

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

№4

2023

ISSN 2181-1261

Ўзбекистон Республикаси
Гидрометеорология хизмати агентлиги
(Ўзгидромет)

Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти
(ГМИТИ)

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ
ВА АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ**

Илмий журнал



**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ
И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Научный журнал



**HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING**

Scientific journal

№ 4

2023

Тошкент

ТАҲРИР КЕНГАШИ

Таҳрир кенгаши райси:

Ҳабибуллаев Шерзод
Ҳабибуллаҳўжаевич

Масъул котиб:

Рўзиева Малоҳат Бахтиёровна

Таҳрир кенгаши аъзолари:

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

ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ

Бош муҳаррир:

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

Бош муҳаррир ўринбосари:

Ҳикматов Фазлиддин,
г.ф.д., проф.

Таҳрир ҳайъати аъзолари:

Абдурахимов Бахтиёр Файзиевич, ф.-м.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Аденбаев Бахтиёр Ембергенович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Агзамов Файзулла Саидакбарович, и.ф.н. (Ўзбекистон); Азизов Азамат Атакузиевич, к.ф.н., доц. (Ўзбекистон); Азизова Раъно Гаффаровна, к.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Арушанов Михаил Львович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Аҳмедова Тамара Абдурахимовна, тех.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Бабушкин Олег Леонидович, г.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Верещагина Наталья Григорьевна, к.ф.н. (Ўзбекистон); Гуния Гарри Сергеевич, г.ф.д., проф. (Грузия); Гушина Дарья Юрьевна, г.ф.д. (Россия); Дергачёва Ирина Викторовна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Камалов Баходир Асамович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Карандаева Лидия Михайловна, тех.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Мамаджанова Гавхар Аҳматхоновна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Мурадов Шухрат Одилович, тех.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Мягков Сергей Владимирович, тех.ф.д., к.и.х. (Ўзбекистон); Нишонов Мухтор Мадаминович, ф.-м.ф.н., проф. (Ўзбекистон); Раҳмонов Комилжон Раджабович, г.ф.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Рафиқов Ваҳоб Асомович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Тилляходжаева Зухраҳон Джахангировна, г.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Глеумуратова Бибигуль Саробаевна, ф.-м.ф.д. (Ўзбекистон); Тургунов Данияр Маннапжанович, г.ф.д., доц. (Ўзбекистон); Умаров Муҳаммад Исмаилов, қ.х.ф.н. (Ўзбекистон); Умирзақов Ғуломжон Ўнғарбоевич, қ.х.ф.ф.д. (Ўзбекистон); Холбаев Гулман Холбаевич, г.ф.н., к.и.х. (Ўзбекистон); Фазылов Али Раҳматджанович, тех.ф.д., доц. (Тожикистон); Фролова Наталья Леонидовна, г.ф.д., проф. (Россия); Цинцадзе Тенгиз Нодарович, тех.ф.д., проф. (Грузия); Чембарисов Эльмир Исмаилович, г.ф.д., проф. (Ўзбекистон); Чередниченко Александр Владимирович, г.ф.д., проф. (Қозғоғистон); 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 олмага.

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

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

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

Таъсисчи: Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги

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

ISSN 2181-1261

© Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати агентлиги, 2023

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель редакционного совета:

Хабибуллаев Шерзод
Хабибуллахужаевич

Ответственный секретарь:

Рузиева Малохат Бахтиёровна

Члены редакционного совета:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

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

Заместитель главного редактора:

Хикматов Фазлиддин,
д.г.н., проф.

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

Учредитель: Агенство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан.

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

ISSN 2181-1261

© Агентство гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, 2023

EDITORIAL COUNCIL

Chairman of the Editorial Council:

Sherzod Khabibullakhujaevich
Khabibullaev

Assistant Editor:

Ruzieva Malokhat Bakhtiyorovna

Members of the Editorial Council:

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

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief:

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

Deputy Editor-in-Chief:

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

Members of the Editorial Board:

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 2181-1261

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

МУНДАРИЖА

МЕТЕОРОЛОГИЯ

- Б.М. Холматжанов, Б.Ю. Омонов, Д.Б. Истамов, С.У. Бегматов, И.М. Махмудов, Ф.Б. Сафаров, Б.Х. Ахмуратова, Р.З. Охунов**
Қорақалпоғистон Республикаси, Жиззах, Қашқадарё ва Сурхондарё вилоятлари учун ERA5 базаси ва ер усти кузатувлари бўйича шудринг нуктаси ҳарорати маълумотларини верификациялаш 8
- Г.Х. Холбаев, Х.Т. Эгамбердиев, Д.Р. Эшмирзаев, Қ.М. Махмудов**
Вегетация даврида иссиқлик таъминотини баҳолаш (кузги буғдой ўсимлиги мисолида) 20

ГИДРОЛОГИЯ

- С.Б. Калабаев**
LANDSAT тасвирлари ёрдамида ер усти сув объектлари чегарасини аниқлашда спектрал индекслардан фойдаланиш имкониятлари 36
- С.С. Суванкулов, Т.И. Хисматуллин**
Оҳангарон ҳавзаси тоғ кўллари минераллашув кўрсаткичлари 43
- Б.Э. Нишонов, А.Ж. Мамараимов**
Ўрадарё ҳавзасида қор қопламнинг ўзгаришини баҳолашда MODIS маълумотларидан фойдаланиш 50

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

- Э.Р. Семакова, М.Г. Поторжинский, В.П. Сафронов, Д.Г. Семаков, Ч.Т. Шерданов**
Sentinel-1 радиолокацион тасвирларида Қамчиқ довони худудида хўл ва қуруқ қор кўчкиларини аниқлаш имкониятларини баҳолаш 59

ХОТИРА ВА ЮБИЛЕЙЛАР

- Саида Икромовна Инагамова хотирасига (таваллудининг 90 йиллиги бағишланади) 66

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТЕОРОЛОГИЯ

- Б.М. Холматжанов, Б.Ю. Омонов, Д.Б. Истамов, С.У. Бегматов, И.М. Махмудов, Ф.Б. Сафаров, Б.Х. Ахмуратова, Р.З. Охунов**
Верификация данных наземных измерений температуры точки росы с данными базы ERA5 для Республики Каракалпакстан, Джизакской, Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей 8
- Г.Х. Холбаев, Х.Т. Эгамбердиев, Д.Р. Эшмирзаев, К.М. Махмудов**
Оценка теплообеспеченности вегетационного периода (на примере озимой пшеницы) 20

ГИДРОЛОГИЯ

- С.Б. Калабаев**
Возможности использования спектральных индексов при определении границ поверхностных вод по изображениям LANDSAT 36
- С.С. Суванкулов, Т.И. Хисматуллин**
Показатели минерализации горных озер Ахангаранского бассейна 43
- Б.Э. Нишонов, А.Ж. Мамараимов**
Использование данных MODIS для оценки изменения снежного покрова в бассейне реки Урадарья 50

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Э.Р. Семакова, М.Г. Поторжинский, В.П. Сафронов, Д.Г. Семаков, Ч.Т. Шерданов**
Оценка возможности идентификации лавин влажного и сухого снега в районе перевала Камчик на радиолокационных космических снимках Sentinel-1 59

ХРОНИКА И ЮБИЛЕИ

- Памяти Инагамовой Саиды Икрамовны (к 90-летию со дня рождения) 66

CONTENTS

METEOROLOGY

- B.M. Kholmatjanov, B.Yu. Omonov, D.B. Istamov, S.U. Begmatov, I.M. Makhmudov, F.B. Safarov, B.Kh. Akhmuratova, R.Z. Okhunov**
Verification of ground measurement data of dew point temperature with ERA5 base data for the Republic of Karakalpakstan, Jizzakh, Kashkadarya and Surkhandarya regions 8
- G.Kh. Kholbaev, Kh.T. Egamberdiev, D.R. Eshmirzaev, K.M. Makhmudov**
Evaluation of heat supply of vegetation period (on example of winter wheat) 20

HYDROLOGY

- S.B. Kalabaev**
Possibilities of using spectral indices in determining the boundaries of surface water from LANDSAT images 36
- S.S. Suvankulov, T.I. Xismatullin**
Mineralization characteristics of Ahangaran River basin lakes 43
- B.E. Nishonov, A.J. Mamaraimov**
Using MODIS data to assess changes in snow cover in the Uradarya River basin ... 50

ENVIRONMENTAL MONITORING

- E.R. Semakova, M.G. Potorjinskiy, V.P. Safronov, D.G. Semakov, Ch.T. Sherdanov**
Assessment of the possibility of identifying snow avalanches of wet and dry snow in the Kamchik Pass area on Sentinel-1 radar satellite images 59

CHRONICLE AND ANNIVERSARIES

- In memory of Saida Ikramovna Inagamova (to the 90th birthday anniversary) 66

МЕТЕОРОЛОГИЯ / METEOROLOGY

УДК: 551.524:575.1

ҚОРАҚАЛПОҒИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ, ЖИЗЗАХ, ҚАШҚАДАРЁ ВА СУРХОНДАРЁ ВИЛОЯТЛАРИ УЧУН ERA5 БАЗАСИ ВА ЕР УСТИ КУЗАТУВЛАРИ БЎЙИЧА ШУДРИНГ НУҚТАСИ ҲАРОРАТИ МАЪЛУМОТЛАРИНИ ВЕРИФИКАЦИЯЛАШ**Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,4*}, Б.Ю. ОМОНОВ², Д.Б. ИСТАМОВ^{1,3}, С.У. БЕГМАТОВ⁴, И.М. МАХМУДОВ⁴, Ф.Б. САФАРОВ⁵, Б.Х. АХМУРАТОВА¹, Р.З. ОХУНОВ¹**

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

² Қайта тикланувчи энергия манбалари миллий илмий-тадқиқот институти, eyurakhimov@gmail.com

³ Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Физика-техника институти, istamov@uzsci.net

⁴ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, sardor0752@gmail.com

⁵ Гидрометеорология хизмати агентлиги, sfazizbek@gmail.com

Аннотация. Мақолада 1991-2020 йиллар даври учун Қорақалпоғистон Республикаси, Жиззах, Қашқадарё ва Сурхондарё вилоятлари худуди бўйича ERA5 маълумотлар базасидан олинган шудринг нуқтаси ҳарорати қийматларини қаралаётган ҳудуддаги 31 та метеорология станцияларида олиб борилган муддатли кузатув маълумотлари билан қиёслаш (верификация) натижалари таҳлил қилинган. Олинган натижалар кунлик ва ойлик ўртача қийматлар бўйича ер усти кузатувлари ва ERA5 реанализ маълумотлари орасидаги мослик муддатли маълумотлар орасидаги мосликка нисбатан юқорироқ, ойлик ўртача ва максимал қийматлар орасидаги мувофиқлик бошқа вақт оралиқлари учун аниқаланган мувофиқликка нисбатан энг катта, кунлик ва ойлик минимал қийматлар бўйича мувофиқлик эса энг кичик эканлигини кўрсатди.

Калит сўзлар: шудринг нуқтаси ҳарорати, ERA5, метеорология станцияси, реанализ, верификация.

Кириш. Иқлим ўзгариши бўйича ҳукуматлараро экспертлар гуруҳининг Олтинчи баҳоловчи ҳисоботида иқлим ўзгариши оқибатида “Экотизимлар, инсонлар, аҳоли яшаш пунктлари ва инфратузилмага кенг миқёсли таъсир (юқори ишончилилик билан) куруқлик ва океанда иссиқлик тўлқинлари, кучли ёғингарчилик, қурғоқчилик ва ёнғинлар каби экстремал иқлимий ва об-ҳаво ҳодисалари частотаси ва жадаллигининг ортиши натижасида юзага келмоқда”, деб таъкидланаган [IPCC, 2022]. Улкан ҳудудларда узок вақт давом этувчи табиат ҳодисалари инсоният учун энг хавфли ҳисобланади [Русин, 2003]. Хусусан, қитъаларнинг катта қисмини қамраб олиб, 3 йилгача давом этиши мумкин бўлган қурғоқчилик ҳодисаси инсон ҳамжамиятининг озик-овқат хавфсизлигига жиддий таъсир кўрсатади.

Қурғоқчиликни тадқиқ этиш тўртта асосий йўналишларда бажарилиб, биринчи йўналиш қурғоқчилик шаклланишининг сабабларини аниқлаш, иккинчи йўналиш қурғоқчилик шаклланишининг эҳтимоллигини баҳолаш, учинчи йўналиш унинг

* Масъул муаллиф: b.xolmatjanov@nuu.uz, тел.: +998 99 875-51-27

оқибатларини тавсифлаш, ва ниҳоят тўртинчи йўналиш қурғоқчилик оқибатларини юмшатишга қаратилган тавсиялар ишлаб чиқиш орқали унинг таъсирини камайтиришга йўналтирилган [Byun, Wilhite, 1999].

Атмосфера қурғоқчилиги атмосферадаги циркуляция жараянлари билан боғлиқ бўлган ҳодиса бўлиб, узоқ вақт давомида ёғинларнинг бўлмаслиги (ёки кўп йиллик ўртача меъёрларга нисбатан сезиларли камлиги), ҳаво ва тупроқнинг юқори ҳароратлари ҳамда шамол кўрсаткичлари билан тавсифланади. Қурғоқчиликнинг юзага келиши тупроқнинг хоссалари, микроклимий шароитлар ҳамда ўсимликларнинг биологик хоссаларига боғлиқ. Шу сабабли, илмий адабиётларда мавжуд қурғоқчилик мезонлари уларнинг таркибига кирувчи кўрсаткичлар бўйича жуда хилма-хил. Қурғоқчиликнинг моҳияти шундаки, ўсимликларнинг меъёрдаги ривожланиши учун тупроқ ҳосилдорлиги, иссиқлик ва намлик билан таъминланганлик каби учта шартнинг мавжудлиги талаб этилади. Тупроқ ҳосилдорлиги вақт кўламида кам ўзгаради. Иссиқлик ва, айнича, намлик кўрсаткичлари сезиларли тебранишларга эга. Шу сабабли, бу икки параметрни ўз таркибига олган қурғоқчилик мезонлари энг кенг қўлланилади. Ҳароратнинг ойлик тебранишлари коэффиценти 10-12% ни ташкил этса, ёғинларда бу кўрсаткич 70-80% ни ташкил этади. Шу сабабли, қурғоқчилик ҳодисасини метеорологик жиҳатдан тадқиқ этишда асосий эътиборни ортиқча иссиқликка эмас, балки намлик тақчиллигига қаратиш зарур [Петров ва бошқ., 2020].

Муайян мезонларга асосланган ҳолда қурғоқчилик диагнози, прогнози ва мониторинги каби вазифаларни ҳал қилиш кузатув маълумотларининг тўлиқлиги ва тегишли ишончилигини талаб этади. Ҳозирги вақтда Ўзбекистонда метеорологик кузатувлар 100 дан ортиқ метеорология станцияларида олиб борилиб, уларнинг сони ортишда давом этмоқда. Шунга қарамай, мавжуд кузатув тармоғининг зичлиги Жаҳон метеорология ташкилотининг талабларига тўлиқ жавоб бермайди [Арушанов, 2021]. Бундан ташқари, кузатув тармоғидан олинган маълумотлар метеорологик майдонларнинг етарли зичликдаги ҳудудий тақсимотини бермайди [Rakhmatova et al., 2021].

Ўзбекистонда атмосфера қурғоқчилигининг мониторинг тизимини яратиш мақсадида Ю.В.Петров томонидан таклиф этилган ҳаво қурғоқчилиги термогигрометрик коэффиценти (ТГК)дан фойдаланиб қурғоқчиликнинг ҳудудий тақсимотини ҳисоблаш учун ҳаво ва шудринг нуқтаси ҳароратларининг реанализ қийматлари ишончилигини текшириш талаб этилади. Европа ўрта муддатли об-ҳаво прогнозлари марказининг (ECMWF) ERA5 [Welcome ...] маълумотлар базасидан олинган ҳаво ҳарорати қийматларининг ер усти кузатув маълумотларига мослиги масаласи аввалги тадқиқотларимиздан бирида кўриб чиқилган [Рахимов ва бошқ., 2023].

Мазкур тадқиқотда Қорақалпоғистон Республикаси, Жиззах, Қашқадарё ва Сурхондарё вилоятлари ҳудудлари учун шудринг нуқтаси ҳароратининг ERA5 ва ер усти кузатувлари маълумотлари орасидаги мосликни аниқлаш ишнинг **мақсади**, бу икки манбадан олинган шудринг нуқтаси ҳарорати маълумотларини статистик усуллар ёрдамида верификациялаш ҳамда уларнинг мослигини микдорий баҳолаш масаласи ишнинг **вазифаси** ҳисобланади.

Тадқиқотнинг объекти ва предмети. Қорақалпоғистон Республикаси, Жиззах, Қашқадарё ва Сурхондарё вилоятлари ҳудудлари тадқиқот ишининг объектини, шудринг нуқтаси ҳароратининг ERA5 ва ер усти кузатув маълумотлари орасидаги мосликни аниқлаш масаласи ишнинг предметини ташкил этади.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Тадқиқот ишини бажаришда Гидрометеорология хизмати агентлиги (Ўзгидромет) фондининг Қорақалпоғистон Республикаси, Жиззах, Қашқадарё ва Сурхондарё вилоятлари ҳудудларида жойлашган

метеорология станцияларининг ТМ-1 жадвалларидаги (1-жадвал) ва ERA5 базасининг 1991-2020 йиллар даврдаги муддатли шудринг нуқтаси маълумотларидан фойдаланилди. Тадқиқотни бажаришда қўлланилган ўртача мутлак (MAE), ўртача нисбий (MRE), ўртача квадратик (RMSE) ҳамда регрессион (R_{adj}^2) хатоликлар [Рахимов ва бошқ., 2023] манбасида батафсил баён қилинган.

1-жадвал

Тадқиқотда фойдаланилган метеорология станциялари

Таблица 1

Использованные в исследовании метеорологические станции

Table 1

Meteorological stations used in the research

№	Метеорология станцияси	Денгиз сатҳига нисбатан баландлик, м	№	Метеорология станцияси	Денгиз сатҳига нисбатан баландлик, м
Қорақалпоғистон Республикаси			Қашқадарё вилояти		
1	Мўйнок	55	17	Муборак	286
2	Қўнғирот	64	18	Қарши	370
3	Чимбой	66	19	Чимқўрғон	466
4	Нукус	75	20	Ғузор	524
5	Бўстон	76	21	Шахрисабз	627
6	Тахиатош	77	22	Дехқонобод	938
7	Тахтақўпир	90	23	Оқработ	1599
8	Қорақалпоғистон	126	24	Мингчукур	2130
9	Ақтумсук	182	25	Кўл	2161
Жиззах вилояти			Сурхондарё вилояти		
10	Ғарбий Арнасой	249	26	Шеробод	117
11	Дўстлик	274	27	Термиз	313
12	Жиззах	344	28	Шўрчи	449
13	Янгиқишлоқ	516	29	Денов	553
14	Ғаллаорол	599	30	Сариосиё	586
15	Лалмикор	744	31	Бойсун	1241
16	Бахмал	1307			

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. ERA5 базаси ва ер усти кузатувлари орасидаги мосликни аниқлаш мақсадида ўзаро мос келувчи 8 та муддатлар учун шудринг нуқтаси ҳарорати маълумотлари ажратиб олинди.

Ажратиб олинган маълумотлар асосида шудринг нуқтаси ҳароратининг муддатли, кунлик ва ойлик ўртача қийматлари ҳисобланди ҳамда кунлик ва ойлик максимал ва минимал қийматлари аниқланди. ERA5 ва ер усти кузатув маълумотларини муддатли, кунлик ва ойлик (ўртача, максимал ва минимал) қийматлар бўйича верификациялаш мақсадида станциялар учун боғланишларнинг зичлиги статистик усуллар ёрдамида баҳоланди. Верификациялаш натижалари 2-жадвал ва иловадаги 1-5-расмларда келтирилган.

ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича шудринг нуқтаси ҳароратининг муддатли маълумотларини верификациялаш натижаларига кўра Қорақалпоғистон Республикаси ва Қашқадарё вилояти ҳудудлари бўйича RMSE мос равишда $4,11^{\circ}\text{C}$ ва $4,18^{\circ}\text{C}$, Сурхондарё ва Жиззах вилоятлари ҳудудлари бўйича эса $3,78^{\circ}\text{C}$ ва $3,56^{\circ}\text{C}$ ни ташкил этди. Бу ҳудудлар бўйича MAE мос равишда $3,14^{\circ}\text{C}$, $2,92^{\circ}\text{C}$, $2,63^{\circ}\text{C}$ ва $2,99^{\circ}\text{C}$, MRE эса мос

2-жадвал

ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича муддатли, кунлик ва ойлик шудринг нуктаси харорати маълумотларини верификациялаш натижалари (1991-2020 йй.)

Таблица 2

Результаты верификации срочных, суточных и месячных данных температуры точки росы ERA5 и наземных наблюдений (1991-2020 гг.)

Table 2

Results of verification of hourly, daily and monthly dew point temperature data from ERA5 and ground-based observations (1991-2020)

	Худдлар	a	b	RSME, °C	MAE, °C	MRE, %	R_{adj}^2
Муддатли	Қашкаларё	0,81	1,52	4,11	3,14	17,73	0,68
	Сурхондарё	0,76	3,50	3,78	2,92	15,63	0,63
	Жиззах	0,76	1,68	3,56	2,63	16,15	0,73
	Қорақалпоғистон	0,96	0,41	4,18	2,99	15,08	0,80
Кунлик	Ўртача	0,84	1,41	3,40	2,58	12,48	0,76
	максимал	0,88	2,12	3,75	2,85	13,22	0,72
	минимал	0,77	0,74	3,81	2,95	17,32	0,71
	Ўртача	0,79	3,37	3,03	2,32	10,66	0,73
Ойлик	максимал	0,85	4,30	3,52	2,57	11,63	0,67
	минимал	0,72	2,42	3,33	2,68	14,43	0,68
	Ўртача	0,77	1,59	2,96	2,10	11,58	0,79
	максимал	0,80	2,48	3,20	2,31	12,21	0,77
Жиззах	минимал	0,72	0,81	3,33	2,45	15,89	0,74
	Ўртача	0,99	2,89	3,44	2,42	10,36	0,86
	максимал	0,97	1,05	3,67	2,63	12,08	0,84
	минимал	0,97	-0,39	4,01	2,88	13,82	0,81
Қорақалпоғистон	Ўртача	0,87	1,32	2,79	2,11	8,28	0,81
	максимал	0,93	2,64	3,31	2,54	8,62	0,68
	минимал	0,75	-0,57	3,13	3,14	21,22	0,76
	Ўртача	0,85	3,13	2,34	1,74	5,99	0,80
Сурхондарё	максимал	0,96	4,19	3,42	2,57	7,62	0,60
	минимал	0,60	1,02	3,71	2,82	19,81	0,69
	Ўртача	0,77	1,57	2,42	1,72	8,05	0,82
	максимал	0,81	3,81	2,78	2,01	8,57	0,73
Жиззах	минимал	0,65	-1,18	3,82	2,80	24,70	0,71
	Ўртача	1,00	0,12	2,69	1,87	6,42	0,89
	максимал	1,04	0,67	3,13	2,24	7,49	0,83
	минимал	0,97	-1,44	4,37	3,18	16,90	0,84

Изоҳ: a ва b – регрессия тенгламасининг эркин ва эркин ўзгариувчилари. **Примечание:** a и b – несвободный и свободный переменные уравнения регрессии. Note: a and b – non-free and free variables of regression equation.

равишда 17,73%, 15,63%, 16,15% ва 15,08% га тенг. ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича шудринг нуқтаси ҳароратларининг регрессия тенгламалари бўйича боғланишлар зичлиги (R_{adj}^2) мос равишда 0,68; 0,63; 0,73 ва 0,80 ни ташкил этди (2-жадвал, 1-расм).

ERA5 ва ер усти кузатув маълумотлари кунлик ўртача, максимал ва минимал қийматларининг ўзаро мослигини текшириш натижалари ўртача қийматлар учун RMSE $2,96 \div 3,44^\circ\text{C}$, MAE $2,10 \div 2,58^\circ\text{C}$, MRE $10,36\% \div 12,48\%$ ва R_{adj}^2 $0,73 \div 0,86$ оралиқлардаги қийматларни ташкил этишини кўрсатди. Шудринг нуқтаси ҳароратининг максимал ва минимал қийматлари учун RMSE мос равишда $3,20 \div 3,75^\circ\text{C}$ ва $3,33 \div 4,01^\circ\text{C}$, MAE $2,31 \div 2,85^\circ\text{C}$ ва $2,45 \div 2,95^\circ\text{C}$, MRE $11,63\% \div 13,22\%$ ва $13,82\% \div 17,32\%$, R_{adj}^2 $0,67 \div 0,84$ ва $0,68 \div 0,81$ диапазонларидаги қийматлар аниқланди.

Кўп йиллик ўртача ойлик шудринг нуқтаси ҳарорати маълумотларини верификациялаш натижалари RMSE $2,34 \div 2,79^\circ\text{C}$ диапазонда ўзгариб, унинг энг кичик қиймати Қашқадарё, энг катта қиймати эса Сурхондарё вилояти ҳудудларида жойлашган станцияларига тўғри келишини кўрсатди. Ойлик максимумлар учун RMSE каттароқ, $2,78 \div 3,42^\circ\text{C}$, минимумлар учун янада каттароқ $3,13 \div 4,37^\circ\text{C}$ оралиғидаги қийматларни ташкил этди. Кўп йиллик ўртача ойлик шудринг нуқтаси ҳарорати бўйича MAE $1,72 \div 2,11$, максимал ҳарорат бўйича $2,24 \div 2,57$, минимал ҳарорат бўйича $2,80 \div 3,18$, MRE кўрсаткичи бўйича мос равишда $5,99 \div 8,28\%$, $7,49 \div 8,62\%$ ва $16,90 \div 24,70\%$ диапазонларидаги қийматларни ташкил этди. Тузатилган детерминация коэффициенти R_{adj}^2 ўртача ойлик шудринг нуқтаси ҳарорати учун $0,73 \div 0,86$, максимал ва минимал шудринг нуқтаси ҳароратлари учун мос равишда $0,67 \div 0,84$ ва $0,68 \div 0,81$ оралиқда ўзгарган.

Шундай қилиб, ер усти кузатувлари бўйича шудринг нуқтаси ҳарорати маълумотларининг ERA5 реанализ маълумотларига мувофиқлиги ҳаво ҳарорати маълумотларини верификациялаш натижаларига нисбатан пастрок бўлиб чиқди [Рахимов ва бошқ., 2023].

Хулоса. Шудринг нуқтаси ҳароратининг ер усти кузатувлари ва ERA5 реанализ базаси маълумотларини верификациялаш натижасида қуйидагилар аниқланди.

1. Кунлик ва ойлик ўртача қийматлар бўйича ер усти кузатувлари ва ERA5 реанализ маълумотлари орасидаги мослик муддатли маълумотлар орасидаги мосликка нисбатан юқорироқ бўлди.

2. Тадқиқ этилган барча ҳудудлар учун шудринг нуқтаси ҳароратининг ойлик ўртача ва максимал қийматлари орасидаги мувофиқлик бошқа вақт оралиқлари учун аниқланган мувофиқликка нисбатан энг катта эканлиги маълум бўлди.

3. Шудринг нуқтаси ҳароратининг кунлик ва ойлик минимал қийматлари бўйича мувофиқлик энг кичик бўлиб, нисбий хатоликлар 13,8% дан 24,7% гача қийматларга эга.

Олинган натижалардан келиб чиқиб, шудринг нуқтаси ҳарорати қийматлари талаб этиладиган тадқиқотларда реанализ маълумотларидан аниқланган хатоликларни эътиборга олган ҳолда фойдаланиш тавсия этилади.

Миннатдорчиликлар. Мазкур тадқиқот иши Инновацион ривожланиш агентлигининг молиявий кўмагида бажарилаётган АЛ-5721122072 «Қишлоқ хўжалиги, сув ва энергия ресурсларини барқарор ривожлантириш учун ер усти кузатувлари ва геостационар метеорологик сунъий йўлдошлардан олинган қуёш радиацияси маълумотларидан комплекс фойдаланиш» ва «Иқлимнинг даврийлиги ва аномаллигини инобатга олган ҳолда узлуксиз энергия таъминотида фотоэлектрик тизимларни режалаштириш учун қуёш радиациясининг ўзгаришини квазиреал вақт оралиғида

баҳолаш ва башоратлашнинг математик моделини ишлаб чиқиш» лойиҳалари доирасида амалга оширилди.

Муаллифлар ҳиссаси. **Б.М. Холматжанов:** мақола ғояси, раҳбарлик, натижалар таҳлили. **Б.Й. Омонов:** маълумотлар базасини шакллантириш. **Д.Б. Истамов:** статистик кўрсаткичларни ҳисоблаш. **С.У. Бегматов, И.М. Махмудов, Ф.Б. Сафаров, Б.Х. Ахмуратова:** натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Р.З. Охунов:** методология, натижалар таҳлили. Барча муаллифлар кўлзанишнинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилигини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Арушанов М.Л. Методика рационализации метеорологической сети станций на примере территории Узбекистана // *Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды.* 2021. №4. – С. 20-30.

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

Рахимов Э.Ю., Омонов Б.Ю., Холматжанов Б.М., Абдикулов Ф.И., Бегматов С.У., Махмудов И.М. Ўзбекистонда NASA POWER ва ERA5 базалари ҳаво ҳарорати маълумотларидан фойдаланиш имкониятлари // *Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги.* 2023. №3. – Б. 8-20.

Русин И.Н. Стихийные бедствия и возможности их прогноза. – С-Пб.: РГГМУ, 2003. – 140 с.

