</b> | <b>15,7</b> |
| ВЮВ                  | 3,2         | 4,2         | 2,7         | 3,0         | 4,0         | 2,5         | 2,6         | 3,3         | 2,6         | 2,2         | 3,5         | 4,1         | 3,2         |
| ЮЮВ                  | 5,1         | 4,9         | 4,4         | 4,2         | 4,5         | 4,9         | 4,3         | 4,6         | 3,4         | 2,9         | 3,1         | 5,6         | 4,3         |
| Ю                    | <b>10,0</b> | 8,1         | 5,8         | 5,5         | 6,5         | 4,7         | 6,6         | 6,5         | 4,8         | 5,0         | 5,9         | 8,4         | 6,5         |
| ЮЮЗ                  | 6,7         | 7,6         | 6,8         | 6,4         | 6,2         | 6,4         | 9,2         | 7,6         | 6,1         | 5,1         | 6,8         | 8,0         | 6,9         |
| ЗЮЗ                  | 1,5         | 3,0         | 2,8         | 2,7         | 2,4         | 3,7         | 5,9         | 4,3         | 4,1         | 3,6         | 3,2         | 2,2         | 3,3         |
| З                    | 2,4         | 1,8         | 3,5         | 3,3         | 2,3         | 3,4         | 5,0         | 4,7         | 4,9         | 3,8         | 3,2         | 3,8         | 3,5         |
| ЗСЗ                  | 2,8         | 3,0         | 5,1         | 6,6         | 4,1         | 7,7         | 5,1         | 6,1         | 7,0         | 5,8         | 4,2         | 3,4         | 5,1         |
| ССЗ                  | 4,9         | 4,9         | 8,2         | 9,9         | 6,9         | 9,9         | 7,7         | 8,7         | <b>10,0</b> | 9,1         | 8,2         | 5,0         | 7,8         |
| Ташкент-обсерватория |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| Штиль                | 10,1        | 5,9         | 4,5         | 4,6         | 3,4         | 3,3         | 3,2         | 5,3         | 4,5         | 5,0         | 9,8         | 11,6        | 5,9         |
| С                    | 4,0         | 4,1         | 4,2         | 5,7         | 5,9         | 5,8         | 5,9         | 6,0         | 6,5         | 5,8         | 5,4         | 3,8         | 5,3         |
| ССВ                  | 5,5         | 6,1         | 7,4         | 6,0         | 7,6         | 6,9         | 5,9         | 4,9         | 4,6         | 5,7         | 5,7         | 5,3         | 6,0         |
| ВСВ                  | 8,3         | <b>10,3</b> | <b>12,4</b> | 9,7         | <b>12,1</b> | 9,1         | 6,0         | 7,9         | 9,8         | 9,7         | 6,8         | 7,0         | 9,1         |
| В                    | <b>12,0</b> | <b>13,4</b> | <b>16,2</b> | <b>14,1</b> | <b>13,9</b> | <b>14,9</b> | <b>12,2</b> | <b>13,2</b> | <b>12,8</b> | <b>12,8</b> | <b>11,4</b> | <b>12,4</b> | <b>13,3</b> |
| ВЮВ                  | <b>11,3</b> | 9,5         | <b>10,6</b> | <b>10,2</b> | <b>11,7</b> | <b>12,7</b> | <b>13,4</b> | <b>15,7</b> | <b>11,4</b> | <b>11,4</b> | <b>11,7</b> | <b>10,3</b> | <b>11,7</b> |
| ЮЮВ                  | 8,6         | 8,0         | 6,6         | 8,8         | 7,4         | 7,2         | 6,1         | 5,0         | 7,0         | 5,7         | 6,8         | 9,7         | 7,3         |
| Ю                    | 4,8         | 4,6         | 3,9         | 4,3         | 3,7         | 3,8         | 4,6         | 4,3         | 2,5         | 3,1         | 4,0         | 6,6         | 4,2         |
| ЮЮЗ                  | 5,3         | 4,8         | 4,8         | 4,9         | 5,9         | 5,0         | 6,2         | 5,5         | 4,1         | 4,4         | 4,8         | 4,5         | 5,0         |
| ЗЮЗ                  | 4,3         | 5,3         | 4,7         | 3,9         | 4,1         | 4,6         | 7,2         | 6,2         | 4,7         | 4,5         | 4,8         | 4,1         | 4,9         |
| З                    | 5,9         | 8,2         | 5,0         | 7,1         | 6,5         | 7,9         | 11,2        | 9,5         | 9,5         | 7,9         | 6,0         | 4,7         | 7,5         |
| ЗСЗ                  | 9,9         | <b>10,6</b> | 9,1         | 9,3         | 7,8         | 9,3         | 9,0         | 9,0         | <b>10,9</b> | <b>13,7</b> | <b>13,2</b> | <b>10,1</b> | <b>10,2</b> |
| ССЗ                  | <b>10,0</b> | 9,2         | <b>10,7</b> | <b>11,6</b> | <b>10,0</b> | 9,6         | 9,0         | 7,5         | <b>11,7</b> | <b>10,3</b> | 9,8         | 9,8         | <b>10,0</b> |

*Примечание: Жирным шрифтом отмечены наибольшие повторяемости направления ветра.*

*Note: The highest frequency of wind directions is shown in bold.*

Проведено сравнение ветрового режима в районе аэродрома Ташкент-Восточный с данными метеорологической станции Ташкент-обсерватория, расположенной в 8 км западнее в центральной части Ташкента, для которой выполнена статистическая обработка материалов по ветру за тот же временной период (2008-2012 гг.). Определенно смещение максимального направления ветра на 30° с ВСВ на восточное направление в районе Ташкент-обсерватории. Если в районе аэродрома Ташкент-Восточный максимальная повторяемость средних годовых значений 19,1% и 15,7% приходится на ВСВ и В направления, соответственно, то в районе

Ташкент-обсерватория максимальная повторяемость смещена к В и ВЮВ по 13,3 и 11,7%, соответственно. Разница в повторяемости направлений ветра хорошо видна на розах ветров, представленных на рис. 1.



**Рис. 1. Роза ветров повторяемости (%) направлений ветра по месяцам на станции Ташкент-Восточный (черная линия) и Ташкент-обсерватория (красная линия)**

**Fig. 1. Wind frequency rose (%) occurring by month at the Tashkent-Vostochny station (black line) and Tashkent Observatory (red line)**

**Скорость ветра.** Район аэродрома Ташкент-Восточный характеризуется незначительными величинами средних месячных скоростей ветра. В течение года они колеблются от 1,9 м/с в январе, октябре-декабре до 2,5 м/с в марте, мае и июне. В среднем

за год скорость ветра составила 2,2 м/с. Эти скорости на 0,3-0,8 м/с выше скоростей ветра по данным метеостанции Ташкент-обсерватория, рассчитанные за тоже период. Наибольшие различия, достигающие 0,6-0,8 м/с, отмечены в феврале – июле и в сентябре. В целом за год разница составила 0,6 м/с. Максимальные скорости ветра на аэродроме Ташкент-Восточный в отдельные годы с марта по июнь и в октябре-ноябре достигали 15-16 м/с, что значительно выше, чем в районе Ташкент-обсерватория, где она не превышала 8-9 м/с за тот же период (табл. 2).

Таблица 2

**Годовой ход средней и максимальной скорости ветра (м/с) на метеостанции Ташкент-обсерватория [Научно ..., 1989] (1) и за период 2008-2012 гг. (2), на аэродроме «Ташкент-Восточный» за 2008-2012 гг. (3)**

Table 2

**Annual variation of average and maximum wind speed (m/s) at the Tashkent Observatory weather station [Nauchno ..., 1989] (1) and for the period 2008-2012. (2), at the Tashkent-Vostochny airfield for 2008-2012 (3)**

| Период                                    | Месяц      |            |            |            |            |      |            |       |            |       |      |      | Год  |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------|------------|-------|------------|-------|------|------|------|
|   | I          | II         | III        | IV         | V          | VI   | VII        | VIII  | IX         | X     | XI   | XII  |      |
| Средняя месячная и годовая скорость ветра |            |            |            |            |            |      |            |       |            |       |      |      |      |
| 1   | 1,7        | 1,9        | 2,1        | 2,0        | 1,9        | 1,8  | 1,7        | 1,6   | 1,6        | 1,5   | 1,6  | 1,6  | 1,8  |
| 2   | 1,6        | 1,6        | 1,7        | 1,7        | 1,7        | 1,7  | 1,6        | 1,6   | 1,5        | 1,5   | 1,5  | 1,5  | 1,6  |
| 3   | 1,9        | 2,2        | 2,5        | 2,3        | 2,5        | 2,5  | 2,3        | 2,1   | 2,1        | 1,9   | 1,9  | 1,9  | 2,2  |
| Максимальная скорость ветра               |            |            |            |            |            |      |            |       |            |       |      |      |      |
| 1   | 10         | 9          | 15         | 20         | 17         | 10   | 10         | 10    | 9          | 12    | 12   | 12   | 20   |
| 2   | 4          | 9          | 8          | 4          | 4          | 8    | 5          | 6     | 4          | 4     | 4    | 4    | 9    |
| Год                                       | 2008, 2009 | 2008       | 2008       | еже- годно | еже- годно | 2008 | 2008, 2012 | 2008, | 2008, 2011 | 2008, | 2011 | 2012 | 2008 |
| 3   | 10         | 12         | 15         | 15         | 15         | 15   | 12         | 10    | 10         | 16    | 15   | 8    | 16   |
| Год                                       | 2010, 2012 | 2011, 2012 | 2008- 2010 | 2009       | 2010       | 2009 | 2010       | 2008  | 2008, 2011 | 2011  | 2011 | 2009 | 2011 |

Распределение скоростей ветра по градациям показало, что в районе аэродрома преобладают слабые ветры со скоростью 1-2 м/с. На эту градацию в целом за год приходится 69% случаев, а вместе со штилями 77%. Наибольшая повторяемость таких случаев (вместе со штилем) превышает 80% в холодный период года с октября по январь. В мае и июне она опускается ниже 70%. Ветры со скоростью 3-5 м/с в среднем за год составляют 21%, достигая в марте, мае и июне 28-31%. Наиболее низкая повторяемость таких ветров, составляющая 13-14%, отмечена с октября по декабрь. Повторяемость скоростей ветра 6-7 м/с в среднем за год снижаются до 1,2%, достигая 2,6% в июне и 3,5% в марте. Редки случаи со скоростью 8-10 м/с и отмечаются единичные случаи со скоростями более 10 м/с. Ветер со скоростью не менее 15 м/с относится к сильному [Наставление..., 1969]. В работе [Смирнова, Чанышева, 2007] отмечается, что ветер, начиная со скорости 15 м/с, становится реально опасным, но официальным критерием как опасного явления относится скорость ветра 20 м/с, а особо опасного – 25 м/с. В нашем исследовании скорость ветра 15 м/с была отмечена в 11 случаях при следующих направлениях: северное – 5 случаев, север-северо-западное – 3 случая, запад-северо-западное, восток-северо-восточное и западное – по 1 случаю. Ветер со скоростью 16 м/с наблюдался единожды 4 октября 2011 г. Достаточно часто в районе аэродрома отмечаются штили. Их повторяемость достигает 11-14% в зимние месяцы, и снижается до 3-5% в летние (табл. 3).

В среднем за год наибольшие значения скорости ветра (2,4-2,7 м/с) имеют С, ЗСЗ и ССЗ направления, а наименьшие (не более 2 м/с) – В, ВЮВ, ЮЮВ, Ю и ЮЮЗ.

Средние месячные скорости ветра изменяются от 1,6 м/с до 3,2 м/с в зависимости от месяца и направления ветра.

Таблица 3

**Повторяемость (%) скорости ветра по градациям на аэродроме  
«Ташкент-Восточный» за 2008-2012 гг.**

Table 3

**Frequency (%) of wind speed by gradation  
at the Tashkent-Vostochny airfield for 2008-2012**

| Месяц    | Скорость ветра, м/с |      |      |     |      |       |       |
|----------|---------------------|------|------|-----|------|-------|-------|
|          | Штиль               | 1-2  | 3-5  | 6-7 | 8-10 | 11-12 | 13-15 |
| Январь   | 14,5                | 68,2 | 16,9 | 0,3 | 0,1  | 0,0   | 0,1   |
| Февраль  | 11,4                | 64,3 | 21,6 | 1,8 | 0,6  | 0,2   | 0,1   |
| Март     | 6,0                 | 58,3 | 30,9 | 3,5 | 1,0  | 0,1   | 0,1   |
| Апрель   | 8,4                 | 67,1 | 22,2 | 1,2 | 1,0  | 0,0   | 0,0   |
| Май      | 6,5                 | 62,8 | 27,9 | 1,4 | 1,1  | 0,1   | 0,1   |
| Июнь     | 3,4                 | 63,4 | 28,9 | 2,6 | 1,6  | 0,1   | 0,1   |
| Июль     | 5,0                 | 68,0 | 25,1 | 1,3 | 0,7  | 0,0   | 0,0   |
| Август   | 5,0                 | 74,8 | 19,2 | 0,6 | 0,3  | 0,0   | 0,0   |
| Сентябрь | 10,2                | 68,7 | 19,7 | 1,1 | 0,3  | 0,0   | 0,0   |
| Октябрь  | 9,9                 | 76,6 | 13,0 | 0,3 | 0,2  | 0,0   | 0,1   |
| Ноябрь   | 9,2                 | 77,3 | 12,8 | 0,5 | 0,1  | 0,0   | 0,1   |
| Декабрь  | 14,1                | 71,9 | 13,6 | 0,3 | 0,1  | 0,0   | 0,0   |
| Год      | 8,6                 | 68,6 | 20,9 | 1,2 | 0,6  | 0,0   | 0,0   |

Наиболее высокие скорости ветра от 2,5 до 3,2 м/с отмечаются в феврале и марте при ВСВ направлении, с марта по июль (исключая апрель) при С, ССВ. В северо-западном секторе эти скорости отмечаются с марта по сентябрь при ЗСЗ и ССЗ направлениях, в марте при ЗЮЗ, в апреле при З, в мае при ЮЮЗ и ЗЮЗ направлениях. Низкие скорости ветра 1,6-1,7 м/с в зимний период отмечены при ВЮВ, ЮЮВ, ЮЮЗ и Ю направлениях; во вторую половину лета при ВЮВ, ЮЮВ направлении ветра (табл. 4).

Таблица 4

**Распределение средних скоростей ветра (м/с) по месяцам и направлениям  
на аэродроме «Ташкент-Восточный» за 2008-2012 гг.**

Table 4

**Distribution of average wind speeds (m/s) by month and direction  
at the Tashkent-Vostochny airfield for 2008-2012**

| Направление<br>ветра | Месяц |            |            |            |            |            |            |            |            |     |     |     | Год |
|----------------------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----|-----|-----|-----|
|                      | I     | II         | III        | IV         | V          | VI         | VII        | VIII       | IX         | X   | XI  | XII |     |
| С                    | 2,0   | 2,3        | <b>2,6</b> | <b>2,5</b> | <b>2,7</b> | <b>2,9</b> | <b>2,8</b> | 2,4        | 2,4        | 2,2 | 1,9 | 1,9 | 2,4 |
| ССВ                  | 2,2   | 2,4        | <b>2,8</b> | 2,1        | <b>2,6</b> | <b>2,6</b> | <b>2,5</b> | 2,1        | 1,9        | 1,8 | 2,1 | 1,8 | 2,3 |
| ВСВ                  | 2,3   | <b>2,8</b> | <b>3,0</b> | 2,2        | 2,3        | 2,4        | 2,2        | 1,9        | 1,8        | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,3 |
| В                    | 1,9   | 2,1        | 2,2        | 1,9        | 2,2        | 2,2        | 2,0        | 1,8        | 1,9        | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 2,0 |
| ВЮВ                  | 1,6   | 2,0        | 1,9        | 1,9        | 1,9        | 1,9        | 1,7        | 1,7        | 1,6        | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,8 |
| ЮЮВ                  | 1,6   | 1,7        | 1,9        | 1,9        | 2,0        | 2,1        | 1,8        | 1,7        | 1,7        | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 1,8 |
| Ю                    | 1,8   | 1,9        | 2,1        | 2,0        | 2,1        | 2,4        | 2,0        | 1,8        | 1,8        | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,9 |
| ЮЮЗ                  | 1,9   | 2,2        | 2,2        | 2,2        | <b>2,7</b> | 2,2        | 2,1        | 1,8        | 2,0        | 1,9 | 1,7 | 1,7 | 2,0 |
| ЗЮЗ                  | 1,7   | 2,4        | <b>2,6</b> | 2,4        | <b>2,5</b> | 2,5        | 2,4        | 2,1        | 2,0        | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 2,2 |
| З                    | 1,9   | 2,1        | 2,4        | <b>2,8</b> | <b>2,5</b> | 2,3        | 2,2        | 2,0        | <b>2,5</b> | 1,9 | 2,1 | 2,0 | 2,2 |
| ЗСЗ                  | 1,9   | 2,4        | <b>2,9</b> | <b>2,5</b> | <b>2,9</b> | <b>3,0</b> | <b>2,8</b> | <b>2,5</b> | <b>2,8</b> | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,5 |
| ССЗ                  | 2,1   | 2,4        | <b>3,1</b> | <b>2,8</b> | <b>3,2</b> | <b>3,2</b> | <b>2,8</b> | <b>3,0</b> | <b>2,9</b> | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,7 |
| Среднее              | 1,9   | 2,2        | 2,5        | 2,3        | 2,5        | 2,5        | 2,3        | 2,1        | 2,1        | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,2 |

*Примечание: Жирным шрифтом отмечены наибольшие скорости ветра.*

*Note: The highest wind speeds are shown in bold.*

Суточный ход скорости ветра в районе аэродрома в отдельные месяцы имеет ряд различий.

В холодный период с ноября по март суточный ход скорости ветра отличается слабо выраженным диапазоном колебаний. Начиная с апреля, отмечается появление в суточном ходе волны с повышенной скоростью ветра в дневное время, достигающего почти 3 м/с к маю-июню, и затем несколько снижающейся к октябрю. Максимум скорости ветра отмечается в 14-16 часов. После прохождения максимума происходит снижение скорости ветра, которое заканчивается минимумом скорости в 19-21 час, после которого скорость ветра снова несколько возрастает (рис. 2). Этот минимум, согласно [Климат...,1982], совпадает с развитием в вечернее время летом и осенью устойчивой стратификации атмосферы, завершением действия долинного ветра и перехода к началу развития горного.

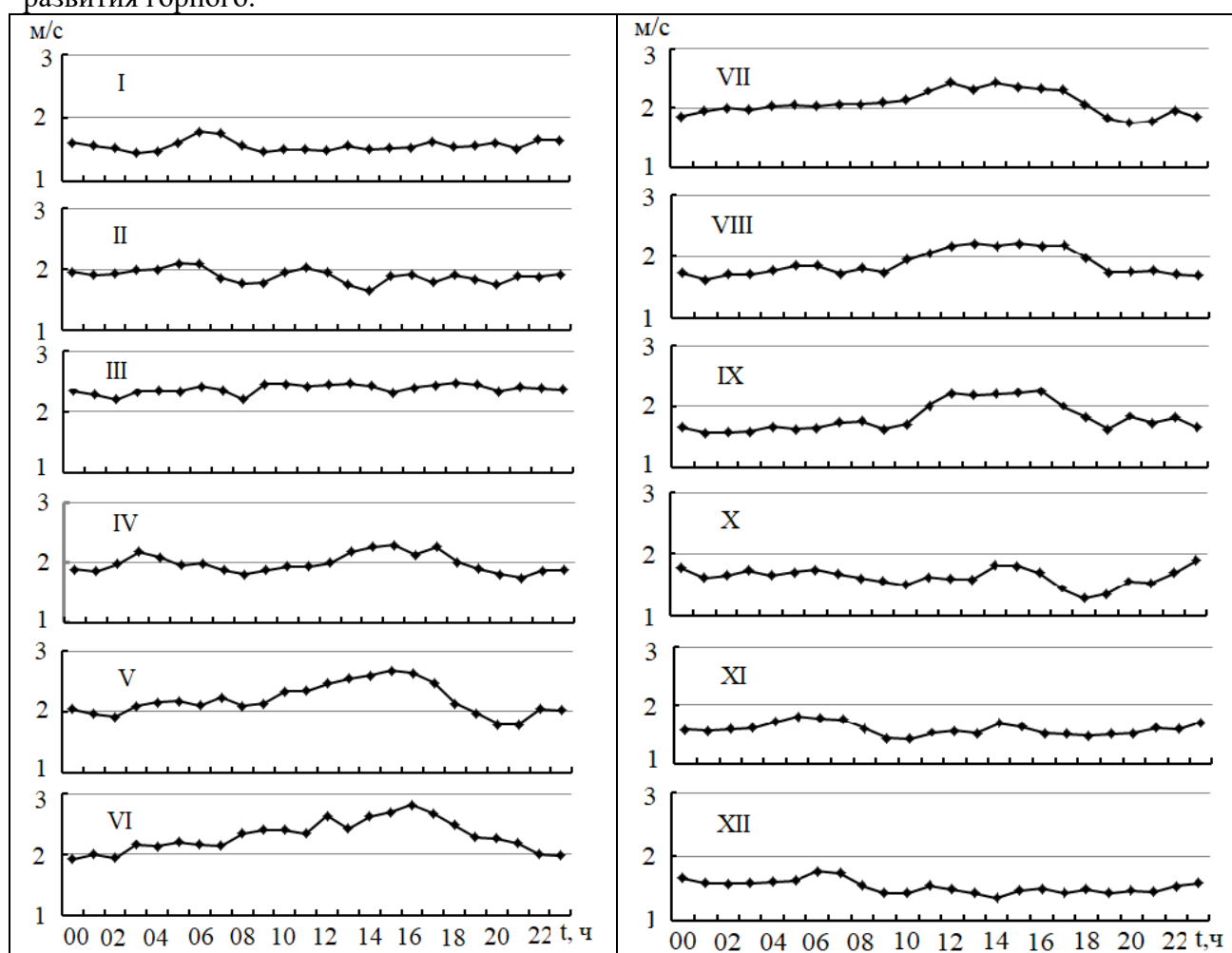


Рис. 2. Суточный ход скорости ветра (м/с) по месяцам на аэродроме «Ташкент-Восточный» за 2008-2012 гг.

Fig. 2. Daily variation of wind speed (m/s) by month at the Tashkent-Vostochny airfield for 2008-2012

Повышение скорости ветра в летние месяцы в дневное время наглядно представлено на графике суточно-годового хода средней месячной скорости ветра (рис. 3). Средние месячные скорости ветра более 2,5 м/с отмечаются с апреля по июнь с 12 до 18 часов сутки.

Суточный ход ветра в районе аэродрома Ташкент-Восточный определяется его направлением. Во многом оно связано с влиянием горно-долинной циркуляции, определяемой в виде стокового горного ветра в ночное время и долинного ветра в дневное. Распределение повторяемости направлений ветра в течение суток в среднем за год представлено на рис. 4.

Для анализа выбраны направления ветра, имеющие наглядный суточный ход. Остальные направления имеют малую изменчивость повторяемости в течение суток.

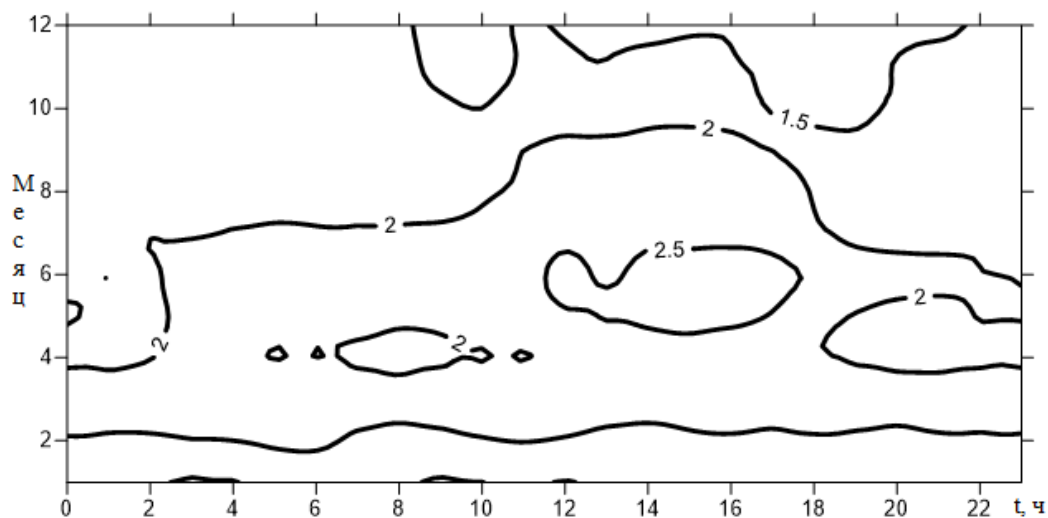


Рис. 3. Суточно-годовой ход средней месячной скорости ветра (м/с) на аэродроме «Ташкент-Восточный»

Fig. 3. Daily-annual variation of average monthly wind speed (m/s) at the Tashkent-Vostochny airfield

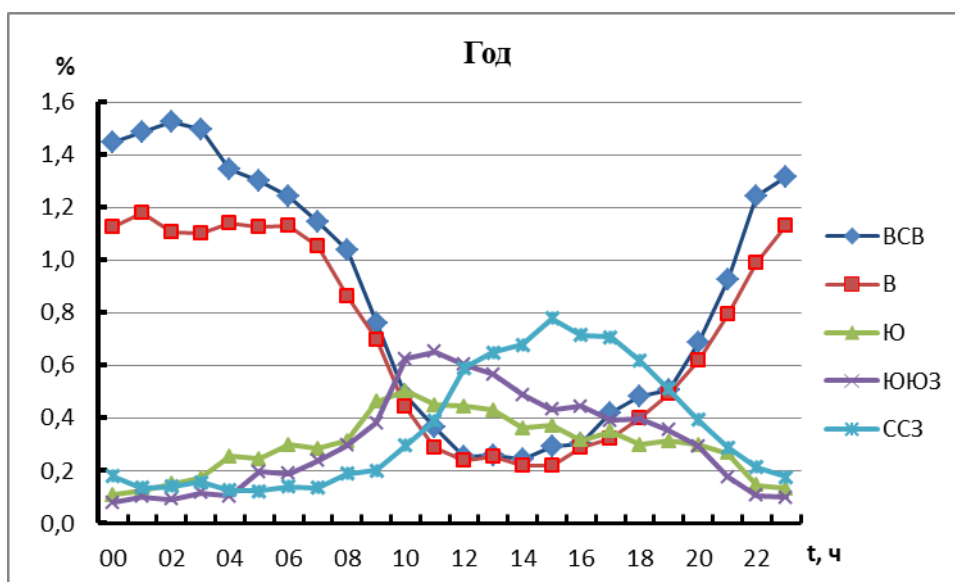


Рис. 4. Суточный ход повторяемости отдельных направлений ветра на аэродроме «Ташкент-Восточный»

Fig. 4. Daily variation in the frequency of individual wind at the Tashkent-Vostochny airfield

Наиболее четко выражен суточный ход, связанный с горно-долинной циркуляцией с ВСВ направлением ветра. В ночное время его повторяемость достигает 1,5% от всего количества наблюдений, в дневное время снижается до 0,2%. Такой характер суточного хода сохраняется в течение всего года. Максимальная повторяемость его в ночное время колеблется от 1,4-1,5% в зимнее время до 1,7-1,9% в теплый период. Минимальная повторяемость изменяется от 0,4-0,5% в январе-феврале, почти до 0% в летние месяцы.

Восточный ветер, сохраняя в целом за год такой же ход повторяемости, как и ВСВ ветер, но с более низкими значениями, имеет свои особенности в отдельные месяцы. В холодный период года с декабря по март отмечено значительное уменьшение повторяемости восточного ветра в ночные часы до 0,5-0,7% (рис. 5).

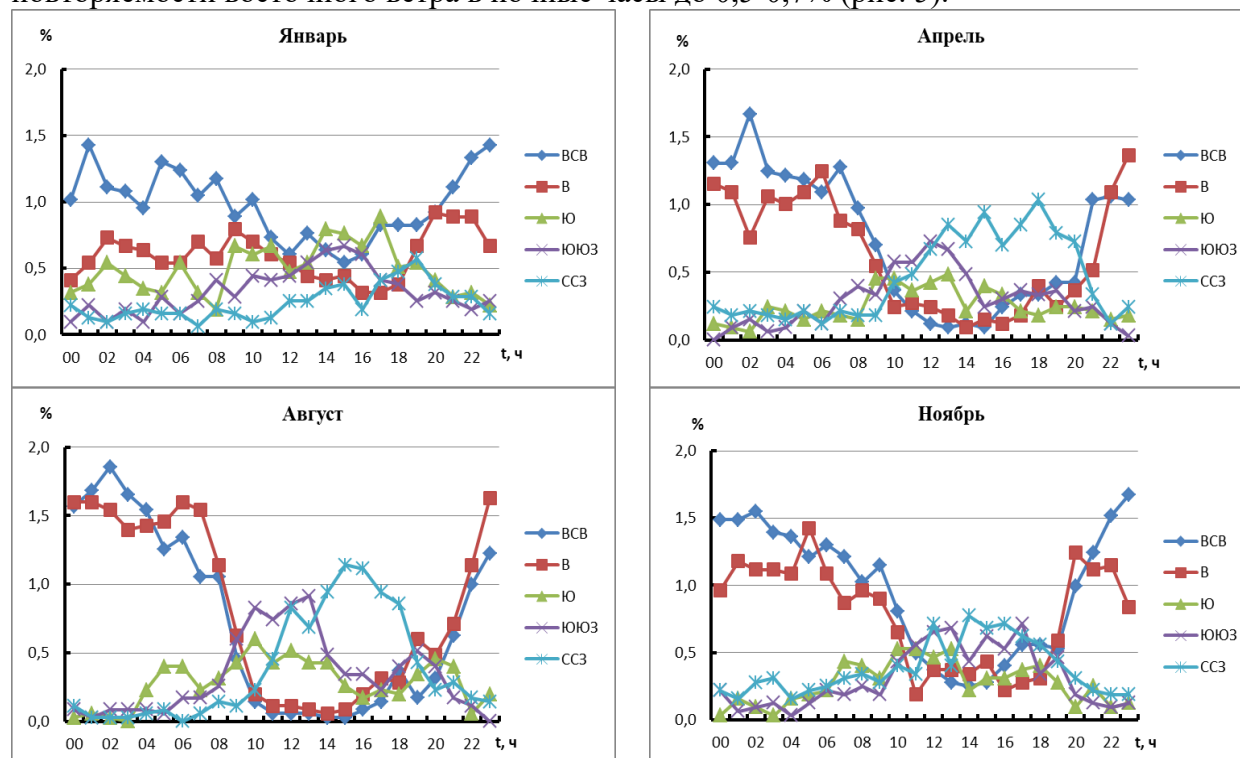


Рис. 5. Суточный ход повторяемости отдельных направлений ветра по сезонам года на аэродроме «Ташкент-Восточный»

Fig. 5. Daily variation in the frequency of individual wind directions by season at the Tashkent-Vostochny airfield

Долинный ССЗ ветер, в противоположность горному, имеет максимальную повторяемость в среднем за год 0,8% в дневное время, и минимальную, менее 0,2% – в ночные часы (рис. 4). Наибольшая повторяемость в дневное время около 1% отмечается с апреля до октября, снижаясь в зимние месяцы до 0,4-0,5% (рис.5). На это обращается внимание в работе [Чанышева, Смирнова, 2011], отмечая, что в предгорьях вблизи нижней части долин чаще обнаруживается затухающая горно-долинная циркуляция с плохо выраженным долинным ветром.

Ветры ЮЮЗ и Ю направления имеют небольшой суточный ход с максимумом в дневное время. Они дополняют друг друга. В январе и феврале преобладает южный ветер, достигающий 0,8-0,9%, а с марта по октябрь и в декабре – ЮЮЗ с такой же повторяемостью.

**Выводы.** Представленные материалы, построенные на основе имеющихся метеорологических почасовых данных метеорологической станции аэродрома «Ташкент-

Восточный» за период с 2008 по 2012 гг., позволяют судить о многолетнем ветровом режиме в этом районе. Они показывают, что преобладающими направлениями ветра в районе аэродрома Ташкент-Восточный являются восток-северо-восточное и восточное, что хорошо согласуется с направлением выхода из Чирчикской долины и связанной с ней горно-долинной циркуляцией, а точнее с его горной составляющей. Долинный ветер имеет северо-северо-западное направление, но повторяемость его значительно ниже.

Скорости ветра в этом районе незначительные, в среднем за год составляют 2-3 м/с. Повторяемость ветра 0-2 м/с составляет 77%. Редки случаи ветра скоростью 8-10 м/с и единичные – более 10 м/с.

Наибольшие из средних месячных значений скорости ветра, превышающие 2,4 м/с, приходятся на весенне-летний период, в основном, на северный сектор горизонта от запад-северо-западного до север-северо-восточного направления.

Сравнение материалов по ветровому режиму рассматриваемого аэродрома с соответствующими данными метеорологической станции Ташкент-обсерватория за тот же период, показало смещение максимальной повторяемости направления ветра на 30°. В осенне-зимне-весенний период это смещение в основном с восток-северо-восточного направления на восточное в районе метеорологической станции Ташкент-обсерватория, а в летние месяцы – с восточного на восток-юго-восточный. Это показывает, как городская среда влияет на ветровой режим по сравнению с открытым пространством района аэропорта Ташкент-Восточный.

Следует учитывать, что взлетно-посадочная полоса (ВПП) рассматриваемого аэродрома направлена с запад-юго-запада на восток-северо-восток. При этом из 12 зафиксированных случаев сильного ветра 15-16 м/с в шести из них его направление было северное и север-северо-западное, то есть перпендикулярно ВПП.

Учитывая важность характеристик ветрового режима в районе аэропорта для авиаметеорологического обеспечения полетов авиации, материалы будут использованы в соответствующем подразделении Узгидромета.

**Вклад авторов. О.Л. Бабушкин:** руководство, анализ, проверка, проведение расчетов, написание текста, оформление. **А.Ё. Норходжаев:** обработка данных, систематизация материала, проведение расчетов. Авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

## ЛИТЕРАТУРА

- Балашова Е.Н., Житомирская О.М., Семенова О.А.* Климатическое описание республик Средней Азии. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 241 с.
- Баранов А.М., Солонин С.В.* Авиационная метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 384 с.
- Богаткин О.Г.* Авиационная метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 2005. – 329 с.
- Богаткин О.Г.* Основы авиационной метеорологии. – СПб., РГГМУ. 2009. – 340 с.
- Климат Ташкента. Л.: Гидрометеиздат. 1982. – 200 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 19. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 304 с.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Ч. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 306 с.
- РД 52.21.692-2007. Требования к составлению климатического описания аэродрома. – М.: Росгидромет. 2007. – 42 с.
- Смирнова Е.Н., Чаньшеева С.Г.* Опасные метеорологические явления в Узбекистане. – Ташкент: НИГМИ, 2007. – 158 с.
- Чаньшеева С.Г., Смирнова Е.Н.* Климатическое описание Ташкентского вилоята. – Ташкент: НИГМИ, 2011. – 161 с.

Электронные ресурсы:

Пассажиропоток аэропорта «Ташкент» с начала года вырос на 39%.  
URL: <https://darakchi.uz/ru/170931>

Президент поручил «очень серьёзно и критически» пересмотреть проект аэропорта «Ташкент-Восточный». URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2023/07/21/airport/>

## ЛОЙИҲАЛАНАЁТГАН «ТОШКЕНТ-ШАРҚИЙ» АЭРОДРОМИ ҲУДУДИДА ШАМОЛ РЕЖИМИНИНГ ИҚЛИМИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ

О.Л. БАБУШКИН<sup>1</sup>, А.Ё. НОРХЎЖАЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, boleg1944@mail.ru

**Аннотация.** Мақолада “Аэродромнинг иқлимий тавсифини тайёрлашга қўйиладиган талаблар” йўриқнома ҳужжатида мувофиқ лойиҳаланаётган «Тошкент-Шарқий» аэродроми ҳудудида шамол режимининг иқлимий хусусиятлари келтирилган. Ушбу иш учун 2008 йилдан 2012 йилгача бўлган 5 йиллик даврдаги АВ-6 об-ҳаво кундаликларида мавжуд бўлган метеорологик маълумотлардан фойдаланилган. Тошкент обсерваторияси метеорология станциясининг шу даврдаги материаллари билан шамол режимининг қиёсий хусусиятлари берилган. Куз-қиш-баҳор даврида шамол йўналишининг максимал такрорланувчанлиги Тошкент-Шарқий аэродроми ҳудудидаги шарқ-шимоли-шарқдан Тошкент-обсерваторияси метеорология станцияси ҳудудидан шарққа, ёз ойларида эса шарқдан шарқ –жанубий шарққа силжиши кўрсатилган.

**Калит сўзлар:** иқлим хусусиятлари, шамол режими, «Тошкент-Шарқий» аэродроми, шамол тезлиги, шамол йўналиши, шамол гули.

## CLIMATIC CHARACTERISTICS OF WIND REGIME IN THE AREA OF THE PROJECTED TASHKENT-EAST AIRFIELD

O.L. BABUSHKIN<sup>1</sup>, A.Y. NORKHUAJEV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hydrometeorological Research Institute, boleg1944@mail.ru

**Abstract.** The article presents the climatic characteristics of the wind regime in the area of the designed Tashkent-Vostochny airfield in accordance with the RD “Requirements for compiling a climatic description of the airfield”. For this work, we used the available meteorological data from AV-6 weather diaries for a 5-year period from 2008 to 2012. A comparative description of the wind regime with materials from the Tashkent Observatory meteorological station for the same period is given. The shift of the maximum frequency of wind direction in the autumn-winter-spring period is shown from the east-northeast in the area of the Tashkent-Vostochny airfield to the east in the area of the Tashkent-Observatory meteorological station, and in the summer months - from the east to the east-southeast.

**Keywords:** climatic characteristics, wind conditions, Tashkent-Vostochny airfield, wind speed, wind direction, wind rose.

## REFERENCES

Balashova Ye.N., Zhitomirskaya O.M., Semenova O.A. Klimaticheskoye opisaniye respublik Sredney Azii [Climatic description of the of Central Asian republics]. – L.: Gidrometeoizdat, 1960. – 241 s. (in Russian)

Baranov A.M., Solonin S.V. Aviatsionnaya meteorologiya [Aviation meteorology]. – L.: Gidrometeoizdat, 1975. – 384 s. (in Russian)

Bogatkin O.G. Aviatsionnaya meteorologiya [Aviation meteorology]. – L.: Gidrometeoizdat, 2005. – 329 s. (in Russian)

- Bogatkin O.G.* Osnovy aviatsionnoy meteorologii [Fundamentals of aviation meteorology]. – SPb., RGGMU. 2009. – 340 s. (in Russian)
- Klimat Tashkenta [Climate of Tashkent]. L.: Gidrometeoizdat. 1982. – 200 s. (in Russian)
- Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR [Scientific and applied reference book on the climate of the USSR]. Vyp. 19. – L.: Gidrometeoizdat, 1989. – 304 s. (in Russian)
- Nastavleniye gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam [Instructions for hydrometeorological stations and posts]. Vyp. 3. CH. 1. – L.: Gidrometeoizdat, 1969. – 306 s. (in Russian)
- RD 52.21.692-2007. Trebovaniya k sostavleniyu klimaticheskogo opisaniya aerodrome [Requirements for compiling a climatic description of an aerodrome]. – M.: Rosgidromet. 2007. – 42 s. (in Russian)
- Smirnova Ye.N., Chanysheva S.G.* Opasnyye meteorologicheskiye yavleniya v Uzbekistane [Dangerous meteorological phenomena in Uzbekistan]. – Tashkent: NIGMI, 2007. – 158 s. (in Russian)
- Chanysheva S.G., Smirnova Ye.N.* Klimaticheskoye opisaniye Tashkentского viloyata [Climatic description of the Tashkent region]. – Tashkent: NIGMI, 2011. – 161 s. (in Russian)
- Electronic resources:*
- Passajiropotok aeroporta «Tashkent» s nachala goda viros na 39% [Tashkent Airport passenger traffic has increased by 39% since the beginning of the year]. URL: <https://darakchi.uz/ru/170931>
- Prezident poruchil «ochen seryozno i kriticheski» peresmotret proyekt aeroporta «Tashkent-Vostochniy» [The President ordered a “very serious and critical” review of the Tashkent-Vostochny airport project]. URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2023/07/21/airport/>

УДК 551.501:551.508.91:551.507.362

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ ЯРКОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

М.Л. АРУШАНОВ<sup>1\*</sup>, Х.У. УМЕРОВ<sup>1</sup>, Л.Ю. ШАРДАКОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, [mikl-arushanov@rambler.ru](mailto:mikl-arushanov@rambler.ru)

**Аннотация.** Рассмотрена возможность диагноза пыльной бури на спутниковом снимке на основе алгоритма количественной оценки содержания атмосферного аэрозоля с использованием полуэмпирических и эмпирических корреляционных связей с учётом решения обратных задач атмосферной оптики.

Установленная Ян Джун Хау и Джоном Цюем высокая корреляция между оптической толщиной аэрозоля (АОТ) и яркостной температурой на спутниковом снимке на длине волны 0,55 мкм позволяет подойти к распознаванию на спутниковом изображении пыльной бури с позиций статистической интерпретации спутникового изображения, выявить и классифицировать различные типы очагов мощных пылевых выносов в атмосферу и их пространственного переноса на значительные расстояния.

В статье рассматриваются данные со спутника NOAA/AVHRR, предварительно по ранее разработанному алгоритму, прошедшие первичную обработку (геометрическая коррекция, трансформация в заданную картографическую проекцию, географическая привязка снимка). Приводится пример диагноза пыльной бури на территории Каракалпакстана и пространственного распределения оптической аэрозольной толщины, генерируемое этой пыльной бурей.

**Ключевые слова:** пыльная буря, аэрозольная оптическая толщина, диапазоны длин волн, законы атмосферной оптики, спутниковые снимки.

\* Ответственный автор: [mikl-arushanov@rambler.ru](mailto:mikl-arushanov@rambler.ru), тел.: +998 90 997-61-46

**Введение.** Пыльные бури представляют опасное метеорологическое явление, оказывающее влияние с обратной связью на климатический режим как в локальном, так и в глобальном масштабе, ибо являются мощным генератором аэрозольного загрязнения атмосферы, носящий трансграничный характер [Архипкин, 2007]. Поэтому диагноз источника и переноса аэрозолей на огромные расстояния возможен только с использованием данных спутниковой информации. Это использование предполагает разработку специальных алгоритмов тематической обработки спутниковых снимков, в основе которых лежат яркостные характеристики, зависящие от степени загрязнения атмосферы аэрозолями, описываемые законами атмосферной оптики [Кондратьев и др., 1973, 1983].

**Цель работы.** Получение аналитического выражения зависимости аэрозольной оптической толщины (АОТ) от яркостной температуры  $T_y$  по данным спутниковых снимков NOAA/AVHRR.

**Постановка задачи.** Ослабление параллельного пучка лучей радиации при прохождении ею мутной поглощающей и/или рассеивающей среды, описывается законом Ламберта-Бугера [Бугера-Ламберта-Бера закон, 1983]:

$$I = I_0 \exp\left(-\int_0^{\infty} \alpha \rho ds\right) = I_0 \exp(-am), \quad (1)$$

где  $I, I_0$  – интенсивность (плотность потока) радиации на заданном уровне атмосферы (в частности, у земной поверхности),  $I_0$  – на границе атмосферы (солнечная постоянная), соответственно;  $\alpha$  – массовый коэффициент ослабления;  $\rho$  – плотность воздуха;  $ds$  – элемент пути луча сквозь атмосферу;  $a$  – объёмный коэффициент ослабления;

$m = \int_0^{\infty} \alpha \rho ds$  – оптическая толщина атмосферы. Полученная Юнгом зависимость распределения частиц по размерам  $f(r)$  описывается выражением [Кондратьев и др., 1983]:

$$f(r) = \frac{(1-\beta) \left(\frac{r}{r_m}\right)^\beta}{r_m} \quad (r \geq r_m) \quad (2)$$

где  $r$  – радиус частицы,  $r_m$  – минимальный радиус частицы,  $\beta$  – эмпирический коэффициент.

