

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

2025

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

2025

Тошкент

ТАҲРИР КЕНГАШИ

Таҳрир кенгаши раиси:

Ҳабибуллаев Шерзод
Ҳабибуллаҳўжаевич

Масъул котиб:

Рўзиева Малоҳат Бахтиёрвна

Таҳрир кенгаши аъзолари:

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

ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ

Бош муҳаррир:

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

Бош муҳаррир ўринбосари:

Ҳикматов Фазлиддин,
г.ф.д., проф.

Таҳрир ҳайъати аъзолари:

Абдулахатов Эркин Икромович, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); 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); Гушина Дарья Юрьевна, г.ф.д. (Россия); Дергачёва Ирина Викторовна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Камалов Баҳодир Асамович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Карандаева Лидия Михайловна, тех.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Кадиров Бахтиёр Шарафиддинович, г.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Мамаджанова Гавхар Аҳматхоновна, ф.-м.ф.д. (Буюк Британия); Мурадов Шўҳрат Одилович, тех.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Мягков Сергей Владимирович, тех.ф.д., к.и.х. (Ўзбекистон); Нишонов Мухтор Мадаминович, ф.-м.ф.н., доц. (Ўзбекистон); Раҳмонов Комилжон Раджабович, г.ф.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Рафиқов Ваҳоб Асомович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Тилляходжаева Зухраҳон Джахангировна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Тлеумуратова Бибигуль Саробаевна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Тургунов Данияр Маннапжанович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Умирзақов Ғуломжон Ўнгарбоевич, қ.х.ф.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Хайдаров Сафарбой Абдирашитович, г.ф.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Ҳолбаев Гулман Ҳолбаевич, г.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Ҳолмирзаев Маъмуржон Жанузакович, г.-м.ф.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Хужаназаров Темур Муҳиддинович, и.ф.ф.д. (Япония); Фазилов 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. (Қозоғистон); Эгамбердиев Ҳамракул Турсункулович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Юнусов Голиб Ходжаевич, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Якубов Мурод Адилович, тех.ф.д., проф. (Ўзбекистон).

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

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

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

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

Таъсисчи: Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель редакционного совета:

Хабибуллаев Шерзод
Хабибуллахужаевич

Члены редакционного совета:

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

Ответственный секретарь:

Рузиева Малохат Бахтиёровна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

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

Заместитель главного редактора:

Хикматов Фазлиддин,
д.г.н., проф.

Члены редакционной коллегии:

Абдулахатов Эркин Икромович, д.ф.г.н. (Узбекистан); 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); Гушина Дарья Юрьевна, д.г.н. (Россия); Дергачёва Ирина Викторовна, д.ф.г.н. (Узбекистан); Камалов Баходир Асамович, д.г.н., доц. (Узбекистан); Карандаева Лидия Михайловна, к.т.н., с.н.с. (Узбекистан); Кадиров Бахтиёр Шарафиддинович, к.г.н., с.н.с. (Узбекистан); Мамаджанова Гавхар Ахматхоновна, д.ф.-м.н. (Великобритания); Мурадов Шухрат Одилович, д.т.н., проф. (Узбекистан); Мягков Сергей Владимирович, д.т.н., с.н.с. (Узбекистан); Нишонов Мухтор Мадаминович, к.ф.-м.н., доц. (Узбекистан); Рахмонов Комилжон Раджабович, д.ф.г.н., доц. (Узбекистан); Рафиков Вахоб Асомович, д.г.н., проф. (Узбекистан); Тилляходжаева Зухрагон Джахангировна, д.ф.г.н. (Узбекистан); Тлеумуратова Бибигуль Сарibaевна, д.ф.-м.н. (Узбекистан); Тургунов Данияр Маннапжанович, д.г.н., доц. (Узбекистан); Умирзаков Гуломжон Унгарбаевич, д.ф.с.-х.н., доц. (Узбекистан); Хайдаров Сафарбой Абдирашитович, д.ф.г.н., доц. (Узбекистан); Холбаев Гулман Холбаевич, к.г.н., с.н.с. (Узбекистан); Холмирзаев Маъмуржон Жанузакович, д.ф.г.-м.н., доц. (Узбекистан); Хужаназаров Темур Мухиддинович, д.ф.и.н. (Япония); 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: Агентство 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

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:

Erkin Ikromovich Abdulakhatov, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **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)*; **Bakhtiyor Sharafiddinovich Kadirov**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Gavkhar Akhmatkhonovna Mamadjanova**, *D.Sc. in Phys. & Math. (Great Britain)*; **Shukhrat Odilovich Muradov**, *D.Sc. in Tech. (Uzbekistan)*; **Sergey Vladimirovich Myagkov**, *D.Sc. in Tech. (Uzbekistan)*; **Mukhtor Madaminovich Nishonov**, *Ph.D. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Komiljon Radjabovich Rakhmonov**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Vakhob Asomovich Rafikov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Zukhrakhon Djakhangirovna Tillyakhodjaeva**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Bibigul Saribaevna Tleumuratova**, *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Daniyar Mannapjanovich Turgunov**, *D.Sc. in Geog. (Uzbekistan)*; **Gulomjon Ungarbaevich Umirzakov**, *Ph.D. in Agri. Sci. (Uzbekistan)*; **Safarboy Abdirashitovich Khaydarov**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Gulman Kholbaevich Kholbaev**, *Ph.D. in Geog. Sci. (Uzbekistan)*; **Mamurjon Zhanuzakovich Kholmiraev**, *Ph.D. in Geol. & Miner. Sci. (Uzbekistan)*; **Temur Mukhiddinovich Khujanazarov**, *Ph.D. in Eng. Sci. (Japan)*; **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, 1st Bodomzor yuli str., Yunusobod district, Tashkent, 100052, Uzbekistan. Tel: +998 71 2358759; e-mail: info@nigmi.uz

МУНДАРИЖА

МЕТЕОРОЛОГИЯ

- М.Н. Бобохонова, С.У. Бегматов, З.Ш. Ўсаров, Б.Ш. Кадиров, И.А. Каримов, А.Б. Нарзуллаев, Б.М. Холматжанов**
Эл-Ниньо – Жанубий тебраниш фазаларининг Фарғона водийси иқлимий параметрларига таъсири: ўтмиш ҳолати ва ўн йиллик прогноз 8
- Ҳ.А. Имамджанов, Б.Ш. Кадиров, С.Г. Филиппов, С.Н. Сайдиллаева**
Чирчиқ дарёси ҳавзасида сел ва тошқин ҳодисалари хавфини замонавий усуллар асосида комплекс баҳолаш 24
- М.Л. Арушанов**
«Биотроп об-ҳаво» тиббий оператив прогноз тизими 36

ГИДРОЛОГИЯ

- Ғ.Ў. Умирзоқов, С.С. Сувонқулов, Д.М. Турғунов, М.Ғ. Шамсиева, Ҳ.А. Мамиров**
Иқлим исиши шароитида тоғ музликлари морфометрик кўрсаткичларининг ўзгариши (Баркироқ музлиги мисолида) 51
- С.Б. Калабаев, Д.М. Турғунов**
Орол денгизи сув сатҳи ва сув юзаси майдонининг сўнгги йиллардаги ўзгаришлари..... 60
- В.Н. Талских, Л.Ю. Шардакова, Т.В. Кудишкин, И.В. Дергачева, Д.М. Турғунов**
Ўзбекистондаги текислик қўллари ҳолатини баҳолаш 66
- Э.Р. Семакова, В.П. Сафронов, Д.Г. Семаков, У. Bühler**
Ўзбекистоннинг кам ўрганилган худудларида қор кўчиши хавфини баҳолаш учун қор кўчкилари ҳаракатини моделлаштириш 76

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

- З.Д. Тилляходжаева, С.В. Мягков, З.Э. Куранбоева, Н.Р. Мирвалиева, Н.О. Омонов**
Иқлим ўзгариши шароитида Ўзбекистон худуди бўйича қон босими касалликларининг динамикаси..... 87

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТЕОРОЛОГИЯ

- М.Н. Бобохонова, С.У. Бегматов, З.Ш. Усаров, Б.Ш. Кадыров, И.А. Каримов, А.Б. Нарзуллаев, Б.М. Холматжанов**
Влияние фаз Эль-Ниньо – Южного колебания на климатические параметры в Ферганской долине: ретроспектива и десятилетний прогноз 8
- Х.А. Имамджанов, Б.Ш. Кадыров, С.Г. Филиппов, С.Н. Сайдиллаева**
Комплексная оценка риска селевых и паводковых явлений в бассейне реки Чирчик на основе современных методов 24
- М.Л. Арушанов**
Система оперативного медицинского прогноза «Биотропная погода» 36

ГИДРОЛОГИЯ

- Г.У. Умирзаков, С.С. Суванкулов, Д.М. Тургунов, М.Г. Шамсиева, Х.А. Мамиров**
Изменение морфометрических показателей горных ледников в условиях потепления климата (на примере ледника Баркрак) 51
- С.Б. Калабаев, Д.М. Тургунов**
Изменение уровня воды и площади водной поверхности Аральского моря за последние годы 60
- В.Н. Тальских, Л.Ю. Шардакова, Т.В. Кудышкин, И.В. Дергачева, Д.М. Тургунов**
Оценка состояния равнинных озер в Узбекистане 66
- Э.Р. Семакова, В.П. Сафронов, Д.Г. Семаков, У. Bühler**
Моделирование движения снежных лавин для оценки лавинной опасности в слабоизученных районах Узбекистана 76
- ## МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
- З.Д. Тилляходжаева, С.В. Мягков, З.Э. Куранбоева, Н.Р. Мирвалиева, Н.О. Омонов**
Динамика заболеваний с артериальным давлением по регионам Узбекистана в условиях изменения климата 87

CONTENTS

METEOROLOGY

M.N. Bobokhonova, S.U. Begmatov, Z.Sh. Usarov, B.Sh. Kadirov, I.A. Karimov, A.B. Narzullayev, B.M. Kholmatjanov
Influence of El-Niño – Southern oscillation phases on climatic parameters in the Fergana valley: retrospective and ten-year forecast 8

Kh.A. Imamdjanov, B.Sh. Kadirov, S.G. Filippov, S.N. Saydillaeva
Integrated risk assessment of mudflows and floods in the Chirchik River Basin based on modern methods 24

M.L. Arushanov
"Biotropic weather" system of operational medical forecasting 36

HYDROLOGY

G.U. Umirzakov, S.S. Suvankulov, D.M. Turgunov, M.G. Shamsieva, H.A. Mamirov
Changes in the morphometric indicators of mountain glaciers under climate change (on the example of Barkrak glacier) 51

S.B. Kalabaev, D.M. Turgunov
Changes in water level and water surface area of the Aral Sea in recent years 60

V.N. Talskikh, L.Yu. Shardakova, T.V. Kudyshkin, I.V. Dergacheva, D.M. Turgunov
Assessment of the state of plain lakes in Uzbekistan 66

E.R. Semakova, V.P. Safronov, D.G. Semakov, Y. Bühler
Snow avalanche dynamics modeling for avalanche hazard assessment in poorly studied areas of Uzbekistan 76

ENVIRONMENTAL MONITORING

Z.D. Tillyakhodjaeva, S.V. Myagkov, Z. E. Kuranboyeva, N.R. Mirvalieva, N.O. Omonov
Dynamics of blood pressure diseases by regions of Uzbekistan under climate change..... 87

МЕТЕОРОЛОГИЯ / METEOROLOGY

УДК: 551.513+551.589

ВЛИЯНИЕ ФАЗ ЭЛЬ-НИНЬО – ЮЖНОГО КОЛЕБАНИЯ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ В ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЕ: РЕТРОСПЕКТИВА И ДЕСЯТИЛЕТНИЙ ПРОГНОЗ**М.Н. БОБОХОНОВА¹, С.У. БЕГМАТОВ¹, З.Ш. УСАРОВ¹, Б.Ш. КАДЫРОВ^{1*},
И.А. КАРИМОВ², А.Б. НАРЗУЛЛАЕВ², Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,3}**¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, bkadirov53@gmail.com² Агентство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан³ Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, b.xolmatjanov@nuu.uz

Аннотация. *Статья посвящена оценке влияния фаз Эль-Ниньо-Южного колебания (ENSO) на климатические параметры в Ферганской долине за период 1991-2024 гг., с акцентом на режим осадков и температуры воздуха. На основе данных 12 метеорологических станций Узгидромета проанализированы аномалии осадков и температуры, выявлены статистически значимые тренды с применением теста Манн-Кендалла и метода Тейла-Сена. Установлено, что фаза El Niño ассоциируется с избытком осадков, а La Niña – с их дефицитом; одновременно наблюдается устойчивая тенденция повышения температуры воздуха. Сценарный прогноз на 2025-2034 гг., основанный на вероятностях фаз ENSO, указывает на риск дефицита осадков при доминировании La Niña. Полученные результаты имеют прикладное значение для планирования, климатического моделирования и адаптации к изменению климата водного и аграрного секторов.*

Ключевые слова: ENSO, El Niño, La Niña, MEI.v2, осадки, температура, Ферганская долина, климатический прогноз.

Введение. Ферганская долина – уникальный межгорный регион Центральной Азии, охватывающий территории Узбекистана, Кыргызстана и Таджикистана. Она отличается континентальным климатом с резкими сезонными колебаниями температуры и осадков. Основной вклад в годовую сумму осадков вносят зимне-весенние месяцы (декабрь-май), особенно март-апрель, когда преобладают циклонические процессы, связанные с западным переносом.

В научной литературе достаточно широко исследовано влияние Эль-Ниньо-Южного колебания (ENSO – El Niño-Southern Oscillation) на погоду в различных регионах мира [Ashok et al., 2007; IPCC ..., 2021; Kug et al., 2009; McPhaden et al., 2006; Ropelewski & Halpert, 1987; Taschetto & Dommenges, 2012; Trenberth et al., 2002; Yan et al., 2022]. ENSO представляет собой основную форму естественной внутриклиматической изменчивости в тропической части Тихого океана, оказывая широкомасштабное влияние на климатические и гидрологические условия. Ключевыми фазами ENSO являются El Niño (теплая фаза), La Niña (холодная фаза) и Neutral (нейтральная фаза). Для анализа их частоты и вероятности используются данные многовариантного индекса MEI.v2, предоставляемого NOAA. Индекс основан на шести метеорологических и океанографических параметрах и считается одним из наиболее полных индикаторов состояния ENSO.

* Масъул муаллиф: bkadirov53@gmail.com, тел.: +998 90 174-85-86

В исследованиях О.Л.Бабушкина и С.И.Инагамовой были выявлены влияния ENSO в Тихом океане на развитие синоптических процессов в Средней Азии, а также оценка статистических характеристик этих процессов – отклонений от нормы повторяемости (количества случаев) и общей продолжительности (количества дней). Было установлено, что ENSO влияет на повторяемость типов синоптических процессов и их продолжительность в регионе. В период развития Эль-Ниньо малоградиентные поля пониженного и повышенного давления (типы 12 и 13) наблюдаются с высокой частотой во все сезоны года, в то время как антициклонические поля (типы 9, 9а и 9б) отмечаются только весной. Северо-западные, северные и западные вторжения холодного воздуха (типы 5, 6 и 10) характеризуются низкой повторяемостью в течение года. Летом, осенью и зимой антициклонические поля также наблюдаются реже. В зимне-весенний период зафиксировано некоторое снижение частоты прохождения южных циклонов [Бабушкин, Инаганова, 2019].

Исследования статистической связи аномалий приземного климата на территории Российской Федерации с феноменом ENSO были проведены под руководством Г.В.Грузы. Оценка климатического «отклика» позволила обобщить влияние El Niño и La Niña в пяти крупных регионах: Европейская территория России, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток, Казахстан и Средняя Азия (границы выбраны по синоптическому районированию) [Груза и др., 1999].

Влияние ENSO на погодные условия в Узбекистане исследованы Л.Е.Скрипниковой [Скрипникова, 2006]. Было выявлено, что в период с 1950 по 2000 годы 70% случаев выпадения дождей совпадали с фазами El Niño. В 85% случаев, связанных с La Niña, в Узбекистане наблюдались периоды дефицита осадков. Устойчивые отрицательные аномалии осадков фиксировались в 73% случаев во время фаз La Niña. Как на равнинной территории Узбекистана, так и в предгорьях в 76% случаев засушливые периоды приходились на фазы La Niña, в 14% – на El Niño, и в 10% – на периоды, когда в Тихом океане ENSO-явление не наблюдалось.

В условиях растущей климатической изменчивости актуальной задачей становится выявление факторов, определяющих межгодовую изменчивость осадков. Данное исследование посвящено оценке влияния флуктуаций ENSO на осадки в Ферганской долине за период 1991-2024 гг. и прогнозу их поведения на 2025-2034 гг. Работа имеет прикладное значение для прогнозирования водных ресурсов, оценки рисков экстремальных осадков, а также адаптации аграрного сектора и противоселевых мероприятий в условиях изменчивости климата. Полученные зависимости могут быть интегрированы в сценарные модели регионального водного баланса и в систему раннего предупреждения.

Объектом исследования является режим атмосферных осадков в Ферганской долине, а его предмет составляет исследование его временной изменчивости.

Целью исследования является оценка влияния фаз ENSO на количество осадков в Ферганской долине. Ретроспективный анализ режимов температуры воздуха и атмосферных осадков за период 1961-2024 гг. и составление сценарных прогнозов количества осадков на ближайший 10-летний период (2025-2034 гг.), являются ее **задачами**.

Исходные данные и методы исследования. Для исследования изменений в режимах температуры воздуха и атмосферных осадков использованы данные месячных и годовых осадков 12 метеорологических станций Ферганской долины за период 1961-2024 гг. (табл. 1).

Для исследования тенденций изменчивости во временных рядах температуры воздуха и атмосферных осадков использован статистический непараметрический тест Манн-Кендалла, широко применяемый для выявления и анализа монотонных тенденций в сериях гидрометеорологических данных [Alimkulov et al., 2025; Gilbert, 1987; Kendall, 1975; Kong et al., 2025; Mann, 1945; Sun et al., 2022; 5; Tangjialeke et al., 2024]. Монотонный

восходящий/нисходящий тренд означает, что переменная последовательно увеличивается/уменьшается во времени. Для количественной оценки величины (наклона) и значимости трендов во временных рядах был применен непараметрический метод Тейла-Сена [Sen, 1968; Theil, 1992].

Таблица 1

Метеорологические станции, расположенные в Ферганской долине

Table 1

Meteorological stations located in the Fergana Valley

№	Станция	Год открытия	Высота над уровнем моря, м
1	Улугнар	1973	398,4
2	Коканд	1881	399,2
3	Боз	1957	429,4
4	Пап	1948	441,9
5	Кува	1911	466,0
6	Наманган	1878	468,3
7	Андижан	1882	476,9
8	Фергана	1880	582,3
9	Кургантепа	1958	751,1
10	Сарыканда	1896	1200,0
11	Шахимардан	1971	1728,3
12	Камчик	1981	2138,0

В целях определения фаз ENSO использован индекс Multivariate ENSO Index Version 2 (MEI.v2), преобразованный в помесечные значения. Фазы ENSO определялись по отклонениям MEI от нейтральной зоны. MEI.v2 – это один из наиболее надёжных и комплексных индексов для оценки состояния ENSO. В отличие от одномерных индексов, как, например, ONI (основанного только на температуре поверхности океана), MEI.v2 учитывает несколько метеоокеанографических параметров, что позволяет точнее отслеживать динамику ENSO. MEI.v2 – это разработанный Лабораторией исследований системы Земли Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA ESRL) мультивариативный индекс, пришедший на смену первой версии (MEI.v1), охватывающей 1979-2018 годы. MEI.v2 расширяет временной охват с середины XIX века до настоящего времени и улучшен в части реконструкции данных. Индекс основан на главных компонентах (PCA) из следующих шести переменных, наблюдаемых в экваториальной зоне Тихого океана (вблизи Niño 3.4):

1. Температура поверхности моря.
2. Температура воздуха на уровне 2 м.
3. Поверхностное давление.
4. Меридиональный компонент ветра на уровне 925 гПа.
5. Зональный компонент ветра на уровне 850 гПа.
6. Облачность (относительная влажность).

Каждые два месяца (бимонатальный шаг: январь-февраль, февраль-март и т.д.) вычисляется значение MEI.v2. Фазы ENSO (El Niño, La Niña, Neutral) определяются на основе аномалий индекса MEI.v2 относительно многолетнего среднего значения. Процесс классификации фаз схож с другими индексами, но отличается порогами и подходом. Стандартный подход к фазам ENSO по MEI.v2: **El Niño (тёплая фаза)**: значение $MEI.v2 \geq +0,5$ (иногда +0,7) в течение как минимум 5 последовательных двухмесячных интервалов; **La Niña (холодная фаза)**: значение

$MEI.v2 \leq -0,5$ (иногда $-0,7$) в течение тех же 5 интервалов; **Neutral (нейтральное состояние)**: значения между $-0,5$ и $+0,5$ (или между $-0,7$ и $+0,7$ при более жёстких критериях).

Для каждой станции рассчитаны аномалии и прогнозы осадков на основе вероятностей фаз ENSO. Подробное описание методологии обработки индекса MEI.v2 приведены в работах [Ashok et al., 2007; Wolter, Timlin, 2011].

Основные результаты и их обсуждение.

Режимы температуры воздуха и атмосферных осадков. Для выявления изменений в режимах температуры воздуха и атмосферных осадков, являющимися основными количественными индикаторами состояния климата, выполнен сравнительный анализ средних многолетних температур и сумм осадков за климатические периоды 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг. (табл. 2 и 3). Как свидетельствуют данные, приведенные в табл. 2, во всех исследуемых станциях происходило увеличение температуры воздуха. В горных районах увеличение температуры выражено не сильно – $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$, примерно такими же величинами характеризуются станции Пап ($0,3^{\circ}\text{C}$), Улугнар ($0,5^{\circ}\text{C}$) и Кургантепа ($0,6^{\circ}\text{C}$). В Коканде увеличение температуры составило $0,9^{\circ}\text{C}$, а на остальных станциях $1,0^{\circ}\text{C}$ и более. Согласно данным табл. 3, на большинстве станций в период 1991-2020 гг. осадков выпало больше (от $+3,8$ мм на станции Кува до $+28,9$ мм на станции Наманган), чем в период 1961-1990 гг., за исключением станций Кургантепа ($-5,1$ мм) и Сарыканда ($-5,7$ мм).

Приведенные выше многолетние показатели температуры воздуха и атмосферных осадков, хотя характеризуют произошедшие изменения, не дают представления о межгодовой динамике исследуемых величин. На рис. 1 и 2, в качестве примера приведены графики межгодовой изменчивости средней годовой температуры воздуха и годовых сумм осадков в областных центрах Ферганской долины за периоды 1961-1990 гг. и 1991-2024 гг. Как свидетельствуют графики межгодовой изменчивости температуры воздуха, в оба периода наблюдается тенденция устойчивого роста (рис. 1). В отличие от температуры воздуха, межгодовая изменчивость количества осадков на большинстве станций имеет отрицательную тенденцию (рис. 2).

Результаты оценки теста Манн-Кендалла и наклона Сена для анализа изменчивости температуры воздуха и атмосферных осадков представлены в табл. 4. Положительное значение Z_s указывает на тенденцию роста, а отрицательное значение Z_s указывает на тенденцию убывания. Статистически значимая тенденция на уровнях значимости 0,1, 0,05 и 0,01 существует, когда $|Z_s| > 1,64$, $|Z_s| > 1,96$ и $|Z_s| > 2,58$, соответственно [Alimkulov et al., 2025]. Статистика Z_s теста Манн-Кендалла по данным межгодовой изменчивости средней годовой температуры воздуха за период 1961-1990 гг. показала положительную тенденцию практически на всех рассматриваемых станциях, кроме Сарыканда. При этом, статистически значимыми оказались изменения температуры только на станциях Коканд ($Z_s = 3,10$), Фергана ($Z_s = 2,14$) и Наманган ($Z_s = 1,82$). В период 1991-2024 гг. тенденция увеличения температуры стала статистически значимой для всех станций (от $Z_s = 2,67$ на станции Улугнар до $Z_s = 4,65$ на станции Наманган), за исключением станции Коканд. Темпы роста температуры в этот период составили от $0,17^{\circ}\text{C}/10$ лет в Коканде до $0,53^{\circ}\text{C}/10$ лет в Намангане.

Результаты Z_s теста Манн-Кендалла межгодовой изменчивости количества атмосферных осадков показали статистически не значимые положительные тенденции для периода 1961-1990 гг., кроме Ферганы, где Z_s составил 1,68, а темп роста $17,17$ мм/10 лет. Хотя, на станциях Улугнар, Сарыканда и Шахмардан темпы роста осадков в этот период составили $27,62$ мм/10 лет, $40,13$ мм/10 лет и $40,33$ мм/10 лет соответственно, статистическая их значимость оказалась очень низкой. В период 1991-2024 гг. наблюдаются статистически не значимые отрицательные тенденции уменьшения количества осадков практически на всех исследуемых станциях, кроме станций Коканд и Камчик, где происходит увеличение количества осадков с темпами $4,38$ мм/10 лет и $22,19$ мм/10 лет, соответственно (табл. 4).

Таблица 2

Многолетние средние температуры воздуха на метеорологических станциях Ферганской долины
Table 2

Станция	Период, гг.	Месяцы												Средняя годовая
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Улугнар	1961-1990	-1,3	1,4	8,4	16,5	21,3	25,9	27,5	25,4	20,3	13,1	5,8	0,4	13,7
	1991-2020	-0,3	2,7	9,8	16,4	21,5	25,9	27,3	25,5	20,6	13,5	6,2	0,8	14,2
Каканд	1961-1990	-1,3	1,4	8,7	16,7	21,7	26	27,5	25,7	20,4	13,3	6,2	0,9	13,9
	1991-2020	0,4	3,2	10,1	16,7	21,8	26,5	28,4	26,7	21,6	14,2	7,0	1,5	14,8
Боз	1961-1990	-2,1	0,7	8,2	16,2	21,4	25,7	26,6	24,4	19,3	12,5	5,5	0,3	13,2
	1991-2020	-0,2	2,7	9,8	16,4	21,4	25,7	27,2	25,4	20,5	13,5	6,4	1,0	14,2
Пап	1961-1990	-1,0	1,7	8,9	16,6	21,8	26,2	27,4	25,5	20,5	13,6	6,8	1,4	14,1
	1991-2020	0,8	3,7	10,5	17,0	22,2	26,8	28,4	26,7	21,7	14,7	7,6	1,9	15,2
Кува	1981-2010	-0,2	2,7	9,3	16,2	21,0	25,7	27,0	25,2	20,3	13,6	7,1	1,3	14,1
	1991-2020	0,2	3,0	9,9	16,4	21,3	25,7	27,4	25,5	20,8	14	6,9	1,5	14,4
Наманган	1961-1990	-1,5	1,3	8,7	16,5	21,8	26,5	27,5	25,3	20,3	13,5	6,6	1,0	14,0
	1991-2020	0,5	3,4	10,3	16,8	22,1	26,9	28,5	26,7	21,6	14,7	7,5	1,8	15,1
Анджидан	1961-1990	-1,9	0,8	8,3	16,4	21,6	26,2	27,2	24,8	19,5	12,9	6,0	0,7	13,5
	1991-2020	-0,1	2,8	9,8	16,4	21,6	26,2	27,9	26,0	21,0	13,9	6,8	1,3	14,5
Фергана	1961-1990	-1,2	1,3	8,3	16,0	20,9	25,5	27,1	25,0	19,9	13,1	6,4	1,3	13,6
	1991-2020	0,5	3,2	9,9	16,3	21,4	25,9	27,9	26,3	21,2	14,1	7,2	1,9	14,7
Кургантепа	1961-1990	-2,7	-0,1	7,0	14,7	19,5	24,2	25,4	23,1	18,2	11,9	5,2	0,2	12,2
	1991-2020	-1,7	1,1	8,1	14,4	19,3	23,9	25,8	24,1	19,4	12,8	5,9	0,3	12,8
Сарыканда	1981-2010	-2,8	-0,3	5,7	12,1	16,2	20,4	22,2	21,1	16,4	9,9	4,5	-0,6	10,4
	1991-2020	-2,3	0,1	6,4	12,4	16,6	20,5	22,5	21,3	16,8	10,3	4,3	-0,5	10,7
Шахмардан	1981-2010	-2,7	-1,2	3,8	9,9	14	18,5	21,0	20,9	16,5	10,0	4,8	-0,4	9,6
	1991-2020	-2,4	-0,8	4,6	10,3	14,5	18,6	21,3	20,9	16,8	10,3	4,5	-0,5	9,8
Камчик	1981-2010	-5,7	-4,8	-0,8	5,3	9,9	14,9	17,7	17,5	12,8	6,2	1,2	-3,3	5,9
	1991-2020	-5,4	-4,5	0,0	5,7	10,5	15,0	17,8	17,3	12,9	6,5	0,9	-3,4	6,1

Таблица 3
Многолетнее среднее количество осадков на метеорологических станциях Ферганской долины
Table 3
Long-term average precipitation at meteorological stations in the Fergana Valley

Станция	Период, гг.	Месяцы												Годовая сумма
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Улугнар	1961-1990	17,3	20,3	22,7	17,5	13,4	8,1	3,7	3,2	3,5	16,9	18,3	20,7	165,6
	1991-2020	16,0	21,6	24,0	17,5	15,3	12,7	4,0	3,6	2,6	13,9	20,9	23,9	176,0
Каканд	1961-1990	12,5	14,2	17,0	13,3	12,9	5,2	4,2	2,6	2,5	11,4	8,8	12,0	116,6
	1991-2020	10,9	14,5	18,9	18,1	17,4	7,8	3,1	4,7	2,3	10,4	13,8	16,8	138,7
Боз	1961-1990	21,2	24,0	27,1	18,7	17,8	7,6	6,5	1,9	3,9	20,1	15,7	19,7	184,2
	1991-2020	19,3	25,3	26,6	20,9	20,0	12,1	4,7	4,1	2,6	15,1	24,0	26,5	201,2
Пап	1961-1990	17,7	17,9	25,5	21,8	14,3	8,6	4,5	2,5	2,4	15,4	12,3	18,1	161,0
	1991-2020	14,1	24,0	25,6	20,3	19,8	11,3	4,5	3,9	3,8	12,8	19,8	22,7	182,6
Кува	1981-2010	23,6	25,4	28,3	22,4	24,2	9,6	5,8	3,2	5,0	17,8	24,4	29,9	219,6
	1991-2020	22,4	26,7	28,8	24,6	25,1	12,1	4,6	4,0	3,8	15,7	26,7	28,9	223,4
Наманган	1961-1990	19,3	20,6	28,9	23,4	17,0	7,2	6,6	2,2	2,2	16,8	14,0	20,0	178,2
	1991-2020	16,9	27,6	27,4	24,0	24,4	12,0	4,3	3,1	3,8	14,4	23,9	25,3	207,1
Анджидан	1961-1990	25,9	32,5	36,6	28,0	20,7	8,4	5,7	2,2	3,8	25,9	22,4	24,5	236,6
	1991-2020	21,7	31,9	32,9	26,8	25,0	12,8	4,8	4,1	3,4	17,5	30,3	32,6	243,8
Фергана	1961-1990	19,1	23,8	26,8	21,0	19,4	6,7	5,8	2,1	4,6	19,1	14,1	15,2	177,7
	1991-2020	16,0	21,6	25,1	22,5	21,4	13,6	4,5	3,8	4,0	13,9	18,9	22,0	187,3
Кургантепа	1961-1990	38,2	47,0	56,7	51,5	33,9	12,1	8,8	3,8	7,4	38,2	33,9	31,9	363,4
	1991-2020	30,4	43,5	48,2	45,4	42,7	19,8	7,1	6,4	6,8	25,5	41,5	41,0	358,3
Сарыканда	1981-2010	20,2	28,2	39	46,3	55,5	41,3	27,5	12,5	12,3	22,9	22,8	26,9	355,4
	1991-2020	19,8	29,9	38,3	49,2	56,1	43,6	20,4	12,9	9,8	19,7	22,8	27,2	349,7
Шахимардан	1981-2010	19,7	28,3	45,1	63,4	74,5	56,1	48,7	20,4	15,4	32,5	24,5	26,1	454,7
	1991-2020	19,0	31,0	44,7	64,7	78,9	65,2	44,0	21,7	13,8	29,2	25,3	27,0	464,5
Камчик	1981-2010	67,9	81,6	90,4	94,6	69,4	38,0	21,8	12,0	13,9	61,3	72,7	81,6	705,2
	1991-2020	69,7	82,9	80,1	93,4	76,4	46,0	21,9	14,1	16,7	52,4	78,4	80,6	712,6

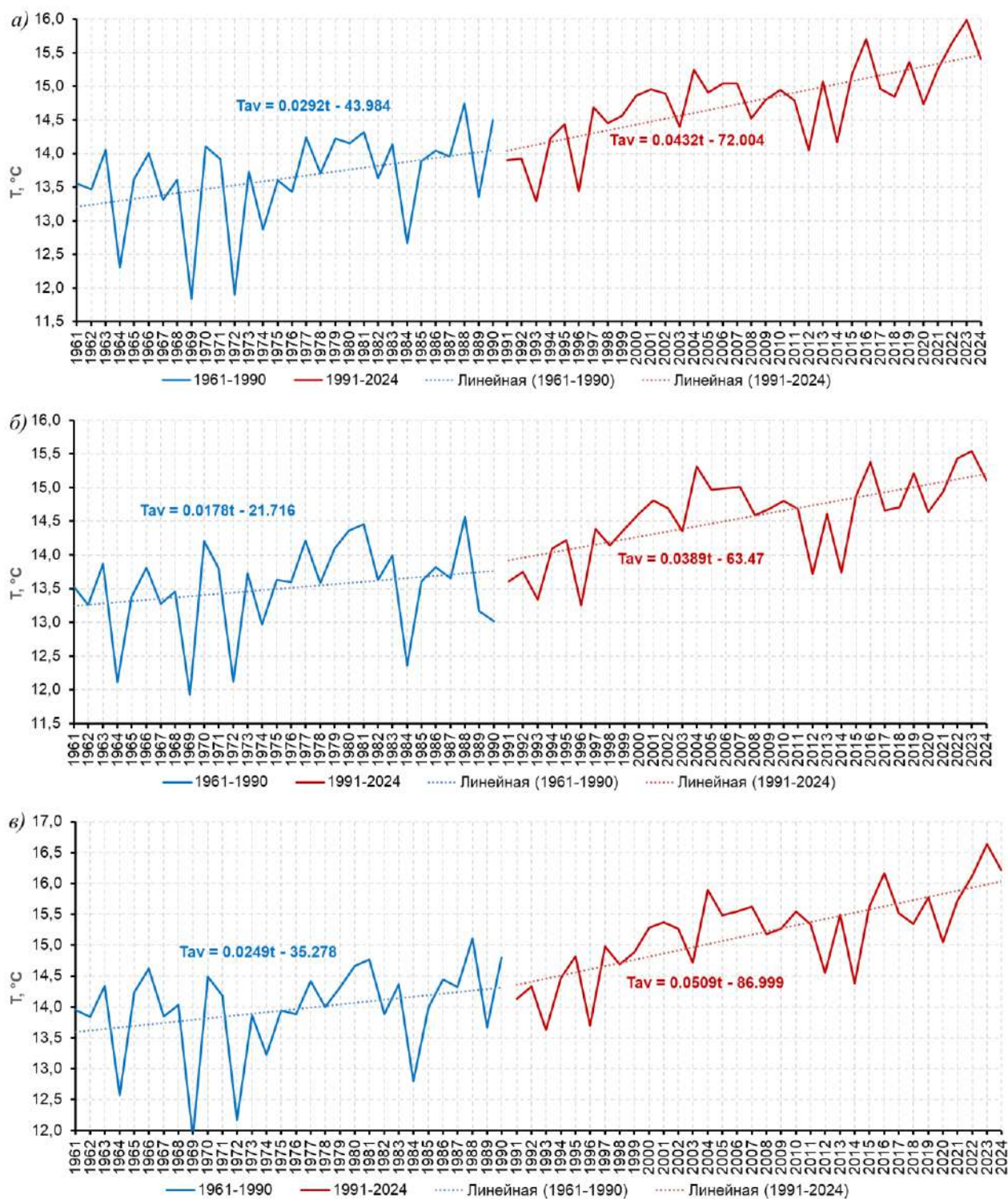


Рис. 1. Межгодовая изменчивость средней годовой температуры воздуха в Фергане (а), Андижане (б) и Намангане (в)

Fig. 1. Interannual variability of average annual air temperature in Fergana (a), Andijan (б) and Namangan (в)

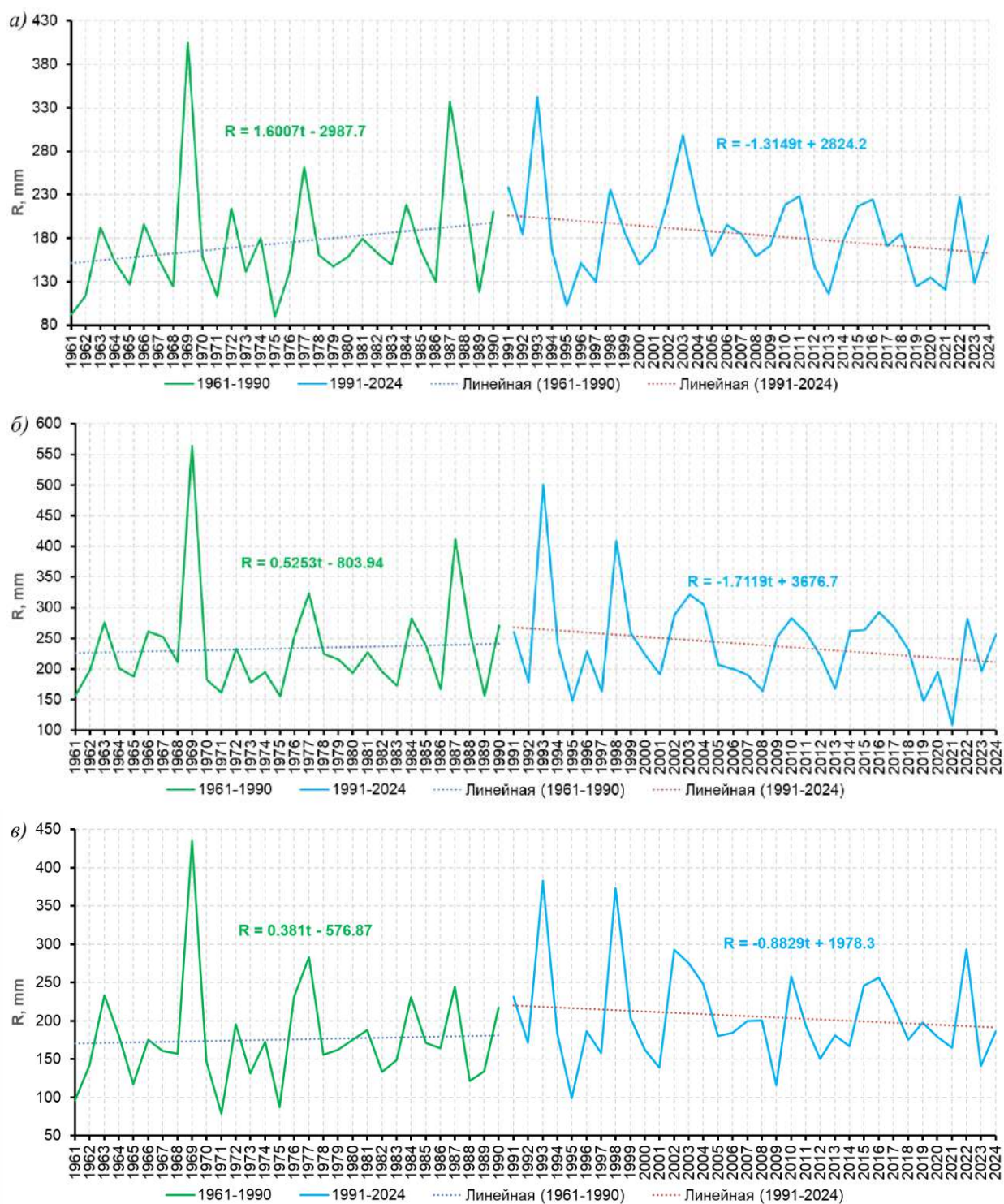


Рис. 2. Межгодовая изменчивость годовой суммы осадков в Фергане (а), Андижане (б) и Намангане (в)

Fig. 2. Interannual variability of annual precipitation in Fergana (a), Andijan (б) and Namangan (в)

Таблица 4

Значения Zs теста Манн-Кендалла для температуры воздуха и осадков для периодов 1961-1990 гг. и 1991-2024 гг.