Вуин Н.Р., Wilhite D.A. Daily quantification of drought severity and duration // *Journal of Climate,* 1999. 12(9):2747-2756. DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012<2747:OQODSA> 2.0.CO;2.

IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.* Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 p., doi:10.1017/9781009325844.

Rakhmatova N., Arushanov M., Shardakova L., Nishonov B., Taryannikova R., Rakhmatova V., Belikov D.A. Evaluation of the Perspective of ERA-Interim and ERA5 Reanalyses for Calculation of Drought Indicators for Uzbekistan // *Atmosphere,* 12(5):527. 2021. <https://doi.org/10.3390/atmos12050527>

Электрон манба:

Welcome to the Climate Data Store. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home/>

ВЕРИФИКАЦИЯ ДАННЫХ НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТОЧКИ РОСЫ С ДАННЫМИ БАЗЫ ERA5 ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН, ДЖИЗАКСКОЙ, КАШКАДАРЬИНСКОЙ И СУРХАНДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ^{1,4}, Б.Ю. ОМОНОВ², Д.Б. ИСТАМОВ^{1,3}, С.У. БЕГМАТОВ⁴, И.М. МАХМУДОВ⁴, Ф.Б. САФАРОВ⁵, Б.Х. АХМУРАТОВА¹, Р.З. ОХУНОВ¹

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

² Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии, e.yurakhimov@gmail.com

³ Физико-технический институт Академии наук Республики Узбекистан, istamov@uzsci.net

⁴ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, sardor0752@gmail.com

⁵ Агентство гидрометеорологической службы, sfazizbek@gmail.com

Аннотация. В статье анализируются результаты сравнения (верификации) значений температуры точки росы, полученных из базы данных ERA5 за период 1991-2020 гг. на территории Республики Каракалпакстан, Джизакской, Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей, с данными срочных наблюдений 31 метеорологических станций, расположенных на этих территориях. Полученные результаты показывают, что соответствие между наземными наблюдениями и данными реанализа ERA5 по среднесуточным и месячным значениям выше, чем соответствие между срочными данными. Соответствие между среднемесячными и максимальными значениями оказались наибольшим по сравнению с соответствием, определенным для другие временные интервалы, а соответствие по суточным и месячным минимальным значениями – наименьшими.

Ключевые слова: температура точки росы, ERA5, метеорологическая станция, реанализ, верификация.

VERIFICATION OF GROUND MEASUREMENT DATA OF DEW POINT TEMPERATURE WITH ERA5 BASE DATA FOR THE REPUBLIC OF KARAKALPAKSTAN, JIZZAKH, KASHKADARYA AND SURKHANDARYA REGIONS

B.M. KHOLMATJANOV^{1,4}, B.Yu. OMONOV², D.B. ISTAMOV^{1,3}, S.U. BEGMATOV⁴, I.M. MAKHMUDOV⁴, F.B. SAFAROV⁵, B.Kh. AKHMURATOVA¹, R.Z. OKHUNOV¹

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

² National Research Institute of Renewable Energy Sources, eyurakhimov@gmail.com

³ Institute of Physics and Technology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, istamov@uzsci.net

⁴ Hydrometeorological Research Institute, sardor0752@gmail.com

⁵ Agency of Hydrometeorological Service, sfazizbek@gmail.com

Abstract. The article analyzes the results of comparison (verification) of dew point temperature values obtained from the ERA5 database for the period 1991-2020 in the Republic of Karakalpakstan, Jizzakh, Kashkadarya and Surkhandarya regions, with periodic observation data from 31 meteorological stations located in these regions. The results show that the agreement between ground-based observations and ERA5 reanalysis data for daily and monthly averages is higher than the agreement between the time-lapse data. The correspondence between monthly averages and maximum values turned out to be the greatest compared to the correspondence determined for other time intervals, and the correspondence between daily and monthly minimum values was the smallest.

Keywords: dew point temperature, ERA5, meteorological station, reanalysis, verification.

REFERENCES

Arushanov M.L. Metodika ratsionalizatsii meteorologicheskoy seti stantsiy na primere territorii Uzbekistana [Methodology of Rationalization of the Meteorological Network of Stations on the Example of the Territory of Uzbekistan] // Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredy. 2021. №4. – S. 20-30. (in Russian)

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

Rakhimov E.Yu., Omonov B.Yu., Kholmatjanov B.M., Abdikulov F.I., Begmatov S.U., Makhmudov I.M. Ozbekistonda NASA POWER va ERA5 bazalari havo harorati malumotlaridan

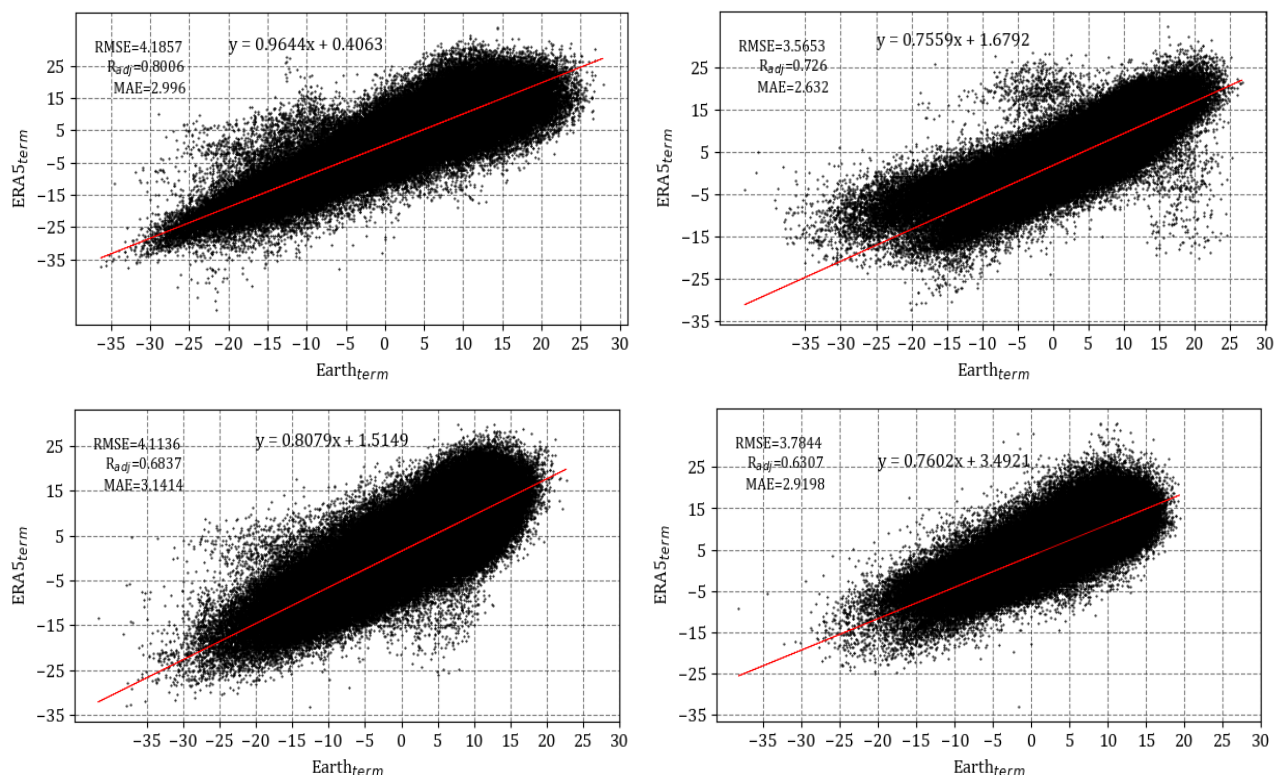
foydalanish imkoniyatlari [Possibilities of using air temperature data from NASA POWER and ERA5 bases in Uzbekistan] // *Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi*. 2023. №3. – B. 8-20. (in Uzbek)

Rusin I.N. Stihiyaniye bedstviya i vozmojnosti ih prognoza [Natural disasters and the possibilities of their forecast]. – S-Pb.: RGGMU, 2003. – 140 s. (in Russian)

Electronic resource:

Welcome to the Climate Data Store. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home/>

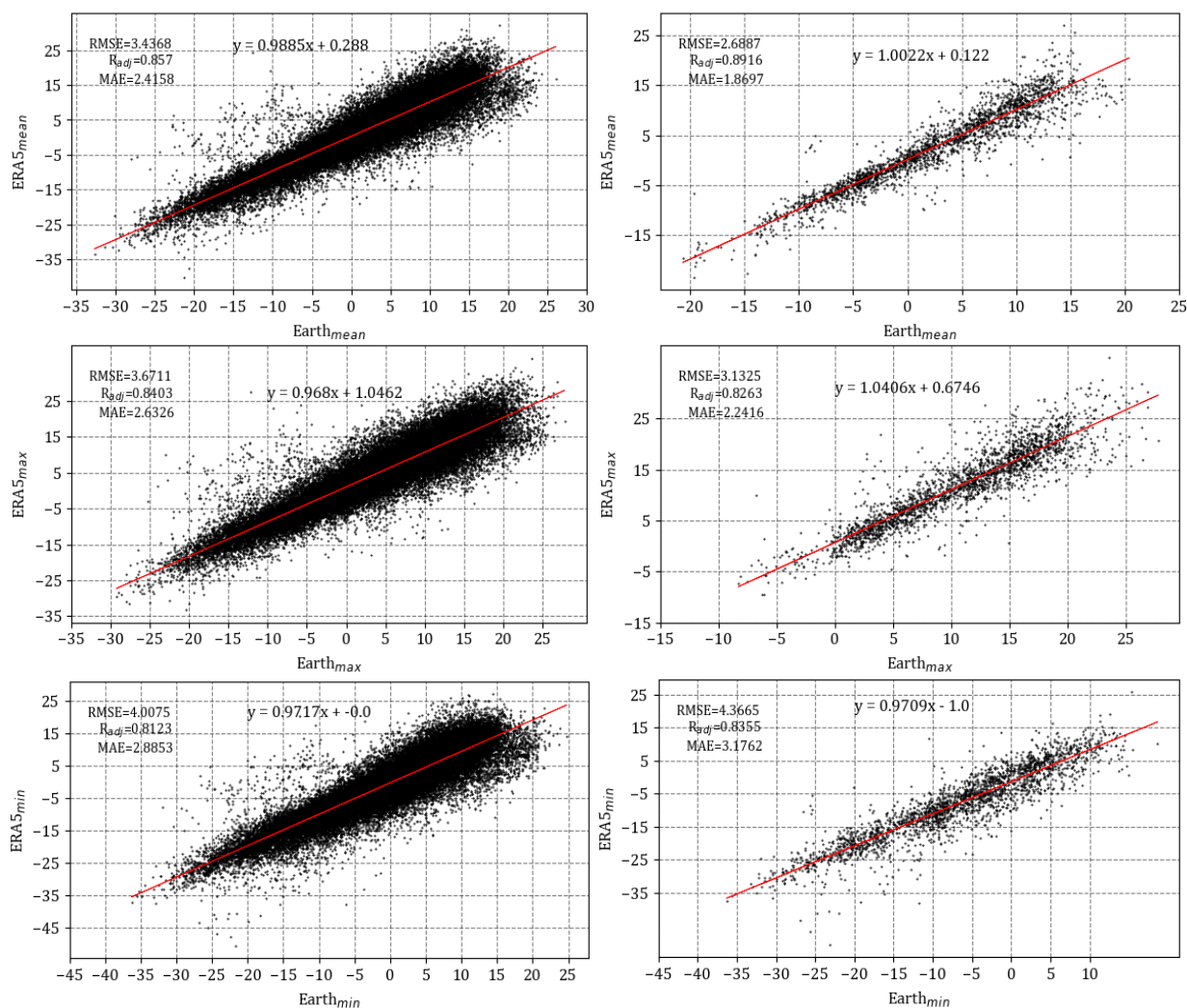
Илова / Приложение / Appendix



1-расм. ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича шудринг нуқтаси ҳароратининг соатлик маълумотларини қиёслаш графиклари
 а) Қорақалпоғистон Республикаси, б) Жиззах вилояти,
 в) Қашқадарё вилояти, г) Сурхондарё вилояти

Рис. 1. Графики сравнения срочных данных температуры точки росы ERA5 и наземных наблюдений
 а) Республика Каракалпакстан, б) Жиззахский вилоят,
 в) Кашкадарьинский вилоят, г) Сурхандарьинский вилоят

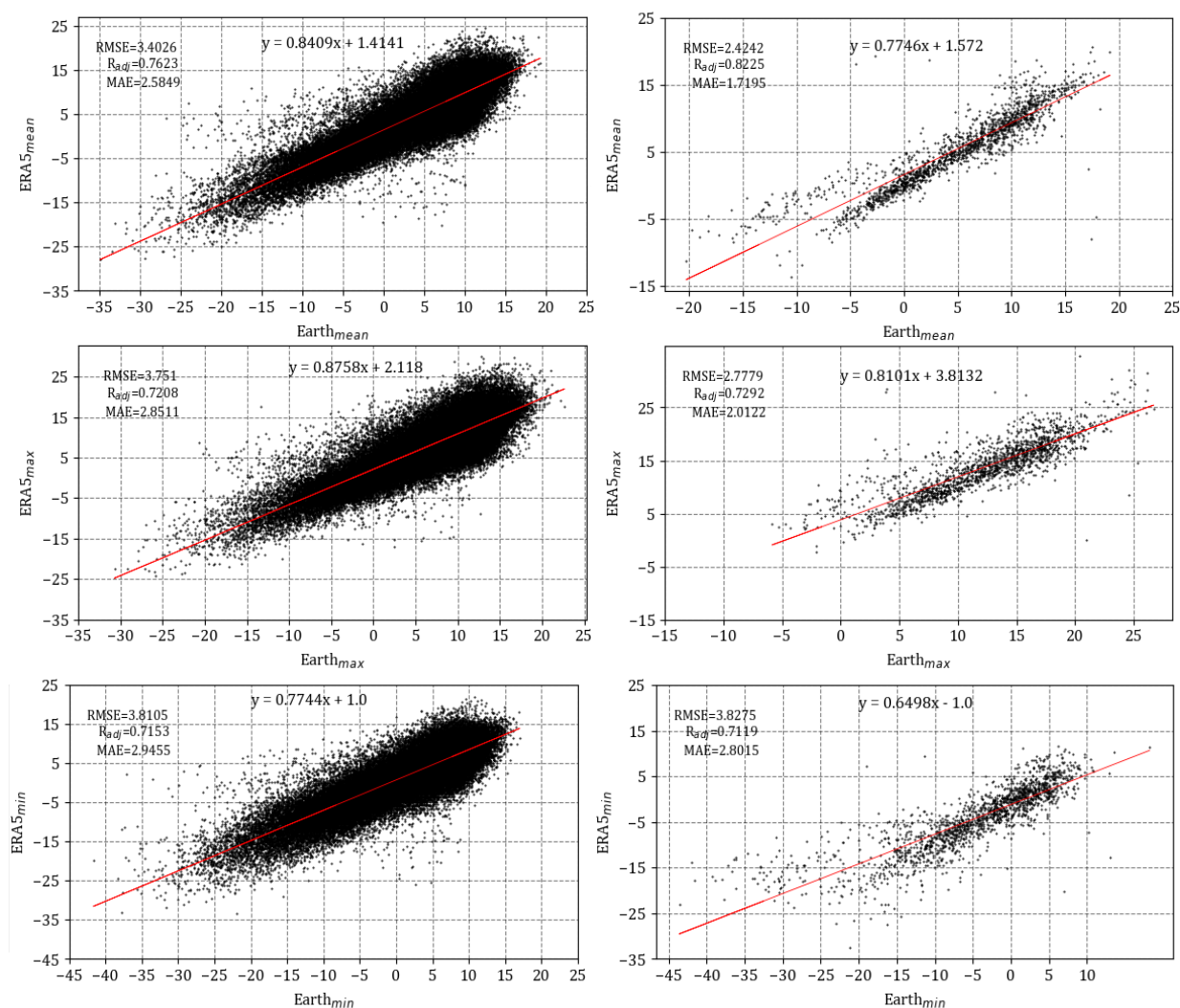
Fig. 1. Comparison graphs of hourly dew point temperature data from ERA5 and surface observations
 а) Republic of Karakalpakstan, б) Jizzakh Region,
 в) Kashkadarya Region, г) Surkhandarya Region



2-расм. ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича шудринг нуқтаси ҳароратининг кунлик (биринчи устун) ва ойлик (иккинчи устун) маълумотларини қиёслаш графиклари (Қорақалпоғистон Республикаси)

Рис. 2. Графики сравнения суточных (1-й столбец) и месячных (2-й столбец) данных температуры точки росы ERA5 и наземных наблюдений (Республика Каракалпакстан)

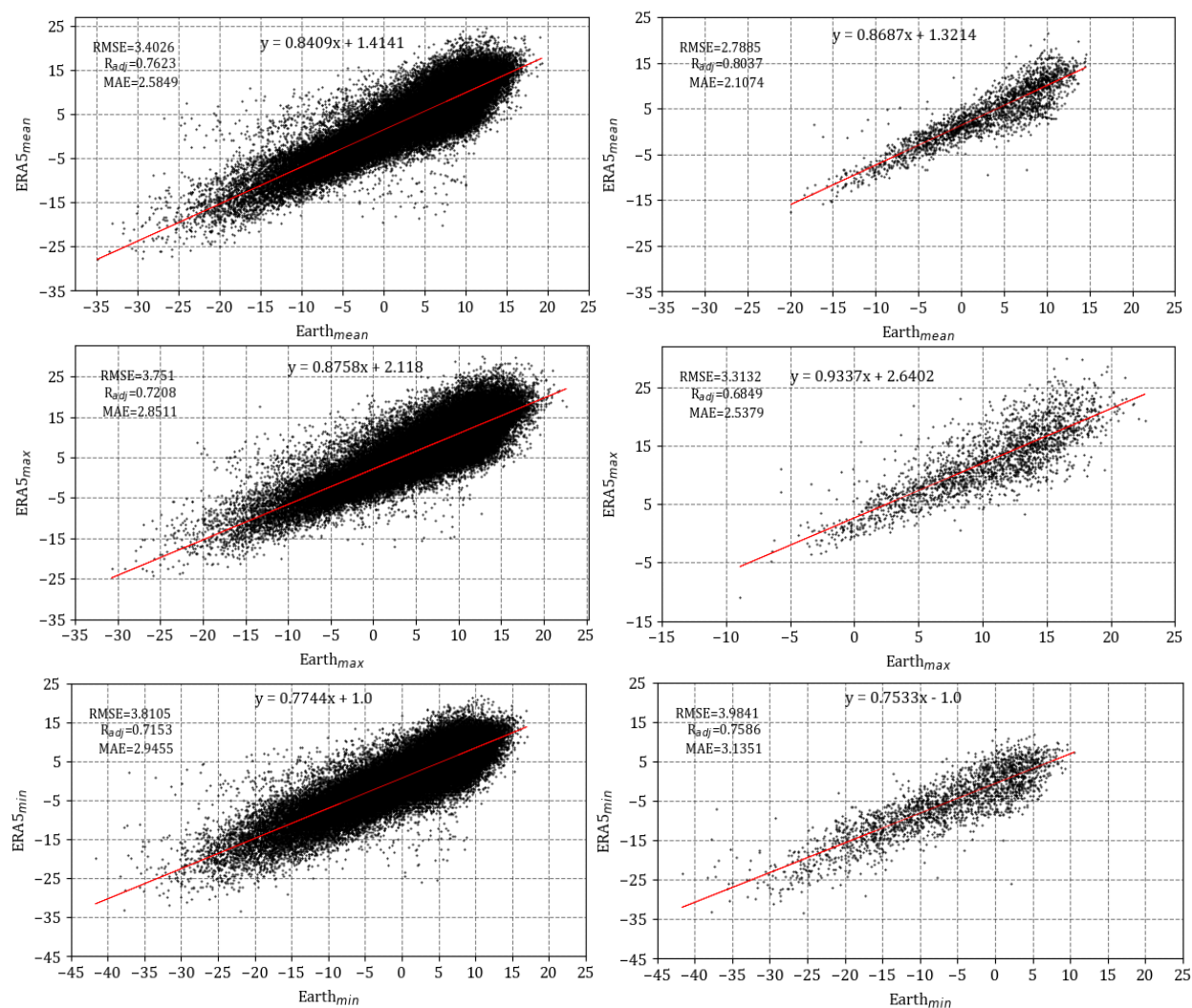
Fig. 2. Comparison graphs of daily (1st column) and monthly (2st column) dew point temperature data from ERA5 and surface observations (Republic of Karakalpakstan)



3-расм. ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича шудринг нуқтаси ҳароратининг кунлик (биринчи устун) ва ойлик (иккинчи устун) маълумотларини қиёслаш графиклари (Жиззах вилояти)

Рис. 3. Графики сравнения суточных (1-й столбец) и месячных (2-й столбец) данных температуры точки росы ERA5 и наземных наблюдений (Джизакский вилоят)

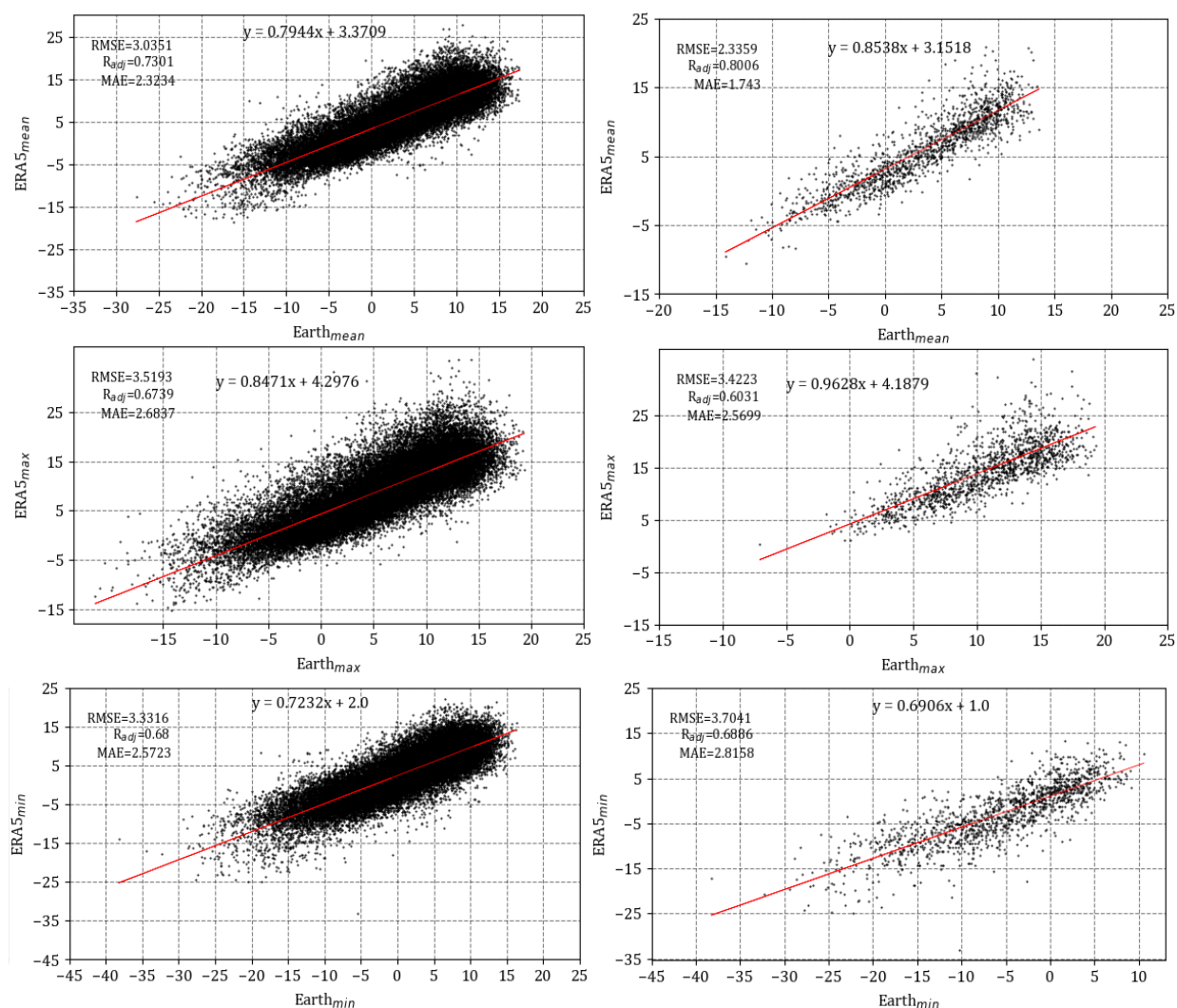
Fig. 3. Comparison graphs of daily (1st column) and monthly (2st column) dew point temperature data from ERA5 and surface observations (Jizzakh Region)



4-расм. ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича шудринг нуқтаси ҳароратининг кунлик (биринчи устун) ва ойлик (иккинчи устун) маълумотларини қиёслаш графиклари (Қашқадарё вилояти)

Рис. 4. Графики сравнения суточных (1-й столбец) и месячных (2-й столбец) данных температуры точки росы ERA5 и наземных наблюдений (Қашқадарьинский вилоят)

Fig. 4. Comparison graphs of daily (1st column) and monthly (2st column) dew point temperature data from ERA5 and surface observations (Kashkadarya Region)



5-расм. ERA5 ва ер усти кузатувлари бўйича шудринг нуқтаси ҳароратининг кунлик (биринчи устун) ва ойлик (иккинчи устун) маълумотларини қиёслаш графиклари (Сурхондарё вилояти)

Рис. 5. Графики сравнения суточных (1-й столбец) и месячных (2-й столбец) данных температуры точки росы ERA5 и наземных наблюдений (Сурхандарьинский вилоят)

Fig. 5. Comparison graphs of daily (1st column) and monthly (2st column) dew point temperature data from ERA5 and surface observations (Surkhandarya Region)

УДК 630:551.58+633.18

**ВЕГЕТАЦИЯ ДАВРИДА ИССИҚЛИК ТАЪМИНОТИНИ БАҲОЛАШ
(КУЗГИ БУҒДОЙ ЎСИМЛИГИ МИСОЛИДА)****Г.Х. ХОЛБАЕВ^{1*}, Х.Т. ЭГАМБЕРДИЕВ¹, Д.Р. ЭШМИРЗАЕВ¹, Қ.М. МАХМУДОВ¹**¹ Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, khgulmon@mail.ru

Аннотация: Ўзбекистоннинг суғориладиган ҳудудларида самарали ҳаво ва тупроқ ҳароратлари йиғиндилари кузги буғдой экиннинг вегетация (экиш-тупланиши) даври учун нотекис даражада таъминланган. Қишки тиним давридаги ҳароратлар йиғиндиси Қорақалпоғистон Республикаси ва Андижон вилоятида ўсимликнинг қишлаши, яъни генератив-репродуктив (тупланиш-тўлиқ тишиши) даври учун етарли, Қашқадарё ва Самарқанд вилоятларида эса бундай имконият етарли эмас. Базавий иқлимий давр (1961-1990 йй.)га нисбатан жорий иқлимий давр (1991-2020 йй.)да самарали ҳароратлар йиғиндисининг ошганлиги сабабли кузги буғдой вегетация даврининг узайиши кузатилади. Бу эса ҳудудларда буғдой экиш даврини ҳамда агротехник тадбирларни олиб бориши муддатларини қайта кўриб чиқишни тақозо этади. Ушбу маълумотлардан қишлоқ хўжалигида вегетация даврининг иссиқлик таъминотини баҳолашда фойдаланиши мумкин.

Калит сўзлар: ҳудуд, минтақа, куз, қиш, баҳор, буғдой, вегетация, ҳарорат, иссиқлик таъминоти.

Кириш. Ўзбекистонда аҳоли сонининг ўсиб боришини инобатга олган ҳолда келажакда буғдой ҳосилдорлигини ошириш зарур. Маълумки қишлоқ хўжалиги экинларининг ривожланишида ташқи муҳит омиллари муҳим роль ўйнайди. Шу сабабли, республикада қишлоқ хўжалигида суғориладиган ерлардан самарали фойдаланиш, тупроқ унумдорлигини ошириш, ҳар бир жойнинг табиий шароитини ҳисобга олиб қишлоқ хўжалик экинларини жойлаштириш каби масалалар долзарб вазифалардан ҳисобланади. Мазкур нуқтаи назардан экинларнинг ривожланиш давлари бўйича иссиқлик таъминотини ҳисобга олиш муҳим аҳамият касб этади.

Буғдой энг кўп тарқалган асосий донли экинлардан бири ҳисобланади. Дунё аҳолисининг ярмидан кўпроғи озиқ-овқат сифатида буғдой нонидан фойдаланади. Буғдой нонининг таркибида оқсил ва крахмал кўп. Таркибида оқсил моддалар, асосан, клейковина бўлганлиги учун унинг ундан сифатли нон тайёрланади [Абдуллаев ва бошқ., 2005; Группер, 2009; Курбанов ва бошқ., 1999; Моисейчик, 1975; Холбаев ва бошқ., 2020, 2022, 2023; Холбаев, Эгамбердиев, 2023].

Қишлоқ хўжалиги экинлари (ғўза, донли экинлар) ўсиш ва ривожланиш жараёнида тупроқ-иқлим шароити ва атроф-муҳитнинг бошқа турли омиллари таъсирида бўлади. Улардан асосийлари – ҳаво ҳарорати, ёғингарчилик ва радиация ҳисобланади. Уларнинг экстремал қийматлари экинларнинг ривожланиш даврида салбий таъсир кўрсатиб, максимал ҳосил олиш имкониятини пасайтиради.