Закон рассеяния радиации сферическими частицами, размеры которых превышают длины волн радиации, известный как закон Ми, выражается формулой [Кондратьев и др., 1983]:

$$\varepsilon_\lambda = a\lambda^{-\alpha}, \quad (3)$$

где параметр  $\alpha = 0 \vee 1 \vee 2 \vee 3 \vee 4$  ( $\vee$  – знак дизъюнкции «или»), а коэффициент  $\alpha$  пропорционален количеству взвешенных частиц  $\lambda$ .

Принимая во внимание соотношения (1) – (3), а также, используя уравнение переноса излучения [Кондратьев и др, 1973]:

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial I_\lambda}{\partial s} = k_\lambda B_\lambda(M) - (k_\lambda + \sigma_\lambda) I_\lambda + \frac{\sigma_\lambda}{4\pi} \int_{\Omega} I_\lambda(M, r') f_\lambda(M, r, r') d\Omega, \quad (4)$$

существует принципиальная возможность получить статистическим методом устойчивую зависимость между яркостной температурой и аэрозольной оптической толщиной по данным спутниковой информации.

В (4)  $B_{\lambda}(M)$  – значения функции Планка,  $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{ср}^{-1}$  в точке  $M$  среды,  $k_{\lambda}$  – массовый коэффициент поглощения среды,  $\sigma_{\lambda}$  – массовый коэффициент рассеяния,  $I_{\lambda}$  – интенсивность излучения ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ),  $f_{\lambda}$  – индикатриса рассеяния,  $r$  – радиус вектор луча,  $\Omega$  – элемент среды в виде цилиндра единичного сечения.

**Используемые данные.** Данные наземных наблюдений за концентрацией аэрозоля доставляются благодаря аэрозольной сети планеты AERONET (*Aerosol Robotic NETwork*) – объединение наземных сетей дистанционного зондирования аэрозолей, имеющиеся в свободном доступе на сайте «AERONET» [<https://aeronet.gsfc.nasa.gov>]. К сожалению, до сегодняшнего дня Узбекистан не входит в эту сеть. Ближайшая к Узбекистану станция AERONET находится в г. Душанбе. В силу сказанного данные АОТ по территории Узбекистана отсутствуют. Поэтому данные АОТ (рис. 1) на длине волны  $0,5 \mu\text{m}$  были взяты по территории Сахары – территории пустыни по своим физико-географическим условиям схожей с пустынями Узбекистана и, что очень важно, входящая в зону радиовидимости, т.е. спутникового захвата, с центром в г. Ташкенте (рис. 2). Данные АОТ выбирались с сайта AERONET по датам спутниковых снимков, захватывающих территорию Сахары согласно зоне радиовидимости, с центром в г. Ташкенте. На этой территории расположены три станции AERONET (рис. 2).

**Метод исследования.** Основываясь на численном моделировании, выполненного с учетом многократного рассеяния и поглощения озоном, зависимость яркости  $I_{\text{лв}}$ , полученной по данным ИСЗ над водной поверхностью, от аэрозольной оптической толщины  $\tau$ , с удовлетворительной точностью описывается линейной функцией [Кондратьев и др., 1973, 1983]:

$$I_{\text{лв}} = \xi_1 + \xi_2 \tau. \quad (5)$$

В работе [Mecler et. al., 1977] получено важное для практического применения соотношение между оптической толщиной и содержанием аэрозоля в столбе атмосферы при условии, что плотность аэрозольных частиц, их распределение по размерам и другие свойства близки в точках  $A$  и  $B$ :

$$\frac{M_A}{M_B} = \frac{AOT_A}{AOT_B}, \quad (6)$$

где  $M_A$ ,  $M_B$  – масса аэрозоля в вертикальном столбе атмосферы,  $AOT_A$ ,  $AOT_B$  – аэрозольная оптическая толщина.

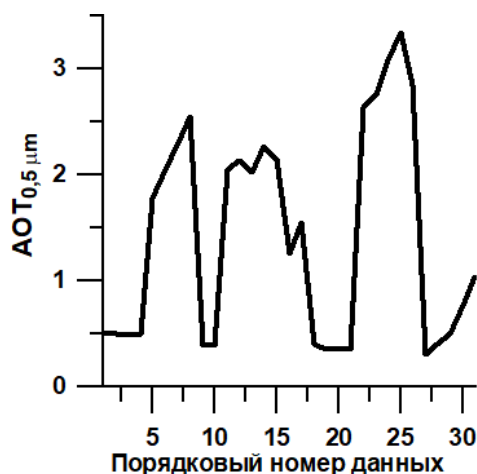
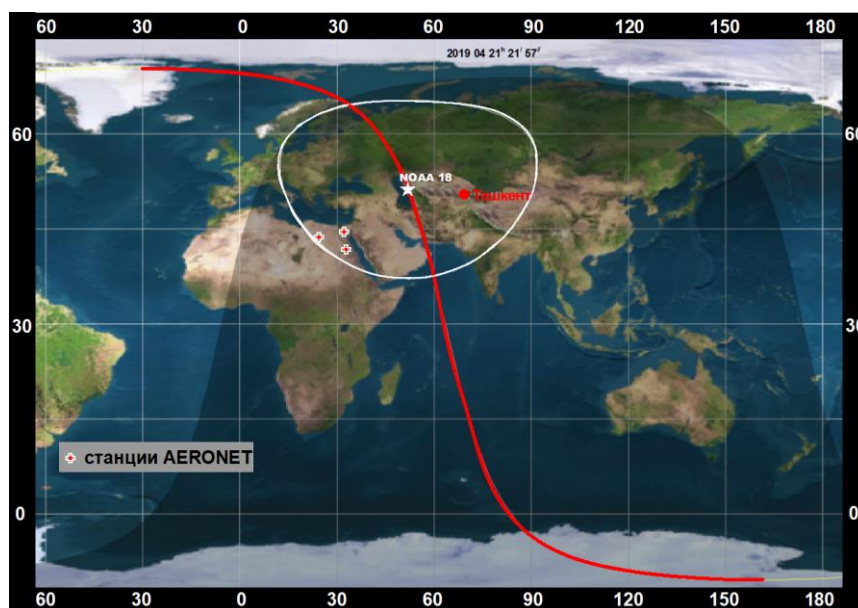


Рис. 1. Временной ход АОТ на длине волны  $0,5 \mu\text{m}$  по исходной выборке

Fig. 1. Time course of AOT at a wavelength of  $0,5 \mu\text{m}$  according to the original



**Рис. 2. Зона радиовидимости с центром в г. Ташкенте и аэрозольные станции сети AERONET на территории пустыни Сахара**

**Fig. 2. Radio visibility zone with a center in Tashkent and aerosol stations of the AERONET network in the territory of Sahara**

На основе экспериментальных данных и теоретических результатов относительно рассеяния на аэрозольных частицах в работе [Борен, Хафмен, 1986] получена зависимость между массой аэрозоля в единице объема  $M_V$  и объемным коэффициентом рассеяния  $b_M$  на частицах  $M_i^*$ :

$$M_V = 0,42b_M \quad (7)$$

В (7)  $M_V$  выражено в  $г/м^3$ . Объемный коэффициент рассеяния  $b_M$  в формуле закона Ламберта, если ее записать в виде  $dI_\lambda = -b_M I_\lambda dv$ , имеет размерность  $1/м$ .

Формула (7) получена для аэрозоля, распределенного по размерам по закону Юнге (показатель степени  $\nu=4$ ), в интервале радиусов от 0,1 до 20  $\mu m$  с показателем преломления  $n = 1,486$ . Это выражение позволяет определить локальное содержание аэрозоля в атмосфере, а также найти связь между массой  $M$  аэрозоля в вертикальном столбе атмосферы и аэрозольной оптической толщиной АОТ:

$$M = 0,42AOT, \quad (8)$$

где  $M$ ,  $г/м^3$  – масса, а  $\tau$  определяется для длин волн в диапазоне  $\lambda = 0,58-0,66 \mu m$ .

На основе приведенных зависимостей можно восстановить содержание аэрозоля в атмосфере по данным информации с ИСЗ, используя данные измерений в соответствующих диапазонах длин волн. В работе [Нао, Ку, 2007] установлено, что АОТ на длине волны 0,550  $\mu m$  проявляет высокую корреляцию с яркостной температурой. Точнее говоря, корреляция обнаруживается для разности яркостных температур на длине волны 11 и 12  $\mu m$ . Получив статистическим методом аналитическую зависимость между

\* Сферические частицы, размеры которых превышают длины волн радиации. Коэффициент рассеяния выражается формулой  $\epsilon_\lambda = a\lambda^{-\nu}$ , где  $\nu$  изменяется от 0 до 4, коэффициент  $a$  пропорционален количеству взвешенных частиц.

АОТ и яркостной температурой, используя (8), можно по спутниковому снимку получить оценку интегральной характеристики массы аэрозоля. Поэтому, имеет несомненный практический интерес представить связь между АОТ и разностью яркостных температур  $\Delta T_{11-12, \mu m}$  на длине волны 11 и 12  $\mu m$  в аналитическом виде.

**Регрессионное уравнение АОТ = f(T<sub>я</sub>).** Были использованы данные АОТ (31 измерение) и спутниковые снимки NOAA/AVHRR (соответственно 31 снимок), описанные выше. Первые разбиты на две выборки: выборка с данными, удовлетворяющая условию  $\Delta T_{11-12} < 0$  и вторая выборка – удовлетворяющая условию  $\Delta T_{11-12} > 0$ . В результате, методом наименьших квадратов, получены аналитические зависимости в виде регрессионных уравнений (9) и (10) полиномиального типа (рис. 3) различных порядков:

$$\text{АОТ} = -3099,327 - 9610,315\Delta - 12853,619\Delta^2 - 9704,908\Delta^3 - 4531,097\Delta^4 - 1341,189\Delta^5 - 246,032\Delta^6 - 25,595\Delta^7 - 1,157\Delta^8 \text{ для } \Delta T_{11-12} < 0; \quad (9)$$

$$\text{АОТ} = 1,324 + 9,262\Delta - 108,337\Delta^2 + 595,533\Delta^3 - 1634,628\Delta^4 + 2541,785\Delta^5 - 2381,614\Delta^6 + 1370,407\Delta^7 - 473,887\Delta^8 + 90,397\Delta^9 - 7,313\Delta^{10} \text{ для } \Delta T_{11-12} > 0, \quad (10)$$

Точность аппроксимации (9) и (10) эмпирических зависимостей оказалась очень высокой с коэффициентами детерминации  $R^2 = 0,985$  и  $R^2 = 0,988$  соответственно, что позволяет полученные аналитические зависимости использовать в практической работе.

**Численные расчёты.** На рис. 4 приведено рассчитанное пространственное распределение и концентрация аэрозоля по данным космической съёмки, выполненной с борта ИСЗ NOAA-19 27.05.2018, как результат соляно-пылевой бури. Для сравнения с загрязнением атмосферы аэрозолем окрестностей г. Кунград в отсутствии пыльной бури на рис. 5 представлены результаты расчёта аналогичных распределений. Как видно из представленных рисунков, при соляно-пылевой бури загрязнение аэрозолем атмосферы на порядок выше индустриального загрязнения.

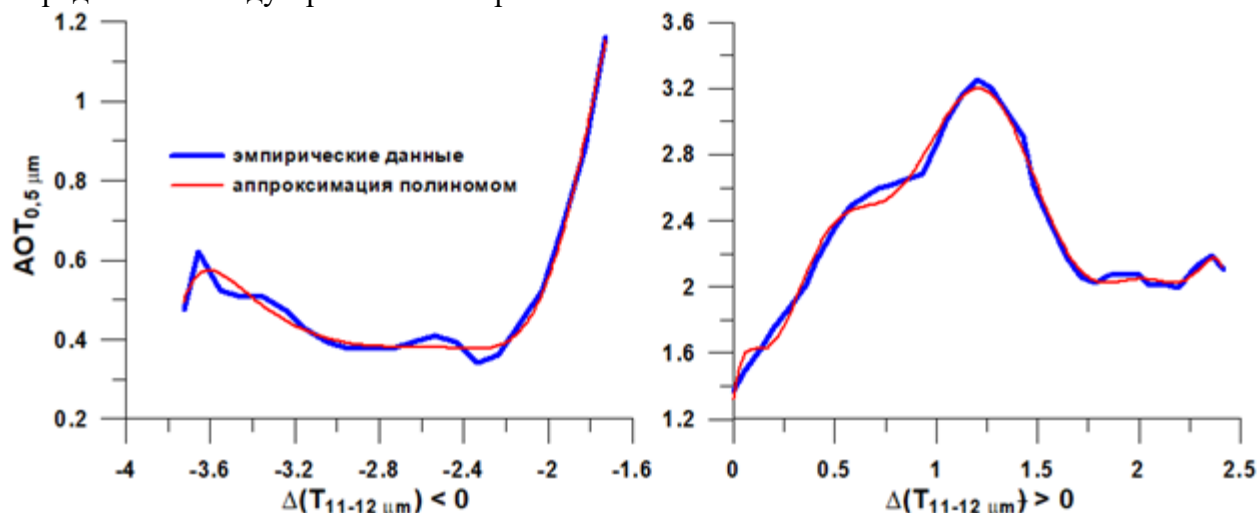


Рис. 3. Зависимость АОТ на длине волны 0,5  $\mu m$  от разности яркостных температур на длинах волн 11 и 12  $\mu m$

Fig. 3. Dependence of AOT at a wavelength of 0,5  $\mu m$  on the difference brightness temperatures at wavelengths 11 and 12  $\mu m$

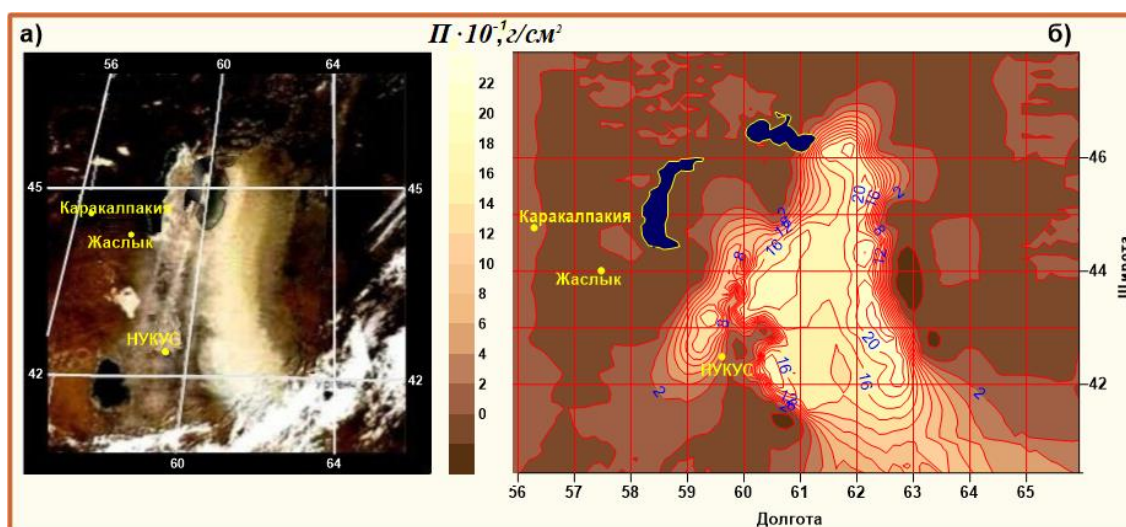


Рис. 4. Соляно-пылевая буря над территорией Каракалпакстана 27.05.2018 г. на снимке ИСЗ NOAA (а) и вызванное ей загрязнение атмосферы аэрозолем (б)

Fig. 4. Salt-dust storm over the territory of Karakalpakstan on 27.05.2018 in NOAA satellite image (a) and the pollution of atmosphere with aerosol caused by it (b)

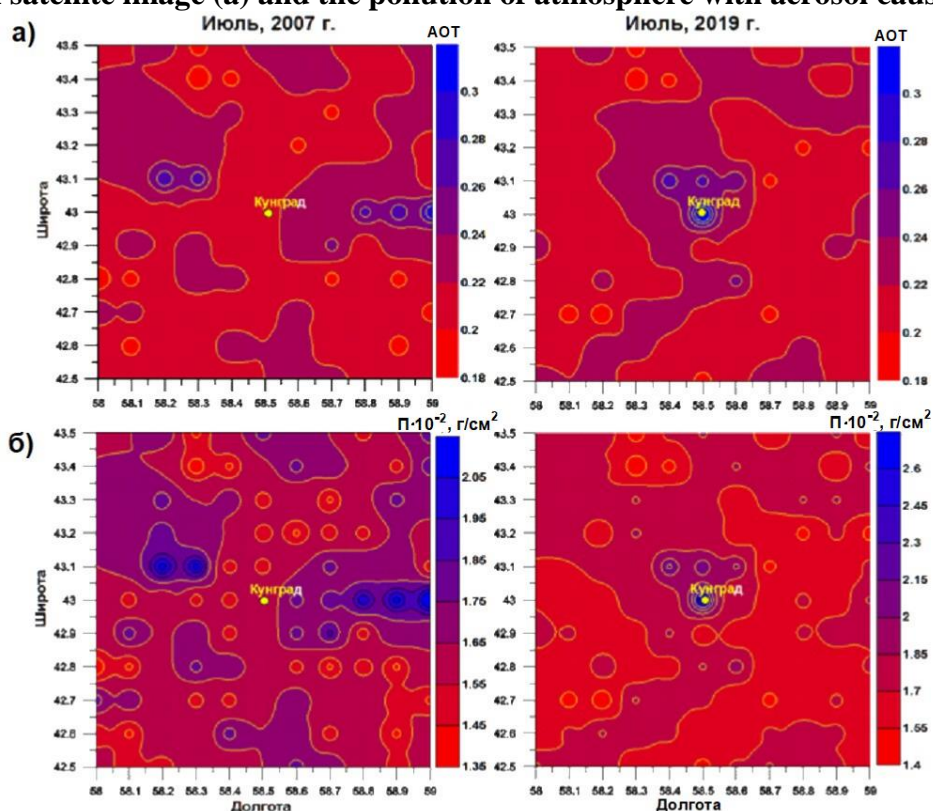


Рис. 5. Пространственное распределение АОТ (а) и концентрации аэрозоля  $P$  (б) в окрестностях города Кунград

Fig. 5. Spatial distribution of AOT (a) and aerosol concentration  $P$  (b) in the vicinity of the Kungrad city

*Примечание: 2007 год – до запуска содового завода; 2019 – после запуска содового завода.  
 Note: 2007 – before the launch of the soda plant; 2019 – after the launch of the soda plant.*

**Выводы.** Разработана методика полуэмпирического количественного диагноза атмосферного аэрозоля по яркостным данным системы подстилающая поверхность – атмосфера. Получены зависимости аэрозольной оптической толщины по данным дистанционного зондирования атмосферы с помощью радиометра высокого разрешения AVHRR, установленного на ИСЗ серии NOAA.

На основании современных мировых исследований и собственных исследований авторов в области методов интерпретации данных дистанционного зондирования разработана теоретическая и практическая основа количественной оценки содержания аэрозоля в атмосфере, являющаяся базисом для разработки технологии (оперативного программного комплекса) диагноза пыльных бурь по данным спутниковой информации на территории Узбекистана.

**Вклад авторов.** **М.Л. Арушанов:** постановка задачи, разработка теоретической части. **Х.У. Умеров:** разработка программного комплекса расчёта АОТ и графического представления результатов. **Л.Ю. Шардакова:** подготовка базы данных АОТ и спутниковых снимков. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

## ЛИТЕРАТУРА

*Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н.* Космический мониторинг пыльных бурь Приаралья с помощью пылевого индекса NDDI // Институт космических исследований, МОН Республики Казахстан. – 2007. – С. 407-410.

*Борен К., Хафмен Д.* Поглощения и рассеяния света малыми частицами. – М.: Мир, 1986. – 664 с.

Бугера-Ламберта-Бера закон. Физический энциклопедический словарь / Под. ред. А.М. Прохорова. – М.: Советская энциклопедия, 1983. Т.1. – С. 343.

*Гинзбург А.С., Соколик И.П.* Пропускание и отражения света атмосферным слоем поглощающего аэрозоля // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1989. Т.25. №9. – С. 954-959.

*Кондратьев К.Я., Васильев О.Б., Ивлев Л.С., и др.* Влияния аэрозоля на перенос излучения: возможные климатические последствия. – Л.: Изд - во ЛГУ. 1973. – 266 с.

*Кондратьев К.Я., Григорьев А.А., Покровский О.М., Шалина Е.В.* Космическое зондирование атмосферного аэрозоля – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 214 с.

*Naou X., Qi J.J.* Saharan dust storm detection using moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared bands // Journal of Applied Remote Sensing, Vol. 1. – 2007. – P. 1-9.

*Mecler Yu., Quenzel H.G. Ohring Marcus I.* Relative atmospheric aerosol content from EPTS observations // J. Geophys. Res., Vol. 82. No. 6. – 1977. – P. 967-970.

## СУНҒИЙ ЙЎЛДОШ ТАСВИРЛАРИ ЁРҚИНЛИК ҲАРОРАТИ МАЪЛУМОТЛАРИ АСОСИДА АЭРОЗОЛ ОПТИК ҚАЛИНЛИКНИ МИҚДОРИЙ БАҲОЛАШ

**М.Л. АРУШАНОВ<sup>1</sup>, Х.У. УМЕРОВ<sup>1</sup>, Л.Ю. ШАРДАКОВА<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, mikl-arushanov@rambler.ru

**Аннотация.** Атмосфера оптиканинг тескари масаласини ҳал қилишни ҳисобга олган ҳолда ярим эмпирик ва эмпирик корреляцион боғланишлардан фойдаланган ҳолда атмосфера аэрозолининг таркибини миқдорий баҳолаш алгоритми асосида сунғий йўлдош тасвирида чанг бўрони диагнози имконияти кўриб чиқилган.

Ян Жун Хау ва Жон Цю томонидан  $0,55 \mu\text{m}$  тўлқин узунлигидаги сунъий йўлдош тасвиридаги аэрозол оптик қалинлик (АОК) ва ёрқинлик ҳарорати ўртасида аниқланган юқори корреляция сунъий йўлдош тасвирида чанг бўронини таниб олишда сунъий йўлдош тасвирини статистик нуқтаи назаридан талқин қилиш, атмосферага кучли чанг чиқарувчи манбаларнинг турларини аниқлаш ва таснифлаш ҳамда уларнинг катта масофаларга кўчишини аниқлашга имкон беради.

Мақолада NOAA/AVHRR сунъий йўлдошидан олинган, аввал ишлаб чиқилган алгоритм бўйича бирламчи ишловдан ўтган (геометрик тузатиш, берилган карта проекциясига ўтказиш, тасвири геореференциялаш) маълумотлари кўриб чиқилган. Қорақалпоғистон ҳудудидаги чанг бўрони диагностикаси ва унинг натижасида ҳосил бўлган оптик аэрозол қалинлигининг фазовий тақсимланиши мисоли келтирилган.

**Калит сўзлар:** чанг бўрони, аэрозол оптик қалинлик, тўлқин узунлиги диапазонлари, атмосфера оптикиси қонунлари, сунъий йўлдош тасвирлари.

## QUANTITATIVE ASSESSMENT OF AEROSOL OPTICAL THICKNESS ACCORDING TO SATELLITE IMAGES BRIGHTNESS TEMPERATURE

M.L. ARUSHANOV<sup>1</sup>, Kh.U. UMEROV<sup>1</sup>, L.YU. SHARDAKOVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hydrometeorological Research Institute, mikl-arushanov@rambler.ru

**Abstract.** *The possibility of diagnosing a dust storm on a satellite image is considered based on an algorithm for quantitative assessment of the atmospheric aerosol content using semi-empirical and empirical correlations, taking into account the solution of inverse problems of atmospheric optics.*

*The high correlation established between the aerosol optical depth (AOD) and the brightness temperature in a satellite image at a wavelength of  $0.55 \mu\text{m}$ , established by Yang Jun Hau and John Qu, makes it possible to approach the recognition of a dust storm in a satellite image from the standpoint of statistical interpretation of the satellite image, to identify and classify various types of sources of powerful dust emissions into the atmosphere and their spatial transport over significant distances.*

*The article examines data from the NOAA/AVHRR satellite, previously developed according to a previously developed algorithm, which has undergone primary processing (geometric correction, transformation into a given map projection, georeferencing of the image). An example of the diagnosis of a dust storm on the territory of Karakalpakstan and the spatial distribution of the optical aerosol thickness generated by this dust storm is given.*

**Keywords:** *dust storm, aerosol optical depth, wavelength ranges, laws of atmospheric optics, satellite images.*

## REFERENCES

Arkhipkin O.P., Sagatdinova G.N. Kosmicheskiy monitoring pylnyh bur Priaralya s pomochchuy pilevogo indeksa NDDI [Space monitoring of dust storms in the Aral Sea region using the NDDI dust index] // Istitut kosmicheskikh issledovani, MON Respubliki Kazakhstan. – 2007. – S. 407– 410. (in Russian)

Boren K, Huffman D. Poglosheniya i rasseyaniya sveta malimy chasticami [Absorption and scattering of light by small particles] – M. Mir, 1986. – 664 s.

Bugera – Lamberta – Beera zakon [Bouguer – Lambert – Beer law] Fizicheski enciklopedicheski slovar. / Pod. Redak. A. M. Prohorova. – M.: Sovetskaya Encyclopediya. – 1983. T.1. – S. 343. (in Russian)

Ginzburg A.S., Sokolik I.P. Propuskanie i otrajeniya sveta atmosfernim sloem pogloshauyshegosya aerolya [Transmission and reflection of light by an atmospheric layer of

absorbing aerosol] // Izv. AN of SSSR. Fizika atmosfery i oceana. 1989. T. 25, No. 9. – S. 954-959. (in Russian)

*Kondratyev K.Ya., Vasiliev O.B., Ivlev L. S., et al. Vliyanie aerolya na perenos izlucheniya: vozmojnye klimaticheskie posledstviya [The influence of aerosol on radiation transfer: possible climatic consequences]. – L.: Gidrometeoizdat, 1973. – 266 s. (in Russian)*

*Kondratyev K. Ya., Grigoriev A. A., Pokrovsky O.M., Shalina E. V. Kosmicheskoe zondirovanie atmosfernogo aerolya [Space sensing of atmospheric aerosol]. – L.: Gidrometeoizdat, 1983. – 214 s. (in Russian)*

УДК 551.509.331

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ЗАСУШЛИВОСТИ SPI ПО ОБЛАСТЯМ УЗБЕКИСТАНА

Г.Ш. ЭШМУРАТОВА\*

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, eshmuratovaguli@gmail.com

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос пространственно-временного распределения индекса атмосферной засушливости SPI на территории Узбекистана по месяцам года на основе данных об осадках с 1966 по 2015 годы на метеорологических станциях областных центров республики. Показана адекватность индекса SPI при диагнозе засушливых (увлажнённых) годов, его информативность при анализе режима осадков.

Получены спектры колебаний (периодограммы) индекса SPI по 13 метеостанциям Узбекистана. Выявлены основные периоды колебаний 0,5, 1, 2,5, 5 и 10-12 лет, обусловленные колебаниями климатической системы в глобальном масштабе, вызванные внешними факторами. Особенности спектра в локальном масштабе проявляются в структуре периодограммы, её разрежённости/кучности (количестве пиков), что может быть использовано, как объективный критерий при выполнении климатического районирования исследуемой территории.

**Ключевые слова:** индекс засушливости, осадки, гамма-функция, кумулятивная вероятность, периодограмма, SPI.

**Введение.** Являясь естественной составляющей климата, атмосферная засушливость в своём экстремальном проявлении, называемом засухой, может происходить в любой части планеты [Справочник ..., 2016]. В глобальном масштабе атмосферная засуха случается в той или иной географической области ежегодно и по своей сути относится к категории природных опасных явлений, оказывая негативное влияние на различные секторы экономики.

В научных исследованиях и практической работе метеорологических организаций в целях количественной оценки степени засушливости определённого периода года (месячного, сезонного, полугодового, годового) используются различные индексы [Уткузова и др., 2015].

Начиная с работы [МакКее, 1993], в агрометеорологических исследованиях для мониторинга засух широко используется стандартизированный индекс осадков SPI (*Standardized Precipitation Index*), рекомендованный Всемирной метеорологической организацией (ВМО), заменяющий (дополняющий) ранее широко используемый нормализованный индекс NPI (*Normalized precipitation index*).

\* Ответственный автор: eshmuratovaguli@gmail.com, тел.: +998 88 111-52-99

**Цель работы:** исследовать особенности пространственно-временного распределения индекса засушливости SPI на территории Узбекистана и получить спектры колебаний индекса атмосферной засушливости.

**Используемые данные.** В работе использовались временные ряды среднемесячных осадков по данным 13 метеорологических станций областных центров республики за период 1966-2015 годы.

**Индекс SPI.** Идея представления индекса засушливости в стандартизованном виде приводит к выражению трансформированной кумулятивной вероятности [Guttman, 1999; Alley, 1984]:

$$H(p) = q + (1 - q) \cdot G(p), \quad (1)$$

где  $q$  – вероятности нулевых осадков, а  $G(p)$  определяется выражением

$$G(p) = \int_0^p g(p) dp = \frac{1}{\beta^a \Gamma(a)} \int_0^p p^a \exp\left(-\frac{p}{\beta}\right) dp. \quad (2)$$

В (2)  $G(p)$  – кумулятивная функция распределения вероятностей,  $\Gamma(a)$  – гамма функция,  $\alpha, \beta$  – параметры масштаба и формы. В работе [Арушанов, Рахматова, 2019] показано, что гамма функция, аппроксимирующая эмпирическое распределение, может быть без потери точности заменена на полином  $n$ -ой степени, что, во-первых, значительно упрощает вычислительный процесс, а, во-вторых, исключает математическую некорректность, ибо при нулевых значениях гамма функция не определена.

С учётом (1), (2) собственно индекс SPI вычисляется на основании соотношения [Guttman, 1999; Alley, 1984]:

$$SPI = +t \times \left[ \frac{1}{(1 - H(p))^2} \times \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \text{ для } 0 \leq H(p) < 1, \quad (3)$$

$$SPI = -t \times \left[ \frac{1}{(1 - H(p))^2} \times \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \text{ для } 0,5 < H(p) < 1 \quad (3a)$$

$$\text{В (3), (3a) } t = \sqrt{\ln \frac{1}{[(1 - H(p))^2]}}; c_i, d_j \text{ – расчётные коэффициенты.}$$

По сути SPI – это число стандартных отклонений от нуля, где все значения  $SPI < 0$  – есть дефицит осадков,  $SPI > 0$  – избыток осадков, что позволяет судить о засушливости и увлажнённости в терминах индекса SPI.

В табл. 1 приведена классификация ВМО засушливости по значениям индекса SPI [Руководство ..., 2012].

**Методика исследования.** Для каждого из 13-ти областных центров республики по данным о среднемесячных значениях осадков по выборкам с 1966 по 2015 годы согласно формулам (1)-(3), (3a) для каждого месяца года были рассчитаны значения индекса засушливости SPI.

Анализ пространственно-временного распределения SPI выполнялся на основе построенных с помощью ГИС-пакета SURFER контурных карт. В целях выявления наличия (отсутствия) циклов в смене интенсивности засушливых и увлажнённых

периодов, рассчитывался спектр колебаний (периодограмма) индекса *SPI* с использованием пакета «*STATISTICA*» [Руководство ..., 2012].

**Анализ результатов.** На рис. 1 представлены контурные карты распределения *SPI*, как функции месяца года с 1966 по 2015 годы по областным центрам Узбекистана. Как видно из рисунка главной особенностью указанного распределения является практически стационарные из года в год значения *SPI* градаций от «умеренной», «серьёзной» до «экстремальной» засушливости (табл. 1) в летний сезон. Интенсивность засушливости по территории Узбекистана зависит от географического положения той или иной области. Так, в областных центрах Бухара, Навои, Карши, Термез в летний сезон преобладает «серьёзная» и «экстремальная» засушливость; в Ургенче, Самарканде, Ташкенте, Сырдарье, Джизаке – «умеренная» и «серьёзная»; в Намангане, Нукусе, Андижане, Фергане преобладает «умеренная» засушливость в отдельные года переходящая в «серьёзную».

Таблица 1

Классификация засушливости по значениям *SPI*

Table 1

Dryness classification by *SPI* values

| Значение <i>SPI</i>                           | Категория     |
|---|---------------|
| <b>Засушливость</b>                           |               |
| $SPI \leq -2,00$                              | Экстремальная |
| $-1,99 \leq SPI \leq -1,50$                   | Серьёзная     |
| $-1,00 \leq SPI \leq -1,49$                   | Умеренная     |
| <b><math>-0,99 \leq SPI \leq +0,99</math></b> | <b>Норма</b>  |
| <b>Увлажнение</b>                             |               |
| $0,00 \leq SPI < +0,50$                       | Мягкое        |
| $0,50 \leq SPI \leq +1,49$                    | Умеренное     |
| $1,00 \leq SPI \leq +1,99$                    | Сильное       |
| $SPI \geq +2,00$                              | Экстремальное |

Информативность индекса *SPI* обусловлена тесной связью между высокими барическими образованиями (циклонами, антициклонами) и очагами засушливости и увлажнённости, описываемые индексом *SPI*, т.е. указанные очаги определяются типом циркуляции и особенностями конфигурации планетарных высотных фронтальных зон (ПВФЗ) [Уткузова и др., 2015]. В условиях аридного климата, каковым является климат Узбекистана, эта связь проявляется наиболее ярко.

Одним из определяющих факторов формирования аномалий месячных сумм осадков в Узбекистане являются осадки фронтального происхождения, связанные с волновой деятельностью на холодном фронте при расположении циклонической части ПВФЗ над Средней Азией, прорывами южных циклонов, сопровождающиеся последующими холодными вторжениями, а также регенерацией на фронтах арктических вторжений [Иногамова и др., 2002]. Засушливые периоды на территории Узбекистана связаны с наличием суммарной продолжительности малоградиентного поля пониженного давления, минимальной повторяемостью северо-западных и северных холодных вторжений и отсутствием волновой деятельности на холодных фронтах, а также малым количеством высотных циклонов над Средней Азией [Иногамова и др., 2002]. Такое сочетание развития синоптических процессов обуславливает экстремально повышенный температурный фон и, как следствие, засушливые периоды.

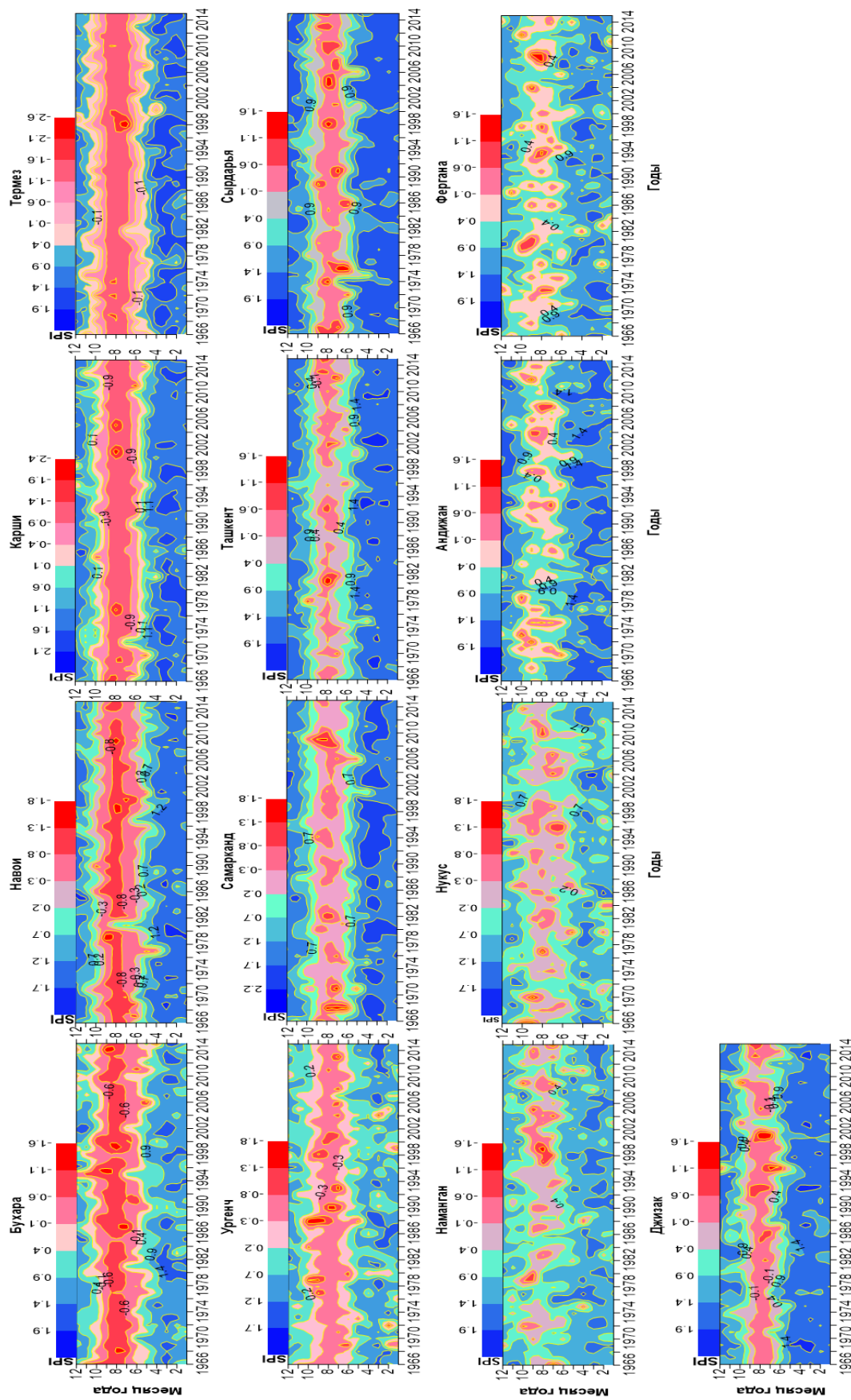
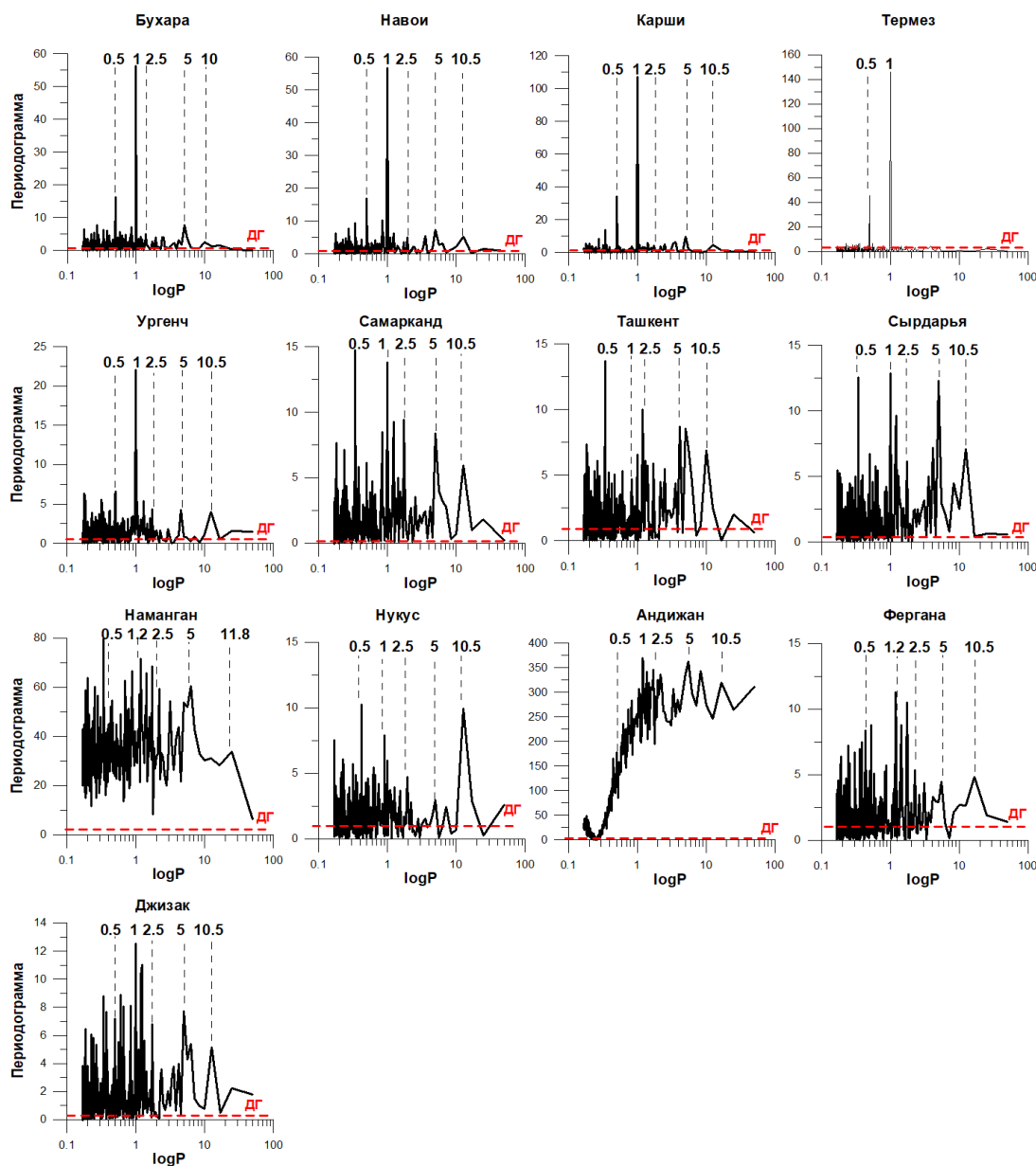


Рис. 1. Временное распределение индекса засушливости SPI в областных центрах Узбекистана

Fig 1. Temporal distribution of the aridity index in the regional centers of Uzbekistan

Из рис. 1 явственно следует, что периоды засухливости сменяются в той или иной степени увлажнёнными периодами. Особенно чётко это видно на примере областных центров Наманган, Андижан, Фергана и г. Нукус (Каракалпакстан). В целях количественной оценки наличия (отсутствия) циклов смены периодов засухливости и увлажнённости был выполнен спектральный анализ индекса SPI с построением периодограммы [Брукс, Карузерс, 1963]. Результаты расчёта приведены на рис. 2.



**Рис. 2. Спектры колебаний (периодограммы) индекса засухливости SPI в областных центрах Узбекистана**

**Fig. 2. Spectra of fluctuations (periodograms) of the SPI aridity index in the regional centers of Uzbekistan**

*Примечание:* числа над пиками – периоды  $P$  в годах; ДГ – доверительная граница.  
*Note:* the numbers above the peaks are periods  $P$  in years; ДГ – confidence limit.

Представленные на рис. 2 периодограммы индекса засушливости SPI по областным центрам Узбекистана по своей структуре отражают локальные особенности чередований засушливых и увлажнённых лет с основными периодами колебаний 0,5, 1, 2,5, 5, 10-12,5 лет. Полугодовой период колебаний обусловлен количеством осадков в тёплый и холодный периоды года. Годичный период показывает, что на протяжении 50 лет в среднем годовые осадки оставались около нормы. Колебание индекса SPI с периодом 2,5 года связано с квазидвухлетним циклом метеорологических величин, обусловленный колебаниями общей циркуляции атмосферы, подробно рассмотренный академиком А.М. Обуховым [Гледзер, Обухов, 1982], а колебания с периодом 10-12 лет генерируются известным 11-летним циклом вариаций солнечной активности. В построении прогностической модели атмосферной засухи важным является 5-ти летний цикл колебаний индекса засушливости SPI, обусловленный колебаниями индекса Южной осцилляции Эль-Ниньо и Ла-Нинья с периодом 5 лет.