Table 4

Zs values of the Mann-Kendall test for air temperature and precipitation for the periods 1961-1990 and 1991-2024

Станция	Параметры теста	Температура воздуха		Атмосферные осадки	
		1961-1990 гг.	1991-2024 гг.	1961-1990 гг.	1991-2024 гг.
Улугнар 1975-1990 гг.	Zs	0,23	2,67**	0,50	-0,31
	наклон Сена	0,12	0,26	27,62	-2,93
Коканд	Zs	3,10**	1,19	0,43	0,55
	наклон Сена	0,37	0,17	4,11	4,38
Боз	Zs	0,96	3,26**	1,39	-0,46
	наклон Сена	0,15	0,28	15,58	-5,64
Пап	Zs	0,93	3,59***	1,14	-0,59
	наклон Сена	0,12	0,35	12,16	-4,50
Кува	Zs	0,43	2,99**	1,03	-0,55
	наклон Сена	0,06	0,30	10,33	-7,09
Наманган	Zs	1,82+	4,65***	0,64	-0,47
	наклон Сена	0,19	0,53	8,00	-3,40
Андижан	Zs	1,28	4,15***	0,50	-0,56
	наклон Сена	0,16	0,38	7,32	-6,70
Фергана	Zs	2,14*	4,51***	1,68+	-1,19
	наклон Сена	0,24	0,42	17,17	-8,83
Кургантепа	Zs	0,07	3,59***	0,04	-1,11
	наклон Сена	0,01	0,35	0,92	-18,22
Сарыканда 1972-1990 гг.	Zs	0,00	4,24***	0,98	-1,01
	наклон Сена	0,01	0,35	0,92	-18,22
Шахимардан 1972-1990 гг.	Zs	1,05	3,14***	1,19	-0,56
	наклон Сена	0,35	0,38	40,33	-5,89
Камчик 1983-2024 гг.	Zs	-	4,20***	-	1,04
	наклон Сена	-	0,34	-	22,19

Примечание: Проверенные уровни значимости: *** для $p < 0,001$, ** для $p < 0,01$, * для $p < 0,05$, + для $p \geq 0,1$.

Note: Tested significance levels: *** for $p < 0.001$, ** for $p < 0.01$, * for $p < 0.05$, + for $p \geq 0.1$

Анализ распределения фаз ENSO по данным MEI.v2. Анализ охватывает период с января 1990 года по декабрь 2024 года. Индекс MEI.v2 рассчитывается для 12 перекрывающихся двухмесячных сезонов в году (например, декабрь-январь (DJ), январь-февраль (JF), февраль-март (FM) и т.д.), что даёт в сумме 420 значений за 35 лет. Для определения фазы применялись следующие пороговые значения: $MEI.v2 \geq +0,5$ – фаза El Niño, $MEI.v2 \leq -0,5$ – фаза La Niña, $-0,5 < MEI.v2 < +0,5$ – фаза Neutral.

На первом этапе было определено распределение фаз ENSO по годам за весь исследуемый период. Данные, приведенные на рис. 3 и в табл. 5, наглядно демонстрируют современную эпоху La Niña с 2000 по 2025 годы.

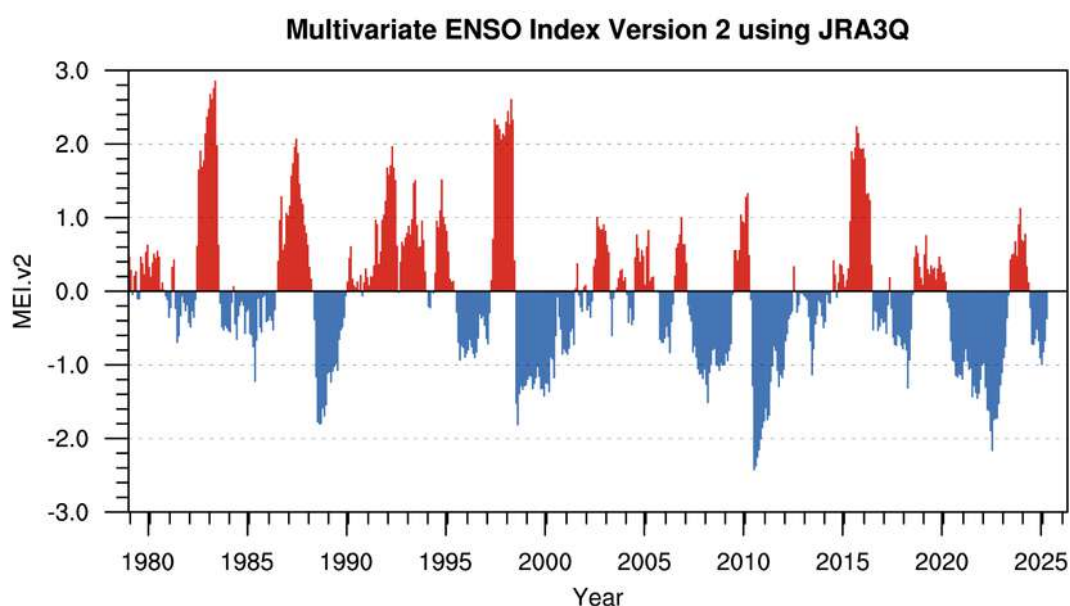


Рис. 3. Межгодовая изменчивость фаз ENSO (1979-2025 гг.)

Fig. 3. Interannual variability of ENSO phases (1979-2025)

Таблица 5

Распределение фаз ENSO по годам (1990-2024 гг.)

Table 5

ENSO phase distribution by year (1990-2024)

Год	Месяцы				Год	Месяцы			
	El Niño	La Niña	Neutral	Всего		El Niño	La Niña	Neutral	Всего
1990	1	0	11	12	2008	0	12	0	12
1991	6	0	6	12	2009	5	5	2	12
1992	10	0	2	12	2010	3	7	2	12
1993	11	0	1	12	2011	0	12	0	12
1994	6	0	6	12	2012	0	3	9	12
1995	2	5	5	12	2013	0	3	9	12
1996	0	8	4	12	2014	0	1	11	12
1997	8	2	2	12	2015	8	0	4	12
1998	5	6	1	12	2016	5	2	5	12
1999	0	12	0	12	2017	0	7	5	12
2000	0	10	2	12	2018	2	6	4	12
2001	0	6	6	12	2019	2	0	10	12
2002	5	0	7	12	2020	0	7	5	12
2003	3	1	8	12	2021	0	12	0	12
2004	3	0	9	12	2022	0	12	0	12
2005	2	3	7	12	2023	5	3	4	12
2006	5	3	4	12	2024	3	6	3	12
2007	1	7	4	12					

В целом за 1990-2024 гг. суммарное распределение фаз ENSO составило: El Niño – 101 сезон (24,1 %); La Niña – 161 сезон (38,3 %); Neutral – 158 сезонов (37,6 %) (рис. 4).

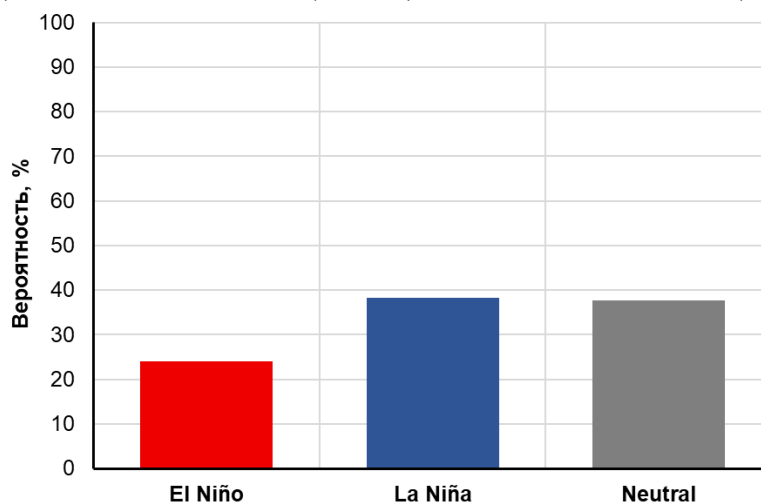


Рис. 4. Распределение ENSO фаз (%) за 1990-2024 годы

Fig. 4. Distribution of ENSO phases (%) for 1990-2024

Далее, данные были агрегированы по десятилетиям (1990-1999 гг., 2000-2009 гг., 2010-2019 гг., 2020-2024 гг.) и подсчитаны относительные вероятности возникновения каждой фазы (табл. 6).

Таблица 6

Распределение фаз ENSO по декадам (1990-2024 гг.)

Table 6

Distribution of ENSO phases by decades (1990-2024)

Декада	El Niño (число случаев)	La Niña (число случаев)	Neutral (число случаев)
1990-1999 гг.	40,8 % (49)	27,5 % (33)	31,7 % (38)
2000-2009 гг.	20,0 % (24)	39,2 % (47)	40,8 % (49)
2010-2019 гг.	16,7 % (20)	34,2 % (41)	49,2 % (59)
2020-2024 гг.*	13,3 % (8)	66,7 % (40)	20,0 % (12)

Примечание: * период включает только пять лет (60 сезонов).

Note: * the period includes only five years (60 seasons).

Для использования в составлении десятилетнего прогноза режима осадков на 2025-2034 гг., было рассчитано распределение фаз ENSO по десятилетиям. Динамика вероятностей фаз представлена на рис. 5. Распределение фаз ENSO демонстрирует существенную междекадную изменчивость. Наиболее выраженной фазой 1990-х годов был El Niño, который наблюдался в 40,8% всех сезонов десятилетия. Это отражает влияние сильных эпизодов, таких как El Niño 1991-1992 гг., и особенно интенсивного события 1997-1998 гг. Влияние этих фаз ощущалось глобально, включая сильные осадки, засухи и температурные аномалии по всему миру. Однако начиная с 2000-х годов наблюдается снижение частоты El Niño и одновременный рост La Niña и нейтральных условий. В 2000-е и особенно в 2010-е годы нейтральная фаза становится доминирующей. Это может быть связано как с естественной изменчивостью системы ENSO, так и с многолетними

циклами, такими как Тихоокеанское десятилетнее колебание (PDO – Pacific Decadal Oscillation).

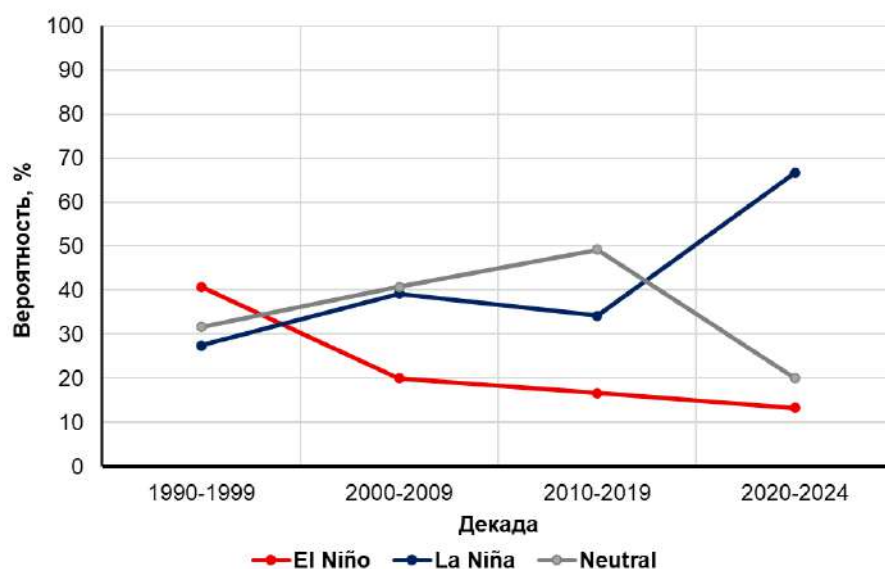


Рис. 5. Распределение фаз ENSO по декадам в период 1990-2024 гг. (%)

Fig. 5. Distribution of ENSO phases by decades in the period 1990-2024 (%)

Наиболее заметным является доминирование холодной фазы в 2020-х годах: 66,7 % всех сезонов были фазой La Niña. Это соответствует трёхлетнему эпизоду La Niña 2020-2023 гг., который считается одним из наиболее продолжительных с 1950-х годов. Данное явление сопровождалось характерными климатическими эффектами, включая засушливые условия в Восточной Африке и увеличение осадков в Австралии и Индонезии.

Интересно отметить, что несмотря на глобальную тенденцию потепления, которое может модифицировать интенсивность и структуру ENSO, фаза La Niña в последние годы наблюдалась чаще. Однако длительность периода анализа (всего 5 лет в 2020-х) требует осторожности при экстраполяции трендов.

Таким образом, анализ фазы ENSO по индексу MEI.v2 за 1990-2024 годы выявил значительную междекадную изменчивость с переходом от преобладания El Niño в 1990-х к доминированию La Niña в 2020-х. За весь период холодная и нейтральная фазы встречались почти с одинаковой вероятностью (около 38%), в то время как тёплая фаза наблюдалась только в одном из четырёх сезонов. Эти данные подчеркивают необходимость учёта ENSO-циклов в региональном климатическом моделировании и долгосрочном планировании в сфере сельского хозяйства, водных ресурсов и управления рисками стихийных бедствий.

ENSO и осадки: ретроспективный анализ. В табл. 7 представлены суммарные аномалии осадков, рассчитанные за период 1991-2024 гг. по фазам ENSO, а также их среднегодовые значения. Аномалия рассчитывалась как разница между среднемесячным количеством осадков и фактическим месячным значением осадков.

Из таблицы следует, что при фазе El Niño всегда отмечается положительная аномалия осадков, а при фазах La Niña и Neutral аномалии отрицательны.

Таблица 7

Аномалии количества осадков в различные фазы ENSO (1991-2024 гг.)

Table 7

Precipitation anomalies in different ENSO phases (1991-2024)

Станция	El Niño, мм	La Niña, мм	Neutral, мм	Среднегодовые осадки, мм
Улугнар	266,17	-166,41	-99,76	173,9
Коканд	238,2	-107,52	-130,68	138,0
Боз	285,51	-190,06	-95,45	197,1
Пап	224,93	-63,96	-160,98	183,9
Кува	351,1	-173,82	-177,28	218,8
Наманган	364,58	-219,08	-145,5	206,5
Андижан	417,52	-255,35	-162,17	239,5
Фергана	259,57	-103,58	-155,98	184,6
Кургантепа	656,38	-493,58	-162,8	352,6
Сарыканда	375,06	-150,44	-224,62	344,4
Шахимардан	322,42	-163,38	-159,04	458,9
Камчик	1011,6	-752,33	-259,27	713,9

Прогноз осадков на 2025-2034 гг. В первоначальном подходе рассчитан прогноз осадков на 2025-2034 гг. с учётом выявленных вероятностей фаз ENSO: El Niño – 24,1%, La Niña – 38,3%, Neutral – 37,6% (см. рис. 3). Расчёты с использованием вероятностей фаз ENSO аналогичны подходам, описанным в [Ropelewski, Halpert, 1987; Taschetto, Dommenget, 2012]. В табл. 8 приведен ожидаемый суммарный эффект всех трех фаз ENSO на количество осадков. Высота расположения метеостанции влияет на избыток или недостаток месячных осадков относительно среднемесячных значений. Максимальное отрицательное отклонение характерно для станции Камчик (2000 м н.у.м.). Особое место занимают станции Пап и Коканд, где важную роль играет орографическое экранирование.

Таблица 8

Результаты прогноза количества осадков на период 2025-2034 гг.

Table 8

Results of the precipitation forecast for the period 2025-2034

Станция	ENSO-модифицированная аномалия осадков, мм	Прогноз осадков, мм (2025-2034 гг.)
Улугнар	-37,1	136,8
Коканд	-32,9	105,1
Боз	-39,9	157,2
Пап	-30,8	153,1
Кува	-48,6	170,2
Наманган	-50,8	155,7
Андижан	-58,2	181,3
Фергана	-35,8	148,8
Кургантепа	-92,1	260,5
Сарыканда	-51,7	292,7
Шахимардан	-44,7	414,2
Камчик	-141,8	572,1

При сценарии, что вероятности наступления фазы La Niña в прогнозируемом десятилетии будут сохраняться, ожидается уменьшение годовых осадков по всем станциям. Полученные результаты согласуются с результатами ранее проведенных исследований [Kug et al., 2009; McPhaden et al., 2006; Taschetto, Dommenges, 2012].

По мнению ряда исследователей в ближайшие десятилетия нас ждет эпоха El Niño [Lu et al., 2025]. Учитывая тот факт, что эпоха La Niña (началась с 2000-годов) заканчивается, в течение которой особенно характерными были последние 5 лет, должно произойти увеличение вероятности фазы El Niño. В целях оценки этой вероятности по данным индекса температуры поверхности океана за более длительный период (1950-2025 гг.) были рассчитаны вероятности фаз ENSO. На более длительном ряду были получены следующие вероятности: El Niño 37%, La Niña 23% и Neutral около 40%. Расчеты показывают, что при таком распределении фаз ENSO среднегодовое количество осадков в Ферганской долине увеличится от 3 до 7%.

Заключение. Как свидетельствуют полученные результаты, ENSO оказывает статистически значимое влияние на режим осадков в Ферганской долине. При сценарии, что будут сохраняться условия La Niña в 2025-2034 гг. дефицит осадков будет увеличиваться. Прогностическая оценка количества осадков для этого сценария показывает существенное снижение среднегодовых осадков для всех станций (от 33 мм до 142 мм). Преобладание фазы La Niña в ближайшем десятилетии приведет к недобору осадков по территории Андижанской, Наманганской и Ферганской областей, которое в среднем может составить более 50 мм, а это порядка 1 млрд м³ воды.

Согласно второму, более оптимистическому сценарию, в ближайшей перспективе ожидается увеличение вероятности фазы El Niño. При таком раскладе ожидается, что среднегодовое количество осадков в Ферганской долине увеличится от 3 до 7%, это порядка 0,25 млрд м³ воды.

Результаты исследования могут быть использованы в разработке мер по смягчению негативных последствий изменения климата при планировании и адаптации водного и аграрного секторов, а также связанными с ними секторами экономики.

Благодарности. Исследование выполнено в Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте в рамках прикладного проекта AL-9124093586 «Создание программного продукта для количественной оценки влияния атмосферных рек на осадки на территории Узбекистана на основе изучения движения водяного пара на разных уровнях», финансируемого Агентством инновационного развития Республики Узбекистан. Авторы признательны Узгидромету за предоставленную информацию с 12 метеорологических станций Ферганской долины.

Вклад авторов. Авторы имеют одинаковый вклад, конфликт интересов отсутствует. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Бабушкин О.Л., Инагамова С.И. Влияние Эль-Ниньо на синоптические процессы Средней Азии // Проблемы освоения пустынь. 2019. № 34. – С. 17-23.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Клещенко Л.К., Аристов Л.Н. О связи климатических аномалий на территории России с явлением Эль-Ниньо – Южное колебание // Метеорология и гидрология. 1999. № 5. – С. 32-51.

Скрипникова Л.Е. Влияние Эль-Ниньо на погоду в Узбекистане // Тр. НИГМИ. 2006. Вып. 6 (251). – С. 77-88.

- Alimkulov S., Makhmudova L., Talipova E. et al.* Assessment of the impacts of climate change on drought intensity and frequency using SPI and SPEI in the Southern Pre-Balkash region, Kazakhstan // *Watershed Ecology and the Environment*. 2025. Vol. 7. – PP. 11-22. doi.org/10.1016/j.wsee.2024.12.001.
- Ashok K., Behera S.K., Rao S.A., Weng H., Yamagata T.* El Niño Modoki and its possible teleconnection // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2007. Vol. 112, № C11. DOI: 10.1029/2006JC003798
- Gilbert R.O.* Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. NY: Wiley, 1987.
- IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis // Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge: Cambridge University Press, 2021. DOI: 11017/9781009157896
- Kendall M.G.* Rank Correlation Methods. 4th edition. London: Charles Griffin, 1975.
- Kong L., Li Y., Ma L. et al.* Climate Change Impacts and Atmospheric Teleconnections on Runoff Dynamics in the Upper-Middle Amu Darya River of Central Asia // *Water*. 2025. Vol. 17(5). 721. https://doi.org/10.3390/w17050721
- Kug J.-S., Jin F.-F., An S.-I.* Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño // *Journal of Climate*. 2009. Vol. 22, № 6. – PP. 1499-1515. DOI: 10.1175/2008JCLI2624.1
- Lu Z., Schultze A., Carré M. et al.* Increased frequency of multi-year El Niño–Southern Oscillation events across the Holocene // *Nature Geoscience*. 2025. Vol. 18. – PP. 337–343. https://doi.org/10.1038/s41561-025-01670-y
- Mann H.B.* Nonparametric tests against trend // *Econometrica*. 1945. Vol. 13. No. 3. – PP. 245-259. doi.org/10.2307/1907187.
- McPhaden M.J., Zebiak S.E., Glantz M.H.* ENSO as an integrating concept in Earth science // *Science*. 2006. Vol. 314, № 5806. – PP. 1740-1745. DOI: 10.1126/science.1132588
- Ropelewski C.F., Halpert M.S.* Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation // *Monthly Weather Review*. 1987. Vol. 115, № 8. – PP. 1606-1626. DOI: 10.1175/1520-0493(1987)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2
- Sen P.K.* Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau // *Journal of the American Statistical Association*. 1968. Vol. 63. – PP. 1379-1389.
- Sun Y., Chen X., Yu Y. et al.* Spatiotemporal Characteristics of Drought in Central Asia from 1981 to 2020 // *Atmosphere*. 2022. Vol. 13. 1496. doi.org/ 10.3390/atmos13091496
- Tangjialeke W., Zou J., Ding J. et al.* Analysis of drought response thresholds and drought-causing factors of Central Asian vegetation // *Ecological Indicators*. 2024. Vol. 169. 112926. doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112926.
- Taschetto A.S., Dommenges D.* The influence of ENSO on global mean temperature // *Climate Dynamics*. 2012. Vol. 38, № 5-6. – PP. 927-949. DOI: 10.1007/s00382-011-1098-0
- Theil H.* A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. In *Henri Theil's Contributions to Economics and Econometrics*. Berlin: Springer, 1992. – PP. 345-381.
- Trenberth K.E., Jones P.D., Ambenje P. et al.* The evolution of the El Niño–Southern Oscillation and global atmospheric surface temperatures // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2002. Vol. 107, № D8. DOI: 10.1029/2000JD000298
- Wolter K., Timlin M.S.* El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.v2) // *International Journal of Climatology*. 2011. Vol. 31, № 7. – PP. 1074-1087. DOI: 10.1002/joc.2336
- Yan X., Batehyi E., Liu Q.* How ENSO events modulate seasonal precipitation in Central Asia // *Atmospheric Research*. 2022. Vol. 265:105952. DOI: 10.1016/j.atmosres.2021.105952

ЭЛ-НИНЬО-ЖАНУБИЙ ТЕБРАНИШ ФАЗАЛАРИНИНГ ФАРҒОНА ВОДИЙСИ ИҚЛИМИЙ ПАРАМЕТРЛАРИГА ТАЪСИРИ: ЎТМИШ ҲОЛАТИ ВА ЎН ЙИЛЛИК ПРОГНОЗ

М.Н. БОБОХОНОВА¹, С.У. БЕГМАТОВ¹, З.Ш. ЎСАРОВ¹, Б.Ш. КАДИРОВ¹,
И.А. КАРИМОВ², А.Б. НАРЗУЛЛАЕВ², Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,3}

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, bkadirov53@gmail.com

² Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги

³ Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, b.xolmatjanov@nuu.uz

Аннотация. Мақолада Эл-Ниньо-Жанубий тебраниш (ENSO) фазаларининг 1991-2024 йиллар давомида Фарғона водийсида иқлимий параметрларга таъсири баҳоланган, асосий эътибор ёгинлар ва ҳаво ҳарорати режимига қаратилган. 12 та метеорология станциялари маълумотлари асосида ёгинлар ва ҳарорат аномалиялари таҳлил қилиниб, Манн-Кендалл тести ва Тейл-Сен усули ёрдамида статистик жиҳатдан аҳамиятли ўзгаришлар аниқланган. El Niño фазаси ёгинлар миқдорининг ортиши, La Niña фазаси эса ёгинларнинг камайиши билан боғлиқлиги аниқланган; шу билан бирга ҳаво ҳароратининг доимий кўтарилиши таъминли кузатилмоқда. ENSO фазалари эҳтимоллигига асосланиб 2025-2034 йилларга мўлжалланган сценарий прогнози La Niña ҳукмронлигида ёгингарчилик кам бўлиши хавфини кўрсатди. Олинган натижалар сув хўжалиги ва қишлоқ хўжалигини режалаштириши, иқлимни моделлаштириши ва иқлим ўзгаришига мослашишида амалий аҳамиятга эга.

Калит сўзлар: ENSO, El Niño, La Niña, MEI.v2, ёгинлар, ҳарорат, Фарғона водийси, иқлимий прогноз.

INFLUENCE OF EL-NIÑO – SOUTHERN OSCILLATION PHASES ON CLIMATIC PARAMETERS IN THE FERGANA VALLEY: RETROSPECTIVE AND TEN-YEAR FORECAST

M.N. BOBOKHONOVA¹, S.U. BEGMATOV¹, Z.Sh. USAROV¹, B.Sh. KADIROV¹,
I.A. KARIMOV², A.B. NARZULLAYEV², B.M. KHOLMATJANOV^{1,3}

¹ Hydrometeorological Research Institute, bkadirov53@gmail.com

² Agency of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan

³ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, b.xolmatjanov@nuu.uz

Abstract. The article is aimed at assessing the influence of the El-Niño-Southern Oscillation (ENSO) phases on the climatic parameters of the Fergana Valley during 1991-2024, taking into account the precipitation regime and air temperature. Based on data from 12 meteorological stations, an analysis of precipitation and temperature anomalies was carried out, and statistically significant trends were identified using the Mann-Kendall test and the Taylor-Sen method. It was established that the El Niño phase is associated with an increase in precipitation, and the La Niña phase is associated with a decrease in precipitation, while a constant trend towards an increase in air temperature is observed. A scenario forecast for 2025-2034, based on the probability of ENSO phases, indicates a risk of low rainfall during La Niña's reign. The obtained results are of practical importance for water management and agricultural planning, climate modeling, and adaptation to climate change.

Keywords: ENSO, El Niño, La Niña, MEI.v2, precipitation, temperature, Fergana Valley, climatic forecast.

REFERENCES

Babushkin O.L., Inagamova S.I. Vliyanie El-Nino na sinopticheskiye protsessi Sredney Azii [The Influence of El-Niño on Synoptic Processes in Central Asia] // Problemi osvoyeniya pustin. 2019. № 34. – PP. 17-23. (in Russian)

Gruza G.V., Rankova E.Ya., Kleshenko L.K., Aristova L.N. O svyazi klimaticheskix anomalii na territorii Rossii s yavleniyem El-Nino – Yujnoye kolebaniye [On the connection of climatic anomalies in the territory of Russia with the phenomenon of El Niño – Southern Oscillation] // Meteorologiya i gidrologiya. 1999. № 5. – PP. 32-51. (in Russian)

Skripnikova L.Ye. Vliyanie El-Nino na pogodu v Uzbekistane [The Influence of El-Nino on the Weather in Uzbekistan] // Tr. NIGMI. 2006. Vip. 6 (251). – PP. 77-88. (in Russian)

УДК: 556.166:551.577:528.9

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РИСКА СЕЛЕВЫХ И ПАВОДКОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧИРЧИК НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ

Х.А. ИМАМДЖАНОВ, Б.Ш. КАДЫРОВ*, С.Г. ФИЛИПPOB, С.Н. САЙДИЛЛАЕВА

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, bkadirov53@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается вопрос оценки риска селевых и паводковых явлений в условиях изменения климата и участившихся погодных аномалий. Целью работы является разработка комплексного подхода к оценке гидрологических рисков на основе IDF-кривых, радиолокационных данных и ГИС-технологий. Объектом исследования выбран бассейн реки Чирчик (восточный Узбекистан), характеризующийся сложным горным рельефом, выраженной сезонностью осадков и повышенной уязвимостью к экстремальным гидрометеорологическим явлениям. Методология основана на анализе интенсивности осадков по данным автоматической метеостанции, аппроксимации IDF-кривых, построении зависимости водного стока от отражаемости (dBz), а также использовании цифровой модели рельефа для уточнения зон риска. Основные результаты включают построение сезонных и сводных IDF-кривых, определение коэффициентов региональной зависимости $Q = f(Z)$, а также выделение потенциально опасных участков русловой сети с учётом морфологических факторов. Обсуждение и практическая значимость полученных результатов связаны с возможностью применения разработанного подхода в региональных системах предупреждения и планирования защитных мероприятий на локальном уровне.

Ключевые слова. IDF-кривые, паводок, отражаемость, водосбор, радиолокация, ГИС, АМС «Ходжикент», бассейн реки Чирчик.

Введение. В последние десятилетия наблюдается рост частоты и интенсивности экстремальных осадков, особенно в горных регионах Центральной Азии. Это приводит к учащению селевых и паводковых процессов, наносящих значительный ущерб населённым пунктам, инфраструктуре и сельскому хозяйству. Проблема усугубляется недостаточной плотностью наземной наблюдательной сети, особенно в труднодоступных районах. В связи с этим возрастает значение инструментов, способных обеспечить высокоточное и оперативное моделирование гидрологических рисков на локальном уровне.

Одним из таких инструментов являются IDF-кривые (интенсивность–длительность–частота), широко применяемые в инженерной гидрологии для оценки вероятности выпадения осадков различной интенсивности и продолжительности. В сочетании с данными

* Масъул муаллиф: bkadirov53@gmail.com, тел.: +998 90 174-85-86

метеорологической радиолокации и возможностями геоинформационного анализа они открывают новые перспективы в моделировании водосборных процессов и оценке паводкоопасности.

Настоящее исследование направлено на разработку комплексного подхода, сочетающего IDF-анализ, радиолокационные данные и ГИС-технологии для оценки риска селевых и паводковых явлений в бассейне реки Чирчик – одном из наиболее уязвимых к экстремальным осадкам регионов Узбекистана. Такой подход позволяет не только уточнять параметры стока, но и формировать оперативные карты угроз, что особенно важно в условиях климатической изменчивости и недостаточной мониторинговой информации.

Объектом исследования является бассейн реки Чирчик, расположенный в восточной части Узбекистана (рис. 1). Этот регион включает горные и предгорные территории с резко выраженной сезонностью осадков и активными геоморфологическими процессами. Особое внимание уделено реке Угам – важному притоку Чирчика, протяжённостью 68,5 км и площадью водосбора 869 км². Угам имеет быстрое течение, ниже Угамского лесхоза его скорость составляет 1,6 м/с, далее, на участке между впадением притоков Караташсай и Талассай возрастает до 2,6 м/с. Ширина реки в среднем течении (урочище Бугунчалпек) составляет 20 м, глубина – 1,0 м в некоторых местах до 3 м, грунт дна – каменистый; ширина в нижнем течении (выше посёлка Чарвак) – 24 м, глубина – 70 см, грунт дна – вязкий. Русло Угама порожисто [Угам ...]. Район отличается высоким уклоном русла (в среднем 34 м/км), преобладанием снегового и дождевого питания, а также эпизодическими вспышками селевых и паводковых явлений.

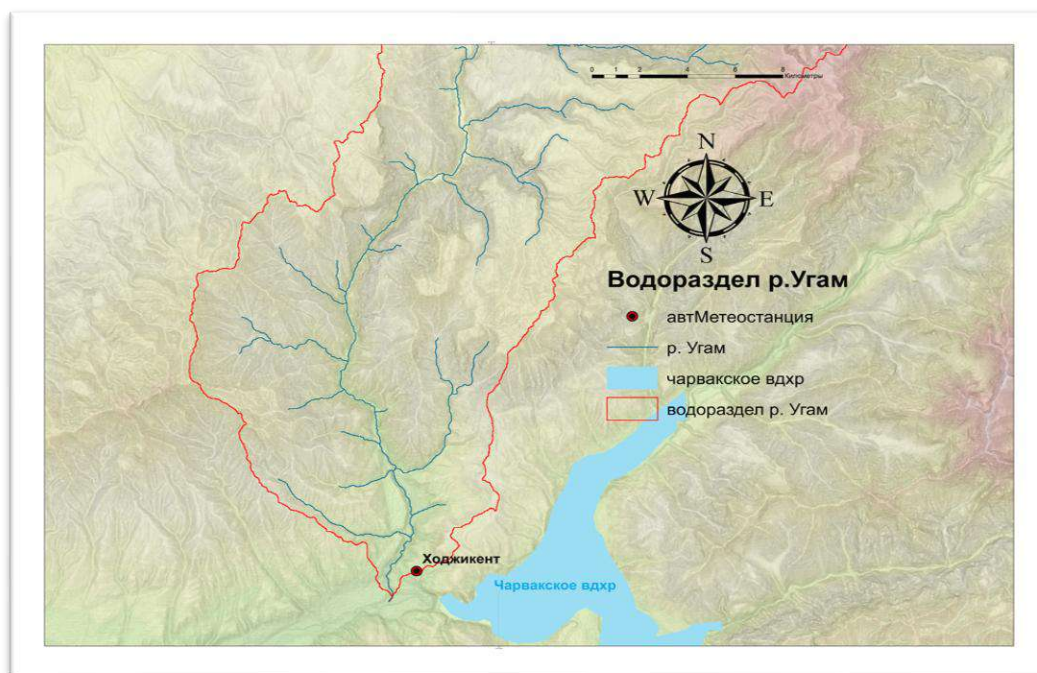


Рис. 1. Физико-географическое положение бассейна реки Угам

Fig. 1. Physical and geographical location of the Ugam River basin

Целью исследования является разработка методики оценки риска селевых и паводковых явлений в бассейне реки Чирчик на основе интеграции данных метеорологических радиолокаторов (МРЛ). Методы оперативного оповещения о ливневых паводках на основе радиолокационного контроля также рассматривались в [Абшаев, Лиев, 2007], IDF-кривых и

ГИС-технологий для оперативного прогнозирования и управления гидрологическими рисками. **Задачами исследования** являются построение эмпирических зависимостей между интенсивностью и продолжительностью осадков (IDF-кривых) на основе данных автоматических метеостанций (АМС), анализ сезонных особенностей осадков и определение зон потенциального риска в пределах водосборного бассейна.

Исходные данные и методы исследования. В исследовании использованы почасовые данные АМС «Ходжикент» об осадках за апрель 2024 года и за март-июнь 2025 года. Калибровка этих данных произведена с помощью формулы Маршала-Пальмера и построения IDF-кривых. Использование почасовых данных обеспечивает высокую точность оценки интенсивности осадков (например, максимальная интенсивность 7 мм/3 часа при грозовом дожде). Радиолокационная отражаемость Z (дБz), получена с метеорологического радиолокатора «Гашкент» и использована для расчета интенсивности осадков I с учетом пространственного распределения. Цифровая модель рельефа (ЦМР) SRTM (500x500 м), данные о почвах, растительности и карты осадков обработаны в среде ГИС. В качестве картографической основы использовались данные OpenStreetMap.

В условиях климатической изменчивости и локализованных осадков традиционные методы оценки паводковых и селевых рисков нередко оказываются недостаточно чувствительными к локальным особенностям рельефа и микроклимата. В данной работе реализован комплексный подход, сочетающий IDF-анализ, ГИС-технологии и автоматизированную обработку метеоданных, включая отражаемость по метеорологическому локатору (дБz) с последующим расчётом интенсивности осадков [Баттан, 1962; Довиак и др., 1988; Степаненко, 1966; Волкова и др., 2009;] и стока [Михайлов и др., 2017; Туляганов и др., 2016] по эмпирическим формулам, в том числе Маршала-Пальмера, адаптированных для региона АМС «Ходжикент». Подход с использованием безразмерного индекса временной структуры осадков был предложен в работе [Moncho et al., 2016].

Такой подход позволяет не только уточнять значения стока и риски паводков, но и формировать динамичные карты опасности, привязанные к реальным долинам, где нередко наблюдаются опасные процессы [Сайдиллаева и др., 2025].

Максимальный расход паводка определялся как функция радиолокационной отражаемости, измеряемой метеорологическими радиолокаторами (МРЛ):

$$Q = f(Z), \quad (1)$$

где: Q – максимальный расход паводка ($\text{м}^3/\text{с}$), Z – радиолокационная отражаемость, измеряемая метеорологическими радиолокаторами (МРЛ), ($\text{мм}^6/\text{м}^3$).

Функция Q описывает зависимость максимального расхода паводка от радиолокационной отражаемости Z через цепочку преобразований, включающую интенсивность осадков R и IDF-кривые.

Радиолокационная отражаемость задается в виде степенной функции от интенсивности осадков с использованием эмпирической формулы Маршала-Пальмера:

$$Z = A \cdot I^b, \quad (2)$$

где: A и b – коэффициенты, калиброванные по данным АМС «Ходжикент» (например, $A = 30$, $b = 0,301$), I – интенсивность осадков ($\text{мм}/\text{ч}$).

Далее интенсивность осадков анализируется с помощью IDF-кривых, которые связывают R , продолжительность осадков t и вероятность их возникновения. На основе R , с учетом морфометрических характеристик водосбора (площадь, уклон, тип почвы),

рассчитывается интенсивность дождевого потока q_0 , которая используется в формуле максимального расхода:

$$Q_m = \frac{q_0}{1 + \frac{q_0 \cdot L}{h_d \cdot V}} F, \quad (3)$$

где: Q_m – максимальный расход воды (м³/с), q_0 – интенсивность дождевого потока (м/с), L – длина потока (м), h_d – слой дождевого стока (м), V – скорость стекания при максимальном дождевом расходе воды (м/с), F – площадь водосборного бассейна (м²).

Необходимо отметить, что кривые IDF описывают три основных элемента: продолжительность – интересующий нас период времени, типичные кривые IDF включают экстремальные периоды выпадения осадков продолжительностью от 5 минут до 24 часов; интенсивность – средняя скорость выпадения осадков за определённый период времени, в таких единицах измерения, как мм/ч; частота – для планирования экстремальных событий определенной продолжительности и интенсивности важно знать, как часто происходят такие события.

Таким образом, $Q = f(Z)$ интегрирует данные МРЛ, АМС и гидрологические параметры для оперативного прогнозирования паводков.

