

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27/30.12.2019.Gr.47.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

РАХМАТОВА НАТЕЛЛА ИЛЬТЕФАТ ГИЗИ

**ЎЗБЕКИСТОНДА ЧАНГ-ҚУМ БЎРОНЛАРИ СОДИР БЎЛИШНИ ВА
ХУДУД ВА ВАҚТ БЎЙИЧА ТАҚСИМОТИНИ БАҲОЛАШГА
КОМПЛЕКС ЁНДАШУВ**

11.00.04 – Метеорология. Иқлимшунослик. Агрометеорология

**ГЕОГРАФИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2025

**География фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по географическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on geographical sciences**

Рахматова Нателла Ильтефат гизи

Ўзбекистонда чанг-кум бўронларининг содир бўлишини ва худуд ва вақт бўйича тақсимотини баҳолашга комплекс ёндашув..... 3

Рахматова Нателла Ильтефат гызы

Комплексный подход к оценке возникновения и пространственно-временного распределения пыльно-песчаных бурь в Узбекистане.....21

Rakhmatova Natella Itefat gizi

Integrated approach to assessing the occurrence and spatial-temporal distribution of sand and dust storms in Uzbekistan..... 39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....43

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27/30.12.2019.Gr.47.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

РАХМАТОВА НАТЕЛЛА ИЛЬТЕФАТ ГИЗИ

**ЎЗБЕКИСТОНДА ЧАНГ-ҚУМ БЎРОНЛАРИ СОДИР БЎЛИШINI ВА
ХУДУД ВА ВАҚТ БЎЙИЧА ТАҚСИМОТИНИ БАҲОЛАШГА
КОМПЛЕКС ЁНДАШУВ**

11.00.04 – Метеорология. Иқлимшунослик. Агрометеорология

**ГЕОГРАФИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2025

География фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирларлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2024.4.PhD/Gr356 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтида бажарилган.

Диссертация автореферати учта тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.nigmi.uz) ва «Ziyonet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Нишонов Бахриддин Эркинович
техника фанлари номзоди, катта илмий ходим

Расмий оппонентлар:

Эгамбердиев Хамракул Турсункулович
география фанлари доктори, профессор

Гафуров Зафар Асроржонович
география фанлари бўйича фалсафа доктори

Етакчи ташкилот:

Наманган давлат университети

Диссертация ҳимояси Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги Илмий даражалар берувчи DSc.27/30.12.2019.Gr.47.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2025 йил « 21 » ноябрь соат 10.00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўчаси, 72. Тел.: (+998) 712358512, факс: (+998) 712371319. E-mail: info@nigmi.uz).

Диссертация билан Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтининг Илмий-техникавий кутубхонасида танишиш мумкин (№232 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўчаси, 72. Тел.: (+998) 712358512, факс: (+998) 712371319.

Диссертация автореферати 2025 йил « 8 » ноябрь куни тарқатилди.
(2025 йил « ____ » _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).



[Handwritten signature]

Б.М. Холматжанов
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, г.ф.д.

[Handwritten signature]

Э.Ю.Сафаров
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби в.в.б., т.ф.д.

[Handwritten signature]

Д.М.Тургунов
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, г.ф.д.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Чанг-қум бўронлари бутун дунёда жамият ва атроф-муҳит учун жиддий табиий хавф сифатида эътироф этилган. Ушбу муаммонинг долзарблигини инобатга олган ҳолда, БМТ Бош Ассамблеяси 2025–2034 йилларни «Чанг ва қум бўронларига қарши кураш ўн йиллиги» деб эълон қилган ҳолда «...чанг ва қум бўронлари халқаро миқёсда жиддий ташвиш уйғотаётган муаммолардан бири бўлиб, уларнинг оқибатлари иқтисодий, ижтимоий ва экологик кўрсаткичларда намоён бўлади, шу билан бирга бундай бўронлар кучайишда давом этмоқда»¹ деб қайд этган. Бу ҳолат дунёнинг турли минтақаларида чанг-қум бўронларининг келиб чиқиши ва тарқалишининг замонавий шароитларини ўрганиш, шунингдек, уларни мониторинг қилиш ва олдини олиш технологияларини такомиллаштириш бўйича комплекс илмий тадқиқотларни амалга ошириш зарурлигини тақозо этмоқда.

Жаҳонда чанг-қум бўронларининг келиб чиқиш сабабларини аниқлаш, чанг чиқиш манбаларини таҳлил қилиш, мазкур хавф таъсирига мойил ҳудудларни аниқлаш, чанг-қум бўронларининг аҳоли саломатлиги, инфратузилма ва минтақаларнинг экологик барқарорлигига таъсирини баҳолаш бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда. Айни пайтда, чанг-қум бўронларининг самарали мониторинги ва уларнинг олдини олиш тизимини яратишга, математик моделлаштириш, сунъий йўлдош маълумотлари ва реанализ маълумотларидан фойдаланган ҳолда мониторингга методологик ёндашувларни ривожлантиришга ҳамда чанг-қум бўронларига қарши курашиш бўйича чора-тадбирлар ва стратегиялар ишлаб чиқишга доир илмий тадқиқотларга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамызда хавфли гидрометеорологик ҳодисалар мониторинги тизимини ривожлантириш, чўлланишга қарши курашиш, чанг-қум бўронларининг юзага келишини бартараф этиш мақсадида яшил майдонлар ҳудудини оширишга қаратилган қатор чора-тадбирлар амалга оширилмоқда ва бу борада муайян ижобий натижаларга эришилмоқда. «Ўзбекистон–2030» Стратегиясининг 66- ва 70-мақсадларида «атроф-муҳит ифлосланиш даражасини баҳолаш механизмларини такомиллаштириш, атроф-муҳитни кузатиш тизимини ривожлантириш» ҳамда «хавфли гидрометеорологик ҳодисалар тўғрисида эрта огоҳлантириш даражасини 100 фоизга етказиш»² бўйича муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу мақсадларга эришиш Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларини ҳар тарафлама ўрганишни талаб этади. Шу туфайли, чанг-қум бўронлари мониторинги усулларини такомиллаштириш, уларнинг келиб чиқиш шароитлари ҳамда вақт ва ҳудуд бўйича тарқалишини баҳолаш масалалари муҳим илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11 сентябрдаги ПФ–158-сон «Ўзбекистон–2030 стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2024 йил

¹ United Nations General Assembly. Resolution A/78/L.88: United Nations Decade on Combating Sand and Dust Storms (2025–2034). Adopted by the General Assembly, 2024. <https://docs.un.org/en/A/78/L.88>

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11 сентябрдаги ПФ-158 сон «Ўзбекистон-2030» стратегияси тўғрисидаги Фармони. <https://www.lex.uz/ru/docs/6600404>