Все перечисленные выше периоды колебания индекса SPI, выраженные спектрами периодограмм, приведенные на рис. 2, свойственны его колебаниям, вызванных колебаниями климатической системы под воздействием, главным образом, внешних факторов, т.е. носят глобальный характер. Локальные же особенности, зависящие от географического положения исследуемой территории, проявляются в структуре этих колебаний в виде различных по величине амплитуд и степени разрежённости (количества пиков) периодограммы на графике.

**Выводы.** Пространственно-временное распределение индекса засушливости SPI на территории Узбекистана адекватно отображает режим осадков в различные месяцы года, что ещё раз подтверждает информативность этого индекса, который может быть использован в мониторинге засушливых (увлажнённых) годов, как параметр диагноза атмосферной засушливости по данным об осадках на территории Узбекистана.

Спектры колебаний индекса SPI могут быть использованы при климатическом районировании исследуемой территории, как один из объективных критериев, применяемых при таком районировании.

## ЛИТЕРАТУРА

*Арушанов М.Л., Рахматова Н.И.* Простой метод расчёта индекса засушливости SPI на основе аппроксимации кубическим полиномом эмпирической функции частоты распределения осадков // Известия географического общества Узбекистана. Том 56, 2019. – С. 13– 18.

*Брукс К., Карузерс Н.* Применение статистических методов в метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 413 с.

*Гледзер Е.Б., Обухов А.М.* Квазидвухлетняя цикличность как параметрическое явление в климатической системе // Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана. Т.18, № 11. – 1982. – С. 1154-1158.

*Инагамова С.И., Мухтаров Т.М., Мухтаров Ш.Т.* Особенности синоптических процессов Средней Азии – Ташкент: НИГМИ, 2002. – 437 с.

Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков. – Женева: ВМО, № 1090. 2012. – 18 с.

*Уткузова Д.Н., Хан В.М., Вильфанд Р.М.* Статистический анализ эпизодов экстремальной засушливости и увлажнённости на территории РФ // Оптика атмосферы и океана. Том 28, № 1 (312). – 2015. – С. 66–75.

*Уткузова Д.Н., Вильфанд Р.М., Хан В.М., Ганиева Е.С.* Синоптический анализ экстремальной засушливости и увлажнённости на территории Российской Федерации // Биосфера, Т. 7, № 12. – 2015. – С. 50.– 60.

Alley W.M. Palmer Drought Severity Index: Constraints and Assumptions // J. Climate and Applied Meteorology, vol. 23. – 1984. P. 1100 – 1109.

Guttman N.B. Accepting the Standardized Precipitation Index: A calculation algorithm // J. of the American Water Resources Association. V. 35(2). – 1999. – P. 311–322.

McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales // Preprints, 8th Conference on applied Climatology, 17-22 January. – Anaheim, CA, 1993. – PP. 179-184.

Электронный ресурс:

Руководство      пользователю      пакетом      STATISTIKA.      URL:      /http://  
old.exponenta.ru/SOFT/STATIST/stat5\_1/2/2.asp

## SPI ҚУРҒОҚЧИЛИК ИНДЕКСИНИНГ ЎЗБЕКИСТОН ХУДУДЛАРИ БЎЙИЧА ФАЗОВИЙ-МАВСУМИЙ ТАҚСИМЛАНИШИ

Г.Ш. ЭШМУРАТОВА<sup>1</sup>

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, eshmuratovaguli@gmail.com

**Аннотация.** Атмосфера қурғоқчилик индексини (SPI) Ўзбекистон ҳудудида йил ва ойлар бўйича фазовий-вақтинча тақсимлаш масаласи республиканинг вилоят марказларидаги метеорология станцияларида 1966 йилдан 2015 йилгача бўлган ёгингарчилик маълумотлари асосида қўриб чиқилган. Қуруқ (намгарчилик) йилларни таххислаида SPI индексининг етарлиги ва ёгингарчилик режимларини таҳлил қилиида унинг информативлиги кўрсатилган.

Ўзбекистондаги 13 та метеостанция учун SPI индексининг тебраниш спектрлари (периодограммалари) олинган. Тебранишларнинг асосий даврлари 0,5, 1, 2,5, 5 ва 10-12 йиллик ташиқи омиллар таъсирида иқлим тизимининг глобал миқёсдаги тебранишлари натижасида юзага келган. Маҳаллий миқёсдаги спектрнинг хусусиятлари ўрганилаётган ҳудудни иқлимий районлаштиришини амалга ошириида объектив мезон сифатида фойдаланиш мумкин бўлган периодограмминг тузилиида, унинг сийраклиги/аниқлиги (чўққилар сони) да намоён бўлади.

**Калит сўзлар:** қурғоқчилик индекси, ёгингарчилик, гамма-функция, кумулятив эҳтимоллик, периодограмма, SPI.

## SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF THE SPI DROUGHT INDEX IN THE REGIONS OF UZBEKISTAN

G.Sh. ESHMURATOVA

Hydrometeorological Research Institute, eshmuratovaguli@gmail.com

**Abstract.** The issue of spatio-temporal distribution of the atmospheric aridity index SPI on the territory of Uzbekistan by month of the year is considered based on precipitation data from 1966 to 2015 at meteorological stations of the regional centers of the republic. The adequacy of the SPI index in diagnosing dry (wet) years and its informativeness in analyzing precipitation regimes is shown.

Oscillation spectra (periodograms) of the SPI index were obtained for 13 weather stations in Uzbekistan. The main periods of oscillations of 0.5, 1, 2.5, 5 and 10-12 years were identified, caused by fluctuations in the climate system on a global scale, caused by external factors. Features of the spectrum on a local scale are manifested in the structure of the periodogram, its sparseness/accuracy (number of peaks), which can be used as an objective criterion when performing climatic zoning of the study area.

**Keywords:** aridity index, precipitation, gamma function, cumulative probability, periodogram, SPI.

**REFERENCES**

*Arushanov M. L., Rahmatova N. I.* Prostoy metod rascheta indeksa zasushlivosti SPI na osnove approksimacii kubicheskim polinomom empiricheskoy funktsii chastoti raspredeleniya osadkov [A simple method for calculating the dryness index SPI based on a cubic polynomial approximation of the empirical function of the frequency of precipitation distribution]. //Izvestie geograficheskogo obshchestva Uzbekistana. Tom 56. 2019. – S. 13-18. (in Russian)

*Bruks K., Karuzers N.* Primenenie snatsnicheskikh metodov v meteorologii [Application of statistical methods in meteorology]. – L.: Gidrometeozdat, 1963. – 413 s. (in Russian)

*Gledzer E. B., Obuhov A. M.* Kvazi dvuhletnyaya ciklichnost kak parametricheskoe yavlenie v klimaticheskoi sisteme [Quasi Biennial cyclicity as a parametric phenomenon in the climate system] // Izvestie AN SSSR, fizika atmosfery i okeana. T.18, N11. – 1982. – S. 1154-1158. (in Russian)

*Inogamova S. I., Muhtarov T. M., Muhtarov SH. M.* Osobennosti sinopticheskikh processov Sredney Azii [Features of synoptic processes in Central Asia]. – Tashken: NIGMI, 2002. – 437s. (in Russian)

Rukovodstvo dlya polzovatelei standartizovannogo indeksa osadkov [User's Guide to the Standardized Precipitation Index] – Geneva: WMO № 1090. – 2012. – 18 s. (in Russian)

*Utkuzova D. N., Han V. M., Vilfand R. M.* Statisticheskii analiz epizodov ekstremalnoy zasushlivosti i uvlagnennosti na territorii RF [Statistical analysis of episodes of extreme aridity and humidity on the territory of the Russian Federation] // Optika atmosfery i okeana. Tom 28, No 1(312). – 2015. – S. 66. – 75. (in Russian)

*Utkuzova D. N., Vilfand R. M., Han V. M., Ganieva E. S.* Sinopticheskii analiz ekstremalnoy zasushlivosti i uvlajnenosti na territorii Rossiyskoy Federacii [Synoptic analysis of extreme aridity and humidity on the territory of the Russian Federation] // Biosfera, T.7. No. 12. – 2015. – S. 50-60. (in Russian)

*Electronic resource:*

Rukovodstvo polzovatelyu paketom STATISTIKA [User's Guide to the STATISTIKA package]. URL: /http:// old. exponenta.ru/SOFT/STATIST/stat5\_1/2/2.asp

**ГИДРОЛОГИЯ / HYDROLOGY**

УДК: 652.157

**ЗАРАФШОН ДАРЁСИ СУВИ ЛОЙҚА ОҚИЗИҚЛАР МИҚДОРНИНГ ТУРЛИ ДАВРЛАРДА ЎЗГАРИШИ****М.Ш. АБДИЕВА<sup>1\*</sup>, Ф.Ф. САДИЕВ<sup>2</sup>, С.Ф. ФАТУЛЛОЕВ<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, matluba\_abdiyeva@mail.ru<sup>2</sup> Сув муаммолари илмий-тадқиқот институти, fsf7711@mail.ru<sup>3</sup> Бухоро табиий ресурсларни бошқариш институти, fatullayev.2021@mail.ru

**Аннотация.** Мақолада Зарафшон дарёси сувининг лойқа оқизиклар миқдорининг дарё оқими бўйлаб сув сарфига боғлиқ ҳолда ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.), ойлик, вегетация ва новегиетация даврларидаги ўзгаришлари статистик тадқиқ этилган. Унга кўра, лойқа оқизиклар миқдори сув сарфи ортишидан бироз олдин ортади. Вегетация даврида сув оқими тўлинсув даври билан мос келганлиги сабабли дарё суви билан катта ҳажмдаги лойқа оқизиклар миқдори олиб кетилади.

**Калит сўзлар:** Зарафшон дарёси, лойқа оқизиклар, сув сарфи, вегетация даври, новегиетация даври.

**Кириш.** Дарё лойқа оқизикларини ўрганиш гидрологиянинг энг мураккаб бўлимларидан бири ҳисобланади [Караушев, 1977]. Дарё лойқа оқизиклари халқ хўжалигида катта илмий ва амалий аҳамиятга эга бўлиб, лойқа оқизиклар режимини тўғри баҳолай олмаслик натижасида халқ хўжалигига зарар келтириши мумкин. Бундан ташқари, дарё ҳавзаларида юз берадиган сув эрозияси жараёнлари қонуниятларини ўрганишда ҳамда дарё ҳавзасидаги ўрмон-мелиорация ишларини режа асосида амалга оширишда лойқа оқизиклар режимини баҳолаш зарур. Бу сув эрозияси ва дарёлар лойқа оқизикларининг ҳосил бўлиш қонуниятларини аниқлашга имкон берса, иккинчидан эса ирригация ва гидротехника амалиётида муҳим аҳамият касб этади. Шундан келиб чиқиб, Зарафшон дарёси сувининг дарё оқими бўйлаб кўп йиллик, ойлик ҳамда турли даврлардаги лойқа оқизиклар миқдорининг ўзгаришларини ўрганиш зарур.

Сувдаги оқизиклар миқдори унинг лойқалик даражасини белгилайди. Дарёларнинг лойқа оқизиклари муаллақ (R) оқизиклар ва ўзан туби (G) оқизикларига бўлинади. Дарёларда оқимнинг асосий қисми (85-90 %) муаллақ (лойқа) оқизикларга тўғри келади. Шунинг учун ҳам дарё ҳавзаларида кечадиган сув эрозиясини миқдорий баҳолашда асосан лойқа оқизиклар оқими ҳисобга олинади [Шульц, Машрапов, 1969]. Сувнинг оқим тезлигига қараб сув ости оқизиклари муаллақ ҳолатга ўтиши ва аксинча бўлиши мумкин. Айниқса, тошқин ва тўлин сув даврида оқизиклар миқдори жадал ҳосил бўлади [Шульц, 1969; Орлов, 1976].

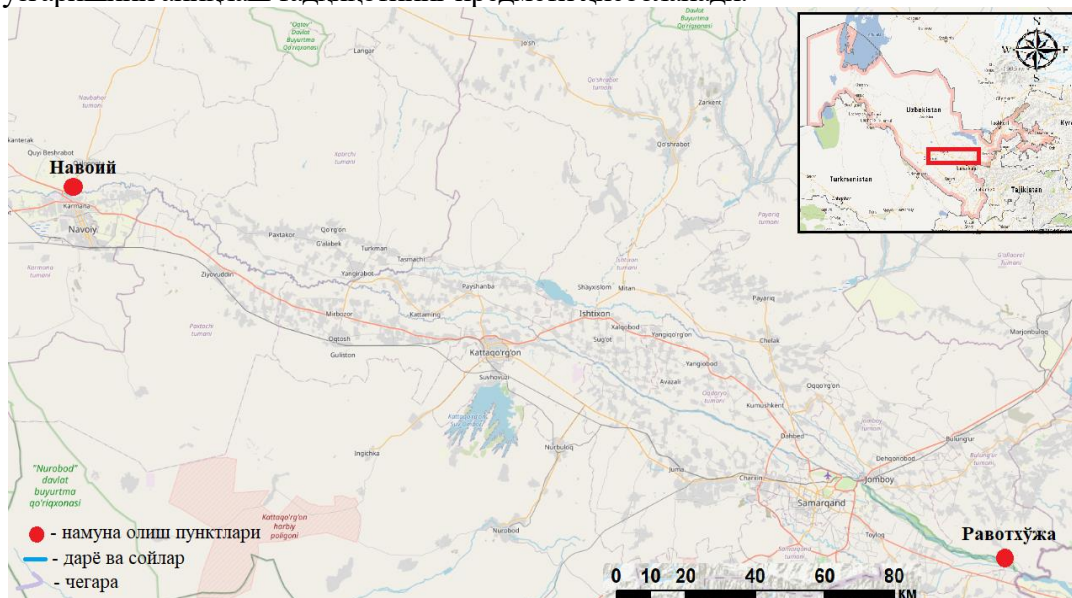
Тадқиқотларга кўра, лойқалик ҳудуд бўйлаб минтақавий тақсимотга эга. Тоғли ҳудудларда лойқа оқизиклар миқдори нисбатан юқори бўлиб, 2000 г/м<sup>3</sup> дан 5000 г/м<sup>3</sup> гача оралиқда ўзгаради [Орлов, 1976].

**Ишнинг мақсади ва вазифалари.** Тадқиқотнинг асосий мақсади Зарафшон дарёси лойқа оқизиклар миқдорини турли даврларда дарё оқими бўйича ўзгаришларини тадқиқ этиш ҳисобланади. Зарафшон дарёси лойқа оқизиклар миқдорини ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.), ойлик, вегетация ва новегиетация даврларидаги ўзгаришларини графикларда акс эттириш ҳамда

\*Масъул муаллиф: matluba\_abdiyeva@mail.ru, тел.: +998 99 917-08-89

ушбу графиклар таҳлиллари асосида лойқа оқизиклар миқдорининг тебранишларини аниқлаш тадқиқотнинг вазифаси қилиб белгиланди.

**Тадқиқот объекти ва предмети.** Тадқиқот ишида Зарафшон дарёси лойқа оқизиклардан намуна олиш пости сифатида Равотхўжа ҳамда Навоий гидрология постлари танлаб олинди (1-расм). Зарафшон дарёси суви лойқа оқизиклар миқдорининг турли даврларда сув сарфига боғлиқ ҳолда ўзгаришини аниқлаш тадқиқотнинг предмети ҳисобланади.



1-расм. Зарафшон дарёси лойқа оқизиклардан намуна олиш постлари

Рис. 1. Точки отбора проб мутности реки Зеравшан

Fig. 1. Turbidity sampling points of the Zeravshan River

**Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари.** Ўрта Осиёда биринчи марта 1910 йилда В.Г. Глушков раҳбарлигида дарёларда сув режимининг элементлари билан бир вақтда лойқа оқизикларни ҳам доимий стационар равишда мунтазам кузатиб бориш йўлга қўйилган [Ҳикматов, 2013].

Тадқиқот ишида Зарафшон дарёси суви лойқалиги Гидрометеорология хизмати агентлигининг ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.) маълумотлари ҳамда батометр асбоби ёраида сувдан намуна олиш орқали гидрометрик усулда аниқланди.

“Гидрометеорологик станциялар ва постлар учун кўрсатмалар”га кўра, чўкиндиларни кузатиш натижалари қуйидаги тавсифларни бериши керак:

- лойқа ва оқизик чўкиндиларнинг йиллик оқими ва уларнинг йил давомидаги тақсимланиши;
- лойқа, оқизик ва ўзан туби (пастки) чўкиндиларнинг гранулометриқ таркиби;
- лойқа ва ўзан туби чўкиндиларнинг таркибидаги органик қўшимчаларнинг таркиби;
- ўзан туби чўкинди заррачаларининг зичлиги ва уларнинг табиий жойлашувидаги зичлиги.

Белгиланган тавсифларни олиш учун чўкинди мониторингининг қуйидаги иш турларини ўз ичига олади:

- лойқалик учун ягона сув намуналарини йиғиш;
- лойқа чўкиндиларнинг оқим тезлиги ва ундаги органик қўшимчаларнинг таркибини аниқлаш учун жонли оқим бўйлаб лойқалик учун сувдан намуналар олиш;
- лойқа чўкинди оқимини ўлчашда лойқалик учун сувнинг ягона назорат намуналарини олиш;

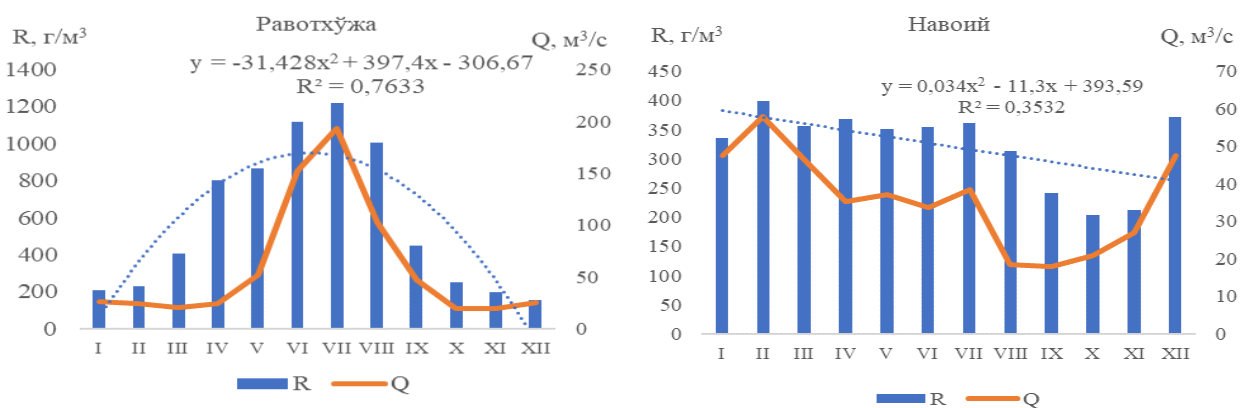
г) лойқа, оқизиқ ва ўзан туби (пастки) чўкиндиларнинг гранулометриқ таркиби, шунингдек, ўзан туби чўкинди заррачаларининг зичлиги ва уларнинг табиий жойлашувидаги зичлигини аниқлаш учун намуналар олиш.

Ушбу постдаги йил давомида лойқа оқизиқлар оқимларининг ўлчовлари сони дарё режимига ва ўрганилганлигига қараб белгиланади. Ўртача паст текислик дарёларида биринчи 2-3 йиллик кузатишларда лойқа оқимларининг ўлчамлар сони камида 15-20 марта, тоғли дарёларда эса биринчи 3-5 йиллик кузатишларда 20-30 мартагача бўлган оқимларда белгиланади. Кейинги йилларда кузатиш материалларини таҳлил қилиш асосида уни қисқартириш мумкин [Наставление ..., 1976].

**Олинган натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** Тадқиқот ишида, Зарафшон дарёси катта ҳажмдаги лойқа оқизиқларининг ўртача ойлик (1990-2022 йй.) миқдори Равотхўжа постида март-сентябрь ойларида, сув сарфининг юқори миқдори эса май-сентябрь ойларида кузатилади.

Ўрганилаётган давр мобайнида Зарафшон дарёси сувининг лойқалиги Равотхўжа постида ўртача ойлик (1990-2022 йй.) миқдори 156-1216 г/м<sup>3</sup> оралиғида, сув сарфи эса 19,2-193 м<sup>3</sup>/сек оралиғида ўзгаради. Энг юқори лойқа оқизиқлар миқдори дарёнинг июль ойида сув сарфи билан бир вақтда ортиши кузатилади. Навоий постида ўртача ойлик лойқа оқизиқлар миқдори 203-399 г/м<sup>3</sup> оралиғида, сув сарфи эса 17,8-57,9 м<sup>3</sup>/сек оралиғида ўзгаради. Бу кузатув постида энг юқори лойқа оқизиқлар миқдори февраль ойида сув сарфи миқдори билан мос ҳолда ортади (2-расм).

Зарафшон дарёси сувида ўртача ойлик лойқа оқизиқлар ва сув сарфи орасидаги ўзгариш графиклари тузилди. Унга кўра, Равотхўжа постида  $r = 0,87$  га тенг бўлса, Навоий постида  $r = 0,59$  га тенг. Зарафшон дарёсининг Равотхўжа постида тўлинсув давридан бироз аввал лойқа оқизиқлар миқдори ортиши кузатилади. Шунингдек, бу постда сув сарфига қараганда лойқа оқизиқлар кескинроқ ортиб камади. Тадқиқотларга кўра, дарёнинг Равотхўжа постида оқизиқларнинг асосий қисми март-сентябрь ойларида оқиб ўтади, йиллик оқизиқлар миқдорининг 1,8 фоизи октябрь-февраль ойларига тўғри келади. Дарёнинг Навоий постида тўлинсув даври кузатилмайди, сув сарфига боғлиқ ҳолда лойқа оқизиқлар миқдори ҳам ўзгаради (2-расм).



2-расм. Зарафшон дарёси сувида ўртача ойлик лойқа оқизиқлар ва сув сарфи орасидаги ўзгаришлар (1990-2022 йй.)

Рис. 2. Изменение среднемесячной мутности и расхода воды реки Зеравшан (1990-2022 гг.)

Fig. 2. Change in average monthly turbidity flow and water discharge of the Zeravshan River (1990-2022)

Зарафшон дарёси лойқа оқизикларининг ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.) миқдори Равотхўжа постида  $147-1820 \text{ г/м}^3$  ни, сув сарфи эса  $23-118 \text{ м}^3/\text{сек}$  ни ташкил қилади. Равотхўжа постидаги энг юқори лойқа оқизиклар миқдори 1992, 1993, 1994, 1998, 2002, 2005, 2007 йилларда кузатилган. Охириги ўн йилликда эса сув сарфи камайиши билан бирга лойқа оқизиклар миқдорининг ҳам камайиши кузатилмоқда. Равотхўжа постида лойқа оқизиклар ва сув сарфи ўзгаришлари графиги  $r = 0,58$  га тенг (3-расм).

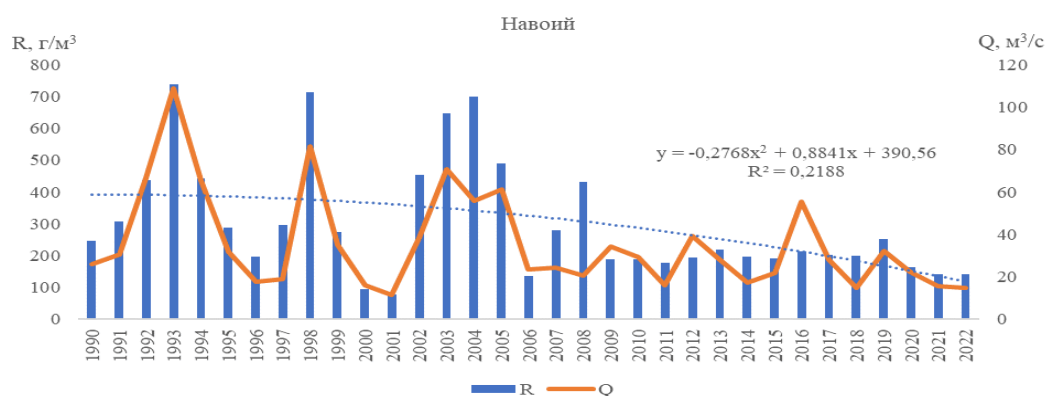


**3-расм. Зарафшон дарёси Равотхўжа постида ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.) лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги ўзгаришлари**

**Рис. 3. Изменение средней многолетней (1990-2022 гг.) мутности и расхода воды на посту Равотходжа реки Зеравшан**

**Fig. 3. Change in the average long-term (1990-2022) turbidity flow and water discharge at the Ravotkhodja pint of the Zeravshan River**

Дарёнинг Навоий постида ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.) лойқа оқизиклар миқдори  $79-737 \text{ г/м}^3$  ни, сув сарфи  $12-109 \text{ м}^3/\text{сек}$  ни ташкил қилади, лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги ўзгариш графиги эса  $r = 0,46$  га тенг (4-расм).



**4-расм. Зарафшон дарёси Навоий постида ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.) лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги ўзгаришлари**

**Рис. 4. Изменение средней многолетней (1990-2022 гг.) мутности и расхода воды на посту Навои реки Зеравшан**

**Fig. 4. Change in the average long-term (1990-2022) turbidity flow and water discharge at the Navoi station of the Zeravshan River**

Навоий постида энг юқори лойқа оқизиқлар миқдори 1993, 1998, 2003, 2004 йилларда кузатилса-да, бироқ Равотхўжа постига нисбатан бироз камаяди. Равотхўжа постида энг юқори лойқа оқизиқлар миқдори  $1820 \text{ г/м}^3$  (2002 й.) бўлса, ушбу кўрсаткич Навоий постида  $737 \text{ г/м}^3$  (1993 й.) га етади.

Ф.Ҳикматов тадқиқотларига кўра, қор-муздан тўйинадиган 7 та дарёлар ичида Зарафшон дарёсининг йиллик оқим билан лойқа оқизиқлар ўртасидаги энг юқори боғлиқлик коэффиценти (0,713) Дупули постига тўғри келади [Ҳикматов, 2013].

В.Л. Шульц, Р. Машрапов маълумотларига кўра, Зарафшон дарёсининг ҳар  $1 \text{ км}^2$  сув йиғиш майдони юзасидан ўрта ҳисобда ҳар йили 421 тонна лойқа оқизиқлар ювилиб кетади. Лойқа оқизиқлар сарфининг йил давомида ўзгариб бориши дарё сув сарфларининг ўзгариб боришига жуда ҳам ўхшаш. Ўрта Осиёнинг текислик қисмидаги дарёларида лойқалик даражаси юқори бўлиб, Амударёда  $4,6 \text{ кг/м}^3$ , Сирдарёда  $2 \text{ кг/м}^3$  гача, Зарафшонда  $0,880 \text{ кг/м}^3$  гача кузатилади [Шульц, Машрапов, 1969]. Г.И.Шамов тадқиқотларига кўра эса, Ўрта Осиё ва жанубий Қозоғистон ҳудудидаги дарёларнинг лойқалиги  $50 \text{ г/м}^3$  дан  $5000 \text{ г/м}^3$  гача ораликда ўзгариб туради. Зарафшон дарёси ҳавзаси VI ( $500 \text{ г/м}^3$  дан  $1000 \text{ г/м}^3$  гача) лойқалик зонасига кириб, ўртача лойқа оқизиқлар миқдори Дупули постида  $1030 \text{ г/м}^3$  га тенг [Шамов, 1959].

Зарафшон дарёсида лойқа оқизиқлар ва сув сарфи миқдори ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.) кузатишларга кўра, охириги йилларга томон камайиб бориши аниқланди (1-жадвал).

Жадвалдан кўринадики, Зарафшон дарёси кузатув постларида ўртача беш йиллик лойқа оқизиқлар ва сув сарфи миқдори 1990-1994 йилларга нисбатан охириги 2020-2022 йилларда камайиб бориши аниқланди. Равотхўжа постида аввалги йилларга нисбатан ҳозирда лойқа оқизиқлар миқдори 4,9 мартага, сув сарфи эса 2,8 мартага, Навоий постида эса лойқа оқизиқлар миқдори 2,9 мартага, сув сарфи эса 3,3 мартага камайиб бориши кузатилади. Бундан кўринадики, Зарафшон дарёси сув сарфи камайиши билан лойқа оқизиқлар миқдорининг ҳам камайиши кузатилади.

*1-жадвал*

**Зарафшон дарёси постида лойқа оқизиқлар ва сув сарфининг беш йилликларда ўртача ўзгариши**

*Таблица 1*

**Среднепятилетние изменения мутности и расходов воды на постах реки Зеравшан**

*Table 1*

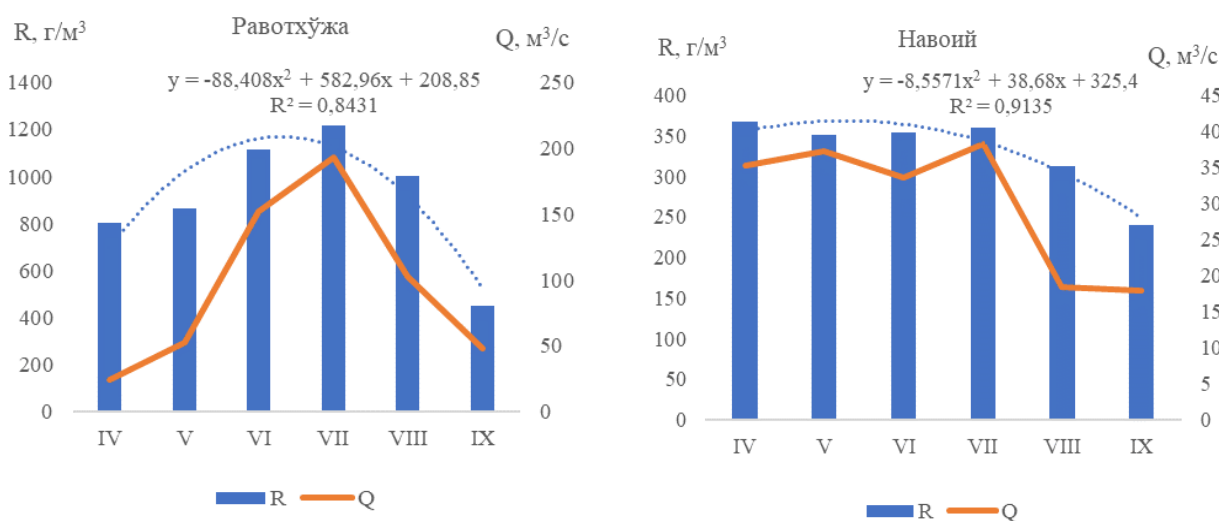
**Five-year average changes in turbidity and water discharges along the Zeravshan River**

| Йиллар    | Равотхўжа         |                          | Навоий            |                          |
|-----------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
|           | R, $\text{г/м}^3$ | Q, $\text{м}^3/\text{с}$ | R, $\text{г/м}^3$ | Q, $\text{м}^3/\text{с}$ |
| 1990-1994 | 1030,8            | 85,6                     | 433,7             | 59,5                     |
| 1995-1999 | 867,9             | 50,9                     | 353,4             | 37,1                     |
| 2000-2004 | 979,0             | 61,2                     | 395,0             | 38,5                     |
| 2005-2009 | 993,5             | 55,5                     | 305,2             | 32,8                     |
| 2010-2014 | 437,9             | 54,9                     | 195,2             | 25,9                     |
| 2015-2019 | 414,1             | 58,1                     | 211,5             | 30,5                     |
| 2020-2022 | 207,5             | 30,2                     | 149,1             | 17,6                     |

Зарафшон дарёси Равотхўжа постида вегетация даври апрель-сентябрь ойларига тўғри келади. Бу даврда дарё ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.) оқимининг 76% оқиб ўтади, оқимнинг қолган қисми кузги-кишки (октябрь-март) кам сувли даврга тўғри

келади. Дарё суви июль-август ойларида энг юқори миқдорда кузатилади. Дарёнинг Навоий постида эса вегетация даврида ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.) оқимнинг 25% оқиб ўтиши кузатилади. Сабаби, Навоий вилояти ҳудудида дарё сувидан асосан саноат мақсадларида фойдаланилади [Гидрологические..., 2022].

Зарафшон дарёси Равотхўжа постида вегетация даврида лойқа оқизиклар миқдори 448-1216 г/м<sup>3</sup>, сув сарфи миқдори 24-193 м<sup>3</sup>/сек, лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги ўзгариш  $r = 0,91$  га тенг. Дарёнинг Навоий постида вегетация даврида лойқа оқизиклар миқдори 241-368 г/м<sup>3</sup>, сув сарфи миқдори 18-38 м<sup>3</sup>/сек, лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги ўзгариш  $r = 0,95$  га тенг (5-расм).



5-расм. Вегетация даврида Зарафшон дарёси лойқа оқизиклари ва сув сарфи орасидаги боғлиқлик (1990-2022 йй.)

Рис. 5. Связь между мутностью и расходом воды реки Зарафшан в вегетационный период (1990-2022 гг.)

Fig. 5. Relationship between turbidity and water discharges of the Zarafshan River during the growing season (1990-2022)

Зарафшон дарёси Равотхўжа постида новегиетация даврида лойқа оқизиклар миқдори 156-404 г/м<sup>3</sup>, сув сарфи миқдори 19,2-26 м<sup>3</sup>/сек, лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги ўзгариш  $r = 0,75$  га тенг. Дарёнинг Навоий постида новегиетация даврида лойқа оқизиклар миқдори 203-399 г/м<sup>3</sup>, сув сарфи миқдори 21-58 м<sup>3</sup>/сек, лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги ўзгариш  $r = 0,52$  га тенг (6-расм).

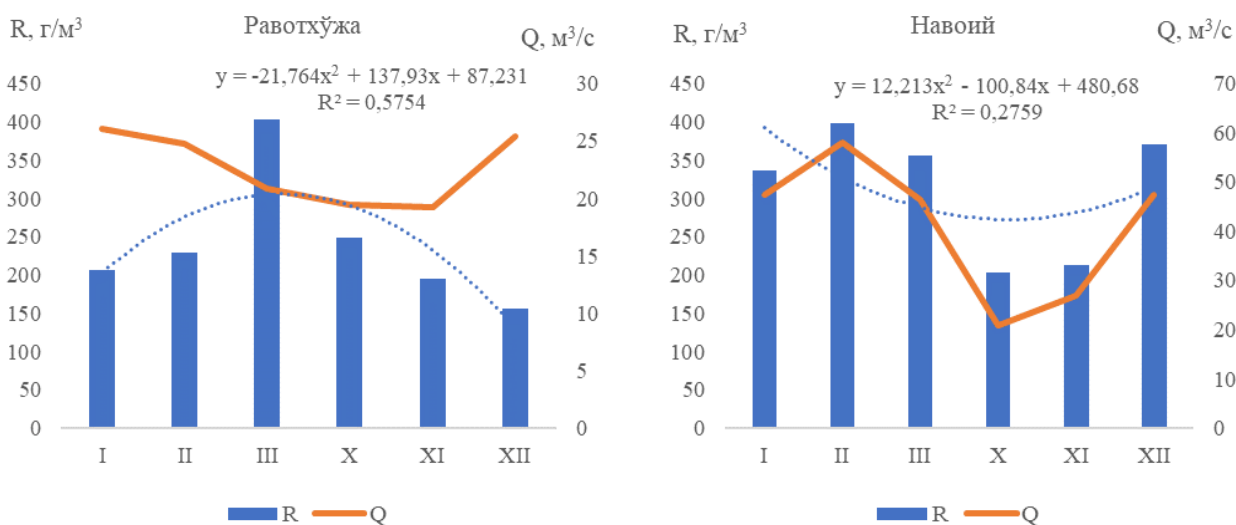
Ҳар қандай суғориш сувининг сифатига ундаги лойқа оқизиклар миқдори бўйича талаблар мавжуд. Лойқа оқизикларнинг чўкиши ўзаннинг саёзлашишига олиб келади. Лойқа оқизикларнинг маълум қисми ўсимлик учун озуқа моддаларга бой бўлсада, суғориш даласига уларнинг кўплаб тушиши тупроқнинг физикавий хоссаларини, сув ўтказувчанлиги ва ҳаво алмашинувини ёмонлаштиради [Шамов, 1959].

**Хулоса.** Зарафшон дарёси суви лойқа оқизиклар миқдорининг сув сарфига боғлиқ ҳолда турли даврлардаги турлича ўзгаришлари таҳлил қилинди. Унга кўра, Зарафшон дарёсида лойқа оқизиклар билан сув сарфлари орасидаги энг юқори боғлиқлик вегетация даврига тўғри келади. Бунда, Равотхўжа постида  $r = 0,91$  га, Навоий постида эса  $r = 0,95$  га тенг.

Новегетация даврида лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги боғлиқлик Равотхўжа постида  $r = 0,75$  га, Навоий постида  $r = 0,52$  га тенг. Дарёнинг ўртача ойлик лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги боғлиқлик графикларига кўра, Равотхўжа постида  $r = 0,87$  га тенг бўлса, Навоий постида  $r = 0,59$  га тенг эканлиги аниқланди.

Дарёнинг лойқа оқизиклар ва сув сарфи орасидаги ўртача кўп йиллик (1990-2022 йй.) энг кичик боғлиқлик қийматлари Равотхўжа постида  $r = 0,58$  га, Навоий постида эса  $r = 0,46$  га тенг. Бундан кўринадики, Зарафшон дарёси сув сарфи ва лойқа оқизиклар микдорининг йиллик ўзгаришларидан кўра, йил ичидаги ҳамда вегетация ва новегетация даврларидаги ўзгаришлари юқори эканлиги аниқланди.

Равотхўжа постида энг юқори лойқа оқизиклар микдори  $1820 \text{ г/м}^3$  (2002 й.) бўлса, ушбу кўрсаткич Навоий постида  $737 \text{ г/м}^3$  (1993 й.) га етади. Охириги ўн йилликда сув сарфи камайиши билан лойқа оқизиклар микдори ҳам камайганлиги аниқланди.



6-расм. Новегетация даврида Зарафшон дарёси лойқа оқизиклари ва сув сарфи орасидаги боғлиқлик (1990-2022 йй.)

Рис. 6. Связь между мутностью и расходом воды реки Зарафшан в невегетационный период (1990-2022 гг.)

Fig. 6. Relationship between turbidity and water discharges of the Zarafshan River during the non-growing season (1990-2022)

**Муаллифлар ҳиссаси. М.Ш. Абдиева:** мақола ғояси, методология, таҳлил, матнни ёзиш, графикларни тузиш, мақолани расмийлаштириш; **Ф.Ф. Садиев:** мақола ғояси, маълумот тўплаш, таҳлил қилиш, матнни ёзиш, маълумотларни текшириш; **С.Ф. Фатуллоев:** маълумотларни йиғиш, дала тадқиқотларини ўтказиш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилигини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

Абдиева М.Ш., Нишионов Б.Э., Разикова И.Р. Зарафшон дарёси гидрокимёвий режимининг hozirgi ҳолати ҳақида // Ўзбекистон география жамияти ахбороти, 52-жилд, 2018. – Б. 157-162.

Гидрологические ежегодники. – Ташкент: Узгидромет, 1990-2022 гг.

Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. – Л.: – Гидрометеоздат, 1977. – 444 с.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть 1. – Л.: Гидрометеоздат. 1978. – 384 с.

Орлов В.Г. Основы гидрологии суши. Ленинградский гидрометеорологический институт (ЛГМИ), 1976. – 78 с.

Хикматов Ф. Водная эрозия и сток взвешенных наносов горных рек Средней Азии. – Ташкент: Fan va texnologiya, 2013. – 248 с.

Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Тошкент: “Voriz-Nashriyot”, 2007. – 132 с.

Шамов Г.И. Речные наносы. – Л.: Гидрометеоздат, 1959. – 378 с.

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

## КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ МУТНОСТИ В РЕКЕ ЗЕРАВШАН В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ВРЕМЕНИ

М.Ш. АБДИЕВА<sup>1</sup>, Ф.Ф. САДИЕВ<sup>2</sup>, С.Ф. ФАТУЛЛОЕВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, matluba\_abdiyeva@mail.ru

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, fsf7711@mail.ru

<sup>3</sup> Бухарский институт управления природными ресурсами, fatullayev.2021@mail.ru

**Аннотация.** В статье изучены изменения величины мутности воды реки Зеравшан в среднемноголетние (1990-2022 гг.), месячные, вегетационные и межвегетационные периоды в зависимости от расхода воды по течению реки. Соответственно, количество мутности увеличивается незадолго до увеличения расхода воды. В период вегетации большое количество мутности выносится речной водой из-за того, что сток воды совпадает с сезоном паводка.

**Ключевые слова:** река Зеравшан, мутные стоки, водопотребление, вегетационный период, невегетационный период.

## FLUCTUATIONS IN TURBIDITY LEVELS IN THE ZERAVSHAN RIVER IN DIFFERENT PERIODS

M.Sh. ABDIEVA<sup>1</sup>, F.F. SADIEV<sup>2</sup>, S.F. FATULLOEV<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hydrometeorological Research Institute, matluba\_abdiyeva@mail.ru

<sup>2</sup> Research Institute of Water Problems, fsf7711@mail.ru

<sup>3</sup> Bukhara Institute of Natural Resources Management, fatullayev.2021@mail.ru

**Abstract.** The article studies changes in the average long-term (1990-2022), monthly, growing season and inter-vegetation periods in the value of water turbidity of the Zeravshan River depending on water discharge along the river. Accordingly, the amount of turbidity increases shortly before the water flow increases. During the growing season, a large amount of turbidity is carried out by river water due to the fact that the water flow coincides with the flood season.

**Keywords:** Zeravshan River, turbidity runoff, water consumption, growing season, non-growing period.

## REFERENCES

Abdiyeva M.Sh., Nishonov B.E., Razikova I.R. Zarafshon daryosi gidrokimyoviy rejimining hozirgi holati haqida [About the current state of the hydrochemical regime of the Zeravshan River]. // O'zbekiston geografiya jamiyati axboroti, 52-jild, 2018. – B. 157-162. (in Uzbek)

Gidrologicheskie elegendoniki [Hydrological yearbooks]. – Tashkent: Uzgidromet, 1990-2022 y.

*Karaushev A.V.* Teoriya i metodi rascheta rechnyh nanosov [Theory and methods of calculating river sediments]. – L.: Gidrometeoizdat, 1977. – 444 s. (in Russian)

*Nastavlenie gidrometeorologicheskim stansiyam i postam* [Guidance to hydrometeorological stations and posts]. Vypusk 6. Chast 1. L. Gidrometeoizdat. 1978. – 384 s. (in Russian)

*Orlov V.G.* Osnovy gidrologi sushy [Fundamentals of land hydrology]. – L.: LGMI, 1976. – 78 s. (in Russian)

*Xikmatov F.* Vodnaya eroziya va stok vzveshennyh nanosov gornyx rek Sredney Azii [Water erosion and suspended sediment runoff of mountain rivers of Central Asia]. – Tashkent: Fan va texnologiya, 2013. – 248 s. (in Russian)

*Chub V.E.* Izmenenie klimata i ego vlyanie na gidrometeorologicheskie protsessy, agroklimaticheskie va vodnye resursy Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agro-climatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Toshkent: “Voriz-Nashriyot”, 2007. – 132 s. (in Russian)

*Shamov G.I.* Rechnye nanosy [River sediments]. – L.: Gidrometeoizdat, 1959. – 378 s. (in Russian)

*Shults V.L., Mashrapov R.* Orta Osiyo gidrografiya [Hydrography of Central Asia]. – Toshkent: O‘qituvchi, 1969. – 327 b. (in Uzbek)

УДК:556.535.6+556.048

## КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СМЫВА ПОЧВО-ГРУНТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ГОРНЫХ РЕЧНЫХ БАСЕЙНОВ С УЧЕТОМ ИХ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ОБУСЛОВЛЕННОСТИ

Ф. ХИКМАТОВ<sup>1</sup>, К.Р. РАХМОНОВ<sup>1\*</sup>, Х.Н. МАГДИЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный университет Узбекистана, hikmatov\_f@mail.ru, komiljons@mail.ru

<sup>2</sup> Агентство по кадастру Республики Узбекистан, hasan.magdiiev@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы картографирования интенсивности смыва почво-грунтов с поверхности водосборов горных рек Узбекистана и сопредельных территорий с учетом их климатической обусловленности. В качестве исходных материалов были использованы данные о стоке взвешенных наносов рек. Карты смыва составлены в отдельности для бассейнов рек Чирчик, Ахангаран, Кашкадарья и Сурхандарья с применением ГИС технологий. Показано, что наибольшие значения интенсивности смыва с поверхности изучаемых речных бассейнов приурочены пределам высот 1100-1700 метров, а их наименьшие значения соответствуют интервалам высот ниже 1100 и выше 2500 метров. Выявлены причины различия величин зональной интенсивности смыва почво-грунтов.