Ўсимликка юқорида санаб ўтилган омиллар қандай таъсир кўрсатишини атрофлича ўрганиб, ҳар бир ҳудудда экишни оптимал таъминланганлик муддатини аниқлаш зарур бўлади. Ушбу омиллардан самарали фойдаланиш учун энг аввало экиш муддатларига алоҳида эътибор қаратиш керак. Ҳаво ва тупроқ ҳарорати ҳамда куёш радиациясининг турли давларда ўзгаришини ўрганишга қаратилган тадқиқотлар хорижда ва Ўзбекистонда бир қатор олимлар томонидан амалга оширилган [Bannani et al., 2006;

* Масъул муаллиф: khgulmon@mail.ru, тел.: +998 90 178-65-07

Kousari, Zarch, 2011; Akdi, Ünlü, 2021; Арипджанова ва бошқ., 2021; Бабушкин ва бошқ., 1985; Группер, 1998; Моисейчик, 1975; Муминов, Абдуллаев, 1997; Kholbaev, Abdullaev, 2020; Kholbaev, Khodjaeva, 2020; Kholbaev et al., 2022, 2023]. Юқорида келтирилган тадқиқотлар ҳаво ва тупроқ ҳарорати, куёш радиацияси, самарали ҳароратлар йиғиндиси йўналишида амалга оширилган бўлиб, уларнинг таҳлиллари асосида олинган илмий-амалий хулосалар шу тадқиқотлар доирасига мос бўлган.

Кўпчилик олимларнинг маълумотларига қараганда, вегетация даврида ҳарорат кенг диапазонларда ўзгариши мумкин. Униб чиқиш, ҳаттоки $1,0^{\circ}\text{C}$ да ҳам бошланиши мумкин, лекин энг мақбул даража $25-28,0^{\circ}\text{C}$ ҳисобланади, энг юқори ҳарорат эса $30,0^{\circ}\text{C}$. Сувнинг тақчил бўлиши ва ҳароратнинг пасайиши уруғнинг униб чиқишини тўхтатиш мумкин. $19,0^{\circ}\text{C}$ да уруғнинг униб чиқиши 1-3 кунда, $15,8^{\circ}\text{C}$ да 2 кун, $10,2^{\circ}\text{C}$ да 3 кун, $4,4^{\circ}\text{C}$ да эса 6 кунда кузатилади [Группер, 1998; Қурбонов, Умарова, 1999; Моисейчик, 1975].

Илмий маълумотлар бўйича амал даврида кузги буғдой $1800-2100^{\circ}\text{C}$, баҳорги буғдой эса $1100-1300^{\circ}\text{C}$ ҳарорат қабул қилади [Группер, 1998; Қурбонов, Умарова, 1999; Моисейчик, 1975]. Қишга тайёрланиш даврида имкон қадар кундузги ҳаво ҳарорати $10-12^{\circ}\text{C}$, кечаси 0°C дан паст бўлмаслиги мақбул ҳисобланади. Баҳорда буғдой яхши ўсади ва $12-15^{\circ}\text{C}$ да амал қилади. Найчалаш даврида $15-16^{\circ}\text{C}$ талаб қилинади. Бошоқлаш ва гуллаш даврида $18-20^{\circ}\text{C}$ ҳарорат етарли бўлади. Буғдой $40-42^{\circ}\text{C}$ гача чидайди ва бу шароитларда қоникарли равишда чангланади. Пишиш даврида мақбул ҳарорат $22-30^{\circ}\text{C}$ ҳисобланади. Кузги буғдой совуққа чидамли бўлиб, қорнинг қалинлиги 20 см бўлганда қарийб -30°C гача совуққа ҳам чидамли бўлади. Ўзбекистонда қор қалинлиги доимо етарли эмас, шунинг учун буғдой -10°C совуққа чидайди. Лекин, гуллаш ва донининг тўлишиши даврида -1°C совуқ бўлса ҳам шикастланади.

Қишлоқ хўжалиги экинларини етиштириш имконияти турли тупроқ-иқлим шароитида ҳудуднинг иссиқлик ресурсларига боғлиқ. Экинларнинг иссиқлик билан таъминланганлиги 80-90 фоиз бўлса яхши, 50-70 фоиз қоникарли (термик ресурсларни яхшилаш бўйича тадбирлар зарур), 50 фоиздан кам бўлганда етиштириш мақсадга мувофиқ эмас [Синицина ва бошқ., 1973].

Ўзбекистон бўйича кузги буғдой вегетация даври учун ҳисобланган термик ресурслар фотосинетик фаол радиация (ФФР) бўйича 100 фоиз таъминланган, лекин ҳудудлар бўйича экинлар ФФРнинг 30-60 фоизидан фойдаланади. Бироқ, кузги буғдой учун ҳарорат йиғиндиси ривожланиш фазалари бўйича тадқиқ этилмаган ва термик ресурслардан фойдаланиш имкониятлари баҳоланмаган [Лавронов, Черный, 1969].

Республика вилоятларининг иссиқлик таъминотини ўрганиш бўйича бир қатор олимлар томонидан ғўза, лалмикор ерлардаги кузги буғдой, шоли ва бошқа экинлар бўйича тадқиқот ишлари олиб борилган [Абдуллаев ва бошқ., 2005; Группер, 1998; Муминов, Абдуллаев, 1997]. Бироқ, суғориладиган ҳудудларда етиштирилаётган кузги буғдой экинлари учун иссиқлик таъминоти ўрганилмаган. Иқлим ўзгаришларини эътиборга олган ҳолда сўнгги йилларда суғориладиган ҳудудларда кузги буғдой етиштиришда иссиқлик таъминотини ўрганиш долзарб ҳисобланади.

Ишнинг мақсади суғориладиган ҳудудларда жойлашган метеорология станциялари маълумотлари асосида 1991-2000 йй., 2001-2010 йй., 2011-2020 йй. да самарали ҳароратлар йиғиндисини ҳисоблаш ва даврлар орасидаги ўзгаришларни қиёслашдан иборат.

Ушбу мақсадни амалга ошириш учун қуйидаги **вазифалар** қўйилган: статистик таҳлиллар асосида самарали ҳароратлар йиғиндисининг турли даврлардаги ўзгаришини аниқлаш; вилоятлар суғориладиган ҳудудларининг иссиқлик таъминотини баҳолаш.

Тадқиқот объекти сифатида Қорақалпоғистон Республикаси, Қашқадарё, Самарқанд ва Андижон вилоятларининг суғориладиган ҳудудлари танланган.

Ушбу ҳудудлардаги метеорология станциялари маълумотлари бўйича вегетация давридаги самарали ҳароратлар йиғиндиси тадқиқотнинг **предметини** ташкил этади.

Бошланғич маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Ишда йўриқномага мувофиқ олиб борилган ва Ўзгидромет фондида ТМ-1 жадвалларида сақланаётган 1991-2020 йиллар даври учун ўртача ҳаво ҳарорати тўғрисидаги маълумотлардан фойдаланилди [Гидрометеорологик..., 2009].

Қорақалпоғистон Республикаси, Қашқадарё, Самарқанд ва Андижон вилоятларида жойлашган станцияларнинг денгиз сатҳига нисбатан баландлиги қуйидагича: I-минтақа – 59,7-113,8 м, II-минтақа – 311,2-840,0 м, III-минтақа – 196,8-736,9 м, IV-минтақа – 399,2-751,1 м.

1-жадвал

Турли минтақалардаги вилоятлар

Таблица 1

Вилояты различных регионов

Table 1

Provinces in different regions

Минтақалар			
I	II	III	IV
Республика, вилоятлар			
Қорақалпоғистон Республикаси, Хоразм вилояти	Қашқадарё, Сурхондарё вилоятлари	Бухоро, Навоий, Самарқанд, Жиззах, Сирдарё, Тошкент вилоятлари	Андижон, Наманган, Фарғона вилоятлари

Тадқиқот услубияти. Ишни бажаришда метеорологик ҳисоблашлар, географик умумлаштириш, математик статистика, график, корреляцион боғланишларни статистик баҳолаш, регрессион таҳлил усулларида ва уларни қайта ишлашда эса замонавий компьютер технологияларидан фойдаланилди [Уланова ва бошқ., 1990; Абдуллаев ва бошқ., 2009; Руководящие..., 2017].

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Маълумки, кузги буғдой ўсимлиги учун ўртача ҳаво ҳарорати 3°C дан юқори бўлганда ривожланиш бошланади [Группер, 1998; Қурбонов, Умарова, 1999; Моисейчик, 1975]. Шунга мувофиқ, вегетация даврида иссиқлик таъминотини баҳолаш учун самарали ҳаво ҳароратлари йиғиндисидан фойдаланилади. 1-4-расмларда кузги буғдой вегетация даврида 3°C дан юқори самарали ҳароратлар йиғиндиси келтирилган. Уларда x ўқида келтирилган рақамлар бешкунликларни 2-жадвалда келтирилган тартибда билдиради.

Қорақалпоғистон Республикасида кузги буғдой вегетация даврида (сентябр-июнь ойлари) 3°C дан юқори самарали ҳаво ҳарорати йиғиндиси ўн йилликлар бўйича қуйидаги ораликда ўзгаради: 94-2462°C (1991-2000 йй.), 102-2713°C (2001-2010 йй.), 98-2678°C (2011-2020 йй.) (1-расм). 1991-2000 йй. ўн йилликда ноябрь ойининг учинчи бешкунлигидан март ойининг иккинчи бешкунлигигача, 2001-2010 йй. ўн йилликда ноябрь ойининг олтинчи бешкунлигидан март ойининг биринчи бешкунлигигача, 2011-2020 йй. ўн йилликда ноябрь ойининг учинчи бешкунлигидан март ойининг биринчи бешкунлигигача самарали ҳароратлар тўпланмаган. 1991-2000 йй. даврда сентябрь ойдан тиним давригача 95-811°C, вегетациянинг қайта тикланишидан июль

ойигача 2-1651°C, 2001-2010 йй. даврда сентябрь ойидан тиним давригача 102-878°C, вегетациянинг қайта тикланишидан июль ойигача 13-1835°C, 2011-2020 йй. даврда сентябрь ойидан тиним давригача 98-806°C, вегетациянинг қайта тикланишидан июль ойигача 6-1872°C тўпланган. Ўн йилликлар бўйича вегетация даврида тўпланган умумий самарали ҳаво ҳароратлари йиғиндиси 1991-2000 йй. да 2462°C, 2001-2010 йй. да 2713°C, 2011-2020 йй. да 2678°C ни ташкил этган. Таҳлил этилаётган даврлар орасида энг кўп самарали ҳароратлар йиғиндиси 2001-2010 йй. да кузатилган.

2-жадвал

Бешкунликлар ва уларга мос келувчи саналар

Таблица 2

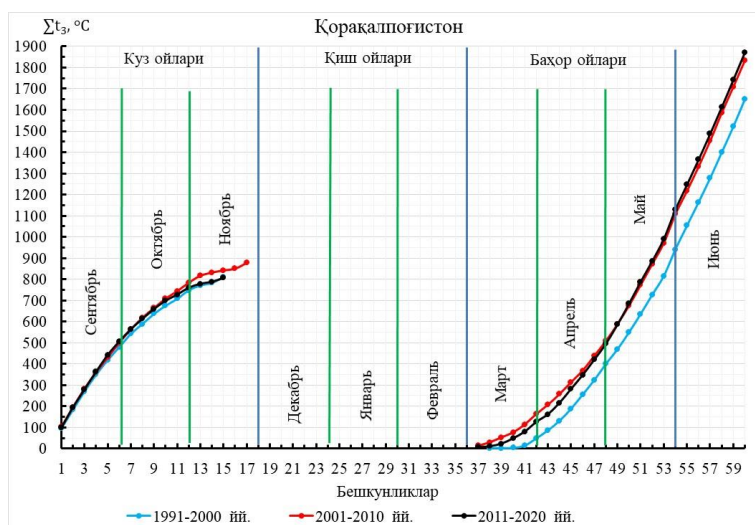
Пентады и соответствующие им даты

Table 2

Pentads and their corresponding dates

Ой	Беш-кунликлар	Саналар	Ой	Беш-кунликлар	Саналар	Ой	Беш-кунликлар	Саналар	Ой	Беш-кунликлар	Саналар	Ой	Беш-кунликлар	Саналар
Сентябрь	1	1-5	Октябрь	7	1-5	Ноябрь	13	1-5	Декабрь	19	1-5	Январь	25	1-5
	2	6-10		8	6-10		14	6-10		20	6-10		26	6-10
	3	11-15		9	11-15		15	11-15		21	11-15		27	11-15
	4	16-20		10	16-20		16	16-20		22	16-20		28	16-20
	5	17-25		11	17-25		17	17-25		23	17-25		29	17-25
	6	25-30		12	25-31		18	25-30		24	25-31		30	25-31
Февраль	31	1-5	Март	37	1-5	Апрель	43	1-5	Май	49	1-5	Июнь	55	1-5
	32	6-10		38	6-10		44	6-10		50	6-10		56	6-10
	33	11-15		39	11-15		45	11-15		51	11-15		57	11-15
	34	16-20		40	16-20		46	16-20		52	16-20		58	16-20
	35	17-25		41	17-25		47	17-25		53	17-25		59	17-25
	36	25-28		42	25-31		48	25-30		54	25-31		60	25-30

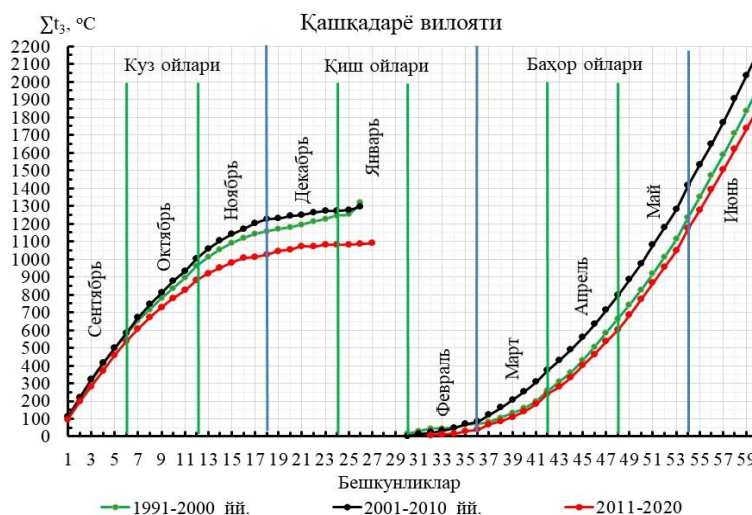
2-расмдан кўриниб турибдики, республиканинг жанубий вилоятида (Қашқадарё) 2011-2020 йилларда самарали ҳароратлар январь ойининг бешинчи бешкунлигида тўпланмаган, 1991-2000 йй. ва 2001-2010 йй. ўн йилликларда эса январь ойининг учинчи бешкунлигидан январь ойининг олтинчи бешкунлигигача, 1991-2000 йй. даврда сентябрь ойидан тиним давригача 110-1317°C, вегетациянинг қайта тикланишидан июль ойигача 15-1970°C, 2001-2010 йй. даврда сентябрь ойидан тиним давригача 112-1297°C, вегетациянинг қайта тикланишидан июль ойигача 4-1416°C, 2011-2020 йй. даврда сентябрь ойидан тиним давригача 98-1090°C, вегетациянинг қайта тикланишидан июль ойигача 6-1856°C тўпланган. Сентябрь-июнь ойларида 3°C дан юқори самарали ҳаво ҳарорати йиғиндиси ўнйилликлар бўйича қуйидаги ораликда ўзгаради: 110-3287°C (1991-2000 йй.), 112-3587°C (2001-2010 йй.), 116-2946°C (2011-2020 йй.). Умуман ўн йилликлар бўйича вегетация даврида тўпланган самарали ҳаво ҳароратлари йиғиндиси 3287°C (1991-2000 йй.), 3467°C (2001-2010 йй.), 2946°C (2011-2020 йй.) ни ташкил этган. Энг кўп самарали ҳароратлар йиғиндиси 2001-2010 йй. да тўпланган.



1-расм. Бешкунликлар бўйича Қорақалпоғистон Республикасида 3°C дан юқори самарали хароратлар йиғиндисининг 1991-2000 йй., 2001-2010 йй. ва 2011-2020 йиллардаги ўзгариши

Рис. 1. Изменение сумм эффективных температур выше 3°C за периоды 1991-2000 гг., 2001-2010 гг. и 2011-2020 гг. по пентадам в Республике Каракалпакстан

Fig. 1. Changes in the sum of effective temperatures above 3°C in the Republic of Karakalpakstan according to the pentades in periods 1991-2000, 2001-2010, and 2011-2020

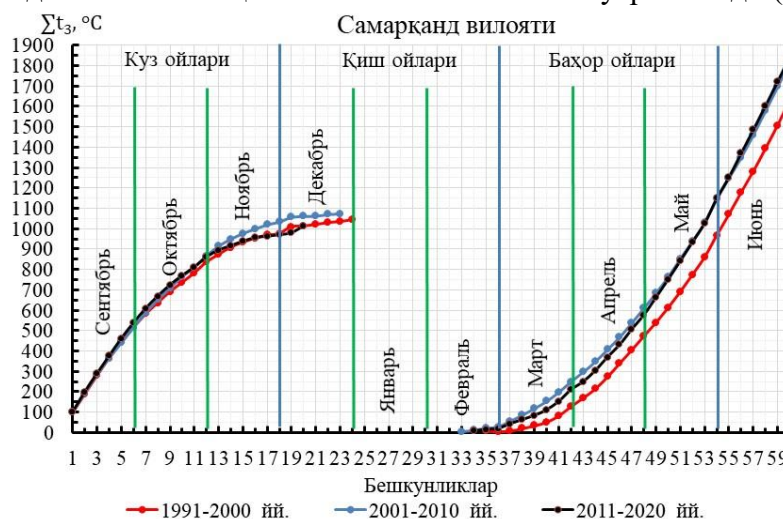


2-расм. Бешкунликлар бўйича Қашқадарё вилоятида 3°C дан юқори самарали хароратлар йиғиндисининг 1991-2000 йй., 2001-2010 йй. ва 2011-2020 йиллардаги ўзгариши

Рис. 2. Изменение сумм эффективных температур выше 3°C за периоды 1991-2000 гг., 2001-2010 гг. и 2011-2020 гг. по пентадам в Кашкадаринском вилояте

Fig. 2. Changes in the sum of effective temperatures above 3°C in Kashkadaria Region according to the pentades in periods 1991-2000, 2001-2010, and 2011-2020

Самарқанд вилоятида 1991-2000 йй. ўн йилликда январь ойининг биринчи бешкунлигидан февраль ойининг бешинчи бешкунлигигача, 2001-2010 йй. ўнйилликда декабрь ойининг олтинчи бешкунлигидан феврал ойининг учинчи бешкунлигигача, 2011-2020 йй. ўнйилликда декабрь ойининг учинчи бешкунлигидан февраль ойининг бешинчи бешкунлигигача самарали ҳароратлар тўпланмаган. Сентябрь ойидан тиним давригача 1991-2000 йй. даврда – 98-1041°C, 2001-2010 йй. – 100-1074°C, 2011-2020 йй. – 99-1014°C ни, вегетациянинг қайта тикланишидан июль ойигача 1991-2000 йй. – 8-1888°C, 2001-2010 йй. – 5-1815°C, 2011-2020 йй. – 7-1842°C тўпланган. Кузги буғдой вегетация даврида (сентябр-июнь ойлари) 3°C дан юқори самарали ҳаво ҳарорати йиғиндиси ўнйилликлар бўйича 98-2929°C (1991-2000 йй.), 100-2889°C (2001-2010 йй.), 99-2856°C (2011-2020 йй.) ораликда ўзгаради. Умуман Самарқанд вилоятида ўнйилликлар бўйича вегетация даврида тўпланган самарали ҳаво ҳароратлари йиғиндиси 1991-2000 йй. да 2925°C, 2001-2010 йй. да 2889°C, 2011-2020 йй. да 2856°C. ни ташкил этган. Самарали ҳароратлар йиғиндиси энг катта қиймати 1991-2000 йй. га тўғри келади (3-расм).



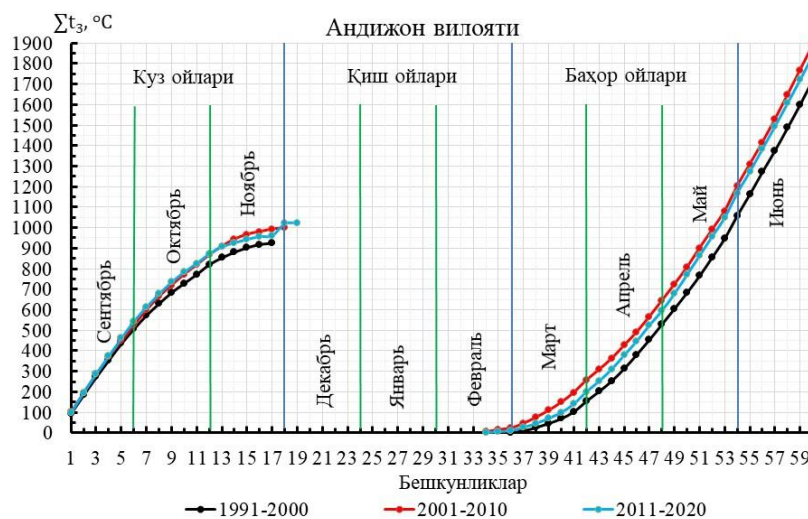
3-расм. Бешкунликлар бўйича Самарқанд вилоятида 3°C дан юқори самарали ҳароратлар йиғиндисининг 1991-2000 йй., 2001-2010 йй. ва 2011-2020 йиллардаги ўзгариши

Рис. 3. Изменение сумм эффективных температур выше 3°C за периоды 1991-2000 гг., 2001-2010 гг. и 2011-2020 гг. по пентадам в Самаркандском вилояте

Fig. 3. Changes in the sum of effective temperatures above 3°C in Samarkand Region according to the pentades in periods 1991-2000, 2001-2010, and 2011-2020

Андижон вилоятида ўн йилликлар бўйича самарали ҳаво ҳароратлари йиғиндиси 1991-2000 йй. да 2644°C, 2001-2010 йй. да 2887°C, 2011-2020 йй. да 2860°C ни ташкил этган. Таҳлил этилаётган даврлар орасида энг кўп самарали ҳароратлар йиғиндиси 2001-2010 йй. да тўпланган (4-расм). Кузги буғдой вегетация даврида (сентябр-июнь ойлари) 3°C дан юқори самарали ҳаво ҳарорати йиғиндиси ўнйилликлар бўйича қуйидаги ораликда ўзгаради: 96-2644°C (1991-2000 йй.), 101-2887°C (2001-2010 йй.), 99-2860°C (2011-2020 йй.). Умуман, 1991-2000 йй. ўнйилликда ноябрь ойининг олтинчи бешкунлигидан февраль ойининг олтинчи бешкунлигигача, 2001-2010 йй. ўнйилликда декабрь ойининг биринчи бешкунлигидан феврал ойининг тўртинчи бешкунлигигача, 2011-2020 йй. ўнйилликда декабрь ойининг иккинчи бешкунлигидан февраль ойининг

тўртинчи бешкунлигигача самарали ҳароратлар тўпланмаган. 1991-2000 йй. даврда сентябрь ойдан тиним давригача 96-925°C, вегетациянинг қайта тикланишидан июль ойигача 2-1719°C, 2001-2010 йй. даврда сентябрь ойдан тиним давригача 101-999°C, вегетациянинг қайта тикланишидан июль ойигача 4-1888°C, 2011-2020 йй. даврда сентябрь ойдан тиним давригача 99-1023°C, вегетациянинг қайта тикланишидан июль ойигача 2-1837°C тўпланган.



4-расм. Бешкунликлар бўйича Андижон вилоятида 3°C дан юқори самарали ҳароратлар йиғиндисининг 1991-2000 йй., 2001-2010 йй. ва 2011-2020 йиллардаги ўзгариши

Рис. 4. Изменение сумм эффективных температур выше 3°C за периоды 1991-2000 гг., 2001-2010 гг. и 2011-2020 гг. по пентадам в Андижанском вилояте

Fig. 4. Changes in the sum of effective temperatures above 3°C in Andijan Region according to the pentades in periods 1991-2000, 2001-2010, and 2011-2020

3-жадвалда Қорақалпоғистон Республикаси, Қашқадарё, Самарқанд ва Андижон вилоятларида бешкунликлар бўйича 3°C юқори самарали ҳаво (t_x) ва тупроқ юзаси ($t_{\text{тл}}$) ҳароратлари йиғиндисининг ($\sum t_{\text{схй}}$, °C) ўртача кўп йиллик қийматлари келтирилган. Қорақалпоғистон Республикасида сентябрь ойдан июль ойигача 3°C дан юқори самарали ҳаво ҳарорати йиғиндиси 2551°C, самарали тупроқ юзаси ҳарорати 3236°C, Қашқадарё вилоятида сентябрь ойдан июль ойигача 3°C дан юқори самарали ҳаво ҳарорати йиғиндиси 3336°C, самарали тупроқ юзаси ҳарорати 3936°C, Самарқанд вилоятида сентябрь ойдан июль ойигача 3°C дан юқори самарали ҳаво ҳарорати йиғиндиси 2756°C, самарали тупроқ юзаси ҳарорати 3386°C, Андижон вилоятида сентябрь ойдан июль ойигача 3°C дан юқори самарали ҳаво ҳарорати йиғиндиси 2773°C, самарали тупроқ юзаси ҳарорати 3545°C ни ташкил этган.

Қорақалпоғистон Республикасида кузги тиним даври ҳавода ноябрь ойининг тўртинчи бешкунлигидан март ойининг иккинчи бешкунлигигача, тупроқ юзасида ноябрь ойининг тўртинчи бешкунлигидан март ойининг биринчи бешкунлигигача, Қашқадарё вилоятида ҳавода январь ойининг учинчи бешкунлигидан шу ойининг олтинчи бешкунлигигача, тупроқ юзасида январь ойининг биринчи бешкунлигидан шу ойининг олтинчи бешкунлигигача, Самарқанд вилоятида кузги тиним даври ҳавода декабрь ойининг

олтинчи беш кунлигидан февраль ойининг бешинчи бешкунлигача, тупроқ юзасида декабрь ойининг олтинчи бешкунлигидан февраль ойининг бешинчи бешкунлигача, Андижон вилоятида кузги тиним даври ҳаво ва тупроқ юзасида декабрь ойининг биринчи бешкунлигидан февраль ойининг бешинчи бешкунлигача давом этган.

3-жадвал

Қорақалпоғистон Республикаси, Қашқадарё, Самарқанд ва Андижон вилоятларида бешкунликлар бўйича 3°C юқори самарали ҳаво (t_x) ва тупроқ юзаси ($t_{гю}$) ҳароратлари йиғиндисининг ($\sum t_{схй}$, °C) ўртача кўпйиллик қийматлари

Таблица 3

Многолетние значения суммы эффективных температур воздуха (t_v) и поверхности почвы ($t_{пн}$) выше 3°C по пентадам в Республике Каракалпакстан, Кашкадарьинском, Самаркандском и Андижанском вилояттах

Table 3

Average multiplicity values of the sum ($\sum t_{set}$, °C) of 3°C highly effective air (t_{air}) and soil surface (t_{ss}) temperatures in Republic of Karakalpakstan, Kashkadarya, Samarkand and and Andijan Regions for five days

Ойлар	Бешкунликлар	Вилоятлар							
		Қорақалпоғистон		Қашқадарё		Самарқанд		Андижон	
		t_x	$t_{гю}$	t_x	$t_{гю}$	t_x	$t_{гю}$	t_x	$t_{гю}$
IX	1	98	122	111	137	99	126	99	130
	2	92	115	108	132	95	121	94	124
	3	86	108	102	125	90	113	89	116
	4	79	100	95	116	84	106	85	109
	5	72	90	90	110	79	99	81	103
	6	65	81	85	102	74	90	77	96
X	1	61	75	81	97	70	85	70	85
	2	50	63	69	84	60	72	62	75
	3	46	57	66	77	55	65	56	66
	4	40	48	61	70	50	56	49	56
	5	32	40	56	63	45	50	44	49
	6	35	42	66	71	53	56	48	52
XI	1	24	29	51	53	40	40	36	39
	2	12	16	41	42	31	29	27	29
	3	4	8	36	36	25	23	21	20
	4			29	28	20	16	14	13
	5			23	21	15	10	8	8
	6			18	15	10	5	1	0
XII	1			12	10	2			
	2			11	7	3			
	3			8	4	0			
	4			10	6	0			
	5			11	6	1			
	6			7	1				
I	1			5	0				
	2			3					
	3								
	4								

3-жадвалнинг давоми

	5								
	6			10	6				
II	1			9	6				
	2			9	7				
	3			6	7				
	4			12	12	0	0		
	5			18	19	9	10	4	6
	6			11	13	6	8	5	7
III	1		6	27	29	17	20	16	21
	2	5	12	30	33	21	25	23	29
	3	7	16	34	38	23	27	26	33
	4	15	24	36	42	26	32	30	38
	5	27	36	47	52	39	43	41	50
	6	39	51	49	69	51	58	57	70
IV	1	38	50	52	61	43	52	50	62
	2	50	63	60	69	50	60	54	68
	3	60	74	70	82	61	73	65	80
	4	62	77	74	88	62	77	67	87
	5	70	85	81	97	71	88	74	95
	6	73	92	81	98	70	88	75	98
V	1	80	99	88	106	75	96	79	103
	2	88	109	91	111	79	102	84	110
	3	95	118	99	122	86	109	90	118
	4	95	121	100	125	87	111	91	120
	5	97	125	102	128	90	118	92	123
	6	130	165	131	164	114	151	117	158
VI	1	113	143	118	145	103	134	105	139
	2	113	144	120	150	107	141	108	144
	3	118	150	122	153	110	143	109	145
	4	126	159	129	161	115	151	114	155
	5	124	158	131	163	118	152	116	155
	6	128	163	133	167	119	157	119	159
ЖАМИ:		2551	3236	3336	3936	2756	3386	2773	3545

Изоҳ: 1 – биринчи бешкунлик (1-5 сана), 2 – иккинчи бешкунлик (6-10 сана), 3 – учинчи бешкунлик (11-15 сана), 4 – тўртинчи бешкунлик (16-20 сана), 5 – бешинчи бешкунлик (21-25 сана), 6 – олтинчи бешкунлик (26-30(31) сана).