24 сентябрдаги ПҚ–338-сон «Чангли бўронларга қарши курашиш ва атмосфера ҳавосининг сифатига оид биринчи навбатдаги вазифалар тўғрисида»ги Қарори, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 12 апрелдаги 299-сон «Ўзбекистон Республикасида 2015–2030 йилларда табиий офатлар хавфини камайтириш бўйича Сендай доиравий дастурини амалга ошириш чоратадбирлари тўғрисида»ги, 2022 йил 25 январдаги 41-сон «Қорақалпоғистон Республикасида Экологик инновациялар ва технологиялар ҳудудини шакллантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур соҳага оид бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг V. “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Жаҳонда чангли ҳодисаларнинг юзага келиши механизмларини ўрганиш ҳамда чанг-қум бўронларининг турли ҳудудлар, жумладан Саҳрои Кабир, Яқин Шарқ мамлакатлари ва Марказий Осиёдаги манбаларини аниқлаш масалалари A.Goudie, N.Middleton, Y.Youlin, V.Harrison, N.Mahowald, T.Jickells, A.Baker, J.Li, G.Okin, A.Thomas, P.Van der Werf, L.Orlovskaya, N.Orlovsky каби хорижий олимларнинг ишларида, шунингдек, Жаҳон метеорология ташкилоти (WMO), БМТ Атроф-муҳит дастури (UNEP), БМТ Озиқ-овқат ва қишлоқ хўжалиги ташкилоти (FAO) ва БМТ Чўлланишга қарши курашиш бўйича конвенцияси (UNCCD) каби халқаро ташкилотларнинг илмий гуруҳлари томонидан кўриб чиқилган. P.Ginoux, J.N.Hsu, M.Zhao, M.Nobakht, L.Remer, Y.Kaufman, J.Qu, L.Wang, M.Baddock, P.Zhang, N.Lu, X.Hu, K.Schepanski ва бошқа кўплаб хорижий олимлар томонидан сунъий йўлдош ва реанализ маълумотлари, рақамли моделлаштириш усулларида фойдаланган ҳолда чанг-қум бўронларини таҳлил қилиш ва уларни олдиндан башорат қилишга қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Собиқ иттифоқ ва МДҲ мамлакатлари олимларидан О.Семёнов, Г.Исанова, С.Абдуллаев, В.Маслов, О.Галаева, Т.Базарбаева, С.Ахметова ва бошқалар томонидан чанг бўронларининг шаклланиши ва тарқалиш жараёнлари бўйича кенг кўламли тадқиқотлар олиб борилган.

Ўзбекистонда Марказий Осиёдаги чанг-қум бўронларининг шаклланиш шароитлари, классификацияси ва синоптик хусусиятларини ўрганиш бўйича илк тадқиқотлар Ўрта Осиё минтақавий гидрометеорология илмий-тадқиқот институти (ЎОМГМИТИ)да Н.Романов томонидан амалга оширилган. Чанг-қум бўронларини ўрганиш билан Т.Веремеева, С.Чанышева, Е.Смирнова, Г.Толкачёва, М.Арушанов, Б.Глеумуратова, Л.Шардакова, Ю.Ковалевская, С.Мягков, Г.Рустамов каби тадқиқотчилар шуғулланган. Ушбу тадқиқотчиларнинг ишлари алоҳида ҳудудларга бағишланган ҳамда ерусти мониторинг маълумотлари ва сунъий йўлдош (NOAA, MODIS) маълумотларига асосланган турли вақт оралиғини қамраб олган.

Ушбу диссертация иши юқорида қайд этилган тадқиқотлардан Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг юзага келишини ҳамда уларнинг вақт ва ҳудуд бўйича тарқалишини ер усти кузатув, сунъий йўлдош, реанализ маълумотлари ва математик моделлаштириш усулларидан фойдаланган ҳолда баҳолашга қаратилганлиги билан фарқ қилади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти илмий тадқиқот ишлари режасининг АЛ-5721122055 «Ер усти ва сунъий йўлдош маълумотлари асосида чанг-қум бўронлари мониторинги тизими технологиясини ишлаб чиқиш» (2022–2025 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг юзага келиши ва уларнинг вақт ва ҳудуд бўйича тарқалишини баҳолаш учун ерусти, сунъий йўлдош орқали масофадан зондлаш, реанализ маълумотлари ва математик моделлаштириш усулларини қўллаган ҳолда комплекс ёндашувни ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари қуйидагилардан иборат:

чанг-қум бўронларини баҳолашнинг мавжуд усулларини таҳлил қилиш ва комплекс ёндашувнинг зарурлигини асослаш;

чанг-қум бўронларининг пайдо бўлиш ва тарқалиш зоналарини идентификациялаш учун ерусти кузатув маълумотлари, TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument) сунъий йўлдош маълумотлари ҳамда CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) ва MERRA-2 (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2) реанализ маълумотлари ва сонли моделлаштириш усулларини интеграциялаш усулини ишлаб чиқиш;

метеорологик шароитларни ҳисобга олган ҳолда комплекс ёндашув маълумотларини интеграциялаш асосида Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг частотаси ва интенсивлигини вақт ва ҳудуд бўйича таҳлил қилиш;

чанг-қум бўронлари билан атмосфера ва тупроқ қурғоқчилиги ўртасидаги ўзаро боғлиқликни баҳолаш;

Ўзбекистон ҳудудидаги чанг-қум бўронлари мониторинг тизимининг самарадорлигини таҳлил қилиш ва уни чекловчи омилларни аниқлаш;

чанг-қум бўронлари мониторинги тизимини, унинг тўлиқлиги ва ишончлилигини орттириш мақсадида, такомиллаштириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти Ўзбекистоннинг чанг-қум бўронлари содир бўладиган ҳудуди ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг вақт ва ҳудуд бўйича тақсимланиш хусусиятларини ерусти кузатувлари, сунъий йўлдош мониторинги, реанализ маълумотлари ва математик моделлаштириш натижаларини интеграциялашга асосланган комплекс ёндашув орқали ҳар томонлама баҳолашдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида таснифий ва математик статистика, ҳудудий-вақт таҳлили, сонли моделлаштириш, картография ва

машинали ўқитиш усулларидадан фойдаланилган. Ҳисоблашлар ва маълумотларни қайта ишлаш Python дастурлаш тили ёрдамида амалга оширилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги:

TROPOMI сунъий йўлдош, CAMS ва MERRA2 реанализ, ерусти кузатувлари маълумотлари асосида Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг юзага келиши ва уларнинг ҳудуд ва вақт бўйича тақсимотини баҳолашга комплекс ёндашув ишлаб чиқилган;

комплекс ёндашув маълумотларини интеграциялаш орқали чанг-қум бўронларини автоматик аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

Ўзбекистон ҳудудида 2010–2023 йиллар даврида чанг-қум бўронларининг ҳудуд ва вақт бўйича тақсимотини таҳлили асосида уларнинг мавсумий ва йил ичида ўзгариш хусусиятлари аниқланган;

Ўзбекистонда чанг-қум бўронларига энг кўп учрайдиган ҳудудлар ишлаб чиқилган ёндашув асосида аниқланган ва карталаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг ҳудуд ва вақт бўйича тақсимоти хариталари ишлаб чиқилган;

HYSPLIT модели ёрдамида хавфли ва ўта хавфли чанг-қум бўронларининг тарқалиш траекториялари аниқланган;

машинали ўқитиш усулларидадан фойдаланган ҳолда Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг тарқалишига таъсир қилувчи энг муҳим метеорологик кўрсаткичлар аниқланган;

республика ҳудудлари бўйича чанг-қум бўронлари ва қурғоқчилик орасидаги ўзаро боғлиқлик аниқланган;

Ўзбекистонда чанг-қум бўронлари мониторинги тизимини такомиллаштириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Диссертация тадқиқоти натижалари ва хулосаларининг ишончлилиги ишда асосий манба сифатида Ўзбекистон Республикаси Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати агентлигининг кузатув тармоғи стандарт маълумотларидан фойдаланилганлиги, шунингдек, улар чангли аэрозол билан ифлосланиш ҳолатини акс эттирувчи сунъий йўлдош кузатувлари ва реанализ маълумотлари билан тўлдирилганлиги, уларнинг бошқа тадқиқотчилар хулосалари билан мувофиқлиги, нуфузли халқаро илмий журналларда нашр этилганлиги ва амалиётга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, унда олинган натижалар ва асосий хулосалар, жумладан, турли (ер усти кузатувлари, сунъий йўлдош ва реанализ) маълумотлар тўпламларини интеграция қилувчи комплекс ёндашув, ер усти кузатувлар тизимидаги мавжуд бўшлиқларни тўлдириши, чанг-қум бўронларининг эҳтимолий манба ҳудудларини тўлароқ аниқлашга ва ҳаракат траекторияларини моделлаштиришга имкон бериши ҳамда чанг-қум бўронларининг шаклланиши механизмлари, уларнинг ҳудуд ва вақт бўйича ўзгарувчанлиги тўғрисидаги замонавий илмий қарашларни ривожлантириши

ва чанг-қум бўронларини аниқлаш ва мониторинг қилиш усулларини такомиллаштиришга хизмат қилиши билан изоҳланади.