**Ключевые слова:** река, речной бассейн, климатические условия, площадь водосбора, почво-грунты, модуль смыва, высотные зоны, поясной смыв, ГИС технология, картографирование.

**Введение.** Вопросы исследования климатической обусловленности интенсивности смыва почво-грунтов с поверхности горных речных бассейнов и их картографирования имеют как научно-теоретическое, так и прикладное значение. Как известно, в исследованиях А.И.Воейкова [Воейков, 1948] и других, из природных факторов, влияющих на гидрологический режим рек, главенствующая роль отдается климату. Согласно результатам исследования К.С.Кабановой [Кабанова, 1952], Г.В.Лопатина [Лопатин, 1949], В.Л.Шульца [Шульц, 1965], О.П.Щегловой [Щеглова, 1972],

\* Ответственный автор: komiljons@mail.ru тел.: +998 97 756-36-29

Ю.Н.Иванова [Иванов, 1967], А.Р.Расулова [Расулов, 1972], Ф.Х.Хикматова [Хикматов, 2002, 2011] и ряда других авторов, это суждение вполне справедливо и для стока наносов рек – основного показателя интенсивности смыва почво-грунтов с поверхности их бассейнов.

Обобщая результаты исследований предшествующих ученых, О.П.Щеглова отмечает, что сток взвешенных наносов – это продукт климата речных бассейнов, на фоне прочих дополнительных факторов [Щеглова, 1972, 1984]. Ценность результатов исследований О.П.Щегловой заключается в том, ею разработаны различные варианты метода генетического анализа, которые полностью опираются на использование данных климатических наблюдений, осуществляемых на гидрометеорологических станциях и постах. Разработанные О.П.Щегловой варианты метода генетического анализа дали возможность по-новому подойти к весьма актуальной, в практическом и научном отношении, проблеме картографирования стока наносов – уточнению количественных показателей интенсивности зонального смыва почво-грунтов с поверхности бассейнов горных рек [Щеглова, 1972, 1984; Хикматов, 2011].

Также известно, что вопросы и развития методики картографирования стока наносов – показателя интенсивности смыва с поверхности горных речных бассейнов, были широко поставлены В.Л.Шульцем и О.П.Щегловой в 60-е годы прошлого столетия. Первая карта распределения интенсивности смыва по территории горной области Средней Азии составлена В.Л.Шульцем [Шульц, 1965]. Этот процесс был связан с созданием серии комплексных атласов Азербайджана, Армении, Грузии, Таджикистана и Узбекистана [Щеглова, 1984]. В связи этим, М.И.Иверонова отмечала, что практикуемая в картографии методика равномерного распределения выноса мелкозема с горных речных бассейнов по всей их площади слишком груба и при этом не удовлетворяет ни запросов практики, ни требований геоморфологического анализа [Иверонова, 1965].

В эти годы Т.Г.Сваткова и И.С.Федорова детально исследовали вопросы совместимости карт мутности рек и интенсивности смыва почво-грунтов с поверхности их бассейнов с другими картами природных элементов [Сваткова, Федорова 1973]. В последующем, А.Н.Важнов и С.Г.Мусоян указывали, что при построении карт смыва почво-грунтов целесообразно рассматривать их высотные пояса в отдельности, используя при этом результаты фактических наблюдений над стоком взвешенных наносов [Важнов, Мусоян, 1975]. К сожалению, организация учета речных наносов рек трудно достижимая задача, особенно в горных условиях.

На основании изложенных выше положений, можно сказать, что сток речных наносов, наблюдаемый в нижних или замыкающих гидрологических постах рек, не может быть картографирован, равномерно распределяя их по всей площади бассейнов. В таких условиях О.П.Щеглова, М.И.Иверонова, А.Н.Важнов и С.Г.Мусоян и другие рекомендуют составлять серию карт, обеспечивающих взаимосвязь смыва почво-грунтов с изменениями природных элементов, в частности, климатических показателей разных высотных поясов речных бассейнов [Щеглова, 1984].

Основной **целью** данной работы является рассмотрение вопросов картографирования интенсивности смыва почво-грунтов с поверхности горных речных бассейнов с учетом их климатической обусловленности.

Для достижения поставленной цели были использованы материалы стандартных наблюдений над стоком взвешенных наносов и расходов воды рек Чирчик, Ахангаран, Кашкадаря и Сурхандарья. При расчете смыва с различных высотных зон речных бассейнов также были использованы данные наблюдений над температурой воздуха и атмосферными осадками, произведенных на метеорологических станциях, расположенных в водосборах изучаемых рек.

**Методы исследования.** В работе, при определении количественных значений

интенсивности смыва почво-грунтов с поверхности бассейнов горных рек по высотным поясам, основывались на результатах исследований О.П.Щегловой, Ф.Х.Хикматова, Х.К.Ташметова и других. Как известно, ими разработаны различные варианты метода генетического анализа стока взвешенных наносов: метод вертикального расчленения хронологического графика мутности; метод термического анализа стока взвешенных наносов рек; метод установления многофакторной связи стока взвешенных наносов с природными факторами; генетический анализ стока взвешенных наносов с применением объективного метода выравнивания и нормализаций корреляционных связей [Щеглова, 1972; 1984; Хикматов, 2002; 2016].

**Результаты и их обсуждение.** Анализ генезиса стока наносов или мутности воды горных рек позволяет, во-первых, определить среднее значение количества смыва почво-грунтов с поверхности их бассейнов за счёт различных климатических факторов. Самое главное, такой анализ является основой более точной оценки дифференциального модуля смыва ( $M_R$ , т/км<sup>2</sup>·год) по высотным зонам. Во-вторых, величину зонального смыва с поверхности речных бассейнов можно определить исходя из количественных значений мутности потока, измеренного в нижнем или замыкающем гидрологическом посту. В работе, на основе применения соответствующих методов генетического анализа стока взвешенных наносов, оценивались вклады основных составляющих смыва – дождевого, снегового и руслового. Как известно, каждая из этих составляющих смыва присуща определенным высотным зонам речных бассейнов [Щеглова, 1972; 1984].

Расчет величины смыва почво-грунтов с поверхности различных высотных зон бассейнов изучаемых рек, с применением метода О.П.Щегловой, основан на гидрологических закономерностях формирования их твердого и жидкого стока. Например, величина зонального смыва почво-грунтов за счет дождевых вод, согласно методике О.П.Щегловой, рассчитывалась по следующему выражению:

$$M_{oi} = 10^3 \cdot \rho_{\phi} \cdot x_{oi}, \quad (1)$$

где:  $M_{oi}$  - поясной смыв дождевыми водами в  $i$ -м высотном поясе, т/км<sup>2</sup>·год, рассчитывался как среднее арифметическое за годы обработки;  $x_{oi}$  - поясная норма жидких осадков в данном высотном поясе, м;  $\rho_{\phi}$  - фиктивная мутность, кг/м<sup>3</sup>, данная эрозионная характеристика введена О.П.Щегловой. По её определению, отношение массы мелкозёма, вынесенного дождевым стоком в среднем за год, к среднему многолетнему объёму выпавших, в том же водосборе осадков имеет размерность мутности воды рек [Щеглова, 1984].

Для определения объёма выноса талыми снеговыми водами О.П.Щегловой разработаны ряд методов. При расчете величины зонального смыва с поверхности бассейнов изучаемых рек талыми снеговыми водами, был применен следующий способ. Определены высотные положения фронта снеготаяния и нижней границы снежного покрова по гипсографической кривой. Эти границы дают возможность вычислить одновременно участвующую в снеготаянии и смыва площадь.

Как известно, по мере истощения снеготаяния эта площадь передвигается в течение половодья вверх по бассейну. Зная ежемесячный вынос мелкозёма талыми водами и участвующую в его формировании площадь, можно рассчитать и средний ежемесячный талый снеговой смыв с одновременно действующей в данный месяц площади. Суммируя месячные значения талого смыва в каждом из высотных интервалов, были рассчитаны значения суммарного годового смыва мелкозёма талыми водами и их средние многолетние значения [Рахмонов, Магдиев, 2018].

Ледниковая составляющая стока, которая участвует в смыве почво-грунтов в период таяния ледников и глетчеров, т.е. с июля по сентябрь. Как утверждает

О.П.Щеглова, пока нет возможности её высотной дифференциации в пределах гляциальной области речных бассейнов. Поэтому, в данной работе мы ограничивались определением среднего модуля гляциального смыва для всей площади этой области.

Значения модуля гляциального смыва рассчитывались по формуле О.П.Щегловой, которая аппроксимируется экспоненциальной функцией:

$$M_{\text{л}} = 184 \cdot e^{0,25 \cdot t}, \quad (2)$$

где:  $M_{\text{л}}$  – модуль ледникового смыва, т/км<sup>2</sup> в год;  $t$  – средняя температура за июль-сентябрь, рассчитанная для высоты нижней границы ледника.

Здесь принято, что вынос мелкозёма талыми снеговыми водами в отдельные месяцы половодья может иметь место лишь в части водосбора, ограниченной между фронтом и тылом снеготаяния. Его значение рассчитывалось путем деления ледниковой составляющей выноса мелкозёма на всю площадь гляциальной зоны. Для получения общего поясного смыва его зональные бассейновые компоненты должны быть дополнены значениями руслового размыва. Учитывая опыт О.П.Щегловой, значения руслового размыва осреднены по всей площади бассейна.

Методика, предложенная О.П.Щегловой, позволила определить количественные значения интенсивности смыва для каждого высотного пояса бассейна изучаемой реки. Это положение послужило основой при создании дифференциальной карты смыва почво-грунтов с поверхности бассейна реки Сурхандарья (табл. 1).

На основе выявленной О.П.Щегловой высотной закономерности, т.е. зависимости изменения поясного смыва почво-грунтов от высоты бассейнов уточнены пределы высот распространения разных градаций смыва почво-грунтов с поверхности водосбора р. Сурхандарья (табл. 1). Данные этой таблицы были использованы при составлении карты модуля смыва с различных высотных зон бассейна р. Сурхандарья (рис. 1).

*Таблица 1*

**Пределы высот (м) распространения различных градаций смыва в бассейне реки Сурхандарья**

*Table 1*

**Height limits (m) of distribution of various washout gradation in the Surkhandarya river basin**

| № | Бассейн реки | Градации (т/км <sup>2</sup> ·год) и пределы высот (м) их распространения |          |         |           |           |           |          |           |           |           |
|---|--------------|--|----------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|   |              | <50  | 51-100   | 101-200 | 201-300   | 301-400   | 401-500   | 501-750  | 751-1000  | 1001-2000 | >2000     |
| 1 | Каратаг      |  |          |         | 900-1700  | 1700-3000 | 3000-4000 |          | 700-900   | 600-700   |           |
| 2 | Шеркент      |  |          |         | 800-1700  | 1700-4200 |           | 500-600  | 600-800   |           |           |
| 3 | Тупаланг     |  |          |         | 1100-1500 | 1500-2500 | 2500-4100 | 600-700  | 700-1100  |           |           |
| 4 | Сангардак    |  |          |         | 1600-1900 | 1900-3700 |           | 500-800  | 800-1600  |           |           |
| 5 | Халкажар     |  |          |         | 1600-3000 |           |           | 600-1100 | 1100-1600 |           |           |
| 6 | Сурхандарья  | 300-400  | 400-600  | 600-800 | 800-1000  | 1000-1200 | 1200-1400 |          |           |           | 1800-2000 |
| 7 | Шерабаддарья | 300-400  | 400-1100 |         | 1100-2700 |           |           |          |           |           |           |

По вышеизложенной последовательности также были составлены карты смыва почво-грунтов с поверхности бассейнов р. Чирчик, Ахангаран и Кашкадарья. С этой

целью, изложенным выше способом определены количественные значения, характеризующие интенсивности смыва почво-грунтов по высотным зонам изучаемых речных бассейнов. Эти показатели, путем использования стандартных программ MapInfoPro, ArcGISPro переведены на гипсометрическую основу, которая позволила отражать на картах интенсивность поясного смыва с поверхности водосборов изучаемых рек (рис. 2, 3, 4).

Следует отметить, что О.П.Щегловой при картографировании смыва почво-грунтов с поверхности бассейнов горных рек Средней Азии были выделены 9 зон: <50, 50-100, 100-200, 200-250, 500-1000, 1000-2000, 2000-5000, 5000-10000 и >10000 т/км<sup>2</sup>·год [Щеглова, 1984]. В данной работе эти градации смыва нами были уточнены с учетом природных особенностей поверхности водосборов ключевых объектов – бассейнов рек Чирчик, Ахангаран, Кашкадарья и Сурхандарья (табл. 2).

В таблице 2 сопоставлены данные О.П.Щегловой [Щеглова, 1984] и авторов, касающихся числа зон, т.е. градаций, учтенных ими при составлении карт смыва с поверхности водосборов рек Узбекистана. Известно, что количество гидрологических постов, измеряющих мутность воды и сток взвешенных наносов рек, ограничено. Поэтому, для более детального освещения интенсивности смыва с горной части Узбекистана и прилегающих территорий был использован ряд методов. В результате их применения и обобщения, имеющихся в нашем распоряжении исходных материалов, были получены дополнительные данные, что привело к увеличению число градаций зон смыва почво-грунтов (табл. 2).

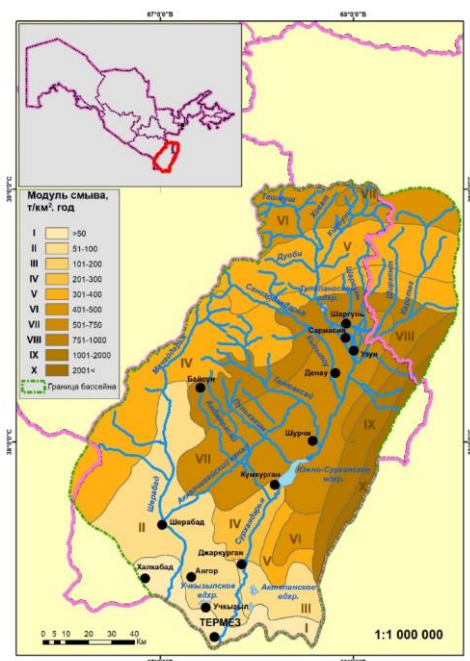


Рис. 1. Карта модуля смыва с поверхности бассейна р. Сурхандарья

Fig. 1. Map of washout module from the surface of Surkhandarya river basin

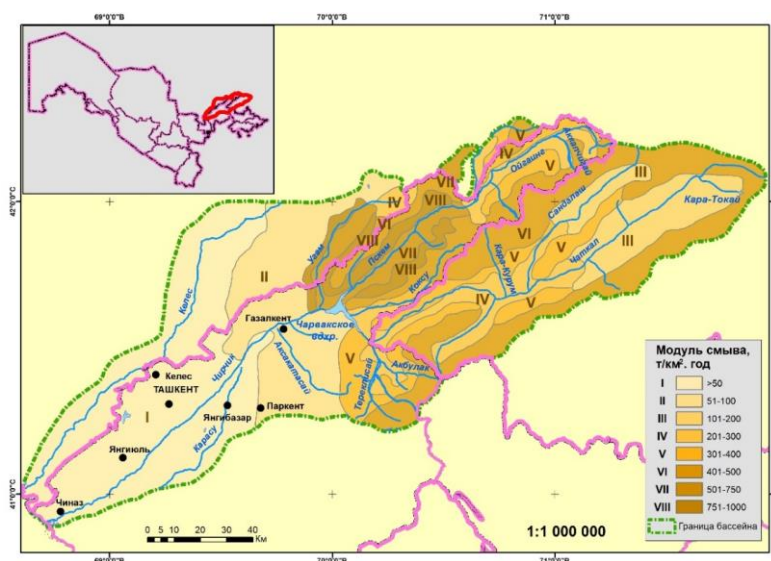


Рис. 2. Карта модуля смыва с поверхности бассейна р. Чирчик

Fig. 2. Map of washout module from the surface of Chirchik river basin

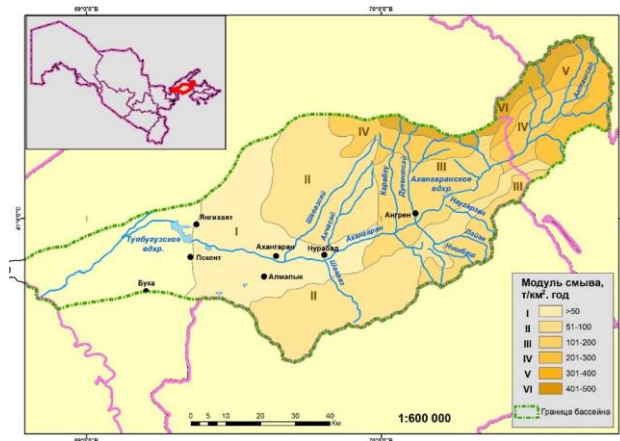


Рис. 3. Карта модуля смыва с поверхности бассейна р. Ахангаран

Fig. 3. Map of washout module from the surface of Akhangaran river basin

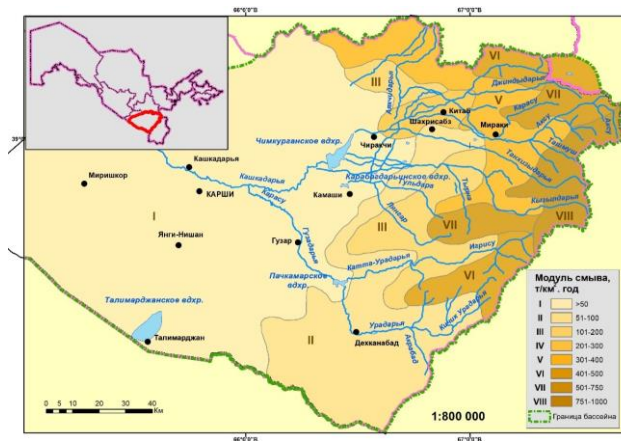


Рис. 4. Карта модуля смыва с поверхности бассейна р. Кашкадарья

Fig. 4. Map of washout module from the surface of Kashkadarya river basin

Таблица 2

Масштабы и число выделенных зон, т.е. градаций карт смыва с поверхности речных бассейнов Узбекистана

Table 2

The scale and number of identified zones in maps of washout from the surface of river basins in Uzbekistan

| Карты бассейнов | О. П. Щеглова |      | Авторы      |      |
|-----------------|---------------|------|-------------|------|
|                 | масштаб       | зоны | масштаб     | зоны |
| Чирчик          | Карты-схемы   | 3    | 1:1 000 000 | 8    |
| Ахангаран       |               | 3    | 1:600 000   | 6    |
| Кашкадарья      |               | 5    | 1:800 000   | 8    |
| Сурхандарья     |               | 8    | 1:1 000 000 | 10   |

Анализ составленных карт смыва почво-грунтов с поверхности речных бассейнов на примере р. Сурхандарья показал, что максимальные значения модуля смыва соответствуют зонам с высотой от 1100 до 2500 м, а их минимальные значения, т.е. с меньшим значением модуля смыва, соответствуют зонам ниже 1100 м, а также выше 2500 м. На этих высотных зонах, т.е. выше 2500 м распространены горные породы, устойчивые к смыву.

Таким образом, география водной эрозии на картах поясного смыва с поверхности бассейнов горных рек Узбекистана, в основном, соответствуют картине распределения их удельной водоносности, т.е. поясного стока. Однако, местные особенности, в частности, увлажнения бассейнов и строения их земной поверхности, почвенно-растительные условия на отдельных ее участках накладывают свой отпечаток на общую закономерность проявления водной эрозии.

**Выводы.** Построенные карты поясного смыва почво-грунтов с поверхности горных речных бассейнов Узбекистана и сопредельных территорий характеризуют изменения интенсивности водной эрозии с высотой водосборов. Ими можно пользоваться при оценке смыва почво-грунтов с поверхности малых бассейнов неизученных притоков рассмотренных в данной работе рек. При этом следует использовать кривые поясного смыва с поверхности бассейна-эталона и гипсометрическую кривую изучаемого бассейна.

Еще рациональнее вести расчёты для неизученных рек, особенно в пределах нижней горной зоны, исходя из кривых поясной мутности, предложенной О.П.Щегловой.

**Вклад авторов. Ф. Хикматов:** постановка задачи, анализ, редакция текста. **К.Р. Рахмонов:** сбор и обработка данных, анализ полученных результатов, написание текста. **Х.Н. Магдиев:** разработка базы данных и составление карт смыва с применением ГИС технологий. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

## ЛИТЕРАТУРА

- Важнов А.Н., Мусоян С.Г.* Высотно-поясные особенности стока взвешенных наносов (на примере рек Армении) // Вестник МГУ. Сер. география, 1975., №2. – С. 95-99.
- Воейков А.И.* Избранные сочинения. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. - Т. 1. - 750 с.
- Иванов Ю.Н.* Сток взвешенных наносов рек бассейна Сырдарьи // Труды САНИГМИ, 1967. – Вып.36 (51). – 309 с.
- Иверанова М.И.* Твердый сток и скорость эрозии // Изв. АН СССР. Сер. география, 1965. – №4. – С. 81. –86.
- Кабанова К.С.* Генетический анализ режима стока взвешенных наносов рек Средней Азии // Учен. зап. ЛГУ. Сер. географическая. - 1952. - № 152. - Вып. 8. – С. 107-158.
- Лопатин Г.В.* О водной эрозии и стока наносов в горной области Средней Азии // Вопросы географии. – 1949. – № 15. – С. 193-204.
- Расулов А.Р.* Формирование стока взвешенных наносов и смыв с поверхности бассейна р. Угам. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. - Ташкент, 1972. – 28 с.
- Рахмонов К.Р., Магдиев Х.Н.* Ўзбекистон тоғ дарёлари ҳавзаларидан тупроқ-грунтлар ювилиши жадаллишини хариталаштириш масалалари. // Ўзбекистон тибий ресурслари ва улардан халқ фаровонлиги мақсадларида фойдаланиш. Республика илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент, 2018. – 233-235 б.
- Сваткова Т.Г., Федорова И.С.* Картографирования стока взвешенных наносов в комплексных атласах // Вестник МГУ. Сер. география, 1973, №6. – С. 89–94.
- Хикматов Ф.Х.* Водная эрозия и сток взвешенных наносов рек Средней Азии, усовершенствование методики их расчета и прогноза. Автореф. дисс. докт. геогр. наук. –Ташкент, 2002. - 50 с.
- Хикматов Ф.Х.* Водная эрозия и сток взвешенных наносов горных рек Средней Азии. – Ташкент: «Fan va technology», 2011. – 248 с.
- Шульц В.Л.* Распределения интенсивности смыва по территории горной области Средней Азии. – В кн.: Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – С. 279-285.
- Щеглова О.П.* Формирование стока взвешенных наносов и смыв с горной части Средней Азии // Труды САНИГМИ, 1972, –Вып. №60 (75). – 228 с.
- Щеглова О.П.* Генетический анализ и картографирование стока взвешенных наносов рек Средней Азии. –Л. Гидрометеиздат, 1984. – 127 с.

## ТОҒ ДАРЁЛАРИ ҲАВЗАЛАРИ ЮЗАЛАРИДАН ТУПРОҚ-ГРУНТЛАР ЮВИЛИШНИ УЛАРНИНГ ИҚЛИМИЙ КЕЛИБ ЧИҚИШНИ ҲИСОБГА ОЛИБ КАРТАЛАШТИРИШ

**Ф. ҲИКМАТОВ<sup>1</sup>, К.Р. РАХМОНОВ<sup>1</sup>, Х.Н. МАГДИЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ўзбекистон Миллий университети, hikmatov\_f@mail.ru

<sup>2</sup> Ўзбекистон Республикаси Кадастр агентлиги, hasan.magdiev@gmail.com

**Аннотация.** Мақолада Ўзбекистон ва унга тутаиш ҳудудларда шаклландиган тоғ дарёлари ҳавзаларидан тупроқ-грунтлар ювилиши жадаллигини, уларнинг иқлимий келиб

чиқишлилигини ҳисобга олган ҳолда, карталаштириши масалалари ёритилган. Бирламчи маълумотлар сифатида дарёлар муаллақ оқизиклари оқими ҳақидаги маълумотлардан фойдаланилган. ГИС технологияларидан фойдаланган ҳолда тупроқ-грунтлар ювилиши карталари Чирчиқ, Оҳангарон, Қашқадарё ва Сурхондарё ҳавзалари учун алоҳида-алоҳида тузилган. Ўрганилган дарё ҳавзалари юзаларидан ювилиши жадаллигининг энг катта қийматлари 1100-1700 метр баландлик зоналарига, уларнинг энг кичик қийматлари эса 1100 метрдан past ва 2500 метрдан баланд зоналарга тўғри келади. Тупроқ-грунтлар ювилиши жадаллигининг баландлик зоналари бўйича фарқланиши сабаблари аниқланган.

**Калит сўзлар:** дарё, дарё ҳавзаси, иқлим шароити, сув тўплаш майдони, тупроқ-грунтлар, ювилиши модули, баландлик зоналари, зонал ювилиши, ГИС технологиялари, карталаштириши.

## MAPPING OF SOIL EROSION FROM THE SURFACE OF MOUNTAIN RIVER BASINS TAKING INTO ACCOUNT THEIR CLIMATIC CONDITION

F. KHIKMATOV<sup>1</sup>, K.R. RAKHMANOV<sup>1</sup>, KH.N. MAGDIEV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National University of Uzbekistan, hikmatov\_f@mail.ru

<sup>2</sup> Cadastre Agency of the Republic of Uzbekistan, hasan.magdiev@gmail.com

**Abstract.** *Abstract. The article considers the issues of mapping the intensity of soil erosion from the surface of the catchment areas of mountain rivers in Uzbekistan and adjacent territories, taking into account their climatic conditions. The data on the flow of suspended sediments of the rivers were used as source materials. The erosion maps were compiled separately for the Chirchik, Akhangaran, Kashkadarya and Surkhondaryo river basins using GIS technologies. It is shown that the highest values of the erosion intensity from the surface of the studied river basins were confined to the altitude limits of 1100-1700 meters, and their lowest values corresponded to the intervals of altitudes below 1100 meters and above 2500 meters. The reasons for the difference in the zonal intensity of soil erosion were revealed.*

**Keywords:** river, river basin, climatic conditions, catchment area, soil, erosion modulus, altitude zones, zonal erosion, GIS technology, mapping.

## REFERENCES

Vajnov A.N., Musoyan S.G. Visotno-poyasnye osobennosti stoka vzveshennykh nanosov (na primere rek Armenii) [Altitude-zonal features of suspended sediment runoff (using for example of Armenian rivers)] // Vestnik MGU. Ser. geografiya, 1975, №2. – S. 95–99. (in Russian)

Voeykov A.I. Izbrannie sochineniya [Selected Works]. – M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1948. – T. 1. – 750 s. (in Russian)

Ivanov Yu.N. Stok vzveshennix nanosov rek basseyna Syrdari [Suspended sediment runoff of rivers in the Syrdarya basin] // Trudy SANIGMI, 1967. – Vyp.36 (51). – 309 s. (in Russian)

Ivanova M.I. Tverdiy stok i skorost erozii [Solid runoff and erosion rates] // Izv. AN SSSR. Ser. geografiya, 1965., №4. – S. 81–86. (in Russian)

Kabanova K.S. Geneticheskii analiz rejima stoka vzveshennykh nanosov rek Sredney Azii [Genetic analysis of the suspended sediment runoff regime of the rivers of Central Asia] // Uchen. zap. LGU. Ser. geograficheskaya. – 1952. – № 152. – Vyp. 8. – S. 107–158. (in Russian)

Lopatin G.V. O vodnoy erozii i stoka nanosov v gornoy oblasti Sredney Azii [On water erosion and sediment runoff in the mountainous region of Central Asia] // Voprosi geografii. – 1949. – № 15. – S. 193–204. (in Russian)

Rasulov A.R. Formirovanie stoka vzveshennykh nanosov i smyv s poverxnosti basseyna r. Ugam [Formation of suspended sediment runoff and washout from the surface of the Ugam River basin]. Avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. – Tashkent, 1972. – 28 s. (in Russian)

Raxmonov K.R., Magdiev X.N. Ozbekiston tog daryolari havzalaridan tuproq-gruntlar yuvilishi jadallishini xaritalashtirish masalalari [Issues of mapping the rate of soil erosion from the basins of mountain rivers of Uzbekistan] // Ozbekiston tibiy resurslari va ulardan xalq faravonligi maqsadlarida

foydalanish. Respublika ilmiy–amaliy konferensiya metariallari. – Toshkent, 2018. – 233-235 b. (in Uzbek)

*Svatkova T.G., Fedorova I.S.* Kartografirovaniye stoka vzveshennykh nanosov v kompleksnykh atlasax [Mapping suspended sediment flow in complex atlases] // Vestnik MGU. Ser. geografiya, 1973. – №6. – S. 89–94. (in Russian)

*Xikmatov F.X.* Vodnaya eroziya i stok vzveshennykh nanosov rek Sredney Azii, usovershenstvovanie metodiki ix rascheta i prognoza [Water erosion and suspended sediment runoff of rivers in Central Asia, improvement of methods for their calculation and forecasting]. Avtoref. diss. dokt. geogr. nauk. – Tashkent, 2002. – 50 s. (in Russian)

*Xikmatov F.X.* Vodnaya eroziya i stok vzveshennykh nanosov gornyx rek Sredney Azii. [Water erosion and suspended sediment runoff in mountain rivers of Central Asia] – Tashkent: «Fan va texnologiya», 2011. – 248 s. (in Russian)

*Shuls V.L.* Raspredeleniya intensivnosti smyva po territorii gornoy oblasti Sredney Azii [Distribution of runoff intensity across the mountainous region of Central Asia]. – V kn.: Reki Sredney Azii. – L.: Gidrometeoizdat, 1965. – S. 279-285. (in Russian)

*Sheglova O.P.* Formirovanie stoka vzveshennykh nanosov i smyv s gornoy chasti Sredney Azii [Formation of suspended sediment runoff and washout from the mountainous part of Central Asia] // Trudy SANIGMI, 1972., – Вып. №60 (75). – 228 s. (in Russian)

*Sheglova O.P.* Geneticheskiy analiz i kartografirovaniye stoka vzveshennykh nanosov rek Sredney Azii. [Genetic analysis and mapping of suspended sediment flow in rivers of Central Asia] – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 127 s. (in Russian)

УДК: 528.931.2

## ОЙГАИНГ ДАРЁСИ ҲАВЗАСИ ИРМОҚЛАРИНИНГ МОРФОМЕТРИК КЎРСАТКИЧЛАРИНИ ГАТ ЁРДАМИДА АНИҚЛАШ

С.С. СУВОНҚУЛОВ<sup>1,2</sup>, А.Ж. МАМАРАИМОВ<sup>3</sup>, Д.М. ТУРҒУНОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ҳ.М. Абдуллаев номидаги Геология ва Геофизика институти, ssarkorbek@gmail.com

<sup>2</sup>Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти

<sup>3</sup>Потсдам университети, Германия

**Аннотация:** Мақолада Ойгаинг дарёси ҳавзасининг гидрографик тармоқлари, гипсографик тақсимланиши атрофлича ёритилган. Ҳавзада мавжуд бўлган сойлар алоҳида ҳавзалар сифатида кўриб чиқилган. Мазкур сойларнинг рақамли харитаси яратилиб, уларнинг морфометрик кўрсаткичлари ArcGIS ёрдамида ҳисоблаб чиқилган.

**Калит сўзлар:** дарё, сой, дарё ҳавзаси, ҳавза майдони, ҳавзанинг ўртача баландлиги, музлик, сойнинг узунлиги, морфометрия, географик ахборот тизимлари (ГАТ).

**Кириш.** Дунёда глобал иқлим илиши натижасида материк ва тоғ музликлари майдонининг қисқариб бориши кузатилмоқда. Натижада, курғоқчил минтақаларда шаклланган тоғ музликларининг тил қисми жадал суратларда чекиниб бормоқда. Шу боисдан кейинги йилларда дарёларнинг гидрологик режимини ўрганиш, уларнинг сув ресурсларини баҳолашга қаратилган илмий тадқиқотларга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ўзбекистон Республикасининг қишлоқ хўжалигида фойдаланиладиган сув ресурсларининг асосий қисми трансчегаравий дарёлар орқали кўшни республикалардан (64 млрд м<sup>3</sup>) оқиб келади. Мамлакатимизнинг ҳудудида мавжуд бўлган кам сонли дарё ва сойларнинг сув ресурслари захирасини, уларнинг ҳар бир сой ҳавзалари кесимида морфометрик кўрсаткичларини аниқлаш, оқим режимини чуқур таҳлил қилиш гидрологияда **долзарб** масалалардан ҳисобланади.

\*Маъсул муаллиф: ssarkorbek@gmail.com, тел.: +99 891 506-19-93

Республикамизда шаклланган тоғ дарёлари, музликлардан шаклланадиган сойлар ва улардан ҳосил бўладиган оқимни ўрганишда Л.К.Давидов ва Н.Л.Корженевский, кейинчалик В.Л.Шулц ва О.П.Шегловлар ўзларининг илмий мактаблари орқали катта ҳисса қўшишган. Кейинчалик Ю.Н.Лесник, Б.А.Камалов, Г.Е.Глазирин, В.Г.Коноваловлар томонидан тоғ музликлари эриши ҳисобига шаклланадиган дарёлар оқимини ҳисоблаш усуллари такомиллаштирилган. Сўнги йилларда мамлакатимизда тоғ дарёлари гидрологиясига оид тадқиқотлар А.А.Ни, Ф.Х.Ҳикматов, Ғ.Ў.Умирзоқов ва Д.М.Турғуновлар томонидан олиб борилмоқда [Ни, 2006; Суванкулов, 2020; Умирзаков, 2023].

Юқорида қайд этилган тадқиқотчилар томонидан Ойгаинг дарё ҳавзасида шаклланадиган сойларнинг гидрографик кўрсаткичлари – бош дарё ( $L$ , км) ва унинг ирмоқлари узунлиги ( $l_i$ , км), сув тўплаш майдони ( $F$ , км<sup>2</sup>), ҳавзанинг ўртача баландлиги ( $H_{ўрт}$ , м) алоҳида тадқиқот объекти сифатида ўрганилмаган.

Мазкур ишнинг асосий **мақсади** Ойгаинг дарёси ҳавзасида шаклланадиган сойларни ўрганиш ва уларнинг морфометрик кўрсаткичларини географик ахборот тизимлар (ГАТ) ёрдамида ҳисоблашдан иборат.

Юқоридаги мақсадни амалга оширишда қуйидаги **вазифалар** белгилаб олинди:

- дарё ҳавзасининг рақамли гидрографик харитасини ГАТ дастури асосида яратиш;
- Ойгаинг дарёси оқимининг йиллараро ўзгариши ҳамда ҳавзада кузатилган ўртача йиллик ҳаво ҳарорати динамикасини таҳлил қилиш;
- дарё ҳавзасида мавжуд бўлган сойларни алоҳида ҳавза сифатида ўрганиш;
- ГАТ дастури ёрдамида сойлар ҳавзалари ажратиб кўрсатилган харитани яратиш;
- Ойгаинг дарёси ҳавзасида шаклланадиган сойларнинг морфометрик кўрсаткичларини ҳисоблаш.

Тадқиқот **объекти** ҳисобланган Ойгаинг дарёси Чирчиқ дарёсининг ирмоғи бўлган Писком дарёси оқимининг асосий ташкил этувчиси (34 %) ҳисобланади [Шулц, 1969]. Ойгаинг дарё ҳавзасининг майдони  $F = 1010$  км<sup>2</sup> га тенг бўлиб, унинг ўртача баландлиги  $H_{ўрт} = 3010$  метрни ташкил этади. Ойгаинг ҳавзасида 136 та музлик мавжуд бўлиб, уларнинг умумий майдони  $F_m = 56,7$  км<sup>2</sup> га тенг [Каталог ледников, 1968].

**Тадқиқот методологияси.** Дарё ҳавзасининг морфометрик кўрсаткичларини аниқлаш учун яқин вақтгача топографик хариталардан фойдаланилган. Бугунги кунда ахборот технологияларини кенг қўллаш ва замонавий географик ахборот тизимларидан унумли фойдаланиш дарёлар ҳавзаларининг морфометрик кўрсаткичларини юқори аниқликда ҳисоблаш имконини беради [Withanage, 2014].

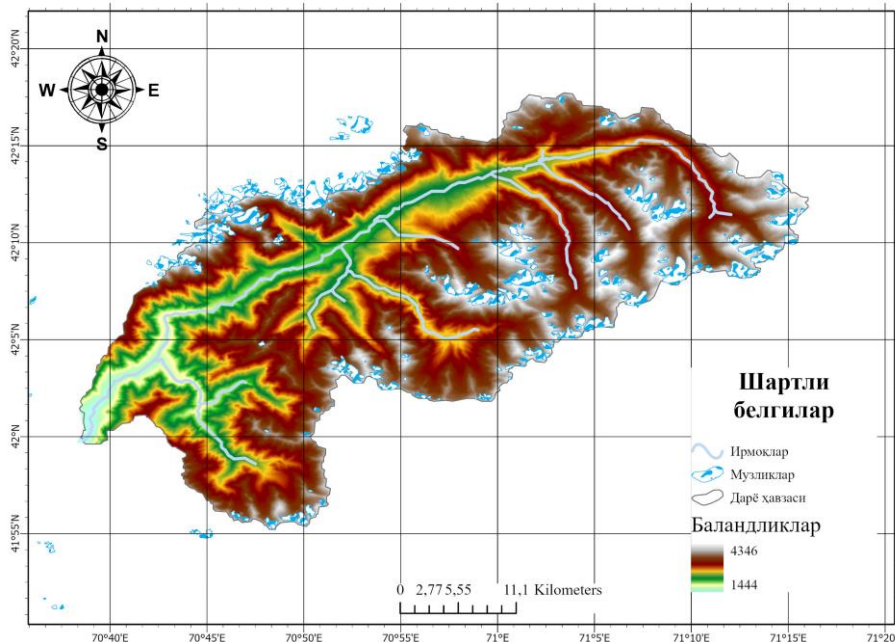
**Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** Тадқиқотнинг вазифаларида белгиланганидек, тадқиқотда дастлаб АҚШ Геология хизмати платформасидан (egvs.gov) Ойгаинг ҳавзаси жойлашган худуднинг рақамли баландлик модели (DEM) маълумоти юклаб олинди. Олинган DEM маълумоти асосида QGIS дастури ёрдамида Ойгаинг дарё ҳавзасининг рақамли гидрографик харитаси яратилди (1-расм).

Гидрографик харитада Ойгаинг дарёси ҳавзасининг баландлик градиентлари ранг шкаласи кўринишида, шунингдек, сув айирғич чизиғи, музликлар, бош дарё ва унинг ирмоқлари акс этган. Харитага кўра мазкур ҳавзанинг энг юқори чўққиси  $H_{\max} = 4381$  метрни ташкил этган бўлса, Ойгаинг дарёси Писком дарёсига қуйилиш қисмининг денгиз сатҳидан мутлақ баландлиги  $H_{\min} = 1490$  метрга тенг.

Ойгаинг дарёси ҳавзасида шаклланган музликлар тил қисмининг денгиз сатҳидан мутлақ баландлиги 3330 метрдан бошланади [Ни, 2006]. Мазкур баландликдан юқори бўлган худуднинг умумий майдони 459 км<sup>2</sup> ни қамраб олган бўлиб, ушбу майдон ҳавзанинг 45,7 фоизини ташкил этади.

Тадқиқотда Ойгаинг дарёси ҳавзасининг умумий майдони 200 метр баландликдаги ораликларга тақсимлаб чиқилди. Ушбу баландликларда шаклланган майдонларнинг энг

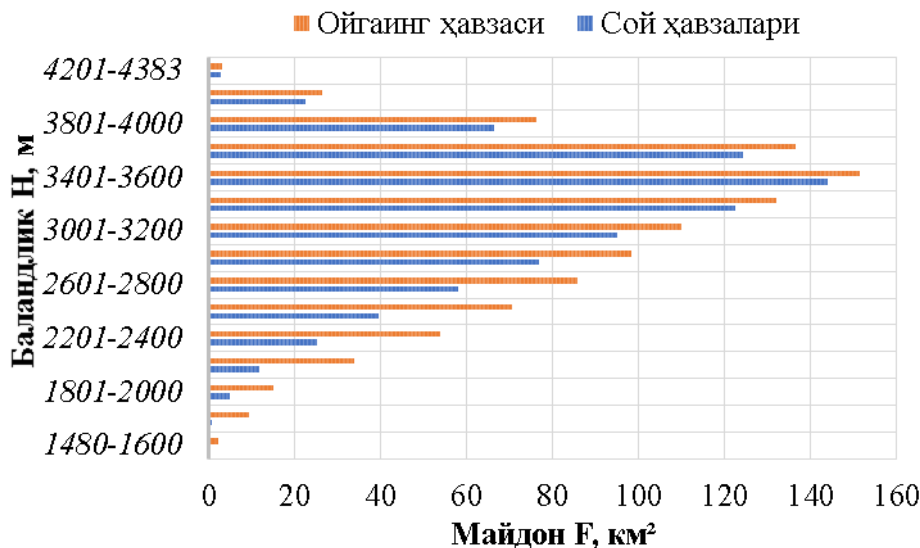
катта улуши  $H=3401-3600$  метр баландликлар оралиғига тўғри келади. Мазкур майдон  $F=151 \text{ км}^2$  ни ташкил этиб, ҳавза майдоннинг 15,1 фоизига тўғри келади (2-расм).



1-расм. Ойгаинг дарёси ҳавзасининг гидрографик харитаси

Рис. 1. Гидрографическая карта бассейна реки Ойгаинг

Fig. 1. Hydrographic map of the Oygaing river basin



2-расм. Ойгаинг дарёси ҳавзасининг гипсографик тақсимланиши

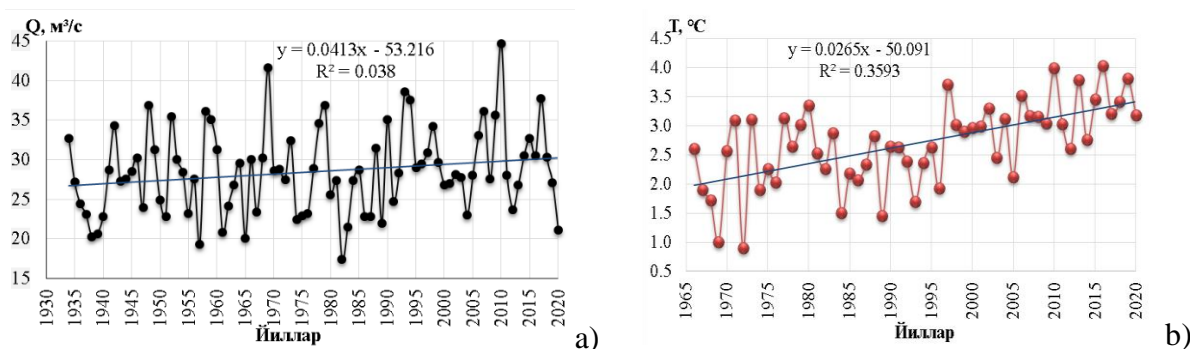
Рис. 2. Гипсографическое распространение бассейна реки Ойгаинг

Fig. 2. Hypsographic distribution of the Oygaing river basin

Ўтган асрнинг 50-йилларидан ҳозирга қадар Писком дарё ҳавзасидаги тоғ музликлари  $F_M=17,28 \text{ км}^2$  майдонини йўқотди [Кудишкин, 2014]. Глобал иқлим илиши ўрганилаётган ҳавзага ҳам ўз таъсирини кўрсатмай қолмади.