Примечание: 1 – первая пентада (1-5 числа), 2 – вторая пентада (6-10 числа), 3 – третья пентада (11-15 числа), 4 – четвертая пентада (16-20 числа), 5 – пятая пентада (21-25 числа), 6 – шестая пентада (26-30(31) числа).

Note: 1 – first pentad (1-5 days), 2 – second pentad (6-10 days), 3 – third pentad (11-15 days), 4 – fourth pentad (16-20 days), 5 – fifth pentad (21-25 days), 6 – sixth pentad (26-30(31) days).

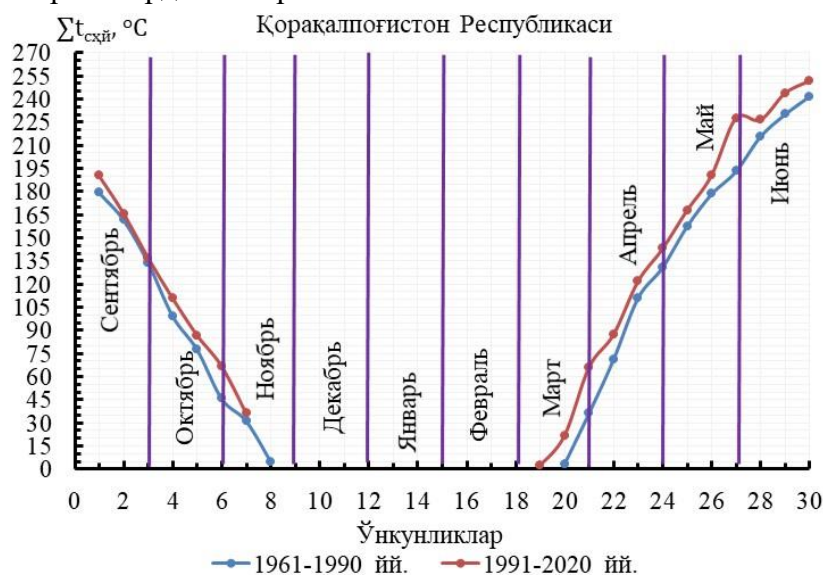
Ер шари иқлими асрлар мобайнида ўзгариб турган. Бундай ўзгаришлар жараёни натижасида бирор географик районнинг иқлими совуқроқ ёки иссиқроқ, намлиги кўпроқ ёки қуруқ бўлиб ўзгарган.

Иқлим парвариш қилинаётган қишлоқ хўжалик экинлари ва чорвачилик маҳсулдорлигини муайян даражада аниқлайди. Шунинг учун ҳудудларнинг иқлимий имкониятларидан тўғри фойдаланиш мақсадида даставвал иқлимни ўрганиш зарур, унинг

қишлоқ хўжалигидаги аҳамиятини аниқлаш ва ноқулай об-ҳаво шароитларидан зарар кўришини камайтириш усуллари билиш керак.

Жаҳон метеорология ташкилотининг иқлимий амалиёт бўйича раҳбар ҳужжати тавсияномасига мувофиқ йиллар бўйича ўртачалашнинг 80% дан кам бўлмаган маълумотлари мавжуд бўлганда иқлимий стандарт меъёри ёки таянч меъёрни ҳисоблаш лозим [Руководящие, 2017].

3°C дан юқори самарали ҳароратларнинг ўнқунликлар бўйича йиғиндисининг жорий иқлимий давр (1991-2020 йй.)да базавий давр (1961-1990 йй.)га нисбатан ўзгаришлари 6-10-расмларда келтирилган.



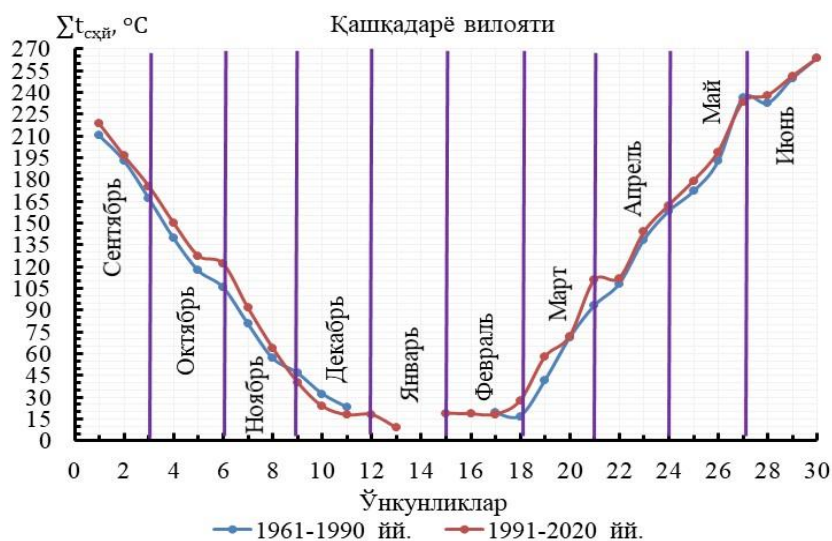
6-расм. Қорақалпоғистон Республикасида ўнқунликлар бўйича 3°C дан юқори самарали ҳароратлар йиғиндисининг базавий (1961-1990 йй.) ва жорий (1991-2020 йй.) иқлимий даврлардаги ўзгаришлари

Рис. 6. Изменение сумм эффективных температур выше 3°C в базовом климатическом периоде (1961-1990 гг.) и текущем климатическом периоде (1991-2020 гг.) в Республике Каракалпакстан

Fig. 6. Changes of sums of effective temperatures above 3°C in decades in the current (1991-2020) and base (1961-1990) climatic periods in Republic of Karakalpakstan

Қорақалпоғистон Республикасида базавий иқлимий даврга нисбатан жорий иқлимий даврда самарали ҳароратлар йиғиндисини сентябрь ойидан ноябрь ойининг биринчи ўнқунлигигача ошиши, ноябрь ойининг учинчи ўнқунлигидан камайиши, вегетациянинг қайта тикланиш даври март ойининг биринчи ўнқунлигидан бошланиб, июнь ойига ошиши кузатирилган (6-расм). Жорий иқлимий даврда ҳароратнинг вегетация даврининг тезлашишига олиб келган.

7-расмдан кўриниб турибдики, Қашқадарё вилоятида базавий иқлимий даврга нисбатан жорий иқлимий даврда самарали ҳароратлар йиғиндисини сентябрь ойи учинчи ўнқунлигидан ноябрь ойининг иккинчи ўнқунлигигача ошган бўлса, ноябрь ойининг учинчи ўнқунлигидан январь ойининг биринчи ўнқунлигигача камайиши, вегетациянинг қайта тикланиш даври январь ойининг учинчи ўнқунлигидан бошланиб, ҳарорат йиғиндисини март ойининг учинчи ўнқунлигигача сезиларли ошиши кузатирилган.



7-расм. Қашқадарё вилоятида ўнкунликлар бўйича 3°C дан юқори самарали ҳароратлар йиғиндисининг базавий (1961-1990 йй.) ва жорий (1991-2020 йй.) иқлимий даврлардаги ўзгаришлари

Рис. 7. Изменение сумм эффективных температур выше 3°C в базовом климатическом периоде (1961-1990 гг.) и текущем климатическом периоде (1991-2020 гг.) в Кашкадарьинском вилояте

Fig. 7. Changes of sums of effective temperatures above 3°C in decades in the current (1991-2020) and base (1961-1990) climatic periods in Kashkadarya Region

Самарқанд вилоятида базавий иқлимий даврга нисбатан жорий иқлимий даврда самарали ҳароратлар йиғиндиси сентябрь ойидан ноябрь ойининг иккинчи ўнкунлигигача ошиши кузатилган, учинчи ўнкунликда ўзгариши кузатилмаган, февраль ойининг биринчи ўнкунлигидан май ойининг иккинчи ўнкунлигигача ошиши кузатилган (8-расм).

Андижон вилоятида базавий иқлимий даврга (1961-1990 йй.) нисбатан жорий иқлимий даврда (1991-2020 йй.) самарали ҳароратлар йиғиндиси сентябрь ойидан то ноябрь ойининг учинчи ўнкунлигига ошган бўлса, вегетациянинг қайта тикланиш даври февраль ойининг учинчи ўнкунлигидан март ойининг биринчи ўнкунлигича ошиши кузатилиб қолган ойларда кескин ошиш кузатилмаган (9-расм).

1991, 1992, 1997, 2002-2004, 2010, 2016, 2019, 2020 йилларда октябрь ойининг учинчи ўнкунлигида ҳаво ҳароратининг 12-20°C, 2005, 2008-2010, 2019, 2020 йилларда март ойининг иккинчи ўнкунлигида 10-18°C, 1997, 1998, 2006, 2007, 2011, 2016, 2017, 2020 йилларда март ойининг учинчи ўнкунлигида 20-25°C диапазонда ўзгариши барча кузатилган ўнкунликлар орасида ҳаво ҳароратининг юқорилиги билан ажралиб туради.

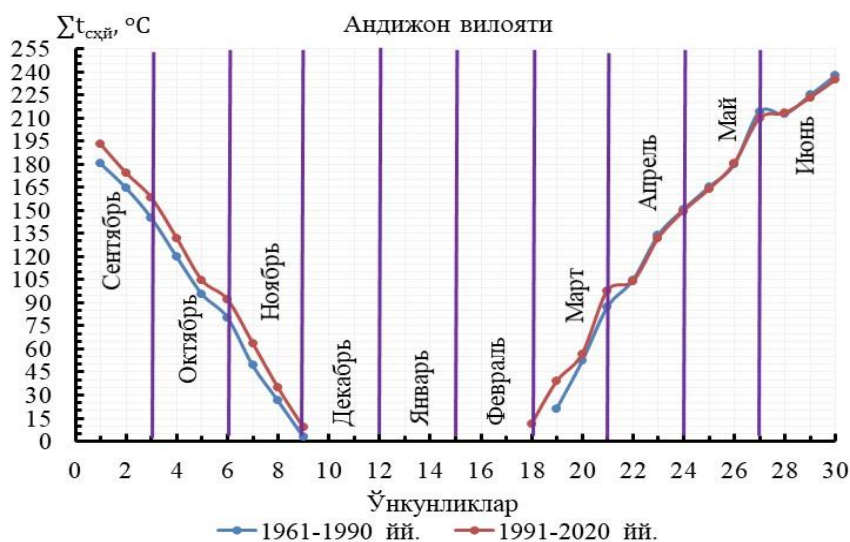
Хулоса. Ўзбекистоннинг суғориладиган ҳудудларида самарали ҳаво ҳарорати ва тупроқ ҳарорати йиғиндиси кузги буғдой экинининг вегетатив (экиш-тупланиш) даври учун нотекис даражада таъминланган. Қишки тиним давридаги ҳароратлар йиғиндиси Қорақалпоғистон Республикаси ва Андижон вилоятида ўсимликнинг қишлаши, яъни генератив-репродуктив (тупланиш-тўлиқ пишиш) даври учун етарли, Қашқадарё ва Самарқанд вилоятларида эса бундай имконият етарли эмас.



8-расм. Самарканд вилоятида ўнкунликлар бўйича 3°C дан юқори самарали хароратлар йиғиндисининг базавий (1961-1990 йй.) ва жорий (1991-2020 йй.) иқлимий даврлардаги ўзгаришлари

Рис. 8. Изменение сумм эффективных температур выше 3°C в базовом климатическом периоде (1961-1990 гг.) и текущем климатическом периоде (1991-2020 гг.) в Самаркандском вилояте

Fig. 8. Changes of sums of effective temperatures above 3°C in decades in the current (1991-2020) and base (1961-1990) climatic periods in Samarkand Region



9-расм. Андижон вилоятида ўнкунликлар бўйича 3°C дан юқори самарали хароратлар йиғиндисининг базавий (1961-1990 йй.) ва жорий (1991-2020 йй.) иқлимий даврлардаги ўзгаришлари

Рис. 9. Изменение сумм эффективных температур выше 3°C в базовом климатическом периоде (1961-1990 гг.) и текущем климатическом периоде (1991-2020 гг.) в Андижанском вилояте

Fig. 9. Changes of sums of effective temperatures above 3°C in decades in the current (1991-2020) and base (1961-1990) climatic periods in Andijan Region

Минтақалар бўйича куз ойларида самарали ҳарорат йиғиндисининг энг кам миқдори I минтақага, энг кўп миқдори II минтақага (республиканинг жанубий ҳудудлари) тўғри келса, вегетация охирида энг кам миқдори III минтақада, энг кўп миқдори II минтақага тўғри келади. Самарали ҳароратнинг ортиши бошқа минтақаларга қараганда I минтақада тезроқ кузатилади. Бунинг асосий сабабларидан бири чўл қисмининг тезда исиши ҳамда Орол денгизининг қуришидир.

Базавий иқлимий даврга нисбатан жорий иқлимий даврда самарали ҳароратлар йиғиндисининг ошганлиги ҳудудларда тавсия этилган бугдой навларининг экиш ва агротехник тадбирларни ўтказиш муддатларини қайта кўриб чиқишни тақоза этади.

Муаллифлар ҳиссаси. **Г.Х. Холбаев:** мақоланинг ғояси, раҳбарлик, методология, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Х.Т. Эгамбердиев:** натижалар таҳлили, мақолани расмийлаштириш. **Д.Р. Эшмирзаев, Қ.М. Махмудов:** маълумотларни тўплаш, ҳисоблашларни бажариш. Мақола муаллифлари қўлёзманинг нашрга тавсия этилган матни билан танишдилар ва ўз розилиklarини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Абдуллаев А.К., Холбаев Г.Х. Рис, пшеница, хлопковое волокно по странам мира. – Ташкент: НИГМИ, 2005. – 240 с.

Абдуллаев А.К., Холбаев Г.Х., Сафаров Э.Ю. Агрометеорологияда муносабатли тенгламаларни топишда математик статистикани қўллаш, ЭҲМ ва Географик ахборот тизимларидан фойдаланиш учун кўрсатма. – Тошкент: НИГМИ, 2009. – 150 б.

Арипджанова Ф.А., Холбаев Г.Х., Эгамбердиев Х.Т. Фарғона станциясида метеорологик катталикларнинг ўзгариши / “Фарғона водийсида атроф-муҳитни муҳофаза қилишнинг экологик хусусиятлари ва уларни оптималлаштириш”. Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Наманган. 2021. – Б. 72-76.

Бабушкин Л.Н., Козай Н.А., Закиров Ш.С. Агроклиматические условия сельского хозяйства Узбекистана. – Ташкент: 1985. – 160 с.

Гидрометеорологик станция ва постларга йўриқнома. 11-нашр. Станция ва постларда агрометеорологик кузатувлар: 1-қисм. Асосий агрометеорологик кузатувлар. – Тошкент: 2009. – 325 б.

Группер С.Р. Агрометеорологическая оценка продуктивности озимой пшеницы в Узбекистане. – Ташкент: САНИГМИ, 1998, – 156 с.

Курбанов Г., Умарова М. Особенности выращивания пшеницы // Сельское хозяйство Узбекистана, 1999. № 6. – С. 21-23.

Лавронов Г.А., Черный В.И. Осенне-зимнее изреживание зерновых культур на богарных землях Узбекистана и методы его определения и исправления. – Ташкент: Узбекистан. 1969. – 40 с.

Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеоздат. 1975. – 295 с.

Муминов Ф.А., Абдуллаев Х.М. Агроклиматические ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент: САНИГМИ, 1997. – 178 с.

Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. 2017. Женева. – 21 с.

Синицина Н.И., Гольцберг И.А., Струнников Э.А. Агроклиматология. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 342 с.

Уланова Е.С., Забелин В.Н. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 206 с.

Холбаев Г.Х., Абдуллаев А.К., Эгамбердиев Х.Т. Дунёда ва Ўзбекистонда бугдой етиштиришнинг ўзига хос хусусиятлари // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. 57-жилд, 2020. – Б. 117-121.

Холбаев Г.Х., Эргашева Ю.Х., Эгамбердиева У.Т. Ўзбекистондаги суғориладиган ерларда

буғдой етиштиришнинг ҳозирги ҳолати ҳақида қисқача таҳлил // Бердах номидаги ҚДУ ахборотномаси, №1(55). 2022. – Б. 26-31.

Холбаев Г.Х., Эгамбердиев Х.Т., Қўзиев Ж.М., Махмудов Қ.М. Ўзбекистоннинг суғориладиган ҳудудларида ўртача ҳаво ҳароратининг турли даражалардан ўтиши // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги, №1. 2023. – Б. 20-32.

Холбаев Г.Х., Эгамбердиев Х.Т. Ўзбекистоннинг суғориладиган ҳудудларида тупрок ҳароратининг турли даражадан ўтиши // Бердах номидаги ҚДУ ахборотномаси, № 2(60). 2023. – Б. 60-65.

Bannani F.K., Sharif T.A., Ben-Khalifa A.O.R. Estimation of monthly average solar radiation in Libya // Theoretical and Applied Climatology, Volume 83, 2006. – PP. 211-215.

Micu D.M., Amihaesei V.A., Milian N., Heval S. Recent changes in temperature and precipitation indices in the Southern Carpathians, Romania (1961–2018) // Theoretical and Applied Climatology, 2021. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-021-03560-w>

Kholbaev G.Kh., Abdullaev A.K. Change of meteorological values in the autumn of Republic of Karakalpakstan and Khorezm region // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 7, Issue 3, 2020. – PP. 13123-13130.

Kholbaev G.Kh., Khadjaeva G. The air temperature changes in the irrigated areas of the Republic of Karakalpakstan. // EPRA International Journal of Research and Development (IJRD) Volume: 5. Issue: 5. May 2020. <https://doi.org/10.36713/epra2016>. www.eprajournals.com

Kholbaev G., Egamberdiev Kh., Eshmirzaev D. The Monitoring of Changes in Meteorological Quantities in Different Periods // Nature and Science, 2023, 23(6):51-58. <http://www.sciencepub.net/nature> 07. doi:10.7537/marsnsj210623.07.

Kholbaev G., Egamberdiev Kh., Kuziev J., Kazakbaeva A., Eshmirzaev D., Kholbaeva K., Babajanova G. The Effect of Air Temperature and Relative Humidity to Winter Wheat Growth during Vegetation Period in Uzbekistan // Nature and Science. 2022; 20(4):47-55. <http://www.sciencepub.net/nature>. 6. doi:10.7537/marsnsj200422.06.

Kousari M.R., Zarch M.A.A. Minimum, maximum, and mean annual temperatures, relative humidity, and precipitation trends in arid and semi-arid regions of Iran // Arabian Journal of Geosciences. 2011. Volume 4, – PP. 907-914.

Akdi Y., Ünlü K.D. Periodicity in precipitation and temperature for monthly data of Turkey // Theoretical and Applied Climatology, Volume 143, 2021. – PP. 957-968. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-020-03459-y>.

ОЦЕНКА ТЕПЛОБЕСПЕЧЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА (НА ПРИМЕРЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ)

Г.Х. ХОЛБАЕВ¹, Х.Т. ЭГАМБЕРДИЕВ¹, Д.Р. ЭШМИРЗАЕВ¹, К.М. МАХМУДОВ¹

¹ Национальный университет Узбекистана имени Мирза Улугбека, khgulmon@mail.ru

Аннотация: На орошаемых территориях Узбекистана суммы эффективных температур воздуха и почвы неравномерно обеспечены для вегетационного (посев-кушение) периода озимой пшеницы. Суммы температур в период зимнего покоя в Республике Каракалпакстан и Андижанской области создают возможность для зимовки, т.е. генеративно-репродуктивного (кушение-полного созревания) периода, а в Кашкадарьинской и Самаркандской областях они недостаточны. За счет увеличения суммы эффективных температур в текущий климатический период (1991-2020 гг.) по сравнению с базовым климатическим периодом (1961-1990 гг.) наблюдается увеличение продолжительности вегетационного периода озимой пшеницы. В связи с этим, необходимо пересмотреть сроки сева пшеницы и проведения агротехнических мероприятий в регионах. Эти данные можно использовать для оценки теплообеспеченности вегетационного периода сельскохозяйственных растений.

Ключевые слова: территория, регион, осень, зима, весна, пшеница, растительность, температура, теплообеспеченность.

EVALUATION OF HEAT SUPPLY OF VEGETATION PERIOD (ON EXAMPLE WINTER WHEAT)

G.Kh. KHOLBAEV¹, Kh.T. EGAMBERDIEV¹,
D.R. EShMIRZAEV¹, K.M. MAKHMUDOV¹

¹ National University of Uzbekistan after named Mirzo Ulugbek, khgulmon@mail.ru

Abstract: *In the irrigated areas of Uzbekistan, the sums of effective air and soil temperatures are unevenly provided for the vegetative (sowing-cutting) period of winter wheat. The sums of temperatures during the winter dormant period in the Republic of Karakalpakstan and the Andijan region create the opportunity for wintering, i.e. generative-reproductive (budding-full maturation) period, and in the Kashkadarya and Samarkand regions they are insufficient. Due to the increase in the sum of effective temperatures in the current climatic period (1991-2020) compared to the base climatic period (1961-1990), an increase in the duration of the growing season of winter wheat is observed. In this regard, it is necessary to reconsider the timing of sowing and carrying out agrotechnical measures for wheat in the regions. These data can be used to assess the heat supply during the growing season of agricultural plants.*

Key words: area, region, autumn, winter, spring, wheat, vegetation, temperature, heat supply.

REFERENS

Abdullaev A.K., Kholbaev G.Kh. Ris, pshenitsa, hlopkovoye volokno po stranam mira [Rice, wheat, cotton fiber in the countries of the world]. – Tashkent: NIGMI, 2005. – 240 s. (in Russian)

Abdullaev A.K., Holbaev G.Kh., Safarov E.Yu. Agrometeorologiyada munosabatli tenglamalarni topishda matematik statistikasi qollash, EXM va Geografik axborot tizimlaridan foydalanish uchun korsatma [Application of mathematical statistics in finding relational equations in agrometeorology, guide to using PC and geographic information systems]. – Tashkent: NIGMI, 2009. – 150 b. (in Uzbek)

Aripdjanova F.A., Kholbaev G.Kh., Egamberdiev H.T. Fargona stansiyasida meteorologik kattaliklarning ozgarishi / “Fargona vodiysida atrof-muhitni muhofaza qilishning ekologik xususiyatlari va ularni optimallashtirish”. Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari [Changes in meteorological parameters at the Fergana station. Materials of the republican scientific-practical conference on ecological features of environmental protection and their optimization in the Fergana Valley]. – Namangan. 2021. – B. 72-76. (in Uzbek)

Babushkin L.N., Kogai N.A., Zakirov Sh.S. Agroklimaticheskiye usloviya selskogo xozyaystva Uzbekistana [Agroclimatic conditions of agriculture in Uzbekistan]. – Tashkent: 1985. – 160 s. (in Russian)

Gidrometeorologik stansiya va postlarga yoriqnoma. 11 nashr. Stansiya va postlarda agrometeorologik kuzatuvlar: 1 qism. Asosiy agrometeorologik kuzatuvlar [Hydrometeorological stations and posts are not allowed. 11th edition. Agrometeorological observations at stations and posts: part 1. Basic agrometeorological observations]. – Toshkent: 2009. – 325 b. (in Uzbek)

Grupper S.R. Agrometeorologicheskaya otsenka produktivnosti ozimoy pshenitsi v Uzbekistane [Agrometeorological evaluation of winter wheat productivity in Uzbekistan]. – Tashkent: SANIGMI, 1998, – 156 s. (in Russian)

Kholbaev G.Kh., Abdullaev A.K., Egamberdiev Kh.T. Dunyoda va Ozbekistonda bugdoy yetishtirishning oziga hos hususiyatlari [Peculiarities of wheat cultivation in the world and in Uzbekistan] // Ozbekiston Geografiya jamiyati ahboroti. 57-jild, 2020. – B. 117-121. (in Uzbek)

Kholbaev G.Kh., Ergasheva Yu.Kh., Egamberdieva U.T. Ozbekistondagi sugoriladigan yerlarda bugdoy yetishtirishning hozirgi holati hakida qisqacha tahlil [Brief analysis of the current state of wheat

cultivation on irrigated lands in Uzbekistan] // Berdah nomidagi KDU axborotnomasi, №1(55). 2022. – B. 26-31. (in Uzbek)

Kholbaev G.Kh., Egamberdiev Kh.T., Quziev J.M., Maxmudov K.M. Ozbekistonning sugoriladigan hududlarida ortacha havo haroratining turli darajalardan otishi [Variation of average air temperature in irrigated areas of Uzbekistan at different levels] // *Gidrometeorologiya va atrof-muchit monitoringi*, №1. 2023. – B. 20-32. (in Uzbek)

Kholbaev G.Kh., Egamberdiev Kh.T. Ozbekistonning sugoriladigan hududlarida tuprok haroratining turli darajadan otishi [Variation of soil temperature in irrigated areas of Uzbekistan] // Berdah nomidagi KDU axborotnomasi, №2(60). 2023. – B. 60-65. (in Uzbek)

Kurbanov G., Umarova M. Osobennosti virashivaniya pshenitsi [Features of growing wheat] // *Selskoye xozyaystva Uzbekistana*. № 6. 1999. – S. 21-23. (in Russian)

Lavronov G.A., Cherny V.I. Osenne-zimneye izrejjivaniye zernovix kultur na bogarnix zemlyax Uzbekistana i metodi yego opredeleniya i ispravleniya [Autumn-winter thinning of grain crops on rain-fed lands of Uzbekistan and methods for its determination and correction]. – Tashkent: Uzbekistan. 1969. – 40 s. (in Russian)

Moiseychik V.A. Agrometeorologicheskiye usloviya i perezimovka ozimix kultur [Agrometeorological conditions and overwintering of winter crops]. – L.: Gidrometeoizdat. 1975. – 295 s. (in Russian)

Muminov F.A., Abdullaev H.M. Agroklimaticheskiye resursi Respubliki Uzbekistan [Agroclimatic resources of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent. SANIGMI, 1997. – 178 s. (in Russian)

Rukovodyashiye ukazaniya VMO po raschetu klimaticheskix norm [WMO Guidelines for the Calculation of Climate Norms]. 2017. – 21 s. (in Russian)

Sinitsina N.I., Goltsberg I.A., Strunnikov E.A. Agroklimatologiya [Agroclimatology]. – L.: Gidrometeoizdat, 1973. – 342 s. (in Russian)

Ulanova E.S., Zabelin V.N. Metodi korrelyatsionnogo i regressionnogo analiza v agrometeorologii [Methods of correlation and regression analysis in agrometeorology]. – L.: Gidrometeoizdat, 1990. – 206 s. (in Russian)

ГИДРОЛОГИЯ / HYDROLOGY

УДК 528.88, 556.15

**LANDSAT ТАСВИРЛАРИ ЁРДАМИДА ЕР УСТИ СУВ ОБЪЕКТЛАРИ
ЧЕГАРАСИНИ АНИҚЛАШДА СПЕКТРАЛ ИНДЕКСЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ
ИМКОНИЯТЛАРИ****С.Б. КАЛАБАЕВ***

Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, salauat.kalabaev@gmail.com

Аннотация: *Кўлларнинг гидрологик режимини батафсил ўрганиш долзарб масала. Таъкидлаш керакки, кўлларда тизимли равишда кузатишлар олиб борилмаслиги билан мазкур масала мураккаблашади. Бундай ҳолларда бориши қийин бўлган ҳудудлардаги сув объектлари ҳақида космик тасвирлардан маълумот олиши мумкин. Мақолада кўл сув юзаси майдонини аниқлашда космик тасвирларни дешифрировкалашнинг бир қанча усуллари ўрганилган. Ўрганиш якунида сув юзасини аниқлашда энг кичик хатоликка ўзгартирилган нормаллаштирилган фарқ сув индекси MNDWI (2,6%) ва автоматлаштирилган сув ажратиш индекси AWEI_{sh} (2,3%) усуллари эга эканлиги маълум бўлди. Синовдан ўтган усуллардан натижаларнинг аниқлиги ва вақт сарфлари бўйича энг мақбули MNDWI спектрал индекси эканлиги аниқланди.*

Калит сўзлар: *кўл, сув юзаси майдони, NDWI, MNDWI, WRI, AWEI_{sh}, AWEI_{nsh}.*

Кириш. Жанубий Оролбўйи кўлларида мунтазам гидрологик кузатувлар йўқлиги сабабли, маълум бир ҳудудда содир бўлаётган табиий жараёнлар тўғрисида объектив ва мустақил маълумот манбаи Ерни масофадан зондлаш (ЕМЗ) маълумотлари бўлиб, улар кўлларнинг морфометрик хусусиятларини, жумладан, сув юзаси майдонини аниқлашга ҳам имкон беради. Масофавий зондлаш маълумотлари ёрдамида олинган кўлларнинг морфометрик хусусиятлари, ўз навбатида, сув ҳавзаларининг сув ресурсларини, шу жумладан, миллий миқёсда баҳолаш ва илмий нуқтаи назаридан сув ҳавзаларининг ўзига хос хусусиятларини аниқлаш имконини яратади. Жанубий Оролбўйи ҳудудида ҳар хил турдаги ва генезисдаги кўплаб кўллар мавжуд. Уларнинг кўпчилиги оқар кўллардир. Ушбу кўллардан бири Шегекўл, яъни ҳозирги кундаги Междуречье кўлидир. Бу сув ҳавзаси Оқдарё ва Қипчоқдарё ўзанлари оралиғида жойлашган. Оқдарё ўзани тўғон билан тўсиб қўйилгандан сўнг кўлнинг сув юзаси майдони катталашиб Междуречье кўли ҳосил бўлган (1-расм).