IDF-кривые «интенсивность-длительность-частота» (Intensity-Duration-Frequency) описывают зависимость интенсивности осадков I от их продолжительности t и частоты возникновения. Они построены на основе почасовых данных АМС «Ходжикент» с использованием эмпирической формулы:

$$I = \frac{a}{(t+b)^c}, \quad (4)$$

где: a , b , c – эмпирические коэффициенты, зависящие от региона и периода повторяемости. В данном исследовании, учитывая структуру данных t и результаты регрессионного анализа, параметр b признан несущественным, поэтому использована упрощенная форма:

$$I = a \cdot t^{-c}, \quad (5)$$

Например, для бассейна реки Угам, коэффициенты составили: $a = 7,4$, $c = 0,65$, что соответствует,

$$I = 7,4t^{0,65}, \quad (6)$$

Расчет объема поверхностного стока производился по методу SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number). Метод учитывает тип почвы, растительность и предшествующее увлажнение через число кривой CN, от 0 до 100.

Объем стока рассчитывается с помощью формулы:

$$Q = (P - I_a)^2 / (P + S) \quad \{ \text{если } P > I_a \quad 0, \text{ если } P \leq I_a \}, \quad (7)$$

где: Q – объем поверхностного стока (мм, зависит от единиц измерения P и S), P – общее количество осадков (мм), S – максимальный потенциал удержания воды водосбора после начала стока (мм).

Основные результаты и их обсуждение. В ходе исследования построены эмпирические зависимости между интенсивностью и продолжительностью осадков (IDF-кривых) на основе фактических данных, полученных с АМС. Эти зависимости легли в основу анализа сезонных особенностей осадков, а также последующего определения зон потенциального риска в пределах исследуемого водосбора.

Расчеты выполнены на основе выборок данных АМС «Ходжикент» о максимальных суммах осадков за периоды 1, 2, 3, 6 и 12 часов за 2024-2025 годы. Последующая аппроксимация степенной функцией произведена с использованием регрессионного анализа. За весенний сезон 2025 года была построена IDF-кривая, описываемая следующей эмпирической функцией:

$$y = 3,8219x^{-0,299}, \quad (8)$$

где: y – интенсивность осадков (мм/ч); x – продолжительность осадков (ч).

График данной IDF-кривой представлен на рис. 2. Аналогичная кривая построена также для июня 2025 года (рис. 3).

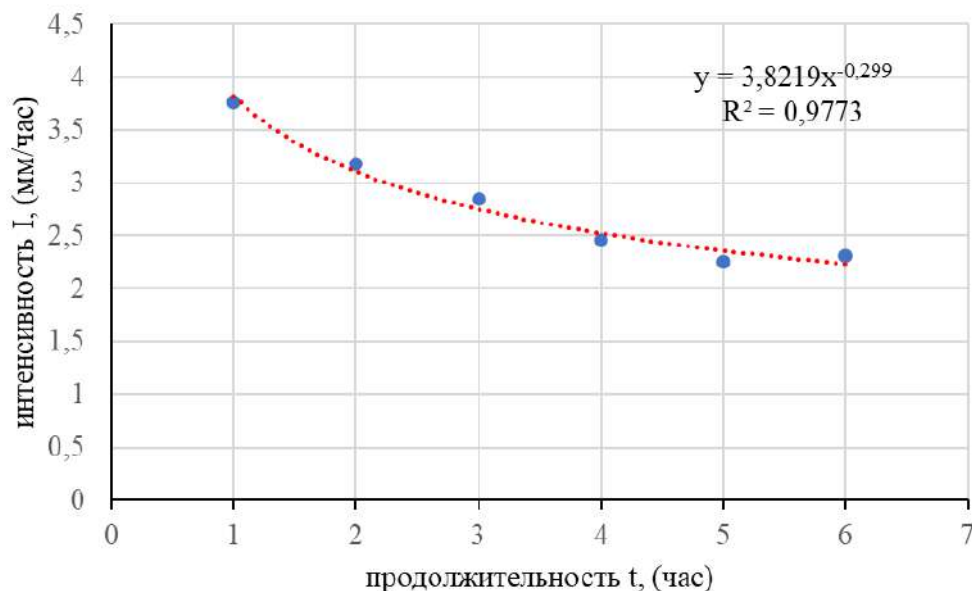


Рис. 2. Кривая IDF за март-апрель-май 2025 г.

Fig. 2. IDF curve for March-April-May 2025

Несмотря на засушливость текущего года (2025 г.) и отсутствие сильных паводков, собранные данные представляют высокую ценность для статистики, калибровки моделей и уточнения зон риска.

Для сравнения была построена IDF-кривая по данным июня 2024 года, аппроксимированная по ограниченному числу точек (рис. 4). Несмотря на малый объём выборки, полученные коэффициенты ($a = 4,13$, $c = 0,585$) хорошо согласуются с моделью июня 2025 года, что подтверждает типичность кратковременных, интенсивных осадков для данного сезона.

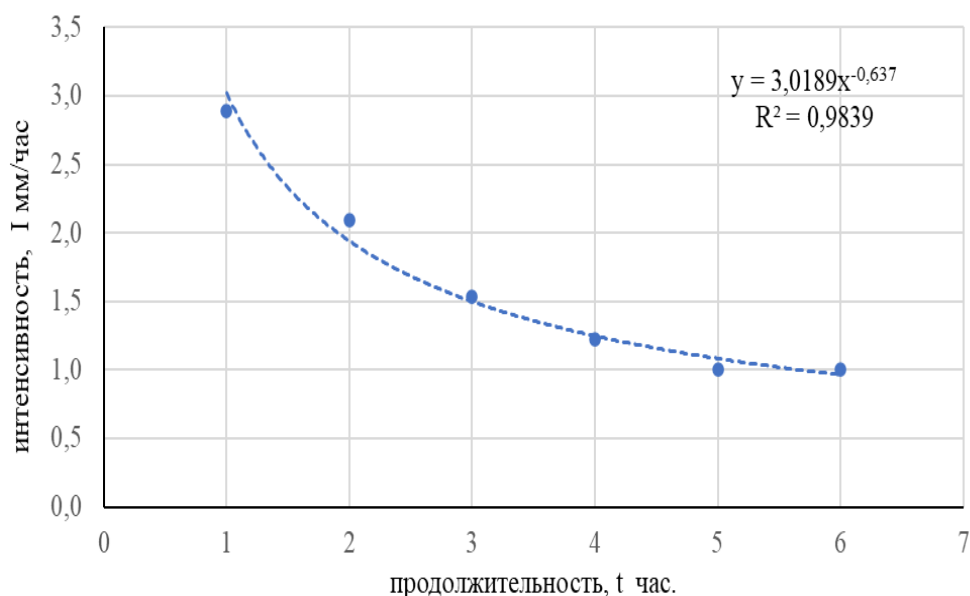


Рис. 3. Кривая IDF за июнь 2025 г.

Fig. 3. IDF curve for June 2025

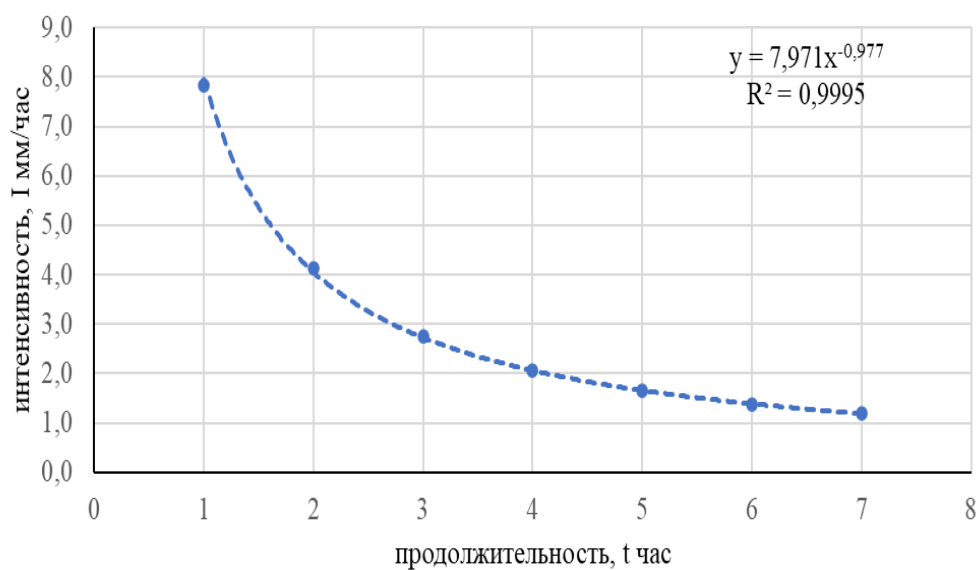


Рис. 4. Кривая IDF за июнь 2024 г.

Fig. 4. IDF curve for June 2024

Дополнительно была построена сводная IDF-кривая на основе совокупных данных за весенне-летний период 2024-2025 годов (рис. 5). Получена модель:

$$y = 5,56 \cdot x^{-0,490}. \quad (9)$$

Модель аппроксимации, примененная выше, отличается высокой степенью достоверности ($R^2 \approx 0,98$). Данная универсальная IDF-кривая может использоваться для

оценки рисков паводков в устьевой части бассейна реки Чирчик в условиях, когда важна обобщённая сезонная характеристика осадков.

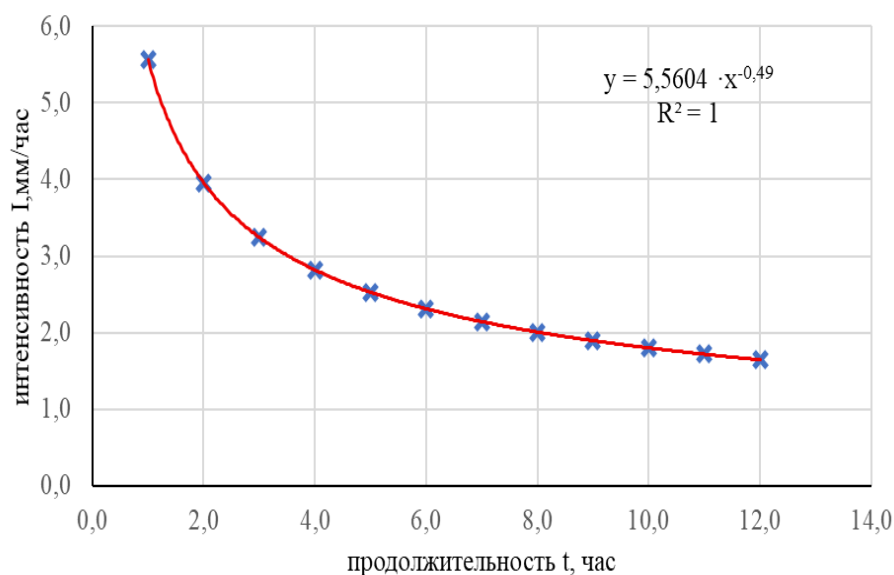


Рис. 5. Объединенная кривая IDF (весна-лето 2024-2025 гг.)

Fig. 5. Combined IDF curve (Spring-Summer 2024-2025)

Сводные результаты сравнения коэффициентов IDF-кривых, полученных для различных сезонов и лет представлены в табл. 1. Коэффициенты a и c определены путем минимизации остаточной суммы квадратов, что обеспечило высокую точность аппроксимации R^2 (от 0,9773 до 0,9995).

Таблица 1

Сравнение кривых IDF за июнь 2024 г. и весну-лето 2025 г.

Table 1

Comparison of IDF curves for June 2024 and Spring-Summer 2025

№	Период наблюдений	Формула	a	c	R^2
1	Июнь 2024 г.	$I=7,97 \cdot t^{-0,977}$	7,97	0,977	0,9995
2	Март–май 2025 г.	$I=3,82 \cdot t^{-0,299}$	3,82	0,299	0,9773
3	Июнь 2025 г.	$I=3,02 \cdot t^{-0,637}$	3,02	0,637	0,9839
4	Весна-лето 2024-2025 гг.	$I=5,56 \cdot t^{-0,490}$	5,56	0,490	0,9800

Такое сопоставление позволяет не только оценить сезонную изменчивость характеристик осадков, но и выбрать наиболее подходящую IDF-модель в зависимости от цели анализа – будь то проектирование, оценка риска или сценарное моделирование.

Кривая 4 достаточно пологая, то есть интенсивность уменьшается плавно с ростом продолжительности: значения I реалистичны – от ~5 мм/ч при продолжительности осадков 1 ч до ~2 мм/ч при 6-12 ч, что хорошо согласуется с натурными наблюдениями на АМС.

Интерпретация полученных результатов и выводы. Для июня 2024 год IDF-кривая имеет очень крутой спад интенсивности, коэффициент $c = 0,977$, т.е. почти 1 – это указывает на мгновенные и бурные осадки, быстро теряющие интенсивность, что типично для летних грозовых ливней; коэффициент $a = 7,97$ – самый высокий среди всех рассчитанных, значит максимальная интенсивность среди всех сезонов наблюдалась

именно в июне 2024 г., $R^2 = 0,9995$ – практически идеальное соответствие. Фактические данные свидетельствуют о том, что в июне 2024 года наблюдались самые интенсивные и кратковременные ливни; а 2025 год отличался более низкой интенсивностью, особенно весной, и более равномерными осадками.

Для бассейна реки Чирчик $CN = 75$, что соответствует горным почвам с умеренной растительностью. Данные об осадках P получены из МРЛ и скорректированы с помощью IDF-кривых. I_a – это начальная абстракция, представляющая собой суммарные потери воды до начала стока. Она включает инфильтрацию, задержку на микронеровностях поверхности и перехват воды растительностью и выражается в миллиметрах. Начальная абстракция I_a рассчитывается как 20% от максимального потенциала удержания S :

$$I_a = 0,2S. \quad (10)$$

Подставляя это выражение для I_a в основную формулу, получаем:

$$Q = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S), \{ \text{если } P > 0,2S \ 0, \text{ если } P \leq 0,2S \}, \quad (11)$$

Если слой осадков не достаточен для преодоления начальных потерь влаги и формирования поверхностного стока ($P > 0,2S$), то $Q = 0$.

Важно помнить про условие, если $P \leq 0,2S$, то S вычисляется на основе CN гидрологической модели SCS-CN. В этой модели параметр S представляет собой потенциальную максимальную задержку влаги (или потенциальное максимальное водопоглощение) в почве водосбора. Этот параметр характеризует способность почвы водосбора впитывать осадки и задерживать воду, прежде чем она превратится в сток.

$$S = (25400 / CN) - 254 \text{ (если } P \text{ и } S \text{ в мм)}, \quad (12)$$

где: CN принимает значения от 0 до 100.

Предложенная модель обеспечивает высокую точность аппроксимации ($R^2 \approx 0,995$) и физическую интерпретируемость для прогноза экстремальных осадков, что подтверждает её пригодность для расчётов стока и дальнейшего анализа риска. Коэффициент b принят равным нулю, поскольку логарифмическая трансформация при варьировании не показала значительного улучшения качества аппроксимации.

На основе результатов IDF-анализа, радиолокационного наблюдения и геоинформационного моделирования выполнена оценка риска селевых и паводковых явлений в бассейне реки Угам (рис. 6). Основу количественной оценки составляет сопоставление рассчитанных интенсивностей осадков с критическими значениями, способными вызывать поверхностный сток и паводки в конкретных геоморфологических условиях.

Для каждого из сезонов были определены IDF-кривые, позволяющие оценить вероятность превышения определённой интенсивности на заданной продолжительности осадков. Сопоставление с данными наблюдений за паводками прошлых лет позволило выделить участки, в которых при совпадении неблагоприятных факторов (высокая интенсивность, уклон, геология, плотность русловой сети) формируется наибольший риск.

По данным научной публикации «О связи горных рек и ландшафтов Западного Тянь-Шаня», случай мощного селя на реке Угам произошёл в апреле 1959 года. Расход воды достигал $347 \text{ м}^3/\text{с}$ при среднемноголетнем показателе в $21 \text{ м}^3/\text{с}$ [Какова ...]. Полученные оценки позволили уточнить зоны риска в долинах, где исторически наблюдались паводки

и сели, в том числе в районе АМС «Ходжикент». При этом даже в условиях засушливого 2025 года, когда экстремальных осадков зафиксировано не было, подход продемонстрировал пригодность для уточнения уязвимых зон и разработки профилактических мер.

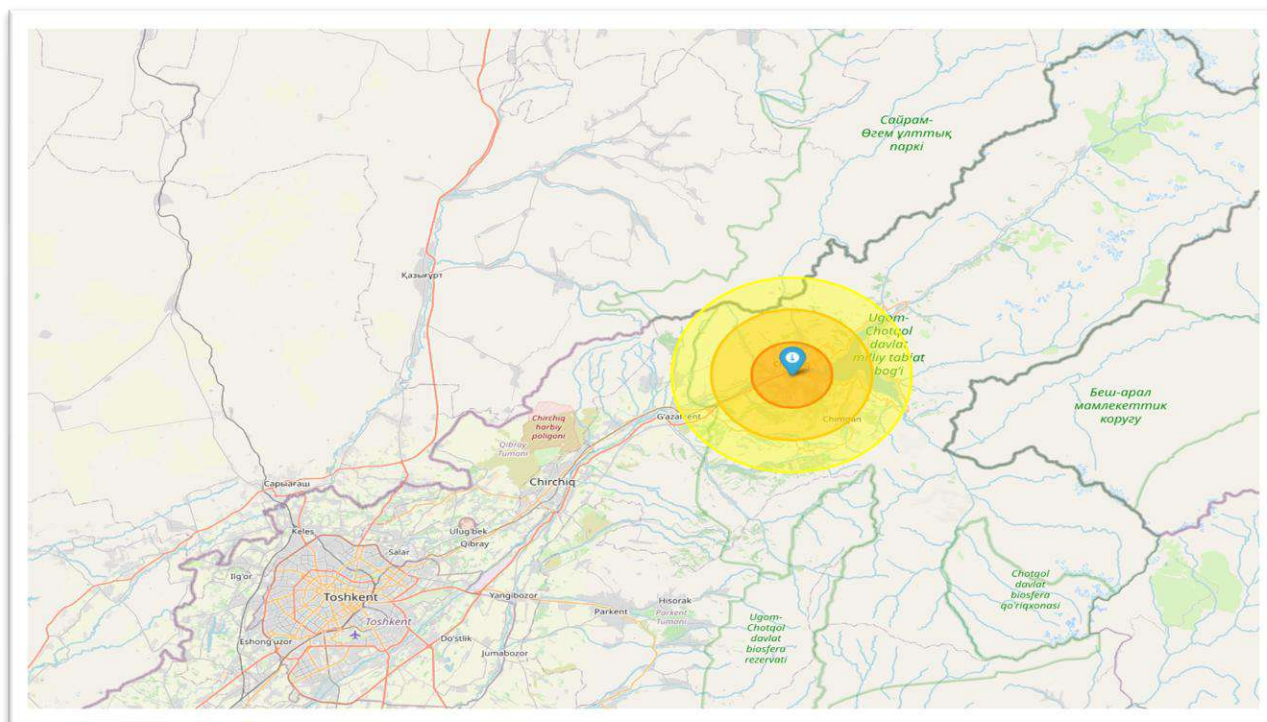


Рис. 6. Карта селепаводковой опасности при радиолокационной отражаемости в 40 дБz, пример локализации зон повышенной отражаемости (Z, дБz) по данным метеолокатора

Цветовая шкала: жёлтый — $Z \geq 30$ дБz, оранжевый — $Z \geq 40$ дБz, красный — $Z \geq 45$ дБz. Зоны отображают степень метеорологического риска.

Fig. 6. A flood hazard map with radar reflectivity of 40 dbz is an example of localization of areas of increased reflectivity (Z, dBz) according to weather radar data

Color scale: yellow — $Z \geq 30$ dBz, orange — $Z \geq 40$ dBz, red — $Z \geq 45$ dBz. The zones indicate the degree of meteorological risk.

Заклучение. Построенные зависимости интенсивности осадков от их продолжительности за весенний период 2025 года и совокупный сезон 2024-2025 гг. демонстрируют сезонную изменчивость параметров IDF-модели. Различия между кривыми обусловлены как природными условиями (более высокая интенсивность осадков в июне 2024 года), так и ограниченностью выборки по каждому отдельному сезону.

Полученные кривые, несмотря на ограниченность временного охвата, позволяют уточнить пространственные и количественные характеристики осадков для дальнейшего моделирования стока. Предложенный подход применим в условиях ограниченной наблюдательной сети и может быть использован для оценки риска в оперативных и сценарных режимах, включая водосборы, подверженные кратковременным ливням и локальным паводкам.

Анализ IDF-кривых за 2024-2025 годы дал возможность выявить выраженную сезонную и межгодовую изменчивость параметров осадков. Наиболее высокие значения интенсивности наблюдались в июне 2024 года, что указывает на резкие, кратковременные ливни грозового характера. Для июня 2025 года интенсивность была ниже, а для весеннего периода (март-апрель-май 2025 года) характерна более равномерная структура осадков с плавным спадом интенсивности. Эти различия подчёркивают необходимость сезонного подхода при использовании как IDF-кривых, так и в гидрологических расчётах и моделировании риска паводков.

В условиях ограниченной доступности многолетних метеорологических наблюдений, применение IDF-кривых демонстрирует свою практическую применимость. Совместное использование радиолокационных данных и данных наземных наблюдений значительно повышает пространственно-временное разрешение и точность при оценке экстремальных гидрометеорологических явлений.

Результаты подтверждают эффективность интеграции IDF-анализа, радиолокационного мониторинга и ГИС-моделирования при оценке локальных гидрологических рисков. Методика может быть адаптирована для других бассейнов Узбекистана и Центральной Азии. Подход особенно ценен в условиях ограниченной наземной наблюдательной сети и высокой скорости развития опасных процессов.

Применение комплексного подхода, основанного на IDF-кривых, геопространственном анализе и данных об отражаемости с метеорологических локаторов, с ГИС анализом процесса, обеспечило всестороннюю оценку угроз паводков и селевых явлений в бассейне реки Чирчик. Методика может применяться для разработки систем раннего оповещения и территориального планирования. Подход к разработке Систем раннего предупреждения (СРП) может быть расширен на другие районы Узбекистана при наличии данных автоматических станций и МРЛ.

Благодарности. Настоящая работа выполнена в рамках прикладного проекта AL-5521122138 «Создание сети автоматизированных метеорологических радиолокаторов Республики Узбекистан», направленного на развитие радиолокационной метеорологической инфраструктуры и повышение эффективности систем раннего предупреждения о чрезвычайных ситуациях, связанных с опасными осадками на территории страны.

Вклад авторов. **Х.А. Имамджанов:** редакция текста, обеспечение целостности и научной корректности работы. **Б.Ш. Кадыров:** постановка задачи, методология, анализ полученных результатов и их интерпретация. **С.Г. Филиппов:** проведение расчетов, включая математическое моделирование и статистический анализ, разработка и внедрение методов для создания композитных карт. **С.Н. Сайдиллаева:** подготовка и систематизирование исходных данных. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Абшаев А.М., Лиев К.Б. Оповещения о паводках и селях ливневого происхождения радиолокационным методом // Известия вузов Северо-Кавказского региона. Специальный выпуск «Науки о Земле». 2007. – С. 49–53.

Баттан Л.Дж. Радиолокационная метеорология. – Л.: Гидрометеоиздат, 1962. – 196 с.

Довиак Р.Ж., Зрнич Д.С. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 512 с.

Волкова М.А., Чередыко Н.Н., Кусков А.И. Пространственно-временная структура атмосферных осадков в Западной Сибири // Материалы Всероссийской научной конференции «Науки о Земле». – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – С. 214–219.

Moncho R., Begueria S., Serrano-Muela P. Measuring temporal structure of rainfall with a dimensionless index // Climatic Research, 2016. – Vol. 67. – P. 67–71. – DOI: 10.3354/cr01359.

Михайлов В.Н., Добролюбов С.А. Гидрология: учебник для вузов. – Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 752 с.

Сайдиллаева С.Н., Имамджанов Ҳ.А., Кадыров Б.Ш., Филиппов С.Г. Оценка риска селевых и паводковых явлений в бассейне реки Чирчик на основе IDF-кривых и ГИС-технологий // Материалы международной научно-практической конференции “Основные направления гидрологических исследований в условиях изменения климата: современные подходы и технологии”. – Ташкент, 2025. – С. 232–235.

Туляганов А.Х., Салимова Б.Дж. Автомобиль йўллариди сув ўтказувчи иншоотларни лойиҳалашда сув ва сел тошқинларининг тавсифларини ҳисоблаш. – Тошкент: Iqtisod-Moliya, 2016. – 156 б.

Степаненко В.Д. Радиолокация в метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. 350с.

Электронные ресурсы:

Кривые IDF. URL: <https://climatedata.ca/interactive/idf-curves-101>

Какова цена реки Угам? URL: <https://sreda.uz/rubriki/voda/kakova-tsena-reki-ugam/>

OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org>

ЧИРЧИҚ ДАРЁСИ ҲАВЗАСИДА СЕЛ ВА ТОШҚИН ҲОДИСАЛАРИ ХАВФИНИ ЗАМОНАВИЙ УСУЛЛАР АСОСИДА КОМПЛЕКС БАҲОЛАШ

Ҳ.А. ИМАМДЖАНОВ, Б.Ш. КАДИРОВ, С.Г. ФИЛИППОВ, С.Н. САЙДИЛЛАЕВА

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, bkadirov53@gmail.com

Аннотация. Мақолада иқлим ўзгариши ва тез-тез учраётган об-ҳаво аномалиялари шароитида сел ва тошқин ҳодисалари хавфини баҳолаш масаласи кўриб чиқилган. Тадқиқотнинг мақсади IDF эгри чизиқлари, радиолокацион маълумотлар ва ГАТ технологиялари асосида гидрологик хавфларни баҳолашга комплекс ёндашувни ишлаб чиқишдан иборат. Тадқиқотнинг объекти сифатида мураккаб тоғли рельеф, ёгингарчиликнинг мавсумийлиги ва экстремал гидрометеорологик ҳодисаларга юқори даражада таъсирчанлиги билан ажралиб турадиган Чирчиқ дарёси ҳавзаси (Ўзбекистоннинг шарқий қисми) танланган. Тадқиқот услуги автоматик метеостанция маълумотлари бўйича ёгингарчилик интенсивлигини таҳлил қилиш, IDF-эгри чизиқларини аппроксимациялаш, сув оқимининг қайтарувчанликка (дБз) боғлиқлигини куриш, шунингдек, хавфли зоналарни аниқлаштириш учун рельефнинг рақамли моделидан фойдаланишга асосланган. Асосий натижалар мавсумий ва йиғма IDF эгри чизиқларини тузиш, $Q = f(Z)$ минтақавий боғлиқлик коэффициентларини аниқлаш, шунингдек, морфологик омилларни ҳисобга олган ҳолда ўзан тармогининг потенциал хавфли участкаларини ажратишни ўз ичига олади. Олинган натижаларнинг муҳокамаси ва амалий аҳамияти ишлаб чиқилган ёндашувни маҳаллий даражада профилактика ва ҳимоя тадбирларини режалаштиришнинг минтақавий тизимларида қўллаш имконияти билан боғлиқ.

Калит сўзлар. IDF-эгри чизиқлари, сув тошқини, қайтарувчанлик, сув йиғиш, радиолокация, ГАТ, АМС "Ҳожикент", Чирчиқ дарёси ҳавзаси.

**INTEGRATED RISK ASSESSMENT OF MUDFLOWS AND FLOODS
IN THE CHIRCHIK RIVER BASIN BASED ON MODERN METHODS****Kh.A. IMAMDJANOV, B.Sh. KADIROV, S.G. FILIPPOV, S.N. SAYDILLAeva**

Hydrometeorological Research Institute, bkadirov53@gmail.com

Abstract. *The article examines the issue of assessing the risk of mudslides and floods in the context of climate change and increasing weather anomalies. The purpose of the work is to develop a comprehensive approach to assessing hydrological risks based on IDF curves, radar data, and GIS technologies. The object of the research is the Chirchik River basin (eastern Uzbekistan), characterized by complex mountain relief, pronounced seasonality of precipitation, and increased vulnerability to extreme hydrometeorological phenomena. The methodology is based on the analysis of precipitation intensity according to automatic weather stations, the approximation of the IDF curves, the construction of the dependence of water flow on reflectivity (dBz), and the use of a digital terrain model to clarify risk zones. The main results include constructing seasonal and cumulative IDF curves, determining regional dependence coefficients $Q = f(Z)$, and identifying potentially hazardous sections of the channel network, taking into account morphological factors. The discussion and practical significance of the obtained results are related to the possibility of applying the developed approach in regional prevention and planning systems for protective measures at the local level.*

Keywords. *IDF-curves, flood, reflectivity, water intake, radar, GIS, "Khojикent" AMS, Chirchik river basin.*

REFERENCES

Abshayev A.M., Liyev K.B. Opovesheniya o pavodkax i selyax livneвого proisxojdeniya radiolokatsionnim metodom [Warnings about flash floods and mudflows using radar methods] // *Izvestiya vuzov Severo-Kavkazskiy region Spets Vipusk Nauki o Zemle-2007.* – PP. 49-53. (in Russian)

Battan L. Dj. Radiolokatsionnaya meteorologiya [Radar Meteorology] - L.: Gidrometeoizdat, 1962. – 196 p. (in Russian)

Doviyak R.J., Zrnic D.S. Doplerovskiye radiolokatori i meteorologicheskiye nablyudeniya [Doppler Radar and Weather Observations] - L.: Gidrometeoizdat, 1988. – 512 p. (in Russian)

Volkova M.A., Cheredko N.N., Kuskov A.I. Prostranstvenno-vremennaya struktura atmosfernix osadkov v Zapadnoy Sibiri [Spatial-temporal structure of atmospheric precipitation in Western Siberia] *Materiali Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii "Nauki o Zemli".* – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2009. – PP. 214-219. (in Russian)

Moncho R. Klimaticheskkiye issledovaniya «Izmereniye vremennoy struktury osadkov s pomoshyu bezrazmernogo n-indeksa» [Climate Research "Measuring the temporal structure of precipitation using a dimensionless n-index"] (2016): 2016 *Clim. Res.* 67: 71-86. doi:10.3354/cr01359. (in Russian)

Mikhaylov V.N., Dobrolyubov S.A. Gidrologiya: uchebnik dlya vuzov [Hydrology: textbook for universities] M.; Berlin: Direkt-Media, 2017. – 752 p. (in Russian)

Saydillayeva S.N., Imamdjanov H.A., Kadirov B.Sh., Filippov S.G. Otsenka riska selevix i pavodkovix yavleniy v bassejne reki Chirchik na osnove IDF-krivix i GIS-texnologiy [Assessment of mudflow and flood risk in the Chirchik River basin based on IDF curves and GIS technologies] // *Materiali mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. "Osnovniye napravleniya gidrologicheskix issledovaniy v usloviyax izmeneniya klimata: sovremenniye podxodi i texnologii"* Toshkent, 2025. – PP. 232-235. (in Russian)

Tulyaganov A.X., Salimova B.Dj. Avtomobil yollaridagi suv otkazuvchi inshootlarni loyihalashda suv va sel toshqinlarining tavsiflarini hisoblash [Calculation of water and mudflow characteristics when designing water-conducting structures on highways]. – Toshkent: Iqtisod-Moliya, 2016. – 156 p. (in Uzbek)

Stepanenko V.D. Radiolokatsiya v meteorologii [Radar in Meteorology]. – L.: Gidrometeoizdat, 1966. – 350 p. (in Russian)

Electronic resources:

Kriviye IDF. URL: <https://climatedata.ca/interactive/idf-curves-101>

Kakova sena reki Ugam? URL: <https://sreda.uz/rubriki/voda/kakova-tsena-reki-ugam/>

OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org>

УДК 551.5

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО МЕДИЦИНСКОГО ПРОГНОЗА «БИОТРОПНАЯ ПОГОДА»

М.Л. АРУШАНОВ*

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

Аннотация. В статье приводится разработанная в НИГМИ автоматизированная система медицинского прогноза, основанного на учёте биотропных факторов, составляющие которых представляют текущую и прогностическую информацию о синоптико-метеорологических и гелиогеофизических (гелиогеомагнитных) погодных условиях.

Разработан формат медицинского прогноза, включающий биотропные факторы, предусматривающий синоптико-метеорологический мониторинг, оперативное выявление биотропных погод и гелиогеомагнитных ситуаций, инструмент оповещения медицинских учреждений. Количественная оценка взаимосвязи метеопатий от погодных, гелиогеофизических и загрязняющих факторов выполняется в форме комплексного индекса IPW (индекс патогенности погоды – Index Pathogenicity of Weather). IPW определяется для каждого синоптического типа погоды.

Решение задачи разработки системы «Биотропная погода» (БП) реализуется на базе WEB программирования, что позволяет, в первую очередь, решить проблему сбора информации в оперативном режиме, получить прогностическую метеорологическую информацию с сайтов ведущих метеослужб мира, чьи гидродинамические прогнозы пользуются бесспорным авторитетом.

Ключевые слова: медицинский прогноз, биотропные факторы, метеорологические данные, прогноз погоды, индекс патогенности погоды, гелиогеофизические условия.

Введение. Влияние метеорологических и гелиогеофизические факторов проявляются как метеогелиотропная реакция человека, что существенно влияет на потенциал его здоровья на индивидуальном и популяционном уровнях [Казначеев, 1983; Трубина, 2010]. Несмотря на то, что до сегодняшнего времени сущность физико-биологического механизма реакции человека на погодные условия остаётся до конца нераскрытой, то принимая как факт наличие гелиогеофизического влияния на здоровье человека, встаёт необходимость в прогнозе метеогелиотропного состояния окружающей человека среды, выявление порогов влияния. Такой прогноз должен быть осуществлён на основе комплексного подхода. Актуальность рассматриваемой в данной работе задачи прямо затрагивает вопросы экологического здоровья – здоровья населения в зависимости

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

от состояния окружающей среды, а их решение требует установление причинно-следственных связей между состоянием (качеством) окружающей среды и здоровьем населения, что является одной из ведущих экологических и социально значимых задач.

При реализации этапов получения биотропных факторов, основанных на данных синоптико-метеорологического мониторинга и гелиогеомагнитных ситуаций (текущей и прогностической информации) мы исходили из следующих положений: участниками прогноза должны быть метеослужбы и организации здравоохранения; с учетом оперативного режима составления медицинского прогноза вся требуемая информация (текущая и прогностическая) должна быть собрана в кратчайший срок в реальном режиме времени; прогностическая информация (метеорологические величины, метеограммы, гелиоданные, данные о загрязнении атмосферы и пр.) должна отвечать степени оправдываемости не ниже 85% с заблаговременностью от одних до 3-х суток.

В нашем подходе используется наиболее распространенный вид медицинского прогноза по морфодинамической медицинской схеме [Григорьев, 1963, 1996, 2014; Бережнов и др., 2012; Поволоцкая, 2009; Овчарова и др., 1974], позволяющей все разнообразие погодных условий по сумме и динамике метеосиноптических и гелиофизических показателей подразделить на четыре типа на основании индекса патогенности погоды IPW [Васин и др., 2006]: 1 – весьма благоприятная погода – $IPW < 2$; 2 – благоприятная погода – $2 \leq IPW < 4$; 3 – неблагоприятная погода – $4 \leq IPW \leq 6$; 4 – особо неблагоприятная погода – $IPW > 6$.

Отметим, что IPW – интегральный индекс, представляющий сумму отдельных индексов патогенности, таких как индекс патогенности влажности воздуха, ветра, межсуточного изменения атмосферного давления, межсуточного изменения температуры и пр.

В результате формируется итоговая прогностическая таблица с прогнозом метеорологических параметров, необходимых для вычисления индекса патогенности погоды. Далее в работу, через интернет (или организованную сеть), включается представитель здравоохранения, который на основании представленного ему медицинского прогноза по разработанному формату принимает решение относительно медицинского автоматизированного прогноза и на его основании заполняет в интерактивном режиме графы представленного формата *медицинского* прогноза.

Отметим, что разработанная система БП в силу наиболее неблагоприятных с медицинской точки зрения условий окружающей среды была ориентирована на физико-географические-климатические условия Каракалпакстана.

Материалы и методы исследования. Использованы данные о синоптической ситуации в области прогноза, метеорологических и гелиогеофизических величин, спутниковой информации, которые в автоматическом режиме, предусмотренном в программном комплексе, выбираются с соответствующих сайтов.

Методы исследования основаны на статистическом материале клинических наблюдений чувствительности людей, зависящих от погодных условий, гелиогеофизических условий, степени загрязнения атмосферы. Эти данные были любезно предоставлены в своё время И.Г.Гранбергом – сотрудником Института физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, доктором физико-математических наук, который в начале 2000-х годов тесно сотрудничал с НИГМИ.

Собственно методы исследования основываются на разработанном академиком РАН И.И.Григорьевым подходе к системе медицинского прогноза погоды и критериев оценки биоклиматического потенциала исследуемых территорий, основанные на морфодинамической медицинской схеме [Григорьев, 1996].

Методология составления медицинского прогноза. Проведенные в последние десятилетия в различных странах мира комплексные климато–медико–физиологические исследования [Гранберг и др., 2008] выявили наличие высокой чувствительности людей с заболеваниями органов кровообращения, дыхания, нервной системы, пищеварения к воздействию погодных условий, гелиогеофизических факторов и содержания примесей в приземной атмосфере (в частности, как результат прохождения пыльной бури). Это подтверждается как клиническими наблюдениями, так и состоянием жизнеобеспечивающих систем организма метеочувствительных людей.

Для решения проблемы состояния метеозависимых людей при переменах погоды, включая резкие перепады температуры и давления, прохождения пыльных бурь, актуализируется задача усовершенствования методологии предсказания «биотропных» типов погоды, зачастую являющихся причиной обострения или развития основных социально значимых заболеваний (сердечно-сосудистых заболеваний, бронхолегочных, нервных заболеваний, заболеваний органов пищеварения, суставов, кожи и др.). Состояние повышенной метеочувствительности серьезным образом сказывается на самочувствии человека, ухудшает течение заболеваний у больных.

В данной работе мы опирались на исследования, выполненные в институте атмосферы им. А.М.Обухова РАН и ФГУ «Пятигорского ГНИИ курортологии Росздрава» (ПГНИИК), в основе которых лежит подход, разработанный профессором И.И.Григорьевым [Григорьев, 1996]. Результатом этих исследований является система медицинского прогноза погоды и критерии оценки биоклиматического потенциала исследуемых территорий. К ним отнесены: термический режим (оценка степени комфортности и суровости погоды), радиационный режим (интегральное и УФ излучение Солнца, облачность), циркуляционный режим (характер циклонической, антициклонической и фронтальной деятельности в приземной атмосфере, смены погоды, ветровой режим), режим влажности, биотропные атмосферные явления, барический режим, ионизация воздуха и другие показатели.

Для создания системы прогноза БП используется разработанная типизация биотропных погодных условий. В их основу положены рекомендации И.И.Григорьева, модифицированные [Гранберг и др., 2008] по результатам анализа биоклиматограмм и мониторинга состояния здоровья людей.