Ойгаинг дарёсининг ўртача кўп йиллик сув сарфи  $Q = 28,7 \text{ м}^3/\text{с}$  ни, ҳавзада ҳаво ҳароратининг ўртача йиллик қиймати  $T = 2,7 \text{ °C}$  ни ташкил этади. Ойгаинг дарёси

оқимининг ортиб бораётганини дарёнинг қуйилиш қисмига ўрнатилган гидрологик постда кузатилган сув сарфларининг йиллараро ўзгариш графигидан кўриш мумкин (3-расм). Ойгаинг метеостанциясида кузатилган ҳаво ҳароратларининг йиллараро ўзгариши таҳлили ҳам ҳаво ҳарорати кўтарилиб бораётганлигини кўрсатди. Ўрганилаётган давр мобайнида ҳаво ҳароратининг йиллик ўртача қиймати  $T = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$  га ортган. Дарё ҳавзасида сув сарфининг ортиши музликларнинг жадал эриши билан изоҳланади. Бу эса криоген худуднинг денгиз сатҳидан мутлақ баландлиги кўтарилиб боришига олиб келади.



**3-расм. а) Ойгаинг дарёси ҳавзаси сув сарфларининг йиллараро ўзгариши, б) Ойгаинг МС да кузатилган ҳаво ҳароратларининг йиллараро ўзгариши**

**Рис. 3. а) Многолетние изменения расходов воды бассейна реки Ойгаинг, б) многолетние колебания температуры воздуха, наблюдаемый в МС Ойгаинг**  
**Fig. 3. a) Year-to-year changes in the water consumption of the Oygaining river basin, б) interannual variation of air temperatures observed in Oygaining MS**

Дарё ҳавзаси денгиз сатҳидан юқори баландликда шаклланганлиги ҳамда ҳаво массаларининг мазкур ҳавзани ўраб турган тоғ тизмаларига урилган ҳолда ёғин ҳосил қилиши натижасида ҳавзада мавжуд бўлган сойларнинг деярли барчасининг нивал қисмида музликлар шаклланган (4-расм.). Мазкур музликлар кичик турдаги музликлар бўлиб, уларнинг майдони  $F_m = 2,98 \text{ км}^2$  дан ошмайди.

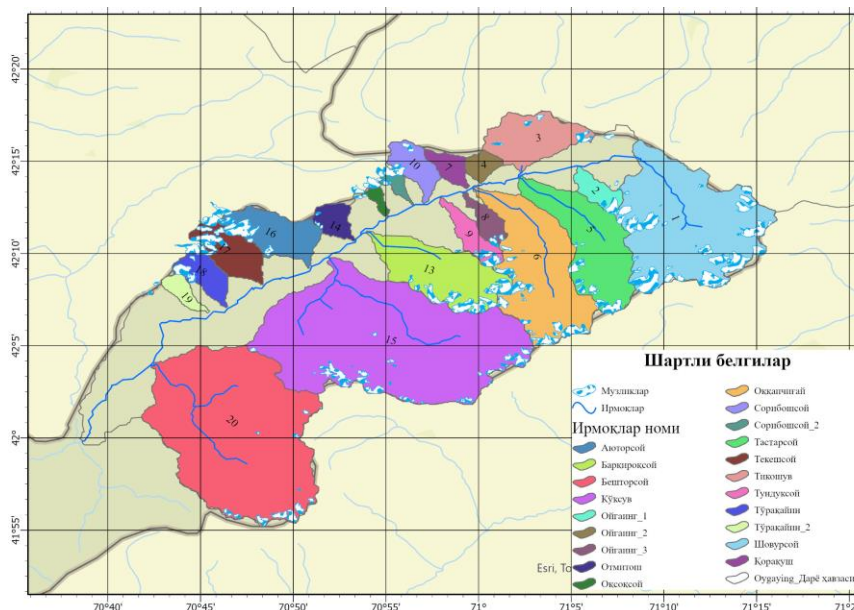
Ҳавзада шаклланган сойларнинг бош дарёга қуйилиш қисми аниқланди ва мазкур нуқтадан юқори ҳисобланган майдон алоҳида сой ҳавзаси сифатида белгиланди. Ойгаинг ҳавзасида мавжуд бўлган 20 та сойлар ҳавзаси турли рангларда ажратилди (4-расм). ГАТ дастури ҳисобига кўра мазкур сойларнинг умумий майдони  $794 \text{ км}^2$  ни ташкил этади. Ойгаинг дарёсига нисбатан ўнг тарафда жойлашган сой ҳавзалари ҳавза майдонлари, музликлари ва сойлари яхши шаклланганлиги билан ажралиб туради. Буни дарё ҳавзасининг ассиметриклик даражасида ҳам кўриш мумкин.

$$K_a = \frac{F_{\text{ч.т.с}} - F_{\text{ў.т.с}}}{F} = \frac{250 \text{ км}^2 - 530 \text{ км}^2}{780 \text{ км}^2} = 0,35 \quad (1)$$

бу ерда:  $K_a$  – дарё ҳавзасининг ассиметриклик даражаси,  $F_{\text{ч.т.с}}$  – ҳавзанинг бош дарёга нисбатан чап қисмида жойлашган сойлар майдони,  $F_{\text{ў.т.с}}$  – ҳавзанинг бош дарёга нисбатан ўнг қисмида жойлашган сойлар майдони.

Ойгаинг дарёси ҳавзасида шаклланган сойларнинг морфометрик кўрсаткичлари бир бирдан фарқ қилади. Бунга уларнинг ҳавза майдонлари, ҳавзада шаклланган музликлар майдони, сойлар ҳавзаларининг жойлашув экспозицилари таъсир кўрсатади.

Ойгаинг дарё ҳавзасида мавжуд бўлган сойларнинг ҳавза майдонлари, уларнинг ўртача баландликлари, бош дарёга қуйилиши кўрсаткичлари ГАТ дастури ёрдамида ҳисобланди (1-жадвал). Мазкур сойлардаги музликлар сони, музликлар майдони Шетинников маълумотлари асосида тўлдирилди [Каталог ледников, 1968].



4-расм. Ойгаинг дарёси ҳавзасида музликлар мавжуд бўлган сойлар

Рис. 4. Ручьи с ледниками в бассейне реки Ойгаинг

Fig. 4. Streams with glaciers in the Oygaing river basin

Ойгаинг дарёсининг Писком дарёсига қуйилиш қисмигача бўлган узунлиги  $L=76$  км ни ташкил этади [Шулц, Машарипов, 1969]. Бош дарёга  $L=49,4$  км масофасида сўнгги ирмоқ – Бешторсой қуйилади. Ушбу сой бош дарё ҳавзасининг қуйи қисмида жойлашган бўлиб, ҳавзанинг ўртача баландлиги 2939 метрга тенг. Ойгаинг дарёси ҳавзасида Кўксув ҳавзаси сойларнинг энг йириги ҳисобланади (5-расм). Ойгаинг дарёсининг ташкил этувчиси ҳисобланган Шовурсой ҳавзаси музликлар сони, уларнинг майдони ва ҳавзанинг денгиз сатҳидан ўртача баландлиги юқорилиги билан бошқа сой ҳавзаларидан ажралиб туради.

Ойгаинг дарёсининг асосий ташкил этувчилари ҳисобланган Шовурсой, Кўксув ва Бештор сойлари ҳавзаларининг жойлашув экспозицияси, сой ҳавзаларининг ўртача баландликларининг юқорилиги туфайли сув тўплаш майдонлари яхши ривожланган. Ҳавзада мавжуд сойларнинг ирмоқлари турлича ривожланган бўлиб, уларнинг узунлиги  $li=1,25\div 68,74$  км узунлик оралиқларига мос келади.

**Хулоса.** Ойгаинг дарёси ҳавзасининг рақамли гидрографик харитаси яратилиши натижасида энг баланд ҳудудлар ҳавзанинг жануби-шарқий қисмида жойлашганлиги ва дарё ҳавзасининг баландликлар фарқи  $\Delta H = 2891$  метр эканлиги аниқланди.

Ҳавзада ҳаво ҳароратининг кўтарилиб бориши, музликларнинг жадал эришига ва бунинг натижасида дарё оқимининг ортишига олиб келган. Бу эса ўз навбатида, ҳавзадаги музликларнинг майдонининг қисқаришига сабаб бўлмоқда.

Ойгаинг дарё ҳавзасида 20 та сой ҳавзалари ўрганилиб, уларнинг сув айирғич чизиқлари аниқланди. Бунга кўра, мазкур сойларнинг умумий майдони  $F = 796$  км<sup>2</sup> ни ташкил қилиб, дарё ҳавзасининг 79 % ҳудудини эгаллайди.

Ўрганилаётган сойлар ичида Кўксув ҳавза майдони ва ирмоқларининг узунлиги жиҳатидан энг яхши шакланган.

Мазкур тадқиқот иши жараёнида олинган маълумотлар ва таҳлил натижаларидан келгусида музликлардан тўйинувчи тоғ дарёларининг гидрологик режимини ўрганишда фойдаланиш мумкин. Музликлардан тўйинадиган кичик дарё ва сойларнинг оқим режими хусусиятларини ўрганишда тўлиқ гидрологик йилни қамраб олиш мақсадга мувофиқ.

Кейинги тадқиқотларда замонавий ўзи ёзар сув ўлчаш қурилмалари ёрдамида давомли гидрологик кузатувлар асосида тадқиқотлар олиб бориш кўзда тутилган.

*1-жадвал*

**Ойгаинг дарёси хавзаси ирмоқларининг гидрографик кўрсаткичлари**

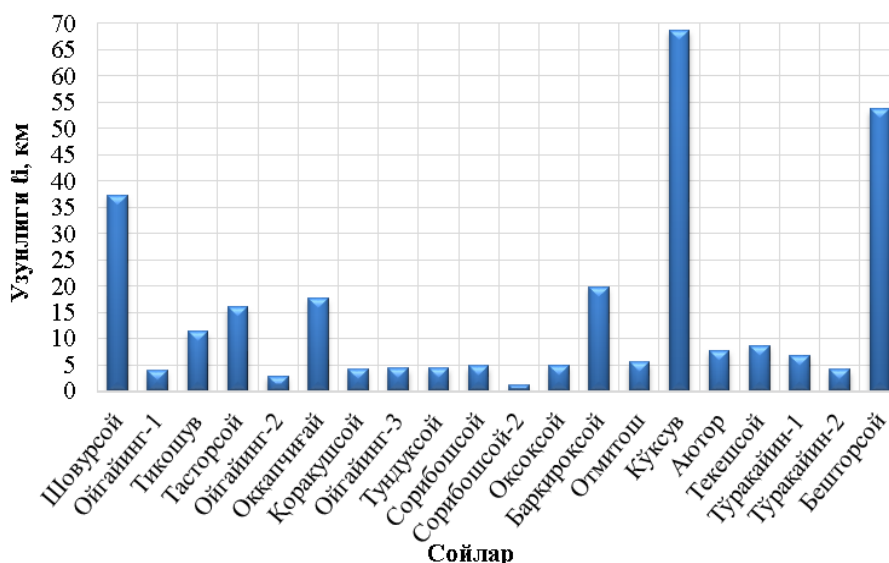
*Таблица 1*

**Гидрографические показатели притоков бассейна реки Ойгаинг**

*Table 1*

**Hydrographic indicators of the tributaries of the Oygaing river basin**

| №  | Сой номлари  | Хавза майдони, F, км <sup>2</sup> | Ўртача баландлиги, Н <sub>ўрт</sub> , м | Музлик сони, N | Музлик майдони, F <sub>м</sub> , км <sup>2</sup> | Бош дарёга қуйилиши, L, км |
|----|--------------|-----------------------------------|---|----------------|--|----------------------------|
| 1  | Шовурсой     | 110,9                             | 3627                                    | 28             | 18,99  | -                          |
| 2  | Ойгаинг-1    | 8,33                              | 3479                                    | -              | -  | 3,75                       |
| 3  | Тикошув      | 28,96                             | 3457                                    | 2              | 0,74   | 8,53                       |
| 4  | Тасторсой    | 52,27                             | 3521                                    | 9              | 4,05   | 8,8                        |
| 5  | Ойгаинг-2    | 5,64                              | 3187                                    | -              | -  | 11,9                       |
| 6  | Оққапчиғай   | 74,23                             | 3502                                    | 19             | 7,25   | 12,9                       |
| 7  | Қорақушсой   | 6,81                              | 3217                                    | 2              | 0,27   | 13,5                       |
| 8  | Ойгаинг-3    | 7,4                               | 3311                                    | 2              | 0,52   | 13,8                       |
| 9  | Тундуксой    | 10,73                             | 3398                                    | 1              | 1,31   | 15,3                       |
| 10 | Сорибошсой   | 12,44                             | 3326                                    | 1              | 0,32   | 17,4                       |
| 11 | Сорибошсой-2 | 2,98                              | 3220                                    | -              | -  | 18                         |
| 12 | Оқсоқсой     | 2,51                              | 3100                                    | 1              | 0,2  | 20,5                       |
| 13 | Барқироксой  | 47,26                             | 3395                                    | 9              | 5,18   | 23,8                       |
| 14 | Отмитош      | 8,08                              | 3282                                    | 3              | 0,21   | 24,8                       |
| 15 | Кўксув       | 190                               | 3211                                    | 25             | 6,27   | 28,2                       |
| 16 | Аютор        | 24,97                             | 3234                                    | 7              | 2,86   | 29,3                       |
| 17 | Текешсой     | 18,57                             | 3293                                    | 6              | 2,62   | 33,5                       |
| 18 | Тўрақайин-1  | 11,41                             | 3281                                    | 4              | 1,54   | 38,7                       |
| 19 | Тўрақайин-2  | 5,7                               | 3119                                    | -              | -  | 40,1                       |
| 20 | Бешторсой    | 167                               | 2939                                    | 15             | 3,58   | 49,4                       |



**5-расм. Ойгаинг дарёси хавзасидаги сойларининг узунлиги**

**Рис. 5. Длина ручьев бассейна реки Ойгаинг**

**Fig. 5. The length of the streams of the Oygaing river basin**

**Муаллифлар ҳиссаси. С.С. Суванкулов:** мақола ғояси, методология, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш; **А.Ж. Мамараимов:** ГАТ дастурларида хариталар яратиш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили, мақолани расмийлаштириш; **Д.М. Турғунов:** мақола ғоясини қўллаш, мақоланинг умумий таҳрири, методология, натижалар таҳлили, тадқиқот объектини танлаш, хулосалар. Мақола муаллифлари қўлёзманинг нашрга тавсия этилган шакли билан танишдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

Каталог ледников СССР. – Т. 14. – Вып. 1. – Ч. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 49 с.

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. – Вып. 4. – С.45–54.

Ни А.А., Петров М.А., Тихановская А.А., Томашевская И.Г. Горное оледенение, климат, сток. –Ташкент: НУУз, 2006. – 206 с.

Суванкулов С.С., Турғунов Д.М. Глобал иқлим ўзгаришининг Ўзбекистон тоғ музликлари ва уларнинг эриши ҳисобига шаклланган дарёлар оқимиға таъсири (Барқроқ музликлар гуруҳи мисолида) // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. 57-жилд. – Тошкент, –2020, – Б. 269-275.

Умирзаков Г.У., Суванкулов С.С., Мамиров Х.А., Акбаров Ф.Н., Петров М.А. Выявление изменений режима малых горных водотоков ледникового питания (на примере реки Баркраксай) // География и водные ресурсы. – Алматы, 2023. – С. 3–11.

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

Withanage N.S., Dayawansa N.D., De Silva R.P. Morphometric Analysis of the Gal Oya River Basin Using Spatial Data Derived from GIS // 175–188 2014., PP.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИТОКОВ БАСЕЙНА РЕКИ ОЙГАИНГ С ПОМОЩЬЮ ГИС

С.С. СУВАНКУЛОВ<sup>1,2</sup>, А.Ж. МАМАРАИМОВ<sup>3</sup>, Д.М. ТУРГУНОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева, ssarkorbek@gmail.com

<sup>2</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

<sup>3</sup> Потсдамский университет, Германия

**Аннотация.** В статье представлены подробные сведения о гидрографических сетях и гипсографическом распределении бассейна реки Ойгаинг. Создана цифровая карта бассейна. Выделены бассейны 20 ее притоков. Для каждого из них рассчитаны морфометрические показатели с помощью программы ArcGIS.

**Ключевые слова:** река, приток реки, речной бассейн, длина реки, площадь бассейна, средняя высота бассейна, ледник, морфометрия, геоинформационные системы.

## DETERMINATION OF THE MORPHOMETRIC INDICATORS OF THE STREAMS OF THE OYGAING RIVER BASIN BY USING GIS

S.S. SUVANKULOV<sup>1,2</sup>, A.J. MAMARAIMOV<sup>3</sup>, D.M. TURGUNOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geology and Geophysics named after H.M. Abdullaev, ssarkorbek@gmail.com

<sup>2</sup> Hydrometeorological Research Institute

<sup>3</sup> University of Potsdam, Germany

**Abstract.** In the article, details of the hydrographic networks and hypsographic distribution of the Oygaing River Basin were presented. The streams in the basin were considered as a separate basin.

*For these basins, digital maps were created and their morphometric indices were computed using ArcGIS.*

**Keywords:** *river, stream, River basin, basin area, average elevation, glacier, stream length, morphometry, geographic information systems.*

## REFERENCES

- Katalog lednikov SSSR [Catalog of glaciers from the USSR]. –Т. 14. – Vip. 1. – Ch. 1. – L.: Gidrometeoizdat, 1968. – 49 s. (in Russian)
- 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 the glaciation of the river basins with a predominance of small glaciers in the second part of XX century and in the beginning of XXI century] // *Voprosi geografii i geoekologii.* Almati, 2014. – Vip. 4. – С.45–54. (in Russian)
- Ni A., Petrov M.A., Tixanovskaya A.A., Tomashevskaya I.G.* Gornoe oledenenie, klimat, stok [Mountain glaciation, climate, runoff]. –Tashkent: NUUZ, 2006. –206s. (in Russian)
- Suvonqulov S.S., Turgunov D.M.* Global iqlim o'zgarishining Ozbekiston tog muzliklari va ularning erishi hisobiga shakllangan daryolar oqimiga tasiri (Barqroq muzliklar guruhi misolida) [Influence of global climate change on glaciers of Uzbekistan and glacier fed-up rivers's runoff (on the example of glaciers of the Barkrak group)] // *Ozbekiston Geografiya jamiyati axboroti.* 57 – jild. – Toshkent, –2020, – B. 269–275. (in Uzbek)
- Umirzakov G.U., Suvankulov S.S., Mamirov X.A., Akbarov F.N., Petrov M.A.* Viyavlenie izmeneniy rejima malix gornix vodotokov lednikovogo pitaniya (na primere reki Barkraksay) [Monitoring of changes in the regime of small mountain streams with glacial feeding (on the example of glaciers of the Oygaing river basin)] // *Geografiya i vodnie resursi – Almati, –2023, – S. 3–11.* (in Russian)
- Shuls V.L., Mashrapov R.* Orta Osiyo gidrografiyasi [Hydrography of Central Asia]. Toshkent: Oqituvchi, 1969. – 328 b. (in Uzbek)

УДК: 631.587(575.1)

## ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОДОТОКОВ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Э.И. ЧЕМБАРISOV<sup>1\*</sup>, А.И. БАЛЛИЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем,  
echembar@mail.ru, ajok90@mail.ru

**Аннотация.** В связи с неблагоприятной гидроэкологической обстановкой в Южном Приаралье наблюдения за загрязненностью воды в водных объектах данного региона имеют как научную, так и практическую ценность, это касается не только качества воды р. Амударья, но и воды оросительных каналов. В связи с этим в данной статье рассмотрена загрязненность наиболее крупных водотоков вышеуказанной территории по данным республиканского комитета по экологии и охране окружающей среды за 2015-2023 гг.

В статье также приведены современные сведения некоторых метеорологических характеристик метеорологических станций Тахиаташ, Тахтакупир, Нукус и Кунград за 2010-2020 гг., находящихся в различных районах Республики Каракалпакстан.

**Ключевые слова:** водотоки Южного Приаралья, загрязняющие ингредиенты, минерализация, температура воздуха, осадки.

\* Ответственный автор: echembar@mail.ru, тел:+998 90 904-52-51

**Введение.** В настоящее время климатические изменения оказывают негативное воздействие на социально-экономическое развитие различных регионов, в том числе и Узбекистана, причем наиболее остро это ощущает на себе Республика Каракалпакстан. Рост числа экстремальных погодных явлений в республике сопровождается не только потеплением температуры, пыльными бурями, но по мнению специалистов это связано с глобальным изменением климата, при этом наблюдается некоторое изменение качества поверхностных водных ресурсов.

В связи с неблагоприятной гидроэкологической обстановкой в Южном Приаралье наблюдения за загрязненностью воды в водных объектах данного региона имеют как научную, так и практическую ценность. В данной статье приведен анализ многолетнего изменения качества воды в р.Амударья ниже гидроузла г. Тахиаташ, в канале Дустлик выше и ниже г. Нукус, канале Суенли выше и ниже г.Хожейли, канале Кегейли выше и ниже г.Чимбай за 2015-2023 гг.

Гидрохимическое состояние р.Амударья и крупных оросительных каналов за 1947-1965 гг. было проанализировано по сведениям, приведенным в [Рогов и др., 1968]. В этот период амплитуда изменений минерализации р. Амударья в створе Чатлы была сравнительно невелика - от 297 мг/л (сентябрь 1947 г.) до 920 мг/л (март 1965 г.), средняя многолетняя величина минерализации амударьинской воды составила 466,7 мг/л. Химический состав воды был, в основном, сульфатно-гидрокарбонатно-магниево-кальциевым (СГ-МК), иногда гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-магниево-кальциевым (ГС-НМК).

В 1984 г. Э.И. Чембарисов и Б.А. Бахритдинов в своей монографии подробно рассмотрели особенности влияния орошения на минерализацию речных вод в бассейне р.Амударья. По их расчетам величина минерализации речной воды у створа Саманбай(Чатлы) в 1975-1979 гг. изменялась от 0,56 г/л до 1,35 г/л, а химический состав от гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатно-магниево-кальциево-натриевого (ГХС-МКН) до сульфатно-хлоридно-магниево-кальциево-натриевого (СХ-МКН) [Чембарисов, Бахритдинов, 1984].

Ф.Э. Рубинова, рассматривая влияние водных мелиораций на сток и гидрохимический режим бассейна Аральского моря, отметила также заметные изменения величины минерализации воды р. Амударья по длине реки [Рубинова, 1987].

Ф.Э. Рубинова вместе с Ю.Н. Ивановым рассмотрели качество воды рек бассейна Аральского моря и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности, отмечая тот факт, что на изменение величины минерализации речной вод по длине рек значительное влияние оказывает орошаемое земледелие [Рубинова, Иванов, 2005].

В.Е. Чуб, рассматривая изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Узбекистана, также отмечает, что оно может влиять и на качество природных вод [Чуб, 2007].

Б.Е.Аденбаев значительную часть своей научной деятельности посвятил изучению гидрологического и гидрохимического режимов водных объектов низовьев р. Амударья [Аденбаев, 2020].

В 2020 г. Э.И. Чембарисов и Р.Т. Хожамуратова оценивая комплексное влияние мелиорации на гидроэкологическое состояние водных ресурсов Республики Каракалпакстан, приводят сведения о минерализации и химическом составе р. Амударья за 2017-2018 гг. Согласно их данным, величина минерализации речной воды у створа Саманбай в среднем колебалась от 987 мг/л до 1107 мг/л, в химическом составе также преобладали ионы хлоридов, сульфатов, магния и натрия [Чембарисов, Хожамуратова, 2020].

Б.Э. Нишоновым создана электронная база данных по гидрохимическим показателям качества воды в среде MSAccess и на основании этой базы данных проведена сравнительная оценка качества вод рек Узбекистан, а также составлены тематические карты гидрохимического состояния рек с использованием ГИС-технологий, включая реку Амударья [Нишонов, 2023].

Несмотря на отмеченные публикации, в них мало внимания уделялось освещению загрязненности как реки Амударья, так и оросительных каналов. В определенной степени описанию названной проблемы посвящена данная статья.

**Целью** данного исследования является оценка современного состояния загрязнения отдельных водотоков Республики Каракалпакстан в условиях изменения климата, с учетом анализа данных метеостанций. **Объектом** исследования являются река Амударья, каналы Дуслик, Суенли, Кегейли, метеорологические станции Тахтакупыр, Тахиаташ, Кунград, Нукус. **Предметом** исследования являются выявление количества загрязняющих ингредиентов в перечисленных водотоках и степень их превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) в условиях изменения климата.

**Исходные данные.** В исследовании использованы данные по загрязнению оросительных вод Государственного комитета по экологии и охране окружающей среды Республики Каракалпакстан, частично данные Агентства гидрометеорологической службы Республики Узбекистан [Ежегодник ..., 2022].

**Методы исследования.** В статье применены методы географического анализа, гидрохимического обобщения, математической статистики.

**Основные результаты и обсуждение.** Анализ современного состояния загрязненности оросительных вод проведен по р.Амударья и основным каналам по данным республиканского государственного комитета по экологии и охране окружающей среды, приведенным в табл.1.

*Таблица 1*

**Изменение загрязненности оросительных водотоков Южного Приаралья в период 2015-2023 гг.**

*1-жадвал*

**Жанубий Оролбўйида 2015-2023 йилларда суғориш сув оқимлари ифлосланишининг ўзгариши**

*Table 1*

**Changes in the pollution of irrigation streams of the Southern Aral Sea region in period 2015-2023**

| Годы                                  | Жесткость, мг-экв/л | Показатели и ингредиенты, мг/л |                  |                              |                              |                 |                               |                  | Минерализация, мг/л |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|---------------------|
|                                       |                     | ХПК                            | БПК <sub>5</sub> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Fe <sup>3+</sup> |                     |
| р.Амударья ниже гидроузла г. Тахиаташ |                     |                                |                  |                              |                              |                 |                               |                  |                     |
| ПДК                                   | 7-10                | 15                             | 3,0              | 0,5                          | 0,08                         | 300             | 100                           | 0,5              | 1000                |
| 2015                                  | 8,6                 | 26,7                           | 2,7              | 0,1                          | 0,14                         | 200             | 77                            | 0,04             | 1129                |
| 2016                                  | 7,3                 | 11,3                           | 2,4              | 0,2                          | 0,04                         | 204             | 59                            | 0,08             | 987                 |
| 2017                                  | 7,7                 | 3,4                            | 2,9              | 0,2                          | 0,03                         | 166             | 45                            | 0,02             | 883                 |
| 2018                                  | 5,4                 | 10,5                           | 2,8              | 0,2                          | 0,05                         | 61              | 89                            | 0,17             | 839                 |
| 2019                                  | 6,9                 | 7,3                            | 5,2              | 0,2                          | 0,04                         | 161             | 84                            | 0,03             | 693                 |
| 2020                                  | 9,2                 | 14,8                           | 6,8              | 0,4                          | 0,06                         | 297             | 126                           | 0,04             | 1442                |
| 2021                                  | 9,2                 | 12                             | 4,0              | 0,6                          | 0,07                         | 279             | 143                           | 0,03             | 1428                |
| 2022                                  | 8,2                 | 20,3                           | 3,7              | 0,5                          | 0,06                         | 309             | 176                           | 0,05             | 1397                |
| 2023                                  | 5,9                 | 31,7                           | 2,5              | 0,5                          | 0,08                         | 238             | 81                            | 0,03             | 1125                |
| Канал Дуслик, выше г. Нукус           |                     |                                |                  |                              |                              |                 |                               |                  |                     |
| ПДК                                   | 7-10                | 15                             | 3,0              | 0,5                          | 0,08                         | 300             | 100                           | 0,5              | 1000                |
| 2015                                  | 8,4                 | 25,9                           | 2,7              | 0,1                          | 0,10                         | 184             | 71                            | 0,05             | 1062                |

| Годы                          | Жесткость,<br>мг-экв/л | Показатели и ингредиенты, мг/л |                  |                              |                              |                 |                               |                  | Минерализация,<br>мг/л |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------------|
|                               |                        | ХПК                            | БПК <sub>5</sub> | NH <sup>+</sup> <sub>4</sub> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Fe <sup>3+</sup> |                        |
| 2016                          | 7,2                    | 12,0                           | 2,6              | 0,2                          | 0,05                         | 193             | 55                            | 0,07             | 1002                   |
| 2017                          | 8,0                    | 3,1                            | 2,5              | 0,3                          | 0,04                         | 174             | 37                            | 0,05             | 997                    |
| 2018                          | 5,6                    | 9,3                            | 2,9              | 0,2                          | 0,62                         | 69              | 82                            | 0,12             | 812                    |
| 2019                          | 6,9                    | 6,8                            | 5,1              | 0,2                          | 0,38                         | 173             | 83                            | 0,04             | 725                    |
| 2020                          | 9,4                    | 14,7                           | 6,4              | 0,4                          | 0,62                         | 313             | 121                           | 0,05             | 1495                   |
| 2021                          | 9,0                    | 12,0                           | 3,9              | 0,6                          | 0,07                         | 291             | 141                           | 0,04             | 1198                   |
| 2022                          | 9,4                    | 16,1                           | 3,9              | 0,6                          | 0,07                         | 305             | 168                           | 0,08             | 1343                   |
| 2023                          | 6,1                    | 12,4                           | 3,5              | 0,7                          | 0,06                         | 260             | 96                            | 0,03             | 1125                   |
| Канал Дусллик, ниже г. Нукус  |                        |                                |                  |                              |                              |                 |                               |                  |                        |
| ПДК                           | 7-10                   | 15                             | 3,0              | 0,5                          | 0,08                         | 300             | 100                           | 0,5              | 1000                   |
| 2015                          | 8,9                    | 23,8                           | 2,6              | 0,2                          | 0,07                         | 188             | 67                            | 0,04             | 1097                   |
| 2016                          | 7,4                    | 10,7                           | 2,6              | 0,2                          | 0,04                         | 190             | 50                            | 0,07             | 974                    |
| 2017                          | 7,8                    | 3,0                            | 2,4              | 0,2                          | 0,05                         | 178             | 37                            | 0,03             | 934                    |
| 2018                          | 5,7                    | 7,6                            | 2,5              | 0,2                          | 0,06                         | 77              | 91                            | 0,14             | 861                    |
| 2019                          | 6,5                    | 8,6                            | 5,0              | 0,2                          | 0,04                         | 187             | 86                            | 0,03             | 712                    |
| 2020                          | 9,5                    | 15,7                           | 5,8              | 0,4                          | 0,06                         | 318             | 123                           | 0,04             | 1368                   |
| 2021                          | 9,0                    | 12,0                           | 3,9              | 0,6                          | 0,07                         | 291             | 141                           | 0,04             | 1198                   |
| 2022                          | 8,5                    | 17,0                           | 3,8              | 0,6                          | 0,06                         | 309             | 175                           | 0,05             | 1373                   |
| 2023                          | 6,1                    | 11,4                           | 2,9              | 0,8                          | 0,05                         | 229             | 72                            | 0,02             | 1112                   |
| Канал Суенли, выше г.Хожейли  |                        |                                |                  |                              |                              |                 |                               |                  |                        |
| ПДК                           | 7-10                   | 15                             | 3,0              | 0,5                          | 0,08                         | 300             | 100                           | 0,5              | 1000                   |
| 2015                          | 8,6                    | 24,1                           | 2,5              | 0,10                         | 0,04                         | 196             | 60                            | 0,03             | 1026                   |
| 2016                          | 7,4                    | 12,9                           | 2,6              | 0,03                         | 0,06                         | 202             | 49                            | 0,07             | 1029                   |
| 2017                          | 8,7                    | 3,2                            | 2,6              | 0,23                         | 0,03                         | 177             | 39                            | 0,06             | 1018                   |
| 2018                          | 5,9                    | 8,0                            | 2,3              | 0,23                         | 0,06                         | 74              | 95                            | 0,12             | 870                    |
| 2019                          | 6,9                    | 6,3                            | 6,3              | 0,45                         | 0,06                         | 148             | 85                            | 0,03             | 841                    |
| 2020                          | 9,7                    | 17,4                           | 6,8              | 0,46                         | 0,07                         | 312             | 122                           | 0,04             | 1749                   |
| 2021                          | 9,0                    | 12,3                           | 3,5              | 0,49                         | 0,07                         | 293             | 158                           | 0,04             | 1299                   |
| 2022                          | 8,4                    | 23,1                           | 4,4              | 0,50                         | 0,06                         | 405             | 180                           | 0,05             | 1531                   |
| 2023                          | 6,0                    | 34,7                           | 4,0              | 1,30                         | 0,07                         | 279             | 149                           | 0,04             | 1360                   |
| Канал Суенли, ниже г.Хожейли  |                        |                                |                  |                              |                              |                 |                               |                  |                        |
| ПДК                           | 7-10                   | 15                             | 3,0              | 0,5                          | 0,08                         | 300             | 100                           | 0,5              | 1000                   |
| 2015                          | 8,9                    | 21,7                           | 2,5              | 0,20                         | 0,04                         | 194             | 57                            | 0,04             | 1111                   |
| 2016                          | 7,5                    | 12,0                           | 2,6              | 0,21                         | 0,05                         | 198             | 50                            | 0,10             | 975                    |
| 2017                          | 8,6                    | 3,3                            | 2,5              | 0,20                         | 0,03                         | 176             | 36                            | 0,03             | 949                    |
| 2018                          | 6,1                    | 8,5                            | 2,4              | 0,24                         | 0,06                         | 82              | 94                            | 0,13             | 889                    |
| 2019                          | 6,8                    | 8,2                            | 5,9              | 0,25                         | 0,06                         | 181             | 87                            | 0,02             | 824                    |
| 2020                          | 9,8                    | 17,3                           | 6,6              | 0,48                         | 0,06                         | 252             | 125                           | 0,04             | 1545                   |
| 2021                          | 9,1                    | 10,7                           | 4,8              | 0,54                         | 0,07                         | 298             | 150                           | 0,04             | 1383                   |
| 2022                          | 8,2                    | 21,7                           | 4,3              | 0,61                         | 0,06                         | 400             | 180                           | 0,04             | 1354                   |
| 2023                          | 6,3                    | 41,7                           | 3,7              | 1,05                         | 0,05                         | 199             | 139                           | 0,04             | 1150                   |
| Канал Кегейли, выше г. Чимбай |                        |                                |                  |                              |                              |                 |                               |                  |                        |
| ПДК                           | 7-10                   | 15                             | 3,0              | 0,5                          | 0,08                         | 300             | 100                           | 0,5              | 1000                   |
| 2015                          | 7,9                    | 24,6                           | 2,9              | 0,10                         | 0,04                         | 182             | 58                            | 0,04             | 1056                   |
| 2016                          | 7,3                    | 12,3                           | 2,7              | 0,22                         | 0,05                         | 186             | 49                            | 0,10             | 949                    |
| 2017                          | 8,4                    | 4,4                            | 3,0              | 0,17                         | 0,75                         | 175             | 49                            | 0,02             | 967                    |
| 2018                          | 6,2                    | 7,6                            | 2,9              | 0,23                         | 0,06                         | 80              | 91                            | 0,12             | 833                    |
| 2019                          | 6,9                    | 7,8                            | 5,5              | 0,20                         | 0,04                         | 180             | 86                            | 0,04             | 753                    |
| 2020                          | 9,2                    | 15,3                           | 5,7              | 0,46                         | 0,06                         | 515             | 125                           | 0,03             | 1455                   |
| 2021                          | 8,8                    | 12,5                           | 3,8              | 0,49                         | 0,06                         | 279             | 167                           | 0,03             | 1268                   |

| Годы                          | Жесткость,<br>мг-экв/л | Показатели и ингредиенты, мг/л |                  |                              |                              |                 |                               |                  | Минерализация,<br>мг/л |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------------|
|                               |                        | ХПК                            | БПК <sub>5</sub> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Fe <sup>3+</sup> |                        |
| 2022                          | 7,1                    | 14,3                           | 4,2              | 0,50                         | 0,07                         | 379             | 141                           | 0,04             | 1186                   |
| 2023                          | 6,0                    | 31,0                           | 5,1              | 0,80                         | 0,06                         | 306             | 142                           | 0,04             | 1210                   |
| Канал Кегейли, ниже г. Чимбай |                        |                                |                  |                              |                              |                 |                               |                  |                        |
| ПДК                           | 7-10                   | 15                             | 3,0              | 0,5                          | 0,08                         | 300             | 100                           | 0,5              | 1000                   |
| 2015                          | 8,0                    | 27,0                           | 2,9              | 0,10                         | 0,04                         | 180             | 53                            | 0,06             | 996                    |
| 2016                          | 7,3                    | 12,1                           | 2,4              | 0,30                         | 0,05                         | 185             | 46                            | 0,10             | 894                    |
| 2017                          | 8,5                    | 4,3                            | 2,7              | 0,22                         | 0,06                         | 172             | 47                            | 0,05             | 962                    |
| 2018                          | 6,3                    | 7,2                            | 2,8              | 0,23                         | 0,06                         | 86              | 91                            | 0,12             | 878                    |
| 2019                          | 7,0                    | 9,0                            | 5,8              | 0,20                         | 0,04                         | 175             | 80                            | 0,03             | 706                    |
| 2020                          | 9,4                    | 16,2                           | 5,5              | 0,45                         | 0,08                         | 320             | 127                           | 0,04             | 1481                   |
| 2021                          | 8,8                    | 14,0                           | 4,0              | 0,52                         | 0,07                         | 285             | 169                           | 0,04             | 1203                   |
| 2022                          | 6,2                    | 14,1                           | 3,4              | 0,40                         | 0,07                         | 318             | 143                           | 0,03             | 1176                   |
| 2023                          | 4,5                    | 25,7                           | 3,4              | 0,47                         | 0,06                         | 251             | 126                           | 0,02             | 1211                   |

За прошедшие годы в пункте отбора пробы в р.Амударья ниже гидроузла г. Тахиаташ среднегодовые значения жесткости воды изменялись от 5,4 мг-экв/л (2018 г.) до 9,2 мг-экв/л (2020, 2021 гг.), величина химического потребления кислорода (ХПК) изменилась от 3,4 мг/л (2017 г.) до 31,7 мг/л (2023 г.), т.е. превысило ПДК в 2,1 раза; величина биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) изменилась от 2,5 мг/л (2023 г.) до 6,8 мг/л (2020 г.), т.е. превысило ПДК в 2,26 раза.

Концентрация ионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) изменялась от 0,10 мг/л (2015 г.) до 0,58 мг/л (2021 г.) и превысило ПДК в 1,16 раз; концентрация ионов нитрита изменялась от 0,04 мг/л (2016 г.) до 0,14 мг/л (2015 г.) превысило ПДК в 1,75 раз; содержание хлоридов (Cl<sup>-</sup>) изменялось от 60,5 мг/л (2018 г.) до 309 мг/л (2022 г.), и превысило ПДК в 1,03 раза; содержание сульфатов (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) изменилось от 59,2 мг/л (2016 г.) до 176 мг/л (2022 г.), и превысило ПДК в 1,76 раз; содержание железа (Fe<sup>3+</sup>) изменялось от 0,03 мг/л (2023 г.) до 0,17 г/л (2018 г.), превышение ПДК содержания железа в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 693 мг/л (2019 г.) до 1442 мг/л (2020 г.), т.е. в 2020 году превысила ПДК в 1,44 раза.

В воде канала Дуслик выше г.Нукуса среднегодовые значения жесткости изменялись от 5,6 мг-экв/л (2018 г.) до 9,4 мг-экв/л (2020 г.) величина ХПК изменялась от 3,1 мг/л (2017 г.) до 25,9 мг/л (2015 г.) т.е. она превысило ПДК в 1,73 раза; величина БПК<sub>5</sub> изменялась от 2,5 мг/л (2017 г.) до 6,4 мг/л (2020 г.) и превысило ПДК в 2,13 раза.

Концентрация ионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) изменялась от 0,10 мг/л (2015 г.) до 0,74 мг/л (2023 г.), когда его содержание превысило ПДК в 1,48 раз; ионы нитрита изменялись от 0,038 мг/л (2019 г.) до 0,10 мг/л (2015 г.), когда его содержание превысило ПДК в 1,25 раз; содержание хлоридов (Cl<sup>-</sup>) изменялось от 69,4 мг/л (2018 г.) до 313 мг/л (2020 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,04 раза; содержание сульфатов (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) изменялось от 37,2 мг/л (2017 г.) до 168 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,68 раз; содержание железа (Fe<sup>3+</sup>) изменялось от 0,0028 мг/л (2018 г.) до 0,12 г/л (2018 г.), превышение ПДК содержания железа в эти годы не наблюдалось.

Величина минерализации изменялась от 725 мг/л (2019 г.) до 1495 мг/л (2020 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,49 раза.

В воде канала Дуслик ниже г.Нукус среднегодовые значения жесткости изменялись от 5,7 мг-экв/л (2018 г.) до 9,5 мг-экв/л (2020 г.), величина ХПК изменялась от 3,0 мг/л (2017 г.) до 23,8 мг/л (2015 г.), т.е. превысило ПДК в 1,59 раза; БПК<sub>5</sub> изменялась от 2,4 мг/л (2017 г.) до 5,8 мг/л (2020 г.), т.е. превысило ПДК в 1,93 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялись от 0,17 мг/л (2015 г.) до 0,80 мг/л (2023 г.), когда её содержание превысило ПДК в 1,60 раз; ионы нитрита  $\text{NO}_2^-$  изменялись от 0,004 мг/л (2016 г.) до 0,07 мг/л (2021 г.), когда его содержание превысило ПДК не наблюдалось; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 77,22 мг/л (2018 г.) до 318 мг/л (2020 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,06 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменялось от 49,6 мг/л (2016 г.) до 141 мг/л (2021 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,4 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,03 мг/л (2019 г.) до 0,14 г/л (2018 г.), превышение ПДК в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 712 мг/л (2019 г.) до 1373 мг/л (2022 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,37 раза.

В воде канала Суенли выше г.Хожейли среднегодовые значения жесткости изменялись от 5,9 мг-экв/л (2018 г.) до 9,7 мг-экв/л (2020 г.), величина ХПК изменялась от 3,2 мг/л (2017 г.) до 34,7 мг/л (2023 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 2,31 раза; величина БПК<sub>5</sub> изменялась от 2,5 мг/л (2015 г.) до 6,8 мг/л (2020 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 2,127 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялась от 0,1 мг/л (2015 г.) до 1,30 мг/л (2023 г.), когда его содержание превысило ПДК в 12,6 раз; ионы нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) изменялись от 0,03 мг/л (2017 г.) до 0,71 мг/л (2021 г.), когда его содержание превысило ПДК в 1,42 раза; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 73,64 мг/л (2018 г.) до 405 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,35 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменялось от 38,57 мг/л (2018 г.) до 180 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,8 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,025 мг/л (2019 г.) до 0,12 г/л (2018 г.), превышение ПДК содержания железа в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 841 мг/л (2019 г.) до 1749 мг/л (2020 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,74 раза.

В воде канала Суенли ниже г.Хожейли среднегодовые значения жесткости изменялись от 6,1 мг-экв/л (2018 г.) до 9,8 мг-экв/л (2020 г.), величина ХПК изменялась от 3,3 мг/л (2017 г.) до 41,7 мг/л (2023 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 2,78 раза; величина биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) изменялась от 2,4 мг/л (2018 г.) до 6,6 мг/л (2020 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 2,2 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялась от 0,2 мг/л (2015 г.) до 1,05 мг/л (2023 г.), когда его содержание превысило ПДК в 2,10 раз; ионы нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) изменялись от 0,03 мг/л (2017 г.) до 0,064 мг/л (2018 г.), когда превышение ПДК не наблюдалось; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 81,98 мг/л (2018 г.) до 400 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,33 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменилось от 35,76 мг/л (2017 г.) до 180 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,8 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,034 мг/л (2017 г.) до 0,13 г/л (2018 г.), превышение ПДК в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 824 мг/л (2019 г.) до 1383 мг/л (2021 г.), когда её величина превысила ПДК в 1,38 раза.