Диссертация тадқиқотининг амалий аҳамияти шундаки, ишда олинган асосий натижалар ва тавсиялар чанг-қум бўронлари мониторинги ва улар ҳақида олдиндан огоҳлантириш тизимини ривожлантириш ва самарадорлигини оширишга, иқлим ўзгариши шароитида мазкур табиий ҳодисаларга қарши курашишга қаратилган чора-тадбирларни ишлаб чиқишга асос бўлиб хизмат қилади. Ишлаб чиқилган комплекс ёндашув чанг-қум бўронлари ва чўлланиш хавфлари билан боғлиқ хатарларни камайтириш ҳамда атроф-муҳитни барқарор бошқаришни режалаштиришда метеорология ва экология хизматлари томонидан қўлланилиши, тадқиқот натижалари ва материаллари гидрометеорология ҳамда табиатни муҳофаза қилиш йўналишидаги олий таълим муассасаларининг ўқув дастурларида фойдаланилиши мумкинлиги билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг юзага келиш ҳамда ҳудуд ва вақт бўйича тақсимотини баҳолаш бўйича ишлаб чиқилган комплекс ёндашув натижалари асосида:

сунъий йўлдош, реанализ ва ерусти кузатув маълумотларини интеграциялаш асосида ишлаб чиқилган чанг-қум бўронларини автоматик аниқлаш усули Гидрометеорология хизмати агентлигида чанг-қум бўронлари ҳолатларини баҳолаш ва ҳужжатлаштиришда, жумладан, уларнинг тарқалиш йўналишлари ва мамлакат ҳудудига таъсир даражасини аниқлашда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати агентлигининг 2025 йил 27 июндаги №01-15/961-сон маълумотномаси). Натижада, мамлакатнинг ер усти кузатувлари тармоғи чекланган ҳудудларида чанг-қум бўронлари бўйича эрта огоҳлантириш тизимини ривожлантириш имкониятлари яратилган;

Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг тарқалишида кузатилган ҳудудий-вақт хусусиятлари, жумладан, ҳар бир ҳудуд бўйича уларнинг такрорланиш частотаси, давомийлиги, мавсумий динамикаси ва шамол параметрлари тўғрисидаги маълумотлардан Гидрометеорология хизмати агентлигида мавжуд чанг-қум бўронлари мониторинги тизимининг самарадорлигини баҳолашда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати агентлигининг 2025 йил 27 июндаги №01-15/961-сон маълумотномаси). Натижада, чанг-қум бўронлари мониторинги тизимини такомиллаштириш ва улар оператив прогнозларининг аниқлигини ошириш имкониятлари яратилган;

Ўзбекистонда чанг-қум бўронлари энг кўп содир бўлувчи ҳудудларни сунъий йўлдош маълумотлари ва реанализ натижалари асосида аниқлаш бўйича олинган натижалар Гидрометеорология хизмати агентлигида чанг-қум бўронларининг атроф-муҳит ва ўсимлик қопламига таъсирини баҳолашда қўлланилган (Ўзбекистон Республикаси Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати

агентлигининг 2025 йил 27 июндаги №01-15/961-сон маълумотномаси). Натижада, мамлакатда чанг-қум бўронларига мослашув стратегияларини, уларга заифликни ва чанг-қум бўронлари манба ҳудудларини камайтириш бўйича чоратadbирларни ишлаб чиқиш имконияти яратилган;

Ўзбекистон ҳудудида чанг-қум бўронларининг юзага келишини ва уларнинг ҳудуд ва вақт бўйича тарқалиш хусусиятларини баҳолашга қаратилган комплекс ёндашув Гидрометеорология хизмати агентлигида “Юқори табиий хавфли ҳудудлар давлат кадастри”даги “Чанг-қум бўронлари” бўлими учун методик таъминот сифатида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати агентлигининг 2025 йил 27 июндаги № 01-15/961-сон маълумотномаси). Натижада, “Чанг-қум бўронлари тўғрисидаги маълумотлар” номли янги бўлимни шакллантириш орқали Юқори табиий хавфли ҳудудлар давлат кадастрини такомиллаштириш ҳамда хавфларни мониторинги ва баҳолаш самарадорлигини ошириш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 8 та халқаро миқёсдаги, жумладан 3 таси Scopus маълумотлар базасига киритилган илмий-амалий конференцияларда муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган, жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий журналларда 9 та мақола, шундан 6 таси республика ва 3 таси Scopus маълумотлар базасида индексланадиган хорижий журналларда чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва қисқартмалар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 121 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқот мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, мавзунинг республикада фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, ишнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режаси билан боғлиқлиги қайд этилган, муаммонинг ўрганилганлик даражаси баҳоланган, диссертациянинг мақсади ва вазифалари, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, уларнинг амалиётда жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг таркибий тузилиши ҳақида маълумотлар келтирилган.

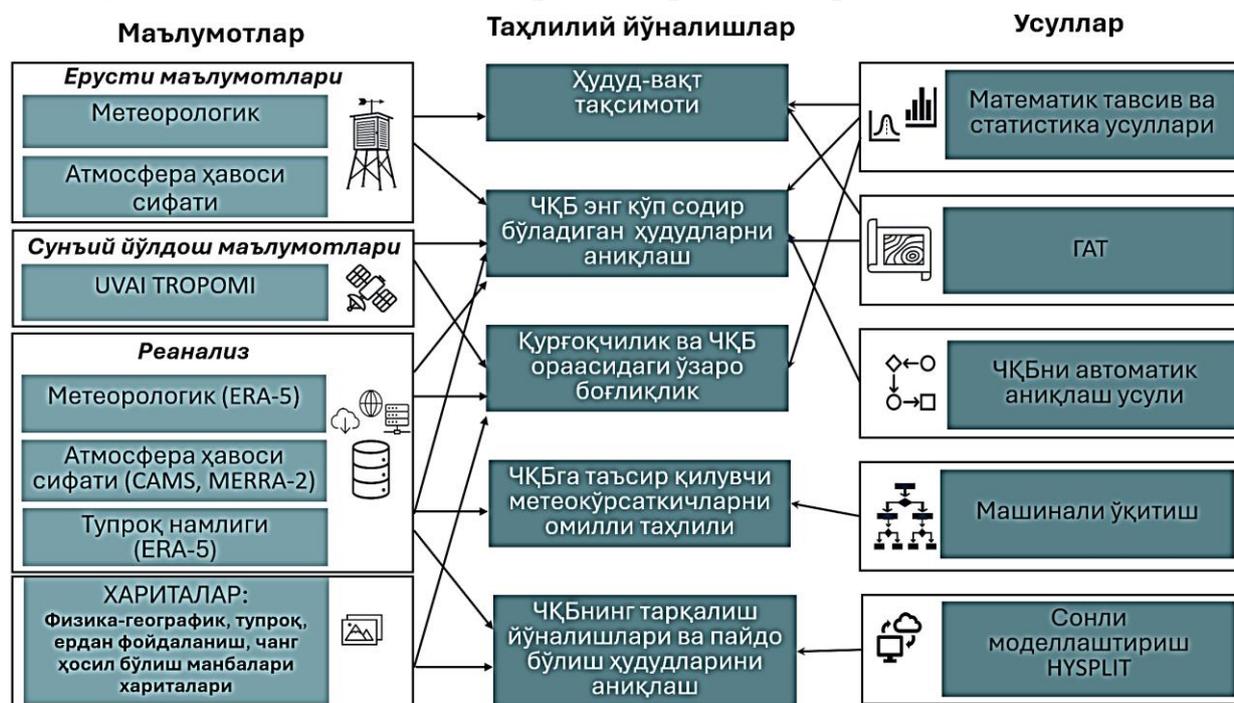
Диссертациянинг **биринчи боби “Чанг-қум бўронларининг хусусиятлари ва уларни замонавий шароитда ўрганиш”** деб номланади. Бобнинг асосий мазмуни чанг-қум бўронларининг (ЧҚБ) шаклланиш механизмини таҳлил қилиш, уларни таснифлаш, пайдо бўлиш омиллари ва Ўзбекистон ҳамда Марказий Осиёда ҳудуд ва вақт бўйича тақсимооти хусусиятларини ўрганишга бағишланган. ЧҚБ юзага келишига сабаб бўлувчи