Медицинский тип прогноза строится по морфодинамической медицинской схеме, позволяющей все разнообразие погодных условий по сумме и динамике метеосиноптических и гелиогеофизических показателей подразделить на четыре типа, указанные во введении. Взаимосвязь между метеопатией и погодными, гелиогеофизическими и антропогенными факторами учитывается на основании расчета интегрального индекса патогенности погоды IPW :

$$IPW = N^{-1} ST \left[k_1 T_e + k_2 \Delta T_{IVT} + k_3 \Delta T_{DTN} + k_4 \Delta T_{IAT} + k_5 \Delta P_{IVP} + k_6 \Delta P_{DPN} + k_7 V + k_8 N_{bc} + k_9 \Sigma_{UVR} + k_{10} f + k_{11} O_2 + k_{12} LCA + k_{13} O_3 + k_{14} CA + k_{15} IPA + k_{16} PPA + k_{17} S \right]$$

где: ST – синоптический тип погоды, T_e – эквивалентно-эффективная температура, ΔT_{IVT} – межсуточная изменчивость температуры воздуха, ΔT_{DTN} – отклонение температуры воздуха от климатической нормы на указанную дату, ΔT_{IAT} – внутрисуточная амплитуда температуры воздуха, ΔP_{IVP} – межсуточная изменчивость давления воздуха, ΔP_{DPN} – отклонения давления воздуха от климатической нормы, V – скорость ветра, N_{bc} – количество общей облачности, Σ_{UVR} – интенсивность суммарной ультрафиолетовой радиации, f –

относительная влажность воздуха, O_2 – весовое содержание кислорода в приземной атмосфере, LCA – уровень массовой концентрации субмикронного аэрозоля, O_3 – концентрация приземного озона, CA – концентрация приземного диоксида азота, IPA – индекс загрязнения атмосферы, PPA – потенциал загрязнения атмосферы, S – опасное атмосферное явление (пыльная буря), k_1, k_2, \dots, k_{17} – эмпирические коэффициенты величина которых зависит от степени биотропности выделенных выше компонентов погоды, N – число рассматриваемых параметров. Здесь: $IPA = \sum (C_i/P_i)$, C_i – среднегодовая концентрация i -го загрязняющего вещества, P_i – предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества; $C_i = 1,7$ – первый класс опасности, $C_i = 1,3$ – второй класс опасности, $C_i = 1,0$ – третий класс опасности, $C_i = 0,9$ – четвёртый класс опасности. PPA – рассчитывается на основе массового выброса загрязняющих веществ и учета фоновой концентрации: $PPA = V \cdot C \cdot k \cdot 10^{-6}$ [г/км], V – объём загрязняющих веществ [m^3], C – концентрация загрязняющего вещества [mg/m^3], k – коэффициент пересчёта в г/км единиц измерения.

Синоптический тип погоды определяется своим кодом по градациям, представленным в табл. 1.

Таблица 1

Коды синоптического типа погоды

Table 1

Synoptic weather type codes

Признак барического рельефа на приземной карте, АТ-850 и АТ-500 в пункте прогноза	Код синоптического типа погоды, STW	Значение ST
Антициклон, гребень, периферия антициклона	1	0,4
Размытое барическое поле	2	0,8
Между антициклоном и циклоном	3	1,2
Циклон, ложбина, ВФЗ на АТ-500	4	0,6
Циклон на приземной карте и гребень на АТ850	5	1,2
Атмосферный фронт	6	1,8

Как видно из приведенной методики составления оперативного медицинского прогноза, основанного на расчете интегрального индекса патогенности, последний для расчета требует достаточно обширной и разнородной гелиогеофизической и метеорологической информации в реальном режиме времени. Доставка такой информации в оперативных условиях возможно только на основе использования интернет-технологий, в частности разработки такого оперативного сайта, в котором в кратчайший срок возможно было бы собрать всю необходимую информацию. Для разработки такого сайта была использована WEB-технология.

Структура сайта БП («BIOTROPIC WEATHER»). Главная страничка сайта представляет меню процедур, необходимых для считывания исходной гелиогеофизической и метеорологической информации, а также, справочной информации (рис.1). Как следует из методики составления медицинского прогноза, в нем принимают участие специалисты службы погоды и представители организации здравоохранения. Взаимосвязь участников прогноза в виде справочной информации показана на рис. 2 в пункте меню «Участники

прогноза». На этом рисунке приведена расширенная схема участников прогноза с сайтами ведущих метеорологических и гелиогеофизических центров, с которых выбирается необходимая информация, а на рис. 3 – меню «Пункты прогноза».

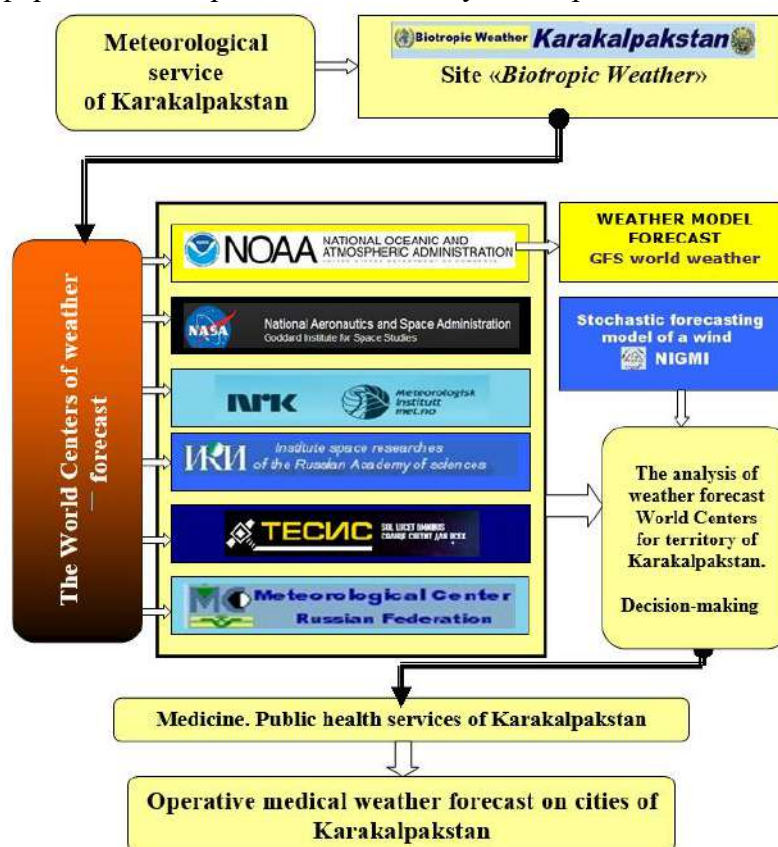


Рис. 1. Схема взаимодействия участников составления медицинского прогноза погоды

Fig. 1. Scheme of interaction between participants in drawing up a medical weather forecast

Активация пунктов (перечень городов в правой части рис. 3) дает прогностическую информацию на ближайшие трое суток по всем значимым метеопараметрам, необходимым для составления медицинского прогноза, в виде таблицы, представленной для г. Нукус (табл. 2). Эта информация автоматически считывается программным комплексом, который запускается только после активизации сайта «BIOTROPIC WEATHER».

Активизация меню сайта «Фактические, прогностические карты погоды» позволяет синоптику получить полный набор диагностических и прогностических метеорологических, аэрологических и кольцевых карт погоды, перечень которых представляется синоптику после активизации указанного меню (табл. 3).

В меню «Таблицы, Метеодиаграммы» представлены прогностические данные температуры, ветра, давления и облачности по территории Каракалпакстана с заблаговременностью от одних до восьми суток в виде таблиц и метеодиаграмм. В целях диагностики масштабных пыльных бурь и синоптического прогноза перемещения облачных полей (особенно фронтальной облачности разработана страничка меню «Спутниковые снимки» (рис. 4).



Рис. 2 Главная страница сайта «Оперативный медицинский прогноз по территории Каракалпакстана»

Fig. 2. The main page of the site «Operational medical forecast for the territory of Karakalpakstan»



Рис. 3. Меню сайта «Пункты прогноза»

Fig. 3. Menu of the website «Forecast points»

Таблица 2

Меню сайта «Детальный прогноз погоды»

Table 2

Menu of the site «Detailed weather forecast»

Время (местное), дата	Ветер (м/с)	Видим.	Дальность	Облачность	T (°C)	Td (°C)	f (%)	Te (°C)	TE (°C)	Pmin (гПа)	Ф (гПа)	Po (мм)	O2 (г/м3)	R, T850
13 20.06.11	050 (СВ)	4		ясно	+34	+1	13	+24	+24	1005		750	271	16
16 20.06.11	040 (СВ)	5		ясно	+34	+1	12	+24	+24	1007	-1.3	749	270	17
19 20.06.11	030 (СВ)	7-12		ясно	+36	+2	17	+20	+20	1007	-0.3	748	274	18
22 20.06.11	030 (СВ)	6		7/0 0 м верхняя	+26	+1	26	+16	+16	1007	0.4	749	277	18
01 21.06.11	030 (СВ)	4		8/0 0 м верхняя	+24	+1	30	+14	+14	1007	0.2	749	279	18
04 21.06.11	040 (СВ)	4		2/0 0 м верхняя	+23	+1	33	+13	+13	1007	0.1	749	280	18
07 21.06.11	060 (СВ)	4		1/0 0 м верхняя	+27	+0	24	+17	+17	1008	0.8	749	276	18
10 21.06.11	090 (В)	4		4/0 0 м верхняя	+31	+2	14	+10	+10	1008	0.2	750	272	18
13 21.06.11	090 (В)	4		3/0 0 м верхняя	+36	+2	13	+8	+8	1007	-0.8	749	269	17
16 21.06.11	070 (В)	3 (5)		4/0 0 м верхняя	+36	+1	11	+8	+8	1006	-0.8	748	268	20
19 21.06.11	050 (СВ)	5		4/0 0 м верхняя	+34	+2	13	+8	+8	1007	0.6	749	270	21
22 21.06.11	040 (СВ)	5		ясно	+29	+1	22	+9	+9	1008	0.7	749	275	21
01 22.06.11	050 (СВ)	4		ясно	+27	+1	28	+7	+7	1007	-0.7	749	276	20
04 22.06.11	060 (СВ)	3		ясно	+26	+1	31	+6	+6	1007	0.2	749	277	20
07 22.06.11	060 (СВ)	3		ясно	+29	+1	25	+9	+9	1008	0.8	749	274	20
10 22.06.11	090 (В)	2		ясно	+25	+1	16	+7	+7	1008	-0.1	749	269	20
13 22.06.11	тихо			ясно	+18	+1	13	+5	+5	1007	-1.3	749	266	19
16 22.06.11	шти	1 (5)		ясно	+36	+1	12	+8	+8	1006	-1.3	748	266	21
19 22.06.11	050 (СВ)	5		ясно	+32					1006		748		23

Таблица 3

Меню сайта «Фактические и прогностические карты погоды»

Table 3

Site menu « Actual and forecast maps of the Weather»



В этом меню представляются спутниковые снимки облачных полей с геостационарного спутника «Meteosat» в течении последних трех дней. Эти снимки позволяют синоптику проследить перемещение облачных полей, что чрезвычайно важно при наличии фронтальной облачности. Кроме того, наличие такой информации позволяет диагностировать очаги пыльных бурь на больших территориях и дать траекторию возможного их перемещения.



Рис. 4. Меню сайта «Спутниковые снимки»

Fig. 4. Menu of the site «Satellite images»

После активизации одного из трех снимков, на мониторе появляется укрупненное изображение облачных полей и подстилающей поверхности на обширной территории, в центральной части которой расположена Республика Каракалпакстан.

Меню сайта «Гелиогеофизические условия» позволяет собрать диагностическую и прогностическую информацию о геомагнитной обстановке и вероятности магнитной бури той или иной интенсивности (рис. 5).

После активизации строки меню «Прогноз магнитных бурь» или «Геомагнитная обстановка» активизируется сервер «Тесис» или сервер Центра окружающей среды (США), где представлена исчерпывающая информация о состоянии гелиомагнитной активности (рис. 6). Эта информация в автоматическом режиме считывается программным комплексом и используется для вычисления индекса патогенности погоды.

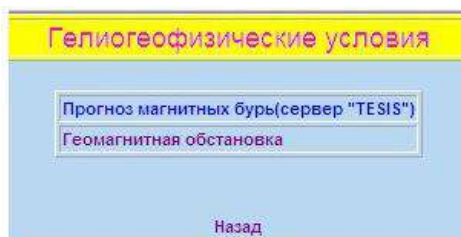


Рис. 5. Меню сайта «Гелиогеофизические условия»

Fig. 5. Menu of the site «Heliogeophysical conditions»

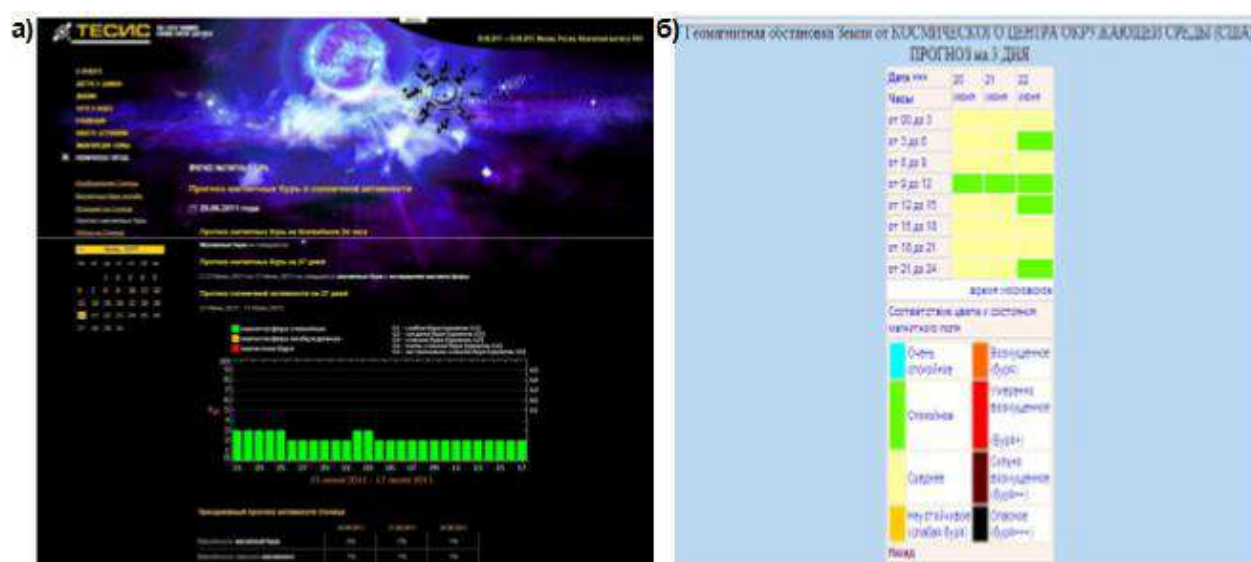


Рис. 6. Информация серверов «Тесис» (а) и Центра окружающей среды (б) о гелиомагнитной обстановке

Fig. 6. Information from the Tesis servers (a) and the Environmental Center (b) on the heliomagnetic situation

Результаты работы программного комплекса отражены в меню сайта «Метеопрогноз по пунктам» и в меню «Медицинский прогноз». После активизации этих меню на экране монитора отображается таблица с результатами метеопрогноза и медицинского прогноза.

Для коррекции и заполнения «пустых граф» участниками прогноза необходимо выполнить следующие процедуры.

1. Активизировать «Меню синоптика». После активизации на мониторе появится список предлагаемых процедур:



2. Из этого списка выбрать процедуру «Редактирование базы данных» и после ее активизации в предлагаемом меню (активизировать пункт меню «Выбрать таблицу» и в нем подменю «Медицинский прогноз» или «Метеопрогноз»:



После активизации одного из них, например, «Метеопрогноз» на экране монитора появится таблица с результатами метеорологического прогноза, подлежащее редактированию (рис. 7). Нажатием курсора «мыши» на иконку «карандаш» на экране монитора появится таблица, подлежащая редактированию, либо синоптиком (в случае редактирования метеорологического прогноза – рис. 7), либо медицинским работником (в случае редактирования медицинского прогноза – рис. 8).

После выполнения редактирования рабочего поля необходимо выполнить команду «изменить». После завершения процедуры коррекции прогнозов в главном меню сайта в разделах «Метеопрогноз по пунктам» и «Медицинский прогноз» будут сформированы скорректированные таблицы (рис. 9, 10).

id	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8
1	Нукус	2011-06-22	5.6	Неблагоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Нукус	2011-06-23	6.5	Крайне неблагоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Нукус	2011-06-24	2.1	Относительно благоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Каракалпакия	2011-06-22	2.6	Относительно благоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Каракалпакия	2011-06-23	5.1	Неблагоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Каракалпакия	2011-06-24	2.1	Относительно благоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Жаслык	2011-06-22	4.8	Неблагоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Жаслык	2011-06-23	1.5	Благоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Жаслык	2011-06-24	6.3	Крайне неблагоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Кунград	2011-06-22	9.8	Крайне неблагоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Кунград	2011-06-23	2.7	Относительно благоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Кунград	2011-06-24	4.2	Неблагоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Чимбай	2011-06-22	5.1	Неблагоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Чимбай	2011-06-23	2.9	Относительно благоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Чимбай	2011-06-24	2.2	Относительно благоприятный тип погоды	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Рис. 7. Таблица метеопрогноза, подлежащая редактированию

Fig. 7. Weather forecast table to be edited

Таблица метео

id:

Пункт прогноза:

Дата прогноза:

P, гПа:

T, °C:

T_в, °C:

T_г, °C:

f, %:

T_в, м:

N балл:

V, м/с Модель GRF:

V, м/с Модель НИГМИ:

Вероятность пыльной бури: Нет :

c13 Слабая :

c14 Умеренная :

c15 Сильная :

Рис. 8. Таблица медицинского прогноза, подлежащая редактированию

Fig. 8. Medical prognosis table subject to editing

Таблица meteo

id 1

Пункт прогноза Нукус

Дата прогноза 2011-06-22

Р, гПа 1005

Т, °С 36

Т, °С 36

Т, °С 26

г, % 16

Т, °С 6

П, балл 4

У, м/с Модель GPF 3

У, м/с Модель ИПЛИИ 5

Вероятность пыльной бури Нет : 14

с13 Слабая : 70

с14 Умеренная : 6

с15 Сильная : 2

Изменить

Рис. 9. Рабочее поле метеопрогноза, подлежащее редактированию синоптиком

Fig. 9. The weather forecast work field to be edited by the forecaster

Таблица medical

id 1

Пункт прогноза Нукус

Дата прогноза 2011-06-22

Индекс патогенности погоды (ИПП) 5.6

Медицинский тип погоды Неблагоприятный тип погоды

Вероятный клинический синдром метеопатической реакции

Потребность в медицинском контроле

Плановая метеоропрофилактика

Рекомендации по проведению дополнительного обследования

Изменить

Назад

Рис. 10. Рабочее поле медицинского прогноза, подлежащее редактированию медиком

Fig. 10. The working field of the medical forecast, subject to editing by a physician

Заключение. Внедрение БП позволяет создать единое информационное пространство, включающее комплексные, прогностические и методические информационные материалы, полученные на базе системы БП, включающую информацию о состоянии окружающей среды и экспертные оценки.

Автор прочитал и согласен с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Бережнов Е.С., Уянаева А.И., Львова Н.В., Тупицына Ю.Ю., Максимова Г.А. Способ прогнозирования и коррекции метеопатических реакций. Медицинская технология // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры, 2012. №2. – С. 3-15.

Васин В.А., Ефименко Н.В., Жерлицына Л.И., Кортунова З.В., Ляшенко С.И., Мкртчян Р.И., Поволоцкая Н.П., Скляр А.П., Гранберг И.Г., Арабов А.Я., Савиных В. В., Сенник И.А., Рубинштейн К.Г., Козлова М.Д., Кнутас А.В. К вопросу о совершенствовании системы медицинского прогноза погоды на курортах Федерального значения – Кавказских Минеральных Вод // Материалы Международной конференции «Погода и биосистемы». – С-Пб.: 11-14 октября 2006 г. – С. 179-198.

Гранберг И.Г., Голицын С.Г., Голицын Н., Истошин Н.Г., Гинзбург А.С., Ефименко В.В., Алёхин А.И., Поволоцкая П.П., Рогоза Н.Н., Беликов Б.Б., Максименков О.О., Рубинштейн Г.Г. Исследование влияния резких изменений погодных условий (в том числе загрязнения атмосферы) на здоровье населения в мегаполисе // Материалы международной конференции «Физика, климат и здоровье». – Кисловодск, 6-10 октября 2008 г. – С. 18-32.

Григорьев И.И. Погода и здоровье. – М.: ЮПИ, 1996. – 96 с.

Григорьев И.И., Поважная Е.Л. Методике медицинских прогнозов погоды 50 лет // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры, 2014. № 1. – С. 57-62.

Григорьев И.И., Роменский Н.В., Парамонов И.Г. Методические указания по медицинской классификации погод и профилактике метеотропных реакций на курортах субтропической черноморской климатической области. – Сочи: 1963. – 102 с.

Казначеев В.П. Космологические аспекты в биологии: живое вещество, внешняя и внутренняя среда // Бюл. Сиб. отд. АМН СССР, 1983. №2. – С. 62-71.

Овчарова В.Ф., Бутьева И.В., Швейнова Т.Г., Алешина Т.П. Специализированный прогноз погоды для медицинских целей и профилактика метеопатических реакций // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры, 1974. №2. – С. 9-19.

Поволоцкая Н.П., Ефименко Н.В., Гранберг И.Г., Жерлицына Л.И., Истошин Н.Г., Кириленко А.А., Мкртчян Р.И., Рубинштейн К.Г., Сенник И.А., Хан О.П. Система медицинского прогноза погоды на федеральных курортах Кавказских Минеральных Вод: Методическое пособие. – Пятигорск: 2009. – 87 с.

Трубина М.А. Комплексная оценка влияния климата и погоды на организм человека для Северо-Западного региона РФ: Автореф. дисс. канд. мед. наук. – С-Пб.: 2010. – 23 с.

«БИОТРОП ОБ-ҲАВО» ТИББИЙ ОПЕРАТИВ ПРОГНОЗ ТИЗИМИ**М.Л. АРУШАНОВ**

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти

Аннотация. Мақолада биотропик омилларни ҳисобга олиш асосида ГМИТИда ишлаб чиқилган автоматлаштирилган тиббий прогноз тизими тақдим этилган. Бу омиллар синоптик-метеорологик ва гелеогеофизик (гелиогеомагнит) об-ҳаво шароитлари ҳақидаги жорий ва прогноз маълумотларини ўз ичига олади.

Биотроп омилларни ўз ичига олувчи тиббий прогноз формати ишлаб чиқилган бўлиб, у синоптик-метеорологик мониторинг, биотроп об-ҳаво ва гелиогеомагнит вазиятларни тезкор аниқлаш ҳамда тиббий муассасаларни огоҳлантириш воситаларини тақдим этади. Об-ҳаво, гелеогеофизик ва ифлослантирувчи омилларга боғлиқ метеопатиялар ўртасидаги ўзаро боғлиқликни муқдорий баҳолаш IPW (об-ҳаво патогенлиги индекси – Index Pathogenicity of Weather) комплекс индекси орқали амалга оширилади. IPW ҳар бир синоптик об-ҳаво тури учун аниқланади.

«Биотроп об-ҳаво» тизимини ишлаб чиқиш вазифаси WEB дастурлаш асосида амалга оширилиб, бу, биринчи навбатда, маълумотларни оператив тарзда тўплаш, дунёнинг етакчи

метеорологик хизматларининг гидродинамик прогнозлари асосида прогноз метеорологик маълумотларни олиши муаммосини ҳал қилиш имконини беради.

Калит сўзлар: тиббий прогноз, биотроп омиллар, метеорологик маълумотлар, об-ҳаво прогнози, об-ҳаво патогенлиги индекси, гелогеофизик шароитлар.

"BIOTROPIC WEATHER" SYSTEM OF OPERATIONAL MEDICAL FORECASTING

M.L. ARUSHANOV

Hydrometeorological Research Institute

Abstract. *The article presents an automated system of medical forecast developed at HMRI, based on the consideration of biotropic factors, the components of which represent current and prognostic information on synoptic-meteorological and heliogeophysical (heliogeomagnetic) weather conditions.*

A medical forecast format has been developed, including biotropic factors, providing for synoptic-meteorological monitoring, operational detection of biotropic weather and heliogeomagnetic situations, and a tool for alerting medical institutions. Quantitative assessment of the relationship between meteoropathies and weather, helio-geophysical and polluting factors is performed in the form of a complex index IPW (Index Pathogenicity of Weather). IPW is determined for each synoptic type of weather.

The solution to the problem of developing the «Biotropic Weather» (BW) system is implemented on the basis of WEB programming, which allows, firstly, to solve the problem of collecting information in real time, to obtain prognostic meteorological information from the websites of the world's leading meteorological services, whose hydrodynamic forecasts enjoy undisputed authority.

Key words: *medical prognosis, biotropic factors, meteorological data, weather forecast, weather pathogenicity index, heliogeophysical conditions.*

REFERENCE

Berejnov E.S., Uyanayeva A.I., Lvova N.V., Tupitsina Yu.Yu., Maksimova G.A. Sposob prognozirovaniya i korreksii meteopaticheskix reaktsiy. Meditsinskaya texnologiya [Method of forecasting and correction of meteopathic reactions. Medical technology] // Voprosi kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kulturi, 2012. №2. – PP. 3-15. (in Russian)

Vasin V.A., Yefimenko N.V., Jerlitsina L.I., Kortunova Z.V., Lyashenko S.I., Mkrtchyan R.I., Povolotskaya N.P., Sklyar A.P., Granberg I.G., Arabov A.Ya., Savinix V.V., Senik I.A., Rubinshteyn K.G., Kozlova M.D., Knutas A.V. K voprosu o sovershenstvovanii sistemi meditsinskogo prognoza pogodi na kurortax Federalnogo znacheniya – Kavkazskix Mineralnix Vod [On the issue of improving the medical weather forecast system at the resorts of federal significance – Caucasian Mineral Waters] // Materiali Mejdunarodnoy konferensii «Pogoda i biosistemi». – S-Pb.: 11-14 oktyabrya 2006 g. – PP. 179-198. (in Russian)

Granberg I.G., Golitsin S.G., Golitsin N., Istoshin N.G., Ginzburg A.S., Yefimenko V.V., Alyoxin A.I., Povolotskaya P.P., Rogoza N.N., Belikov B.B., Maksimenkov O.O., Rubinshteyn G.G. Issledovaniye vliyaniya rezkix izmeneniy pogodnix usloviy (v tom chisle zagryazneniya atmosferi) na zdorove naseleniya v megapolise [Study of the influence of sharp changes in weather conditions (including air pollution) on the health of the population in a megalopolis] // Materiali mejdunarodnoy konferensii «Fizika, klimat i zdorove». – Kislovodsk, 6-10 oktyabrya 2008 g. – PP. 18-32. (in Russian)

Grigorev I.I. Pogoda i zdorove [Weather and health]. – M.: UPI, 1996. – 96 p. (in Russian)

Grigorev I.I., Povajnyaya Ye.L. Metodike meditsinskix prognozov pogodi 50 let [Methodology of medical weather forecasts is 50 years old] // Voprosi kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kulturi, 2014. № 1. – PP. 57-62. (in Russian)

Grigorev I.I., Romenskiy N.V., Paramonov I.G. Metodicheskiye ukazaniya po meditsinskoy klassifikatsii pogod i profilaktike metotropnix reaktsiy na kurortax subtropicheskoy chernomorskoy klimaticheskoy oblasti [Methodical instructions for medical classification of weather conditions and

prevention of meteotropic reactions at resorts of the subtropical Black Sea climatic region]. – Sochi: 1963. – 102 p. (in Russian)

Kaznachejev V.P. Kosmologicheskiye aspekti v biologii: jivoye veshstvo, vneshnyaya i vnutrennyaya sreda [Cosmological aspects in biology: living matter, external and internal environment] // Byul. Sib. otd. AMN SSSR, 1983. №2. – PP. 62-71. (in Russian)

Ovcharova V.F., Buteva I.V., Shveynova T.G., Aleshina T.P. Spetsializirovanniy prognoz pogodi dlya meditsinskix seley i profilaktika meteopaticeskix reaktsiy [System of medical weather forecasting at federal resorts of the Caucasian Mineral Waters: Methodological manual] // Voprosi kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kulturi, 1974. №2. – PP. 9-19. (in Russian)

Povolotskaya N.P., Efimenko N.V., Granberg I.G., Jerlitsina L.I., Istoshin N.G., Kirilenko A.A., Mkrtychyan R.I., Rubinshteyn K.G., Senik I.A., Xan O.P. Sistema meditsinskogo prognoza pogodi na federalnix kurortax Kavkazskix Mineralnix Vod: Metodicheskoye posobiye [Methodological Guide to the medical weather forecasting system at the federal resorts of the Caucasian Mineral Waters]. – Pyatigorsk: 2009. – 87 p. (in Russian)

Trubina M.A. Kompleksnaya otsenka vliyaniya klimata i pogodi na organizm cheloveka dlya Severo-Zapadnogo regiona RF [Comprehensive assessment of the influence of climate and weather on the human body for the North-West region of the Russian Federation]. Avtoref. diss. kand. med. nauk. – S-Pb.: 2010. – 23 p. (in Russian)

ГИДРОЛОГИЯ / HYDROLOGY

УДК 528.88, 556.15

**ИҚЛИМ ИСИШИ ШАРОИТИДА ТОҒ МУЗЛИКЛАРИ МОРФОМЕТРИК
КЎРСАТКИЧЛАРИНИНГ ЎЗГАРИШИ (БАРҚИРОҚ МУЗЛИГИ МИСОЛИДА)****Ғ.Ў. УМИРЗОҚОВ^{1,2*}, С.С. СУВОНҚУЛОВ^{1,3}, Д.М. ТУРҒУНОВ^{1,2},
М.Ғ. ШАМСИЕВА², Ҳ.А. МАМИРОВ³**¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, g.umirzakov@gmail.com² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университети, shamsiyevamohidil5@gmail.com³ Ҳ.М. Абдуллаев номидаги Геология ва геофизика Институти, ssarkorbek@gmail.com

Аннотация. Мақолада иқлим исиши шароитида Барқироқ музлигининг морфометрик кўрсаткичларидаги сўнги ўзгаришлар таҳлил қилинган. Жаҳон Музликлар Мониторинги Хизмати (WGMS) базасидаги кузатувлар ва ГАТ усулларига таянган ҳолда 2017–2024 йиллардаги Барқироқ музлигининг майдон, узунлик ва мувозанат чизиги баландлиги динамикаси баҳоланган. Натижаларга кўра, Ўрта Барқироқ музлиги майдони 0,38 км² га (-16%) камайган бўлса, унинг Шарқий тармоғи майдони 0,067 км² га (-11,8%) қисқарган. Узунлик бўйича қисқариши мос равишда 80 м (йилига ўртача ≈10 м) ва 223 м (йилига ≈32 м) ни ташиқил этган. Мувозанат чизиги баландлиги 2017–2023 йилларда 3724–3790 м оралиғида юқорилаб борган (Шарқий тармоқда 3748–3848 м). Барқироқ музлигида қайд этилган ўзгаришлар минтақадаги музликлар динамикасига иқлим исишининг таъсирини ортиб бораётганлигини тасдиқлайди.

Калит сўзлар: иқлим ўзгариши, музлик, музлик мониторинги, музлик майдони, музлик узунлиги, аккумуляция майдони, абляция майдони, мувозанат чизиги, морфометрик кўрсаткичлар.

Кириш. Бугунги кунда глобал иқлим ўзгариши ва унинг салбий оқибатларига қарши кураш ҳамда мослашиш масалалари жаҳон ҳамжамятининг энг долзарб муаммоларидан бири ҳисобланади. Бирлашган Миллатлар Ташкилоти томонидан белгиланган Барқарор ривожланиш мақсадларида “... иқлим ўзгаришига қарши кураш чораларини миллий сиёсат, стратегия ва режалар доирасида амалга ошириш зарур” лиги таъкидланган [United ..., 2015].

Иқлимнинг глобал исиши тоғ музликларида эриш жараёнини жадаллаштириб, уларнинг майдон ва ҳажмининг кескин қисқаришига сабаб бўлмоқда. Бу жараён айниқса, тоғ дарёларининг гидрологик режимига сезиларли таъсир кўрсатиб, келажақда вегетация даврида дарё оқимининг камайиши кутилмоқда. Шу сабабли, иқлим ўзгаришининг музликлар динамикасига таъсирини ўрганиш ва таҳлил қилиш муҳим илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Мазкур тадқиқотнинг асосий мақсади иқлим илиши шароитида тоғ музликлари морфометрик кўрсаткичлари ўзгаришларини Барқироқ музлиги мисолида ўрганишдан иборат. Ушбу мақсадга эришиш учун Барқироқ музлигининг морфометрик кўрсаткичларининг ўзгаришлари баҳоланди.

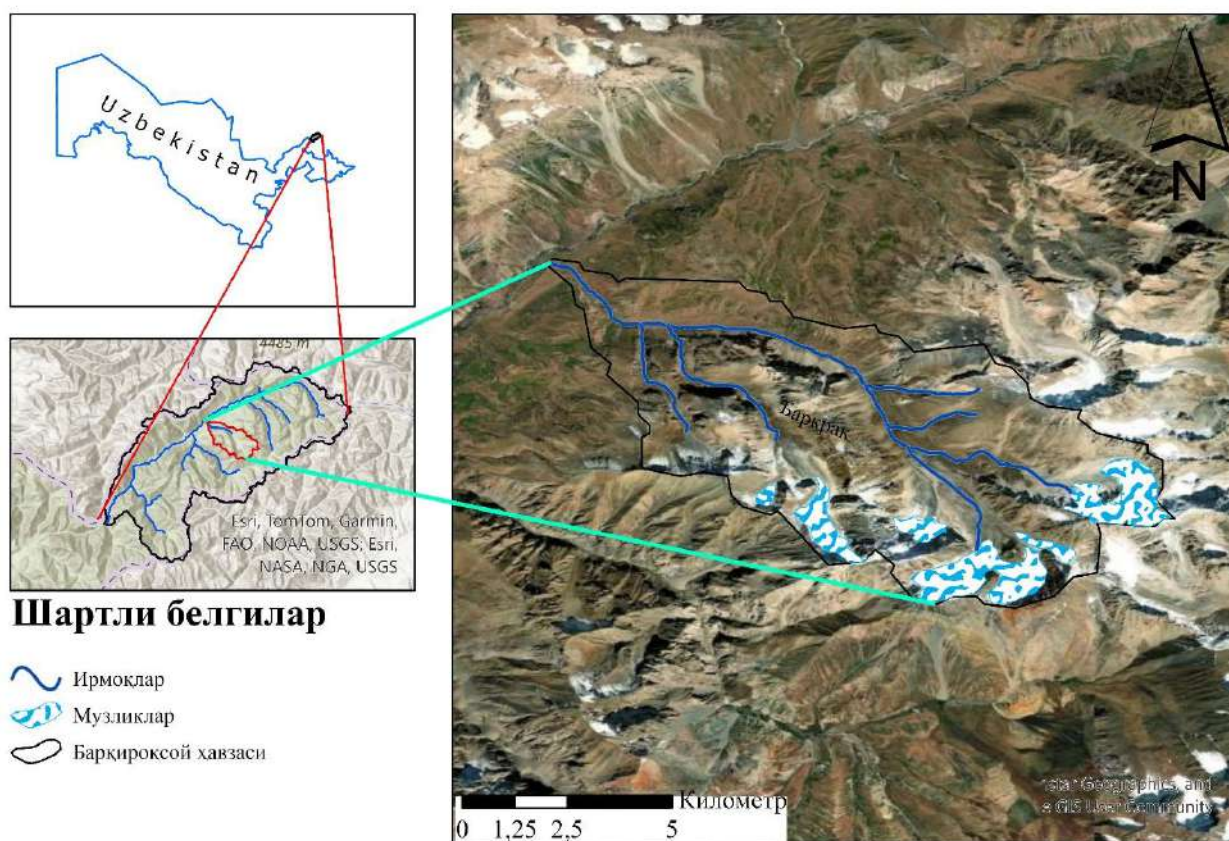
Тадқиқотнинг объекти ва предмети. Тақиқотда Писком дарёси ҳавзасида жойлашган Ўрта Барқироқ музлиги ва унинг Шарқий тармоғи тадқиқот объекти сифатида

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

танлаб олинди. Музликнинг морфометрик кўрсаткичларидаги ўзгаришларни баҳолаш тадқиқот предметини ташкил этади.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Ишни бажаришда Жаҳон музликлар мониторинги хизмати (WGMS) маълумотлар базасидан олинган Ўрта Барқироқ ва унинг Шарқий тармоғи музлигининг 2016-2024 йиллар оралиғида кузатилган маълумотларидан фойдаланилди. Тадқиқот ишини бажариш жараёнида музлик майдони, ва узунлиги ҳамда қор чизигининг ўзгаришлари ўрганилди. Ўрта Барқироқ музлигининг асосий қисми ҳамда унинг Шарқий тармоғи морфометрик кўрсаткичлари қиёсий ва статистик усулларида фойдаланилган ҳолда таҳлил қилинди.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Ўрта Барқироқ музлиги Ғарбий Тяньшаннинг Писком тизмаси шимолий-шарқий ёнбағирларида шаклланган. Мазкур музлик Барқироқсойни тўйинтирувчи асосий манба ҳисобланади (1-расм). Ҳавзада жами 7 та музликлар мавжуд бўлиб, уларнинг умумий майдони $F_m = 6,5 \text{ км}^2$ га тенг [Щетинников, 1976]. Тадқиқот олиб борилган музлик майдони катталиги жиҳатидан Ўзбекистонда Северцев ва Пахтакор музликларидан кейин учинчи ўринда туради. Музликнинг майдони $F_m = 2,19 \text{ км}^2$ га тенг, унинг энг юқори чегараси $H_{\max} = 4076$ метр, қуйи чегараси $H_{\min} = 3481$ метр [Сувонкулов ва бошқ., 2022].



1-расм. Барқироқсой ҳавзаси музликларининг жойлашуви

Рис. 1. Расположение ледников бассейна Баркраксай

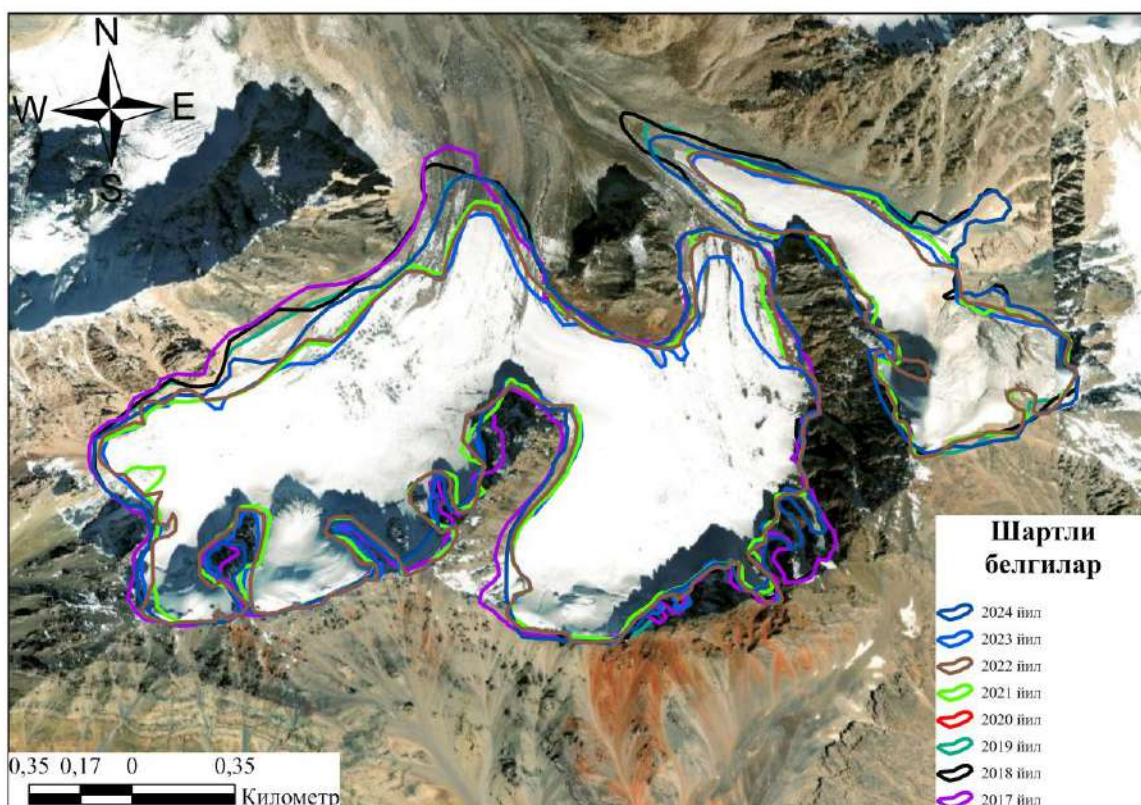
Fig. 1. Location of glaciers in the Barkraksay basin

Ойгаинг дарёсининг чап ирмоғи ҳисоблаган Барқироқсой ҳавзаси $47,3 \text{ км}^2$ майдонга эгаллиги ГАТ ёрдамида аниқланган [Сувонкулов, 2024]. Барқироқсой ҳавзаси

$H = 2200-4300$ м оралиғида шаклланган бўлиб, ҳавзанинг ўртача баландлиги $H_{\text{ўрт}} = 3150$ м ни ташкил этади [Сувонқулов, 2021].