В воде канала Кегейли выше г. Чимбай среднегодовые значения жесткости изменялись от 6,0 мг-экв/л (2023 г.) до 9,2 мг-экв/л (2020 г.), ХПК изменялась от 4,4 мг/л (2017 г.) до 31,0 мг/л (2023 г.) т.е. его содержание превысило ПДК в 2,07 раза; величина (БПК<sub>5</sub>) изменялась от 2,7 мг/л (2016 г.) до 5,7 мг/л (2020 г.), т.е. превысило ПДК в 1,9 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялись от 0,10 мг/л (2015 г.) до 0,80 мг/л (2023 г.), когда его содержание превысило ПДК в 1,6 раз; ионы нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) изменялись от 0,037 мг/л (2019 г.) до 0,075 мг/л (2017 г.), т.е. превышение ПДК нитрата не наблюдалось; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 79,5 мг/л (2018 г.) до 379 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,26 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменялось от 48,8 мг/л (2016 г.) до 167 мг/л (2021 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,67 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,034 мг/л (2021 г.) до 0,12 г/л (2018 г.),

превышение ПДК содержания железа в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 753 мг/л (2019 г.) до 1455 мг/л (2020 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,46 раза.

В воде канала Кегейли ниже г. Чимбай среднегодовые значения жесткости изменялись от 4,5 мг-экв/л (2023 г.) до 8,8 мг-экв/л (2021 г.) величина ХПК изменялась от 4,3 мг/л (2017 г.) до 27,0 мг/л (2015 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 1,8 раза; величина БПК<sub>5</sub> изменилось от 2,4 мг/л (2016 г.) до 5,8 мг/л (2019 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 1,93 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялась от 0,1 мг/л (2015 г.) до 0,52 мг/л (2021 г.), т.е. содержание превысило ПДК в 1,04 раз; ионы нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) изменялись от 0,04 мг/л (2015, 2019 гг.) до 0,083 мг/л (2020 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 1,04 раза; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 86,3 мг/л (2018 г.) до 318 мг/л (2022 г.), т.е. когда их содержание превысило ПДК в 1,06 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменялось от 46,2 мг/л (2016 г.) до 169 мг/л (2021 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,69 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,027 мг/л (2019 г.) до 0,12 г/л (2018 г.), превышение ПДК содержание железа в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 878 мг/л (2018 г.) до 1481 мг/л (2020 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,48 раза.

**Оценка метеорологических характеристик.** Анализ динамики метеорологических характеристик был проведен по данным четырех метеорологических станций - Тахиаташ, Тахтакупир, Нукус и Кунград (табл. 2).

При этом оценивалось изменение двух характеристик: среднемесячной температуры воздуха в градусах ( $t, ^\circ\text{C}$ ) и среднемесячного количества осадков в мм (X). Полученные данные были рассмотрены как за отдельные периоды: 2010-2014 гг. и 2015-2020 гг., так и в целом за весь период 2010-2020 гг.

На метеостанции Тахиаташ среднемесячная величина температура воздуха в 2015-2019 гг. по сравнению с периодом 2010-2014 гг. повысилась на  $0,5^\circ\text{C}$ ; на метеостанции Тахтакупир на  $1,1^\circ\text{C}$ , на метеостанции Нукус на  $0,3^\circ\text{C}$ , и только на метеостанции Кунград она понизилась на  $0,4^\circ\text{C}$ .

Таблица 2

**Внутригодовые изменения некоторых метеорологических характеристик на метеостанциях Республики Каракалпакстан за 2010-2020 гг.**

2-жадвал

**2010-2020 йилларда Қорақалпоғистон Республикаси метеорология станцияларида айрим метеорологик кўрсаткичларнинг йил ичидаги ўзгариши**

Table 2

**Intra-annual changes in some meteorological characteristics at weather stations of the Republic of Karakalpakstan for 2010-2020**

| Годы   | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Среднее |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| Изменение температуры воздуха ( $t, ^\circ\text{C}$ ), метеорологическая станция Тахиаташ                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |
| 2010-2014  | -3,6 | -4,2 | 6,6  | 16,5 | 24,1 | 28,3 | 29,0 | 27,2 | 20,5 | 12,6 | 4,4  | -2,6 | 13,2    |
| 2015-2019  | -0,5 | 1,5  | 8,1  | 15,4 | 23,3 | 23,0 | 30,7 | 26,8 | 20,9 | 12,0 | 3,1  | -0,3 | 13,7    |
| 2010-2020  | -1,2 | 0,5  | 8,1  | 15,8 | 23,8 | 26,7 | 30,0 | 26,6 | 20,1 | 12,1 | 3,0  | -3,0 | 13,6    |
| Изменение количества осадков (в мм), метеорологическая станция Тахиаташ                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |
| 2010-2014  | 7,6  | 7,4  | 20,9 | 19,1 | 1,5  | 0,8  | 1,15 | 2    | 0,9  | 3,9  | 13,9 | 13,4 | 7,7     |
| 2015-2019  | 6,4  | 11,5 | 24,0 | 12,2 | 17,4 | 3,5  | 1,9  | 8,6  | 10,7 | 14,9 | 13,4 | 9,9  | 11,2    |
| 2010-2020  | 6,0  | 9,0  | 16,0 | 20,6 | 14,8 | 1,5  | 1,0  | 5,5  | 3,9  | 6,3  | 9,8  | 7,9  | 8,5     |
| Изменение температуры почвы на глубине 10 см ( $t, ^\circ\text{C}$ ), метеорологическая станция Тахтакупир |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |

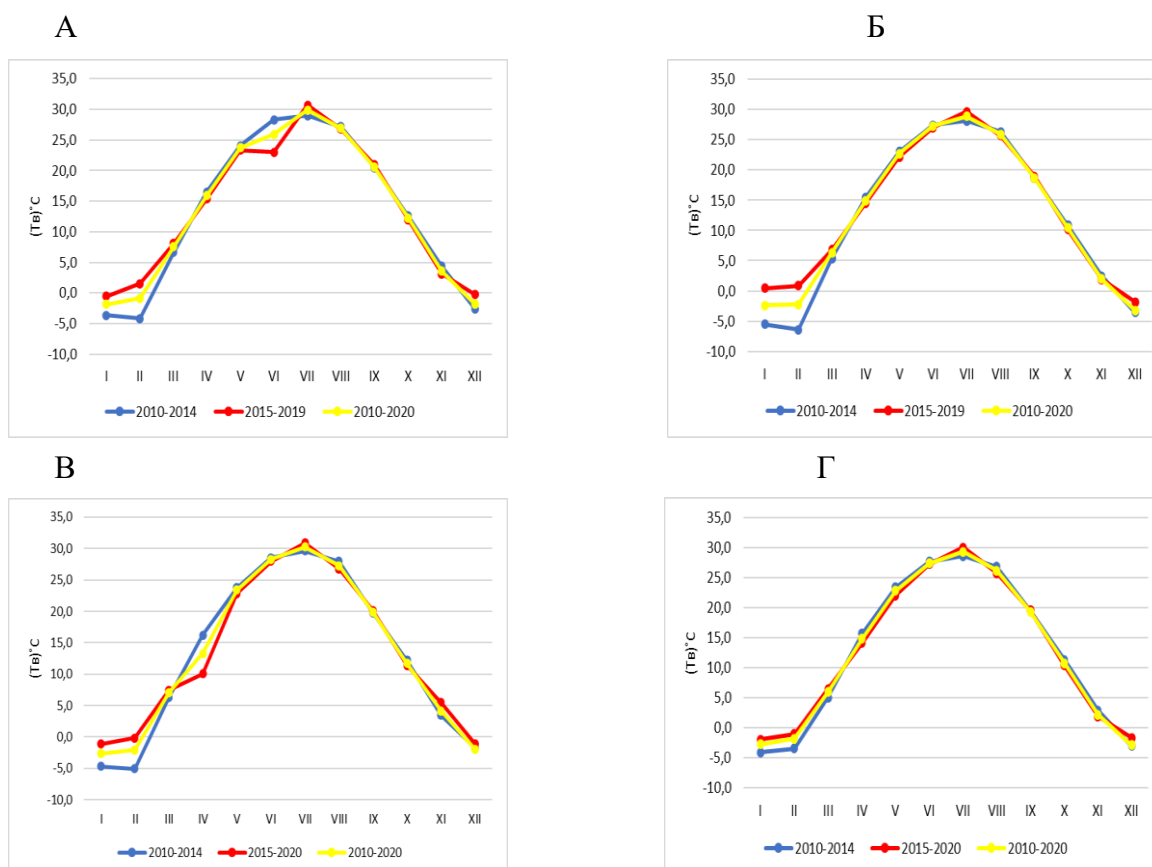
| Годы  | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII   | Среднее |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|
| 2010-2014   | 0,0  | 0,0  | 8,7  | 15,4 | 23,0 | 29,0 | 30,4 | 29,0 | 23,3 | 16,7 | 0,0  | 0,0   | 21,9    |
| 2015-2019   | 0,0  | 0,0  | 9,5  | 15,6 | 23,8 | 29,3 | 32,0 | 30,0 | 24,0 | 16,9 | 0,0  | 0,0   | 22,6    |
| 2010-2020   | 0,0  | 0,0  | 9,1  | 15,7 | 23,6 | 29,2 | 31,2 | 29,3 | 23,6 | 16,7 | 0,0  | 0,0   | 22,3    |
| Изменение количества осадков (в мм), метеорологическая станция Тахтакупир |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |         |
| 2010-2014   | 11,4 | 9,7  | 19,1 | 19,3 | 7,1  | 2,5  | 10,0 | 3,1  | 1,8  | 4,5  | 10,2 | 15,6  | 9,51    |
| 2015-2019   | 7,7  | 10,4 | 19,7 | 13,8 | 23,6 | 6,2  | 2,9  | 0,7  | 8,8  | 13,5 | 14,0 | 15,3  | 11,4    |
| 2010-2020   | 9,9  | 9,9  | 18,2 | 17,8 | 13,7 | 5,3  | 2,9  | 2,1  | 7,5  | 10,0 | 12,3 | 14,1  | 10,3    |
| Изменение температуры воздуха (t, °C), метеорологическая станция Нукус    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |         |
| 2010-2014   | -4,7 | -5,1 | 6,3  | 16,2 | 23,8 | 28,5 | 29,6 | 27,9 | 19,8 | 12,2 | 3,5  | -1,7  | 13,0    |
| 2015-2019   | -1,1 | -0,2 | 7,4  | 10,0 | 22,0 | 28,0 | 30,9 | 26,8 | 20,2 | 11,4 | 5,5  | -1,9  | 13,3    |
| 2010-2020   | -2,0 | -0,5 | 7,6  | 13,8 | 23,6 | 28,4 | 30,3 | 26,9 | 19,6 | 11,5 | 3,3  | -3,4  | 13,3    |
| Изменение количества осадков (в мм), метеорологическая станция Нукус      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |         |
| 2010-2014   | 8,8  | 5,7  | 20,6 | 15,0 | 2,0  | 0,4  | 3,1  | 2,7  | 0,5  | 2,3  | 9,5  | 9,5   | 6,7     |
| 2015-2019   | 6,1  | 13,5 | 17,7 | 18,3 | 14,8 | 3,7  | 2,9  | 3,8  | 10,4 | 14   | 14,8 | 10,8  | 10,9    |
| 2010-2020   | 7,2  | 9,5  | 18,1 | 17,8 | 9,1  | 1,7  | 3,0  | 3,0  | 4,4  | 7,5  | 11,5 | 9,5   | 8,5     |
| Изменение температуры воздуха (t, °C), метеорологическая станция Кунград  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |         |
| 2010-2014   | -4,1 | -3,5 | 5,0  | 15,7 | 23,4 | 27,7 | 28   | 26,9 | 19,5 | 11,3 | 2,84 | -3,06 | 13,1    |
| 2015-2019   | -2,0 | 1,1  | 6,4  | 14,1 | 22,0 | 27,3 | 30,0 | 25,8 | 19,5 | 10,4 | 1,84 | -1,8  | 12,7    |
| 2010-2020   | -6,2 | -0,6 | 6,4  | 14,7 | 23,1 | 27,3 | 29,3 | 25,8 | 18,8 | 10,4 | 1,7  | -4,5  | 12,2    |
| Изменение количества осадков (в мм), метеорологическая станция Кунград    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |         |
| 2010-2014   | 11,9 | 11,0 | 15,8 | 14,6 | 2,7  | 8,3  | 0,2  | 6,2  | 0    | 4,8  | 10,7 | 10,2  | 8,8     |
| 2015-2019   | 7,4  | 11,1 | 17,2 | 17,2 | 30,9 | 6,5  | 4,7  | 5,4  | 5,4  | 9,9  | 19,6 | 12,4  | 12,3    |
| 2010-2020   | 10,0 | 12,7 | 13,5 | 17,2 | 14,9 | 4,9  | 1,8  | 3,9  | 1,8  | 4,9  | 10,5 | 7,5   | 8,0     |

На метеостанции Тахиаташ среднемесячная величина осадков в 2015-2019 гг. по сравнению с периодом 2010-2014 гг. повысилась на 3,5 мм; на метеостанции Тахтакупир – на 0,3 мм, на метеостанции Нукус – на 4,2 мм и на метеостанции Кунград- на 3,5 мм.

Отмеченные изменения величин температуры воздуха за три периода: 2010-2014 гг., 2015-2019 гг. и 2010-2020 гг. на указанных метеорологических станциях приведены на рис. 1.

**Заключение.** Согласно данным Узгидромета, помещенных в ежегоднике «Государственный водный кадастр» в последние годы среднее годовое превышение ПДК в р.Амударья имеют сульфаты, медь, фенолы уже у створа Термез, у створа Саманбай ПДК превышают магний, медь, сульфаты, минерализация, а у створа Кызылджар количество ингредиентов, превышающих ПДК увеличивается до пяти: медь, магний, сульфаты, цинк, минерализация. Величина индекса загрязненности воды (ИЗВ) в среднем в створе Саманбай (Нукус) равна 1,22, а в створе Кызылджар – 1,43, т.е. качество воды р.Амударья соответствовало III классу умеренно загрязненных вод (величина ИЗВ от 1,0 до 2,5).

Согласно данным Специальной инспекции аналитического контроля (СИАК) в 2015-2023 гг. среди загрязняющих компонентов в речной воде ниже г. Тахиаташ определялись жесткость, величины ХПК, БПК<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Fe<sup>3+</sup> и сухой остаток (использовали термин минерализация). На основе анализа многолетних данных можно сделать вывод, что вода р.Амударья является жесткой, редко превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) ХПК; БПК<sub>5</sub> также редко превышает ПДК, такая же картина наблюдается с содержанием ионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ионов нитрита (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), хлоридов (Cl<sup>-</sup>), сульфатов (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), содержание железа (Fe<sup>3+</sup>) практически всегда меньше ПДК, величина минерализации превышает ПДК чаще других ингредиентов.



**Рис. 1. Внутригодовые изменения величин температуры воздуха ( $t^{\circ}\text{C}$ ) за три периода: 2010-2014 гг., 2015-2019 гг. и 2010-2020 гг. на метеорологических станциях Тахиаташ (А), Тахтакупир (Б), Нукус (В) и Кунград (Г)**

**Fig. 1. Intra-annual changes in air temperature values ( $t^{\circ}\text{C}$ ) for three periods: 2010-2014, 2015-2019 and 2010-2020 at the meteorological stations Takhiatash (A), Takhtakupir (B), Nukus (C) and Kungrad (D)**

Аналогичная картина динамики содержания перечисленных ингредиентов наблюдается и в воде каналов Дуслик, Суенли и Кегейли, только их содержание несколько увеличивается в нижних створах, расположенных ниже г. Нукус, г.Хожейли и г.Чимбай.

Было также определено, что содержание многих ингредиентов было повышенным в 2021-2023 гг., что по видимому связано с маловодьем этих лет и высокой температурой воздуха.

Анализ изменения среднегодовых величин температуры воздуха на рассмотренных метеостанциях Республики Каракалпакстан за два периода 2010-2014 гг. и 2015-2019 гг. показал, что во втором периоде она несколько увеличилась по сравнению с первым периодом: на  $0,5^{\circ}\text{C}$ - $1,1^{\circ}\text{C}$ , увеличение температуры воздуха отмечается и в месяце с максимальными значениями по анализу данных за июль месяц.

**Вклад авторов:** Э.И. Чембарисов: научное руководство, методология, написание текста. А.И. Баллиев: сбор и статистическая обработка данных, табличное представление результатов, оформление статьи. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

## ЛИТЕРАТУРА

Аденбаев Б.Е. Современный гидрологический режим и водообеспеченности низовьев реки Амударьи. Автореферат диссертации доктора географических наук (DSc). – Ташкент: НИГМИ, 2020. – 67 с.

Ежегодник качества поверхностных вод на территории деятельности Узгидромета за 2018-2020 гг. – Ташкент: Узгидромет. 2022.

Нишионов Б.Э. Создание тематических карт современного гидрохимического состояния рек Узбекистана / Материалы междунар. научно-практич. конференции «Водные ресурсы аридных регион в условиях изменения климата: проблемы и решения». 20 октября 2023. – Ташкент: НУУ, 2023. – С. 334–337.

Рогов М.М., Ходкин С.С., Ревина С.К. Гидрология устьевой области Амударьи. – М.: Гидрометиздат, 1968. – 268 с.

Рубинова Ф.Э. Влияние водных мелиораций на сток и гидрохимический режим бассейна Аральского моря // Труды САНИГМИ. Гидрометеоздат, 1987. – 216 с.

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

Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Особенности влияния орошения на минерализацию речных вод бассейна Амударьи. – Нукус: «Каракалпакстан», 1984. – 144 с.

Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р. Т. Комплексная оценка влияния мелиорации на гидроэкологическое состояние водных ресурсов Республики Каракалпакстан и пути его уменьшения. – Ташкент: «Наврўз», 2020. – 156 с.

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

## ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИ ШАРОИТИДА ҚОРАҚАЛПОҒИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ИРРИГАЦИЯ СУВ ОҚИМЛАРИНИНГ ИФЛОСЛАНИШИ

Э.И. ЧЕМБАРИСОВ<sup>1</sup>, А.И. БАЛЛИЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти, echembar@mail.ru

**Аннотация.** Жанубий Орол денгизи минтақасидаги ноқулай гидроэкологик вазият туфайли ушбу минтақа сув ҳавзаларида сувнинг ифлосланишини кузатиши ҳам илмий, ҳам амалий аҳамиятга эга, бу нафақат Амударё дарёсининг сув сифати ва сугориши каналлари сувига тааллуқлидир. Ушбу мақолада Республика Экология ва атроф-мухитни муҳофаза қилиш қўмитасининг 2015-2023 йиллардаги маълумотларига кўра юқорида қайд этилган ҳудуднинг энг йирик сув оқимларининг ифлосланиши кўриб чиқилди. Мақолада Қорақалпоғистон Республикасининг турли ҳудудларида жойлашган Тахياتош, Тахтакўпир, Нукус ва Кўнгирот метеорология станцияларининг 2010-2020 йиллардаги айрим метеорологик хусусиятлари ҳақида ҳам долзарб маълумотлар келтирилган.

**Калит сўзлар:** Жанубий Оралбўйи, сув оқимлари, ифлослантирувчи моддалар, минерализация, ҳаво ҳарорати, ёгингарчилик.

**POLLUTION OF IRRIGATION WATERCOURSES OF THE REPUBLIC OF KARAKALPAKSTAN IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE****E.I. CHEMBARISOV<sup>1</sup>, A.I. BALLIEV<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Research Institute of Irrigation and Water Problems

**Abstract.** *Due to the unfavorable hydroecological situation in the Southern Aral Sea region, observations of water pollution in the water bodies of this region have both scientific and practical value, this concerns not only the water quality of the Amu Darya River, but also the water of irrigation channels. In this regard, this article examines the pollution of the largest watercourses of the above-mentioned territory according to the data of the Republican Committee on Ecology and Environmental Protection for 2015-2023.*

*The article also provides up-to-date information on some meteorological characteristics of the weather stations Takhiatash, Takhtakupir, Nukus and Kungrad for 2010-2020, located in various regions of the Republic of Karakalpakstan.*

**Keywords:** *watercourses of the Southern Aral Sea region, polluting ingredients, mineralization, air temperature, precipitation.*

**REFERENCES**

*Adenbaev B.E.* Sovremenniy gidrologicheskiy rejim i vodoobespechennosti nizovev reki Amudari». Avtoreferat dissertatsii doktora geograficheskikh nauk (DSc) [Modern hydrological regime and water availability of the lower reaches of the Amu Darya River. Abstract of the dissertation of the Doctor (DSc) in geographical sciences]. – Tashkent: NIGMI, 2020. – 67 s. (in Russian)

Yejegodnik kachestva poverhnostnykh vod na territorii deyatelnosti Uzgidrometa za 2018-2020 gg. [Yearbook of surface water quality in the territory of the activity of Uzhydromet for 2018-2020]. – Tashkent: Uzgidromet, 2022. (in Russian)

*Nishonov B.E.* Sozdanie tematicheskikh kart sovremennogo gidrohimicheskogo sostoyaniya rek Uzbekistana // Materialy mejdunar. nauchno-praktich. konferencii «Vodnye resursy aridnykh region v usloviyakh izmeneniya klimata: problemy i resheniya». [Creation of thematic maps of the modern hydrochemical state of the rivers of Uzbekistan // Materials of the International scientific and practical. conference "Water resources of arid regions in the context of climate change: problems and solutions"]. Tashkent: NUU, 2023, – S. 334–337. (in Russian)

*Rogov M.M., Hodkin S.S., Revina S.K.* Gidrologiya ust'evoi oblasti Amudar'i [Hydrology of the estuarine region of the Amu Darya]/M.: Gidrometizdat, 1968. – 268 s. (in Russian)

*Rubinova F.E.* Vliyaniye vodny melioratsii na stok i gidrohimicheskii rejim basseina Aralskogo morya [Influence of water reclamation on the runoff and hydrochemical regime of the Aral Sea basin] // Trudy SANIGMI, Gidrometeoizdat, 1987. – 216 s. (in Russian)

*Rubinova F.E., Ivanov Yu.N.* Kachestvo vody rek basseina Aralskogo morya i ego izmeneniye pod vliyaniem hozyaistvennoi deyatelnosti [The water quality of the rivers of the Aral Sea basin and its change under the influence of economic activity]. – Tashkent: NIGMI, 2005– 185s. (in Russian)

*Chembarisov E.I., B.A. Bahritdinov.* Osobennosti vliyaniya orosheniya na mineralizatsiyu rechnykh vod basseyna Amudari [Features of the influence of irrigation on the mineralization of the river waters of the Amu Darya basin]. – Nukus «Karakalpakstan», 1984. – 144 s. (in Russian)

*Chembarisov E.I., Hojamuratova R.T.* Kompleksnaya osenka vliyaniya melioratsii gidroekologicheskoe sostoyaniye vodnykh resursov Respubliki Karakalpakstan i puti ego umensheniya [A comprehensive assessment of the impact of land reclamation on the hydroecological state of water resources of the Republic of Karakalpakstan and ways to reduce it]. – Tashkent: «Navruz», 2020. –156 s. (in Russian)

*Chub V.E.* Izmeneniye klimata i ego vliyaniye na gidrometeorologicheskie processy, agroklimaticheskie i vodnye resursy Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agro-climatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. –Tashkent: «VORIS-NASHRIYOT», 2007-132s. (in Russian)

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

УДК 551.510:551:577

## ТОШКЕНТ ШАҲРИ АТМОСФЕРА ЁҒИНЛАРИ ТАРКИБИДАГИ СТАБИЛ ИЗОТОПЛАР

Б.Э. НИШОНОВ<sup>1\*</sup>, С.Р. ИСАБЕКОВ<sup>1</sup>, Ғ.У. УМИРЗАКОВ<sup>1</sup>,  
Л.А. САИДМАХМУДОВА<sup>1</sup>, М.Н. НУРМАТОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, bnishonov@mail.ru, s.isabekov5858@gmail.com

**Аннотация.** Мақолада Тошкент шаҳридаги Тошкент-Обсерватория метеорология станциясида 2022-2023 йилларда атмосфера ёгинлари таркибидаги дейтерий ( $^2\text{H}$ ) ва кислород-18 ( $^{18}\text{O}$ ) стабил изотоплари миқдорларини тизимли ўрганиш натижалари келтирилган. Тадқиқот даврида атмосфера ёгинлари таркибидаги  $\delta^2\text{H}$  қийматлари  $+16,41 \div -122,73\%$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  қийматлари  $+1,95 \div -16,34\%$  оралиқда бўлганлиги аниқланди, максимал қийматлар 2022 йил апрелда, минимал қийматлар 2022 йил январда кузатилган. Тошкент шаҳридаги ёгинлар учун маҳаллий метеорик сув чизиги тенграмаси ( $\delta^2\text{H}=7,33 \cdot \delta^{18}\text{O}+5,27$ ) олинди. Тошкент-Обсерватория метеостанцияси Атом энергияси бўйича халқаро агентлик ва Жаҳон метеорология ташиқлотининг Ёгинлардаги изотоплар глобал тармоғи (ЕИГТ) станциялари рўйхатида киритилди. Тадқиқот натижалари Ўзбекистонда атмосфера оқимларининг ҳаракати, сув ресурсларининг шаклланиши ҳамда стабил изотоплар билан боғлиқ бошқа тадқиқотлар учун зарур манба бўлиб хизмат қилади.

**Калит сўзлар:** атмосфера ёгинлари, стабил изотоплар, изотоп гидрологияси, маҳаллий метеорик сув чизиги, дейтерий,  $\delta^2\text{H}$ , кислород-18,  $\delta^{18}\text{O}$ , Тошкент.

**Кириш.** Атмосфера ёгинлари ҳамда умумий сув ресурсларининг миқдор ва сифат жиҳатдан янада яхшироқ баҳолашда изотоплар гидрологияси усулларидадан фойдаланиш катта имкониятлар беради (IAEA, 1981; Clark, Fritz, 1997; Ферронский, Павлов, 2009). Изотоплар гидрологиясида ҳам стабил (радиоактив бўлмаган), ҳам стабил бўлмаган (радиоактив) изотоплардан фойдаланилади. Дунё миқёсида табиий стабил изотоплардан индикатор сифатида гидрологик циклни ўрганишда, ер усти ва ер ости сувларининг тўйиниш манбаларини аниқлашда, дарёлар оқимларига турли тўйиниш манбаларининг ҳиссасини баҳолашда, уларнинг ифлосланиш манбаларини аниқлашда ва иқлим ўзгаришининг сув ресурсларига таъсирини баҳолашда фойдаланилади (IAEA, 1981; Kendall, McDonnell, 1998; Galewsky et.al., 2016; Ферронский, Павлов, 2009). Ушбу соҳадаги илғор тажрибаларни амалиётда қўллаш, сув ресурслари ва уларнинг ифлосланишини самарали мониторинг қилишга имкон беради.

Ёгинлардаги стабил изотопларни ўрганиш Ер сайёрасидаги сувнинг глобал айланишини ўрганишда муҳим восита ҳисобланади. Сувнинг глобал айланишида буғланиш ва конденсатланиш ҳисобига кислород ва водороднинг стабил изотоплари миқдори қисман ўзгаради. Бу концентрацияларни ўлчаш орқали сайёранинг турли қобикларида сувнинг циркуляцияси муддати ҳақида маълумот олиш ва сувнинг ҳаракатини кузатиш мумкин. Атмосфера ёгинларининг изотоп таркиби билан жойнинг географик узунлиги, географик

\* Масъул муаллиф: bnishonov@mail.ru, тел.: +998 97 197-03-95

кенглик, океанлардан узоқлик, денгиз сатҳидан баландлик орасидаги боғлиқлик мавжуд. Тоғли худудларда стабил изотоплардан фойдаланиб, дарёларнинг тўйиниш манбалари баландлиги ва ер ости сувларининг тўйиниш мавсумларини аниқлаш мумкин (IAEA, 1981; Ферронский, Павлов, 2009)

Атмосфера ёгинлари стабил изотоплар таркиби асосан  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  изотоплари таҳлили асосида ўрганилади. Табиатда водород ва кислороднинг стабил изотопларининг микдорлари турлича:  $^1\text{H}$  – 99,984 %,  $^2\text{H}$  (D) – 0,0156 %;  $^{16}\text{O}$  – 99,76 %,  $^{17}\text{O}$  – 0,04 %,  $^{18}\text{O}$  – 0,20% (IAEA, 1981).

1961 йилда Атом энергияси бўйича халқаро агентлиги (АЭХА) ва Жаҳон метеорология ташкилоти (ЖМТ) ўзаро ҳамкорликда Ёгинлардаги изотоплар глобал тармоғи (ЁИГТ)ни ташкил этди (GNIP). Мазкур тармоқнинг мақсади глобал миқёсда ёгинлардаги изотоплар қийматлари ҳақидаги маълумотларни йиғиш, уларнинг вақт бўйича ва худудий ўзгаришларини ҳамда глобал сув айланишини тадқиқ этиш ҳисобланади. Ҳозирги вақтда ЁИГТ нинг дунё бўйлаб 100 дан зиёд давлатда 1200 дан ортиқ станциялари мавжуд (GNIP). Ёгинлардан олинган намуналар АЭХАнинг Изотоплар гидрологияси лабораториясида ҳамда дунёнинг турли қисмларидаги махсус лабораторияларда таҳлил қилинади.

АЭХАнинг маълумотлар базасида Тошкентда кузатилган атмосфера ёгинларидаги стабил изотоплар қийматлари ҳақида фақатгина 1971 йил учун маълумотлар мавжуд (GNIP), ундан сўнг Тошкент шаҳридаги ёгинлардаги стабил изотоплар қийматлари ўрганилмаган.

Ушбу **тадқиқотнинг мақсади** Тошкент шаҳрида атмосфера ёгинлари таркибидаги стабил изотоплар қийматларини йиллар давомида ва йил ичидаги ўзгариш хусусиятларини ўрганишдан иборат. Тадқиқотнинг **объекти** Тошкент шаҳрида жойлашган Тошкент-Обсерватория метеостанциясида кузатилган атмосфера ёгинлари, тадқиқот **предмети** эса атмосфера ёгинларининг стабил изотоплар таркиби ҳисобланади.

Тошкент шаҳри 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 бўлиб, шаҳар худудининг денгиз сатҳидан ўртача мутлақ баландлиги 447,5 м га, энг баланд нуқтаси 515 м га, энг паст нуқтаси 380 м га тенг тенг (Тошкент, 2009).

**Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари.** Тадқиқот ишида 2022-2023 йилларда Тошкент-Обсерватория метеостанциясида тўпланган ойлик атмосфера ёгинлари намуналари ва уларнинг махсус изотоп гидрологияси лабораторияларида аниқланган стабил изотоп таркиби тўғрисидаги маълумотлардан фойдаланилди.

Тошкент-Обсерватория метеостанциясида 2022-2023 йилларда Третьяков ёгин йиғичи ёрдамида кунлик атмосфера ёгинларидан намуналар олинди ва улар кимёвий таркибини аниқлаш учун ойлик намуналар сифатида йиғилди. Гидрометеорология илмий-тадқиқоти институти (ГМИТИ) Ер усти сувлари сифатининг тадқиқоти лабораторияси томонидан бажарилаётган амалий лойиҳа ҳамда АЭХАнинг техник кўмаги лойиҳаси доирасида АЭХА ва ЖМТнинг Ёгинлардаги изотоплар глобал тармоғи (GNIP) дастури бўйича Тошкент-Обсерватория метеостанциясига махсус PALMEX атмосфера ёгинларини йиғич (Rain sampler RS-1C) ўрнатилди (1-расм) ва 2023 йил октябридан атмосфера ёгинларининг ойлик намуналарини йиғиш бошланди.

Атмосфера ёгинларидан 2022 йилда йиғилган намуналар Словакия Республикаси Геология хизмати лабораториясида, 2023 йилги намуналар эса АЭХАнинг Стабил изотоплар лабораториясида лазер спектроскопияси усулида юқоридаги лойиҳалар доирасида таҳлил қилинди.

Олинган маълумотлар асосида Тошкент шаҳридаги атмосфера ёгинлари учун маҳаллий метеорик сув чизиғи (ММСЧ - Local Meteoric Water Line - LMWL) чизилди.



**1-расм. Тошкент-Обсерватория метеорология станциясига ўрнатилган PALMEX ёгин йиғгичи**

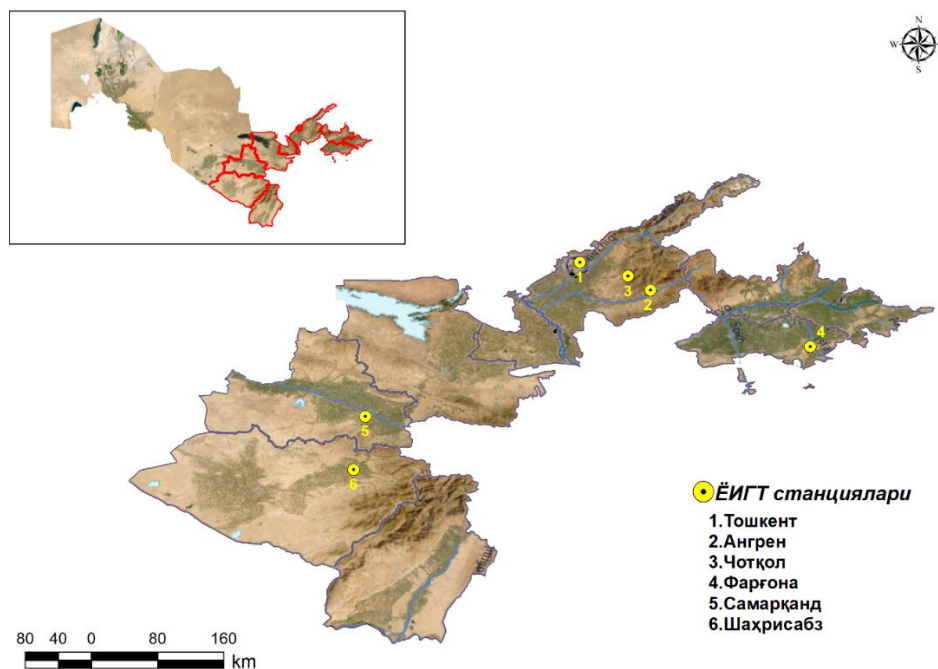
**Рис. 1. Осадкомер PALMEX, установленный на метеорологической станции Ташкент-Обсерватория**

**Fig. 1. PALMEX precipitation sampler installed at the Tashkent Observatory meteorological station**

**Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** Юқорида келтирилганидек, ЁИГТнинг бутун дунёда намуна олиш станциялари мавжуд, аммо шу вақтгача Ўзбекистонда ЁИГТга кирувчи станциялар йўқ эди. Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти Ер усти сувлари сифатининг тадқиқоти лабораториясида амалга оширилаётган лойиҳа ҳамда АЭХАнинг техник кўмаги лойиҳаси доирасида Ўзбекистондаги 6 та метеорология станциялари ЁИГТ тармоғига қўшилди (2-расм). Тошкент-Обсерватория станцияси шу станцияларнинг бири ҳисобланади.

Тошкент шаҳри қурғоқчил ҳудудда жойлашганлиги сабабли, йиллик ёгинлар миқдори юқори эмас, атмосфера ёгинларининг йиллик ўртача миқдори 423,4 мм га тенг. Тарихий кузатиш маълумотларига кўра, Тошкент шаҳрида 1969 йилда 802,5 мм, 1916 йилда 206,2 мм ёгин ёққан. Атмосфера ёгинлари миқдори йил давомида ҳам нотекис тақсимланган. Йиллик ёгинларнинг асосий қисми (305 мм) йилнинг совуқ мавсумига (октябрь-март), чорак қисми (119,4 мм) эса йилнинг иссиқ мавсумига (апрель-сентябрь) тўғри келади. Йиллик ёгиннинг 41% дан ортиқроғи баҳорда, қолган қисми эса қишда (36%), кузда (18%) ва ёзда (5%) ёғади. Тошкентда атмосфера ёгинларининг катта қисми (66%) ёмғир тарзида, 11% қор тарзида ва 23% қор-ёмғир аралаш ҳолда тушади [Тошкент, 2009].

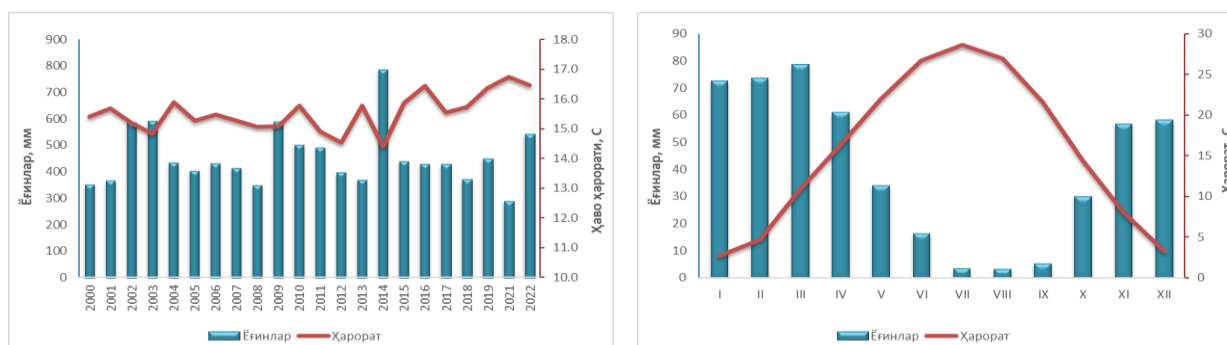
Тошкент шаҳри ҳудудида 2000-2022 йиллар давомида атмосфера ёгинларининг йиллик максимал миқдори 2014 йилда (784,0 мм), минимал миқдори 2021 йилда (287,7 мм) кузатилиб, кўп йиллик ёгинлар умумий миқдори деярли ўзгаришсиз бўлган [Исабеков ва бошқ., 2023]. Ойлик максимал миқдор 2014 йил январь ойида (447,7 мм) кузатилган, турли йилларда июнь, июль, август ойларида ёгинлар умуман кузатилмаган (3-расм). Шунингдек, ойлик ёгинлар миқдори ва ўртача ойлик ҳаво ҳарорати орасида тескари боғлиқлик кузатилади (4-расм).



2-расм. Ўзбекистонда ташкил этилган ЁИГТ станцияларининг жойлашуви

Рис. 2. Расположение станций ГСИО, организованных в Узбекистане

Fig. 2. Location of GNIP stations in Uzbekistan



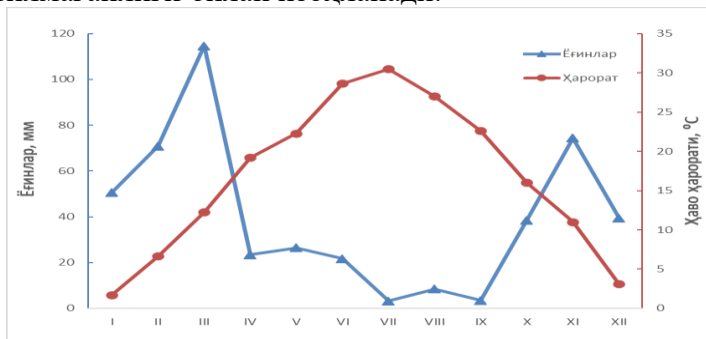
3-расм. Тошкент шаҳрида атмосфера ёғинлари миқдорининг кўп йиллик ўзгаришлари (2000-2022 йй.)

Рис. 3. Многолетние изменения количество атмосферных осадков в г. Ташкент (2000-2022 гг.)

Fig. 3. Long-term changes in precipitation amount in Tashkent (2000-2022)

Тошкент шаҳрида 2022-2023 йиллардаги атмосфера ёғинлари таркибидаги  $\delta^{18}\text{O}$  ва  $\delta^2\text{H}$  қийматларининг йил давомида ўзгаришлари 5-расмда келтирилган. Таҳлилларга кўра, Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари таркибидаги  $\delta^2\text{H}$  нинг қийматлари  $+16,41\div-122,73\%$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  нинг қийматлари эса  $+1,95\div-6,34\%$  оралиқда эканлиги аниқланди. Тошкент шаҳрида атмосфера ёғинларида стабил изотоплар қийматлари йилнинг иссиқ мавсумида мусбат қийматларда, йилнинг совуқ мавсумида манфий қийматларда кузатилган. Атмосфера ёғинлари таркибида кузатилган изотоп қийматларининг минимал кўрсаткичи ( $\delta^2\text{H}=-122,73\%$  ва  $\delta^{18}\text{O}=-16,34\%$ ) 2022 йил январь ойига тўғри келган.

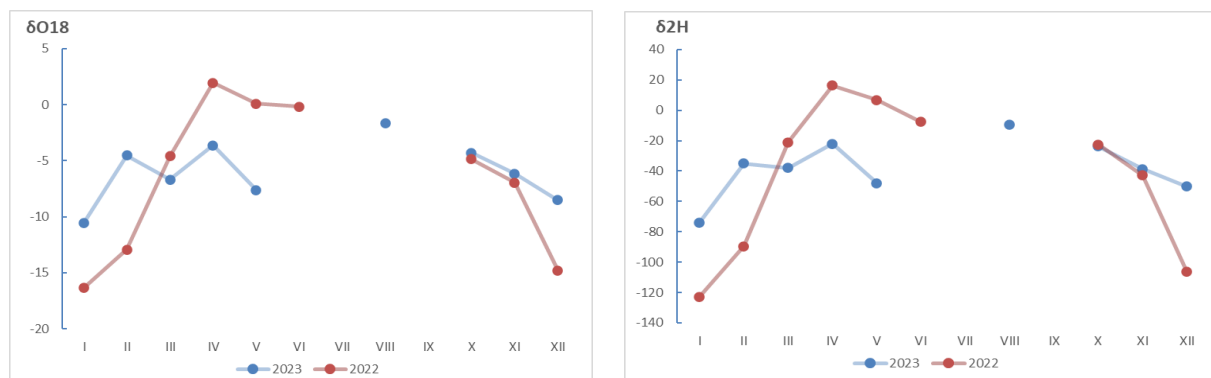
Атмосфера ёгинлари изотопларининг максимал қийматлари нафақат ёз ойларида, балки апрель, май ойларида ҳам юқори бўлганлиги аниқланди. Жумладан, 2022 йил апрель ойида  $\delta^{2}\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  бўйича максимал қийматлар кузатилган (мос равишда +16,41 ‰ ва +1,95‰). Тадқиқот йилларининг айрим ойларда маълумотларнинг йўқлиги ушбу ойларда ёгингарчилик кузатилмаганлиги билан изоҳланади.



4-расм. Тошкент шаҳрида ўртача ойлик атмосфера ёгинлар миқдори ва ўртача ойлик ҳаво ҳарорати (2022-2023 йй.)

Рис. 4. Среднемесячные осадки и среднемесячная температура воздуха в г. Ташкент (2022-2023 гг.)

Fig. 4. Monthly mean precipitation and monthly mean air temperature in Tashkent (2022-2023)



5-расм. Тошкент шаҳрида атмосфера ёгинларидаги  $\delta^{18}\text{O}$  ва  $\delta^{2}\text{H}$  изотоп қийматлари (2022-2023 йй.)

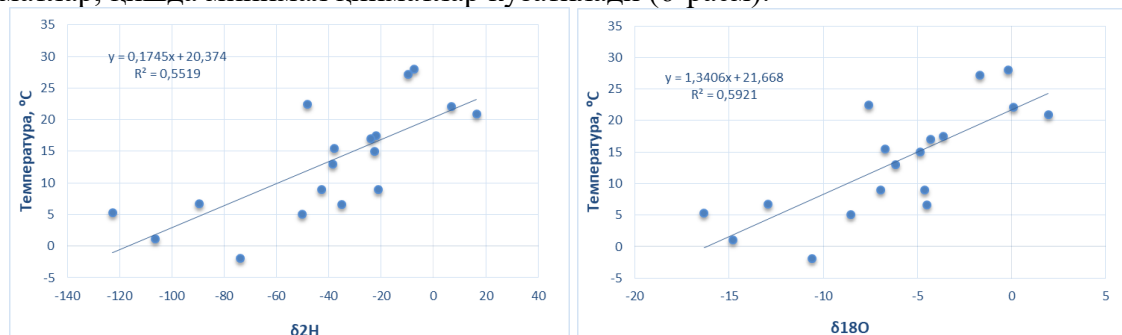
Рис. 5. Значения  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^{2}\text{H}$  в атмосферных осадках г. Ташкент (2022-2023 гг.)