асосий метеорологик, тупроқ-ўсимлик ва орографик шароитлар кўриб чиқилган. Чангли ҳодисаларнинг шамол тезлиги, горизонтал кўриниш масофаси ҳамда атмосферадаги PM₁₀ ва PM_{2.5} заррачалар концентрациясига асосланган замонавий халқаро ва миллий таснифлаш ёндашувлари келтирилган.

ЧҚБнинг табиий (Қорақум ва Қизилқум чўллари, Оролбўйи худуди) ҳамда антропоген (деградацияга учраган қишлоқ хўжалиги ерлари, қуриган ирригация-ташлама сув ҳавзалари) манбаларига алоҳида эътибор қаратилган. Чанг манбаларини глобал ва минтақавий миқёсда хариталаш бўйича аввал амалга оширилган тадқиқотлар натижалари умумлаштирилган.

Диссертацияда ЧҚБни аниқлаш ва мониторинг қилишнинг замонавий усуллари, жумладан: ерусти ўлчовлари, сунъий йўлдош орқали масофадан зондлаш (MODIS, TROPOMI, CALIPSO ва бошқалар), атмосферанинг сонли моделлари (HYSPLIT, WRF-Chem ва бошқалар) ва глобал атмосфера реанализ (CAMS, MERRA-2) маълумотлари таҳлил қилинган. Қўлланилган маълумотлар тўпламларининг афзалликлари ва чекловлари аниқланган. ЧҚБ ни баҳолаш аниқлигини ошириш учун турли маълумотлар манбаларини ўзаро уйғунлаштирган комплекс ёндашувнинг аҳамияти алоҳида таъкидланган.

Диссертациянинг **иккинчи боби “Чанг-қум бўронларини баҳолашда маълумотларнинг интеграциялашган тўплами ва моделлаш усулларидан фойдаланиш орқали комплекс ёндашув”** деб номланади. Ушбу бобда Ўзбекистонда ЧҚБ ни ўрганиш бўйича ер усти кузатиш ва аэрозоллар (PM_{2.5}, PM₁₀) концентрациясини ўлчаш, сунъий йўлдош (TROPOMI UVAI), атмосфера реанализ (ERA5, CAMS ва MERRA-2) маълумотлари ҳамда сонли моделлаштириш (HYSPLIT) усуллари бирлаштирган интеграциялашган ёндашувнинг методологик тавсифи келтирилган (1-расм).



1-расм. ЧҚБ юзага келиши ва уларнинг ҳудуд ва вақт бўйича тақсимотини баҳолашда комплекс ёндашувнинг концептуал схемаси

Комплекс ёндашув доирасида асосий параметрларнинг чегара қийматларини аниқлаш учун машинали ўқитиш алгоритмларини қўллаган ҳолда итератив усулга асосланган ЧҚБни автоматик аниқлаш усули ишлаб чиқилган. 2-расмда ЧҚБни автоматик аниқлашнинг схемаси келтирилган.



2-расм. ЧҚБ ни автоматик аниқлашнинг схемаси

Ушбу жараён бир неча кетма-кет босқичларни ўз ичига олади: кўп компонентли маълумот манбаларини йиғиш ва форматлари, ўлчов бирликлари, вақт шкалалари ва координата тизимларини бирхиллаштириш орқали дастлабки ишлов бериш, шунингдек, $PM_{2.5}$, UVAI ва шамол параметрлари бўйича чеклов қийматларни аниқлаш. Кейинги босқичда белгиланган чеклов қийматларидан ошган параметрлар мажмуасига эга ячейкалар аниқланади. Натижалар амалий ерусти кузатувлари асосида верификация қилинади ва итератив тарзда тузатиш киритилади. Чеклов қийматлари “Decision Tree Classifier” (Қарор дарахти классификатори) машинали ўқитиш модели ёрдамида аниқлаштирилади, бу эса усулни турли ҳудуд ва вақт шароитларига мослаш имконини беради. Ушбу услубиятдан фойдаланиш жараёнида кўпчилик қайд этилган ЧҚБ ҳолатлари учун асосий кўрсаткичлар қуйидагича бўлганлиги аниқланди: ҳаво ҳарорати $\sim +30^\circ\text{C}$, шамол тезлиги $\sim 6\text{ м/с}$, UVAI $\sim 2,25$ ва $PM_{2.5} \sim 75\text{ мкг/м}^3$.

Таклиф этилаётган усулнинг асосий элементи - Sentinel-5 Precursor сунъий йўлдошига ўрнатилган TROPOMI ускунаси орқали олинган масофавий зондлаш маълумотлари асосида ҳисобланадиган UVAI индексидир. Мазкур ускуна 2017 йил октябрь ойида орбитага чиқарилган сунъий йўлдошга ўрнатилган. UVAI маълумотлари 2018 йил май ойидан бошлаб мавжуд бўлгани сабабли, таҳлил учун танланган давр 2019 йилдан 2023 йилгача бўлган тўлиқ беш йилни қамраб олади. Бу, бир томондан, кузатувлар қаторининг етарлича тўлиқ ва барқарор бўлиши, иккинчи томондан эса, илмий тадқиқотларда қабул қилинган стандарт беш йиллик даврга мос келиши билан изоҳланади. Шунингдек, ушбу услубият вақт давомийлигини кенгайтириш имкониятига эга. Агар замонавий маълумотлар мавжуд бўлса, ҳисоблашларни

деярли реал вақт режимида давом эттириш мумкин. Ҳозирги вақтда бу жиддий чеклов ҳисобланмайди, чунки TROPOMI ва унга ҳамроҳ бўлган ERA5, CAMS ва MERRA-2 реанализ маълумотлари билан боғлиқ маълумотларни қабул қилиш ва дастлабки ишлов беришда фақат кичик техник кечикиш мавжуд.