Глобал миқёсда ҳаво ҳароратининг кўтарилиб бориши натижасида Писком ҳавзаси музликларининг майдони қисқариб борган. Кузатишлар шуни кўрсатадики, ўтмишда Ўрта, Ўнг ва Чап Барқироқ музликлари яхлит музликни ташкил қилган, кейинчалик музликнинг қисқариши натижасида уларнинг парчаланишига олиб келган [Савоскул, 1994].

Тадқиқот ишлари олиб борилган даврларнинг август ойи ҳолатига кўра Ўрта Барқироқ музлиги майдонининг йилларо ўзгариши картаси яратилди (2-расм). Шуниндек, музлик майдонининг йилларо ўзгаришининг кузатув бошланган йилга нисбатан ўзгариши ҳисобланди (1-жадвал).



2-расм. Ўрта Барқироқ музлиги майдони чегарасининг ўзгариш картаси

Рис. 2. Карта изменений границы площади ледника Баркрак Средний

Fig. 2. Map of changes in the boundary of the Barkrak Sredniy glacier area

Тадқиқот олиб борилган даврда, яъни 7 йил давомида Ўрта Барқироқ музлигининг майдони $0,38 \text{ km}^2$ га қисқаргани аниқланди. Мазкур музлик майдони 2021 йилда кескин камайган. Ушбу ўзгаришлар Ўрта Барқироқ музлигининг Шарқий тармоғига ҳам хос. Бирок, Ўрта Барқироқ музлиги майдонининг қисқариши унинг Шарқий тармоғига нисбатан тезроқ кузатилмоқда. Майдон ўзгаришини фоизларда ҳисоблаганда Ўрта Барқироқда 2021 йилда $-21,5\%$, музликнинг Шарқий тармоғида эса 2023 йилда $-26,4\%$ ни ташкил этиб, энг юқори майдон камайиши қайд этилган (1-жадвал).

Тадқиқот ишида аккумуляция ва абляция майдонларининг йилларо ўзгариши ҳам ўрганилди (2-жадвал). Ўрта Барқироқ музлиги майдони 2017 йилдан 2024 йилгача бўлган

даврдан 1,392 км² дан 1,14 км² гача қисқарган бўлиб, бу камайиш 0,25 км² ни ташкил этади. Шу билан бирга, музликнинг абляция майдони ҳам шу давр оралиғида 0,974 км² дан 0,85 км² гача қисқариб, 0,124 км² га камайган. Музликнинг Шарқий тармоғида 2018-2024 йиллар оралиғида аккумуляция майдони 0,355 км² дан 0,345 км² гача, 0,01 км² га камайган. Ушбу даврда абляция майдони, эса 0,209 км² дан 0,151 км² гача, яъни 0,058 км² га қисқарган. Умумий ҳисобда олинган маълумотлар шуни кўрсатадики, ўтган давр оралиғида аккумуляция майдонида кескин қисқариш юзага келмоқда. Бироқ сўнгги 2024 йил маълумотида кўра ушбу майдон ортанлигини кўриш мумкин. Бунинг сабаби, мазкур йилда атмосфера ёғинларининг меъёрида бўлиши ҳамда йилнинг илиқ даври нисбатан салқин келганлиги билан изоҳланади.

1-жадвал

Ўрта Барқироқ музлиги майдонининг ўзгаришлари

Таблица 1

Изменения площади ледника Баркрак Средний

Table 1

Changes in the area of Barkrak Sredniy glacier

Йиллар	Ўрта Барқироқ, км ²			Ўрта Барқироқ Шарқий тармоғи, км ²		
	Майдони	2017 йилга нисбатан ўзгариши	Фоизда, %	Майдони	2018 йилга нисбатан ўзгариши	Фоизда, %
2017	2,37	-	-	-	-	-
2018	2,26	-0,11	-4,6	0,564	-	-
2019	2,2	-0,17	-7,1	0,554	-0,01	-1,7
2020	2,14	-0,23	-9,7	0,549	-0,015	-2,6
2021	1,86	-0,51	-21,5	0,44	-0,124	-21,9
2022	1,9	-0,47	-19,8	0,42	-0,144	-25,5
2023	1,89	-0,48	-20,2	0,415	-0,149	-26,4
2024	1,99	-0,38	-16,0	0,497	-0,067	-11,8

Тадқиқот ишида Барқироқ музлиги узунлигининг йиллараро ўзгариши ўрганилди. Ўрганиш натижасида Ўрта Барқироқ музлигининг узунлиги 2017-2024 йиллар оралиғида $L_m = 80$ метрга қисқарганлиги аниқланди. Шунингдек, кузатилган давр мобайнида Ўрта Барқироқнинг Шарқий тармоғи музлиги узунлиги $L_m = 223$ метрга қисқарган. Юқорида таъкидланганидек, мазкур музлик тор дарада жойлашганлиги боис, унинг абляция зонасидаги кенлиги 400 метрдан ошмайди (3-расм). Шу боис, музликдан бўладиган эриш жараёни унинг узунлигига сезиларли таъсир кўрсатади. Ўрта Барқироқ музлиги турли хил баландликларда жойлашганлиги боис, унинг юзасидан ҳаво ҳароратининг баландлик градиентига мос эриш кузатилади. Табиийки, музликнинг тил қисмида жараён жадаллашади. Бу эса, музлик узунлигининг қисқариб боришига олиб келади.

Музликларнинг асосий морфометрик кўрсаткичларидан яна бири – мувозанат чизиғи баландлиги ҳисобланади. Мувозанат чизиғи бу музликларнинг эриш ҳудуди баландлиги бўлиб, у музлик юзасида гидрологик йил давомида қорнинг тўпланиши ва эришининг мувозанатини ифодалайди. Бу чизиқ, йил давомида аккумуляция ва абляция майдони орасидаги 0 баланси белгилаб берувчи баландлик ҳисобланади. Тадқиқот даврида мувозанат чизиғи баландлигининг йиллараро ўзгариши ўрганилди.

Мувозанат чизиғининг ўлчов ишлари Ўрта Барқироқда 2017 йилдан бошланган. Унинг Шарқий тармоғида мазкур тадқиқотлар 2018 йилдан бошлаб олиб борилган

(4-расм). Тадқиқот олиб борилган йиллар давомида Ўрта Барқироқ музлигининг мувозанат чизиғи баландлиги 2017-2022 йилларда 3724-3749 м оралиғида ўзгарган. 2023 йилга келиб мувозанат чизиғи баландлиги кузатув давридаги юқори баландлик (3790 м) ни қайд этган. Музликнинг Шарқий тармоғида кузатувнинг илк йилларида мувозанат чизиғи баландлиги 3748-3783 м оралиғида ўзгарган бўлса, 2023 йилга келиб энг юқори баландлик кўрсаткичи (3848 м) қайд этилган.

2-жадвал

Ўрта Барқироқ музлигининг аккумуляция ҳамда абляция майдонларининг йиллик ўзгариши (2017-2024 йй.)

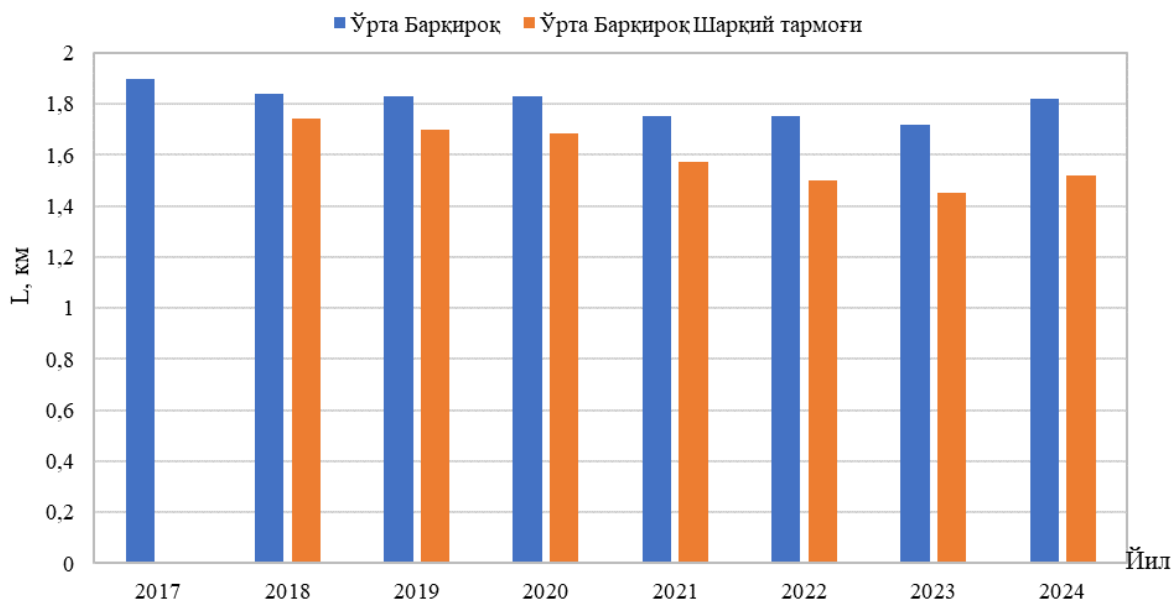
Таблица 2

Годовые изменения площадей аккумуляции и абляции ледника Средний Баркрак (2017-2024 гг.)

Table 2

Annual changes in the accumulation and ablation areas of the Barkrak Sredniy Glacier (2017-2024)

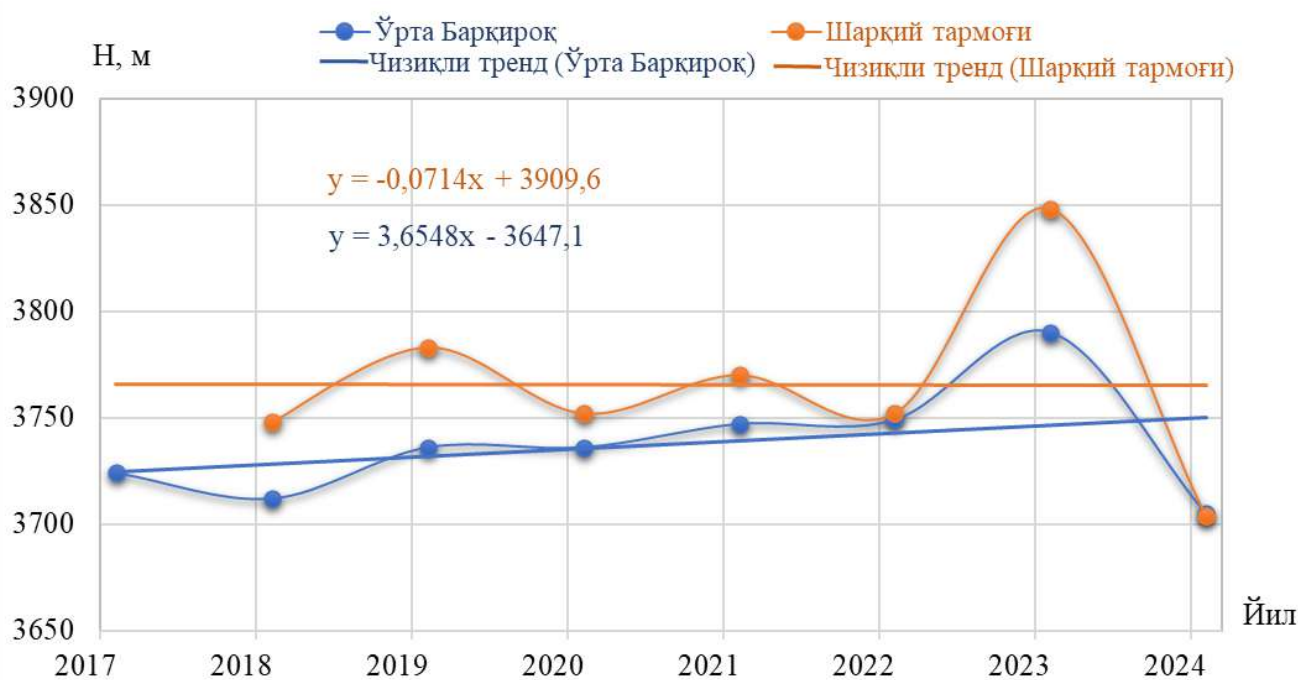
Йиллар	Аккумуляция майдони $F_{акк}$, км ²		Абляция майдони $F_{абл}$, км ²	
	Ўрта Барқироқ	Ўрта Барқироқ Шарқий тармоғи	Ўрта Барқироқ	Ўрта Барқироқ Шарқий тармоғи
2017	1,392	-	0,974	-
2018	1,333	0,355	0,928	0,209
2019	1,274	0,337	0,923	0,216
2020	1,12	0,355	1,023	0,193
2021	0,91	0,26	0,95	0,18
2022	0,92	0,28	0,97	0,13
2023	0,89	0,2767	0,95	0,139
2024	1,14	0,345	0,85	0,151



3-расм. Ўрта Барқироқ музлиги узунлигининг йиллараро ўзгариши (2017-2024 йй.)

Рис. 3. Межгодовые изменения длины ледника Средний Баркрак (2017-2024 гг.)

Fig. 3. Interannual changes in the length of the Barkrak Sredniy Glacier (2017-2024)



4-расм. Ўрта Барқироқ музлиги мувозанат чизиғи баландлигининг йиллараро ўзгариши

Рис. 4. Годовое изменение высоты линии равновесия ледника Средний Баркрак

Fig. 4. Annual variation of the equilibrium line altitude of the Barkrak Sredniy Glacier

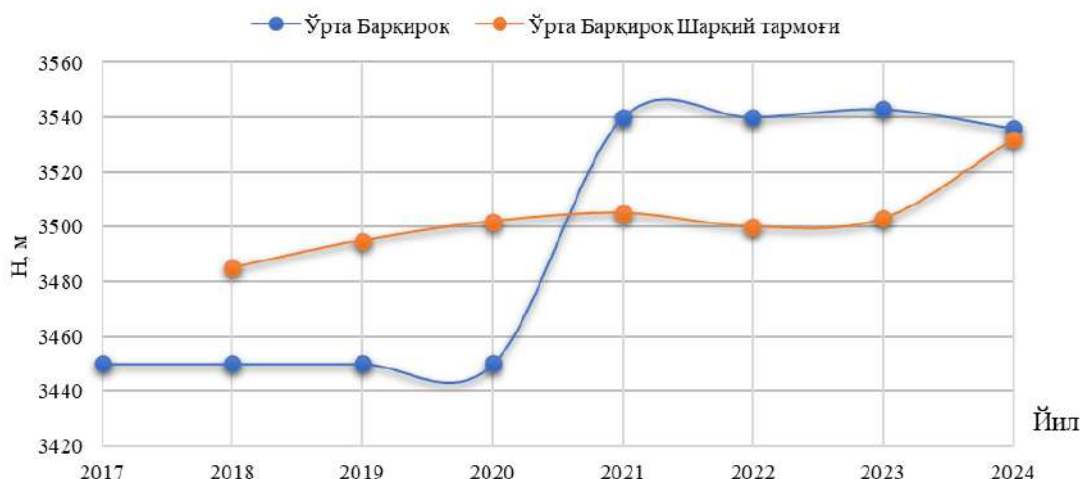
Музликнинг пастки чегараси, яъни музлик тили Ўрта Барқироқ музлигида кузатув ишлари бошланган 2017 йилдан 2020 йилгача бўлган давр мобайнида деярли ўзгармаган (3450 м). 2021 йилга келиб музликнинг пастки чегараси $H = 3540$ м га етган (5-расм). Мазкур йилдан 2023 йилга қадар ушбу қиймат ўзгаришсиз қолган. Музликнинг Шарқий тармоғида бу жараён бироз бошқача тенденцияда кузатилган бўлиб, музликнинг пастки чегараси баландлиги 2021 йилгача секин-аста кўтарилиб борган ва дастлабки кузатув йилларида 3485 м га тенг бўлган. Ўтган давр мобайнида юқори кўрсаткич 2023 йилда Ўрта Барқироқда 3543 м ни, Шарқий тармоқда эса 2021 йилда 3505 м ни ташкил этган. Шарқий тармоқнинг Ўрта Барқироққа нисбатан баландлигини музликнинг тил қисмига туташ қўлнинг мавжудлиги ва мореналар уюмининг таъсирини сабаб қилиб келтириш мумкин.

Хулоса. Тадқиқот натижаларидан қуйидаги хулосаларни келтириш мумкин.

Барқироқсой ҳавзаси ва мазкур ҳавзада шаклланган музликлар ҳамда уларнинг эришидан ҳосил бўладиган сой ирмоқларини акс эттирувчи харита яратилди.

Ўрта Барқироқ музлиги майдонининг кузатув даврида $F_m = 0,38$ км² га, Шарқий тармоқнинг майдони эса $F_m = 0,067$ км² га қисқарган. Ўрта Барқироқ музлигининг аккумуляция майдони $F_{акк} = 0,25$ км² га қисқарган бўлса, Шарқий тармоқда ўзгариш кузатилмаган.

Ўрта Барқироқ музлиги узунлиги тадқиқот олиб борилган давр мобайнида $L_m = 80$ м га, Шарқий тармоқининг узунлиги эса $L_m = 223$ м га қисқарган. Мазкур музликнинг қисқариб бориш жараёни мос равишда йилига ўртача 10 м ва 32 м ни ташкил қилмоқда.



5-расм. Ўрта Баркирок музлиги пастки чегараси баландлигининг йиллараро ўзгариши

Рис. 5. Межгодовые изменения высоты нижней границы ледника Средний Баркрак

Fig. 5. Interannual changes in the height of the lower boundary of the Barkrak Sredniy glacier

Олинган натижаларга кўра, 2017–2023 йилларда қор чизиғи баландлиги Ўрта Баркирок музлигида 3724 м дан 3790 м гача, унинг шарқий тармоғида эса 3748 м дан 3848 м гача кўтарилган.

Тадқиқот даврида Ўрта Баркирок музлигининг пастки чегараси баландлигининг юқори кўрсаткичи 2023 йилда $H = 3543$ м ни ташкил этган. Мазкур кўрсаткичнинг Шарқий тармоқдаги максимал қиймати 2021 йилга тўғри келиб, $H = 3505$ м ни ташкил этган.

Олиб борилган таҳлиллар натижасида Ўрта Баркирок музлиги ва унинг Шарқий тармоғида майдон, узунлик ва қор чизиғи баландлигида сезиларли қисқариш ва юқорилаш тенденциялари қайд этилди. Бу ўзгаришлар минтақада иқлим исишининг кучайиб бораётган таъсирини яққол намён этмоқда. Ушбу натижалар музликлар гидрологик режими ва сув ресурслари барқарорлиги учун жиддий аҳамиятга эга бўлиб, келгусида уларни комплекс равишда метеорологик кузатувлар билан боғлаб таҳлил қилиш зарурлигини кўрсатади.

Миннатдорлик. Мазкур тадқиқот иши Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтида амалга оширилган АЛМ-202107010 «Глобал иқлим ўзгариши шароитида тоғ музликлари массаси баланси ўзгаришининг мониторинг тизимини ва музликларнинг келажакдаги ҳолатини тавсифловчи сценарийларни ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилди.

Муаллифлар ҳиссаси. **Ғ.Ў. Умирзақов:** мақола ғояси, объектни танлаш, мақолани таҳрир қилиш, раҳбарлик. **С.С. Суванқулов:** мақола ғоясини қўллаш, хариталар яратиш, мақола матнини ёзиш, методология. **Д.М. Турғунов:** мақола ғоясини қўллаш, мақола матнини ёзиш, методология. **М.Ғ. Шамсиева:** натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Ҳ.А. Мамиров:** хариталар яратиш, дала тадқиқот ишларида олинган маълумотларни қайта ишлаш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилигини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

- Глазырин Г.Е., Горные ледниковые системы, их структура и эволюция. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 109 с.
- Каталог ледников СССР. – Л.: Гидрометеоздат. – Т. 14. – Вып. 1. – Ч. 1. – 1968. – 48 с.
- Коновалов В.Г. Методика расчетов и дистанционных измерений пространственного распределения годового баланса массы на ледниках // Тр. САНИИ. 1988. – Вып. 129 (210). – С. 65-75.
- Ни А.А., Петров М.А., Тихановская А.А., Томашевская И.Г. Горное оледенение, климат, сток. – Ташкент: НУУз, 2006. – 206 с.
- Савоскул О.С. Колебания ледников преферийных и внутренних областей Тянь-Шаня в голоцении. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата географических наук. – М.: 1994. – 24 с.
- Суванкулов С.С., Мамараимов А.Ж., Тургунов Д.М. Ойгаинг дарёси ҳавзаси ирмоқларининг морфометрик кўрсаткичларини ГАТ ёрдамида аниқлаш // Гидрометеорология ва атроф-мухит мониторинги, 2024. №2. – Б. 51-58.
- Суванкулов С.С., Умирзақов Ф.Ў., Мамиров Ҳ.А., Акбаров Ф.Н., Эшмуратов Д.К., Петров М.А. Музлиқлардан тўйинадиган кичик тоғ дарёларининг гидрологик мониторинги (Баркироксой мисолида) // Гидрометеорология ва атроф-мухит мониторинги, 2022. №4. – Б. 80-90.
- Умирзақов Г.У., Зултихаров Г.Б. Изменение баланса массы ледника Баркрак Средний, под влиянием климатических факторов и его вклад в формирование стока реки Ойгаинг // География: природа и общество. 2022. – №2. – С. 637-642.
- Умирзақов 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, 2023. №1. – С. 3-12.
- Щетинников А.С. Ледники бассейна реки Пскем. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 120 с.
- Электрон ресурс:
United Nations. (2015). Sustainable development goals: Climate change. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change/>

**ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРНЫХ
ЛЕДНИКОВ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА
(НА ПРИМЕРЕ ЛЕДНИКА БАРКРАК)**

**Г.У. УМИРЗАКОВ^{1,2}, С.С. СУВАНКУЛОВ^{1,3}, Д.М. ТУРГУНОВ^{1,2},
М.Г. ШАМСИЕВА², Х.А. МАМИРОВ³**

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, g.umirzakov@gmail.com

² Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, shamsiyevamohidil5@gmail.com

³ Институт геологии и геофизики имени Х.М.Абдуллаева, ssarkorbek@gmail.com

Аннотация. В статье проанализированы последние изменения морфометрических показателей ледника Баркрак в условиях потепления климата. На основе наблюдений Всемирной службы мониторинга ледников (WGMS) и методов ГИС оценена динамика площади, длины и высоты линии равновесия ледника Баркрак за 2017–2024 годы. Согласно результатам, площадь Среднего Баркрака сократилась на 0,38 км² (–16%), а его Восточной части – на 0,067 км² (–11,8%). Уменьшение длины составило соответственно 80 м (в среднем ≈10 м в год) и 223 м (≈32 м в год). Высота линии равновесия в 2017–2023 годах повысилась до 3724–3790 м (в Восточной части – до 3748–3848 м). Зафиксированные изменения на леднике Баркрак подтверждают усиливающееся влияние климатического потепления на динамику ледников региона.

Ключевые слова: изменение климата, ледник, мониторинг ледника, площадь ледника, длина ледника, площадь аккумуляции, площадь абляции, линия равновесия, морфометрические показатели.

CHANGES IN THE MORPHOMETRIC INDICATORS OF MOUNTAIN GLACIERS UNDER CLIMATE CHANGE (ON THE EXAMPLE OF BARKRAK GLACIER)

G.U. UMIRZAKOV^{1,2}, S.S. SUVANKULOV^{1,3}, D.M. TURGUNOV^{1,2},
M.G. SHAMSIEVA², H.A. MAMIROV³

¹ Hydrometeorological Research Institute, g.umirzakov@gmail.com

² National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, shamsiyevamohidil5@gmail.com

³ Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev, ssarkorbek@gmail.com

Abstract. *The article analyzes recent changes in the morphometric parameters of the Barkrak Glacier under climate change. Based on observations from the World Glacier Monitoring Service (WGMS) and GIS methods, the dynamics of area, length, and equilibrium line altitude (ELA) of the Barkrak Glacier during 2017–2024 were assessed. According to the results, the area of the Barkrak Sredniy Glacier decreased by 0.38 km² (–16%), while its Eastern branch shrank by 0.067 km² (–11.8%). The reduction in length amounted to 80 m (≈10 m per year on average) and 223 m (≈32 m per year), respectively. The equilibrium line altitude rose to 3724–3790 m between 2017 and 2023 (3748–3848 m in the Eastern branch). The recorded changes in the Barkrak Glacier confirm the increasing impact of climate warming on glacier dynamics in the region.*

Keywords: *climate change, glacier, glacier monitoring, glacier area, glacier length, accumulation area, ablation area, equilibrium line, morphometric indicators.*

REFERENCES

Glazyrin G.E. Gornye lednikovye sistem, ix struktura i evolyutsiya [Mountain glacial systems, their structure and evolution]. – L.: Gidrometeoizdat, 1991. – 109 p. (in Russian).

Katalog lednikov SSSR [Catalog of glaciers from the USSR]. – L.: Gidrometeoizdat. – T.14. – Vip.1. – Ch.1. – 1968. – 48 p. (in Russian)

Konovalov V.G. Metodika raschetov i distantsionnix izmereniy prostranstvennogo raspredeleniya godovogo balansa massy na lednikax [Methodology for calculating and remote measurements of the spatial distribution of the annual mass balance on glaciers] // Tr. SANII. – 1988. – Vip. 129 (210). – PP. 65–75. (in Russian)

Ni A.A., Petrov M.A., Tikhanovskaya A.A., Tomashevskaya I.G. Gornoe oledenenie, klimat, stok [Mountain glaciation, climate, runoff]. – Tashkent: NUUz, 2006. – 206 p. (in Russian)

Savoskul O.S. Kolebaniya lednikov preferiynyix i vnutrennyix oblastey Tyan-Shanya v golotsene [Fluctuations of glaciers in the peripheral and internal regions of Tien Shan in the Holocene.] Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata geograficheskix nauk. Moskva, 1994. – 24 p. (in Russian)

Suvonkulov S.S., Mamaraimov A.J., Turgunov D.M. Oygaining daryosi havzasi irmoqlarining morfometrik ko‘rsatkichlarini GAT yordamida aniqlash [Determination of morphometric parameters of tributaries of the Oygaining River basin using GIS] // Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi, 2024. №2. – PP. 51–58. (in Uzbek)

Suvonkulov S.S., Umirzakov G.O., Mamirov Kh.A., Akbarov F.N., Eshmuratov D.K., Petrov M.A. Muzliklardan to‘yinadigan kichik tog‘ daryolarining gidrologik monitoringi (Barqiroqsoy misolida) [Hydrological monitoring of small mountain rivers fed by glaciers (using the example of Barkraksay)] // Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi, 2022. №4. – PP. 80–90. (in Uzbek)

Shetinnikov A.S. Ledniki basseyna reki Pskem [Glaciers of the Pskem River Basin]. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 120 p. (in Russian).

Umirzakov G.U., Zulpikharov G.B. Izmenenie balansa massy lednika Barkrak Sredniy, pod vliyaniem klimaticheskix faktorov i ego vklad v formirovanie stoka reki Oygaying [Changes in the mass balance of the Barkrak Sredniy glacier under the influence of climatic factors and its contribution to the formation of the Oygaying River runoff] // Geografiya: priroda i obshchestvo. 2022. № 2. – PP. 637-642. (in Russian)

Umirzakov G.U., Suvankulov S.S., Mamirov Kh.A., Akbarov F.N., Petrov M.A. Vyyavlenie 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 the Barkraksay River)] // Geografiya i vodnye resurs. – Almaty, 2023. №. 1 – PP. 3–12. (in Russian)

Electronic resource:

United Nations. (2015). Sustainable development goals: Climate change. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change/>

УДК: 528.88:556

ОРОЛ ДЕНГИЗИ СУВ САТҲИ ВА СУВ ЮЗАСИ МАЙДОНИНИНГ СЎНГГИ ЙИЛЛАРДАГИ ЎЗГАРИШЛАРИ

С.Б. КАЛАБАЕВ^{1,2*}, Д.М. ТУРҒУНОВ^{1,2}

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, salauat.kalabaev@gmail.com

² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети

Аннотация. Мақолада 2021–2024 йиллар мобайнида Орол денгизи, айниқса унинг зарбий қисмидаги гидрологик режим ҳолати масофадан зондаши (МЗ) технологиялари асосида таҳлил қилинган. Тадқиқот доирасида замонавий сунъий йўлдош маълумотлари, хусусан MODIS тасвирлари орқали сув юзаси майдони, шунингдек, радар альтиметрияси ёрдамида сув сатҳи кўрсаткичлари аниқланган. Олинган натижалар асосида 2021–2024 йиллар оралигида Орол денгизи сатҳи 21,96 м дан 19,95 м га пасайганлиги, сув юзаси майдони 2224 км² ни 1939 км² гача камайганлиги аниқланган. Ушбу маълумотлар денгизнинг жорий экологик ҳолатини баҳолаш ҳамда келажакдаги гидрологик сценарийларни ишлаб чиқишда муҳим ахборот манбаи бўлиб хизмат қилади.

Калит сўзлар: Орол денгизи, альтиметр, Sentinel 6, Jason 3, MODIS, water index.

Кириш. Ҳозирги кунда дунёда, айниқса, арид минтақаларда глобал миқёсда рўй бераётган иқлим ўзгариши туфайли сув ҳавзалари деградацияси йилдан-йилга кучайиб бормоқда. Бу борада Бирлашган Миллатлар Ташкилотининг Бутунжаҳон сув ресурслари ҳолати ҳақидаги ҳисоботида “... жаҳондаги кўплаб мамлакатларда чучук сув экотизимлари, хусусан, дарёлар, кўллар кучли деградацияга учрамоқда. Кўлларнинг сув сатҳи ва майдони қисқариб, баъзилари тўлиқ йўқолиш хавфи остида турибди”, деб таъкидланган [www.unep.org]. Бу ҳолат арид иқлимли ҳудудлардаги кўлларнинг гидрологик режими ва уларнинг мониторингига қаратилган тадқиқотларни олиб бориш зарурлигини тақозо этмоқда.

Сув ҳавзаларидаги сув сатҳи тўғрисидаги маълумотларни олиш анъанавий равишда ер усти ўлчовлари (гидропостлар ва дала тадқиқот станциялари) орқали амалга оширилади. Бироқ, иқтисодий сабабларга кўра барча сув ҳавзаларда мунтазам равишда бундай кузатишлар амалга оширилмайди [Аденбаев, Калабаев, 2023; Калабаев и др., 2019;

* Масъул муаллиф: salauat.kalabaev@gmail.com, тел.: +998 97 355-80-96

Калабаев, 2023]. Масофадан зондлашнинг янги технологиялари кўллари кузатиш учун янги имкониятларни яратмоқда. In-situ ўлчаш кузатувларининг ортиб бораётган танқислигини ҳисобга олган ҳолда, сув объектларини масофадан туриб зондлаш улкан салоҳиятга эга муқобил усул ҳисобланади. Бу аввалги тадқиқотларимиз давомида ўз исботини топган [Артыкова, 2024; Калабаев, Артыкова, 2024; Калабаев, Аденбаев, 2024].

Орол денгизининг ҳозирги мавжуд ғарбий қисмини ўрганиш ва масофадан зондлаш технологиялари асосида мониторинг ташкил этиш ишнинг асосий **мақсади** ҳисобланади. Мақсадга эришиш учун қуйидаги вазифалар белгиланган:

- кўл сув сатҳини альтиметр радари ёрдамида аниқлаш;
- кўл сув юзасини сунъий йўлдош тасвирлари асосида ҳисоблаш.

Тадқиқот давомида юқорида белгиланган вазифалар тўлиқ бажарилиб, кўзланган натижага эришилган.

Тадқиқот объекти ва предмети. Тадқиқот объекти Орол денгизининг ғарбий қисми, предмети эса денгиз сув сатҳи, юзаси майдонини масофадан зондлаш маълумотлари асосида аниқлашдан иборат.

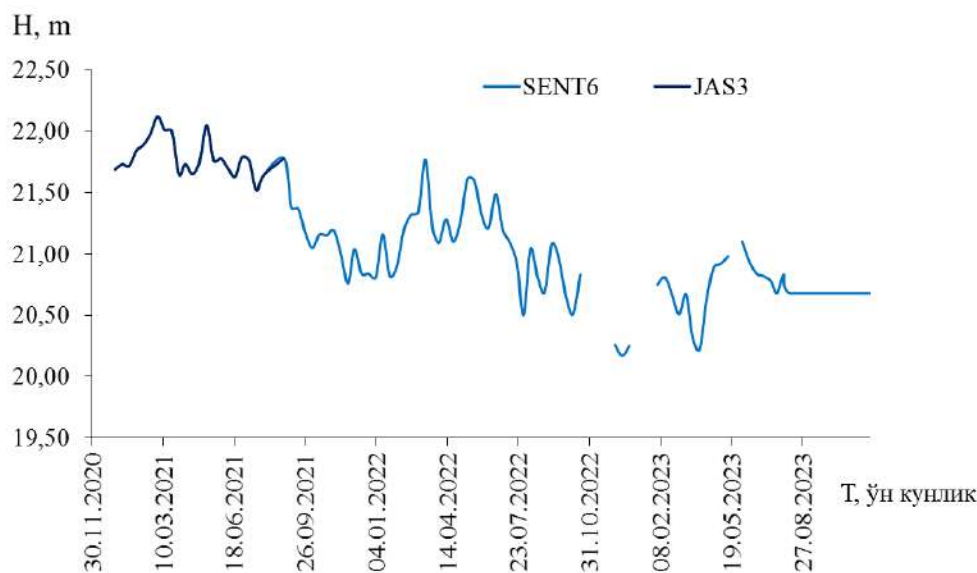
Бирламчи маълумотлар. Тадқиқотда сув сатҳини аниқлаш учун АҚШ Геологик хизмати (USGS) марказининг ҳамда Европа комиссиясининг маълумотлар базасидан 2021-2024 йиллар учун сунъий йўлдош тасвирлари танлаб олинди. Орол денгизи сув юзасининг динамикаси сунъий йўлдош кузатувлари натижасида қайд этилган, MODIS (*ингл.* Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) тасвирлари эса денгиз сув юзаси майдонини аниқлаш учун фойдаланилган.

Натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Охирги йигирма йил ичида йирик кўллари ва сув ҳавзаларининг сув сатҳини аниқлаш учун сунъий йўлдошлардан олинган маълумотлар ҳажми ва сифати сезиларли даражада ошди.

Жанубий Америка, Африка ва Сибирдаги кўллари ва дарёларнинг гидрологик режимини ўрганиш учун сунъий йўлдош баланклик ўлчови маълумотларидан муваффақиятли фойдаланилган [Lebedev, 2014], Волга дарёсининг қуйи оқимидаги сув сатҳи [Troitskaya, 2012; Kostianoy, 2012], Волга сув омборлари каскади, Россия ва Эстония чегарасида жойлашган Ильмен ва Ладога кўли учун сунъий йўлдошдан баланклик ўлчаш ишлари амалга оширилган [Kostianoy, 2021].

2021-2024 йиллардаги сув сатҳини аниқлаш мақсадида Sentinel 6, Jason 3 сунъий йўлдош альтиметр радарининг маълумотлари тўпланди ва таҳлил қилинди. Шунинг таъкидлаш лозимки, ҳозирда in-situ маълумотлари мавжуд эмаслиги ҳисобига альтиметр маълумотлари сув сатҳини аниқлаш имконини берадиган ягона манба бўлиб ҳисобланади [Артыкова, Калабаев, 2024; Калабаев, Артыкова, 2024] (1-расм). Иккинчи томондан, мазкур маълумотларни in-situ маълумотлари билан бевосита таққослаш имконияти чекланганлиги сабабли, маълумотларнинг аниқлик даражаси бир мунча пасайишига олиб келади, ҳаттоки сув ҳавзаси гидрологик режими ҳақида нотўғри хулоса шаклланишига сабаб бўлади. Сунъий йўлдош ўлчовларидаги хатолар сунъий йўлдош траекториялари турлича бўлиши ва улар денгизни ҳар хил йўналишда кесиб ўтиши билан боғлиқ. Уларни маълум бир гидропост жойлашган жойига боғлаб бўлмайди. Сунъий йўлдош маълумотларидаги хатоликларнинг яна бир манбаси – сув ҳавзаларида муз қопламанинги мавжудлиги ҳисобланади. Қишда муз борлигида альтиметр кўрсаткичларининг аниқлиги пасайиши аниқланган [Артыкова, Калабаев, 2024]. Сув ҳавзасини кесиб ўтадиган ҳар бир йўл (pass) вақти ва жойлашув оралигини аниқлаши жуда муҳимдир. Бундай сунъий йўлдош ўлчовларини қайта ишлашнинг тегишли технологиясини ишлаб чиқиш учун муз билан қопланган сув ҳавзаларидаги сув сатҳини ўлчашда катта хатоларнинг сабабларини аниқлаш билан махсус тадқиқотлар олиб борилиши керак.

Тадқиқот даврида альтиметр маълумотлари NASA Science очик базасидан юклаб олинди. Бунда 2020-2021 йиллардаги сув сатҳи ҳақидаги маълумотлар Jason 3 альтиметри, 2021-2024 йиллардаги маълумотлар Sentinel 6 альтиметри томонидан қайд этилган. Сув сатҳи маълумотларида 2022 йил ноябридан 2023 йил июль ойларигача бўлган муддатда бўшлиқлар мавжуд эканлиги маълум бўлди. Альтиметр маълумотларига кўра, 2021 йил бошида денгизда сув сатҳи 21,96 м ташкил этган бўлса, 2024 йилга келиб бу 19,95 м га тушганлиги аниқланди. Сув сатҳининг ўзгариш тенденцияси ҳисобланганда, унинг қиймати 0,41 м/йил ни ташкил этди.