Fig. 5.  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{2}\text{H}$  values in precipitation in Tashkent (2022-2023)

Атмосфера ёгинларининг изотоп таркиби, хусусан, кислород ва водороднинг оғир ва енгил изотопларининг нисбати "фракцияланиш" деб номланувчи ҳодиса туфайли фаёлларга қараб ўзгариб туради. Бу жараён қиш ва ёз ўртасидаги фаза ўзгаришлари ва атмосфера шароитларининг фарқлари натижасида юзага келади. Қиш мавсумида совуқроқ ҳарорат ёгинларда енгил изотоплар миқдорларининг юқори бўлишига олиб келади. Аксинча, ёзда иссиқроқ ҳарорат буғланишнинг, айниқса қуруқлик устида, кучайишига олиб келади. Бу буғланиш енгил изотоплар билан бир қаторда оғир изотопларни ҳам буғлатади ва атмосферага кўчган намликда оғир изотопларнинг миқдори нисбатан юқори бўлади. Бу ҳолат буғ конденсацияланганда ва ёгингарчилик сифатида тушганда ҳосил

бўлган сувда оғир изотопларнинг миқдори юқори бўлишига олиб келади [Ферронский, Павлов, 2009].

Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинларидаги водород ва кислород изотоплари миқдорларининг ҳаво ҳароратига боғлиқ мавсумий ўзгаришлари – ёзда максимал қийматлар, қишда минимал қийматлар кузатилади (6-расм).



6-расм. Тошкент шаҳридаги ойлик ўртача ҳаво ҳарорати ва атмосфера ёғинларидаги  $\delta^{18}\text{O}$  ва  $\delta^2\text{H}$  қийматлари орасидаги боғлиқлик (2022-2023 йй.)

Рис. 6. Взаимосвязь между среднемесячной температурой воздуха и значениями  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^2\text{H}$  в атмосферных осадках г. Ташкент (2022-2023 гг.)

Fig. 6. Relationship between monthly mean air temperature and  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^2\text{H}$  values in precipitation in Tashkent (2022-2023)

Сувдаги водород ва кислород изотопларини аниқлашда Стандарт ўртача океан суви (SMOW-Standard Mean Ocean Water) стандарт сифатида ишлатилган. SMOW стандарти 1961 йилда Harmon Craig томонидан ишлаб чиқилган [Craig, 1961]. Атмосфера ёғинлари ва табиий сувларда дейтерий ( $^2\text{H}$ ) ва  $^{18}\text{O}$  ўлчовларини ўзаро мувофиқлаштиришни яхшилаш учун АЭХА томонидан 1966 йилда чақилган Кенгаш йиғилиши тавсиясига биноан 1968 йилдан бери иккита сув стандартини жорий қилинган, булар V-SMOW (Ўртача океан суви учун Вена стандарти) ва SLAP (Енги Антарктика ёғинлари учун стандарт). Ҳозирги кунда АЭХАнинг GNIP тармоқларида V-SMOW стандартидан фойдаланиб келинмоқда (Gonfiantini, 1978).

Дунёда изотоп маълумотларини интерпретациялаш учун глобал метеор сув чизиғи (ГМСЧ, Global Meteoric Water Line - GMWL) ёки Крейг чизиғидан фойдаланилади, у атмосфера ёғинлари ёки сув таркибидаги  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  қийматлари орасидаги  $\delta^2\text{H}=f(\delta^{18}\text{O})$  боғлиқлик графиги орқали ифодаланади (Craig, 1961). SMOW учун унинг кўриниши куйидагича:

$$\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10\text{‰}$$

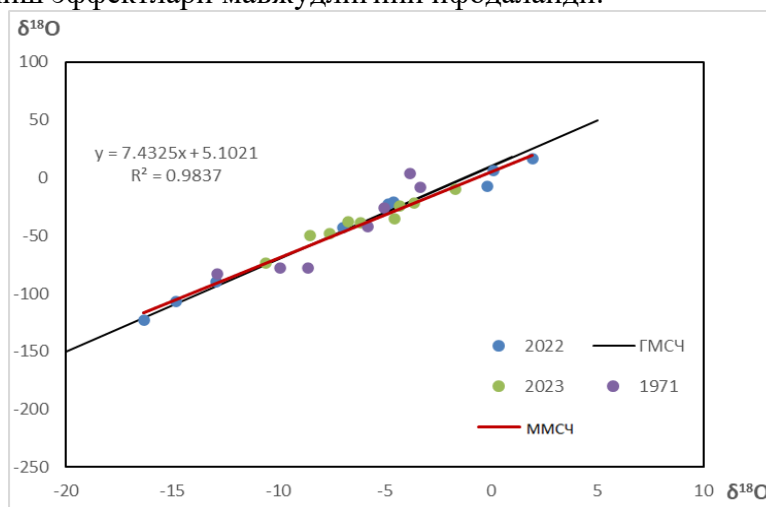
Тошкент-Обсерватория метеорология станциясида кузатишган атмосфера ёғинларининг аниқланган сув изотоплари -  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  қийматларининг ўзаро боғлиқлиги таҳлил қилинди (7-расм). Бунда 2022-2023 йиллардаги маълумотлардан, шунингдек, 1971 йил маълумотларидан ҳам фойдаланилди.

Тошкент-Обсерватория метеорология станциясида ёғинлар учун Маҳаллий метеоро сув чизиғи (ММСЧ) тенгламаси стандарт ўртача океан суви (SMOW) учун олинган тенгламадан фарқ қилади ва бу қурғокчил ҳудудлар учун хос:

$$\delta^2\text{H} = 7,33 \cdot \delta^{18}\text{O} + 5,27\text{‰}$$

ММСЧ тенгламасининг оғиш коэффициенти 7,33 қийматини ташкил этиб, ГМСЧ тенгламасининг оғиш коэффициентида кичик қийматни ташкил этади. Тенглама қийматларига ҳаво ҳарорати, намлик ва баландлик каби омиллар ҳам таъсир қилиши

мумкин. Маҳаллий метеорик сув чизигининг Глобал метеорик сув чизигидан оғиши маҳаллий буғланиш эффектлари мавжудлигини ифодалайди.



7-расм. Тошкент-Обсерватория метеостанциясида атмосфера ёғинларидаги  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  қийматларининг ўзаро боғлиқлиги (ММСЧ)

Рис. 7. Взаимосвязь значений  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^2\text{H}$  в атмосферных осадках г. Ташкент (ЛМЛВ)

Fig. 7. Correlation of  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^2\text{H}$  values in precipitation in Tashkent city (LMWL)

Маҳаллий метеорик сув чизигининг глобал метеорик сув чизигига нисбатан жойлашуви таҳлили Тошкентдаги ёғинларнинг стабил изотоп таркиби ҳақида қимматли маълумотлар беради.  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  ўртасидаги кучли корреляция маҳаллий иқлим омиллари таъсирида изчил изотопик давомийликни кўрсатади. Ушбу маълумот минтақадаги гидрологик цикли тушуниш учун жуда муҳим ва сув ресурсларини бошқариш ҳамда иқлимий тадқиқотларда қўлланилиши мумкин.

#### Хулоса.

1. Ўзбекистонда атмосфера ёғинларидаги стабил изотопларнинг  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  қийматларини аниқлаш бўйича 2022-2023 йилларда Тошкент-Обсерватория метеостанциясида биринчи марта тизимли тадқиқотлар ўтказилди.

2. Тадқиқотга кўра, 2022-2023 йилларда Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари таркибида  $\delta^2\text{H}$  нинг қийматлари  $+16,41 \div -122,73\%$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  изотопларининг қийматлари эса  $+1,95 \div -16,34\%$  оралиқда эканлиги аниқланди. Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинларидаги водород ва кислород изотоплари миқдорларининг мавсумий ўзгаришлари – ёзда максимал қийматлар, қишда минимал қийматлар кузатилади.

3. Олинган маълумотлар асосида Тошкент-Обсерватория метеостанциясидаги ёғинлар учун маҳаллий метеорик сув чизиги тенгламаси ( $\delta^2\text{H}=7,33 \cdot \delta^{18}\text{O}+5,27$ ) олинди, бу тенглама қийматлари қурғоқчил ҳудудлар учун хос бўлиб, стандарт ўртача океан суви (SMOW) учун олинган тенгламадан ( $\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O}+10\%$ ) фарқ қилади.

4. Тошкент-Обсерватория метеостанцияси Атом энергияси бўйича халқаро агентлик ва Жаҳон метеорология ташкилотининг Ёғинлардаги изотоплар глобал тармоғи (ЁИГТ) станциялари қаторига киритилди.

5. Тадқиқот натижалари Ўзбекистонда атмосфера оқимларининг ҳаракати, сув ресурсларининг шаклланиши ҳамда стабил изотоплар билан боғлиқ бошқа тадқиқотлар учун манба бўлиб хизмат қилади.

**Миннатдорлик.** Мазкур тадқиқот ИЗ-2020113030 “Ўзбекистонда стабил изотоплардан фойдаланиб сув ресурслари ва уларнинг ифлосланишини мониторинг

килиш бўйича дастурий маҳсулот яратиш” мавзусидаги амалий лойиҳа ва АЭХАнинг UZB 26411 “Determination of spatial and temporal variations of  $\delta^2\text{H}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  isotopes of precipitation and rivers in Uzbekistan” лойиҳаси доирасида бажарилди.

**Муаллифлар хиссаси.** **Б.Э.Нишонов:** мақола ғояси, методология, раҳбарлик, тадқиқотларни ташкиллаштириш, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **С.Р.Исабеков:** маълумотларни тўплаш, тадқиқотларни бажариш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили, мақолани расмийлаштириш. **Ғ.Ў.Умирзақов:** мақола ғоясини қўллаш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили. **Л.А. Саидмахмудова:** маълумотларни тўплаш, ҳисоблашларни бажариш. **М.Н.Нурматов:** маълумотларни тўплаш, тадқиқотларда иштирок этиш. Мақола муаллифлари қўлёзманинг нашрга тавсия этилган матни билан танишдилар ва ўз розилиklarини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

*Исабеков С.Р., Нишонов Б.Э., Саидмахмудова Л.А.* Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари миқдори ва кимёвий таркибининг кўп йиллик ўзгаришлари // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. – 2023. – № 2. – Б.88-96.

Тошкент. Энциклопедия. – Тошкент: Ўзбекистон миллий энциклопедияси, Давлат илмий нашриёти. – 2009. – 784 б.

*Ферронский В.И., Поляков В.А.* Изотопия гидросферы Земли. М.: Научный мир. – 2009. – 632 с.

*Clarc I.D., Fritz P.* Environmentak Isotopes in Hydrology. – CRC Press. – 1997. – 328 p.

*Craig H.* Isotopic variations in meteoric water // Science. – 1961.– 133. – P.1702–1703.

*Galewsky J., Steen-Larsen H.C., Field R.D., Worden J., Risi C., Schneider M.* Stable isotopes in atmospheric water vapor and applications to the hydrologic cycle // Rev. Geophys. – 2016. – 54. – PP. 809–865. doi:10.1002/2015RG000512.

Global Network of Isotopes in Precipitation (GNIP).  
[http://www.naweb.iaea.org/napc/ih/IHS\\_resources\\_gnip.html](http://www.naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html)

*Gonfiantini R.* Standards for stable isotope measurements in natural compounds. // Nature. - Vol. 271. – PP. 534-536.

IAEA TRS-210. Stable Isotope. Hydrology. Deuterium and oxygen-18 in water cycle. Vienna: IAEA. – 1981. – 439 p.

*Kendall, C., McDonnell, J.* Isotope Tracers in Catchment Hydrology. Elsevier. – 1998. – 839 p.

## СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ ГОРОДА ТАШКЕНТ

**Б.Э. НИШОНОВ, С.Р. ИСАБЕКОВ, Г.У.УМИРЗАКОВ,  
Л.А. САИДМАХМУДОВА, М.Н.НУРМАТОВ**

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования содержания стабильных изотопов дейтерия ( $^2\text{H}$ ) и кислорода-18 ( $^{18}\text{O}$ ) в атмосферных осадках в 2022-2023 гг. на метеорологической станции Ташкент-Обсерватория в г. Ташкент. Выявлено, что за период исследования в атмосферных осадках значения  $\delta^2\text{H}$  были в пределах  $+16,41\div-122,73\%$ , а значения  $\delta^{18}\text{O}$   $+1,95\div-16,34\%$ , максимальные значения наблюдались в апреле 2022 г., минимальные значения - в январе 2022г. Получена локальная линия метеорных вод ( $\delta^2\text{H}=7,33\cdot\delta^{18}\text{O}+5,27\%$ ) для атмосферных осадков в г. Ташкент. Метеорологическая станция Ташкент-Обсерватория включена в список станций Глобальной сети изотопов в осадках (ГСИО) Международного агентства по атомной энергетике и Всемирной метеорологической организации. Результаты исследования могут служить источником для исследований, связанных с перемещениями атмосферных потоков, формирования водных ресурсов и стабильных изотопов.

**Ключевые слова:** атмосферные осадки, стабильные изотопы, изотопная гидрология, локальная линия меторных вод, дейтерий,  $\delta^2H$ , кислород-18,  $\delta^{18}O$ , Ташкент.

## STABLE ISOTOPES IN ATMOSPHERIC PRECIPITATION OF TASHKENT CITY

**B.E. NISHONOV, S.R. ISABEKOV, G.U. UMIRZAKOV,  
L.A. SAIDMAKHMUDOVA, M.N. NURMATOV**

Hydrometeorological Research Institute

**Abstract.** The article presents the findings of a study of the of deuterium ( $^2H$ ) and oxygen- 18 ( $^{18}O$ ) stable isotopes in atmospheric precipitation collected during 2022-2023 at the meteorological station Tashkent-Observatory in Tashkent city. It was revealed that during the study period the values of  $\delta^2H$  in precipitation were within the range of  $+16.41\div-122.73\%$ , and the values  $\delta^{18}O$  were between  $+1.95\div-16.34\%$ , the maximum values were observed in April 2022, the minimum values - in January 2022. A local meteoric water line (LMWL) for Tashkent was established as  $\delta^2H = 7.33 \cdot \delta^{18}O + 5.27\%$ , reflecting regional precipitation characteristics. The Tashkent-Observatory meteorological station is part of the Global Network of Isotopes in Precipitation (GNIP), a collaborative effort between the International Atomic Energy Agency and the World Meteorological Organization. These results provide valuable insights for understanding atmospheric circulation, water resources formation, and role of stable isotopes in hydrological processes.

**Keywords:** precipitation, stable isotopes, isotope hydrology, local meteoric water line, deuterium,  $\delta^2H$ , oxygen-18,  $\delta^{18}O$ , Tashkent city.

## REFERENCES

Isabekov S.R., Nishonov B.E., Saidmakhmudova L.A. Toshkent shahridagi atmosfera yoginlari mikdori va kimyoviy tarkibining kop yillik ozgarishlari [Long-term changes in the quantity and chemical composition of atmospheric precipitation in the Tashkent city] // Hydrometeorology and Environmental Monitoring. – 2023. – No. 2 – PP. 88-96. (in Uzbek)

Toshkent. Ensiklopediya [Tashkent. Encyclopedia]. – Toshkent: Ozbekiston milliy ensiklopediyasi, Davlat ilmiy nashriyoti, 2009. – 784 b. (in Uzbek)

Ferronskiy V.I., Polyakov V.A. Izotopiya gidrosferi Zemli [Isotopy of Earth's hydrosphere]. Moscow: Nauchniy mir. – 2009. – 632 p. (in Russian)

УДК: 502.3

## CURRENT ISSUES IN AIR PROTECTION AND GREENING OF TERRITORIES FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION IN UZBEKISTAN

**B. ALIKHANOV<sup>1</sup>, J. KAZBEKOV<sup>2</sup>, B. KHOLKHUJAEV<sup>2</sup>,  
E. OMONOV<sup>1</sup>, T. SABITOV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Senate of the Republic of Uzbekistan

<sup>2</sup> Ministry of Ecology, Environmental Protection, and Climate Change

**Abstract.** The article discusses critical issues related to air quality protection and the greening of territories in the context of mitigating climate change in Uzbekistan. The paper highlights the increasing impact of climate change on key sectors, including public health, biodiversity, and economic development. It addresses both natural and anthropogenic contributors to air pollution, including

*emissions from vehicles and industrial enterprises. The article reviews national initiatives such as the transition to a green economy, renewable energy development, and tree planting programs aimed at climate adaptation and mitigation. The importance of international cooperation, policy reforms, and economic mechanisms to reduce greenhouse gas emissions is emphasized. Furthermore, the article outlines challenges in air quality monitoring, the inefficiency of dust and gas purification systems, and the need for localized production of environmental technologies. The study also covers Uzbekistan's strategic goals of reducing greenhouse gas emissions by 2030, alongside efforts to expand green spaces and address illegal deforestation.*

**Keywords:** *air quality protection, greening, climate change mitigation, Uzbekistan, greenhouse gas emissions, sustainable development, renewable energy, climate adaptation, international cooperation, environmental policy, industrial emissions, green economy.*

**Introduction.** As is well known, climate change negatively impacts all key aspects of sustainable development, posing a direct threat to public health, wildlife, flora, and the economic development of a country. In recent years, the adverse effects of climate change have intensified. In the Central Asian region, including Uzbekistan, the consequences of climate change are becoming increasingly evident.

The global climate change effects manifest through changes in the length of seasons, drastic shifts in precipitation patterns and landscape structures, worsening conditions for several sectors of the economy due to water shortages (for instance, in agriculture), increased water consumption and evaporation (including through higher plant transpiration) due to rising temperatures, and ecological migration driven by the unsuitability of certain areas for human habitation [Alikhanov et al., 2024; Alikhanov et al., 2021; Uzbekov et al., 2021]

In our republic, the intensity of climate change is observed to be twice the global average, with the number of hot days doubling, the area of glaciers shrinking by 32% [Petrov et al., 2017], dust and sandstorms becoming more frequent, atmospheric pollution increasing, biodiversity declining, and other factors worsening [Alikhanov et al., 2024].

In this context, under the framework of consistently and progressively implemented reforms, Uzbekistan has prioritized the transition to a "green economy," addressing climate change, mitigating its negative effects, protecting the atmosphere, and expanding green areas.

The President of the Republic of Uzbekistan, Shavkat Mirziyoyev, during prestigious international forums and from the high rostrum of the United Nations, has called on the global community with initiatives to prevent climate change and combat its adverse impacts, urging for joint and coordinated efforts [Mirziyoyev, 2024].

In particular, at the UN International Climate Change Conference (COP 28) held in the UAE, the proposals highlighted the importance of global climate adaptation, a fair transition to a low-carbon economy, and innovative approaches to environmental challenges, including the use of scientific advancements. The role of international cooperation in climate initiatives was emphasized, including the organization of conferences and the establishment of specialized centers and programs.

**First,** the country supports the swift agreement on the Global Framework for Climate Adaptation under the Paris Agreement and is developing an Adaptation Strategy within the platform of the Central Asian Climate Dialogue, highly appreciating the establishment of the "Loss and Damage" Fund.

**Second,** Uzbekistan advocates for a fair, transparent, and inclusive global transition to a low-carbon economy, considering the interests of developing countries, and suggests addressing this issue within the formats of the G7 and G20.

**Third,** the country aims to transform the Aral Sea region from an ecological crisis zone into an innovation zone and invites collaboration for the creation of an International Expo Hub for Climate Technologies.

**Fourth**, Uzbekistan calls for the wide application of scientific achievements in the fight against climate change and plans to organize a Climate Science Forum in Tashkent.

**Fifth**, the country plans to hold a conference on climate migration in 2024 in cooperation with the UN, proposes developing a "Green Employment" program with the International Labour Organization, establishing a Modeling Center, and organizing a Youth COP Conference.

Special attention was given to the First Samarkand International Forum, scheduled for March 2024 in Samarkand, themed "Central Asia in the Face of Global Climate Threats: Solidarity for Common Prosperity."

It is noteworthy that Uzbekistan organized a National Pavilion at this event for the first time, showcasing reforms, promising "green" projects, and legislative changes being implemented in the republic. This is particularly relevant in the context of global challenges, as climate change has a negative impact on the world economy.

According to the United Nations, over 40% of the global population is becoming increasingly vulnerable to climate changes. The World Bank forecasts that by 2050, nearly 216 million people could become "climate refugees" due to climate change. As a result of climate change and its consequences, the global economy could suffer losses of \$8 trillion in the next 30 years. By 2050, this could lead to a 3% reduction in global GDP (and an 11% reduction in Central Asia's GDP) [Pörtner et al., 2024].

Central Asia is particularly sensitive to the effects of climate change, and over the past 30 years, the temperature in the region has risen by 1.7 degrees, which is twice the global average.

Countries in the region have signed more than 25 UN environmental conventions and, by joining the Paris Agreement, have committed to reducing greenhouse gas emissions by 2030 (Uzbekistan by 35%, Kazakhstan by 15%, Kyrgyzstan by 14%, and Tajikistan by 10-20%).

In our country, climate change issues have been integrated into sectoral development strategies, as well as the National Sustainable Development Goals and Targets. Within the framework of the Paris Agreement (Paris, December 12, 2015), Uzbekistan took on additional obligations to reduce greenhouse gas emissions by 35% by 2030 compared to 2010 levels per unit of gross domestic product [Presidential Decree No. 436, 2024].

By 2030, the creation of 27 gigawatts of renewable energy capacity is planned, with the goal of increasing the share of renewable energy in the country's energy system to 40%. Practical steps have been taken towards the production of "green" hydrogen.

In addition, under the "Green Space" program, the planting of 1 billion trees is planned by 2026. Forests have already been established over an area of approximately 1.8 million hectares on the dried-up bed of the Aral Sea. Currently, "green belts" are being created around industrial enterprises of high and medium environmental risk [Presidential Decree No. 171, 2023; Presidential Order No. 199, 2023].

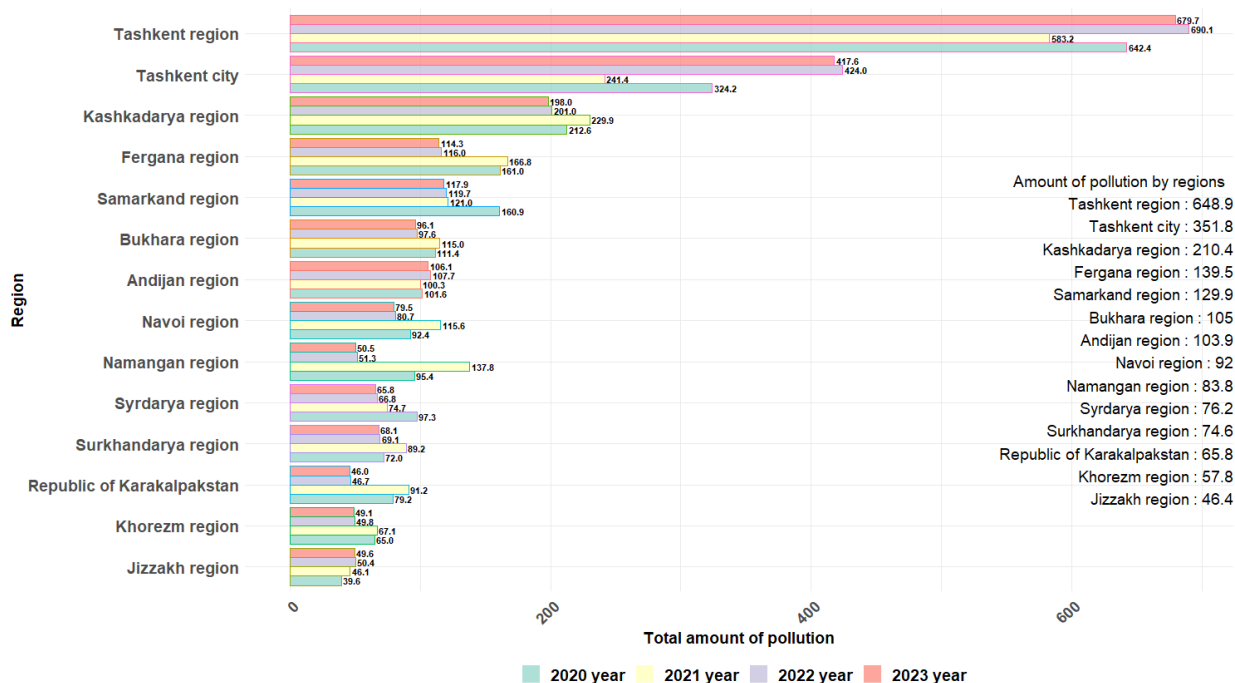
It is important to note that in recent years, the republic has maintained a relatively high level of atmospheric pollution emissions from stationary sources and vehicles (see Diagram 1).

The total volume of all atmospheric emissions in 2020 amounted to 2,255.0 thousand tons (including 1,330.7 thousand tons from vehicles and 924.4 thousand tons from industrial enterprises). In 2021, the total was 2,179.3 thousand tons (1,270.3 thousand tons from vehicles and 909.0 thousand tons from industrial enterprises), and in 2022, it was 2,170.9 thousand tons (1,296.9 thousand tons from vehicles and 874.0 thousand tons from industrial enterprises) (see Diagrams 2 and 3).

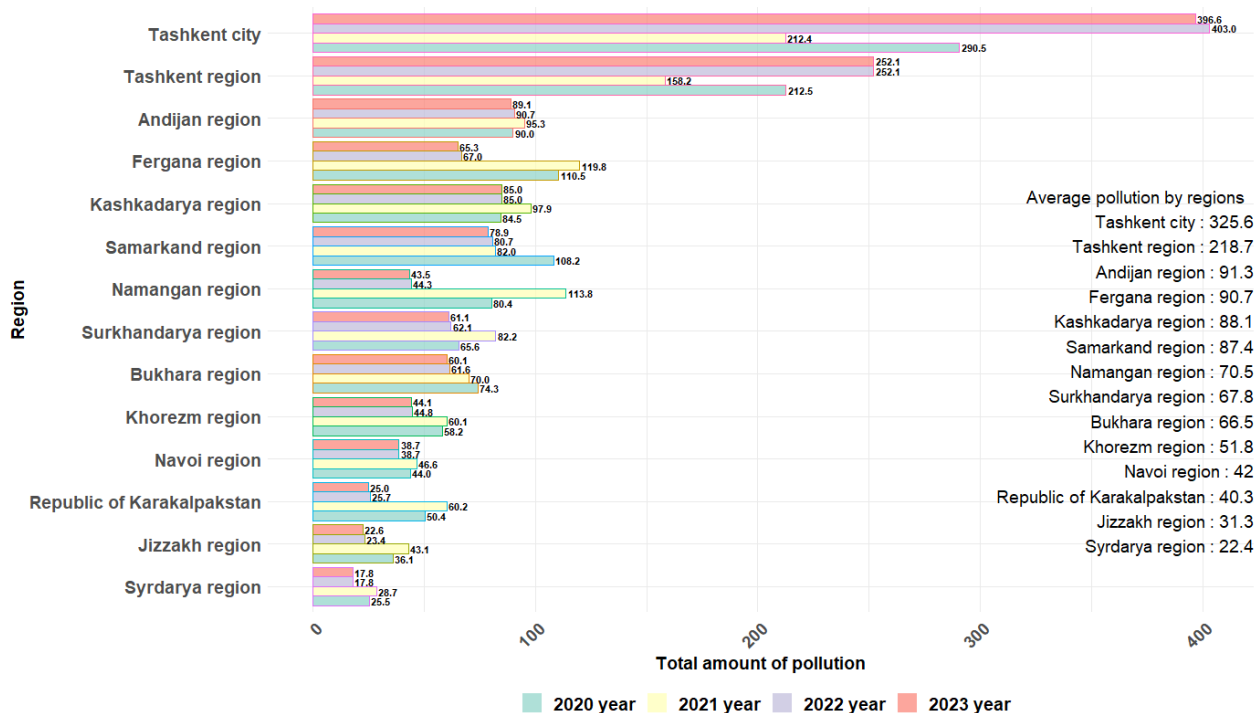
Of course, there are objective reasons for maintaining such high emission levels. These are related to the rapid growth of the national economy, the increase in the number of vehicles, and the fact that in recent years, our country has become a large construction site.

Indeed, most of the harmful emissions polluting the air are attributed to vehicles. In the city of Tashkent and the Tashkent region, the share of emissions from vehicles remains high. The

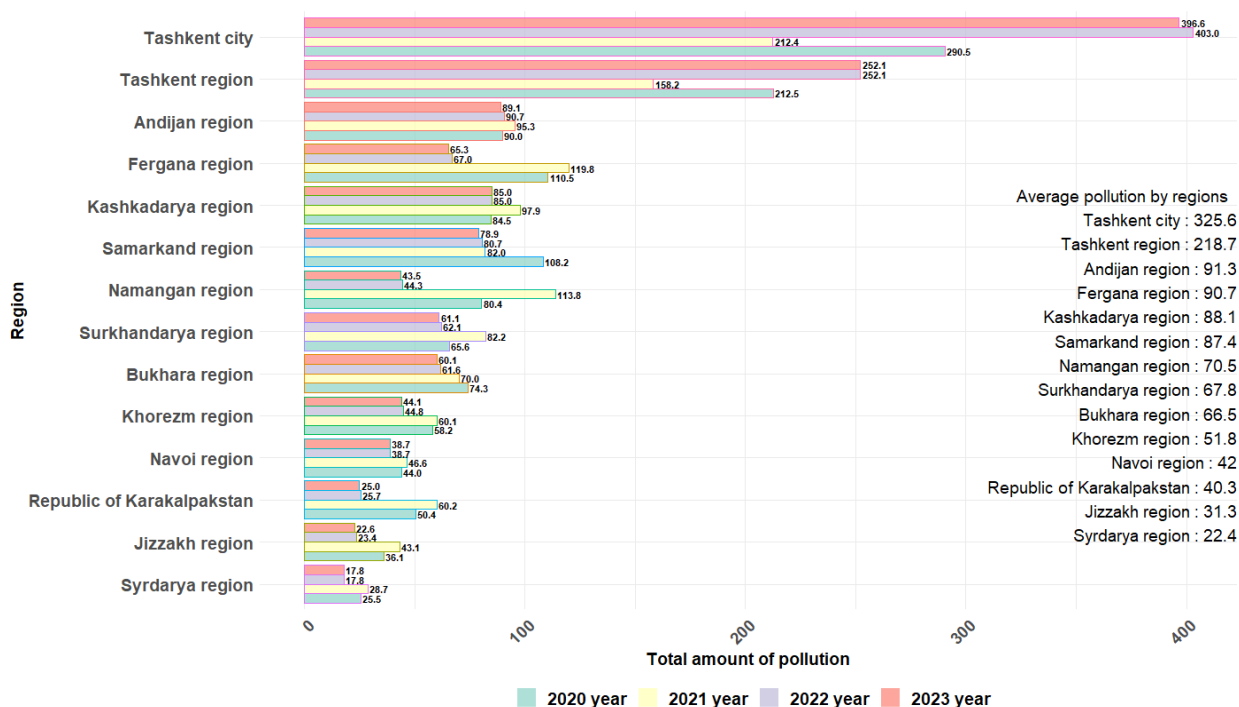
largest amount of harmful emissions from industrial enterprises is concentrated in the Tashkent region (438.0 thousand tons in 2022) and the Kashkadarya region (116.0 thousand tons in 2022). For 2023, the total emissions were 2,138.3 tons (1,279.9 thousand tons from vehicles and 858.4 thousand tons from industrial enterprises).



**Fig. 1. Dynamics of the total amount of pollutant emissions into the atmosphere (thousand tons)**



**Fig. 2. Dynamics of emissions of pollutants from vehicles into the atmosphere from 2020 to 2023 (thousand tons)**



**Fig. 3. Dynamics of pollutant emissions from stationary sources into the atmosphere from 2020 to 2023 (thousand tons)**

Air pollution in the republic is caused by both natural (dry climate, saline and sandy soils) and anthropogenic (transport, industrial, and construction emissions) factors. In large urban agglomerations, a combination of factors, including the lack of precipitation and wind, temperature inversions, contributes to the natural increase in air pollution levels. Poor air circulation, low-quality fuel, congested roads, active construction, and a lack of green spaces further exacerbate the situation. These aspects, along with meteorological conditions and human activities, result in significant atmospheric pollution in cities.

It should be noted that since January 1, 2022, the import of vehicles that do not meet the Euro-4 environmental standards with gasoline and diesel engines has been banned. To reduce the negative environmental impact of vehicles, customs duties and other mandatory payments for importing electric vehicles into the country have been abolished. The number of electric vehicles has increased sharply, and today there are more than 31,000 electric vehicles in the republic.

In the past two years, 3,148.2 km of railway lines have been electrified, replacing diesel locomotives with electric ones. It is noteworthy that considering the fuel consumption of diesel locomotives of the 2TE10M/2TE10V type, which ranges from 450 to 900 liters per hour, each train prevents the burning of up to 7.8 million liters of fuel annually, which in turn prevents the emission of thousands of tons of various pollutants into the atmosphere.

To ensure high-quality environmental monitoring, by the end of 2024, first-category economic entities, and by the end of 2025, second-category entities that affect the environment are required to install automatic monitoring stations to analyze emissions from priority stationary (organized) pollution sources and to equip their sanitary protection zones with stationary automatic observation posts.

In 2023, the Ministry of Ecology, Environmental Protection, and Climate Change conducted an inventory of economic entities classified as Category I and II, sending warning letters to 2,000 enterprises regarding the need to install automatic monitoring stations.

The number of analytes (pollutants) measured by analytical laboratories increased from 30 in 2020 to 33 in 2021, 38 in 2022, and 41 in 2023 (see Diagram 4). Of course, this is insufficient, given that hundreds of pollutants are emitted into the atmosphere.

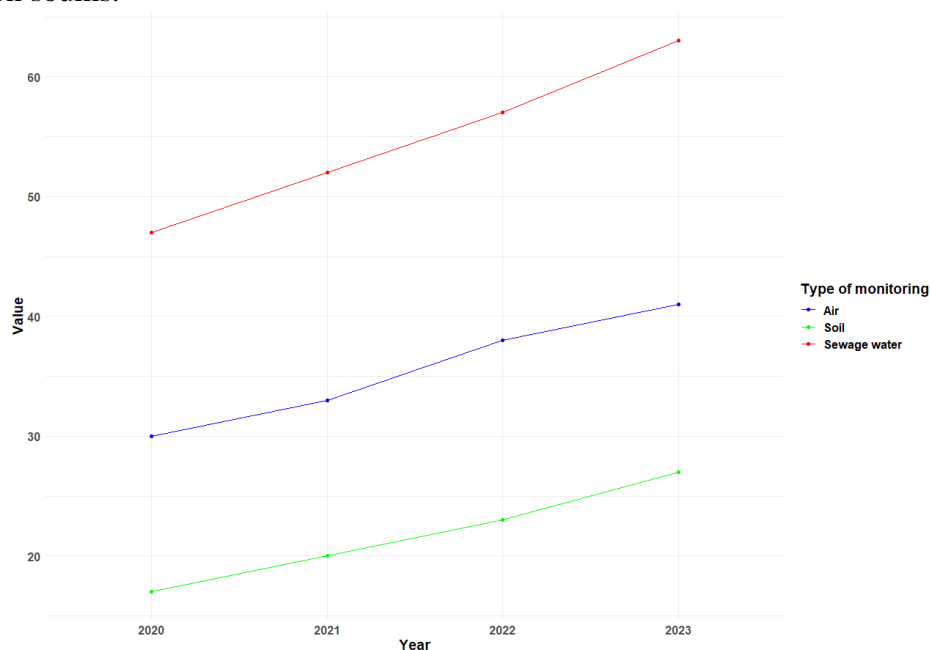
Air quality in cities is influenced by the complex interaction of natural and anthropogenic factors. Currently, Uzhydromet monitors background atmospheric pollution in 26 cities, including Almalyk, Angren, Andijan, Bekabad, Bukhara, Kagan, Gulistan, Kokand, Mubarek, Navoi, Namangan, Nukus, Samarkand, Sariosiyo, Tashkent, Ferghana, Chirchik, Denau, Termez, Urgench, Karshi, Nurafshan, Margilan, Kitob, and Shakhrisabz, where 74 stationary monitoring posts are located, including 16 automatic stations.

At stationary monitoring posts, samples are taken three times a day (at 7:00, 13:00, and 19:00), and online monitoring is conducted at automatic stations. In Tashkent, 13 air pollution monitoring posts are in operation. In 2022, two automated atmospheric air pollution monitoring stations were installed in Tashkent, and in 2023-2024, in cooperation with the International Public Foundation "Zamin," modern automated air pollution monitoring stations by Horiba were installed in Nukus, Urgench, Navoi, Samarkand, Bukhara, Karshi, Termez, Jizzakh, Gulistan, Andijan, Namangan, Ferghana, Nurafshan and Tashkent increasing their total number to 16.

Monitoring and control of major pollutants such as sulfur dioxide, carbon monoxide, nitrogen oxides and dioxides, as well as particulate matter (dust), are carried out across the republic. Depending on the specific characteristics of the emission sources, concentrations of formaldehyde, ammonia, phenol, hydrogen fluoride, and heavy metals such as copper, lead, zinc, and cadmium are also measured. Since 2011 in Tashkent and Nukus monitoring of fine particles PM10 and PM2.5 has been conducted.

Since 2021 in Tashkent, since 2023 in Gulistan, Jizzakh, Samarkand, Termez, Nukus and Urgench, since 2024 Navoi, Bukhara, Karshi, Andijan, Namangan, Ferghana and Nurafshan monitoring of fine particles PM10 and PM2.5 has been conducted by using automated atmospheric air pollution monitoring stations.

In 2021, 12,941 violations were identified, and fines amounted to 3,228 million soums. In 2022, 14,084 violations were recorded, with fines totaling 3,000 million soums.



**Fig. 4. Indicators of the amount of ingredients covered in accordance with the monitoring program for atmospheric air, wastewater and soil**

The number of violations in 2022 decreased by 3,255 or 16% compared to the previous year, while the total amount of fines increased by 164 million soums or 22% (see Diagram 5).

Analysis of the data obtained from the air quality monitoring network indicates low levels of air pollution in some monitored cities across the republic. However, over the past three years, the cities of Angren, Andijan, Samarkand, Navoi, Urgench, Nukus, and Tashkent have shown an increase in the average monthly levels of dust. Navoi and Tashkent have experienced rising levels of nitrogen dioxide, while Namangan has seen an increase in carbon monoxide levels.

In densely built-up areas and megacities with developed road networks, the primary sources of air pollution are transportation, energy, and the construction industry.

As of today, methodologies are being developed for determining additional components in laboratory analyses of atmospheric air, water resources, wastewater, and soil.

**In atmospheric air:** sulfur dioxide, ammonia, gasoline, kerosene, carbon monoxide, gaseous fumes, dust, nitrogen oxide, nitrogen dioxide, formaldehyde, fluorides, hydrocarbons, vanadium-5, hydrogen chloride, arsenic, lead, acetic acid, copper, hydrogen sulfide, iron.

**In water and wastewater:** hardness, sulfates, calcium, ammonium, copper, dry residue, chlorides, nitrites, nitrates, pH, iron, chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), oils, petroleum products, suspended solids, chromium (+6), chromium (+3), fluorides, temperature, oxygen, manganese, zinc, phosphates, turbidity.

**In soil:** copper, humus, chlorides, petroleum products, magnesium chlorate (defoliant), sulfates, calcium, magnesium, chromium, zinc, chlorides, nitrates, phosphorus, manganese, cadmium.

In the area of air protection, approximately 9,000 violations of pollution level exceedances were identified in the first 10 months of 2023, with fines totaling 2,764 million soums.

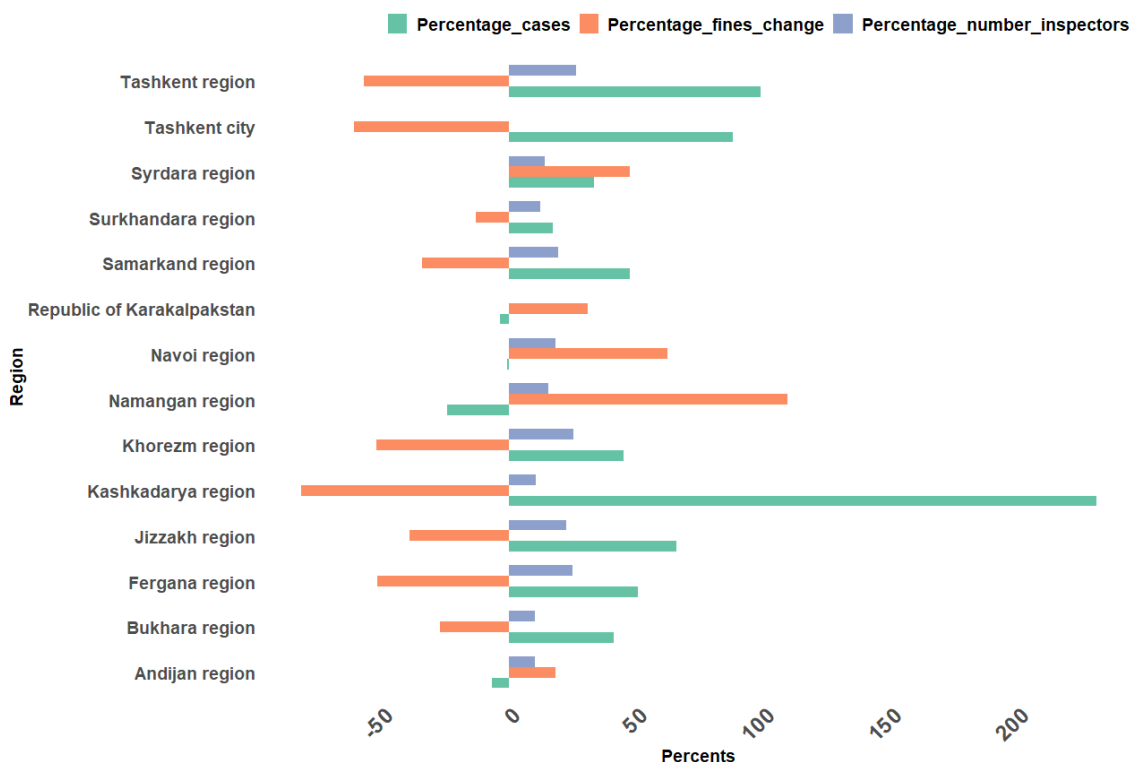


Fig. 5. Changes in violation rates, number of inspectors and fine amounts for 2022-2023

Environmental air quality control has decreased in several districts and cities in Uzbekistan. For example, compared to the previous year, air quality control efforts in Ulugnor District and the city of Andijan have dropped by 19-48%. In Andijan District and the city of Andijan, each inspector handled an average of only eight administrative cases related to air quality, whereas the regional average in the Andijan region was 13 cases.

Currently, the majority of vehicles in use rely on AI-80 gasoline, and there is an increasing number of passenger and freight vehicles entering Tashkent (160,000-300,000 per day). As a result, the volume of pollutant emissions from vehicles in Tashkent was 212.4 thousand tons in 2021 and 403 thousand tons in 2022, marking an increase of 190.6 thousand tons (47.3%). Forecasts for 2023 predicted that emissions from transport will reach 396.6 thousand tons.

Additionally, uncoordinated freight transport in Tashkent, especially amid traffic congestion, exacerbates the problem. The city registers around 50,000 freight vehicles, and about 7,000 freight vehicles from other regions enter Tashkent daily.

The "Toshshakhartransxizmat" bus fleet currently operates 2,017 vehicles, of which around 700 (33%) run on diesel, over 1,000 (50%) on natural gas, and more than 300 (17%) are electric. In 2024, the fleet is set to be upgraded with 200 electric buses. From 2024 to 2030, an additional 1,200 electric buses are planned to be purchased, with a transition of buses to natural gas.

There are 4.4 million vehicles owned by individuals in the republic, 24% of which run on gasoline, 2% on diesel, and 74% on gas.