Ушбу тадқиқот доирасида АҚШнинг Океан ва атмосфера тадқиқотлари миллий бошқармаси (NOAA) томонидан ишлаб чиқилган HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) модели ЧҚБ билан боғлиқ аэрозол заррачаларининг атмосферада тарқалишини сонли моделлаш учун қўлланилди. Ҳисоблашлар ЧҚБ қайд этилган пайтда белгиланган координаталар асосида ортга йўналтирилган траекториялар режимида амалга оширилади. Модел чанг бўронларининг энг эҳтимол манба ҳудудларини аниқлашга имкон беради. Натижалар траекториялар харитаси ва уларнинг вақт бўйича баландликдаги ҳаракатини кўрсатувчи графикни ўз ичига олган бирлаштирилган тасвир кўринишида тақдим этилади. Таҳлил жараёнида мавжуд метеорологик шароитлар ҳамда чанг пайдо бўлишининг потенциал манбаларининг ҳудудий жойлашуви ҳисобга олинади.

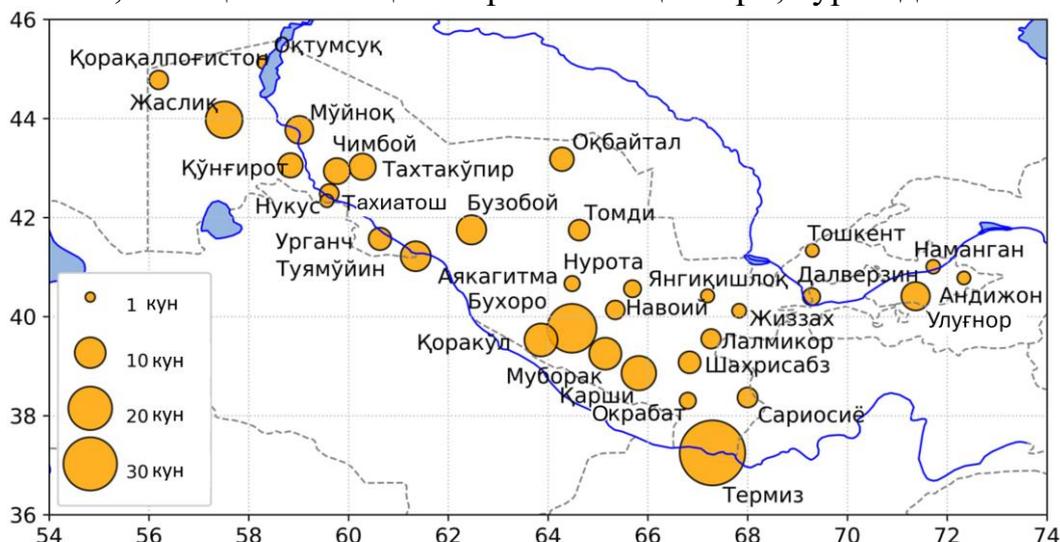
Шу тариқа, сунъий йўлдош ва ер усти маълумотларининг интеграцияси чанг-қум бўронларининг вақти ва координаталарини ишончли аниқлаш имконини беради. HYSPLIT моделини реанализ метеорологик маълумотлари билан биргаликда қўллаш ҳаво массаларининг эҳтимолий ҳаракат траекториялари тиклашга ҳамда ЧҚБ шаклланадиган асосий ҳудудларни аниқлашга имкон беради. Таклиф этилган усул ерусти кузатувлари маълумотлари чекланган шароитда ҳам самарадорликни намоён этади, натижаларнинг кўرғазмали талқин этилишини таъминлайди ҳамда ёндашувни бошқа ҳудудлар учун ҳам қўллаш имкониятини яратади. Ишлаб чиқилган усул ва унинг айрим компонентлари кейинчалик оператив мониторинг тизимига интеграция қилиш учун фойдаланилиши мумкин.

Диссертациянинг **“Чанг-қум бўронлари ерусти мониторинги маълумотларининг таҳлили ва улардан фойдаланиш”** деб номланган **учинчи боби**да 2010–2023 йиллар даврида (Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2021 йил 6 августдаги 501-сон қарорига мувофиқ) Ўзбекистонда хавфли ва жуда хавфли деб топилган ЧҚБларнинг ҳудуд ва вақт бўйича динамикаси таҳлили натижалари келтирилган. Таҳлилда шамол тезлиги ва йўналишини ҳисобга олган ҳолда 58 та метеостанциядан олинган маълумотлардан фойдаланилган. Хавфли ва ўта хавфли чанг-қум бўронлари, яъни кузатиш вақтига яқин даврда ўртача шамол тезлиги ≥ 10 м/с ва кун давомидаги энг юқори шамол тезлиги 15 м/с дан юқори бўлган, давомийлиги 3 соатдан ортиқ бўлган ҳодисалар кўриб чиқилди. ЧҚБнинг энг юқори фаоллиги Сурхондарё, Қашқадарё, Бухоро вилоятлари ва Қорақалпоғистон Республикасида кузатилган (3-расм).

Тадқиқот ишида аниқланишича, қайд этилган чанг-қум бўронларининг 53 % бир вақтнинг ўзида бир нечта метеостанцияни қамраб олган бўлиб, 47 % эса фақат битта метеостанцияда кузатилган ва локал хусусиятга эга. 4-расмда кўрсатилганидек, 2010–2023 йиллар давомида Ўзбекистондаги ЧҚБ ҳодисаларининг кўп қисми қисқа муддатли (< 3 соат) бўлган. Бу ҳолат айниқса

Фарғона ва Наманган вилоятларига хос бўлиб, мазкур ҳудудларда қисқа муддатли чанг бўронлари улуши 90–93 % ни ташкил этган. Сурхондарё вилоятида эса, аксинча, узоқроқ, 12 соатдан ортиқ давом этган ЧҚБ ҳодисалари кузатилган (1-жадвал).

“Шамол гули” таҳлили ЧҚБнинг юзага келишида асосий омил сифатида шимоли–ғарбий, жанубий ва жануби–ғарбий йўналишдаги шамолларнинг устунлигини, айниқса Жаслик ва Термиз станциялари, кўрсатди.



3-расм. 2010–2023 йилларда Ўзбекистон метеорология станциялари маълумотлари асосида хавfli ва жуда хавfli чанг-қум бўронлари кузатилган йиллик ўртача кунлар сонининг ҳудудий тақсимоти

1-жадвал

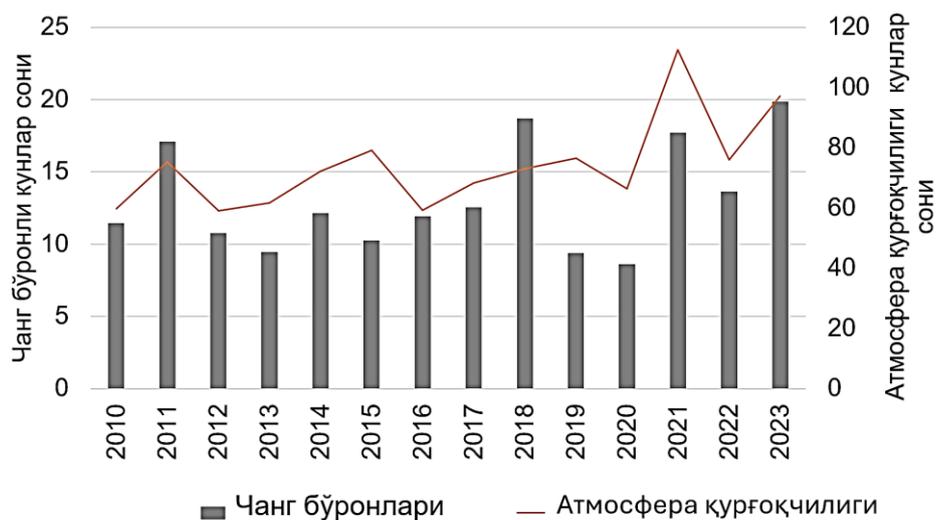
2010–2023 йилларда кузатилган чанг-қум бўронлари давомийлиги кунларининг фоиздаги тақсимоти