Ҳудудда жойлашган сув ҳавзаларнинг гидрологик режими Междуречье кўлида тўпланган сув миқдорларига боғлиқ. Шу сабабли, Междуречье кўли (собик Шегекўл кўли) муҳим сув объекти бўлиб, Амударё дельтаси ҳудудида жойлашган бошқа сув ҳавзаларига сувни таксимлайди. Сунъий йўлдош орқали 2011 йилда олинган тасвирларига кўра унинг умумий майдони 20 минг гектарни ташкил қилган [Калабаев, 2019].

Междуречье кўли таркибига Шимолий ва Шарқий тўғонлар, Главмясо канали бош иншоотлари, Маринкинўзак канали бош иншоотлари ва ён томондан сув ташлаш мосламаси ва 11 та сув ўтказгичлари киради [Южное ..., 2003].

Тадқиқот объекти. Тадқиқот объекти сифатида Жанубий Оролбўйи ҳудудидаги Междуречье сув ҳавзаси олинган, тадқиқотнинг предмети эса космик тасвирларни дешифрировкалаш усуллари ёрдамида кўлнинг сув юзаси майдонини ҳисоблаш

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

масаласидан иборат.



1-расм. Междуречье кўлининг географик жойлашуви

Рис. 1. Географическое расположение озера Междуречье

Fig. 1. Geographical location of lake Mejdurechye

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Кўл худуди учун АҚШ Геология хизмати (USGS) илмий-тадқиқот марказининг маълумотлар базасидан булутсиз 2023 йил 1 октябрь ва 2023 йил 2 ноябрь саналаридаги иккита сунъий йўлдош тасвирлари танлаб олинди.

Кўлларнинг сув юзасини дешифрировкалашнинг оптимал усулини танлаш учун спектрал сув индекслари (жуфтланган индекслар WRI, NDWI, MNDWI, AWEI_{sh} ва AWEI_{nsh}) усуллари синовдан ўтказилди.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. «Қуруқлик-сув» чегарасини аниқлаш учун сунъий йўлдош тасвирларини дешифровкалашнинг автоматлаштирилган усулларида фойдаланилди. Амалда, «қуруқлик-сув» чегарасини ажратиш учун, минимал меҳнат ва етарли аниқликни бергани туфайли спектрал сув индексли тасвирлар оммабоп ҳисобланади [Feysa et al., 2014].

Мультиспектрал индексли тасвирларни яратиш учун ҳар бир пикселнинг ёрқинлиги турли тасвир каналларидан ушбу пиксел қийматига арифметик амалларни қўллаш орқали ҳисобланади. Мультиспектрал тасвирларни ўрганишда мутлақ қийматлар эмас, балки турли спектр зоналарида объектнинг ёрқинлиги қийматлари ўртасидаги характерли мослик муҳим ҳисобланади. Бундай тасвирларда ўрганилаётган объектлар аниқ ва равшан ажралиб туради.

Сунъий йўлдош тасвирларида сув объектларини таниб олиш учун кўплаб спектрал индекслар мавжуд бўлиб, улар сув индекслари деб аталади. Ушбу индекслар ёрдамида сиртдаги юзанинг чегараси аниқланади. Амалиётда кенг қўлланиладиган сув индексларини келтириб ўтамиз.

Спектрал сув нисбати индекси (WRI). Уни аниқлашда яшил (*green*), қизил (*red*), инфрақизилга яқин (*nir*) ва қисқа тўлқинли инфрақизил (*swir*) каналлар қўлланилади. Индекс қуйидаги формула бўйича ҳисобланади [McFeeters, 1996]:

$$WRI = \frac{green+red}{nir+swir}, \quad (1)$$

Ушбу индекс ўсимликларнинг намлигини баҳолашда қўлланилади. Ҳисоб-китоблар натижасида танланган сув ҳавзалари билан бинар растр харитаси олинади.

Қуёш радиацияси ва сиртнинг ўзаро таъсир характери орқали аниқланувчи NDWI индекси ўсимликларнинг намлиги ва сув сиртнинг чегараларини аниқлаш имконини беради. Ушбу индекс 1996 йилда McFeeters томонидан таклиф қилинган [McFeeters, 1996]. У қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$NDWI = \frac{green - nir}{green + nir}, \quad (2)$$

бу ерда: *green* – спектрнинг яшил (0,5-0,6 мкм) қисмидаги нурланиш, *nir* – спектрнинг инфракизил (0,7-0,9 мкм) қисмидаги нурланиш.

2006 йилда NDWI индекси сув юзаларини аниқлаш ва бирлаштирилган сиртларни ажратиш учун етарли даражада самарали эмаслигини аниқланган [Ху, 2006]. NDWI индекси ғоясига асосланиб, Ху янги ўзгартирилган нормаллаштирилган фарқ сув индекси – MNDWI ни таклиф қилган. Индекс қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$MNDWI = \frac{green - swir}{green + swir}, \quad (3)$$

бу ерда: *green* – спектрнинг яшил (0,5-0,6 мкм) қисмидаги нурланиш, *swir* – спектрнинг ўрта инфракизил (1,55-1,75 мкм) қисмидаги нурланиш.

Индекснинг афзаллиги шундаки, у сув юзаси, тупроқ ва ўсимликларнинг шовқин таъсирини самарали бартараф этиш имконини беради. MNDWI ёрдамида ҳар қандай сиртдаги сув ҳавзаларининг чегарасини ўтказишда аниқлик ортади. Қуруқлик ва сув ўртасидаги чегара индекснинг нол қийматига, нолдан катта қийматлар сув сиртига мос келади. Landsat серияли сунъий йўлдошлар маълумотларига қўшимча равишда, MNDWI индексини муайян тузатма билан бошқа сунъий йўлдош тизимлари – SPOT, AQUA ва TERRA (MODIS қурилмаси), Sentinel-2 маълумотларидан ҳам олиш мумкин. Бу имконият индекснинг кўп қиррали ва барқарорлигини кўрсатади [Ху, 2006]. Бироқ, кичик албедаго эга бўлган, масалан, йўллар, булуғлар соялари, тоғлар ёки баланд бинолар каби объектларни ўз ичига олган сунъий йўлдош тасвирларида MNDWI индексидан фойдаланиб сув сиртларини аниқлашда муайян қийинчиликлар пайдо бўлади.

Ушбу камчиликларни бартараф этиш учун Feysa *автоматлаштирилган сув ажратилиш индекси AWEI* ни таклиф қилган, унда диапазонни фарқлаш, диапазонни қўпиш ва турли коэффициентларни қўллаш орқали сув пикселлари ва сув бўлмаган пикселларни таснифлашнинг аниқлиги максимал даражада оширилган [Feysa et al., 2014]. Feysa сув пикселлари ва сув деб таснифланиши мумкин бўлган бошқа қоронғи юзалар ўртасидаги контрастни кучайтириш учун иккита алоҳида $AWEI_{nsh}$ ва $AWEI_{sh}$ индексларни таклиф қилган. $AWEI_{nsh}$ индекс сув бўлмаган пикселларни, шу жумладан, қоронғи юзаларни самарали равишда сўндиради. $AWEI_{sh}$ индекси соя пикселларини ҳам олиб ташлаш орқали аниқликни янада яхшилайдди. $AWEI_{nsh}$ ва $AWEI_{sh}$ индекслари қор ёки муз каби катта албедали сиртлар бўлмаган ҳолатларда фойдаланиш учун тавсия этилади [Feysa et al., 2014].

$AWEI_{nsh}$ ва $AWEI_{sh}$ индекслари қуйидаги ифодалар ёрдамида ҳисобланади:

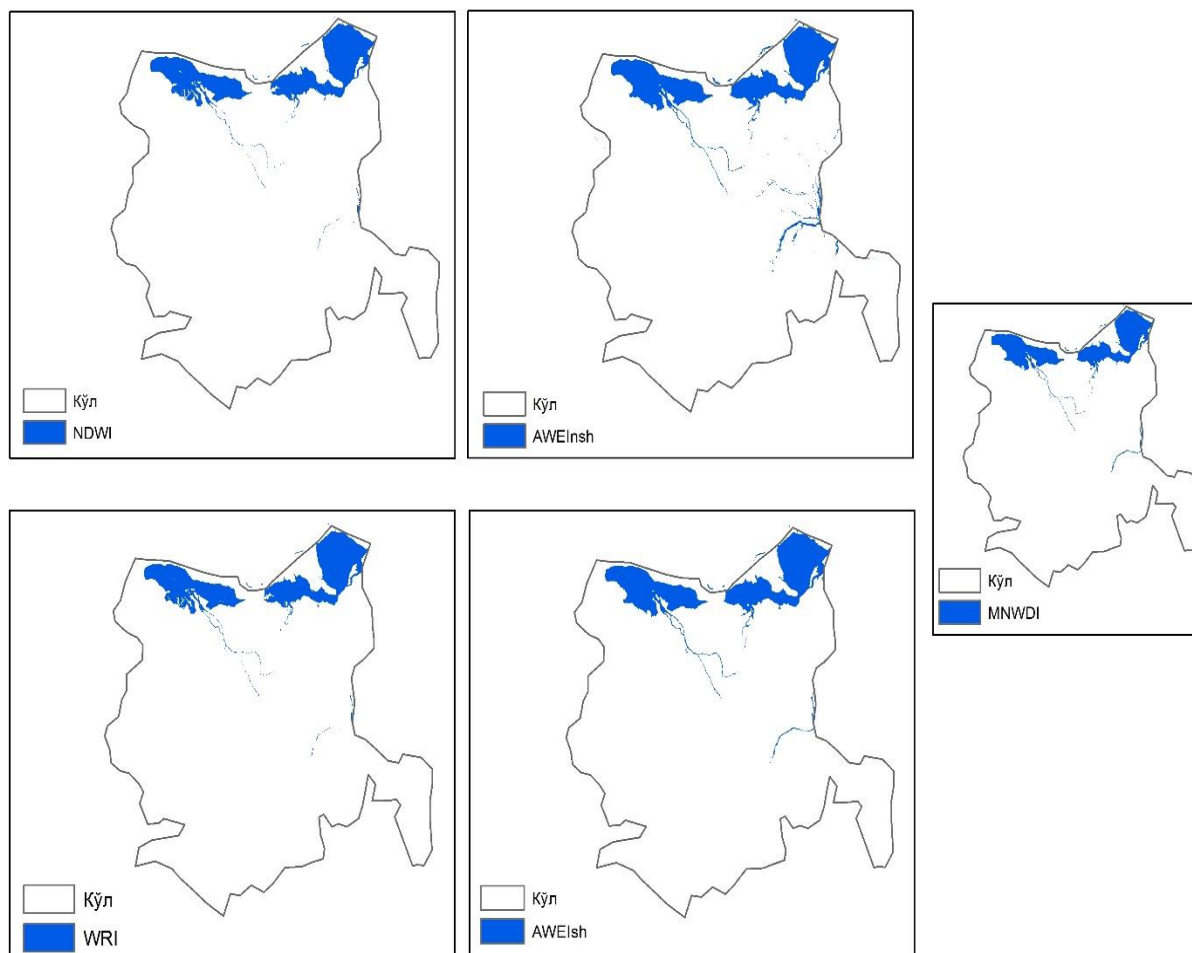
$$AWEI_{nsh} = 4(green - SWIR(1)) - (0,25nir + 2,75SWIR(2)), \quad (4)$$

$$AWEI_{sh} = blue + 2,5green - 1,5(NIR + SWIR(1)) - 0,25SWIR(2), \quad (5)$$

бу ерда: *green* – спектрнинг яшил (0,5-0,6 мкм) қисмидаги нурланиш, *SWIR(1)* – спектрнинг инфрақизил (1,55-1,75 мкм) қисмидаги нурланиш, *SWIR(2)* – спектрнинг инфрақизил (2,09-2,35 мкм) қисмидаги нурланиш, *nir* – спектрнинг инфрақизилга яқин (0,7-0,9 мкм) қисмидаги нурланиш, *blue* – спектрнинг кўк (0,4-0,5 мкм) қисмидаги нурланиш.

Ҳозирги вақтда сунъий йўлдош тасвирларига асосланиб ҳисобланувчи индеклар ёрдамида сув ҳавзаларининг чегарасини аниқлаш бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бироқ, сув индексларининг қай бири қуруқлик-сув чегарасини энг аниқ белгилаши тўғрисида якуний ҳулоса мавжуд эмас. Шу сабабли, ушбу тадқиқот доирасида ўрганилаётган ҳудуд учун сув юзаси чегарасини аниқлашнинг энг мақбул усули аниқланди.

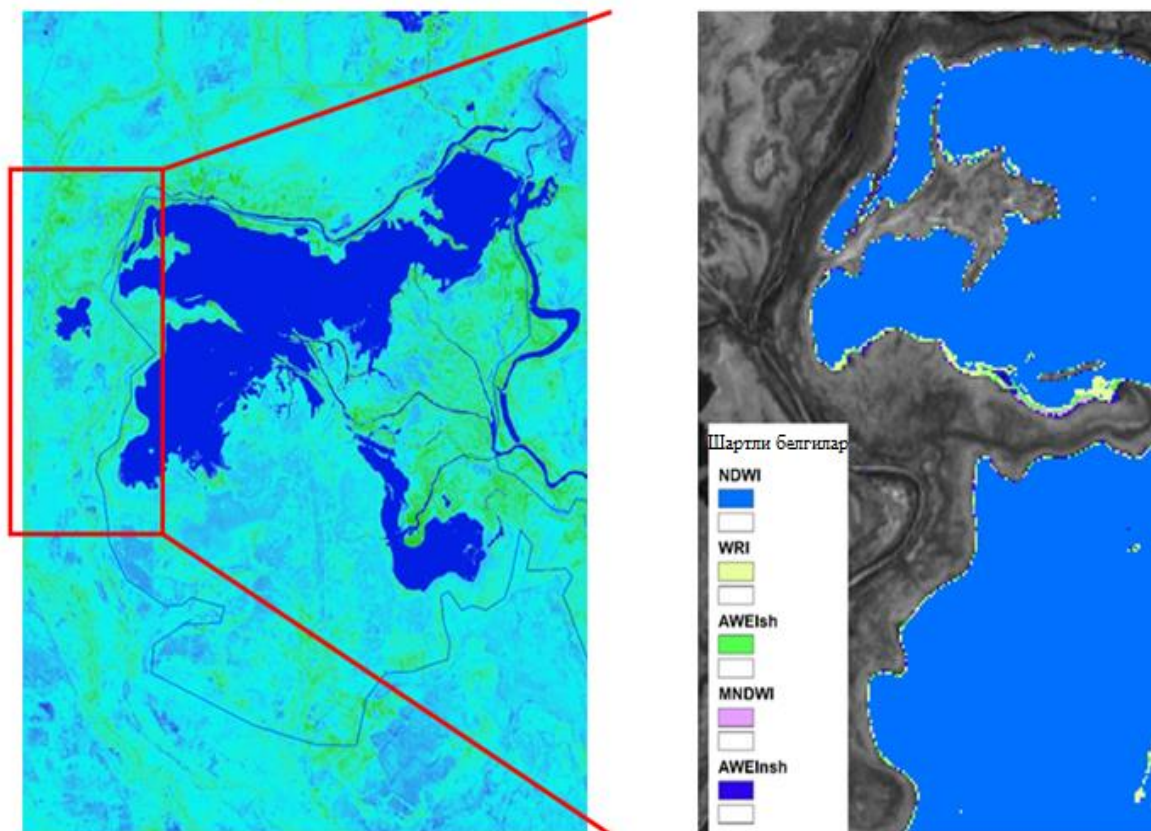
Кўлнинг сирт майдонини минимал хатолик билан ҳисоблаш учун мультиспектрли Landsat 8 серияли сунъий йўлдош тасвирлари универсал кўндаланг Меркатор проекциясига айлантирилди. ArcGIS дастури ёрдамида кўл ҳудудини ҳисоблаш визуал талқин қилиш усули ёрдамида амалга оширилди. Кейинги босқичда ArcGIS дастурида Image Classification ва Spatial Analyst воситалари ва сунъий йўлдош тасвирларини талқин қилишнинг кўриб чиқилган усуллари билан фойдаланган ҳолда кўлнинг майдони ҳисобланди (2-3-расмлар).



2-расм. Междуречье кўли сув юзасининг Landsat сунъий йўлдош маълумотларини дешифрировкалашнинг турли усуллари билан олинган майдони (01.10.2023 й.)

Рис. 2. Площадь водной поверхности озера Междуречье, полученная различными методами дешифрирования данных Landsat (01.10.2023 г.)

Fig. 2. Water surface area of Lake Mezhdurechye, obtained various methods for deciphering Landsat data (01.10.2023)



3-расм. Спектрал индекслардан олинган «куруқлик-сув» чегараларини солиштириш (02.11.2023 й.)

Рис. 3. Сопоставление границ «суша-вода», полученных по данным спектральных индексов (02.11.2023 г.)

Fig. 3. Comparison of land-water boundaries obtained from spectral indices data (02.11.2023)

Сунъий йўлдош тасвирларини турли усуллар билан талқин қилиш аниқлигининг нисбий хатолиги ΔS қуйидаги ифода ёрдамида ҳисобланади:

$$\Delta S = \frac{S_{i,oi} - S_i}{S_{i,oi}} \times 100, \quad (6)$$

бу ерда: S_i – кўлнинг сув индекслари ёрдамида Landsat сунъий йўлдош тасвирларини талқин қилиш натижалари бўйича аниқланган майдони, $S_{i,oi}$ – кўлнинг сунъий йўлдош тасвирларини визуал талқин қилиш натижалари бўйича аниқланган ўртача майдони.

Междуречье кўли сув юзасининг Landsat сунъий йўлдош маълумотларини дешифрировкалашнинг турли усуллари билан ҳисобланган майдони ва ҳисоблаш хатоликлари 1-жадвалда келтирилган.

Олинган маълумотларни таҳлил қилиш натижасида барча синондан ўтган усулларнинг сув юзаси чегарасини аниқлаш хатоликлари кичик (8,0% гача) эканлиги аниқланди. Сув юзасини

аниқлашда MNDWI (2,6%) ва $AWEI_{sh}$ (2,3%) спектрал индекслари билан таснифлаш усуллари энг кичик хатоликка эга.

1-жадвал

Междуречье кўли сув юзасининг Landsat сунъий йўлдош маълумотларини дешифрировкалашнинг турли усуллари билан олинган майдони

Таблица 1

Площадь водной поверхности озера Междуречье, полученная различными методами дешифрирования данных Landsat

Table 1

Water surface area of Lake Mezhdurechye, obtained various methods for deciphering Landsat data

Дешифрировкалаш усули	Кўл юзаси майдони, км ²		
	01.10.2023 й.	02.11.2023 й.	ΔS , %
Ўртача	23,5	94,8	
$AWEI_{sh}$	24,3	95,9	2,3
$AWEI_{nsh}$	25,8	98,9	7,0
NDWI	21,0	88,5	8,6
MNDWI	24,3	96,6	2,6
WRI	22,2	94,0	3,0

Хулоса. Тадқиқотда мультиспектрал тасвирлардан фойдаланиб сув индекслари асосида сув чегарасини аниқлаш ишлари бажарилди. Ушбу ишда Landsat 8 тасвирларидан ер усти сув объектларининг чегарасини аниқлашда WRI, NMWI, MNDWI, $AWEI_{sh}$, $AWEI_{nsh}$ сув индексларининг аниқлиги синовдан ўтказилди.

Синовдан ўтган усуллардан, натижаларнинг аниқлиги ва вақт сарфи бўйича энг мақбули MNDWI спектрал индекси эканлиги аниқланди. Келгуси тадқиқотларда мазкур усулдан фойдаланган ҳолда кўллар сув юзасини мониторинг қилиш мақсадга мувофиқ.

Миннатдорчилик. Мақолани тайёрлашда яқиндан ёрдам берган ва илмий маслаҳатларини аямаган устозларимиз – г.ф.д., доцент Б.Е.Аденбаев, г.ф.д., профессор Б.М.Холматжанов ва к.х.ф.ф.д., доцент Ф.Ў.Умирзақовларга ўз миннатдорчилигимни билдираман. Муаллиф кўлзъманинг нашрга тайёрланган шаклини ўқиб чикди ва розилик билдирди.

АДАБИЁТЛАР

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

Южное Приаралье – новые перспективы. Под ред. проф. В.А. Духовного и Ю. Де Шуттера. – Ташкент: «Нори», 2003. – 154 с.

Feyisa G.L., Meilby H., Fensholt R., Proud S.R. Automated Water Extraction Index: A New Technique for Surface Water Mapping Using Landsat Imagery // Remote Sensing of Environment. 2014. Volume 140. – P. 23-35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>

McFeeters S.K. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features // International Journal of Remote Sensing. 1996. Volume 17. – PP. 1425-1432. <http://dx.doi.org/10.1080/01431169608948714>

Xu H.Q. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery // International Journal of Remote Sensing. 2006. Volume 27. – PP. 3025-3033. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160600589179>

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРАНИЦ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ LANDSAT

С.Б. КАЛАБАЕВ

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, salauat.kalabayev@mail.ru

Аннотация: *Подробное изучение гидрологического режима озер является актуальной задачей, однако следует отметить, что этот вопрос осложняется отсутствием систематических наблюдений на озерах. В таких случаях, по космическим снимкам можно получить информацию о водных объектах в труднодоступных районах. С этой целью в данной статье было исследовано несколько методов декодирования космических снимков для определения площади водной поверхности озера. По итогам исследования установлено, что среди спектральных индексов наименьшую ошибку определения водной поверхности имели модифицированный метод классификации нормализованно-разностного индекса воды MNDWI (2,6%) и автоматизированный индекс выделения воды $AWEI_{sh}$ (2,3%). Среди опробованных методов наиболее приемлемым по точности результатов и затратам времени является спектральный индекс MNDWI.*

Ключевые слова: *озеро, площадь водного зеркала, NDWI, MNDWI, WRI, $AWEI_{sh}$, $AWEI_{nsh}$.*

POSSIBILITIES OF USING SPECTRAL INDICES IN DETERMINING OF THE BOUNDARIES OF SURFACE WATER FROM LANDSAT IMAGES

S.B. KALABAEV

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, salauat.kalabayev@mail.ru

Abstract. *A detailed study of the hydrological regime of lakes is an urgent task, however, it should be noted that this issue is complicated by the lack of systematic observations on lakes. In such cases, satellite images can be used to obtain information about water bodies in difficult to reach areas. This article examined several methods for decoding satellite images to determine the water surface area of a lake. Based on the results of the study, it was found that among spectral indices the modified methods of classifying the normalized-difference water index MNDWI (2.6%) and the automated water extraction index $AWEI_{sh}$ (2.3%) had the smallest error in determining the water surface. Among the tested methods, the spectral index MNDWI is the most acceptable in terms of accuracy of results and time consumption.*

Keywords: *lake, water surface area, NDWI, MNDWI, WRI, $AWEI_{sh}$, $AWEI_{nsh}$.*

REFERENCES

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

Yujnoe Priarale – novye perspektivy [South Prearalie – new perspectives]. Pod red. prof. V.A.Duxovno, Yu. De Shuttera. – Tashkent: "Nori", 2003. – 154 s. (in Russian)

УДК: 504.455+556.5

**ОҲАНГАРОН ҲАВЗАСИ ТОҒ КЎЛЛАРИНИНГ МИНЕРАЛЛАШУВ
КЎРСАТКИЧЛАРИ****С.С. СУВАНКУЛОВ^{1,2*}, Т.И. ХИСМАТУЛЛИН²**¹ Ҳ.М. Абдуллаев номидаги Геология ва Геофизика институти, ssarkorbek@gmail.com² Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти

Аннотация: Мақолада Оҳангарон ҳавзасининг нивал ҳудудида шаклланган кўллар ва Арашонбулоқнинг рН, электр ўтказувчанлиги ва умумий қаттиқлиги аниқланган. Арашон кўллар тизими, Арашонбулоқ ва Зикрқўлдан олинган намуналарнинг минераллашув кўрсаткичлари дала тадқиқот маълумотлари ва лаборатория таҳлиллари асосида ёритилган. Олинган намуналарнинг ҳисоб ишларига қулайлик яратиш мақсадида, уларнинг қийматлари мг/л, мг-экв/л ҳамда %-экв ўлчамларда аниқланди. Кўллар сувларининг минераллашув кўрсаткичларининг улар жойлашган баландликларга боғлиқлиги ўрганилди.

Калит сўзлар: дарё ҳавзаси, Оҳангарон дарёси, Арашон кўллар тизими, Зикрқўл, ион таркиб, минераллашув, электр ўтказувчанлик, умумий қаттиқлик, бош ионлар.

Кириш. Сўнгги йилларда тоғли ҳудудларни ўзлаштириш жадал сураётларда амалга оширилаётгани мутахассислар олдида янги вазифаларни қўймоқда. Улардан бири дарё ҳавзаларининг оқим ҳосил бўладиган ҳудудларида сувларнинг табиий ҳолатини сақлаб қолиш ҳисобланади. Бунга сабаб кейинги йилларда арид минтақаларда ичимлик суви ва унинг сифати асосий муаммога айланмоқда. Шу боисдан? юртимизда сувдан тежамкорлик билан фойдаланиш чоралари кўрилмоқда. Оҳангарон дарёси Тошкент вилоятининг sanoатлашган туманларидан оқиб ўтади. Мазкур ҳудудлар учун захира манбаи ҳисобланган юқори тоғ кўлларининг гидрокимёвий ҳамда гидрологик ҳолатини ўрганиш ҳозирда долзарб ҳисобланади.

Ўрта Осиё тоғ дарёлари ва тоғ кўллари сувларининг кимёвий ҳолати дастлаб К.Б.Лазарев, Л.В.Камалов, Б.Л.Блинова, А.В.Иванов, А.А.Ни, А.А.Колодянскаялар томонидан ўрганилган [Блинова, 1962; Иванов, 1987; Камалов, 1957; Колодянская, 1963; Лазарев, 1957; Ни, 1997]. Кейинчалик бу тадқиқотлар Г.П.Ким томонидан давом эттирилган [Ким, 2005]. Ҳозирги кунда республикада Б.Э.Нишонов, Б.Е.Аденбаев ва бошқа олимлар мазкур йўналиш бўйича илмий тадқиқот ишларини олиб боришмоқда [Аденбаев, 2023; Нишонов, 2022]. Бироқ юқоридаги тадқиқотчилар томонидан Оҳангарон ҳавзасининг юқори қисмида жойлашган тоғ кўллари сувларининг кимёвий ҳолати батафсил ўрганилмаган.

Тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари. Мазкур мақолада кўзда тутилган асосий мақсад Оҳангарон ҳавзасининг юқори қисмида шаклланган кўлларнинг ион таркибини ўрганишдан иборат. Ушбу мақсадга эришиш учун қуйидаги вазифалар белгилаб олинди:

- намуналарнинг рН, электр ўтказувчанлиги, қаттиқлигини, бош ионлар миқдорларини аниқлаш;
- ўрганилаётган кўллар сувларининг минераллашувини турли ўлчам бирликларида ҳисоблаш ва таҳлил қилиш;
- кўллар сувлари минераллашувининг баландлик ортиб боришига боғлиқ ҳолда ўзгаришини таҳлил қилиш.

Ишда тадқиқот **объекти** сифатида Оҳангарон ҳавзасининг юқори тоғли қисмида шаклланган Арашон кўллар тизими, Арашонбулоқ ҳамда Зикрқўл танлаб олинди.

* Маъсул муаллиф: ssarkorbek@gmail.com, тел.: +998 91 506-19-93

Тадқиқот услубияти. Ҳозирги кунгача юқори тоғ кўлларида тадқиқот олиб бориш мураккаблиги ва узлуксиз тарзда кузатувлар олиб борилмаслиги боис, таҳлил натижаларини йиллараро ёки мавсумий таққослашнинг имконияти мавжуд эмас. Шу боис, Оҳангарон ҳавзасининг юқори тоғли қисмида шаклланган кўллarning минераллашув ҳолатини аниқлаш мақсадида, улардан таҳлил учун намуналар олинди. Тоғ кўллари сувларидан намуналар олиш ушбу турдаги олдинги тадқиқотлар тажрибасидан фойдаланилган ҳолда амалга оширилди [Ким, 2005; 2014].

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Арашонсой ҳавзаси Чотқол тоғ тизмасининг жануби-ғарбий ёнбағирларида, нивал ҳудудда жойлашган. Мазкур кўллар тизими келиб чиқишига кўра гравитацион кўллар типига мансуб [Томашевская, 2015]. Мазкур сой Оҳангарон дарёсининг асосий ўнг ирмоқларидан бири ҳисобланади. Арашонсой ҳавзасининг умумий майдони $F=116 \text{ км}^2$ га тенг [Суванкулов, 2022]. Кўллар тизимидан бошланадиган мазкур сой, Оҳангарон дарёсига қуйилгунича, унга Чингулсой, Шўрбулоқсой каби бир нечта ирмоқлар келиб қўшилади [Суванкулов, 2023].