1-расм. Орол денгизининг ғарбий қисмида сув сатҳи ўзгаришлари

Рис. 1. Изменение уровня воды в западной части Аральского моря

Fig.1. Water level changes of the western part of the Aral Sea

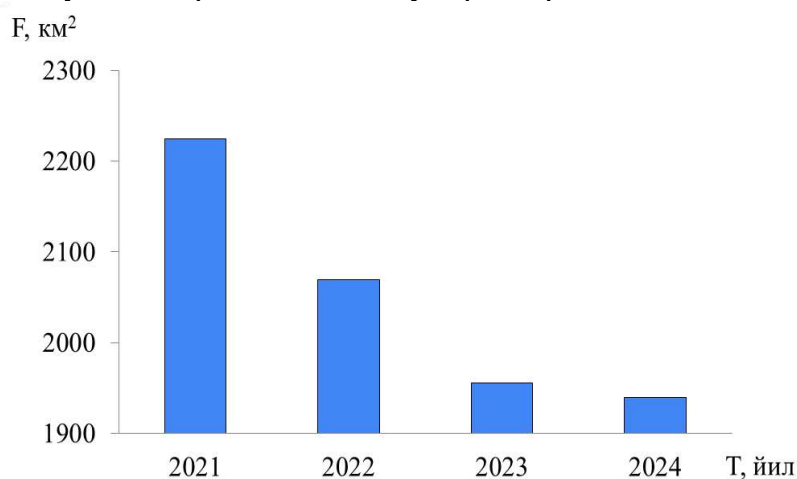
Тадқиқотнинг кейинги босқичида денгизнинг сув юзаси майдони ҳисобланди. «Куруклик-сув» чегарасини аниқлаш учун сунъий йўлдош тасвирларини дешифровкалашнинг автоматлаштирилган усулларидан фойдаланилди. Амалда, «куруклик-сув» чегарасини ажратиш учун, минимал меҳнат ва етарли аниқликни бергани туфайли спектрал сув индекси тасвирлар оммабоп ҳисобланади. Тадқиқот объекти учун MODISнинг жами 184 та тасвирдан фойдаланилди. MODIS маҳсулотида спектрал диапазонлар чекланган бўлиб, классик NDWI учун зарур бўлган *sur_refl_b04* мавжуд эмас. Шу боис, сув-куруклик чегарасини аниқлашда (*b01*, *b02*) диапазонлари асосида модификацияланган NDWI ёки эмпирик чегерали сегментация усуллари қўлланилган. ArcGIS Pro дастурий таъминот имкониятларидан фойдаланган ҳолда, денгиз сув юзасининг йиллик ўртача қийматлари сув индекси асосида ҳисобланди (2-расм).

Ҳисоблаш натижаларига кўра, сув юзаси майдони 2021 йили 2224 км² ни ташкил этган бўлса, 2024 йилга келиб бу 1939 км² гача камайган. Тадқиқот даврида энг катта сув юзаси қисқариши 2022 йилда 155 км² ташкил этган бўлса, 2023 ва 2024 йилларда эса мос равишда 114 км² ва 16 км² тенг бўлган. Ушбу тенденция денгиз сув юзаси динамикасидаги мавсумий ёки йиллик иқлимий омиллар таъсиридаги ўзгаришлар билан изоҳланади.

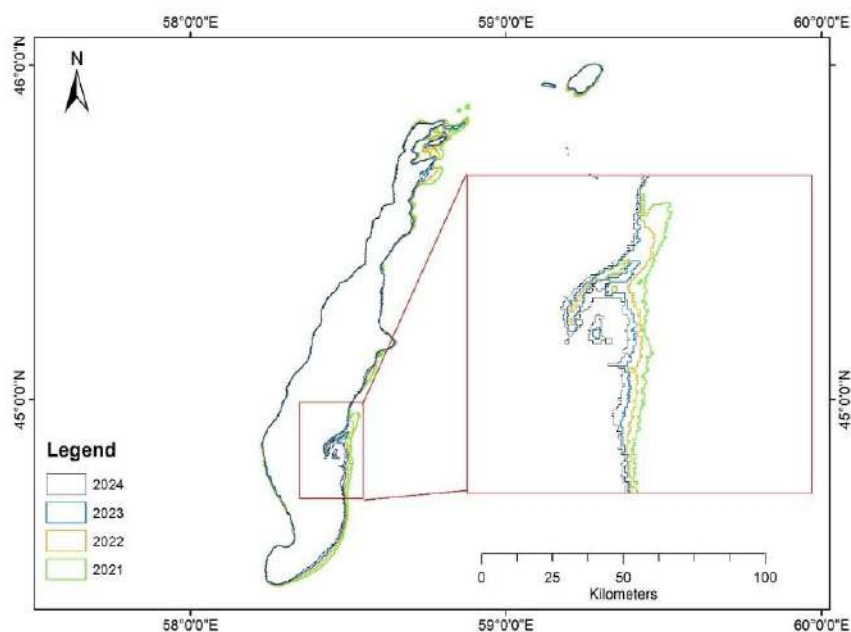
Кузатилган даврдаги маълумотларга асосан, сув юзасининг йиллик ўртача қисқариш суръати тахминан 70–150 км² га тенг. Ушбу камайиш суръатидан келиб чиқиб,

агар мавжуд гидрологик ва иқлимий шароитлар ўзгаришсиз қолса, денгиз сув юзаси 10–12 йил ичида тўлиқ қуриб кетиши мумкин. Бу эса минтақадаги экологик мувозанатга, биологик хилма-хилликка салбий таъсир кўрсатиши кучайтиради.

Шу нуқтаи назардан, мазкур денгизнинг жанубий қисмидаги кичик кўллари сақлаб қолиш мақсадида самарали сув ресурсларини бошқариш, мелиоратив тадбирлар амалга ошириш зарур ҳисобланади. Қўшимча равишда, сунъий йўлдош маълумотлари асосида кичик кўллари мунтазам мониторинг олиб бориш орқали сув сатҳидаги ўзгаришларни аниқ кузатиб бориш мақсадга мувофиқдир.



а)



б)

2-расм. Орол денгизининг ғарбий қисми сув юзасининг динамикаси (а) график, (б) схематик кўрнишда

Рис. 2. Динамика водной поверхности западной части Аральского моря (а) графический, (б) схематический вид

Fig. 2. Aral Sea western part water surface dynamics (a) graph, (b) schematic view

Хулоса. Ўрганиш натижалари шуни кўрсатадики, Орол денгизи ғарбий қисми сувининг камайиш суръати йилларга қараб фарқ қилган: айрим йилларда сув сатҳи юқори тезликда пасайган бўлса, айрим йилларда бу жараён нисбатан секинроқ кечган. Бундай динамик ўзгаришлар, аввало, минтақанинг иқлимий омиллари ҳамда ўша йилдаги метеорологик шароитлар билан чамбарчас боғлиқдир.

Тадқиқотдан олинган яна бир муҳим хулоса шундан иборатки, масофадан зондлаш технологиялари ёрдамида кузатуви қийин бўлган сув объектлари бўйича дастлабки маълумотларни олиш ва уларни мунтазам мониторинг қилиш имкониятлари йилдан-йилга кенгайиб бормоқда. Айниқса, анъанавий кузатув станциялари мавжуд бўлмаган ҳудудларда ушбу усуллардан самарали фойдаланиш орқали зарурий гидрологик ахборотни шакллантириш имконияти яратилмоқда. Бу эса масофавий зондлашнинг амалий ва илмий аҳамиятини янада оширади.

Муаллифлар ҳиссаси. **С.Б. Калабаев:** мақола ғояси, хариталар яратиш, мақола матнини ёзиш, методология. **Д.М. Турғунов:** мақола ғоясини қўллаш, таҳрир қилиш, раҳбарлик. Барча муаллифлар кўлёзманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилигини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Аденбаев Б.Е., Калабаев С.Б. Гидрография, морфометрия и мониторинг современного состояния озера Джылтырбас // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 5. – С. 43-53. DOI: 10.35567/19994508_2023_5_4.

Артыкова Ф.Я., Калабаев С.Б. Перспективы использования спутниковых данных для определения уровня воды в крупных озёрах // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. – 21(4). – С. 251-259. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-4-251-259. Scopus ID-59329867100

Калабаев С.Б., Йўлдошбаева М.Р., Бердимуратова А. Қуйи Амударё сув объектларининг гидрографик тавсифи // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. 2019. – 56-жилд. – Б. 235-239.

Калабаев С.Б. Landsat тасвирлари ёрдамида ер усти сув объектлари чегарасини аниқлашда спектрал индекслардан фойдаланиш имкониятлари // Гидрометеорология ва атроф муҳит мониторинги. 2023. – №4. – Б. 36-43.

Калабаев С.Б., Артыкова Ф.Я. Сунъий йўлдош кузатув маълумотлари бўйича қўлларни хариталаш ва мониторинг қилиш // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. 2024. – №1. – Б. 87-92.

Калабаев С.Б., Аденбаев Б.Е. Оценка изменений площадей водной поверхности озера Междуречье по спутниковым снимкам / Материалы международной научно-практической конференции «Роль современной геоинформационной картографии, методов и технологий дистанционного зондирования в географических исследованиях». – Ташкент, 2024. – С. 505-508.

Kostianoy A.G., Kostianaia E.A., Lebedev S.A., Serykh I.V., Prokofiev Y.A. Interannual variability in the level of lakes in northwestern Russia / Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Aspects of Geology, Geophysics and Geoecology Using Modern Information Technologies”. Maykop State Technological University. – Maykop, 17–21 May 2021. Part 1. – PP. 158–167.

Lebedev S.A., Kostianoy, A.G. Satellite Altimetry of the Caspian Sea / Proceedings of the Symposium on 15 Years of Progress in Radar Altimetry. Venice. Italy. 13-18 March 2006. – Vol. SP 614.

Troitskaya Y.I., Rybushkina G.V., Soustova I.A., Balandina G.N., Lebedev S.A., Kostianoy A.G. Satellite altimetry of inland water bodies // Hydrophysical Processes. 2012. Vol. 39, – PP. 184–199.

Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Kazmina M.V., Tsepelev V.Y., Varlashina V.M., Neschadimova T.G. Satellite Monitoring of Transboundary Waters of Russia and Estonia. – M.: Publ. House “Signal”, 2012. – 16 p.

Электрон ресурс:

Half the world's countries have degraded freshwater systems, UN finds. URL: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/half-worlds-countries-have-degraded-freshwater-systems-un-finds>

ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ И ПЛОЩАДИ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ

С.Б. КАЛАБАЕВ^{1,2}, Д.М. ТУРГУНОВ^{1,2}

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, salauat.kalabaev@gmail.com

² Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,

Аннотация. В статье проведён анализ гидрологического режима Аральского моря, особенно его западной части, за период 2021–2024 годов с использованием технологий дистанционного зондирования (ДЗЗ). В рамках исследования были использованы современные спутниковые данные, в частности, изображения MODIS для определения площади водной поверхности, а также радиолокационная альтиметрия для измерения уровня воды. Согласно полученным результатам, в период с 2021 по 2024 год уровень воды в Аральском море снизился с 21,96 м до 19,95 м, а площадь водной поверхности сократилась с 2224 км² до 1939 км². Эти данные являются важным источником информации для оценки текущего экологического состояния моря и формирования будущих гидрологических сценариев.

Ключевые слова: Аральское море, альтиметр, Sentinel-6, Jason-3, MODIS, water index.

CHANGES IN WATER LEVEL AND WATER SURFACE AREA OF THE ARAL SEA IN RECENT YEARS

S.B. KALABAEV^{1,2}, D.M. TURGUNOV^{1,2}

¹ Hydrometeorological Research Institute, salauat.kalabaev@gmail.com

² National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Abstract. The article presents an analysis of the hydrological regime of the Aral Sea, particularly its western part, during the period from 2021 to 2024 using remote sensing (RS) technologies. The study utilized modern satellite data, including MODIS imagery to determine the water surface area, as well as radar altimetry to measure water level values. According to the results obtained, between 2021 and 2024, the water level of the Aral Sea decreased from 21,96 meters to 19,95 meters, and the water surface area shrank from 2224 km² to 1939 km². These data serve as an important source of information for assessing the current ecological state of the sea and developing future hydrological scenarios.

Keywords: Aral Sea, altimeter, Sentinel-6, Jason-3, MODIS, water index.

REFERENCES

Adenbaev B.E., Kalabaev S.B. Gidrografiya, morfometriya va monitoring sovremennogo sostoyaniya ozera Dzylytyrbas [Hydrography, morphometry and monitoring of the current state of Lake Dzhyltyrbas] // Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, texnologii, upravlenie. – Rossiya, Ekaterinburg, 2023. № 5. – S. 43-53. DOI: 10.35567/19994508_2023_5_4. (in Russian)

Artikova F.Ya., Kalabaev S.B. Perspektivy ispolzovaniya sputnikovyx dannyx dlya opredeleniya urovnya vody v krupnyx ozyorax [Prospects for using satellite data to determine the water level in large lakes] // Sovremennye problemy distansionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. – Rossiya, Moskva,

2024. – 21(4). – S. 251-259. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-4-251-259. Scopus ID-59329867100. (in Russian)

Kalabaev S.B., Yoldoshbaeva M.R., Berdimuratova A. Quyi Amudaryo suv obektlarining gidrografik tavsifi [Hydrographic description of the lower Amudarya water bodies] // Ozbekiston Geografiya jamiyati axboroti, 56-tom. 2019. – PP. 235-239. (in Uzbek)

Kalabaev S.B. Landsat tasvirlari jordamida er usti suv obektlari chegarasini aniqlashda spektral indekslardan foydalanish imkonijatlari [Possibilities of using spectral indices in determining the boundaries of surface water bodies using Landsat images] // Gidrometeorologiya va atrof muhit monitoringi. 2023. – №4. – PP. 36-43. (in Uzbek)

Kalabaev S.B., Artikova F.Ya. Suniy yoldosh kuzatuv malumotlari buyicha kullarni haritalash va monitoring qilish [Mapping and monitoring of lakes using satellite observation data] // Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi. 2024. – №1. – PP. 87-92. (in Uzbek)

Kalabaev S.B., Adenbaev B.E. Ocenka izmenenij ploshhadej vodnoj poverhnosti ozera Mezhdureche po sputnikovym snimkam [Assessment of changes in the water surface area of Lake Mezhdurechye using satellite images] / Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Rol' sovremennoj geoinformacionnoj kartografii, metodov i tehnologij distancionnogo zondirovaniya v geograficheskix issledovaniyah» – Tashkent, 2024. – S. 505-508. (in Russian)

Electronic resource:

Half the world's countries have degraded freshwater systems, UN finds. URL: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/half-worlds-countries-have-degraded-freshwater-systems-un-finds>

УДК: 556.55

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАВНИННЫХ ОЗЕР В УЗБЕКИСТАНЕ

**В.Н. ТАЛЬСКИХ¹, Л.Ю. ШАРДАКОВА², Т.В.КУДЫШКИН²,
И.В. ДЕРГАЧЕВА^{2*}, Д.М. ТУРГУНОВ²**

¹ Агентство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан

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

Аннотация. В работе приведена обзорная информация, содержащая результаты оценок на основании инвентаризации равнинных озёр 2016 года, проведенной по данным спутниковых снимков Landsat-8. На территории Узбекистана насчитывается 158 озёр размером более 1 км², суммарная площадь поверхности которых, без учета акватории Аральского моря и водохранилищ, составляет 7883,778 км². Приводятся данные распределения озёр с учетом их площадей, посчитаны коэффициенты озёрности по вилоятам. Средняя озёрность Узбекистана составляет около 1,78%. Проведенные исследования показали высокую изменчивость морфометрических характеристик лимнических систем Приаралья, которая напрямую связана с водностью и метеорологическими условиями конкретного года.

Ключевые слова: озеро, ветланды, ирригационно-сбросовые озера, морфометрические характеристики.

Введение. В условиях дефицита водных ресурсов и неравномерного их распределения по территории Узбекистана изучение и оценка экологического состояния и социальной значимости лимнических систем, под которыми принято подразумевать аккумулирующие водоемы озерного типа, являются одной из ключевых задач достижения устойчивого развития. Локальные колебания рельефа в стране все в большей степени

* Ответственный автор: dergacheva_iv@mail.ru, тел.: +998 99 328-37-39

стали использовать для сброса в них коллекторно-дренажных вод (КДВ), что на практике во многих случаях привело к замене ранее существовавших пресноводных озер ирригационно-сбросовыми озерами (ИСО) и образованию новых ИСО, питающихся в основном КДВ и сбросными водами с орошаемых территорий. Образование ИСО следует рассматривать как появление новых элементов ландшафта, имеющих определенный социально-экологический статус (поддержание биоразнообразия, воспроизводство биоресурсов, рекреация, рыбный промысел, охота, заготовка тростника и др.). Сохранение или потеря их биосферной и социальной значимости, возможности предоставления различных экологических услуг во многом зависит как от современного экологического состояния (стадии экологической сукцессии) и воздействующих антропогенных и климатических факторов, так и от возможных гидротехнических или управленческих решений и поддерживающих мер, которые, в зависимости от их реализации или не реализации, могут предопределить экологический прогресс или экологический регресс этих водных объектов и, соответственно, сохранение или потерю их социально полезных функций.

К сожалению, по этим водным объектам нет многолетней систематизированной экологической информации, т.к. они не охвачены системным мониторингом, хотя их социально-экономическое значение для местных сообществ и биосферное значение для поддержания биологического разнообразия неоспоримы, особенно для региона Приаралья, где ситуация очень динамична и нестабильна. Согласно Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан № 737 от 5 сентября 2019 года “О совершенствовании системы мониторинга окружающей природной среды в Республике Узбекистана” [ПКМ РУз № 737, 2019] озерные экосистемы были исключены из перечня объектов гидрохимического мониторинга, возложенного ранее на Министерство сельского и водного хозяйства согласно Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан № 273 от 23 августа 2016 года [ПКМ РУз № 273, 2016], в связи с окончанием срока его действия (2016-2020 гг.). В соответствии с Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан № 737 Министерства сельского и водного хозяйства осуществляют ведомственный гидрохимический мониторинг только основных коллекторов республики и мелиоративных скважин.

Общие направления динамики экологического состояния озер и физико-географические особенности процессов, протекающих в них при изменении климата, описаны в работах С. Wagner, R. Adrian [Wagner, Adrian, 2009; Adrian, 2009], В. Kraemer [Kraemer, 2020; Kraemer et al., 2022], А. Maasri [Maasri et al., 2022] и др. Оценке устойчивости, уязвимости озерных экосистем и исследованию их равновесных состояний посвящены работы Scheffer M., Carpenter S.R. [Scheffer, Carpenter, 2001]. Ими выявлено существование двух основных устойчивых состояний: олиготрофного и эвтрофного, при этом в эвтрофном существует несколько альтернативных устойчивых сочетаний компонентов озерной экосистемы. Изучением макрозообентоса пойменных озёр занимаются А.А. Прокин, Д.Г. Селезнёв [Прокин, Селезнев, 2021]. Свообразным показателем климатической уязвимости озер является комплексный индекс, разработанный Н.В. Мякишевой [Мякишева, 2009; Мякишева, Хованов, 2010], учитывающий особенности отклика озер с различной морфометрией на изменение температуры воздуха и осадков.

Таким образом, вопросы влияния метеорологических и климатических условий на термодинамические процессы в озерах различных природных зон изучены достаточно хорошо, но аспекты перехода количественных показателей функционирования озерных экосистем в качественные показатели еще предстоит детально исследовать. Не совсем

поняты сам механизм отклика озера на изменение климатических условий на водосборе.

Цель и задачи работы. Проведение инвентаризации равнинных озёр, расположенных на территории Узбекистана, и оценка их современного состояния.

Объект и предмет исследования, исходные данные и методы исследования. Объектом исследования являются равнинные озёра в бассейнах рек Амударья и Сырдарья на территории Узбекистана. Предметом исследования является инвентаризация и определение изменчивости их морфометрических характеристик.

При определении основных характеристик озёр и климатических факторов, влияющих на их состояние использованы методы дистанционного зондирования и ГИС технологии, архивные тематические карты, спутниковые снимки, материалы наземных экспедиционных исследований, проводимых в Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте и Узгидромете.

Основные результаты и обсуждение. Природные озера и ИСО сейчас часто объединяются в общее понятие «ветланды», под которыми подразумевается широкий круг водоемов, мелководий и избыточно увлажненных земель с водно-болотной растительностью и специфическим животным миром. Ветланды, несмотря на общность происхождения, имеют индивидуальные различия по форме, размерам и возрасту, характеризуются разной относительной глубиной, степенью развития литорали и ее зарастаемости водно-болотной растительностью. Одни из них являются в разной мере проточными системами, другие являются бессточными накопителями поступающего в них стока, что делает их более уязвимыми к климатической и водохозяйственной обстановке (особенно в засушливые годы) и обуславливает в них устойчивые многолетние тренды роста минерализации воды, зарастания и заболачивания и, соответственно, сужение круга предоставляемых экологических услуг [Бородин и др., 1995; Горелкин, 1988, 2001; Крейцберг-Мухина и др., 2003; Мирабдуллаев и др., 2007; Тальских, 2003, 2015].

Традиционные методы наблюдений за состоянием лимнических систем в настоящее время не утратили свою силу, но организация их комплексного мониторинга на практике сталкивается как с организационно-финансовыми ограничениями, так и с их труднодоступностью, а именно с удаленностью от лабораторных аналитических центров. Это особенно касается отдельных озер и озерных комплексов среднего и нижнего течения реки Амударья в Приаралье, регулярный комплексный экологический мониторинг которых отсутствует. При этом, равнинные озера Узбекистана, как и в целом в бассейне Аральского моря, по указанным выше причинам – наименее изученный компонент водных ресурсов региона и их социально-экологический статус в полной мере не оценен. Это в большей мере относится к озерным системам в зоне интенсивного потребления стока. С появлением спутниковых снимков среднего и высокого разрешения стали актуальны методы дистанционного мониторинга морфометрических характеристик водных объектов и их территориального распределения на основе спутниковой информации. По результатам инвентаризации 2016 года, проведенной по данным спутниковых снимков Landsat-8, на территории Узбекистана насчитывается 158 озер размером более 1 км², суммарная площадь поверхности которых, без учета акватории Аральского моря и водохранилищ, составляет 7883,778 км².

В бассейне р. Амударья находится 144 водоема суммарной площадью 4 273,3 км², в бассейне р. Сырдарья – 14 озер, площадь которых 3609,413 км². Как следует из диаграмм, приведенных на рисунке 1, распределение водоемов по территории и грациям площадей неравномерно, в бассейне р. Амударья расположено более 90% от общего числа озер, на долю которых приходится 54,2% озерной территории.

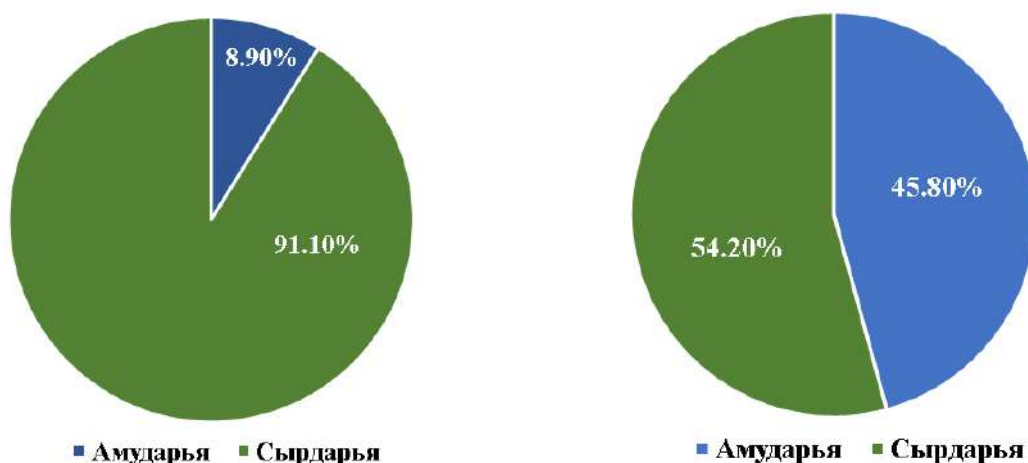


Рис. 1. Распределение озёр по территории (слева) и градациям площадей (справа)

Fig. 1. Distribution of lakes by territory(left) and area gradations (right)

Распределение озер по территории вилоятов с учетом их площадей внутри границ каждого вилоята, согласно их размерной классификации представлено в таблице 1.

Как видно из таблицы, озера площадью менее 3 км² составляют более половины общего фонда. Среди озёр Узбекистана 78% – это озёра с площадью менее 10 км², и на их долю приходится 4% территории. Наибольшее количество озер расположено в Каракалпакистане. В Наманганском и Андижанском вилоятах озер с площадью более 1 км² не идентифицировано.

Площадь поверхности более 1000 км² имеет одно озеро – Айдар-Арнасай.

Таблица 1

Распределение озер Узбекистана по вилоятам согласно классификации по площадям

Table 1

Distribution of lakes in Uzbekistan by regions according to classification by area

Вилоят	малые			средние			большие		очень большие	количество	
	1,01-3,0	3,01-5,0	5,01-10,0	10,01-20,0	20,01-50,0	50,01-100,0	100,01-500	500,01-1000	>1000		
Республика Каракалпакистан	58	16	8	5	4	3	4	2		100	
Сурхандарьинский	1	1								2	
Кашкадарьинский	3			1		1				5	
Навоийский	4	2	4							10	
Бухарский	4	1	2	4	3	1	3			18	
Хорезмский	8				1					9	
Сырдарьинский	4									4	
Ташкентский	5									5	
Ферганский		1								2	
Джизакский					1	1				2	
Джизакский/Навоийский									1	1	
Количество	87	22	14	10	9	6	7	2	1	158	
Общая площадь, км	329,08			879,77			3162,75		3512,18		

В таблице 2 представлены характеристики озерных площадей по вилоятам. На долю озер Каракалпакстана и Айдар-Арнася приходится 87,1% всей озерной территории страны, на Бухарский вилоят – 9,6%. Площади озер всей остальной территории составляют 3,3%.

В лимнологии применяется ещё одна важная характеристика – измеряемый в процентах или долях единицы – коэффициент *озёрности*: отношение суммарной площади озёр к площади территории, на которой эти озёра расположены. Фактически же максимальные значения озёрности не превышают 20-25%, например, для стран и территорий с влажным климатом таких, как Финляндия, Карелия и некоторые районы Канады. В результате расчетов, по данным, полученным в ходе инвентаризации (табл. 3), средняя озёрность Узбекистана составляет около 1,78%. Однако, в зависимости от конкретных географических условий, увлажненности, топографии местности, притока поверхностных и подземных вод этот показатель изменяется в значительных пределах от 0,027 % до 2,023%. Самой высокой озёрностью характеризуются Каракалпакстан и Бухарский вилоят – около 2%.

Таблица 2

Характеристика озерных площадей по вилоятам Узбекистана

Table 2

Characteristics of lake areas by regions of Uzbekistan

Вилоят	Общая площадь км ²	Диапазон размеров площадей	
		min (км ²)	max (км ²)
Республика Каракалпакстан	3350,793	0,841	980,446
Сурхандарьинский	5,686	1,046	4,639
Кашкадарьинский	84,339	1,704	65,350
Навоийский	42,313	1,042	9,549
Бухарский	753,366	1,608	243,257
Хорезмский	37,869	0,725	26,570
Сырдарьинский	7,028	1,349	2,783
Ташкентский	6,413	0,986	1,868
Ферганский	10,227	4,423	5,804
Джизакский	73,562	22,321	51,241
Джизакский/Навоийский	3512,182	-	-
В целом по стране	7883,663		

В таблице 4 приводятся некоторые основные морфометрические характеристики наиболее крупных озерных образований в среднем и нижнем течении реки Амударья по данным инвентаризации 2016 года. Эти ИСО характеризуется разной степенью зарастаемости рогозом, тростником, камышом (до 20 – 90% акватории).

В соответствии с Национальным докладом о состоянии окружающей природной среды и использовании природных ресурсов Республики Узбекистан 2005 года в таблице 5 приводятся размеры площадей некоторых озерных систем без указания временного периода оценки их морфометрических характеристик, значения которых в иные годы могут значительно отличаться от данных инвентаризации 2016 года, отраженных в таблице 5.

Таблица 3

Коэффициенты озерности для вилоятов Узбекистана

Table 3

Lake coefficients for regions of Uzbekistan

Вилоят	Общая площадь	Территория тыс. км ²	Коэф. озерности %
Республика Каракалпакстан	3350,793	165,6	2,02
Сурхандарьинский	5,686	20,8	0,03
Каршинский	84,339	28,4	0,30
Навоийский	42,313	110,8	0,04
Бухарский	753,366	39,4	1,91
Хорезмский	37,869	6,3	0,60
Сырдарьинский	7,028	5,1	0,14
Ташкентский	6,413	15,3	0,04
Ферганский	10,227	6,8	0,15
Джизакский	73,562	20,5	0,36
Джизакский /Навоийский	3512,182		
В целом по стране	7883,778	442,7325	1,78

Таблица 4

Морфометрические характеристика больших озер Узбекистана в среднем и нижнем течении реки Амударья по данным инвентаризации 2016 года

Table 4

Morphometric characteristics of large lakes of Uzbekistan in the middle and lower reaches of the Amu Darya river according to the 2016 inventory data

Название	Площадь, км ²	Длина, км	Максим. ширина,	Средняя ширина, км
Сарыкамыш	980,446	61,2	23,06	16,02
Джалтырбас 1	431,896	33,48	20,65	-
Джалтырбас 2	191,871	33,45	8,22	-
Джалтырбас 3	288,578	37,67	13,98	-
Судочье	653,927	39,98	27,32	16,36
Денгизкуль	243,257	39,56	8,22	6,15
Думалак	159,649	20,79	13,5	7,68
Каракыр Западный	109,975	19,79	10,41	5,56,
Караджарская ОС	107,857			-
Аякагитма	103,148	14,63	10,43	7,05

Примечание: ОС – озерная система

Note: ОС – lakes system

Таблица 5

Размеры площадей некоторых озерных систем в среднем и нижнем течении реки Амударья

Table 5

Sizes of areas of some lake systems in the middle and lower reaches of the Amu Darya river

Наименование озерной системы	Площадь, км ²
Республика Каракалпакстан	
Озеро Сарыкамыш	3000,0
Озеро Судочье	353,0
Озеро Жылтырбас	337,0
Озеро Дауткуль	56,0
Озеро Аязкала	33,0
Думалакская система озер	29,0
Озеро Ахчакуль	28,5
Озеро Каратерень	21,6
Озеро Илмекуль	18
Озеро Шегекуль	16,6
Муйнакский залив	36
Бухарские и Кашкадарьинские вилояты	
Озеро Денгизкуль	336
Озеро Каракир	44,5
Озеро Хадича	113,0
Озеро Тузкан (Соленое)	57,0
Озеро Сичанкуль	7,32

Выводы. Проведенные исследования показали высокую изменчивость морфометрических характеристик ИСО Приаралья, которая напрямую связана с водностью и метеорологическими условиями конкретного года. В связи с указанными процессами озерные экосистемы равнинной территории в среднем и нижнем течении рек Амударья и Сырдарья могут изменять свои морфометрические характеристики и экологический статус в зависимости от складывающейся текущей гидрологической ситуации.

Однако, сведения по долговременным рядам морфометрических параметров ИСО и связанным с ними гидрохимическим и биологическим параметрами, для этих водных объектов отсутствуют, поскольку они не охвачены системным экологическим мониторингом.

Авторский вклад. **В.Н. Гальских:** методология, анализ. **Л.Ю. Шардакова:** сбор данных, анализ, оформление, написание текста. **Т.В. Кудышкин:** сбор данных, анализ, написание текста. **И.В. Дергачева:** написание текста, обработка, оформление. **Д.М. Тургунов:** применение методологии, редакция текста. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Бородин В.Е., Рузиева И.Б., Рахманов Б.А. Исследование возможности улучшения качества воды в водоемах питьевого и рыбохозяйственного назначения дельты Амударья / Пресная вода:

Труды отраслевой научно-практической конференции. Главгидромет РУз. – Ташкент, 1995. – С.83-86.

Горелкин Н.Е. Изменение в структуре озер равнинной территории Средней Азии под влиянием водохозяйственного строительства // Известия Узбекского географического общества. –Ташкент: ФАН, Т. 14. 1988. – С. 25-31.

Горелкин Н.Е., Горшков Н.И., Нурбаев Д.Д., Тальских В.Н. Оценка состояния коллекторов и озер правобережья Амударьи. // Проблемы освоения пустынь. Международный научно-практический журнал. – Ашхабад, № 2, 2001. – С. 49-57.

Крейцберг-Мухина Е.А., Мирабдуллаев И.М., Тальских В.Н. Основные результаты экологического мониторинга ветланда Судочье / Труды Международной конференции «Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря». – Алматы-Ташкент, 2003. – С.355-363.

Мирабдуллаев И.М., Жолдасова И.М., Тальских В.Н., Громыко К.В., Шоякубов Р.Ш., Герасимова О.Д., Матмуратов М., Мустафаева З.А. Озеро Судочье как рефугиум Аральской биоты // Труды заповедников Узбекистана, Выпуск 4-5, Состояние и перспективы сети охраняемых территорий в Центральной Азии. – Ташкент, 2003. – С. 99-112.

Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. – СПб: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2009. – 160 с.

Мякишева Н.В., Хованов Н.В. Моделирование индекса увлажненности озерных бассейнов в условиях неопределенности и дефицита исходной информации // Уч. зап. РГГМУ, № 16, 2010. – С. 5-15.

Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 737 от 5 сентября 2019 года «О совершенствовании системы мониторинга окружающей природной среды в Республике Узбекистана».

Приложение № 7 к Программе мониторинга окружающей природной среды в Республике Узбекистан на 2016-2020 годы: Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан 23 августа 2016 г., № 273 «Об утверждении Программы мониторинга окружающей природной среды в Республике Узбекистан на 2016-2020 годы».

Прокин А.А., Селезнев Д.Г. Структура макрозообентоса пойменных озер в условиях разной продолжительности весеннего половодья // Биология внутренних вод, № 5, 2021. – С. 501–509.

Тальских В.Н. Исследования перифитона и зообентоса в озерах ветланда Судочье: основные результаты и извлеченные уроки / Труды Международной конференции «Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря». – Алматы-Ташкент, 2003. – С.369-375.

Тальских В.Н. Экологические модификации биоценозов трансформированных водных экосистем региона Центральной Азии в условиях засухи // Бюллетень №9. Изменение климата, причины, последствия и меры адаптации, Узгидромет/ЮНЕП, – Ташкент, 2015. – С.53-63.

Alain M., Sonja C.J., Mihai C. et al. A global agenda for advancing freshwater biodiversity research // Ecology Letters, Vol. 25, Iss. 2, February 2022. – PP. 255-263.

Borodin V.E., Talskikh V.N. Hydrological, Hydrochemical and Hydrobiological Regime in flat water bodies in the Aral Sea Region (Subproject 14). – Aral Sea project seminar, UNESCO, Tashkent, Uzbekistan, 10-13 th May, 1994 (1992-1993 Reports). – PP.63-65.

Kraemer B.M. Rethinking discretization to advance limnology amid the ongoing information explosion // Water Res. 2020; 178:115801. pmid:32348931

Kraemer B.M, Kakouei K, Munteanu C., Thayne M.W, Adrian R. Worldwide moderate-resolution mapping of lake surface chl-a reveals variable responses to global change (1997–2020). 2022, PLOS Water 1(10): e0000051.

Rita A., Catherine M. et all Lakes as sentinels of climate change // Limnol. Oceanogr., 54(6, part 2), 2009, 2283–2297E 2009, American Society of Limnology and Oceanography, Inc.2283

Domischa S., Bremericha V. et all GeoFRESH – an online platform for freshwater geospatial data processing // International Journal of Digital Earth, 2024. Vol. 17, No. 1, 239103.

Scheffer M., Carpenter S.R., Foley J., et al. Catastrophic shifts in ecosystems // Nature, 2001. Vol. 413. – 591 p.

Wagner C., Adrian R. Cyanobacteria dominance: Quantifying the effects of climate change // Limnol Oceanogr., 2009. 54. – PP. 2460–2468.

ЎЗБЕКИСТОНДАГИ ТЕКИСЛИК КЎЛЛАРИ ҲОЛАТИНИ БАҲОЛАШ

**В.Н. ТАЛСКИХ¹, Л.Ю. ШАРДАКОВА², Т.В. КУДИШКИН²,
И.В. ДЕРГАЧЕВА², Д.М. ТУРГУНОВ²**

¹ Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги

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

Аннотация. Мақолада 2016 йилда Landsat-8 сунъий йўлдош суратлари асосида ўтказилган кўлларни инвентаризация қилиш натижаларига кўра баҳолашларни ўз ичига олган маълумотлар келтирилган. Ўзбекистон ҳудудида 1 км² дан катта бўлган 158 та кўл мавжуд бўлиб, уларнинг умумий юзаси (Орол денгизи ва сув омборларини ҳисобга олмаганда) 7883,778 км² ни ташкил этади. Кўлларнинг майдонларини ҳисобга олган ҳолда уларнинг тақсимоти тўғрисидаги маълумотлар келтирилган ва вилоятлар бўйича кўллик коэффициенти ҳисобланган. Ўзбекистоннинг ўртача кўллик даражаси тақрибан 1,78% ни ташкил этади. Ўтказилган тадқиқотлар Оролбўйи лимник тизимларининг морфометрик хусусиятларининг сувлилик ва муайян йилнинг метеорологик шароитларига тўғридан-тўғри боғлиқ бўлган юқори ўзгарувчанлигини кўрсатди.

Калит сўзлар: кўллар, ветландлар, сугориш-ташлама кўллар, морфометрик хусусиятлар.

ASSESSMENT OF THE STATE OF PLAIN LAKES IN UZBEKISTAN

**V.N. TALSKIKH¹, L.Yu. SHARDAKOVA², T.V. KUDYSHKIN²,
I.V. DERGACHEVA², D.M. TURGUNOV²**

¹ Agency of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan

² Hydrometeorological Research Institute, dergacheva_iv@mail.ru

Abstract. The paper presents an overview of the results of assessments based on the 2016 lake inventory conducted using Landsat-8 satellite images. There are 158 lakes larger than 1 km² in Uzbekistan, the total surface area of which, excluding the Aral Sea and Water reservoirs, is 7883.778 km². The distribution of lakes is presented taking into account their areas, and the lake coefficients are calculated by viloyats. The average lake content in Uzbekistan is about 1.78%. The studies have shown high variability of the morphometric characteristics of the limnic systems of the Aral Sea region, which is directly related to the water content and meteorological conditions of a particular year.

Keywords: lakes, wetlands, irrigation run-off lakes, morphometric characteristics.