Ҳудуд	Вақт оралиғи, соат			
	<3	3-6	6-12	>12
Қорақалпоғистон Республикаси	67	19	13	2
Андижон вилояти	72	21	6	1
Бухоро вилояти	69	16	12	3
Жиззах вилояти	65	23	12	1
Навоий вилояти	59	26	14	1
Наманган вилояти	90	9	1	-
Қашқадарё вилояти	68	18	11	2
Самарқанд вилояти	83	12	5	-
Сурхондарё вилояти	68	10	12	10
Сирдарё вилояти	89	11	-	-
Тошкент вилояти	81	11	8	-
Фарғона вилояти	93	7	-	-
Хоразм вилояти	71	17	10	2
Тошкент шаҳри	90	7	1	2

Диссертация ишида 2010–2023 йиллар даврида Ўзбекистондаги ЧҚБ ҳолатларига қурғоқчиликнинг таъсири ҳам тадқиқ этилган. Атмосфера қурғоқчилигининг индикатори сифатида намлик танқислиги ≥ 50 гПа бўлган кунлар сони олинди (4-расм). Бу кўрсаткич Ўзбекистон ҳудудида жойлашган

метеостанциялардаги кузатувлар асосида ҳисобланган ва «Юқори табиий хавфли ҳудудлар давлат кадастри»да эълон қилинади. 2010–2023 йиллар учун атмосфера қурғоқчилиги ва ЧҚБ кузатилган кунлар таҳлили мазкур кўрсаткичлар ўртасида корреляция мавжудлигини кўрсатди.

ЧҚБнинг ҳудудий-вақт боғлиқлигини таҳлил қилиш мавжуд мониторинг тизимининг асосий камчиликларини аниқлашга имкон берди. Кузатув тармоғини модернизация қилиш – яъни, ўлчовларни автоматлаштириш, маълумотларни рақамлаштириш, ер усти, сунъий йўлдош ва реанализ маълумотларини ягона тизимга интеграциялаш зарурлиги кўрсатиб ўтилган. Бу эса ЧҚБни баҳолаш аниқлигини ва тезкор чоралар кўриш самарадорлигини ошириш имконини беради.



4-расм. 2010–2023 йилларда Ўзбекистонда атмосфера қурғоқчилиги ва чанг-қум бўронлари ўртасидаги ўзаро боғлиқлик таҳлили

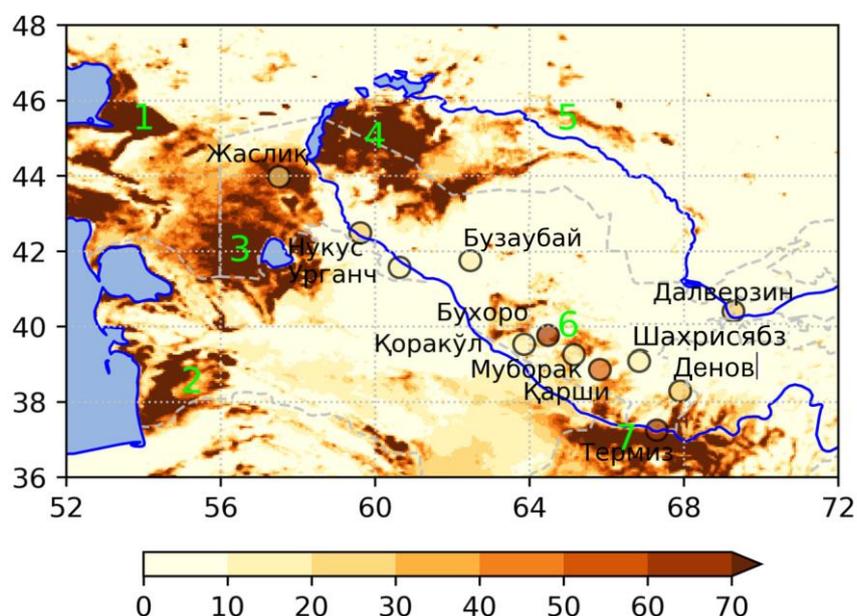
Диссертациянинг **“Чанг-қум бўронларини баҳолашда комплекс ёндашувни амалга ошириш”** деб номланган **тўртинчи бобида** 2019–2023 йиллар даврида Марказий Осиёда чанг-қум бўронларининг ҳудудий ва вақт бўйича фаоллиги комплекс ёндашув асосида баҳоланган ва ЧҚБ энг кўп содир бўладиган ҳудудлар аниқланган.

Таклиф этилган ЧҚБни автоматлаштирилган аниқлаш усули қуйидаги асосда валидация қилинди: (1) Ўзбекистон ҳудудида жойлашган метеорология станцияларидан олинган ер усти кузатувлари асосида; (2) 2021 йил 4 ноябрда Тошкент шаҳрида юз берган кучли ЧҚБ вақтида атмосфера хавоси сифати ҳақидаги маълумотлардан фойдаланган ҳолда.

Таклиф этилган ЧҚБни автоматлаштирилган аниқлаш усулидан фойдаланиш натижасида юқори фаолликка эга бўлган етти асосий ҳудуд ажратиб олинди (5-расмда яшил рақамлар билан кўрсатилган). Ушбу ҳудудлардан бештаси (жумладан Оролқум, Сарикамиш пасттекислиги, Зарафшон дарёси қуйи оқими ва Қашқадарё вилояти) илгари MODIS йўлдош маълумотлари асосида бошқа тадқиқотчилар томонидан аниқланган чанг манбалари билан мос келади. Шунингдек, янги фаол ҳудуд — Каспий денгизининг Қайдоқ кўрфази атрофидаги ерлар аниқланди, у ерда сўнгги йилларда сув сатҳининг пасайиши сабабли шиддатли чўлланиш кузатилмоқда.

Олинган натижалар Ўзбекистон метеостанцияларида қайд этилган ЧҚБ кунлари сони ҳақидаги маълумотлар билан таққосланди. 2019–2023 йиллар давомидаги йиллик ўртача ЧҚБ сони бўйича мониторинг натижалари ва таклиф этилган автоматлаштирилган усул ўртасида 5-расмда кўрсатилганидек яхши мослик (хатолик $\pm 25\%$ оралиғида) аниқланди.

Кўриб чиқилган метеорология станциялари асосан аҳоли пунктлари ва қишлоқ хўжалиги объектлари яқинида (Амударё бўйлаб) жойлашганлигини таъкидлаш жоиз. Бунда, ЧҚБ кўп кузатиладиган айрим ҳудудлар (масалан, Сарикамиш пасттекислиги ва Оролқум) мониторинг қамровидан ташқарида қолмоқда. Бу эса ҳудудий қамровдаги бўшлиқларни келтириб чиқаради ва баҳолаш аниқлигини чеклайди. Мониторинг маълумотларига кўра, умумий ҳолда ЧҚБ фаоллигининг ўртача йиллик сони кўпчилик станциялар учун 20–40 та ҳолатни ташкил этган. Бироқ айрим шаҳарларда, жумладан Бухоро, Қарши ва Термизда бу кўрсаткич 50–70 тагача етган.