Арашон кўллар тизимида, Кичик Арашон кўлидан ташқари барчаси оқар кўллар ҳисобланади. Катта Арашон кўли энг куйида жойлашганлиги сабабли барча кўллар ушбу кўлга қуйилади. Шу боисдан, мазкур кўлда сувнинг айланиш жараёни қолган кўлларга нисбатан тезроқ кечади.

Зикрқўл Оҳангарон ҳавзасининг энг баланд ҳудудларида жойлашган. Мазкур кўлнинг узунлиги $L=550$ метр, юза қисми майдони $F=84\,360 \text{ м}^2$ га тенг. Мазкур кўл ҳудудда мавжуд бўлган музликларнинг чекиниши натижасида ҳосил бўлган ботикликда шаклланган бўлиб, деярли ўрганилмаган музлик кўли ҳисобланади.



1-расм. Тадқиқот олиб борилган кўллар жойлашган ҳудудлар

Рис. 1. Районы расположения исследованных озер

Fig. 1. Locations of the studied lakes

Тадқиқот олиб борилган майдонлар Оҳангарон ҳавзасининг юқори қисмида жойлашган. Шу боис кўллarning денгиз сатҳидан мутлақ баландлиги $H=2700$ метрдан

ортади. Мазкур ҳудуддаги мавжуд сувлар антропоген таъсирдан деярли ҳоли ҳисобланади.

Дарё ҳавзасининг мазкур қисмлари рельеф шароити мураккаб ва кам ўрганилган нивал ҳудудлардир. Маълумки, мазкур ҳудуд атмосфера ёғинларининг кимёвий таркиби табиий ҳолатда бўлган ва геологик тоғ жинсларининг таъсири натижасида минераллашув даражасининг ўзгариб бориши билан характерланади.

Дала тадқиқотларини амалга ошириш жараёнида ҳудудда 5 та кўллар ҳамда 1 та булоқ сувидан намуналар олинди (1-жадвал). Мазкур булоқ суви Арашон ер ёриғи йўналишида шаклланганлиги боис, босимли ер ости сувларидан тўйинади [Томашевская, Тихановская, 2016]. Натижада булоқ сувининг ҳарорати доим $T_{\text{булоқ}}=37^{\circ}\text{C}$ да бўлади. Шу боисдан булоқ сувининг ишқорийлиги юқори ($\text{pH}=7,94$) ҳисобланади.

1-жадвал

Оҳангарон ҳавзасидаги кўл сувларидан олинган намуналар ҳақида маълумот

Таблица 1

Сведения об пробах, отобранных из озерных вод в бассейне реки Ахангаран

Table 1

Information about the samples taken from the lake waters of the Ahangaran river basin

№	Намуна олинган сув хавзалари	Намуна олинган сана	Денгиз сатҳидан баландлиги Н, м	рН	Электр ўтказувчанлик, мкС/см	Умумий қаттиқлик, мг-экв/л
1	Зикркўл	12.09.2023 й.	3666	7,37	25,31	0,225
2	Арашон (хўжа)	14.09.2023 й.	2800	7,21	53,64	0,425
3	Катта Арашон	14.09.2023 й.	2790	7,13	47,63	0,35
4	Кичик Арашон	14.09.2023 й.	2875	7,22	44,07	0,325
5	Думалоқ Арашон	14.09.2023 й.	2898	7,18	43,96	0,35
6	Арашонбулоқ	14.09.2023 й.	2803	7,94	401	0,15

Кўллар сувининг ишқорийлиги қаторида Зикркўл сувининг водород кўрсаткичи қолган кўллар сувига нисбатан юқори ($\text{pH}=7,37$) қийматга эга. Ўрганилаётган кўлларнинг денгиз сатҳидан энг баландида жойлашган мазкур кўлнинг электр ўтказувчанлиги бунинг акси бўлиб, 25,31 мкС/см ни ташкил этди. Яъни Зикркўл сувининг электр ўтказувчанлиги намуналар олинган кўллар сувлари қаторида энг паст қийматга эга.

Арашон кўллар тизимидаги кўлларнинг юқорида келтирилган кўрсаткичлари кўл сувларининг бирдан иккинчисига қуйилишига боғлиқ. Мисол учун, Думалоқ Арашон кўли юқорида жойлашгани боис, унинг суви Кичик ва Катта Арашон кўлларига қуйилади. Шу орқали кўллар сувининг электр ўтказувчанлиги (43,96÷53,64 мкС/см) ортиб боради.

Таҳлил натижаларига кўра, кўллар суви таркибидаги умумий ионлар миқдорининг юқори кўрсаткичи Арашон (хўжа) ($\Sigma U = 43,05$ мг/л) кўлида кузатилди. Бу ҳолат Арашон ер ёриғидан сизиб чиқадиган ер ости сувларининг бир қисми мазкур кўлни тўйинтириши билан изоҳланади. Ушу кўллар тизимининг қолган кўлларида сувнинг бирдан иккинчисига қуйилиб бориши билан минераллашув даражаси ортиб боради. Кўллар ион таркибининг анионлар қаторида гидрокарбонат (HCO_3^-) устунлик қилиб, унинг миқдори 17,4÷32,7 мг/л оралиғида ўзгарди. Бунда, энг кичик қиймат мос равишда Зикркўлга тегишли бўлса, энг юқори қиймат Катта Арашон кўлига тўғри келади. Катионлар орасида кальцийнинг миқдори юқори. Кальций Ca^{2+} миқдори кўлларда 3÷8 мг/л оралиғида бўлиб,

унинг энг кичик миқдори Зикркўлга ва энг юқори миқдори Арашон (хўжа) кўлига тўғри келади (2-жадвал).

2-жадвал

Оҳангарон ҳавзасидаги кўл сувларининг минераллашув кўрсаткичлари

Таблица 2

Показатели минерализации озерных вод в бассейне реки Ахангаран

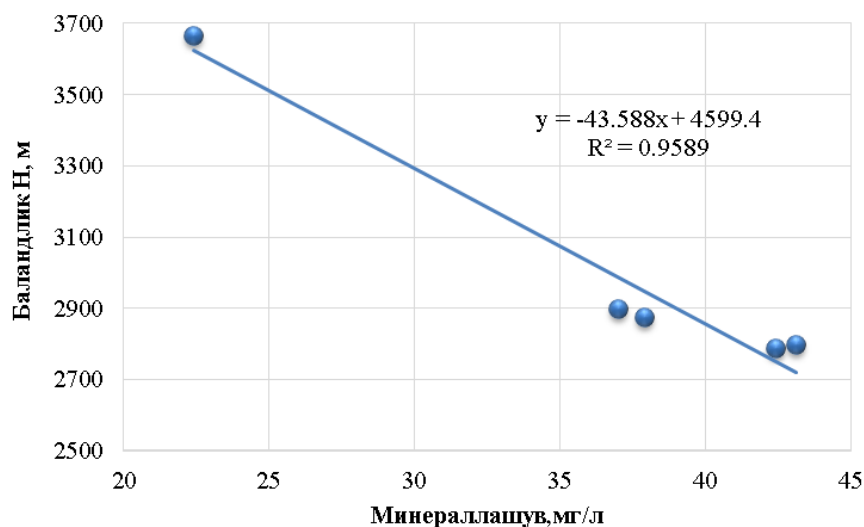
Table 2

Mineralization characteristics of lake waters of the Ahangaran river basin

№	Сув ҳавзалари	Бирлиги	Анионлар			Катионлар				Умумий ΣU
			Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	
1	Зикркўл	мг/л	0,46	0,00	17,40	0,92	3,00	0,56	0,04	22,38
		мг-экв/л	0,01	0,00	0,29	0,08	0,15	0,02	0,00	0,55
		%-экв	2,36	0,00	51,98	13,78	27,27	4,44	0,19	100,00
2	Арашон (хўжа)	мг/л	0,98	0,40	31,60	0,31	8,00	1,69	0,07	43,05
		мг-экв/л	0,03	0,01	0,52	0,03	0,40	0,07	0,00	1,05
		%-экв	2,62	0,79	49,17	2,42	37,87	6,97	0,17	100,00
3	Катга Арашон	мг/л	0,72	0,00	32,70	0,01	7,00	1,65	0,38	42,46
		мг-экв/л	0,02	0,00	0,54	0,00	0,35	0,07	0,01	0,99
		%-экв	2,05	0,00	54,27	0,08	35,35	7,26	0,98	100,00
4	Кичик Арашон	мг/л	0,98	0,00	28,50	0,01	6,50	1,65	0,58	38,22
		мг-экв/л	0,03	0,00	0,47	0,00	0,32	0,07	0,01	0,91
		%-экв	3,05	0,00	51,55	0,09	35,77	7,91	1,64	100,00
5	Думалок Арашон	мг/л	1,05	0,00	27,00	0,01	7,00	1,46	0,31	36,83
		мг-экв/л	0,03	0,00	0,44	0,00	0,35	0,06	0,01	0,89
		%-экв	3,31	0,00	49,54	0,09	39,08	7,10	0,89	100,00
6	Арашон булоқ	мг/л	6,82	60,70	152,00	0,31	2,50	2,80	1,50	226,63
		мг-экв/л	0,19	1,26	2,49	0,03	0,12	0,12	0,04	4,26
		%-экв	4,52	29,67	58,53	0,60	2,93	2,86	0,90	100,00

Тадқиқот объектида ягона ҳисобланган булоқ суви ионлар йиғиндисининг миқдори кўллар сувидан бир неча бор юқори. Булоқ сувининг катионлар қаторида, кўллар сувидан фарқли равишда натрий (Na⁺) устунлик қилади (2,8 мг/л). Бунга булоқнинг ер ости катламларини ювиб чиқаётгани сабаб бўлиши мумкин.

Ишнинг кейинги босқичида тадқиқот объекти сифатида белгилаб олинган кўллар суви минераллашув даражасининг баландлик бўйича ўзгариши таҳлил қилинди (2-расм). Графикдаги боғланиш орқали Оҳангарон ҳавзасида шаклланган кўллар минераллашувининг баландлик бўйича ўзгариб боришини аниқлаш мумкин. Ушбу боғланишнинг корреляция коэффициенти $R^2 = 0,96$ га тенг. Ўрганилаётган кўлларнинг денгиз сатҳидан мутлоқ баландлиги камайиб борганида, уларда геологик тоғ жинсларининг ювилиши натижасида сувлар минераллашув миқдорининг ортиб бориши кузатилади.



2-расм. Кўллар минераллашувининг баландлик бўйича ўзгариши

Рис. 2. Изменение минерализации озера с высотой

Fig. 2. Change of lake mineralization with height

Хулоса. Охангарон ҳавзанинг юқори оқимида шаклланган кўлларнинг географик тавсифлари дала шароитида ўрганилиши натижасида қуйидаги хулосаларга келинди.

Тадқиқот олиб борилаётган кўл сувлари асосан атмосфера ёғинлари, музликлар ва қорнинг эриши ҳисобига тўйингани боис, уларнинг минераллашуви юқори эмас. Намуналар олинган барча кўллар ва булоқ суви ҳам гидрокарбонатли бўлиб, ичимлик учун ярқли ҳисобланади.

Тадқиқот ишларининг кейинги босқичларида ҳудудда йилнинг турли фаслларида дала тадқиқотларини амалга ошириш орқали кўллар сувининг минераллашувини йил давомида ўзгаришини баҳолаш зарур. Атмосфера ёғинлари ва кўллар сувининг гидрокимёвий таҳлиллари асосида мазкур кўллар суви сифатини доимий назорат қилиб бориш кейинги ишларнинг асосий мақсади ҳисобланади.

Миннатдорчилик. Мазкур тадқиқот “Музлик ётқизикларининг геологик хусусиятларини ўрганиш ва маъданлашувини башорат қилиш” мавзусидаги геологик қидирув ишлари доирасида бажарилди.

Муаллифлар ҳиссаси. С.С. Суванкулов: мақола ғояси, методология, раҳбарлик, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Т.И. Хисматуллин:** маълумотларни тўплаш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили, мақолани расмийлаштириш. Мақола муаллифлари қўлёзманинг нашрга тавсия этилган шакли билан танишдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Аденбаев Б.Е., Суванкулов С.С., Петров М.А. Иқлим илиши шароитида Ойгаинг ҳавзасидаги музликлардан ҳосил бўлган оқимнинг гидрокимёвий ҳолатини баҳолаш / Иқлим ўзгариши шароитида арид ҳудудлар сув ресурслари: муаммолар ва уларнинг ечимлари мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент: 2023. – Б. 93-96.

Блинова В.Л. Сравнение химического состава льда и воды некоторых ледников Кавказа и Средней Азии // МГИ. 1962. – Вып. 6. – С.144-148.

Иванов А.В. Теория криогенных и гляциогенных гидрохимических процессов. Серия гляциологии. – М.: 1987. – 235 с.

Камалов Л.Ф. Гидрохимическая характеристика бассейна р. Чирчик // Тр. САРНИГМИ. – Вып. 27(108). 1975. – С. 76-86.

Ким Г.П. Гидрохимическая характеристика верховьев Ханакасу-Ақдарья // Экология хабарномаси, №7. 2014. – Б. 44-45.

Ким Г.П. Химический сток ледниковых рек Средней Азии и его роль в экологическом состоянии региона (на примере верховья р.Чирчик). – Ташкент: 2005. – 79 с.

Колодянская А.А. Режим химического состава атмосферных осадков и их метоморфизация в зоне аэрации. – М.: АН СССР, 1963. – 167 с.

Лазарев К.Б. Гидрохимический очерк равнинной части течения реки Аму-Дарья. – М.: Изд-во АН СССР. 1957. – 107 с.

Нишонов Б.Э., Нурматов М.Н., Йўлдошева Ч.А. Охангарон дарёси минерализациясининг антропоген таъсир натижасида ўзгаришлари // Гидрометеорология ва атроф-мухит мониторинги. 2022. №2. – Б. 83-91.

Суванкулов С.С., Петров М.А., Мамиров Х.А., Акбаров Ф.Н., Хисматуллин Т.И., Сабитов Т.Ю. Определение морфологических и морфометрических показателей системы озер Арашан // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2023. № 3-4. – С. 61-71.

Томашевская И.Г., Тихановская А.А., Ким Г.П., Колдаев А.А., Лесник Л.Н., Сабитов Т.Ю. Моренные и завальные озера Республики Узбекистан как дополнительный резерв водоснабжения и фактор потенциальной опасности для зоны среднегорья. Отчет по теме прикладных исследований ФА-А7-Т118 «Рациональное природопользование и экология: рациональное использование земельных ресурсов, разработка технологий предотвращения деградации почв в условиях изменения климата». – Ташкент: 2015. – 59 с.

Томашевская И.Г., Тихановская А.А. Расчет водного баланса моренного озера как метод оценки его прорывоопасности // Геология и минеральные ресурсы. 2016. №1. – С. 68-70.

Suvonqulov S.S., Akbarov F.N., Mamirov H.A. Arashan ko'llar tizimining morfologik va morfometrik ko'rsatkichlarini aniqlash // Fundamental va amaliy geografik tadqiqotlarda innovatsiyalar. Respublika ilmiy-amaliy konferentsiya materiallari to'plami. – Toshkent: 2022. – B. 254-258.

Ni A.A., Lovelius N.V., Tikhanovskaya A.A., Bassin N.S., Petrov M.A. Ecological aspects of the variation in the morphometric and hydrochemical characteristics of Central Asian glaciers (with application of dendrochronological analysis) // Материалы гляциологических исследований. – М.: 1997. – PP. 95-99.

ПОКАЗАТЕЛИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ГОРНЫХ ОЗЕР АХАНГАРАНСКОГО БАССЕЙНА

С.С. СУВАНКУЛОВ^{1,2}, Т.И. ХИСМАТУЛЛИН²

¹ Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева, ssarkorbek@gmail.com

² Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

Аннотация: В статье приведены рН, электропроводность и общая жесткость воды озер и родника Арашанбулак, образовавшихся в нивальной зоне бассейна реки Ахангаран. На основе данных полевых исследований и лабораторных анализов определены показатели минерализации проб, отобранных из системы озер Арашан, родника Арашан Булак и Зекиркуль. Для облегчения расчетов минерализация воды определялась в величинах мг/л, мг-экв/л и %-экв. Изучена зависимость показателей минерализации озёрных вод от высоты, где они расположены.

Ключевые слова: бассейн реки, река Ахангаран, система озер Арашан, Зекиркуль, ионный состав, минерализация, электропроводность, общая жесткость, основные ионы.

**MINERALIZATION CHARACTERISTICS OF LAKES
OF AHANGARAN RIVER BASIN****S.S. SUVANKULOV^{1,2}, T.I. XISMATULLIN²**¹Institute of Geology and Geophysics named after H.M. Abdulleev, ssarkorbek@gmail.com²Hydrometeorological Research Institute

Abstract: *The pH, electrical conductivity and total hardness of water in the lakes and spring Arashanbulak formed in the nival area of the Ahangaran river basin are described in the article. The indicators of mineralization of the samples taken from the Arashan lake system, Arashan Bulak spring and Zekirkol Lake are determined based on field research data and laboratory analysis. In order to facilitate the calculations, the values of mineralization were determined in mg/l, mg-eq/l and %-eq. The correlation between the mineralization indicators of lake waters and the altitude where they are located was also analyzed.*

Keywords: *river basin, Ahangaran river, Arashan lake system, Zekirkol, ion composition, mineralization, electrical conductivity, total hardness, main ions.*

REFERENCES

Adenbaev B.E., Suvonkulov S.S., Petrov M.A. Iqlim ilishi sharoitida Oygaining havzasidagi muzliklardan hosil bolgan oqimning gidrokimyoviy holatini baholash [Assessment of the hydrochemical state of runoff formed from glaciers in the Oygaining basin in a warming climate] / Iqlim ozgarishi sharoitida arid hududlar suv resurslari: muammolar va ularning yechimlari mavzuidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiya materiallari. – Toshkent: 2023. – B. 93-96. (in Uzbek)

Blinova V.L. Sravnenie khimicheskogo sostava l'da i vody nekotorykh lednikov Kavkaza i Sredney Azii [Comparison of the chemical composition of ice and water from some glaciers in Caucasus and Central Asia] // MGI. 1962. – Vip. 6. – S.144-148. (in Russian)

Ivanov A.V. Teoriya kriogenykh i glyacziogenykh gidrokhimicheskikh protsessov [Theory of cryogenic and glaciogenic hydrochemical processes]. Seriya glyatsiologii. – M.: 1987. – 235 s. (in Russian)

Kamalov L.F. Gidrokhimicheskaya harakteristika basseyna r. Chirchik [Hydrochemical characteristics of Chirchik river basin] // Tr. SARNIGMI. 1975. – Vip. 27 (108). – S. 76-86. (in Russian)

Kim G.P. Gidrokhimicheskaya harakteristika verkhovev Hanakasu-Akdarya [Hydrochemical characteristics of the upper reaches of Khanakasu-Akdarya] // Ekologiya xabarnomasi. 2014. №7. – B. 44-45. (in Russian)

Kim G.P. Himicheskiy stok lednikovykh rek Sredney Azii i yego rol v ekologicheskom sostoyanii regiona (na primere verhovya r. Chirchik) [Chemical runoff of glacial rivers in Central Asia and its role in the ecological state of the region (using the example of the upper reaches of the Chirchik River)]. – Tashkent: 2005. – 79 s. (in Russian)

Kolodyanskaya A.A. Rejim himicheskogo sostava atmosfernih osadkov i ih metamorfizatsiya v zone aeratsii [Regime of chemical composition of atmospheric precipitation and their metamorphism in the aeration zone]. – M.: AN SSSR, 1963. – 167 s. (in Russian)

Lazarev K.B. Gidrokhimicheskiy ocherk ravninnoy chasti techeniya reki Amu-Dari [Hydrochemical sketch of the flat part of the Amu-Darya River]. – M.: Izd-vo AN SSSR. 1957. – 107 s. (in Russian)

Nishonov B.E., Nurmatov M.N., Yuldosheva Ch.A., Ohangaron daryosi mineralizatsiyasining antropogen tasir natijasida ozgarishlari [Changes of the Akhangaran river mineralization under anthropogenic influence] // Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi. 2022. №2. – B. 83-91. (in Uzbek)

Suvankulov S.S., Petrov M.A., Mamirov Kh.A., Akbarov F.N., Khismatullin T.I., Sabitov T.Yu. Opredelenie morfologicheskikh i morfometricheskikh pokazatelej sistemy ozer Arashan [Determination

of morphological and morphometric parameters of the Arashan lake system] // Sentralnoaziatkiy jurnal geograficheskix issledovaniy. 2023. № 3-4. – S. 61-71. (in Russian)

Tomashevskaya I.G., Tihanovskaya A.A., Kim G.P., Koldaev A.A., Lesnik L.N., Sabitov T.Yu. Morennye i zavalnye ozera Respubliki Uzbekistan kak dopolnitelnyj rezerv vodosnabzheniya i faktor potentsialnoj opasnosti dlya zony srednegorya [Moraine and dam lakes of the Republic of Uzbekistan as an additional water supply reserve and a potential danger factor for the mid-mountain zone]. Otchet po teme prikladnix issledovaniy FA-A7-T118, «Ratsionalnoe prirodopolzovanie i ekologiya: ratsionalnoe ispolzovanie zemelnix resursov, razrabotka texnologiy predotvrasheniya degradatsii pochv v usloviyax izmeneniya klimata». – Tashkent: 2015. – 59 s. (in Russian)

Tomashevskaya I.G., Tikhanovskaya A.A. Raschet vodnogo balansa morennogo ozera kak metod ocenki ego proryvoopasnosti [Calculation of the water balance of a moraine lake as a method for assessing its breakthrough hazard] // Geologiya i mineralnie resursi. 2016. №1. – S. 68-70. (in Russian)

Suvankulov S.S., Akbarov F.N., Mamirov Kh.A. Arashan kollar tiziminiy morfologik va morfometrik korsatkichlarini aniqlash [Determination of morphological and morphometric indicators of the Arashan lakes system] / Fundamental va amaliy geografik tadqiqotlarda innovatsiyalar. Respublika ilmiy-amaliy konferentsiya materiallari toplami. – Toshkent: 2022. – B. 254-258. (in Uzbek)

УДК: 551.578

USING MODIS DATA TO ASSESS CHANGES IN SNOW COVER IN THE URADARYA RIVER BASIN

B.E. NISHONOV¹, A.J. MAMARAIMOV^{1*}

¹ Hydrometeorological Research Institute, bnishonov@mail.ru, adkhamma@gmail.com

Abstract. *Snow is the main component of the runoff formation on mountain rivers in Central Asia, and it is critical for seasonal water availability. Therefore, snow data are particularly important in high mountain areas, where the snowpack persists for longer periods and snowmelt provides runoff and water supply for the downstream populations. However, due to the limited number of meteorological stations in remote high mountain river basins, snow data are not sufficient. In this case, the remote sensing method can be used to obtain daily snow data for high mountain basins. Therefore, we used Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) snow cover data in this research. The MODIS snow cover data were processed by using the MODSNOW-Tool. This tool was used to generate daily cloud-free spatially distributed snow cover data were generated for the Uradarya River Basin over the last 20 years (2001-2020), which was used to assess the snow cover changes in the basin. Analyses based on the processed MODIS data showed that more snow years were observed in 2007 (95.82%), 2015 (98.16%), 2019 (43.78%) and less snow years in 2004 (19.29 %), 2016 (10.60 %), 2018 (15.05%). The main advantage of MODSNOW-Tool is that it contains spatio-temporal snow statistics for predefined basins. These data are valuable information for the hydrological purposes, and monitoring of daily snow cover dynamics in remote high mountain areas at basin scale.*

Keywords: *snow cover data, mountain river basin, remote sensing, MODSNOW-Tool, Uradarya River.*

Introduction. Snow is the main component of the mountain river runoff in Central Asia, and is critical for seasonal water availability [Xenarois et al., 2018]. The source of water from melting snow in mountain rivers provides not only for agricultural production in the summer season, but also for water storage in water reservoirs for energy production in the winter season [Hall et al., 2002]. Therefore, snow data are particularly important in high mountain areas where the snowpack persists for longer periods and snowmelt provides runoff and water supply for the

* Corresponding author: adkhamma@gmail.com, phone: +998 90 900-50-84

downstream populations [Gafurov and Bardossy, 2009]. However, the number of meteorological stations in high mountain river basins is limited [Third..., 2016]. Moreover, snow data from meteorological stations (traditional stations) are not sufficient to describe remote high elevation mountain areas with very different topography [Gafurov et al., 2016]. In this case, the remote sensing method can be used as an alternative data to improve the accuracy of hydrological forecasting and monitoring of snow cover dynamics in remote mountain river basins. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data are a good option for such regions with limited data availability. Because MODIS snow data are available on a daily basis, they can be freely obtained. However, there is the only limitation to directly using the daily MODIS snow product for environmental studies is cloud cover. There is no observation under the cloud cover. In order to reduce or remove the cloud fraction, several methods have been developed based on MODIS snow cover images. In particular, a cloud removal method was developed based on the daily snow product of MODIS A1 for Central Asia and Xinjiang (China) [Xiaoqi et al., 2017]. Another method with successful results was performed by Gafurov and Bárdossy, which was resulted in removing all cloud cover in Central Asian regions [Gafurov and Bardossy, 2009]. The accuracy of the MODSNOW-Tool in cloud removal was validated for Central Asian river basins, and the average accuracy was achieved at 94 % [Gafurov et al., 2016].

The aim of this research is to study the snow cover changes in the Uradarya mountain river basin (data limited region) using remote sensing data. To describe the snow cover changes, the results were presented as snow cover maps at basin scale for the last twenty years (2001-2020). In addition, the results of the spatial snow cover products were statistically analyzed with observed (in situ) snow depth data.

Study area. This research focused on to studying the dynamics of snow cover in the Uradarya River basin over the period from 2001 to 2020. The river originates in the western part of the Gissar mountain system. It flows towards to the Kamashi, and Dekhkanabad districts of the Kashkadarya region (Fig. 1).

The Uradarya River is the right inflow of the Guzardarya River, which flows into the Kashkadarya River. The length of the river is 113 km and the area of the basin is 1410 km². The runoff of the river is formed by snow, rain, and spring water. The formation of the permanent snow cover usually takes place in December, and the melting of the snow starts in the beginning of March.

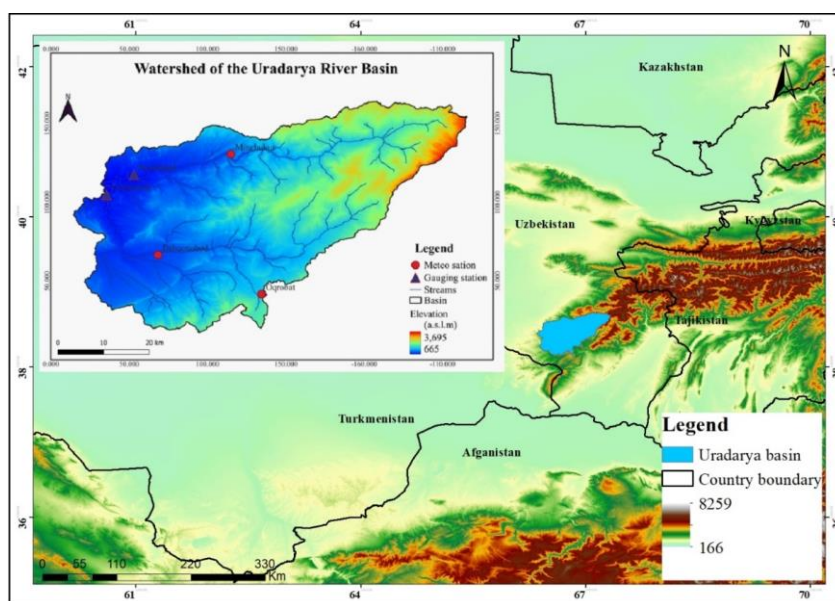


Fig. 1. Study Area – Uradarya River Basin

Data and Methodology. The Data. Many geophysical products are derived from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data, including global snow cover data. The MODIS ice and snow data have been available from the National Snow and Ice Data Center (NSIDC) since September 13, 2000 [Hall et al., 2002]. In addition, the observed snow depth data from the Minchukur meteorological station in the study area were used as in situ data.

Method. The MODSNOW-Tool uses the daily MODIS (MOD10A and MYD10A, version V005 and V006) binary snow cover data with 500-m spatial resolution obtained from the National Snow and Ice Data Center [Gafurov et al., 2016]. The output data of the MODSNOW-Tool are the daily cloud-free snow cover report of the river basin, and the daily spatiotemporal snow statistics in the predefined basin (Fig. 2).

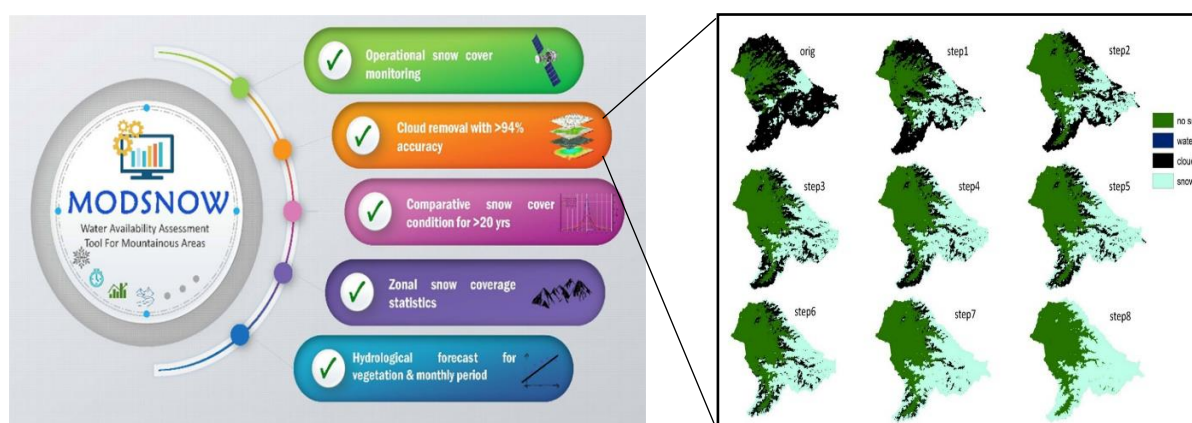


Fig. 2. Data process of the MODSNOW tool (Gafurov et al., 2016)

Spatially distributed snow cover maps were created for the study area using ArcGIS. In addition, historical changes in snow depth in the study area were statistically analyzed.