As part of the national "Green Space" project, aimed at preventing climate change and capturing dust particles, "green belts" are being established around industrial enterprises with high environmental impact. In the fall of 2023, 189 industrial enterprises organized the planting of 1.8 million trees. Specifically, in Tashkent, over 60,000 trees were planted in and around 18 large industrial enterprises during the autumn of this year.

According to estimates, by 2024, the planted trees will grow to an average height of 5 meters within five years. Taking this into account, starting from 2029, the trees planted over 243,000 hectares, totaling more than 200 million trees (of which 170 million have a high survival rate), will absorb 60,750 tons of carbon dioxide annually. From 2024 to 2030, these trees are expected to absorb an average of 425,250 tons of CO<sub>2</sub> per year.

In Navoi region, in the fall of 2023, 15 large industrial enterprises planted over 214.9 thousand trees. In Tashkent, in 2022-2023, 14 operating industrial enterprises installed dust and gas purification equipment with an efficiency of at least 95.0%, while 10 new industrial enterprises installed equipment with an efficiency of at least 99.5%.

In 2022, the "Network Schedule" was adopted in the Republic, outlining the installation of automatic stations and stationary observation points at industrial enterprises with a high environmental risk, funded by the enterprises themselves.

At 44 industrial enterprises with high air pollution risk, 69 automatic stations were installed for sampling and analysis, along with 27 stationary observation points in adjacent areas, all funded by the enterprises. Specifically, at the Almalyk Mining and Metallurgical Combine, one "Siemens" automatic station from Germany was installed and integrated into the "Unified Geoinformation Database"

This year, the Ministry of Internal Affairs, in collaboration with the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change conducted a two-phase "Clean Air" campaign lasting a month. According to estimates, by the beginning of the year, 4.187 million vehicles were registered in the Republic. During the campaign, 320,000 vehicles (8% of the total) underwent environmental inspections, and 8,652 vehicles (2.75%) were found to exceed the permissible levels of pollutants in exhaust gases. As a result, by temporarily halting the

movement of 2,914 vehicles that exceeded national standards for pollutants, 210,000 tons of pollutants were prevented from entering the atmosphere.

As part of the "Green Space" national project, 90.4 million saplings have been planted and confirmed on the electronic platform "yashilmakon.eco" (106% of the plan). In various regions, 893 artesian wells were drilled, and 1,058.7 km of irrigation systems were laid. In regions lacking water sources for irrigation, 610 specialized machines were deployed to water the saplings.

Using stereophotography methods from aerial imagery, a digital tree map was created in the Syrdarya region, covering 12.2 million trees.

Additionally, the "Green Space" electronic platform has been improved with the introduction of a tree registry system. Using specialized tablets, inspectors input information about tree types, locations, conditions, and photographs.

An algorithmic model has been developed to account for trees using satellite imagery and artificial intelligence. This model has enabled the commencement of a nationwide inventory of trees, determining their locations and quantities, and the creation of a digital map.

In Tashkent, as part of a pilot project, work has begun on procuring devices for the passportization of trees, with their digitalization. The results of tree passportization will be displayed on the "Green Space" electronic platform. The tree registry system, created on the "Green Space" platform, is used by state inspectors in all regions of the Republic for the regular accounting of trees.

During the tree inventory process, including abandoned ones, trees are assigned to responsible parties based on official records. These responsible parties receive electronic copies of the documents regarding their assigned trees through the tree registry on the "Yashil Makon" electronic platform.

To ensure price stability for saplings, 721 fairs and sales points were organized in each district and city, involving businesses engaged in sapling planting.

From the fund of 91 forestry enterprises, the Forestry Agency selected land plots totaling 1.3 thousand hectares for nursery establishment. Nurseries with drought-tolerant plants suitable for the region's climate were created on 650 hectares.

Of the 1,225 tons of collected seeds, 541 tons were used for reforestation activities, while the remaining 684 tons were sown. Additionally, 12.221 million cuttings of trees and shrubs prone to vegetative propagation were prepared. Last year, 32 million young saplings were transferred to nurseries.

During the growing season, nurseries conducted agro-technical measures such as irrigation, fertilization with mineral and local fertilizers, weed control, and other activities.

As a result, saplings and seedlings of 30 species of fast-growing and deciduous trees, 15 species of fruit trees, 8 species of conifers, 4 species of nut-bearing trees, 6 species of desert plants, and 13 species of ornamental shrubs were successfully cultivated.

The Forestry Agency expanded the nursery area to 1.3 thousand hectares across 91 forestry enterprises, growing over 120 million saplings.

As part of the national "Green Space" project, in the fall of 2023, the Forestry Agency delivered 135,493 thousand decorative and fruit saplings free of charge to the Republic of Karakalpakstan, districts and cities in various regions, mahallas, and preschools.

Despite the ongoing activities, certain challenges and shortcomings remain in the area of air quality protection. In particular, due to insufficiently effective measures to reduce emissions, the amount of pollutants released has reached nearly 2.2 million tons. Of the more than 6,000 existing dust and gas purification systems at enterprises, 60% have an average efficiency of only 86.5%.

The work to equip air quality monitoring stations with automatic measuring devices that provide real-time information has not been completed. In many major industrial cities, automatic

measuring instruments for fine particulate matter (PM<sub>10</sub> – PM<sub>2.5</sub>) have not been installed. There is also an insufficient number of permanent air quality monitoring stations, as well as limited analytical determination of pollutants from stationary sources.

During the “Clean Air” campaigns, only 8.8% of vehicles underwent inspections.

Furthermore, there have been some shortcomings in the implementation of the "Green Space" project. During the spring season, out of the 127.7 million saplings planted, about 1.8 million were not assigned to responsible persons for maintenance and care. In regions without irrigation systems, permission was granted to plant 7.3 million saplings.

To address these shortcomings, environmental authorities issued 10,860 mandatory instructions to those responsible for the watering and care of 10.238 million planted saplings. For failing to comply with these instructions, 484 violators were fined a total of 1.085 billion soums in administrative penalties.

In Tashkent, 10,448 trees were registered at 331 construction sites during the period. Mandatory instructions were given to construction organizations to ensure their preservation, and guarantee letters were obtained.

As part of current tasks, it is essential, in line with international agreements and commitments, to reduce greenhouse gas emissions by 35% and methane emissions by 30% per unit of gross domestic product by 2030. It is also important to reduce air pollution levels to acceptable standards across all regions of the Republic.

There is a need to revise the existing legal and regulatory documents in the environmental field, taking climate change issues into account. Special attention should be given to attracting grants and investment projects from "Green Growth," "Green Climate," the "Global Environment Facility," and other international financial institutions.

It is necessary to complete the installation of automatic measuring devices at air pollution monitoring stations to enable real-time data collection.

In the industrial, energy, oil and gas, construction, and other sectors, there is a lack of equipment for capturing gaseous pollutants. A system for the automatic sampling of pollutants from these sources needs to be implemented.

The placement of stationary monitoring posts in major cities, industrial zones, and construction areas should be reconsidered. In general, it is necessary to reassess enterprises categorized as I and II in terms of environmental hazards.

Around 60% of total atmospheric emissions and 85-90% of emissions in large cities come from vehicles. It is crucial to expand the scope of the “Clean Air” campaigns by introducing new mechanisms, improve traffic management systems, and focus on increasing the number of environmentally friendly vehicles.

Over the past 10 years, the amount of pollutants emitted into the atmosphere by industrial enterprises in the Republic has increased by 11% and now averages 900 thousand tons per year. Approximately 60% of the more than 6,000 dust and gas purification systems in operation at enterprises have been in use for more than 10 years, and their cleaning efficiency is low (86.5%). This is due to the absence of production of such systems in our country and the high cost of their import. Therefore, it is necessary to take measures to localize the production of air purification systems and their components within our country.

According to standards, the ash content in coal should be below 34% for lignite and 29% for bituminous coal. Currently, the ash content of coal from the Angren field used in cement production is 50-60%. Therefore, higher quality coal must be used in cement production.

As a result of the operation of the Republic's thermal power plants, about 18 million tons of ash and slag have accumulated at landfill sites covering a total area of 246.0 hectares. Based on this, the Novoangren TPP should implement a dry dust disposal method and use the removed ash as a partial substitute for clinker in cement grinding [S. Li et al., 2017].

According to international experience, such waste is widely used in construction, road building, agriculture, and the production of various fillers and additives.

It is necessary to apply economic mechanisms to the main sources of pollutant emissions and reflect this in relevant laws and regulations [D. Austin, 1999].

In the future, the coverage of the "Clean Air" campaigns should be expanded based on new mechanisms, the traffic management system should be improved, and special attention should be paid to increasing the number of environmentally friendly vehicles.

In the regions, it is essential to complete activities for the creation of "green parks of the hokimiyats" and to allocate land for tree planting, organized by the mahalla administrations.

In the implementation of the "Green Space" project, it is important to consider the geographical location of the regions, climatic factors, the availability of irrigation systems, the assignment of responsible parties for planted trees, and the agro-technical care of the trees.

It is advisable to accelerate the expansion of green zones along urban and highway roads and the creation of "green belts" around large cities and industrial enterprises.

Illegal tree cutting, which significantly contributes to the deterioration of the environmental situation, must be completely stopped.

There is a need to establish a system of training and retraining specialists in all sectors and fields, taking into account environmental factors.

Undoubtedly, the implementation of these tasks, ensuring environmental sustainability in our country, mitigating the negative effects of climate change, adapting to climate change, and fulfilling international obligations on these issues will require the development of a long-term and medium-term strategic document on climate change for the Republic of Uzbekistan until 2030. This will be of great importance in showcasing our country's example to the international community.

## REFERENCES

PP-171-son 05/31/2023. "On measures for the effective organization of the activities of the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change".

PP-436-sleep 02.12.2022. "On measures to improve the effectiveness of reforms aimed at the transition of the Republic of Uzbekistan to a green economy by 2030".

UP-199-son 11/23/2023. "On measures to ensure environmental sustainability by further increasing the level of landscaping in the republic and the consistent implementation of the national project "Yashil Makon"". Address by the President of the Republic of Uzbekistan Shavkat Mirziyoyev at the UN Climate Change Conference (COP28). URL: <https://president.uz/en/lists/view/6897>.

*Alikhanov B., Alikhanova S., Oymatov R., Fayzullaev Z., Pulatov A.* Land cover change in Tashkent province during 1992-2018 / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2020, – P. 012088.

*Alikhanov B., Juliev M., Alikhanova S., Mondal I.* Assessment of influencing factor method for delineation of groundwater potential zones with geospatial techniques. Case study of Bostanlik district, Uzbekistan // *Groundw. Sustain. Dev.*, 2021, V. 12. – P. 100548.

*Austin D.* Economic instruments for pollution control and prevention – a brief overview // *World Resour. Inst.*, 1999. – PP. 1-11.

*Li S., Zhou F., Wang F., Xie B.* Application and research of dry-type filtration dust collection technology in large tunnel construction // *Adv. Powder Technol.*, V. 28, Is. 12. – PP. 3213-3221.

*Petrov M.A. et al.* Glacial lake inventory and lake outburst potential in Uzbekistan // *Sci. Total Environ.*, 2017, V. 592, – PP. 228-242.

*Pörtner H.-O. et al.* Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022.

*Uzbekov U., Pulatov B., Alikhanov B., Pulatov A.* Predicting the impact of future climate change on streamflow in the Ugam River watershed // *GeoScape*, V. 15, Is. 2. – PP. 159-172.

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И  
ОЗЕЛЕНЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ В ЦЕЛЯХ СМЯГЧЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА****Б. АЛИХАНОВ<sup>1</sup>, Ж. КАЗБЕКОВ<sup>2</sup>, Б. ХОЛХОДЖАЕВ<sup>2</sup>,  
Э. ОМОНОВ<sup>1</sup>, Т. САБИТОВ<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Сенат Республики Узбекистан<sup>2</sup> Министерство экологии, охраны окружающей среды и изменения климата

**Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные вопросы охраны атмосферного воздуха и озеленения территорий в контексте смягчения последствий изменения климата в Узбекистане. В работе подчеркивается возрастающее влияние изменения климата на ключевые сектора, включая общественное здравоохранение, биоразнообразие и экономическое развитие. Обсуждаются как природные, так и антропогенные факторы загрязнения воздуха, включая выбросы от транспортных средств и промышленных предприятий. В статье анализируются национальные инициативы, такие как переход к "зеленой экономике", развитие возобновляемых источников энергии и программы по высадке деревьев, направленные на адаптацию и смягчение последствий изменения климата. Подчеркивается важность международного сотрудничества, реформ в области политики и экономических механизмов для сокращения выбросов парниковых газов. Также статья освещает проблемы мониторинга качества воздуха, низкую эффективность пылегазоочистных установок и необходимость локализации производства экологических технологий. В исследовании рассматриваются стратегические цели Узбекистана по сокращению выбросов парниковых газов к 2030 году, а также усилия по расширению зеленых зон и борьбе с незаконной вырубкой лесов.

**Ключевые слова:** охрана атмосферного воздуха, озеленение, смягчение последствий изменения климата, Узбекистан, выбросы парниковых газов, устойчивое развитие, возобновляемые источники энергии, адаптация к изменениям климата, международное сотрудничество, экологическая политика, промышленные выбросы, зеленая экономика.

**ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИНИ ЮМШАТИШ МАҚСАДЛАРИДА АТМОСФЕРА  
ҲАВОСИНИ МУҲОФАЗА ҚИЛИШ ВА ҲУДУДЛАРНИ ЯШИЛЛАШТИРИШНИНГ  
ДОЛЗАРБ МАСАЛАЛАРИ****Б. АЛИХОНОВ<sup>1</sup>, Ж. КАЗБЕКОВ<sup>2</sup>, Б. ХОЛХЎЖАЕВ<sup>2</sup>,  
Э. ОМОНОВ<sup>1</sup>, Т. САБИТОВ<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Сенати<sup>2</sup> Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги

**Аннотация.** Мақолада Ўзбекистонда иқлим ўзгариши оқибатларини юмшатиш контекстида атмосфера ҳавосини муҳофаза қилиш ва ободонлаштиришнинг долзарб масалалари муҳокама қилинган. Мақолада иқлим ўзгаришининг асосий тармоқларга, жумладан, соғлиқни сақлаш, биологик хилма-хиллик ва иқтисодий ривожланишга таъсири ортиб бораётгани таъкидланган. Атмосфера ифлосланишининг табиий ва антропоген омиллари, жумладан, транспорт воситалари ва саноат корхоналари ажратмалари муҳокама қилинган. Мақолада яшил иқтисодиётга ўтиш, қайта тикланадиган энергия манбаларини ривожлантириш ва иқлим ўзгаришига мослашиш ва юмшатишга қаратилган дарахт экиш дастурлари каби миллий ташаббуслар кўриб чиқилган. Иссиқхона газлари чиқиндиларини камайтириш бўйича халқаро ҳамкорлик, сиёсий ислохотлар ва иқтисодий механизмлар муҳимлиги таъкидланган. Шунингдек, мақолада ҳаво сифатини мониторинг қилиш муаммолари, чанг ва газни тозалаш иншоотлари самарадорлигининг пастлиги, экологик технологияларни ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштириш зарурлиги ҳақида сўз борган. Тадқиқотда Ўзбекистоннинг 2030-йилгача иссиқхона газлари чиқиндиларини камайтириш бўйича стратегик мақсадлари, шунингдек, яшил майдонларни

кенгайтириши ва ўрмонларни ноқонуний кесилишга қарши курашиши борасидаги саъй-ҳаракатлар кўриб чиқилган.

**Калит сўзлар:** атмосфера ҳавосини муҳофаза қилиши, кўкаламзорлаштириши, иқлим ўзгариши оқибатларини юмиатиши, Ўзбекистон, иссиқхона газлари ажратмалари, барқарор ривожланиши, қайта тикланадиган энергия манбалари, иқлим ўзгаришига мослашиши, халқаро ҳамкорлик, атроф-муҳит сиёсати, саноат чиқиндилари, яшил иқтисодиёт.

УДК: 631.6.02:574

## ҚОРАҚАЛПОҒИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ҚИШЛОҚ АҲОЛИСИНИ ИЧИМЛИК СУВИ БИЛАН ТАЪМИНЛАШНИНГ ҲОЗИРГИ ҲОЛАТИ

У.А. СОДИҚОВА<sup>1\*</sup>, И.А. УСМАНОВ<sup>2</sup>, М.Ш. АБДИЕВА<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти

<sup>2</sup> Санитария, гигиена ва касб касалликлари илмий текшириш институти

<sup>3</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, matluba\_abdiyeva@mail.ru

**Аннотация.** Мақола Қорақалпоғистон Республикаси аҳолисини ичимлик суви билан таъминлаш ҳамда қишлоқ аҳолисини марказлашган ва марказлаштирилмаган маиший-хўжалик ичимлик суви таъминоти тизимлари фаолиятини баҳолаш натижаларини ўрганишга бағишланган. Шунингдек, сув таъминоти тизимларининг санитария-техник самарадорлиги ва ичимлик суви сифати ўрганилган.

**Калит сўзлар:** ичимлик суви, сув сифати, кимёвий ва бактериологик кўрсаткичлар, аҳоли, сув таъминоти, санитария меъёрлари, гигиеник талаблар.

**Кириш.** Қорақалпоғистон Республикаси доимий аҳолиси сони 2020 йил 1 октябрь ҳолатига 1 916 124 кишини ташкил этиб, 2019 йил бошидан 1777,3 кишига ёки 0,9% га ўсган. Жумладан, шаҳар аҳолиси сони 938 658 кишини (жами аҳоли сонидоғи улуши 49,0%, қишлоқ аҳолиси сони 977 466 кишини 51,0%) ташкил этган бўлиб, аҳолиси зичлиги ҳар квадрат километрга 11,33 кишини ва майдони 166600 км<sup>2</sup> ни ташкил қилади.

Қорақалпоғистон Республикаси ҳудудига аҳолига сифатли ичимлик суви етказиб бериш ҳамда ичимлик суви манбаларининг минерализация миқдорининг ортиши [Small, 2001], гигиеник талабга жавоб бермаслиги инсон саломатлиги учун энг катта хавф бўлиб қолмоқда.

ЖССТ ҳисоботига кўра (2001), Қорақалпоғистон аҳолисининг 32% ичимлик сувининг асосий манбаи сифатида ичимлик суви таъминоти тизимларидан фойдаланса, 57% ер ости сувларини насос орқали ҳамда очик қудуқлардан фойдаланади, атига 2% аҳоли тоза ичимлик суви сотиб олади [Lall, 2012].

Ичимлик суви сифатини назорат қилиш давлат санитария назорати вазифаларини бажариш тартибига Ўзбекистон Республикаси Санитария-эпидемиологик осойишталик ва жамоат саломатлиги хизмати ҳудудий марказларининг лабораториялари томонидан амалга оширилади

Сув сифатини назорат қилиш ва унинг белгиланган талабларга мувофиқлигини баҳолаш сув қувурининг тарқатиш тармоғига тушишидан аввал, сув таъминоти манбаларидан сув олиш иншоотларида ва сувни тарқатиш тармоғининг турли нуқталарида

\* Масъул муаллиф: sodikova\_umidaxon@mail.ru, тел.: +998 97 719-65-01

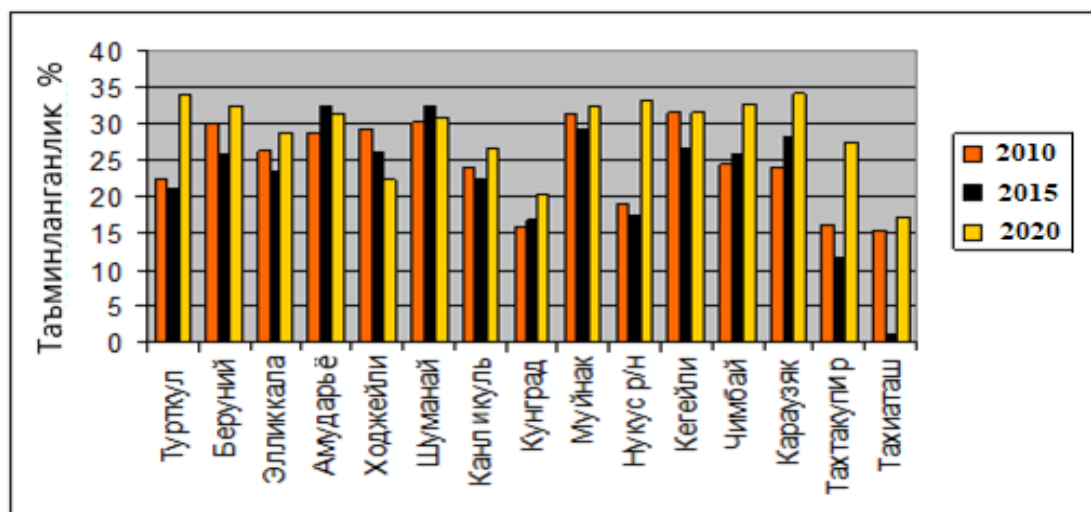
амалга оширилади. Намуна олиш нуқталарининг жойлашуви санитария-эпидемиологик хизмати органлари билан мувофиқлаштирилади

**Ишнинг мақсади ва вазифалари.** Қорақалпоғистон Республикаси аҳолисини ичимлик суви билан таъминланганлиги ҳамда қишлоқ аҳолисини марказлашган ва марказлаштирилмаган маиший-хўжалик ичимлик суви таъминоти тизимлари фаолиятини баҳолаш натижаларини ўрганишга қаратилган, ҳамда сув таъминоти тизимларининг санитария-техник самарадорлиги ичимлик суви сифати нуқтаи назаридан тадқиқ этилган.

**Тадқиқот объекти ва предмети.** Қорақалпоғистон Республикасининг Тўрткўл, Беруний, Эллиққалъа, Амударё, Хўжайли, Шуманай, Қанлиқўл, Қўнгирот, Мўйноқ, Нукус тумани, Кегейли, Чимбой, Қораузак, Тахтақўпир, Тахиатош худудлари мисолида қишлоқ аҳолисини ичимлик суви билан таъминланганлигини баҳолаш.

**Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари.** Таъкидлаш жоизки, бугунги кунга қадар Қорақалпоғистон Республикасида қишлоқ аҳолисининг ичимлик сувидан фойдаланишини ўрганиш бўйича кам тадқиқотлар олиб борилган [Алламуратов, 2016; Садыкова, 2015]. Ушбу тадқиқотларнинг мақсади сўнгги ўн йил ичида Қорақалпоғистон Республикасида қишлоқ аҳолисининг ичимлик сувидан фойдаланиш ҳолати ва ичимлик суви сифатини баҳолашдан иборат эди [Файзиева, 2013; Чембарисов, 2016]. Шундан келиб чиқиб тадқиқотлар статистик таҳлил, дала ва лаборатория шароитида ўтказилди.

**Олинган натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** Қорақалпоғистон Республикасида 2020 йилда 2010 йилга нисбатан булоқ ва қудуқлардан аҳолининг марказлаштирилмаган сув истеъмоли динамикаси деярли ўзгармаганлиги аниқланган. Қорақалпоғистон аҳолисини марказлаштирилмаган сув таъминоти билан қамраб олинганлиги 2010 йилда 28,2% бўлса, 2020 йилга келиб бу кўрсаткич 27,9% ни ташкил этган (1-расм).



1-расм. Қорақалпоғистон аҳолисини марказлаштирилмаган сув таъминоти билан қамраб олинганлиги, %

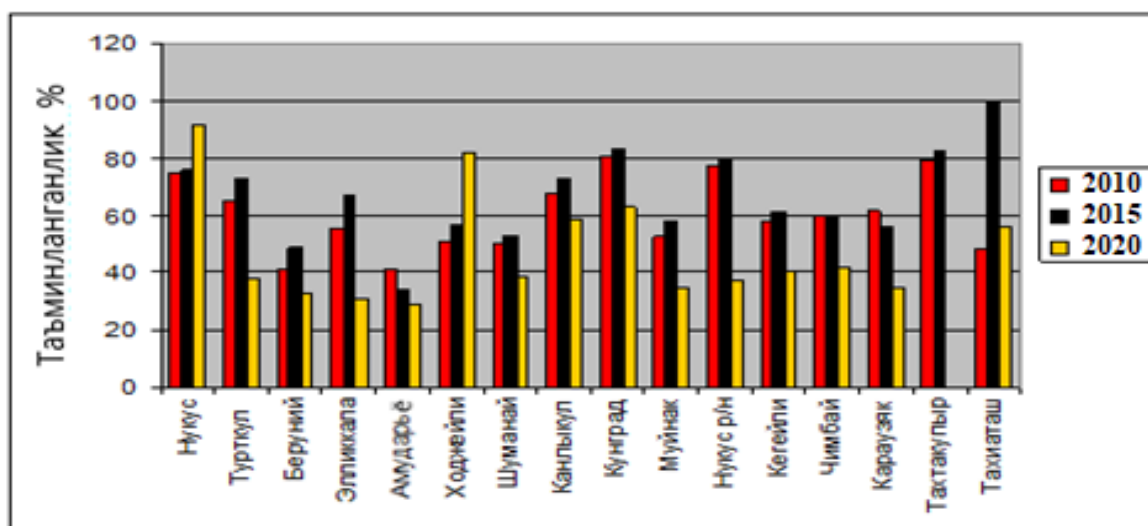
Рис. 1. Охват нецентрализованным водоснабжением населения Каракалпакстана, %

Fig. 1. Coverage of the population of Karakalpakstan with non-centralized water supply, %

Олинган маълумотлар шуни кўрсатадики, ичимлик эҳтиёжлари учун энг кўп сув истеъмоли Қораузак туманида (34,1%), энг паст – Тахиатош туманида (17,2%) қайд этилган. Қишлоқ аҳолиси ичимлик суви ва маиший эҳтиёжлар учун ер юзасидан 2,0-2,5 метр чуқурликдаги қудуқлардан фойдаланади. Умуман олганда, 2020 йилга келиб, 2010 йилга нисбатан Қорақалпоғистон Республикаси барча туманларида аҳоли саломатлиги хавфсизлигининг ўсиш фойизи динамикаси кузатилган бўлиб, (Хўжайли

тумани бундан мустасно), бу кўрсаткич 7,0 фоизга камайганлиги кузатилган. Қорақалпоғистон аҳолисини 2010-2020 йилларда марказлаштирилган ичимлик суви таъминоти тизимлари билан таъминлаш бўйича узоқ муддатли маълумотлар таҳлили шуни кўрсатдики, Хўжайли, Тахиатош туманлари ва Нукус шаҳрида ижобий тенденция кузатилган (2-расм). Агар 2010 йилда Хўжайли туманида марказлаштирилган сув таъминоти тизимига эга аҳолининг улуши 50,5% ни ташкил этган бўлса, 2020 йилда бу кўрсаткич 81,7% бўлди, яъни ўсиш 31,2% ни ташкил этган. Умуман олганда, Қорақалпоғистон Республикасида 2020 йилга келиб, 2010 йилга нисбатан аҳолини марказлаштирилган маиший ва ичимлик суви билан таъминлаш 9,4 фоизга камайган (2-расм).

Қорақалпоғистон Республикасида 2020 йил ҳолатига кўра 18 та шаҳар ва 126 та қишлоқларда сув қувурлари мавжуд. Шаҳар сув қувурлар сони 2010 йилга нисбатан 2020 йилда биттага, идоровий сув қувурлар сони эса 25 тага ошган. Шу билан бирга, умумий фойдаланишдаги сув қувурларининг санитария меъёрларига риоя қилмаслиги 2020 йилда 22,2% ни ташкил этиб, 2010 йилга нисбатан 13,1% га камайган, идоровий сув қувурлари эса 2020 йилда 0,8% ва 2010 йилда 2,0% ни ташкил этган.



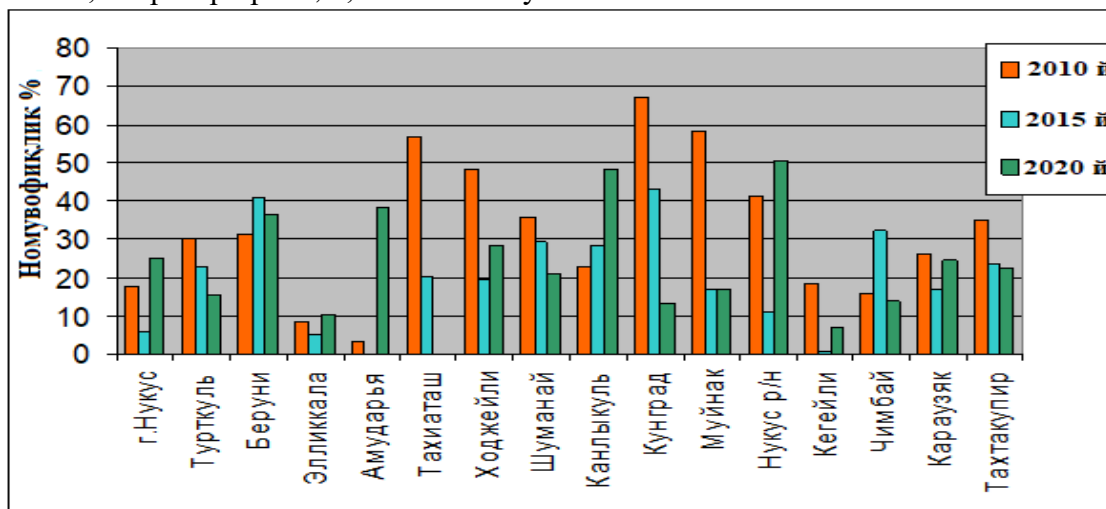
2-расм. Қорақалпоғистон аҳолисини марказлаштирилган сув таъминоти билан қамраб олинганлиги, %

Рис. 2. Охват централизованным водоснабжением населения Каракалпакстана, %

Fig. 2. Coverage of the population of Karakalpakstan with centralized water supply, %

Шаҳар сув қувурларида ретроспектив ўн йил давомида ичимлик суви сифати кимёвий ва микробиологик жиҳатдан ёмонлашганлиги аниқланган (3, 4-расм). Шундай қилиб, агар 2010 йилда коммунал сув қувурларидаги ичимлик сувининг кимёвий кўрсаткичлар бўйича мос келмаслигининг ўртача йиллик кўрсаткичи 23,0% ни ташкил этган бўлса, 2020 йилда бу кўрсаткич 1,8% га ошган ва 24,8% ни ташкил этган. Шунингдек, микробиологик кўрсаткичлар бўйича динамикаси 2010 йилга нисбатан 2020 йилга келиб ёмонлашганлиги ва 2010 йилда 2,0% ни ташкил этган бўлиб, бу кўрсаткич 2020 йилда 3,6% ни ташкил этган. Қорақалпоғистон Республикасининг идоровий сув таъминоти тизимларида ичимлик суви сифати 2020 йилга келиб кимёвий ва микробиологик кўрсаткичлар бўйича сезиларли даражада ёмонлашгани аниқланган. Ўртача йиллик номувофиқлик даражаси 2010 йилда 25,7% бўлса, 2020 йилда бу кўрсаткич 43,3% ни ташкил этган бўлиб, яъни у 17,6% га ошганлиги кузатилган. Худди шундай сув

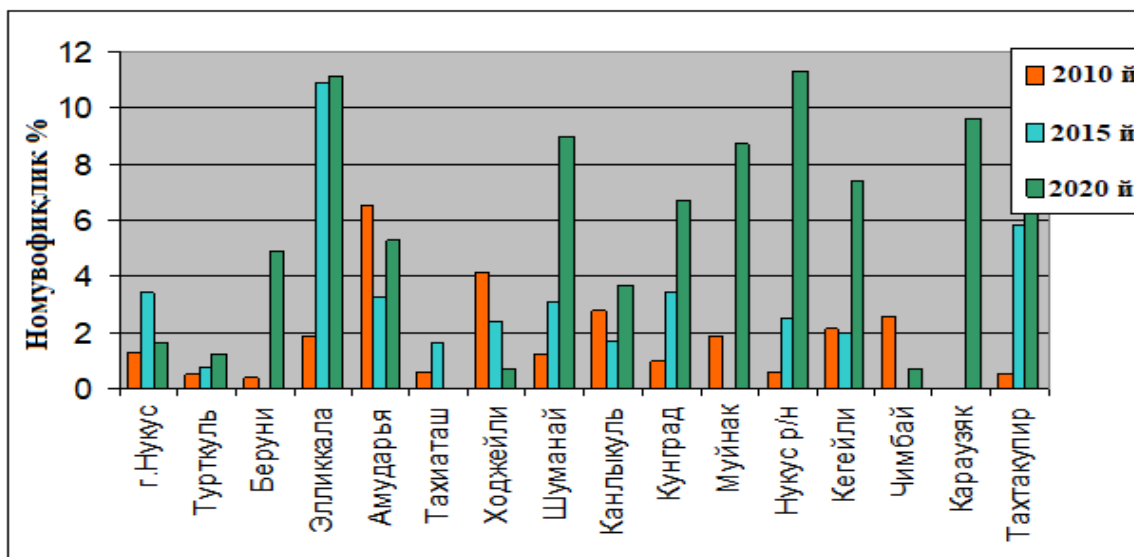
сифати ўзгаришининг микробиологик кўрсаткичлар бўйича динамикаси ҳам аниқланган бўлиб, 2010 йилда бу кўрсаткичлар бўйича сув сифатининг санитария меъёрларига риоя қилмасликнинг ўртача йиллик кўрсаткичлари 1,7% ни ташкил этган ҳамда 2020 йилда бу кўрсаткич 4,2 баравар ортиб, 7,2% га тенг бўлган.



3-расм. Қорақалпоғистон Республикасидаги сув қувурлари сувининг кимёвий кўрсаткичлар бўйича сифати

Рис. 3. Качество водопроводной воды в Республике Каракалпакстан по химическим показателям

Fig. 3. Quality of tap water in the Republic of Karakalpakstan according to chemical indicators



4-расм. Қорақалпоғистон Республикасидаги сув қувурлари сувининг микробиологик кўрсаткичлар бўйича сифати

Рис. 4. Качество водопроводной воды в Республике Каракалпакстан по микробиологическим показателям

Fig. 4. Quality of tap water in the Republic of Karakalpakstan according to microbiological indicators

Ҳозирги кунда вилоят аҳолиси қуйидаги манбалардан ичимлик суви сифатида фойдаланмоқда: Туямуюн-Нукус канали орқали етказиб бериладиган сув; суғориш тармоғидан олинган сув; очик сув омборлари ва ер ости қудуқлардан олинган сув.

Умуман олганда, Қорақалпоғистон Республикасида сўнгги ўн йил ичида кимёвий ва микробиологик кўрсаткичлар бўйича шаҳар сув қувурларида ичимлик суви сифати ёмонлашганлиги кузатилган. Гигиеник талабларга жавоб бермайдиган шаҳар сув қувурларидан олинган сув намуналарининг улуши нисбатан барқарор ва 2020 йилда кимёвий кўрсаткичлар бўйича 24,8% ни ва микробиологик кўрсаткичлар бўйича 3,6% ни ташкил этган.

Сўнгги йилларда Қорақалпоғистон Республикасида ичимлик суви сифатини таҳлил қилиш натижаларига кўра сувнинг минераллашуви сезиларли даражада ошгани аниқланди. Йилнинг куз ва баҳор даврларида умумий минераллашувнинг максимал қийматлари 2100-2500 мг/л га етган ҳамда рухсат этилган концентрация миқдоридан 1,5-2,5 баравар юқорилиги аниқланган.

**Хулоса.** 1. Қорақалпоғистон Республикаси аҳолисининг 2020 йил ҳолатига кўра марказлаштирилган сув таъминоти билан 51,2 фоизи таъминланган бўлиб, аҳолининг 27,9 фоизи қудуқ ва булоқлардан олинган марказлаштирилмаган сув таъминоти билан таъминланган. Қишлоқ аҳолисининг 18% ер усти сув омборларидан ичимлик эҳтиёжлари учун фойдаланади.

2. Қишлоқ сув таъминоти тизимларида O'zDSt 950:2011 “Ичимлик суви” стандарти талабларига жавоб бермайдиган сув намуналарининг улуши кимёвий кўрсаткичлар бўйича 43,4% ва микробиологик кўрсаткичлар бўйича 7,2% ни ташкил қилади. Ичимлик суви сифатининг 2020 йилга келиб кимёвий кўрсаткичлар бўйича 17,6% ва микробиологик кўрсаткичлар бўйича 5,5% га ёмонлашув динамикаси қайд этилди.

3. Водопровод ва қудуқ сувларининг минераллашувининг энг ёмон кўрсаткичлари Хўжайли, Мўйноқ. Кўнғирот ва Тахтақўпир туманларида қайд этилган, бу ерда уларнинг қийматлари меъёрий даражадан 2,5-3,5 баравар юқори.

**Муаллифлар хиссаси.** У.А. Содиқова: Мақола ғояси, методология, маълумот тўплаш, таҳлил қилиш, матнни ёзиш, графикларни тузиш, маълумотларни текшириш. И.А. Усманов: мақола ғояси, маълумот тўплаш, таҳлил қилиш, матнни ёзиш. М.Ш. Абдиева: матнни ёзиш, таҳлил қилиш, мақолани расмийлаштириш. Барча муаллифлар кўлёманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилигини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

*Алламуратов К.К.* Качество воды и здоровье населения Республики Каракалпакстан // Теория и практика современной науки. – 2016. – №. 6– 1 (12). – С. 37–45.

*Садыкова У.А.* Вопросы питьевого водоснабжения в Узбекистане / Материалы республиканской научно-практической конференции «Проблемы рационального использования водных ресурсов и улучшения состояния орошаемых земель», – Ташкент. 2015. – С. 43-47.

*Файзиева Д.Х.* К вопросу питьевого водоснабжения и охраны водоёмов бассейна Амударьи / Материалы VI Международной конференции «Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации», Коломна, 2013. – С. 40-43.

*Чембарисов Э.И. и др.* Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударьи) / Нукус: Изд-во “Qaraqalpaqstan”. – 2016. – С. 188–193.

*Lall R.* An Unhealthy Place to Live: Prioritizing Public Health and Addressing Environmental Contamination in Karakalpakstan. Disaster by Design: The Aral Sea and its Lessons for Sustainability. – Emerald Group Publishing Limited, 2012. – p. 261-274.

*Small I.* Acting on an environmental health disaster: The case of the Aral Sea // Environmental Health Perspectives, 109 (6), (2001). – P. 547–549. doi: 10.1289/ehp.01109547.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАРАКАЛПАКСТАН****У.А. СОДИКОВА<sup>1</sup>, И.А. УСМАНОВ<sup>2</sup>, М.Ш. АБДИЕВА<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний<sup>3</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, matluba\_abdiyeva@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена изучению обеспеченности населения Республики Каракалпакстан питьевым водоснабжением и приведены результаты оценки функционирования систем централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения сельского населения. Изучена санитарно-техническая эффективность работы систем водоснабжения и качество питьевой воды.

**Ключевые слова:** питьевая вода, качество воды, химические и бактериологические показатели, население, водоснабжение, санитарные нормы, гигиенические требования

**THE CURRENT STATE OF DRINKING WATER SUPPLY OF THE RURAL POPULATION IN THE REPUBLIC OF KARAKALPAKSTAN****U.A. SADIKOVA<sup>1</sup>, I.A. USMANOV<sup>2</sup>, M.Sh. ABDIEVA<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Research Institute of Irrigation and Water Problems<sup>2</sup> Research Institute of Sanitary, Hygiene and Occupational Diseases<sup>3</sup> Hydrometeorological Research Institute, matluba\_abdiyeva@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the study of the provision of the population of the Republic of Karakalpakstan with drinking water supply, the results of the assessment of the functioning of centralized and non-centralized household and drinking water supply systems for the rural population. The sanitary and technical efficiency of water supply systems and the quality of drinking water have been studied.

**Keywords:** drinking water, water quality, chemical and bacteriological indicators, population, water supply, sanitary standards, hygienic requirements.

**REFERENCES**

Allamuratov K.K. Kachestvo vody i zdorove naseleniya Respubliki Karakalpakstan [Water quality and public health in the Republic of Karakalpakstan]. // Teoriya i praktika sovremennoy nauki. – 2016. – №. 6-1 (12). – S. 37-45. (in Russian)

Sadykova U.A. Voprosy pitevogo vodosnabjeniya v Uzbekistane [Issues of drinking water supply in Uzbekistan]. / Material respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy ratsionalnogo ispolzovaniya vodnykh resursov i uluchsheniya sostoyaniya orshaemykh zemel», – Tashkent. 2015. – S. 43-47. (in Russian)

Fayziyev D.X. K voprosu pitevogo vodosnabjeniya i oxrany vodyomov basseyna Amudariy [On the issue of drinking water supply and protection of reservoirs in the Amu Darya basin]. / Materialy VI Mejdunarodnoy konferentsii «Innovatsionnye texnologii i ekologicheskaya bezopasnost v melioratsii», Kolomna, 2013. – S. 40–43. (in Russian)

Chembarisov E. I. i dr. Genesis, formirovaniye i rejim poverxnostnykh vod Uzbekistan i ix vliyanie na zasoleniye i zagryazneniye agrolandshaftov (na basseyna reki Amudari) [Genesis, formation and regime of surface waters of Uzbekistan and their impact on salinization and pollution of agricultural landscapes (on the example of the Amudarya River basin)]. // Nukus, izdatelstvo «Qaraqalpaqstan. – 2016. – S. 188-193. (in Russian)

---

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

---

**ОЛЕГУ ЛЕОНИДОВИЧУ БАБУШКИНУ – 80 ЛЕТ!**

Высококвалифицированный специалист, ученый географ, кандидат географических наук Олег Леонидович Бабушкин родился в июне 1944 года в городе Ташкента в семье выдающегося ученого агрометеоролога Леонида Николаевича Бабушкина.

После окончания в 1970 г. физического факультета ТашГУ он начал свою трудовую деятельность в качестве инженера кафедры физики атмосферы, а затем младшего научного сотрудника Проблемной лаборатории по струйным течениям при той же кафедре.

В 1974-2004 годах трудовая деятельность Олега Леонидовича была связана с НИГМИ. Успешно защитив в 1986 году кандидатскую диссертацию на тему «Оценка зоометеорологических условий зимнего выпаса каракульских овец в Узбекистане» он продолжал свои научные изыскания, связанные с разработкой проблем зоометеорологического обеспечения каракулеводства в Узбекистане.

Результаты выполненных работ О.Л.Бабушкина внедрены в оперативную практику отдела агрометпрогнозов Узгидромета, изданы в справочных материалах, а также опубликованы в трёх монографиях. Одна из них – «Погода, климат и пастбищное животноводство» – удостоена диплома Росгидромета в 2011 г. Всего опубликовано более 85 научных работ, в том числе две под эгидой ВМО.

Он принимали активное участие в международной деятельности, работая экспертом от Узгидромета в Рабочих группах Межгосударственного совета по гидрометеорологии (МСГ) СНГ РГ-2 и РГ-8, являясь членом рабочей группы по агрометеорологии Региональной ассоциации RA-II (Азия) ВМО, координатором от Республики Узбекистан Программы TRN-3 КБО ООН.

В период с 1997 по 2004 гг. был Ученым секретарем Научно-технического совета Государственных научно-технических программ: ГНТП-8, ГНТП-5,6, ГНТП-13 и активным участником их формирования. За время работы в качестве ученого секретаря НИГМИ он показал себя как специалист высокого уровня, блестяще владеющий вопросами организации научных исследований. Он активно участвует в общественной жизни института.

Под руководством юбиляра выполнена и в 1996 году защищена кандидатская диссертация Т.М. Мухтарова на тему «Оценка зооклиматических условий периода окота и стрижки каракульских овец пустынной зоны Узбекистана».

С 2004 г. по 2015 г. О.Л.Бабушкин работал в должности доцента Кафедры физики атмосферы Физического факультета Национального университета Узбекистана, где вел лекционные и практические занятия для бакалавров и магистрантов физического и географического факультетов. Под чутким руководством Олега Леонидовича выполнено и защищено 14 выпускных квалификационных работ бакалавров и магистерских диссертаций, опубликовано 4 учебно-методических пособий.

В последние годы он опять успешно трудится в НИГМИ на благо нашей Родины.

Коллектив НИГМИ поздравляет Олега Леонидовича Бабушкина с очередным значимым в жизни любого человека юбилеем – 80-летием.