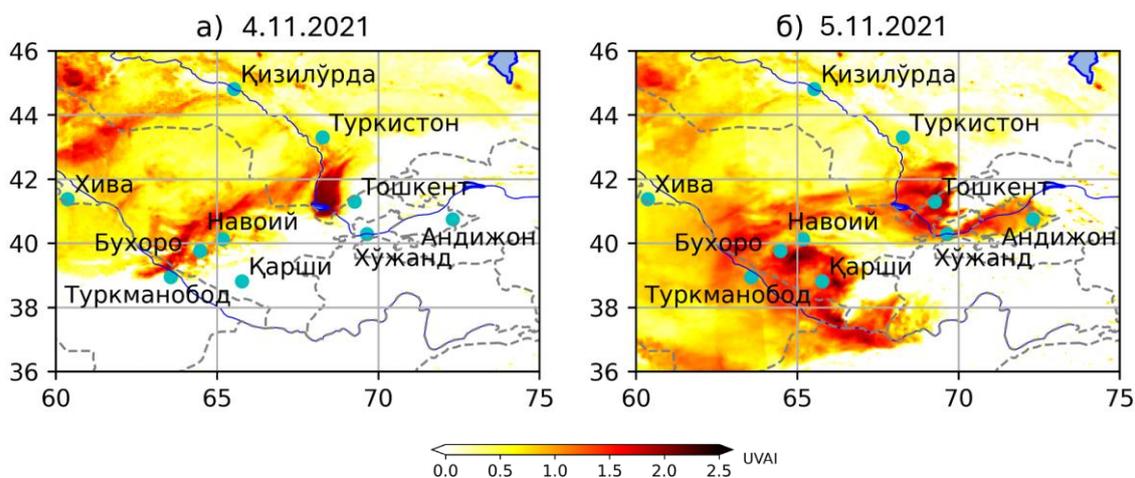


5-расм. 2019–2023 йилларда ЧҚБ ҳодисаларининг ўртача йиллик сонининг ҳудудий тақсимоти: ишлаб чиқилган автоматлаштирилган усул бўйича (штрихланган майдонлар) ва ер усти кузатувлари асосида (белгилар).

Асосий фаоллик зоналари ажратилган: 1 – Қайдоқ; 2 – Ўзбой–Атрек; 3 – Сарикамиш; 4 – Оролқум; 5 – Қизилўрда вилояти; 6 – Зарафшон–Бухоро–Қарши; 7 – Термиз (Балх дельтаси).

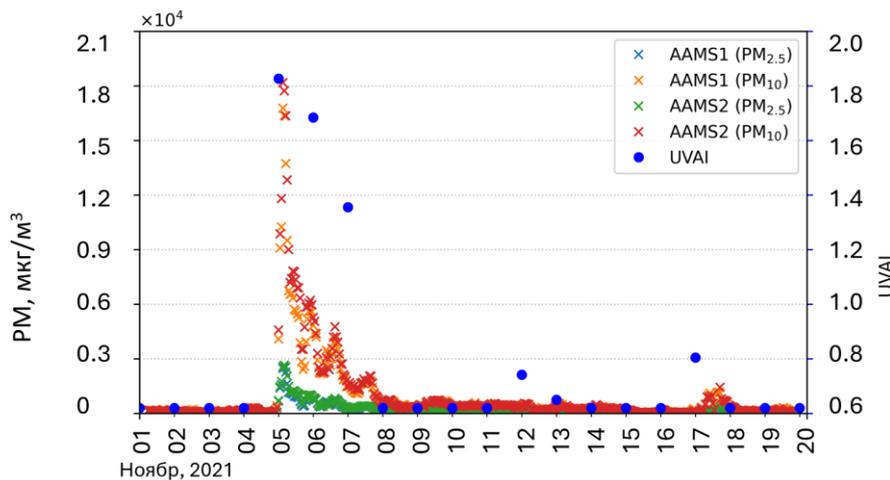
Ишлаб чиқилган усул Ўзбекистондаги экстремал чанг-қум бўронларини ўрганишда, жумладан, 2021 йил 4 ноябрда содир бўлган чанг-қум бўронни таҳлил қилишда муваффақиятли қўлланилди. Бу эса ушбу усулнинг чанг кўчишининг кўлами ва динамикасини батафсил таҳлил қилишда самарали эканлигини кўрсатди. Шу куни Жанубий Қозоғистоннинг Туркистон вилоятидан келиб чиққан ва жануби-ғарбий томонга тарқалган иккита чангли оқим қайд этилди (6-расм). Бунда, таклиф этилган автоматлаштирилган усул Тошкент, Бухоро, Навоий, Қарши шаҳарларини қамраб олган, шунингдек, бошқа халқаро тадқиқотларда кўрсатилганидан анча кенгроқ ҳудудларга тарқалган аэрозол шлейфларини аниқлай олди.

Биринчи чангли оқим, соатига 25 м/с гача ортган шамол тезлиги билан, 5–6 ноябрь кунлари Бухоро–Туркменобод–Қарши йўналишидаги ҳудудларни қамраб олган. Иккинчи шлейф эса Тошкентдан ўтиб Хўжанд тоғ дараси орқали тарқалган ва 5–13 ноябрь кунлари давом этган кучли чанг-қум бўронини келтириб чиқарган. Бу пайтда шамол тезлиги 20 м/с гача етиб, Тошкент шаҳрида кўриниш масофаси 200 м дан кам бўлган. Тошкент шаҳридаги атмосфера ҳавоси ифлосланишини автоматик мониторинг қилиш станциясида PM_{10} концентрацияси $18\,485\text{ мкг/м}^3$ ни ташкил этган (бу меъёрдан тахминан 260 баравар кўп), $PM_{2.5}$ эса $2\,712\text{ мкг/м}^3$ га етган (меъёрдан 60 баравар юқори). Ушбу маълумотлар асосида UVAI индекси (TROPOMI) ҳаводаги чанглилик даражаси ўзгаришини қай даражада аниқ акс эттириши баҳоланган.



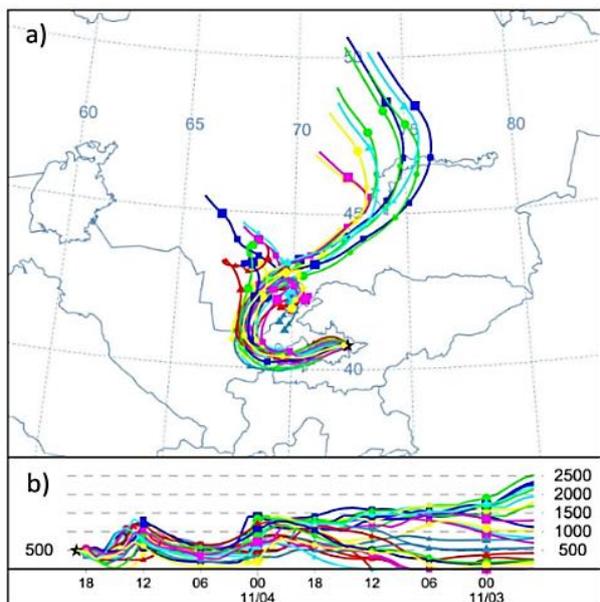
6-расм. Таклиф этилган усул ёрдамида 2021 йил 4–5 ноябр кунлари қайд этилган чанг оқимлари

7-расмда 2021 йил ноябрдаги интенсив чангли ҳодиса давомида Тошкентда қайд этилган $PM_{2.5}$ ва PM_{10} концентрацияларининг UVAI маълумотлари билан таққосланиши келтирилган. Таҳлилларга кўра, ер усти ва сунъий йўлдош маълумотлари орасида ўхшаш динамика кузатилиши аниқланди. Иккала манба ўртасидаги корреляция коэффиценти 0,88–0,89 ни ташкил этиб, маълумотлар ўртасида юқори даражадаги мослик мавжудлигини кўрсатди.