Results. Daily snow cover data were generated using the MODIS snow product, which was processed by the MODSNOW-Tool. In fact, snow reserves at the end of winter, and the beginning of spring would be sufficient to analyze snow changes on an annual scale. This is because this period is a peak accumulation period of snow in high mountain river basins of Uzbekistan. In particular, according to long-term observations, the snow ablation period starts at the end of winter season in the Uradarya basin due to climatic conditions and geographical location. Therefore, snow cover maps on a daily scale on February 28 in 2001-2020 were made for the study area (Fig. 3).

The obtained results showed that more snow years were observed in 2007 (95.82%), 2015 (98.16%), 2019 (43.78%) and less snow years in 2004 (19.29 %), 2016 (10.60 %), 2018 (15.05%). These results outlined the annual snow reserve (availability) in the basin. In parallel, the obtained data can be used to estimate the expected runoff for the vegetation period. In addition, data on daily snowpack dynamics are crucial to assess the snowmelt processes and flood events at the basin scale.

In this study, as mentioned earlier, the MODIS remote sensing product data were used to assess snow cover changes in the basin. To compare the accuracy of the spatial product of snow cover, the dynamics of snow cover (SC as spatial data) and snow depth (SD as in situ data) in March were presented (Fig. 4).

In this case, the importance of snow data values in March for the vegetation period was considered. Over the study period, almost the same trends can be seen in both parametric (SC and SD) changes. In particular, when there were more SC years (2003, 2007, 2012, and 2019), higher SD years were observed. Otherwise, when there were less SC years (2004, 2016, and 2018), lower SD years were observed, respectively.

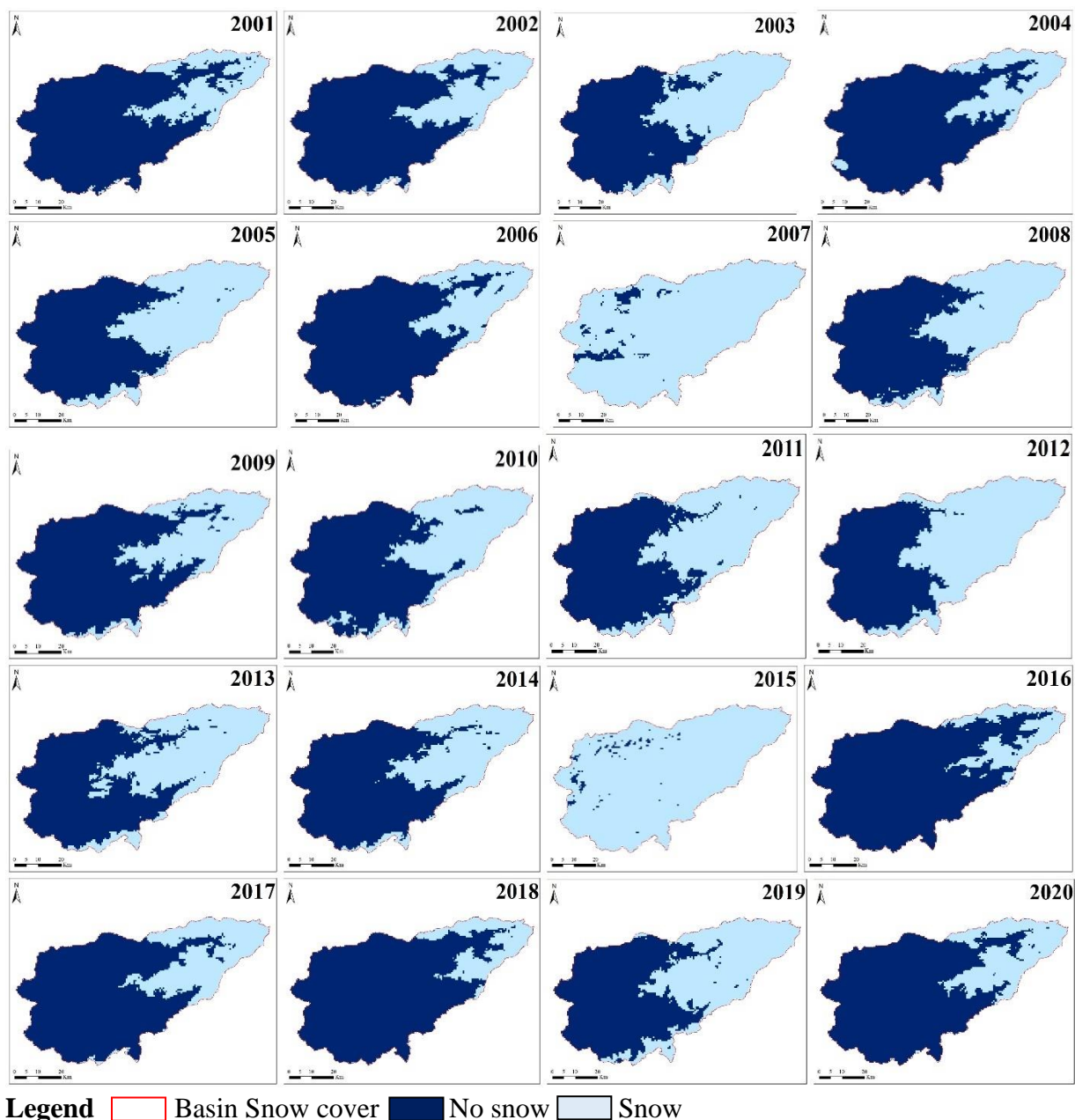


Fig. 3. Changes of snow cover in the Uradary River Basin on February 28 in the period 2001-2020

The snow cover maps show a location of snow cover area in the basin, here light blue color is snow cover area, and dark blue color is land area (no snow). If light blue color is more covered in the basin, it means more snow. Otherwise, if dark blue color is more covered in basin, it means less snow.

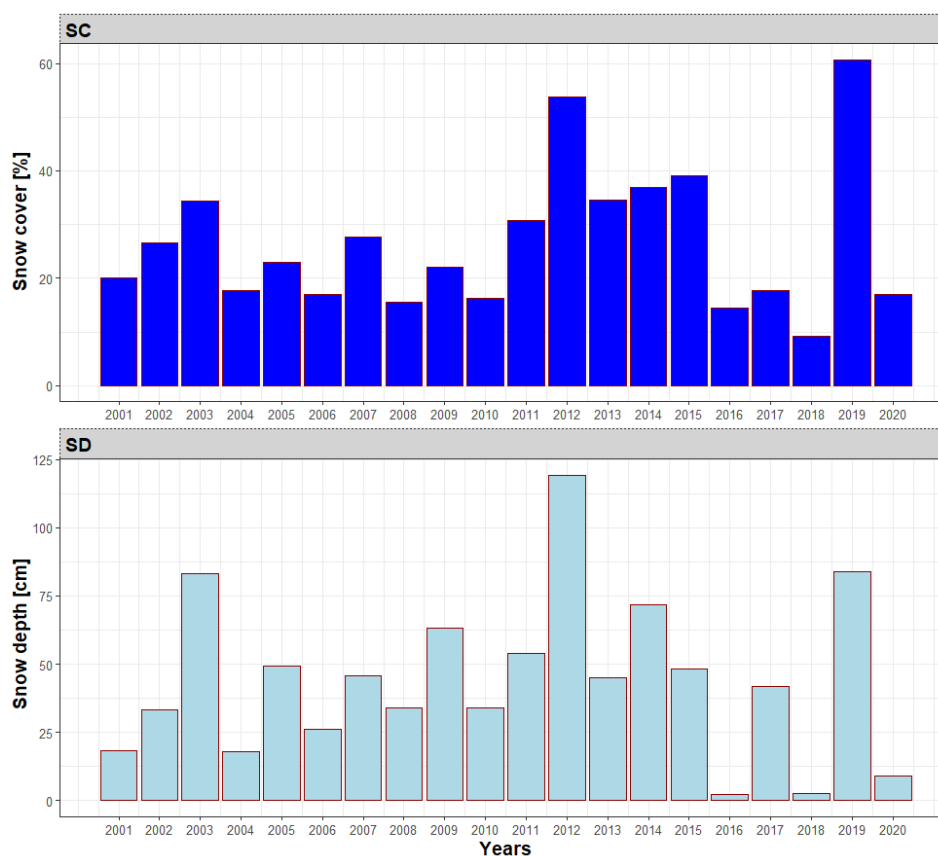


Fig. 4. Dynamics of mean snow cover (SC) and snow depth (SD) in March for the period 2001-2020

Discussion. In this study, snow cover changes were assessed using the MODIS snow product, and the accuracy of the spatial (MODIS) snow product was compared with observed (in situ) snow data in the study area. Pearson's correlation analysis was also performed to present more detailed changes in SD and SC for the study period. For this correlation analysis, the mean values of the SD and SC in March were used as two variables. As a result, the two variables were positively correlated ($R=0.84$), and showed a statistically significant value $p<0.001$ (Fig. 5).

According to the obtained statistical results, it can be seen that the processed (by MODSNOW-Tool) remotely sensed snow data in this study performed well in terms of accuracy with in situ data. Statistical analyses were also performed to assess the impact of seasonal snowpack dynamics on the annual mean discharge in the basin (Fig. 6). For this purpose, the period of maximum snow accumulation (the last day of February) was chosen as the seasonal snow reserve, and the annual average basin discharge was chosen as an indicator of the annual discharge.

The statistical analyses showed that more discharge was observed in 2005, otherwise less was discharged in 2018 in the basin. Notably, the analyses confirmed that a more snow-covered season contributed to the increase in basin discharge in 2005. Conversely, a less snow-covered season impacted to decrease discharge in 2018.

Similarly, a comparative analysis of the dynamics of snow cover change in the Uradarya and Pskem river basins in February (Fig. 7) was performed, considering the peak snow accumulation period. Since we purposed to examine the monthly dynamics of snow cover in another regional basin with almost similar altitudinal zones as the Pskem River basin. For February, all areas of the Pskem River basin were almost covered with snow, which ranged from 98% to 100% during the years 2001-2020. However, the trend in the Uradarya River basin

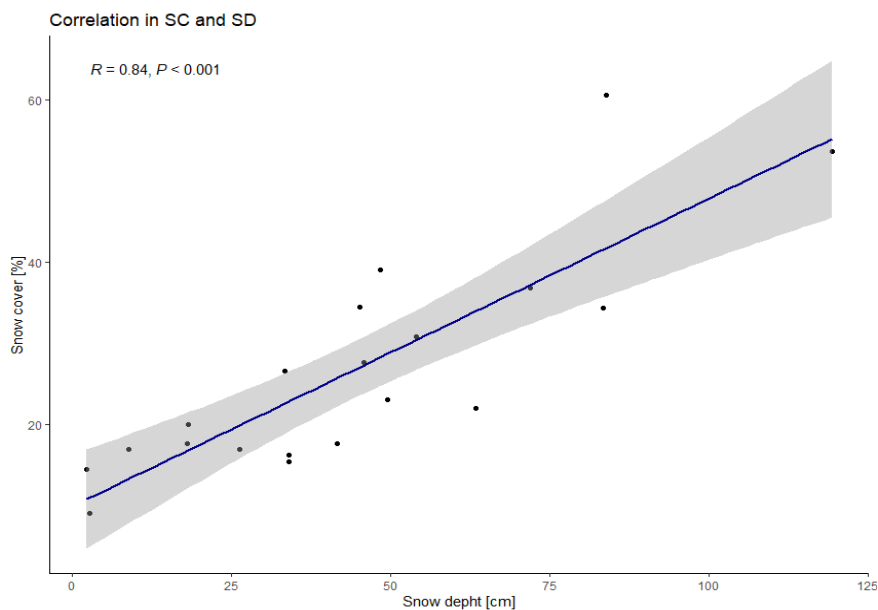


Fig. 5. Correlation analysis in SC and SD (mean values of SC and SD for March).

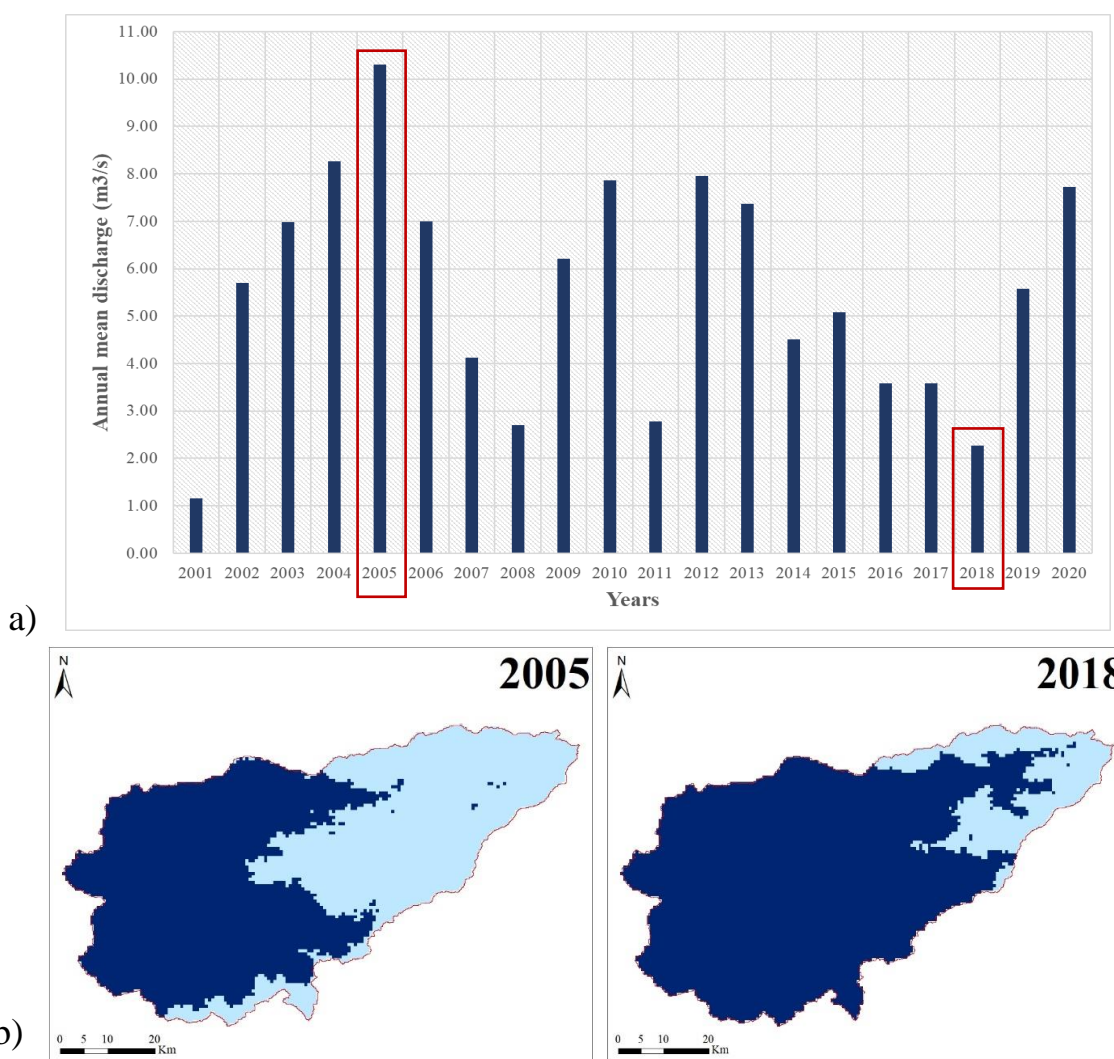


Fig. 6. Effects of seasonal snow cover on mean annual discharge in the Uradarya River Basin (a) mean annual discharge and b) snow cover on 28 February in 2005 and 2018)

showed a much smaller area covered by snow for the study period. In this basin, it is noteworthy that the trend dynamics have been highly variable during the last twenty years. In particular, the downward trend was particularly pronounced in the last decade (2010-2020), except in 2020. In general, the trend dynamics for both basins were found to be statistically insignificant values $p=0.820$, and $p=0.205$, respectively.

By analyzing the MODIS snow product for the Uradarya basin, it is found that SC and SD correlated well, it performed that changes in the area snow cover had a significant impact on the annual average runoff in the basin, as well as a strong variation in the snow cover dynamics was determined on the February monthly scale during the years 2001-2020.

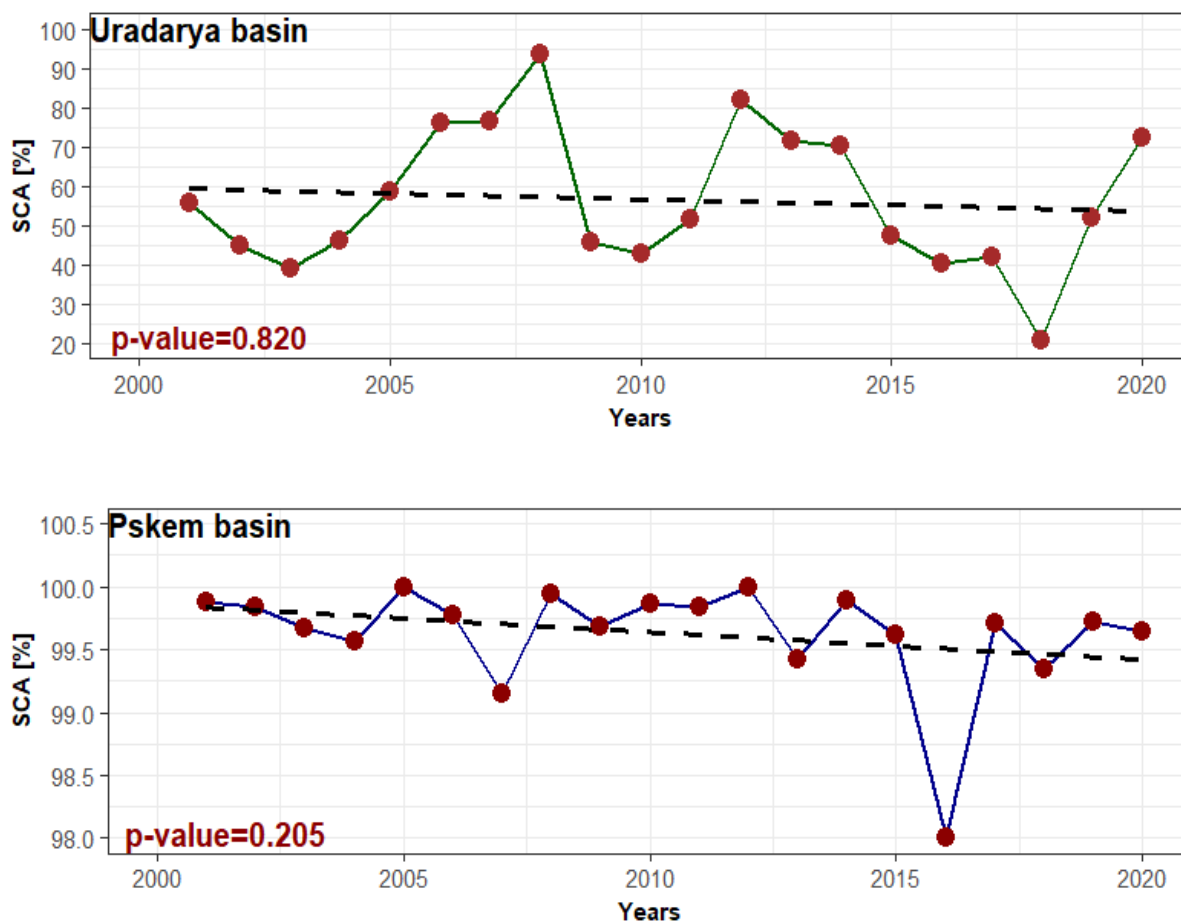


Fig. 7. Dynamics of snow cover days in the Pskem and Uradarya River Basins for February in 2001-2020

Daily percentages of snow cover area were averaged on a monthly scale and the results are presented as percentages (SCA)

Conclusion. To assess the snow cover changes in data-limited region such as the Uradarya River basin, we intended to use the MODIS remote sensing data in this study. Since MODIS has a daily spatial snow product on a global scale, but the use of spatial snow data has a single disadvantage is cloud cover. For this solution, MODIS data have been processed by the MODSNOW-Tool, which is can be get a daily cloud-free snow cover data on basin scale.

The results based on the processed MODIS snow cover data showed that more snow years were observed in 2007, 2015, 2019 and less snow years in 2004, 2016, 2018.

The processed MODIS snow cover data performed a good statistical accuracy with the observed (in situ) snow depth data in the basin.

It is found that changes in the areal snow cover have a significant impact on the average annual runoff in the basin. In addition, the snow cover data obtained can be used as an indicator in the study of climate change in the basin (high mountain areas).

The results presented show that the MODIS snow product represents essential remote sensing data to estimate the impact of snow cover changes on runoff in the remote high mountain basins,

In conclusion, the MODIS snow product represents unique data for estimating snow cover changes, the raw data of which were processed by the MODSNOW tool. It is important to note that the output data of the tool include spatio-temporal snow statistics at the basin scale.

Acknowledgements. This study was carried out within the framework of the research project IL-5721122065 "Development of technology for assessing the impact of climate change on the water resources of Uzbekistan to strengthen adaptation potential in water sector and agriculture", funded by the Agency for Innovative Development of the Republic of Uzbekistan.

Contribution of the author. B.E. Nishonov: advised on the study of the snow cover changes, participated in the design of the research and reviewed the manuscript. **A.J. Mamaraimov:** conducted the study of snow cover changes using the MODIS data at the basin scale and drafted the manuscript. The authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

Apel H., Abdykerimova Z., Agalhanova M., Baimaganbetov A., Gavrilenko N., Gerlitz L., Kalashnikova O., Unger-Shayesteh K., Vorogushyn S., Gafurov A. Statistical forecast of seasonal discharge in Central Asia using observational records: developing of a generic linear modeling tool for operational water resource management // Journal of Hydrology and Earth System Sciences. 2018. 22. – PP. 2225. doi.org/10.5194/hess-22-2225-2018.

Gafurov A., Bardossy A. Cloud removal methodology from MODIS snow cover product // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2009. 13. – PP. 1361. doi.org/10.5194/hess-13-1361-2009

Gafurov A., Ludtke S., Unger-Shayesteh K., Vorogushyn S., Schone T., Schmidt S., Kalashnikova O., Merz B. MODSNOW-Tool: an operational tool for daily snow cover monitoring using MODIS data // Environmental Earth Science. 2016. 75. – PP.1-3. doi.10.1007/s12665-016-5869-x.

Hall K., George A., Vincent V., Nicolo E., Klaus J. MODIS snow-cover products // Journal of Remote Sensing of Environment. 2002. 83. – PP.181.

Third National Communication of the Republic of Uzbekistan under the UN Framework Convention on Climate Change. Centre of Hydrometeorological Service (Uzhydromet). 2016. – PP. 99-104. DOI: <http://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-4-507-517>.

Xenarios S., Gafurov A., Schmidt D., Sehring J., Manandhar S., Hergarten Ch., Shigaeva J., Foggin M. Climate change and adaptation of mountain societies in Central Asia: uncertainties, knowledge gaps, and data constraints // Regional Environmental Change. 2018. – P. 4. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1384-9>.

Xiaoqi Yu., Qiu Yu., Guo H and Chen L. Cloud removing method for daily snow mapping over Central Asia and Xinjiang, China. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. 57. doi:10.1088/1755-1315/57/1/012048.

ЎРАДАРЁ ҲАВЗАСИДА ҚОР ҚОПЛАМИНИНГ ЎЗГАРИШИНИ БАҲОЛАШДА MODIS МАЪЛУМОТЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ

Б.Э. НИШОНОВ¹, А.Ж. МАМАРАИМОВ^{1*}

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

Аннотация. Ўрта Осиёдаги тоғ дарёлари оқимининг ҳосил бўлишида қор асосий манба бўлиб, сув билан мавсумий таъминланиш тоғдаги қор захираларига боғлиқ. Шу сабабли, қор

қоплами ҳақидаги маълумотлар, айниқса, баланд тоғли ҳудудларда муҳим аҳамиятга эга, чунки бу ҳудудларда қор қоплами узоқ вақт сақланиб туради ва қор эриши куйи оқимдаги аҳолини сув билан таъминлайди. Бироқ, узоқ баланд тоғли дарёлар ҳавзаларида метеорология станцияларининг чекланган сони туфайли қор қопламини тавсифлаш учун маълумотлар етарли эмас. Бундай ҳолда, масофадан зондлаш ёрдамида баланд тоғлардаги дарёларнинг ҳавзаларида қор қопламининг ҳолати тўғрисида кунлик маълумотларни олиш мумкин. Ушбу тадқиқотда биз Ўрта аниқликдаги тасвир спектрорадиометри (MODIS)дан олинган қор қоплами маълумотларидан фойдаландик. MODIS қор қоплами маълумотлари MODSNOW-Tool дастури ёрдамида қайта ишланди. Натижада 20 йил (2001-2020 йй.) давомида Ўрадарё ҳавзасида қор қопламининг булутсиз фазовий тақсимланган кунлик маълумотлари олинди, улардан ҳавзадаги қор қопламининг ўзгаришини баҳолашда фойдаланилди. Қайта ишланган MODIS маълумотлари асосида таҳлил натижалари шуни кўрсатдики, кўп қорли йиллар 2007 йилда (95,82%), 2015 йилда (98,16%), 2019 йилда (43,78%) ва камроқ қорли йиллар 2004 йилда (19,29%), 2016 йилда (10,60%), 2018 йилда (15,05%) кузатилган. Масофадан зондлаш (MODSNOW-Tool) маълумотларининг асосий афзаллиги улар ўрганилаётган дарё ҳавзалари учун вақт ва ҳудуд бўйича қор қоплами ҳақидаги маълумотларни ўз ичига олади. Бу гидрологик мақсадларда ва узоқ баланд тоғли ҳудудларда кунлик қор динамикасини ҳавза бўйлаб мониторинг қилиш учун қимматли маълумотларни беради.

Калит сўзлар: қор қоплами маълумотлари, тоғ дарёси ҳавзаси, масофадан зондлаш, MODSNOW-Tool, Ўрадарё дарёси.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ MODIS ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В БАССЕЙНЕ РЕКИ УРАДАРЬЯ

Б.Э. НИШОНОВ¹, А.Ж. МАМАРАИМОВ^{1*}

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

Аннотация. Снег является основным компонентом в формировании стока горных рек Центральной Азии и от снегозапасов зависит сезонная водообеспеченность. Поэтому, данные о снежном покрове особенно важны в высокогорных районах, где снежный покров сохраняется длительное время, а таяние снега обеспечивает сток и водоснабжение населения, проживающего ниже по течению. Однако, в удаленных бассейнах высокогорных рек для описания снежного покрова данных недостаточно из-за ограниченного числа метеорологических станций. В этом случае, для получения ежедневных данных о состоянии снежного покрова в высокогорных бассейнах можно использовать метод дистанционного зондирования. В настоящем исследовании мы использовали данные о снежном покрове, полученные спектрорадиометром с формированием изображений умеренного разрешения (MODIS). Данные о снежном покрове MODIS были обработаны с помощью программы MODSNOW-Tool. В результате были получены ежедневные безоблачные пространственно распределенные данные о снежном покрове в бассейне реки Урадарья за последние 20 лет, которые были использованы для оценки изменений снежного покрова в бассейне. Анализ на основе обработанных данных MODIS показал, что более снежные годы наблюдались в 2007 (95,82 %), 2015 (98,16 %), 2019 (43,78 %) годах, а менее снежные годы в 2004 (19,29 %), 2016 (10,60 %), 2018 (15,05 %) годах. Основным преимуществом данных дистанционного зондирования MODSNOW-Tool является то, что они включают пространственно-временную статистику снежного покрова для рассматриваемых бассейнов. Эти данные являются ценной информацией для гидрологических целей и мониторинга суточной динамики снежного покрова в удаленных высокогорных районах в масштабах бассейна.

Ключевые слова: данные снежного покрова, бассейн горной реки, дистанционное зондирование, MODSNOW-Tool, река Урадарья.

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ / МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ / ENVIRONMENTAL MONITORING

УДК 528.88+551.578.48

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛАВИН ВЛАЖНОГО И СУХОГО СНЕГА В РАЙОНЕ ПЕРЕВАЛА КАМЧИК НА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ SENTINEL-1

Э.Р. СЕМАКОВА^{1**}, М.Г. ПОТОРЖИНСКИЙ¹, В.П. САФРОНОВ²,
Д.Г. СЕМАКОВ¹, Ч.Т. ШЕРДАНОВ¹

¹ Астрономический институт имени Мирзо Улугбека Академии Наук Республики Узбекистан, ella@astrin.uz

² Агентство гидрометеорологической службы

Аннотация. В работе приведены результаты обработки радиолокационных космических данных Sentinel-1 с целью выявления следов снежных лавин, сошедших в районе перевала Камчик при различных метеорологических условиях. Предложен алгоритм идентификации лавин, различных по объему лавинных отложений, влажности и генезису снега с учетом периодичности, направления орбиты и поляризации съемки, а также уклона местности, что позволяет с наибольшей вероятностью выявить зоны отрыва и места останковки рассмотренных случаев схода снежных лавин.