REFERENCES

Borodin V.E., Ruziev I.B., Rakhmanov B.A. Issledovanie vozmozhnosti uluchsheniya kachestva vody v vodoemah pitevogo i rybohozyajstvennogo naznacheniya delty Amudari [Study of the possibility of improving water quality in drinking and fishery reservoirs of the Amu Darya delta] // Presnaya voda. – Trudy otraslevoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Glavgidromet RUz, Tashkent, 1995. – S. 83-865. (in Russian)

Gorelkin N.E. Izmenenie v strukture ozer ravninnoj territorii Srednej Azii pod vliyaniem vodohozyajstvennogo stroitelstva [Changes in the structure of lakes in the flat territory of Central Asia under the influence of water management construction] // *Izv.Uzb.geogr.obshestva.* – Tashkent: FAN, 1988, t.14. – S. 25-31. (in Russian)

Gorelkin N.E., Gorshkov N.I., Nurbaev D.D., Talskih V.N. Ocenka sostoyaniya kollektorov i ozer pravoberezhya Amudari [Assessment of the state of collectors and lakes on the right bank of the Amu Darya] // *Problemy osvoeniya pustyn. Mezhdunarodnyj nauchno-prakticheskij zhurnal.* Ashhabad, № 2, 2001. – S. 49-57. (in Russian)

Krejzberg-Muhina E.A., Mirabdullaev I.M., Talskih V.N. Osnovnye rezultaty ekologicheskogo monitoringa vetlanda Sudoche [Main results of ecological monitoring of Sudoche wetland] // *Ekologicheskaya ustojchivost i peredovye podhody k upravleniyu vodnymi resursami v bassejne Aralskogo morya: Trudy Mezhdunarodnoj konferencii.* Almaaty-Tashkent, 2003. – S. 355-363. (in Russian)

Mirabdullaev I.M., Zholdasova I.M., Talskih V.N., Gromyko K.V., Shoyakubov R.Sh., Gerasimova O.D., Matmuratov M., Mustafaeva Z.A. Ozero Sudoche kak refugium Aralskoj bioty [Lake Sudoche as a refugium of the Aral biota] // *Trudy zapovednikov Uzbekistana, Vipusk 4-5, Sostoyanie i perspektivy seti ohranyaemyh territorij v Centralnoj Azii.* Tashkent, 2003. – S. 99-112. (in Russian)

Myakishcheva N.V. Mnogokriterialnaya klassifikatsiya ozer [Multi-criteria classification of lakes]. – SPb: Rossijskiy gosudarstvennyy gidrometeorologicheskij universitet, 2009. – 160 s. (in Russian)

Myakishcheva N.V., Khovanov N.V. Modelirovanie indeksa uvlazhnennosti ozernyh bassejnov v usloviyah neopredelennosti i deficita ishodnoj informacii [Modeling the moisture index of lake basins under conditions of uncertainty and lack of initial information] // *Uch.zap. RGGMU, № 16, 2010.* – S. 5-15. (in Russian)

Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan № 737 ot 5 sentyabrya 2019 goda “O sovershenstvovanii sistemy monitoringa okruzhayushej prirodnoj sredy v Respublike Uzbekistana”. (in Russian)

Prilozhenie № 7 k Programme monitoringa okruzhayushej prirodnoj sredy v Respublike Uzbekistan na 2016-2020 gody: Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan 23 avgusta 2016 g., № 273 “Ob utverzhenii Programmy monitoringa okruzhayushej prirodnoj sredy v Respublike Uzbekistan na 2016-2020 gody”. (in Russian)

Prokin A. A., Seleznev D. G. Struktura makrozoobentosa pojmennyh ozer v usloviyah raznoj prodolzhitelnosti vesennego polovodya [Structure of macrozoobenthos of floodplain lakes under conditions of different duration of spring floods] // *Biologiya vnutrennih vod, № 5, 2021.* – S. 501–509. (in Russian)

Talskih V.N. Issledovaniya perifitona i zoobentosa v ozerah vetlanda Sudoche: osnovnye rezultaty i izvlechennyye uroki [Periphyton and zoobenthos studies in Sudoche wetland lakes: key results and lessons learned] // *Ekologicheskaya ustojchivost i peredovye podhody k upravleniyu vodnymi resursami v bassejne Aralskogo morya: Trudy Mezhdunarodnoj konferencii.* Almaaty-Tashkent, 2003. – S. 369-375. (in Russian)

Talskih V.N. Ekologicheskie modifikatsii biocenozov transformirovannyh vodnyh ekosistem regiona Centralnoj Azii v usloviyah zasuhi [Ecological modifications of biocenoses of transformed aquatic ecosystems of the Central Asian region under drought conditions]. *Byulleten №9. Izmenenie klimata, prichiny, posledstviya i mery adaptatsii, Uzgidromet/YuNEP, Tashkent, 2015.* – S. 53-63. (in Russian)

УДК 528.88+551.578.48

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СНЕЖНЫХ ЛАВИН ДЛЯ ОЦЕНКИ
ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ В СЛАБОИЗУЧЕННЫХ РАЙОНАХ УЗБЕКИСТАНА****Э.Р. СЕМАКОВА^{1*}, В.П. САФРОНОВ², Д.Г. СЕМАКОВ¹, У. BÜHLER³**

¹ Астрономический институт имени Мирзо Улугбека Академии наук Республики Узбекистан, ella9sem@gmail.com

² Агентство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан

³ WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Switzerland

Аннотация. В работе рассматриваются подходы к оценке лавинной опасности в слабоизученном районе на примере бассейна реки Куинды. В качестве основы для анализа использованы уточненные данные и параметры модели движения лавин, ранее применённые для хорошо изученного района перевала Камчик. Приведены примеры численного моделирования небольших лавин с откосов (осов), представляющих угрозу автодорожной инфраструктуре в районе перевала Камчик. На основе моделирования двух фактических случаев схода снежных лавин в бассейне реки Куинды выявлены условия, при которых лавины могут представлять опасность для железнодорожного депо и подъездных путей. Определены рекомендации по защите объектов инфраструктуры в рассматриваемых районах и направления для дальнейших исследований.

Ключевые слова: снежные лавины, численное моделирование, RAMMS, перевал Камчик, бассейн реки Куинды.

Введение. Снежные лавины являются одним из наиболее опасных гидрометеорологических явлений в горных районах, что вызывает необходимость их всестороннего изучения. Вопросы лавинной активности широко исследуются с 1950–1960-х гг. и отражены в многочисленных научных трудах. Основоположниками лавиноведения в Узбекистане стали К.Б.Билялов, В.Д.Губарева, А.И.Королев, Ю.Д.Москалев, Г.Г.Харитонов, Н.П.Чертанов, С.П.Чертанов, Л.И.Языков, Г.Н.Старыгин и другие [Королев, 1965; Косарев, 1969; Чиркова, 1977; Билялов, 1979; Харитонов, 1979; Геткер, Канаев, 1984; Руководство ..., 1965; Москалев, 1986; Суслов и др., 1989; Исаев, 1994; Бруханда и др., 2001; Билялов, Царев, 2004]. В связи с освоением горных районов и необходимостью создания надежной противолавинной защиты на лавиноопасных территориях наибольший практический интерес в данных работах имело изучение причин образования лавин и их повторяемости и территориального распространения, разработка методов оценки распределения осадков, снежного покрова и лавин и методов прогноза, изучение взаимодействия метеорологических условий, величины снегонакопления на горных склонах и физического состояния снежного пласта, из которого возникают лавины, особенности лавинопроявления в разных районах, расчеты снеголавинных нагрузок, и многие другие вопросы.

Огромная заслуга в организации и развитии снеголавинных исследований на территории республики принадлежала доктору географических наук Л.А.Канаеву. Им были определены основные направления исследований, разработан ряд рекомендаций по защите от лавин, а также подготовлено Руководство по снеголавинным наблюдениям и методам снеголавинного обеспечения [Канаев и др., 1967, 1970, 1973, 1988, 1991, 1993, 1996, 2004; Руководство ..., 2001]. Важный этап в развитии снеголавинной науки связан с деятельностью Е.Г.Какуриной, внесшей существенный вклад в выявление

закономерностей лавинообразования в горных районах СССР и создании многотомного Кадастра лавин [Кадастр, 1985, 1986, 1990; Какурина, 1998; Какурина и др., 2001].

С развитием геоинформационных систем появилась возможность разработки новых методик картографирования показателей лавинной активности [Перцигер, 1998; Батыров и др., 2001; Исаев и др., 2001].

В последние десятилетия прикладное лавиноведение в Узбекистане опирается на многолетние наблюдения и экспертные оценки ведущих специалистов Узгидромета В.А.Дасаева, В.П.Сафронова, А.С.Попова, В.Н.Шамсутдинова и др.

Ключевым фактором в оценке лавинной опасности и лавинного риска является степень изученности конкретного района. В период с 1952 по 2000 гг. в Узбекистане функционировали 7 стационарных снеголавинных станций (СЛС): Ойгаинг, Камчик, Чимган, Дукант, Наугарзан, Кызылча, Ледник Северцова; 5 филиалов: Восток (ф. Наугарзана), Иккибель (ф. Камчика), Резак (ф. Камчика), Айгырбайтал (ф. Камчика), Коксу (ф. Ойгаинга); и научно-исследовательские полигоны в бассейнах рек Нуреката, Шабрез, Реваште, Баркрак, Бештор, Чавата, Буюрлюк, Кенгутан, Аксаката, Чимган, на базе которых решались различные научные и прикладные задачи [Кадастр лавин СССР, 1985, 1986, 1990; Бруханда и др., 2001]. Из них в настоящее время действуют три СЛС Узгидромета: одна из них расположена в урочище Чимган на высоте 1640 м и обслуживает безопасность зон рекреации и трасс горнолыжного катания; вторая - в районе перевала Камчик (2145 м), обеспечивает противолавинную безопасность автодороги Ташкент– Ош; а третья, СЛС Ойгаинг, расположена на высоте 2162 м, в верховьях реки Пскем. Для двух районов обслуживания, СЛС Чимган и СЛС Камчик, были разработаны алгоритмы идентификации следов сошедших лавин на основе данных космической съемки Sentinel-1 [Семакова и др., 2023]; проведена оценка чувствительности модели движения лавинного потока, реализованной в программе RAMMS, к различным типам цифровых моделей рельефа (ЦМР), отличающимся по точности, разрешению и времени съемки. Для района перевала Камчик получена оценка эффективности инженерных защитных сооружений, установленных за последние десятилетия [Bartelt et al., 2017; Semakova et al., 2018].

В задачи недавно созданных СЛС Орзу и СЛС Чодак входит обеспечение лавинной безопасности подъездных путей к железной дороге в бассейне реки Куинды и в бассейне реки Чодак, соответственно.

Целью настоящего исследования является анализ возможности применения данных и технологий, отработанных на хорошо изученных территориях, для оценки динамических характеристик сошедших лавин в слабоизученном районе бассейна реки Куинды.

Объектом исследования являются снежные лавины района перевала Камчик и бассейна реки Куинды (левого притока реки Ахангаран).

Предметом исследования выбраны динамические характеристики снежных лавин, характеризующие степень лавинной опасности: дальность выброса лавины и ее объем, область поражения, скорость движения, сила удара и высота лавинного потока.

Районы исследования: район перевала Камчик, где в отдельные годы сходило более 150 лавин различного объема, и бассейн реки Куинды.

Исходными данными являлись показатели лавин, наблюдаемых в районах исследования в зимние сезоны 2023-2024 гг.: дальность пробега лавины, ширина транзитной зоны, геометрия зоны отложения и снежно-метеорологические условия.

Одним из основных факторов, определяющих точность моделирования динамических характеристик лавин, являются свойства подстилающей поверхности. Для

лавиноборов небольшого размера в зоне обслуживания СЛС Камчик было установлено, что наилучшие результаты моделирования достигаются при использовании (ЦМР), построенных на основе бистатической съёмки TerraSAR-X/ TanDEM-X, выполненной в зимний период [Semakova, Bühler, 2017]. Однако в связи с участвовавшими случаями схода мелких лавин объёмом до 500 м³, вызванных подвижкой снежных масс с дорожных откосов и приводящих к перекрытию автодороги и задержке транспортного движения, было принято решение использовать ЦМР AW3D Standard Global DEM, полученную на основе данных со спутника ALOS/ PRISM [<https://www.aw3d.jp/en/products/standard/>].

Методика работы. Для моделирования мелких лавин рассмотрены случаи обрушения снега из точки объёмом 100–300 м³, зафиксированные 11 и 13 декабря 2023 г. на 231-232 км автодороги Ташкент-Ош, вызванные частичным срабатыванием откосов (осов) и лавиноборов вдоль дороги во время интенсивных снегопадов. В результате происшествий был нанесён ущерб транспортному движению: лавины перекрыли дорожное полотно на участках шириной от 5 м и более. В зависимости от протяжённости откоса, зона завала достигала до сотни метров дороги.

Для оценки соответствия результатов моделирования фактическим данным использовались следующие критерии:

- путь движения лавины по откосу,
- площадь завала дорожного полотна,
- толщина и объём лавинных отложений.

Например, одна из лавин, объёмом 200 м³, перекрыла проезжую часть на участке размером 4×8 м. Объём снежных масс на дорожном полотне составил 80 м³, включая снег на обочине.

Анализ метеорологических условий, при которых сошли эти лавины, таких как количество и интенсивность осадков, наличие ветра, прирост снега на метеоплощадке и возможные колебания температуры воздуха, а также анализ форм рельефа, объема и частоты схода таких лавин, позволил выявить зоны зарождения и обосновать выбор толщины ступени отрыва лавин и значений коэффициентов трения, используемых в модели. Результаты моделирования показали соответствие расчетных характеристик лавин фактическим данным по выбранным критериям (рис. 1).

Характеристика лавинной опасности в бассейне реки Куинды. В слабоизученном районе бассейна реки Куинды зачастую сходят лавины мокрого снега адвекционного типа, особенно в периоды весенних оттепелей. По наблюдениям СЛС Орзу и СЛС Камчик отмечается, что в зоне риска может находиться железнодорожное депо и подходящая к нему обслуживающая дорога, расположенные на правом берегу реки Куинды.

В данном депо осуществляется техническое обслуживание и ремонт железнодорожного подвижного состава, курсирующего через перевал Камчик. Напротив депо, на левом борту русла реки, расположены четыре лавинобора, один из которых имеет выход в направлении депо, через русло реки и подводящую к объекту дорогу.

Для моделирования были рассмотрены как реальные, так и сценарные случаи лавин. В частности, изучены параметры лавин адвекционного типа, сошедших 21 февраля 2023 г. при положительных температурах воздуха и восточном направлении ветра после выпадения обильных снегопадов. Отложения одной из лавин были зафиксированы непосредственно перед депо (рис. 2). Высотный диапазон: 2200–2400 м. Объем одной из лавин составлял около 12000 м³, другой – 8000, длина завальных отложений достигала 100 м, ширина – 50 м.

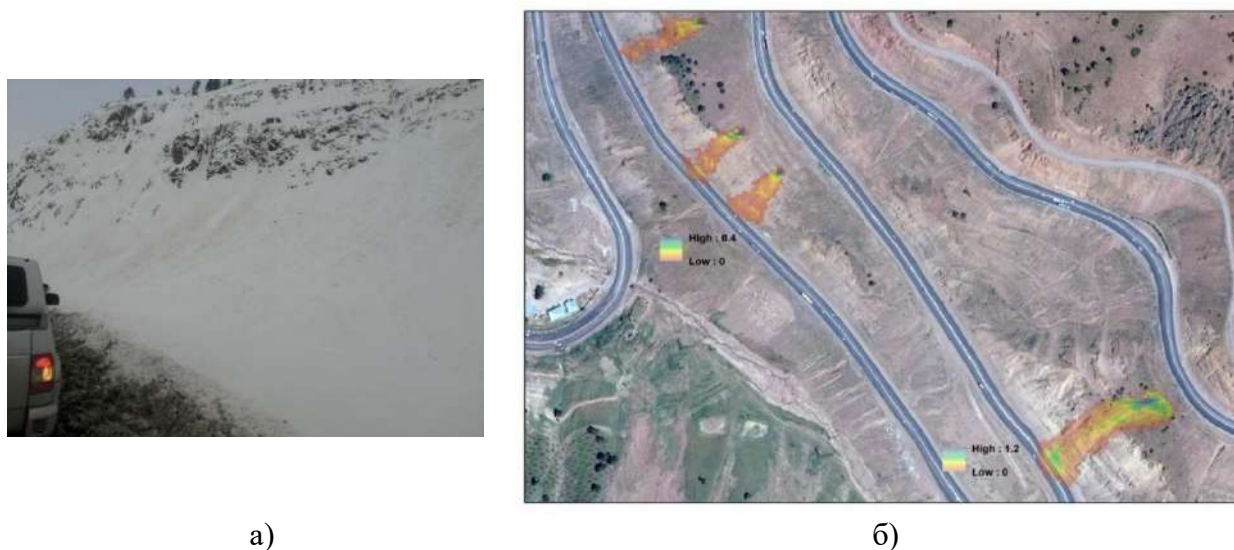


Рис. 1. Примеры (а) небольших лавин, сходящих с откосов вдоль дороги в районе перевала Камчик, (б) высота смоделированных потоков лавин вдоль дороги, м

1-расм. Камчик довоғи ҳудудида (а) йўл бўйлаб ён бағирлардан тушаётган кичик қор қўчкиларига мисоллар, (б) йўл бўйлаб моделлаштирилган қўчки оқимларининг баландлиғи, м

Fig. 1. Examples of (a) small avalanches released along the road in the Kamchik Pass area, (b) height of simulated avalanche flows along the road, m



Рис. 2. Сход лавин в районе расположения ж/д депо:
(а) отложения лавины перед депо, (б) реальные пути движения лавин

2-расм. Темир йўл депоси ҳудудида қор қўчкилари:
(а) депо олдидаги қўчки массалари, (б) ҳақиқий қўчки йўллари

Fig. 2. Avalanches in the area of the railway depot:
(a) avalanche deposits in front of the depot, (b) real avalanche paths

Результаты и их обсуждение. Для моделирования использовались те же расчётные схемы и параметры, что и при анализе района перевала Камчик [Semakova et al., 2018]. В качестве цифровой модели рельефа применялась AW3D Standard Global DEM. Анализ спутниковых снимков Google Earth позволил выявить потенциально возможные зоны зарождения лавин, соответствующие заданным высотным отметкам и экспозициям склонов, с различным количеством камер зарождения (рис. 3).

При толщине ступени отрыва 40 и 50 см результаты моделирования показали, что обе лавины представляют потенциальную угрозу как для депо, так и для подъездного пути, обеспечивающего его обслуживание (рис. 3 и 4).

Объем снега в зоне зарождения, состоящей из двух камер при толщине отрыва 50 см, составил 10 358 м³, объем лавинного потока в транзитной зоне – 10 320 м³, а объем в зоне отложения – 7 389 м³.

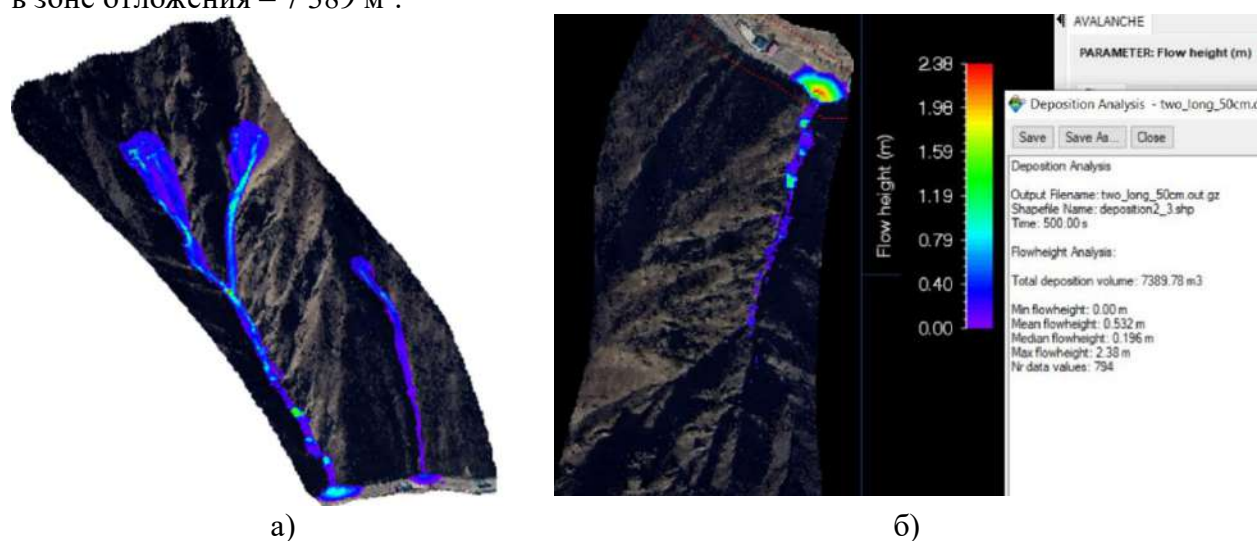


Рис. 3. Результаты моделирования лавин (а) в районе СЛС Орзу, (б) зона отложения двухкамерной лавины

3-расм. Орзу ҚКС худудиди (а) қор кўчкисини моделлаштириш натижалари, (б) икки камерали кўчкининг чўқиш зонаси

Fig. 3. Results of avalanche simulation (a) in the area of the Orzu SLS, (b) avalanche deposition zone in the case of two-chamber release area

В случае, если сработала только одна камера зарождения, объем снега в зоне зарождения составил бы 5 580 м³, а в зоне отложения – 3 755 м³. При этом толщина снежной массы в центральной части лавинного отложения достигала 1,5 м. Максимальная скорость движения лавинного потока составила до 20 м/с, а расчетное давление – до 115 кПа.

Результаты моделирования свидетельствуют о необходимости инженерной защиты депо и подъездного пути, поскольку даже при толщине снежного покрова 40 см в зоне формирования лавина в своем движении способна достигнуть рассматриваемые объекты. При метеорологических условиях, способствующих сходу сухой лавины свежеснежавшего снега, или метелевого снега, толщина ступени отрыва может составлять менее 40 см при возникновении риска указанным объектам. В подобных случаях лавинный поток может оказывать значительное динамическое воздействие, способное привести к повреждению депо и перекрытию подъездных путей.

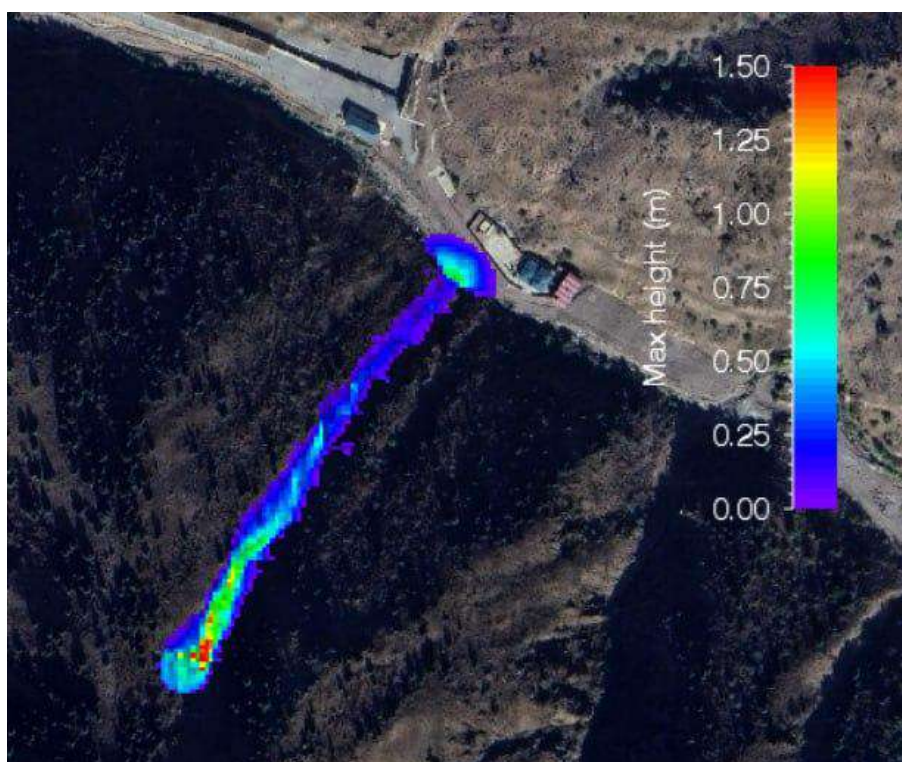


Рис. 4. Максимальная высота лавинного потока, выходящего к депо, при толщине ступени отрыва в 40 см

4-расм. Ажратиш кадамининг қалинлиги 40 см бўлганда депога етиб борадиган кўчки оқимининг максимал баландлиги

Fig. 4. Maximum height of the avalanche flow reaching the depot, with the release depth of 40 cm

С учётом параметров лавинных потоков (объём, толщина отложений, давление) и особенностей рельефа данного района, для защиты депо и подъездного пути необходимо предусмотреть комплекс инженерных сооружений. В зоне зарождения лавин целесообразно установить снегоудерживающие щиты. В зоне отложения могут быть применены лавиноостанавливающая дамба, лавинонаправляющие валы или защитная галерея, выбор которых следует осуществлять с учётом экономической целесообразности. Дополнительно рекомендуется проведение натурных обследований склонов и уточнение лавиноопасных участков с использованием данных дистанционного зондирования.

Отметим, что в районе перевала Камчик к числу профилактических мероприятий, проводимых сотрудниками СЛС в зимний период, относятся как руководство расчисткой старой дороги, расположенной выше по склону с целью удержания нового лавинного снега, так и выбор оптимальных точек воздействия на склоны при проведении предупредительного спуска лавин (ПСЛ). При этом учитывается текущая снежно-метеорологическая обстановка и стремление к минимизации возможного ущерба действующей автодороге. Цель ПСЛ заключается в контролируемом инициировании лавины в нужное русло либо в уплотнении снежной толщи с целью повышения её устойчивости на склоне.

Моделирование движения лавинных потоков может существенно способствовать выбору оптимальных зон воздействия на лавиноопасные участки склонов при проведении ПСЛ, обеспечивая сход лавин с минимальным объёмом при заданной толщине снежного покрова, и, соответственно, минимальный ущерб автодороге. Данное направление представляет собой перспективную задачу для дальнейших исследований, направленных на повышение эффективности мер по обеспечению бесперебойного движения автотранспорта в данном районе.

Заключение. Предложенный в работе подход, основанный на численном моделировании движения лавинных потоков с использованием программного комплекса RAMMS, позволил провести оценку лавинной опасности для объектов, расположенных на территории обслуживания СЛС Камчик и СЛС Орзу (верховья реки Ахангаран, Западный Тянь-Шань).

Особое внимание было уделено выбору цифровой модели рельефа для корректного моделирования мелких лавин в районе перевала Камчик, представляющих угрозу автомобильной дороге, а также анализу слабоизученного бассейна реки Куинды, для которого отсутствует статистика сошедших лавин. На основе моделирования динамических показателей сошедших в районе лавин получена оценка возможной толщины снежного покрова в зоне отрыва, при которой лавина способна достичь железнодорожного депо и подъездной дороги. Обоснована необходимость разработки инженерной защиты этих объектов, даже в условиях тёплых и малоснежных зим. Предложены направления дальнейших исследований, связанных с оптимизацией проведения предупредительного спуска лавин в районе перевала Камчик, на основе использования методов численного моделирования.

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке Агентства инновационного развития Республики Узбекистан в рамках научного проекта № IL-5221091352. Лицензия на программное обеспечение RAMMS: AVALANCHE и цифровая модель рельефа AW3D получены в рамках проекта UNIGE “Snow avalanche hazard assessment in Uzbekistan applying multitemporal radar images and numerical models”.

Вклад авторов: **Э.Р. Семакова:** постановка задачи, моделирование, написание текста. **В.П. Сафронов:** производство наземных наблюдений, интерпретация результатов, выбор начальных условий моделирования. **Д.Г. Семаков:** выполнение расчетов, оформление статьи. **У. Bühler:** рекомендации по выбору параметров модели для районов исследований. Все авторы прочитали и согласны с подготовленным к опубликованию версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Батыров Р.С., Какурина Е.Г., Семакова Э.Р., Старыгин Г.Н. Рельеф, климат, снежный покров и лавинный режим в районе перевала Камчик // Тр. САНИГМИ. – 2001. – Вып. 161(242). – С. 132-144.

Билялов К.Б. Об оценке лавинной опасности в малоисследованных районах Памира // Тр. САНИГМИ. – 1979. – Вып. 64(145). – С. 68-74.

Билялов К.Б., Царев Б.К. Методика определения времени наступления лавинной опасности в районе перевала Камчик при оттепелях и выпадении жидких осадков // Тр. НИГМИ. – 2004. – Вып. 3(248). – С. 39-46.

Бруханда В.И., Канаев Л.А., Фомин А.Г. Экспериментальные и расчетные оценки сползания снежной толщи // Тр. САНИГМИ. – 2001. – Вып. 161(242). – С. 103-116.

- Геткер М.И., Канаев Л.А.* Методы гляциоклиматической оценки распределения осадков, снежного покрова и лавин // Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. – М.: РАН. – 1984. – Вып. 51. – С. 107-116.
- Исаев А.А.* Опыт статистических расчетов высоты снежного покрова в лавиносборах // Тр. САНИГМИ. – 1994. – Вып. 147(228). – С. 122-125.
- Исаев А.А., Какурина Е.Г., Перцигер Ф.И.* Технология построения крупномасштабной карты частоты поражения лавинами // Тр. САНИГМИ. – 2001. – Вып. 161(242). – С. 43-54.
- Кадастр лавин СССР. Средняя Азия и Казахстан. 1937–1975 гг. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1985. – 267 с.
- Кадастр лавин СССР. Средняя Азия и Казахстан. 1975–1980 гг. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1986. – 185 с.
- Кадастр лавин СССР. Средняя Азия и Казахстан. 1980–1985 гг. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1990. – 173 с.
- Какурина Е.Г.* Статистика особо крупных лавин горных районов СНГ // Тр. САНИГМИ. – 1998. – Вып. 157(238). – С. 29-35.
- Какурина Е.Г., Канаев Л.А., Старыгин Г.Н.* Оценка лавинного риска на примере перевала Камчик // Тр. САНИГМИ. – 2001. – Вып. 161(242). – С. 55-61.
- Канаев Л.А.* Некоторые практические вопросы оценки степени лавиноопасности горных районов // Сборник работ Ташкентской гидрометеорологической обсерватории. – Вып. 2. – 1967. – С. 82-93.
- Канаев Л.А., Ганиева Р.Г.* К расчету толщины снега в лавиносборах // Тр. САНИГМИ. – 1991. – Вып. 140(221). – С. 50-58.
- Канаев Л.А., Какурина Е.Г.* Сравнительный анализ информации о генетических типах лавин СССР // Тр. САНИИ. – 1988. – Вып. 129(210). – С. 35-44.
- Канаев Л.А., Какурина Е.Г., Суслов В.Ф.* Снежные лавины / Под ред. Л.А. Канаева. – Ташкент: САНИГМИ. – 1996. – 133 с.
- Канаев Л.А., Семакова Э.Р., Старыгин Г.Н., Тупаева Н.К.* Критический обзор методов прогноза лавин и оценка их применимости для района перевала Камчик // Тр. НИГМИ. – 2004. – Вып. 3(248). – С. 79-87.
- Канаев Л.А., Старыгин Г.Н.* Карта–схема лавиноопасных зон Узбекистана. – Ташкент: Картфабрика института "Узгипрозем". – 1973. – 1 с.
- Канаев Л.А., Чиркова А.А.* Особенности массового лавинообразования в горах Узбекистана зимой 1968-1969 годов // Метеорология и гидрология. – 1970. – № 6. – С. 86-91.
- Канаев Л.А., Яковлев А.В.* Об универсальном методе прогноза лавин при снегопадах для условий Средней Азии / МГИ. Хроника, обсуждения. – 1993. – Вып. 76. – С. 107-109.
- Королев А.И.* Медленное сползание снежного покрова на склоне // Тр. I Всесоюзного совещания по лавинам. – Л., 1965. – С. 172-186.
- Косарев М.В.* Основные результаты изучения условий образования лавин на южных склонах Западного Тянь-Шаня // Тр. САНИИ. – 1969. – Вып. 48(63). – С. 5-16.
- Москалев Ю.Д.* Лавины и лавинные нагрузки // Тр. САНИГМИ. – 1986. – Вып. 109(190). – 157 с.
- Перцигер Ф.И.* Опыт использования ГИС для картирования территории в масштабе 1:10000 по степени лавинной опасности // Тр. САНИГМИ. – 1998. – Вып. 157 (238). – С. 63-71.
- Руководство по снеголавинным работам (временное). / под ред. Ю.Д.Москалева. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1965. – 397 с.
- Руководство по снеголавинным наблюдениям и методам снеголавинного обеспечения. РН 68.02.04 / под ред. Л.А. Канаева. – Ташкент. – 2001. – 169 с.
- Семакова Э.Р., Поторжинский М.Г., Сафронов В.П., Шарданов Ч.Т., Семаков Д.Г.* Оценка возможности идентификации лавин влажного и сухого снега в районе перевала Камчик на радиолокационных космоснимках Sentinel-1 // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – 2023 – №4. – С. 59-65.

Суслов В.Ф., Царев Б.К., Чиркова А.А. Режимно–справочный банк данных: снежный покров в горах, лавины, ледники. Обнинск: Гидрометеоздат. – 1989. – 12 с.

Харитонов Г.Г. Методика расчета лавинного питания ледника // МГИ. Хроника, обсуждения. – 1979. – Вып. 36. – С. 155-159.

Чиркова А.А. Особенности структурных функций глубины снежного покрова в зависимости от характера рельефа лавинных очагов // Тр. САРНИГМИ. – 1977. – Вып. 37(118). – С. 43-50.

Bartelt P., Bühler Y., Christen M., Deubelbeiss Y., Salz M., Schneider M., Schumacher L. RAMMS: AVALANCHE User Manual. V. 1.7.0. Davos: SLF, 2017. – 97 P.

Semakova E., Bühler Y. TerraSAR– X/ TanDEM– X data for natural hazards research in mountainous regions of Uzbekistan / Journal of Applied Remote Sensing, SPIE, 11(3), 036024 (2017); doi: 10.1117/1.JRS.11.036024.

Semakova E., Safronov V., Mamaraimov A., Nurtaev B., Semakov D., Bühler Y. Applying numerical snow avalanche simulations for hazard assessment in the Kamchik pass area, Uzbekistan / Proceedings of ISSW. A merging of Theory and Practice. – Innsbruck, Austria, 7-13 October 2018, – pp. 701-705.

ЎЗБЕКИСТОННИНГ КАМ ЎРГАНИЛГАН ХУДУДЛАРИДА ҚОР КЎЧИШИ ХАВФИНИ БАҲОЛАШ УЧУН ҚОР КЎЧКИЧЛАРИ ҲАРАКАТИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ

Э.Р. СЕМАКОВА^{1*}, В.П. САФРОНОВ², Д.Г. СЕМАКОВ¹, Y. BÜHLER³

¹ Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Мирзо Улуғбек номидаги Астрономия институти, ella9sem@gmail.com

² Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги

³ WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Switzerland

Аннотация. Ушбу мақолада кам ўрганилган ҳудудларда, хусусан Қуинди дарёси ҳавзасида, қор кўчиши хавфини баҳолашга доир ёндашувлар кўриб чиқилган. Таҳлил учун асос сифатида аввал Қамчиқ довоидаги яхши ўрганилган ҳудудга нисбатан қўлланилган, сўнгра аниқлаштирилган маълумотлар ва қор кўчиши ҳаракати моделининг параметрларидан фойдаланилган. Қамчиқ довоидаги автомобиль йўли инфратузилмасига таҳдид солувчи қияликларда рўй берувчи кичик қор кўчкиларини сонли моделлаштириши мисоллари келтирилган. Қуинди дарёси ҳавзасида кузатилган икки ҳақиқий қор кўчиши ҳолатини моделлаштириши асосида, қор кўчкилари темир йўл депоси ва унга олиб борувчи йўллар учун хавф тугдириши мумкин бўлган шароитлар аниқланган. Ушбу ҳудудлардаги инфратузилма объектларини муҳофаза қилиши бўйича тавсиялар ҳамда кейинги тадқиқотлар учун йўналишлар белгилаб берилган.

Калит сўзлар: қор кўчкиси, сонли моделлаштириши, RAMMS, Қамчиқ довои, Қуинди дарёси ҳавзаси.

SNOW AVALANCHE DYNAMICS MODELING FOR AVALANCHE HAZARD ASSESSMENT IN POORLY STUDIED AREAS OF UZBEKISTAN

E.R. SEMAKOVA¹, V.P. SAFRONOV², D.G. SEMAKOV¹, Y. BÜHLER³

¹ Ulugh Beg Astronomical Institute of the Uzbekistan Academy of Sciences, ella9sem@gmail.com

² Agency of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan,

³ WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Switzerland

Abstract. *The study explores approaches to avalanche hazard assessment in a poorly studied area, using the example of the Kuindy River basin. Refined data and parameters from avalanche flow modeling—previously applied to the well-studied Kamchik Pass region—were used as the basis for analysis. Examples of numerical modeling of small avalanches originating from steep slopes threatening the road infrastructure near the Kamchik Pass are presented. Based on simulations of two actual avalanche events in the Kuindy River basin, the conditions under which avalanches may threaten the railway depot and access roads were identified. Recommendations for infrastructure protection in the studied areas and directions for future research are proposed.*

Keywords: *snow avalanches, numerical simulation, RAMMS, Kamchik Pass, Kuindy River basin*

REFERENCES

- Batyrov R.S., Kakurina E.G., Semakova E.H.R., Starygin G.N.* Relief, klimat, snezhnyj pokrov i lavinnyj rezhim v rajone perevala Kamchik [Relief, climate, snow cover and avalanche regime in the Kamchik Pass area] // Tr. SANIGMI. – 2001. – Vip. 161(242). – S. 132-144. (in Russian)
- Bilyalov K.B.* Ob ocenke lavinnoj opasnosti v maloissledovannykh rajonakh Pamira [On the assessment of avalanche hazard in poorly studied areas of the Pamir] // Tr. SARNIGMI. – 1979. – Vip. 64(145). – S. 68-74. (in Russian)
- Bilyalov K.B., Tcarev B.K.* Metodika opredeleniya vremeni nastupleniya lavinnoj opasnosti v rajone perevala Kamchik pri ottepelyakh i vipadenii zhidkikh osadkov [Methodology for determining the onset time of avalanche hazard in the Kamchik Pass area during thaws and liquid precipitation events] // Tr. NIGMI. – 2004. – Vip. 3(248). – S. 39-46. (in Russian)
- Brukhandu V.I., Kanaev L.A., Fomin A.G.* Eksperimentalnye i raschetnye ocenki spolzaniya snezhnoj tolshchi [Experimental and calculated assessments of snowpack sliding] // Tr. SANIGMI. – 2001. – Vip. 161(242). – S. 103-116. (in Russian)
- Chirkova A.A.* Osobennosti strukturnykh funkcij glubiny snezhnogo pokrova v zavisimosti ot kharaktera relefa lavinnykh ochagov [Characteristics of structural functions of snow cover depth in relation to the terrain features of avalanche release areas] // Tr. SARNIGMI. – 1977. – Vip. 37(118). – S. 43-50. (in Russian)
- Getker M.I., Kanaev L.A.* Metody glyacioklimaticheskoy ocenki raspredeleniya osadkov, snezhnogo pokrova i lavin [Glacioclimatic methods for assessing the distribution of precipitation, snow cover, and avalanches] // Materialy glyaciologicheskikh issledovanij. Khronika, obsuzhdeniya. – M.: RAN. – 1984. – Vip. 51. – S. 107-116. (in Russian)
- Isaev A.A.* Opyt statisticheskikh raschetov vysoty snezhnogo pokrova v lavinosborakh [Experience in statistical estimation of snow cover depth in avalanche catchment areas] // Tr. SANIGMI. – 1994. – Vip. 147(228). – S. 122-125. (in Russian)
- Isaev A.A., Kakurina E.G., Perciger F.I.* Tekhnologiya postroeniya krupnomasshtabnoj karty chastoty porazheniya lavinami [Technology for creating a large-scale map of avalanche impact frequency] // Tr. SANIGMI. – 2001. – Vip. 161(242). – S. 43-54. (in Russian)
- Kadastr lavin SSSR. Srednyaya Aziya i Kazakhstan. 1937-1975 gg. [Avalanche Cadastre of the USSR: Central Asia and Kazakhstan. 1937-1975]. – L.: Gidrometeoizdat. – 1985. – 267 s. (in Russian)
- Kadastr lavin SSSR. Srednyaya Aziya i Kazakhstan. 1975-1980 gg. [Avalanche Cadastre of the USSR: Central Asia and Kazakhstan. 1975-1980]. – L.: Gidrometeoizdat. – 1986. – 185 s. (in Russian)
- Kadastr lavin SSSR. Srednyaya Aziya i Kazakhstan. 1980-1985 gg. [Avalanche Cadastre of the USSR: Central Asia and Kazakhstan. 1980-1985]. Pod red. L.A. Kanaeva, E.G. Kakurinoy. – L.: Gidrometeoizdat. – 1990. – 173 s. (in Russian)
- Kakurina E.G.* Statistika osobo krupnykh lavin gornyx rajonov SNG [Statistics of major avalanches in the mountain regions of the CIS] // Tr. SANIGMI. – 1998. – Vip. 157(238). – S. 29-35. (in Russian)
- Kakurina E.G., Kanaev L.A., Starygin G.N.* Ocenka lavinnogo riska na primere perevala Kamchik [Avalanche risk assessment: a case study of the Kamchik Pass area] // Tr. SANIGMI. – 2001. – Vip. 161(242). – S. 55-61. (in Russian)

Kanaev L.A. Nekotorye prakticheskie voprosy ocenki stepeni lavinoopasnosti gornyx rajonov [Some practical issues in assessing avalanche hazard levels in mountain regions] // Sbornik rabot Tashkentskoj gidrometeorologicheskoy observatorii. – Vip. 2. – 1967. – S. 82-93. (in Russian)

Kanaev L.A., Chirkova A.A. Osobennosti massovogo lavinoobrazovaniya v gorakh Uzbekistana zimoy 1968-1969 godov [Features of mass avalanche formation in the mountains of Uzbekistan during the winter of 1968-1969] // Meteorologiya i gidrologiya. – 1970. – № 6. – S.86-91. (in Russian)

Kanaev L.A., Ganieva R.G. K raschetu tolshchiny snega v lavinosborakh [On the calculation of snow depth in avalanche catchment areas] // Tr. SANIGMI. – 1991. – Vip. 140(221). – S. 50-58. (in Russian)

Kanaev L.A. Kakurina E.G. Sravnitel'nyj analiz informacii o geneticheskikh tipakh lavin SSSR [Comparative analysis of information on genetic types of avalanches in the USSR] // Tr. SANII. – 1988. – Vip. 129(210). – S. 35-44. (in Russian)

Kanaev L.A., Kakurina E.G., Suslov V.F. Snezhnye laviny [Snow avalanches]. Pod red. L.A.Kanaeva. – Tashkent: SANIGMI. – 1996. – 133 s. (in Russian)

Kanaev L.A., Semakova E.R., Starygin G.N., Tupaeva N.K. Kriticheskij obzor metodov prognoza lavin i ocenka ikh primenimosti dlya rajona perevala Kamchik [A critical review of avalanche forecasting methods and assessment of their applicability to the Kamchik Pass area] // Tr. NIGMI. – 2004. – Vip. 3(248). – S. 79-87. (in Russian)

Kanaev L.A., Starygin G.N. Karta–skhema lavinoopasnykh zon Uzbekistana [Map-scheme of avalanche hazard zones in Uzbekistan]. – Tashkent: Kartfabrika instituta "Uzgiprozem". – 1973. – 1 s. (in Russian)

Kanaev L.A., Yakovlev A.V. Ob universalnom metode prognoza lavin pri snegopadakh dlya uslovij Srednej Azii [On a universal method for avalanche forecasting during snowfalls under Central Asian conditions] // MGI. Khronika, obsuzhdeniya. – 1993. – Vip. 76. – S. 107-109. (in Russian)

Kharitonov G.G. Metodika rascheta lavinnogo pitaniya lednika [Methodology for calculating avalanche feeding of a glacier] // MGI. Khronika, obsuzhdeniya. – 1979. – Vip. 36. – S. 155-159. (in Russian)

Korolev A.I. Medlennoe spolzanie snezhnogo pokrova na sklone [Slow sliding of snow cover on a slope] // Tr. I Vsesoyuznogo soveshchaniya po lavinam. – L., 1965. – S. 172-186. (in Russian)

Kosarev M.V. Osnovnye rezul'taty izucheniya uslovij obrazovaniya lavin na yuzhnykh sklonakh Zapadnogo Tyan-Shanya [Main results of the study on avalanche formation conditions on south-facing slopes of the Western Tien-Shan] // Tr. SANII. – 1969. – Vip. 48(63). – S. 5-16. (in Russian)

Moskalev Yu.D. Laviny i lavinnye nagruzki [Avalanches and snow avalanche loads] // Tr. SANIGMI. – 1986. – Vip.109(190). – 157 s. (in Russian)

Pertciger F.I. Opyt ispol'zovaniya GIS dlya kartirovaniya territorii v masshtabe 1:10000 po stepeni lavinnoj opasnosti [Experience in using GIS for mapping avalanche hazard levels at a 1:10,000 scale] // Tr. SANIGMI. – 1998. – Vip. 157 (238). – S. 63-71. (in Russian)

Rukovodstvo po snegolavinnym robotam (vremennoe) [Guidelines for snow and avalanche operations (provisional)]. Pod red. Yu.D. Moskaleva. – L.: Gidrometeoizdat. – 1965. – 397 s. (in Russian)

Rukovodstvo po snegolavinnym nablyudenyam i metodam snegolavinnogo obespecheniya. RH 68.02.04 [Manual on snow and avalanche observations and methods of avalanche safety management. RH 68.02.04]. Pod red. L.A. Kanaeva. – Tashkent. – 2001. – 169 c. (in Russian)

Semakova E.R., Potorzhinskij M.G., Safronov V.P., Shardanov Ch.T., Semakov D.G. Ocenka vozmozhnosti identifikacii lavin vlazhnogo i sukhogo snega v rajone perevala Kamchik na radiolokacionnykh kosmosnimkakh Sentinel-1 [Assessment of the possibility to identify wet and dry snow avalanches in the Kamchik Pass area using Sentinel-1 radar satellite imagery] // Gidrometeorologiya i monitoring okruzhayushchej sredy. – 2023 – №4. – S. 59-65. (in Russian)

Suslov V.F., Tcarev B.K., Chirkova A.A. Rezhimno–spravochnyj bank dannykh: snezhnyj pokrov v gorakh, laviny, ledniki [Regime and reference database: mountain snow cover, avalanches, and glaciers]. Obninsk: Gidrometeoizdat. – 1989. – 12 s. (in Russian)

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ / МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ / ENVIRONMENTAL MONITORING

УДК: 551.583:616.008.331

ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИ ШАРОИТИДА ЎЗБЕКИСТОН ХУДУДИ БЎЙИЧА ҚОН БОСИМИ КАСАЛЛИКЛАРИНИНГ ДИНАМИКАСИ

З.Д. ТИЛЛЯХОДЖАЕВА*, С.В. МЯГКОВ, З.Э. ҚУРАНБОЕВА,
Н.Р. МИРВАЛИЕВА, Н.О. ОМОНОВ

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, tilla.79@mail.ru, sergik1961@yahoo.com, zulfiyamarsova9@gmail.com, mirvaliyevanigora89@gmail.com, oomonov506@gmail.com

Аннотация. *Ҳозирги вақтда аҳолини об-ҳавога таъсирчанлигини ва сезгирлик даражасини ўрганиши муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Мақолада Ўзбекистон Республикасида сўнгги 10 йил ичида аҳолининг қон босими касалликлари билан касалланиши динамикаси ўрганилган. Натижаларга кўра, Ўзбекистон ҳудуди бўйича аҳолини қон босими касалликлари сони вилоятлар орасида турлича бўлиб, уларнинг сони ўсаётгани қайд этилган.*

Калит сўзлар: *метеосезувчанлик, касалликлар, қон босими, об-ҳавога таъсирчанлик, иқлимий ўзгаришлар, Ўзбекистон ҳудуди.*

Кириш. Ҳозирда глобал ҳаво ҳарорати ошиши натижасида иқлимнинг ўзгариши долзарб муаммолардан бири ҳисобланади. Шу жиҳатдан, “Об-ҳаво қон босимига таъсир қиладими?” деган саволга мутахассислар: “Кўпинча об-ҳаво ўзгариши чарчокни кучайтиради, уйку сифатини ёмонлаштиради (баъзилари ҳаракатда ухлаб қолади, бошқалари, аксинча, уйқусизлик билан безовталанади), сурункали касалликларнинг кучайишига олиб келади” деб жавоб беришади [Тедеева, 2021].

Кўпинча, одамларни об-ҳаво ўзгарганда бош оғриғи ёки қорин оғриғи ва баъзида эса ҳеч қандай сабабсиз тана ҳарорати биров кўтарилиши безовта қилади. Аммо шуни таъкидлаш лозимки, об-ҳаво ўзгарганда кўпинча одамларнинг қон босими ошади.

Об-ҳавонинг кескин ўзгариши юрак-қон томир касалликлари билан оғриган одамлар учун жиддий стрессга айланиши мумкин, чунки атмосфера босими ва ҳаво ҳароратининг ўзгариши қон айланишининг бузилишини келтириб чиқариши мумкинлиги, бу эса қон томир касалликлари хавфини ошириши аниқланган [Тедеева, 2021]. Қандли диабет, вегетатив-қон томир касалликлари билан оғриган беморлар учун ҳам об-ҳаво ўзгариши таъсири сезилади. Баъзи инсонларда ошқозон ости беши томонидан инсулин ишлаб чиқарилиши бузилиши мумкинлиги ҳақида далиллар мавжуд [Тилляходжаева, 2025; Потешкина, Мирина, 2018], шунинг учун қандли диабет билан оғриган беморларда қондаги шакар миқдори тўсатдан ошади ва бу кунларда улар назоратда бўлиши мақсадга мувофиқ. Шунингдек, иссиқ ҳавода қон босими кўтарилиши ёки тушишига тўхталадиган бўлсак, ҳаво иссиқлигида одамнинг қон босими кўтарилиши кузатилган. Иссиқлик пайтида, айниқса у тўсатдан келган бўлса, қон томирлари деворлари эластиклигини

* Масъул муаллиф: tilla.79@mail.ru, тел.: +998 99 847-28-47

пасайтиради, бу эса одамда кислород етишмаслигига олиб келиши билан бирга инсонда юқори ҳаво ҳароратига ёмонроқ мослашувчанликни келтириб чиқаради. Иссиқ ҳавода тана сувсизланади ва бу қоннинг ёпишқоқлиги ошишига олиб келади. Иссиқ об-ҳавонинг натижасида кўпинча қон босимининг тўсатдан кескин кўтарилиши, томоқ хуружлари ёки оддийгина кўнгил айниш ва бош айланиши бошланиши мумкин [Тилляходжаева, Мирвалиева, 2025]. Глобал иқлим ўзгариши бугунги кунда ҳаво ҳароратининг кўтарилишидагина акс этмай, балки жазирама иссиқ кунлар, қурғоқчилик, сел ва сув тошқинлари, кучли шамоллар каби гидрометеорологик хатарларнинг жадал ривожланаётганида ҳам намоён бўлмоқда [Тилляходжаева, Мирвалиева, 2025]. Об-ҳаво ва иқлим билан боғлиқ табиий офатлар инсон саломатлигига, озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқаришнинг қисқаришига, сув ва атроф муҳитнинг ифлосланиши каби кўплаб салбий оқибатларга сабаб бўлмоқда. Шу туфайли Иқлим ўзгариши бўйича ҳукуматлараро экспертлар гуруҳининг (ИЎХЭГ – IPCC) яқин юз йилликда кенг қамровдаги глобал иссиқ кўплаб табиий ҳамда иқтисодий муаммолар келтириши мумкинлиги ҳақидаги хулосаси алоҳида эътиборни талаб этади [IPCC, 2022]. Унга кўра, асримизда кузатилган энг иссиқ ўн йиллик сўнгги 2011-2021 йиллар оралиғига тўғри келади. Шимолий ярим шарда қуруқлик юзаси ҳарорати 2016 (биринчи энг иссиқ) ва 2020 (иккинчи энг иссиқ) йиллардан кейин 2021 йилда рекорд даражадаги (учинчи энг иссиқ) ҳароратлар кузатила бошлади. Ушбу йиллар оралиғида ҳарорат XX асрдаги ўртача кўрсаткичдан 1,51°C га юқори бўлди [IPCC, 2022]. Ўтган ўн йилликлар ва яқин келажакда глобал ҳароратнинг ошиши ёғинлар миқдорининг ўзгариши ва экстремал ҳодисаларнинг ортишига бевосита таъсир қилиши мумкин. Бизнинг қурғоқчил минтақамизда жазирама ва ҳаво ҳароратининг юқори бўлиши кунлари ва ойлари кўп ҳамда ҳозирда иқлим ўзгариши сабабидан унинг қайтарилиши ва давомийлиги ортди. Шу ўзгаришлар туфайли очиқ қуёшда қолгандан сўнг, артериал гипертензия билан оғриган одамда бош оғриғи, юрак уриши ритми бузилиши, нафас қисилиши, кўз олдининг қорайиши, юрак соҳасидаги оғриқ бўлиши мумкин [Колпакова и др., 2018].

Ёмғирли об-ҳавонинг ҳам қон босимига таъсири кам эмас. Атмосфера босимининг кескин ёки тез-тез ўзгариши билан об-ҳавога сезувчан одамлар ўзларини ёмон ҳис қилишади: уларда бош оғриғи, бош айланиши, бўғимларнинг оғриғи, қон босимининг кўтарилиши кузатилади [Нёрре, 1997].

Ёмғирли ва булутли об-ҳавонинг бошланиши билан, атмосфера босими пасаяди ва ҳаво намлиги ортади ва бу юрак-қон томир тизими фаолиятига ҳам таъсир қилиши мумкин. Энг ёмони, бундай ўзгаришларга гипотензия билан оғриган одамлар, яъни қон босими кўрсаткичлари одатда 100/60 мм даражасида ўзгариб турадиганлар сезгирроқ бўлади. Бундай об-ҳавода қон томирлари кенгайди, қон айланиши секинлашади ва организм камроқ кислород олади. Ёмон об-ҳаво шароитида гипотоник қон босими янада пасаяди: инсонларда бош айланиши ва бош оғриғи, ошқозон-ичак трактида бузилишлар, нафас олаётганда ноқулайлик бўлиши мумкин [Тедеева, 2021].

Тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари. Ўзбекистон ҳудуди бўйлаб сўнгги 10 йил ичида аҳолининг қон босими касаллигини ўзгариши юзасидан тадқиқот олиб борилди. Ишнинг асосий мақсади глобал иссиқ шароитида, иқлимий ўзгаришлар рўй бераётган даврда Ўзбекистон ҳудуди бўйлаб 2010-2020 йиллар орасида аҳолининг қон босими касаллиги билан касалланишининг ўзгариш тенденциясини баҳолашдан иборат. Тадқиқот Ўзбекистон Республикасида тўпланган статистик маълумотлар асосида олиб борилди (1-расм).

Тадқиқот объекти ва предмети. Ишда тадқиқот объекти сифатида Ўзбекистон Республикаси аҳолиси олинган, тадқиқот предмети эса Ўзбекистон Республикаси вилоятлари кесимида аҳолининг қон босими касаликларини кузатиш ҳисобланади.



1-расм. Ўзбекистон Республикаси аҳоли сони (вилоятлар кесимида)¹

Рис. 1. Количество населения по областям Республики Узбекистан

Fig. 1. Population in regions of Uzbekistan

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Тадқиқот давомида Ўзбекистон Республикаси вилоятлари кесимида аҳолининг қон босими касаликлари таҳлил қилинди ва улар ўзаро вилоятлар орасида солиштириб кўриб чиқилди. Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, вилоятлар кесимида юқори қон босими билан кечадиган касалликлар билан касалланган аҳоли сони ортиб бормоқда (1-жадвал).

Жадвалдан кўриниб турибдики, республика бўйлаб юқори қон босими билан касалланган аҳоли сони ортиб бормоқда. Бунда ҳудудларни 3 гуруҳга бўлиш мумкин. Биринчи гуруҳ – касалланган аҳоли сони барқарор равишда ортиб бораётган ҳудудлар, иккинчи гуруҳ – касалланган аҳоли сони бирмунча кам кузатилган ҳудудлар ҳамда учинчи гуруҳ – касалланган аҳоли сони камайиб бораётган ҳудудлар.

Биринчи ҳудудни ташкил этувчилар – Қорақалпоғистон Республикаси, Андижон, Қашқадарё, Навоий вилоятлари ҳамда Тошкент шаҳрида юқори қон босими билан оғриган аҳоли сони муттасил ортиб бораётгани маълум бўлди. Қорақалпоғистон Республикасида 2010-2013 йилларда касалланган аҳоли сони (6123-8693 та) барқарор ортиб борган, 2014 йилда касалланганлар сони (7506 та) бирмунча камайиб, 2015 йилдан (9456 та) 2020 йилга (14623 та) қадар яна мунтазам ортиб борган; максимал касаллар сони 14623 та ни (2020 й.), минимал касаллар сони эса 6123 та ни (2010 й.) ташкил этган. Андижон вилоятида ҳам касалланган аҳоли сони ўзгариши Қорақалпоғистон Республикасидаги каби бўлиб, фақатгина 2014 йилда (8867 та) бирмунча кам сонни ташкил этган, касалланган аҳоли максимал сони 22970 та (2020 й.), минимал сони 5091 тага (2010 й.) тенг бўлган. Қашқадарё вилоятида касалланган аҳоли максимал сони 2020 йил қайд этилган бўлиб, 30030 тага тенг, минимал сони эса 11791 тани (2010 й.) ташкил қилган. Навоий вилоятида касалланганлар сони 2013 йилдан буён ортиб келаётганини кўриш

¹ Статистика агентлигининг 2023 йил 9 август ҳолатига Ўзбекистоннинг демографик кўрсаткичлари бўйича маълумоти. <https://www.gazeta.uz/uz/2023/08/09/population/>

мумкин (4294-10028), касалланган аҳоли максимал сони 10028 та (2020 й.), минимал сони 4045 та (2012 й.) қайд этилган. Ушбу ҳудудлар ичида энг юқори қиймат Тошкент шаҳрига тегишли бўлиб, касалланган аҳоли максимал сони 54378 та (2020 йил), минимал сони 9231 та (2011йил) кузатилган.

1-жадвал

Ўзбекистон Республикасида юқори қон босими касалликлари билан касалланган аҳоли сони

Таблица 1

Количества заболеваемости населения с высоким артериальным давлением в Республике Узбекистан

Table 1

The incidence rate of the population with high blood pressure in the Republic of Uzbekistan

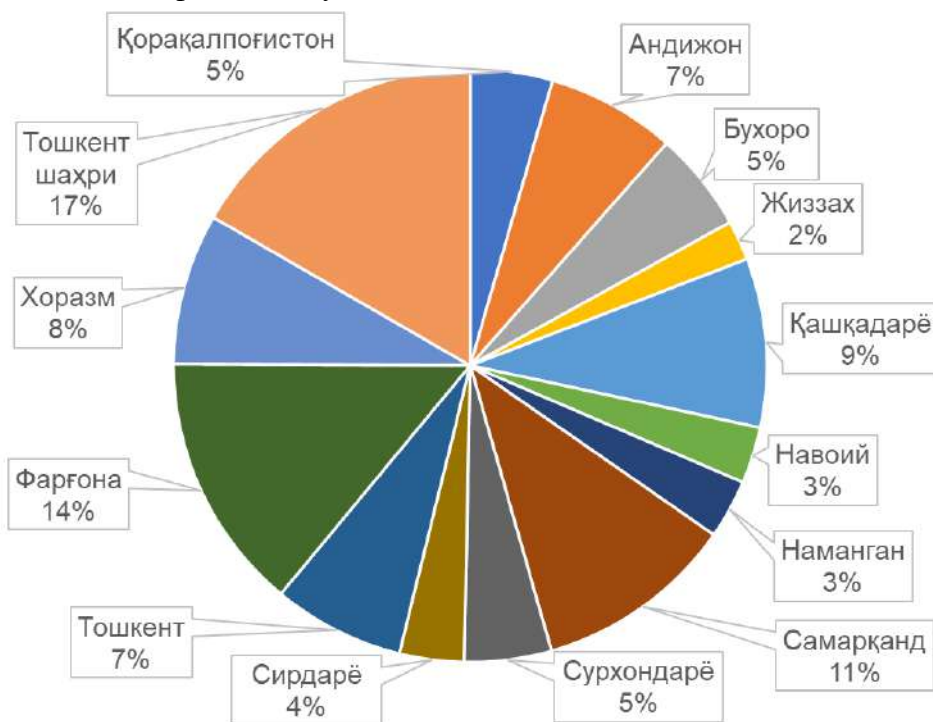
Худуд	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Қорақалпоғистон Республикаси	6123	6235	7243	8693	7506	9456	10000	10261	11701	12646	14623
Андижон вилояти	5091	5230	6073	9894	8867	9913	11458	11775	12933	13936	22970
Бухоро вилояти	8690	7806	8998	10586	15473	10948	11027	15324	15265	11047	17795
Жиззах вилояти	3718	3727	3983	5700	11964	11495	18425	16129	15658	10508	7073
Қашқадарё вилояти	11791	14258	12053	13068	12673	15541	18041	12455	18072	20403	30030
Навоий вилояти	4880	4161	4045	4294	5488	5674	6214	7371	8812	8659	10028
Наманган вилояти	4414	4470	6422	10304	10830	9171	9387	7246	6652	6440	10521
Самарқанд вилояти	13165	11871	10876	15046	16199	18565	26946	32016	30244	25357	35598
Сурхондарё вилояти	4772	4819	7186	7100	11611	14510	13956	7716	12191	13610	15443
Сирдарё вилояти	2760	3012	3638	4780	8591	8608	9271	6634	6750	9507	11513
Тошкент вилояти	12777	12182	12529	13336	14252	14609	15012	20114	15211	12913	23380
Фарғона вилояти	30222	22821	45674	28951	29581	32405	37290	40166	39313	57349	45912
Хоразм вилояти	12046	11544	10961	9770	9642	19332	18848	19641	18403	25418	26828
Тошкент шаҳри	11307	9231	11684	10269	16815	19714	26832	23254	19435	22016	54378

Иккинчи гуруҳ ҳудудлари бўлмиш Бухоро, Наманган, Самарқанд, Сурхондарё, Сирдарё, Тошкент ва Хоразм вилоятларида маълум йилларда касалланган аҳоли сони камайиб, сўнгги йилларда эса ортганини кўриш мумкин. Хусусан, Бухоро вилоятида касалланган аҳоли максимал сони 17795 та га (2020 й.), минимал сони эса 7806 та га (2011 й.) тенг. Наманган вилоятида касалланганлар сони 2014-2019 йиллар давомида камайиб (10830-6440 та), 2020 йилда кескин ортган (10521 та), максимал сони 10521 та (2020 й.), касалланган аҳолининг минимал сони эса 4414 та ни (2010 й.) ташкил этган. Самарқанд вилоятида касалланган аҳоли максимал сони 2020 йилга (35598 та), минимал сони 2012 йилга (10876 та) тўғри келган. Сурхондарё вилоятида максимал сони 15443 та (2020 й.), минимал сони 4772 та (2010 й.) бўлган. Сирдарё, Тошкент ва Хоразм вилоятларида касалланган аҳоли максимал сони 2020 йилда кузатилган бўлса (мос равишда 11513, 23380, 26828 та), минимал сони эса Сирдарё вилоятида 2760 та (2010 й.), Тошкент вилоятида 12182 та (2012 й.) ва Хоразм вилоятида 9642 та (2014 й.) кузатилган. Фақатгина Фарғона ва Жиззах вилоятларида касалланган аҳоли сони сўнгги йилларда кам кузатилгани қайд этилди. Фарғона вилоятида касалланган аҳоли максимал сони 57349 та (2019 й.), минимал сони эса 22821 та га (2011 й.) тенг бўлган.

Жиззах вилоятида касалланган аҳоли максимал сони 18425 та га тенг бўлиб, 2016 йилда кузатилган, 2016-2020 йиллар давомида касалланган аҳоли сони камайиб борган (18425-7073 та). Жиззах вилоятида касалланган аҳоли минимал сони (3718 та)

2010 йилда кузатилган. Таҳлил натижаларига кўра касалланган аҳоли максимал сони бўйича Тошкент шаҳри биринчи ўринни эгаллайди (54378 та, 2020 й.).

Тадқиқот натижаларига кўра Қорақалпоғистон Республикаси, Андижон, Навоий вилоятларида аҳоли орасида қон босими касалликлари сони ўсмоқда. Бунда Андижон ва Тошкент вилоятларида республика бўйича умумий касалликлар 2010 йилда 7% дан тўғри келган бўлса, Сурхондарё, Бухоро ва Қорақалпоғистон Республикасида 2010 йилда 5%, Навоий ва Наманганда эса бу кўрсаткич 3% ни ташкил этади (2-расм). Хоразм 8%, Қашқадарё 9%, Самарқанд 11%, Фарғона 14% ва бу вилоятда қолган вилоятларга нисбатан энг катта кўрсаткич қайд этилган. Энг кичик қон босими касаллиги кўрсаткичи 2010 йилда Жиззахда – фақат 2% кузатилган.



2-расм. 2010 йилда юқори қон босими касалликлари билан касалланган аҳоли сонининг вилоятлар бўйича тақсимланиши (% да)

Рис. 2. Распределение количества больных с повышенным артериальным давлением по регионам за 2010 годы (в %)

Fig. 2. Distribution of the number of patients with high blood pressure by regions in 2010 (in %)

Ўзбекистон Республикасида 2010-2020 йилларда аҳолининг юқори қон босими билан касалланиш ҳолатлари тўғрисида хулоса чиқариш ва маълумотларни таҳлил қилиш учун бир нечта асосий жиҳатларни кўриб чиқамиз (3-расм).

Наманган, Сурхондарё ва Сирдарё вилоятларида қон босими касалликлари билан оғриганлар 2020 йилда 2010 йилга нисбатан икки баробарга ошган, лекин ушбу вилоятларда республика бўйича умумий қон босими касалликларнинг кўрсаткичларига нисбатан касаллик сони камроқ экани аниқланди. Тошкент вилоятида касалликнинг ўсиш кўрсаткичи доимийлигини кузатиш мумкин. Тошкент шаҳрида 2010 й. 11307 киши, 2020 й. 54378 киши касалланган бўлиб, шундай юқори кўрсаткичлар фақат Фарғона (2010 й. – 30222 киши, 2020 й. – 45912 киши) ва Самарқанд (2010 й. – 13165 киши,

2020 й. – 35598 киши) вилоятларида кузатилган. Умуман олганда, бу касаллик билан хасталанган кишилар сони ортиши республика бўйлаб кузатилаётганини таъкидлаш мумкин.

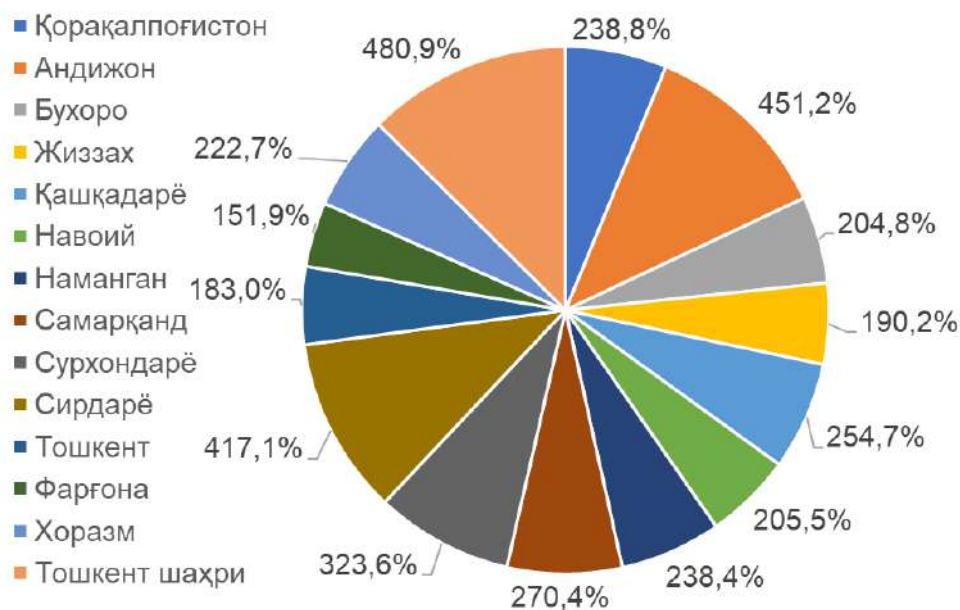
Минтақалар бўйича касалланишнинг умумий динамикасида ушбу даврда аксарият вилоятларда қон босими юқори бўлган беморлар сонининг кўпайиши кузатилганлиги кўринади, бунинг сабаби бир неча омиллар бўлиши мумкин:

- диагностика қамровини кенгайтириш: тиббий хизматлардан фойдаланиш имконияти ортган ва ҳудудларда касалликларни қайд этиш кўпайган;

- аҳолининг қариши: бир қатор ҳудудларда аҳолининг қариши гипертония билан касалланганлар сонининг кўпайишига олиб келиши мумкин, чунки гипертонияни ривожланиш эҳтимоли ёшга қараб ортади;

- касалликларни рўйхатга олиш яхшиланиши: сўнгги йилларда Ўзбекистонда касалликларни рўйхатга олиш тизими такомиллаштирилди, бу ҳам статистиканинг ўсишини тушунтириши мумкин.

Шунингдек, юқори қон босими касалликлари аҳоли сони ўсиши билан қанчалик боғлиқлиги таҳлил қилинди (3-расм). Ушбу диаграммада 2010-2020 йиллар даврида Ўзбекистон вилоятларида юқори қон босими касалликлари билан касалланган аҳоли сонининг ўзгаришида энг юқори улуш Қорақалпоғистонда (480,9%) ва Тошкент шаҳрида (323,6%) қайд этилган. Шунингдек, Сурхондарё (254,7%), Фарғона (417,1%) ва Самарқанд (190,2%) вилоятларида ҳам юқори кўрсаткичлар кузатилган.



3-расм. 2010-2020 йилларда юқори қон босими касалликлари билан касалланган аҳоли сонининг вилоятлар кесимида ўзгариши

Рис. 3. Изменение количества больных с повышенным артериальным давлением по регионам за 2010-2020 годы

Fig. 3. Change in the number of patients with high blood pressure by region for 2010-2020

Бошқа вилоятларда ҳам касаллик билан касалланган аҳоли сонининг ўсиши мавжуд, аммо уларнинг улуши пастроқ. Жиззах (222,7%) ва Қашқадарё (204,8%) вилоятлари ҳам эътиборга молик ўсиш кўрсатган.

Ушбу тадқиқот юқори қон босими касалликларининг вилоятлар кесимида тарқалишини ва уларнинг динамикасини таҳлил қилишда муҳим аҳамиятга эга бўлиб, соғлиқни сақлаш сиёсати учун асосий маълумот манбаи бўлиши мумкин.

Соғлиқни сақлаш мутахассислари артериал гипертензия билан оғриган беморлар учун иссиқ об-ҳаво ҳар доим гипертоник инқироз ва юрак-қон томир асоратлари хавфи ортиши даври эканлигини ёдда тутишлари кераклигини таъкидлаб, артериал гипертензия ва гипотензия билан оғриган беморлар учун қуйидагиларни тавсия қилади:

- об-ҳавонинг беқарорлиги даврида энг оддий тавсиялар безовталиқни енгишга ёрдам беради: энгил жисмоний фаоллик, соғлом овқатланиш, ёмон одатлардан воз кечиш; агар инсон бир муддат қаҳва ва кучли чойдан воз кечса ҳам, об-ҳавонинг қон босимига таъсири камайиши мумкинлиги, тана метеорологик омилларга камроқ оғриқли муносабатда бўлиши аниқланган;

- албатта уйдан чиқишдан олдин қон босимини тезда пасайтириш учун шифокор буюрган дорилар мавжудлигини текшириш керак;

- профилактика чораларини кучайтириш: аҳолининг юқори қон босими тўғрисида хабардорлигини ошириш, кўпроқ оммавий текширувлар ўтказиш ва тўйиб овқатланмаслик, чекиш ва жисмоний ҳаракатсизлик каби хавф омилларини камайитириш бўйича ишларни давом эттириш муҳим;

- маълумотлар йиғишни такомиллаштириш: маълумотларни ноаниқлиги ва етарли эмаслигини камайитириш олиш учун статистик маълумотларни йиғиш сифати ва аниқлигига эътибор қаратиш лозим;

- беморларни ёши ва жинси бўйича ажратиш: аниқроқ прогноз қилиш учун маълумотларни ёш ва жинс гуруҳларига бўлиш фойдалидир, чунки гипертония кексаларда кўпроқ учрайди.

Хулоса. Республиканинг кўпгина ҳудудларида юқори қон босими билан касалланишнинг доимий ўсиши кузатилмоқда, бу ташхиснинг яхшиланиши ва ҳолатлар сонининг ҳақиқий кўпайиши билан боғлиқ бўлиши мумкин.

2020 йилда Тошкент, Фарғона, Самарқанд ва Қашқадарё вилоятлари каби ҳолатлар кўп бўлган ҳудудлар касалланиш ўсишининг умумий тенденцияларини кўрсатмоқда, бу эса ушбу ҳудудлар гипертония касаллигини рўйхатга олиш ва даволаш билан фаолроқ шуғулланаётганидан далолат беради.

Келажақда касалланиш динамикасига таъсир қилиши мумкин бўлган омилларни ҳам ҳисобга олиш керак:

- турмуш даражасининг ўзгариши: турмуш даражасининг ошиши ва соғлиқни сақлашнинг яхшиланиши гипертония диагностикаси ва даволанишининг яхшиланишига олиб келиши мумкин, аммо аниқланган ҳолатлар сони кўрсаткичнинг ортишига олиб келади;

- демографик вазият: аҳолининг қариши юқори қон босими ҳолатлари сонининг ортишига сабаб бўлади;

- стресс даражаси ва турмуш тарзининг ўзгариши: агар турмуш тарзининг ёмонлашиши тенденцияси (ногўғри овқатланиш, жисмоний ҳаракатсизлик, стресс) мавжуд бўлса, бу ҳам касаллик ҳолатлар сонини кўпайтириши мумкин.

Айрим ҳудудларда профилактика ва фаол соғлиқни сақлаш дастурларини жорий этиш касалликнинг ўсишини секинлаштиришга ёрдам беради.

Муаллифлар ҳиссаси. **З.Д. Тилляходжаева:** мақола ғоясини аниқлаштириш, натижаларни текшириш, раҳбарлик. **С.В. Мягков:** мақола ғояси, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш. **З.Э. Қуранбоева:** мақола ғоясини қўллаш, объектни танлаш, маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, мақолани расмийлаштириш. **Н.Р. Мирвалиева:**

мақола ғоясини қўллаш, маълумотларни йиғиш, натижалар таҳлили, мақолани расмийлаштириш. **Н.О. Омонов:** маълумотларни йиғиш, графикларни тузиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Волкова О.А. О связи сахарного диабета 2-го типа с загрязнением воздуха взвешенными частицами // Проблемы эндокринологии, 64 (5), 2018. – РР. 329–335.

Потешкина Н.Г., Мирина Е.Ю. Лечение артериальной гипертензии при сахарном диабете. // Российский медицинский журнал. 2010, №9. 565. <https://www.rmj.ru/articles/kardiologiya>

Тилляҳўжаева З. Д., Мирвалиева Н. Р. Иқлим ўзгариши ва унинг инсон саломатлик ҳолатига таъсири / Международная научно-практическая конференция. “Основные направления гидрологических исследований в условиях изменения климата: современные подходы и технологии”. – Ташкент, 2025. 23-24 мая. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15458165>

Höppe P. Aspects of human biometeorology in past, present and future // Int. J. Biometeorol., 1997. – РР. 19–23.

Tedeeva M. E. Weather dependence how it affects human health // The Russian Bulletin of Hygiene. 2024. doi:10.24075/rbh.2024.100

Tillyahodjaeva Z.D. Weather dependence, climate change. Review analysis of modern research // Science and education in Karakalpakstan, №2/1(48), 2025. – РР. 100-106.

IPCC, Climate Change 2021: The Physical Science Basis.-2391 pp.

Электрон манбалар:

Метеозависимость:симптомы причины, комментарии эксперта. URL: <https://www.style.rbc.ru>

<https://www.gazeta.uz/uz/2023/08/09/population/>

<https://public.wmo.int/en>

ДИНАМИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ С АРТЕРИАЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ПО РЕГИОНАМ УЗБЕКИСТАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

**З.Д. ТИЛЛЯХОДЖАЕВА, С.В. МЯГКОВ, З.Э. КУРАНБОЕВА, Н.Р. МИРВАЛИЕВА,
Н.О. ОМООНОВ**

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

Аннотация. В настоящее время одним из важных вопросов является изучение чувствительности населения к погодным условиям. В статье изучено изменение динамики заболеваемости артериальным давлением населения по всей Республике Узбекистан за последние 10 лет. Согласно полученным результатам, по территории Узбекистана население имеет различные нарушения артериального давления в разных регионах, отмечается увеличение количество заболеваний.

Ключевые слова: метеочувствительность, болезни, кровяное давление, чувствительность к погоде, климатические изменения, территория Узбекистана.

**DYNAMICS OF BLOOD PRESSURE DISEASES BY REGIONS OF UZBEKISTAN
UNDER CLIMATE CHANGE****Z.D. TILLYAKHODJAEVA, S.V. MYAGKOV, Z. E. KURANBOYEVA,
N.R. MIRVALIEVA, N.O. OMONOV**

Hydrometeorological Research Institute

Abstract. *At present, one of the important issues is the study of the sensitivity of the population to weather conditions. The article studied the change in the dynamics of the incidence of blood pressure throughout the Republic of Uzbekistan over the past 10 years. According to obtained results, on the territory of Uzbekistan, the population has various violations of blood pressure in different regions, an increase in the number of diseases is noted.*

Keywords: *weather sensitivity, diseases, blood pressure, weather sensitivity, climatic changes, the territory of Uzbekistan.*

REFERENCES

Kolpakova A. F., Sharipov R. N., Volkova O. A. O svyazi sahnogo diabeta 2 tipa s zagryazneniem vozduha vzveshennimi chasticami [On the connection of type 2 diabetes mellitus with air pollution by suspended particles] // Problemi endocrinologii. 64 (5), 2018. – PP. 329–335. (in Russian)

Poteshkina N. G., Mirina Ye. Yu. Lechenie arterialnoy gipertenzii pri saxarnom diabete. [Treatment of arterial hypertension in diabetes mellitus.] // Rossiyskiy medisinskiy jurnal. 2010. No. 9. 565. (in Russian)

Tilayxojayeva Z. D., Mirvaliyeva N. R. Iqlim ozgarishi va uning inson salomatlik holatiga tasiri [Climate Change and Its Impact on Human Health] / Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. “Osnovnie napravleniya gidrologicheskix issledovaniy v usloviyax izmeneniya klimata: sovremennie podxodi i texnologii”. – Tashkent, 2025. 23-24 maya. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15458165> (in Uzbek)

Electronic resources:

Meteozavisimost: simptomi prichini, kommentarii eksperta. [Weather dependence: symptoms, causes, expert comments]. URL: <https://www.style.rbc.ru> (in Russian)

<https://www.gazeta.uz/uz/2023/08/09/population/>

<https://public.wmo.int/en>