Ключевые слова: снежные лавины, свойства снега, Sentinel-1, радиолокационная космическая съемка, метеорологические условия, район перевала Камчик.

Введение. Известно, что снежные лавины являются одним из опасных природных явлений в горах, сход которых приводит к простоям автодорог, разрушению инфраструктуры и даже к жертвам.

Для перспективных задач прогнозирования лавинной опасности в горных районах Узбекистана необходимо знать распространение лавин при сопутствующих снежно-метеорологических условиях.

Преимущества применения всепогодной радиолокационной космической съемки в задачах картографирования снежных лавин очевидны. В отличие от традиционных методов наземных наблюдений и оптической космической съемки, технологии радарной космической съемки позволяют получить полезную информацию в условиях плохой видимости в зимний период, при обильных снегопадах и метелях, характерных для возникновения схода снежных лавин.

Вопрос изучения снежных лавин технологиями радиолокационной космической съемки является достаточно новым и, в основном, освещен в работах для горных районов Норвегии и Швейцарии [Eckerstorfer et al., 2016, 2017, 2019; Leinss et al., 2020; Hafner et al., 2021]. Полученный опыт обнаружения и мониторинга лавин на радарных снимках основан на использовании метода Change Detection (метод обнаружения изменений), который позволяет увидеть изменения между двумя датами съемок, до схода лавины и после ее схода. На большом материале исходных данных в норвежских районах был

* Ответственный автор: ella@astrin.uz, тел.: +998 90 128-78-20

разработан критерий порогового значения относительной яркости снимков Sentinel-1, позволяющий выявить 82% всех лавин; для швейцарских районов выявлен минимальный размер лавин, который мог бы идентифицироваться на снимках TerraSAR-X (500 м²) и Sentinel-1 (2000 м²). Рассматривая преимущества и недостатки этих съемочных систем в сравнении с высокоточной оптической съемкой SPOT-6, получен вывод о необходимости анализа более длительных временных рядов радиолокационного картографирования лавин, что позволит выявить влияние снежно-метеорологических условий на скорость обнаружения лавин радиолокационными методами [Leinss et al., 2020; Hafner et al., 2021].

Целью настоящей работы являлась оценка возможности обнаружения лавин разного генезиса и влажности снега в выбранном районе исследования на снимках Sentinel-1 для разработки в дальнейшем метода идентификации снежных лавин в горных районах Узбекистана.

Районом исследования выбран район перевала Камчик, где специализированные стандартные наблюдения за снежными лавинами проводятся снеголавинной станцией Узгидромета. В задачи станции входит обеспечение безопасности автодороги Ташкент-Ош в районе перевала, где в отдельные годы сходило более 150 лавин различного объема.

Объектом исследования являются снежные лавины района перевала Камчик.

Предметом исследования выбран след сошедших лавин на радиолокационных космических снимках, в частности, зоны отрыва, транзита и остановки снежных лавин.

Исходными данными являлись доступные спутниковые данные Sentinel-1 двух поляризаций (VV и VH), разного направления орбиты съемки (восходящей и нисходящей) на даты до схода лавин и после схода лавин в данном районе исследования. Поляризация – это передаваемый и получаемый сигнал, распространяющийся в определенной плоскости. При линейной поляризации плоскости могут располагаться горизонтально (H) и вертикально (V). Комбинирование разных видов поляризации может улучшить детальность дешифрирования объектов, например, позволит определить различные классы растительности [Sentinel-1]. Поэтому в данной работе при анализе используемых снимков уделялось внимание всем свойствам этой космической съемки.

Для отработки методики рассматривались фактические случаи схода лавин, к примеру, массовый сход лавин 16 и 18 февраля 2023 г. Объем лавин в лавиноборах оценивался в эти дни от 1300 м³ до 12000 м³ в условиях снегопада с дождем при ветровой деятельности юго-восточного направления (16 февраля) и снегопада с метелями (18 февраля). Для детального анализа выбран 44-й лавинобор, где в разное время сходили крупные лавины различного генезиса и влажности, к примеру, 27 декабря 2017 г. объемом 48 000 м³ сухого метелевого снега и 12 марта 2022 г. объемом 420 000 м³ мокрого старого снега, сошедшая по горизонтам разрыхления.

Методика работы заключалась в использовании как алгоритма обнаружения изменений по данным формата SLC [Eckerstorfer et al., 2019], так и разработанного подхода арифметического вычитания комбинированных снимков формата GRD [Семакова и др., 2023; Семакова, Поторжинский, 2023].

Предварительно были выполнены процедуры радиометрической калибровки, фильтрации спекл-шума различными подходами и геометрической коррекции.

Для обработки и проведения тематического дешифрирования снимков использовалось доступное программное обеспечение SNAP, разработанное Европейским космическим агентством. Периодичность съемки со спутника Sentinel-1A составляет 12 дней. В процессе работы был создан инструмент автоматического пакетного режима одновременной обработки данных разнонаправленной съемки и получения статистики минимальных и максимальных значений коэффициентов обратного рассеяния.

Для устранения ложноположительных обнаружений участков схода снежных лавин использовался критерий пороговых значений уклона местности на данной территории, с которого могут сходить лавины, в качестве основного фактора контроля схода лавин.

На основе выбранных значений уклона местности сформированы две маски участков (для участков отрыва и для участков остановки снежных лавин), которые позволили с наибольшей вероятностью идентифицировать снежные лавины.

В целях оценки качества проведенных расчетов по отношению к выбору направления орбиты съемки и лучшей поляризации, проведен сравнительный анализ всех полученных вариантов для каждой лавины с использованием инструментов наложения геоинформационных систем. При этом отдельно рассматривались лавины сухого снега и влажного снега, и затем таких генетических типов, характерных для данного района, как метелевые лавины, и лавины старого снега по разрыхленным горизонтам. Для устранения эффекта затененных областей, присущих радарной космической съемке в горных районах, и одновременного анализа склонов различной ориентации, был использован алгоритм сложения результатов, полученных по данным нисходящего и восходящего направления орбиты съемки системы Sentinel-1.

Результаты и их обсуждение. По результатам предварительной обработки снимков восходящего и нисходящего направления орбиты съемки, для двух вариантов поляризации VV и VH, с последующим вычитанием радарных сигналов спутника Sentinel-1, произошедших сразу после лавины от сигналов, пришедших до лавины, и с учетом маски уклонов местности, был проведен совместный анализ ряда графического материала (рис. 1-3), где синим цветом отмечены места остановки снежных лавин, голубым цветом – места отрыва снежных лавин, и выполнено сопоставление с фактическими наблюдениями.

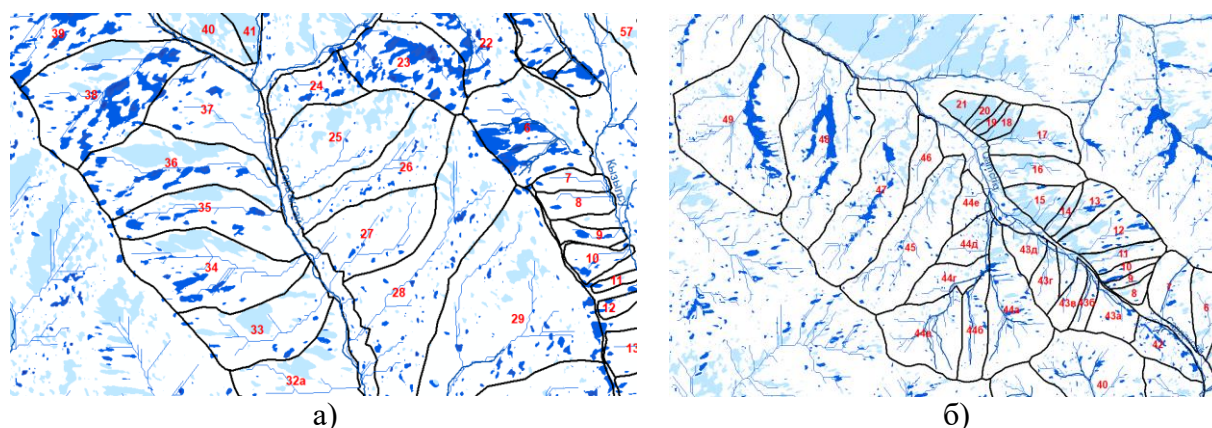


Рис. 1. Следы снежных лавин (16-18 февраля 2023 г.) на снимках Sentinel-1, полученных при: а) восходящем направлении орбиты съемки, б) нисходящем направлении орбиты съемки

Fig. 1. Snow avalanches traces (16-18 February 2023) on Sentinel-1 images, a) Ascending orbit, b) Descending orbit

1-расм. Қор кўчкиларининг Sentinel-1 тасвирларидаги излари (16-18 февраль 2023 й.), а) кўтарилиш орбитасида, б) тушиш орбитасида

Результаты показали, что независимо от метеоусловий, сопутствующих сходу лавин (температура воздуха 16.02.2023 г. составляла $-0,8^{\circ}\text{C}$, сумма осадков (снег, дождь) 47,4 мм; 18.02.2023 г. – $-3,9^{\circ}\text{C}$, 1,1 мм, метель; 12.03.2022 г. – $+2,7^{\circ}\text{C}$, снег, дождь 94,7 мм;

27.12.2017 г. – $-11,4^{\circ}\text{C}$, снег 20,8 мм), и, соответственно, независимо от генезиса и влажности лавин, разработанная методика с автоматизированным пакетом решений позволила одинаково хорошо идентифицировать лавины любого типа снега на снимках Sentinel-1. При этом на рисунках одного направления орбиты съемки были лучше представлены зоны отрыва лавин, а в случае противоположной орбиты – зоны отложения лавин.

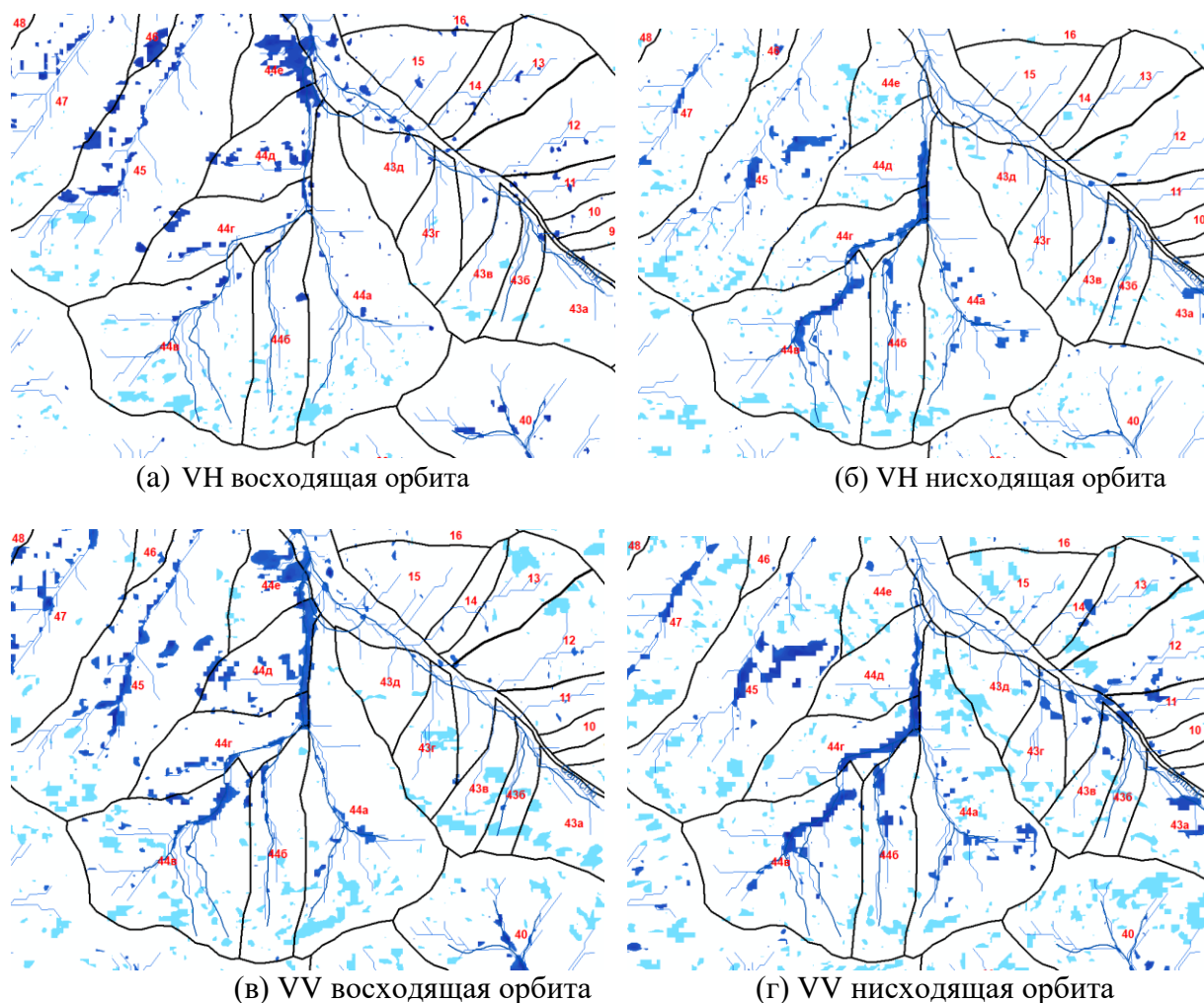


Рис. 2. Следы снежной лавины, сошедшей 12 марта 2022 г., на снимке Sentinel-1, в поляризации VH (а, б) и VV (в, г)

Fig. 2. Traces of a snow avalanche released on 12 March, 2022 in the Sentinel-1 image with VH (a, b) and VV (c, d) polarization

2-расм. 2022 йил 12 мартда содир бўлган қор кўчкисининг VH (а, б) ва VV (в, г) қутбланишли Sentinel-1 тасвирларидаги излари

Для генерализации полученных результатов имеется возможность создать обобщающую карту лавинных событий путем совмещения результатов по восходящей орбите (вычитание сигналов, к примеру, 15 марта и 3 марта 2022 г., рис. 2) и нисходящей (вычитание сигналов 21 и 9 марта 2022 г.). Сравнение сигнатур поляризации показало, что перекрестная поляризация (VH) выявила меньшую площадь зон отрыва лавин, чем

сополяризация (VV), однако полученные выводы требуют уточнения по мере увеличения статистической выборки рассматриваемых случаев схода лавин.

При сравнении результатов идентификации крупных лавин, сошедших в разное время в 44-м лавиносборе, необходимо отметить, что реальный объем мокрой лавины старого снега 2022 г. был в 9 раз больше объема сухой лавины метелевого снега 2017 г. (48 000 м³), что явно прослеживается при их идентификации по результатам обработки, однако выделенные площади зон отрыва отличаются незначительно, что, возможно, связано с особенностями рельефа данного лавиносбора.

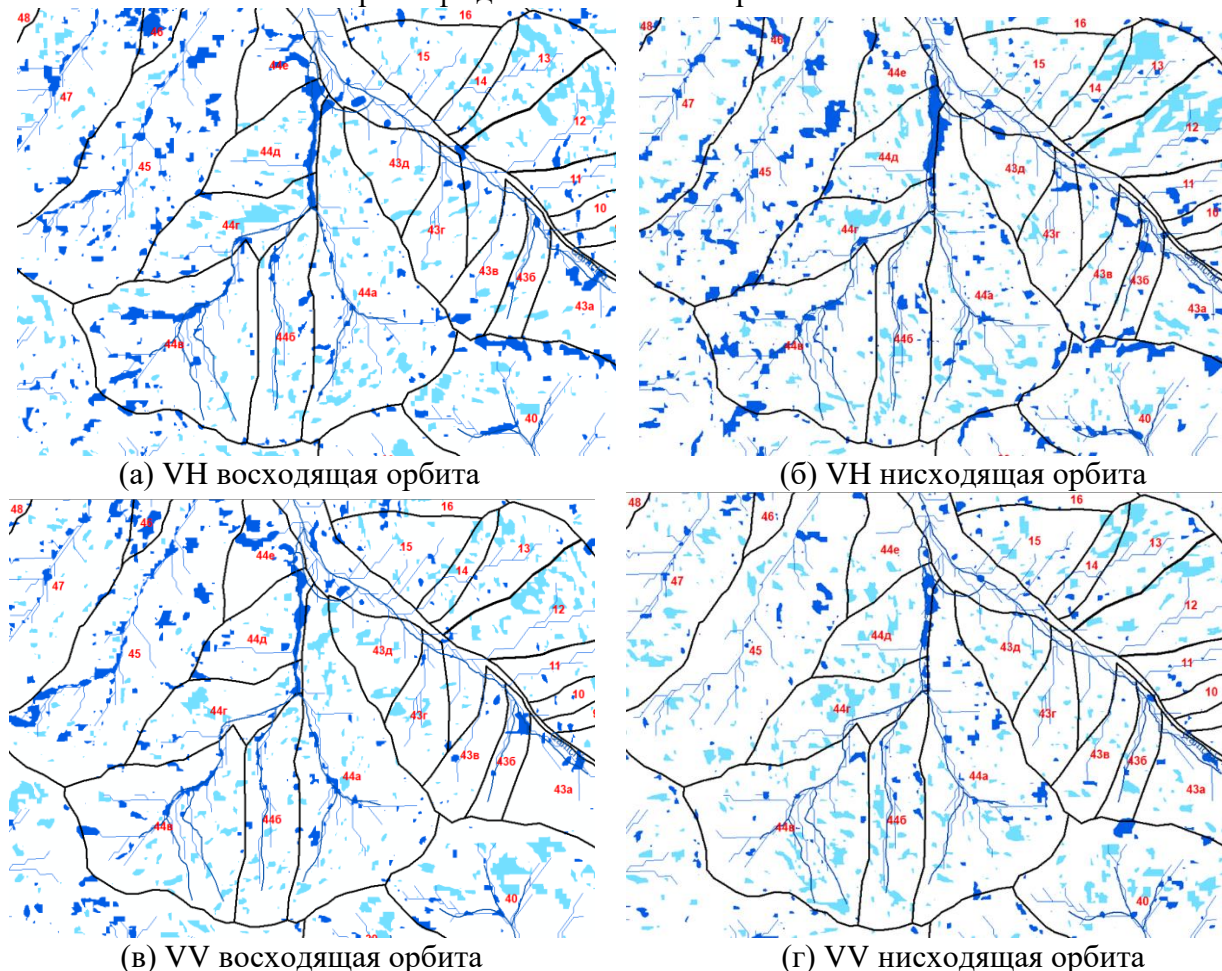


Рис. 3. Следы снежной лавины, сошедшей 27 декабря 2017 г., на снимке Sentinel-1, в поляризации VH (а, б) и VV (в, г)

Fig. 3. Traces of a snow avalanche released on 27 December, 2017 in the Sentinel-1 image with VH (a, b) and VV (c, d) polarization

3-расм. 2017 йил 27 декабрда содир бўлган қор кўчкисининг VH (а, б) ва VV (в, г) кутбланишли Sentinel-1 тасвирларидаги излари

Данная методика была апробирована для лавиносборов урочища Чимган в зимние периоды 2021-2022 и 2022-2023 гг. и показала достоверные результаты [Семакова, Поторжинский, 2023].

Заключение. Предложенный подход обнаружения снежных лавин на радарных космических снимках Sentinel-1 позволил выявить следы лавин, сошедших при разных условиях, включая зоны отрыва, транзита и отложения лавин. Анализ результатов

обработки снимков охватывал лавиноопасные периоды 2017-2018, 2021-2022 и 2022-2023 гг., во время которых по всему району перевала Камчик сходили лавины разных размеров. Рассмотрены метеорологические условия, предшествующие и сопутствующие сходу лавин, влияющие на влажность и структуру снега. Полученные результаты могут быть в дальнейшем использованы в прогностических целях и в системе мониторинга снежных лавин в горных районах Узбекистана.

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке Агентства инновационного развития Республики Узбекистан в рамках инновационного проекта IL-5221091352.

Авторский вклад: **Э.Р. Семакова:** постановка задачи, написание текста. **М.Г. Поторжинский:** сбор и обработка спутниковых данных, интерпретация результатов. **В.П. Сафронов:** производство наземных наблюдений, оценка качества результатов идентификации лавин. **Д.Г. Семаков:** производство расчетов. **Ч.Т. Шарданов:** оформление статьи. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Семакова Э.Р., Поторжинский М.Г., Суетиня Е.И., Сафронов В.П. Опыт использования данных Sentinel-1 в задачах идентификации снежных лавин на космоснимках // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2023. Том 4. №1, – С. 200-204.

Семакова Э.Р., Поторжинский М.Г. Предварительные результаты к созданию методических рекомендаций по мониторингу снежных лавин в отрогах Западного Тянь-Шаня на основе использования снимков Sentinel-1 // Материалы 21-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – Москва: ИКИ РАН, 2023. – С. 105.

Eckerstorfer M., Vickers H., Malnes E. Snow avalanche activity monitoring from space: creating a complete avalanche activity dataset for a Norwegian forecasting region / International Snow Science Workshop, Breckenridge, Colorado, 2016. – PP. 199-204.

Eckerstorfer M., Malnes E., Müller K. A complete snow avalanche activity record from a Norwegian forecasting region using Sentinel-1 satellite-radar data // Cold Regions Science and Technology. 2017. Vol. 144. – PP. 39-51, <http://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2017.08.004>.

Eckerstorfer M., Vickers H., Malnes E., and Grahn J. Near-Real Time Automatic Snow Avalanche Activity Monitoring System Using Sentinel-1 SAR Data in Norway // Remote Sens. 2019. Vol. 11. – PP. 2863; doi:10.3390/rs11232863

Leinss S., Wicki R., Holenstein S., Baffelli S., and Bühler Yv. Snow avalanche detection and mapping in multitemporal and multiorbital radar images from TerraSAR-X and Sentinel-1 // Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2020. 20. – PP. 1783–1803, , <https://doi.org/10.5194/nhess-20-1783-2020>

Hafner E., Techel F., Leinss S., and Bühler Yv. Mapping avalanches with satellites – evaluation of performance and completeness // The Cryosphere. 2021. Vol. 15. – PP. 983–1004, <https://doi.org/10.5194/tc-15-983-2021>.

Электронный ресурс:

Sentinel-1. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>

**SENTINEL-1 РАДИОЛОКАЦИОН ТАСВИРЛАРИДА ҚАМЧИҚ ДОВОНИ
ХУДУДИДА ХЎЛ ВА ҚУРУҚ ҚОР КЎЧКИЛАРИНИ АНИҚЛАШ
ИМКОНИАТЛАРИНИ БАҲОЛАШ****Э.Р. СЕМАКОВА¹, М.Г. ПОТОРЖИНСКИЙ¹, В.П. САФРОНОВ²,
Д.Г. СЕМАКОВ¹, Ч.Т. ШЕРДАНОВ¹**¹ Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси Астрономия институти, ella@astrin.uz² Гидрометеорология хизмати агентлиги

Аннотация. Мақолада Қамчиқ довони ҳудудида турли метеорологик шароитларда содир бўлган қор кўчкиси изларини аниқлаш мақсадида Sentinel-1 радар космик маълумотларини қайта ишлаш натижалари келтирилган. Қорнинг ўлчами, келиб чиқиши ва намлиги бўйича ҳар хил бўладиган кўчкиларни тасвирларда аниқлаш алгоритми таклиф этилди. Бу алгоритмларда суратга олиш даврийлиги, орбита йўналиши ва тасвир қутбланиши, шунингдек, оғиш бурчаги ҳисобга олинган. Буларнинг барчаси тасвирларда катта эҳтимол билан кўчкиларни аниқлаш имконини беради.

Калит сўзлар: қор кўчкилари, қор хусусиятлари, Sentinel-1, радар космик тасвири, об-ҳаво шароити, Қамчиқ довони ҳудуди

**ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF IDENTIFYING SNOW AVALANCHES OF
WET AND DRY SNOW IN THE KAMCHIK PASS AREA ON SENTINEL-1 RADAR
SATELLITE IMAGES****E.R. SEMAKOVA¹, M.G. POTORJINSKIY¹, V.P. SAFRONOV²,
D.G. SEMAKOV¹, CH.T. SHERDANOV¹**¹ Ulugbeg Astronomical Institute of the Uzbekistan Academy of Sciences, ella@astrin.uz² Agency of Hydrometeorological Service

Abstract. The paper presents the results of Sentinel-1 SAR data processing in order to recognize traces of snow avalanches that occurred in the Kamchik Pass area under various weather conditions. An algorithm is proposed for identifying avalanches that differ in the volume of deposits, snow wetness and snow genesis, taking into account the revisit time, orbit direction and polarization of the acquisitions, as well as the slope of the terrain, which makes it possible to most likely identify the release zones and the runoff zones of the avalanche cases on the images.

Keywords: snow avalanches, snow properties, Sentinel-1, radar space imagery, weather conditions, Kamchik Pass area

REFERENCES

Semakova E.R., Potorginskiy M.G., Sietinya E.I., Safronov V.P. Opit ispolzovaniya dannih Sentinel-1 v zadachah identifikacii snegnih lavin na kosmosnimkah [Experience in using Sentinel-1 data in the avalanche identification tasks on satellite images] // Interexpo GEO-Sibir. 2023. T. 4, № 1. – S. 200-204. (in Russian)

Semakova E.R., Potorginskiy M.G. Predvaritelnie rezultati k sozdaniyu metodicheskikh rekomendaciy po monitoring snegnih lavin v otrogaz Zapadnogo Tien-Shanya na ocnove ispolzovaniya snimkov Sentinell-1 [Preliminary results to creation of methodological recommendations for monitoring snow avalanches in the spurs of the Western Tien-Shan based on Sentinel-1 images] // Materiali 21-y Megdunarodnoy konferencii “Sovremennye problemi distanzionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa”. – M.: IKI RAN, 2023. – S. 105. (in Russian)

Electronic resource:

Sentinel-1. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>

ХОТИРА ВА ЮБИЛЕЙЛАР / ХРОНИКА И ЮБИЛЕИ / CHRONICLE AND ANNIVERSARIES

ПАМЯТИ ИНАГАМОВОЙ САИДЫ ИКРАМОВНЫ (к 90-летию со дня рождения)



После окончания школы в 1951 году Саида Икрамовна Инагамова поступила на физико-математический факультет Среднеазиатского государственного университета (САГУ). В 1956 году, получив диплом геофизика, она начала свою трудовую деятельность в должности инженера-синоптика в Бюро погоды Управления Гидрометслужбы УзССР.

В 1958 г. она была переведена в Среднеазиатский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (САНИГМИ) научным сотрудником.

Поступив в аспирантуру Института механики и математики Академии наук Узбекистана в 1959 году, Саида Икрамовна была командирована в Москву для прохождения аспирантуры в Гидрометцентре СССР, которую закончила в 1962 году.

После окончания аспирантуры, вернувшись в родной САНИГМИ, С.И.Инагамова в 1963 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.09 - Метеорология, климатология, агрометеорология. В 1977 году ей было присвоено звание старшего научного сотрудника.

С.И.Инагамова 1972-1988 гг. возглавляла Отдел синоптических исследований, а с 1988 г. стала ведущим научным сотрудником Отдела численных прогнозов погоды (вплоть до своего ухода в 2017 г. на пенсию). С.И.Инагамова, наряду с научной деятельностью, в период 1994-2011 г. была ведущим специалистом Издательского отдела САНИГМИ-НИГМИ. Через ее руки проходили все труды института.

В своей деятельности С.И.Инагамова, став высококвалифицированным научным сотрудником, успешно сочетала научную, педагогическую и редакторскую работу.

С.И.Инагамовой опубликовано более 75 статей, три монографии: «Сильные осадки в Средней Азии» (1999 г.), «Особенности синоптических процессов Средней Азии» (2002 г.), «Синоптические процессы Афганистана» (2006 г.).

В 1986 г. для оперативных специалистов Средней Азии выпустила "Руководство по краткосрочным прогнозам погоды».

Под научной редакцией С.И.Инагамовой опубликовано более 30 научных трудов и книг. В их числе в 1998 г. «Русско-узбекский метеорологический словарь. Термины, определения», в 2002 г. «Метеорологиядан изоҳли луғат». Она была ответственным редактором монографий «Очерки развития гидрометеорологии в Средней Азии» (1993 г.) и «Очерки развития гидрометеорологии в Республике Узбекистан» (2013 г.). Она активно участвовала в составлении и редакции «Календарей типов синоптических процессов над Средней Азией».

Основные научные работы – это исследование опасных явлений погоды, осадкообразующих процессов, разработка методов прогнозов погоды (краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные), исследования особенностей региональной циркуляции Средней Азии, тенденций их изменений и климата.

Она принимала участие в работе многих крупных экспедиций на Памире, Тянь-Шане, в IV рейсе НИС «Академик Королев», в Международном Атлантическом тропическом эксперименте на НИСП «Волна».

В 1981-1986 гг. руководила и принимала непосредственное участие в совместных работах с Республикой Афганистан по изучению синоптических процессов Афганистана.

За свою трудовую деятельность С.И.Иногамова была награждена орденом «Дружба народов» (1986 г.), медалью "Шухрат" (2000 г.), Почётной грамотой Верховного Совета УзССР, неоднократно получала почетные грамоты и благодарности Гидрометслужбы Узбекистана. В 2008 г. ей было присвоено звание «Отличник Гидрометслужбы Узбекистана». Она была требовательной, энергичной, серьезным руководителем и ученым.

Светлая память о Саиде Икрамовне Инагамовой сохранится в наших сердцах.