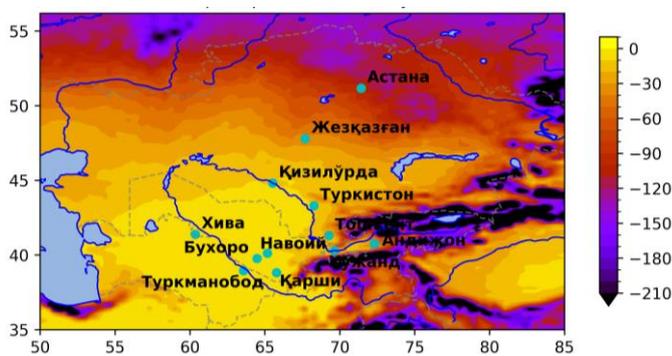
7-расм. 2021 йил ноябр ойидаги чангли ҳодиса даврида PM концентрацияларининг ер усти ўлчовлари ва TROPOMI сунъий йўлдоши бўйича UVAI индекси ўртасидаги таққослаш

НYSPLIT модели ёрдамида 48 соатлик траекториялар тахлили амалга оширилди (8-расм), натижада ЧҚБ манбаи Жанубий Қозоғистонда жойлашгани ва у ердан хаво оқими орқали Фарғона водийсига тарқалгани аниқланди. ERA5-Land маълумотларидан ЧҚБдан аввалги об-ҳаво шароитларини тахлил қилиш учун

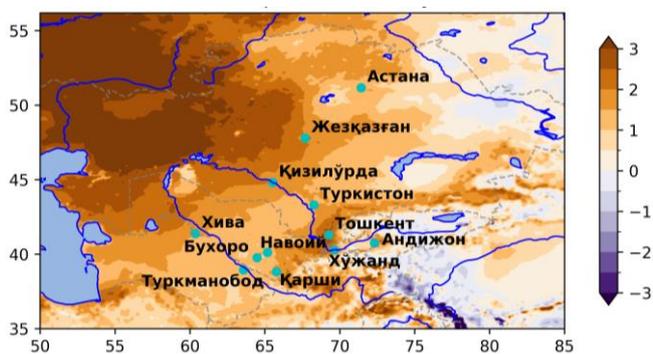


8-расм. НYSPLIT модели бўйича 2021 йил 4 ноябр соат 21:00 UTC (маҳаллий вақт билан 5 ноябр соат 02:00) да Андижонда тугаши аниқланган тескари траекториялар

а) Ёғинлар аномалияси



б) Ер усти ҳаво ҳароратининг аномалияси



9-расм. 2021 йил июн–август ойлари учун ёғинлар ва ер усти ҳаво ҳарорати аномалиялари

фойдаланилди. Ушбу маълумотлар, айниқса Ўзбекистоннинг шимолий ҳудудларига таъсир кўрсатган ЧҚБни чуқурроқ тушуниш имконини берди. Аниқланишича, 2021 йил ёзида Қозоғистоннинг жанубий ҳудудларида кузатилган экстремал иссиқлик ва қурғоқчилик (9-расм) кенг майдонларда қуруқ ва енгил чанг қатламларининг шаклланишига олиб келган ва бу эса кейинчалик кучли шамол таъсирида ЧҚБнинг вужудга келишига сабаб бўлган асосий омиллардан бири бўлган.

Ўтказилган тахлил Марказий Осиёда ЧҚБ ривожланишининг замонавий ҳудудий ва вақт бўйича тенденцияларини аниқлашга имкон берди, ҳамда ерусти кузатув станциялари чекланган шароитда чанг аэрозолини ўрганиш учун комплекс ёндашувнинг самарадорлигини тасдиқлади.

Шунингдек, таклиф этилган ЧҚБни аниқлаш усули бундай ҳолатларнинг юзага келишини аниқлаш ва чангли оқимларнинг траекториясини кузатиш имконини берса-да, UVAI орқали ўлчанадиган ЧҚБнинг интенсивлигини табиатни муҳофаза қилиш ва бошқа ташкилотлар учун етарли даражада талқин қилиб бўлмайди. Шу сабабли, ушбу кўрсаткичларни умумқабул қилинган микрограмм/м³ (мкг/м³) бирликларига мослаш зарур. Шу сабабли, комплекс ёндашув доирасида аниқланган ЧҚБ ҳолатлари учун бу қийматлар CAMS ёки MERRA-2 реанализ маълумотлари асосида аниқланади.

ХУЛОСА

Олиб борилган тадқиқот натижасида асосий хулосалар шаклантирилди ва уларнинг амалий қўлланилиши бўйича йўналишлар тавсия этилди.

1. Чанг-қум бўронлари(ЧҚБ), уларни таснифлаш ва шаклланиш манбаларини ўрганишнинг замонавий муаммолари, шунингдек, глобал ва минтақавий даражада мониторинг ва таҳлил қилиш усуллари аниқланган.

2. Ўзбекистонда ЧҚБни ўрганишда ерусти мониторинги, сунъий йўлдош, реанализ маълумотлари ва сонли моделлаштиришни ўз ичига олган комплекс ёндашув ишлаб чиқилган, бу ёндашув ЧҚБ содир бўладиган ҳудудлар, уларнинг динамикаси ва шаклланиши зоналарини аниқроқ баҳолашга имкон беради.

3. Комплекс ёндашув доирасида асосий кўрсаткичларнинг таҳлилий чегара қийматларини аниқлаш учун машинали ўқитиш алгоритмларидан фойдаланилган итератив усулга асосланган ЧҚБни автоматик аниқлаш усули ишлаб чиқилган. Қайд этилган кўплаб ЧҚБлар учун қуйидаги асосий кўрсаткичлар аниқланган: ҳаво ҳарорати $\sim +30^\circ\text{C}$, шамол тезлиги $\sim 6\text{ м/с}$, $\text{UVAI} \sim 2,25$, $\text{PM}_{2,5} \sim 75\text{ мкг/м}^3$. Усулнинг асосий элементи 2017 йил октябрда учирилган Sentinel-5 Precursor сунъий йўлдошидаги UVAI (TROPOMI) индекси бўлганлиги сабабли, ушбу усулдан фойдаланиш UVAI маълумотлари мавжуд бўлган давр билан чекланган.

4. Ўзбекистон ҳудудидаги ерусти кузатувлари асосида 2010–2023 йиллар даври учун ЧҚБнинг статистик характеристикалари олинган, хавфли ЧҚБнинг мавсумий ва фазовий тақсимланишининг асосий қонуниятлари аниқланган. Энг кўп ҳодисалар Сурхондарё (>50 кун/йил), Қашқадарё (>30 /йил) ва Бухоро (>25 /йил) вилоятларида қайд этилган. Фарғона ва Наманган вилоятларида асосан қисқа муддатли (<3 соат) ЧҚБ устунлик қилади (мос равишда 93% ва 90%), бу эса маҳаллий ҳаво айланиши ва чанг манбаларидан узоқлиги билан изоҳланади. Шунингдек, Сурхондарё вилоятида бошқа ҳудудларга нисбатан узоқ давом этувчи ЧҚБ (>12 соат, тахминан $\sim 10\%$) кўпроқ кузатилади, бу эса орографик омиллар, чўлларга яқинлик ва барқарор жануби–ғарбий шамоллар билан боғлиқ. Умумий ЧҚБнинг 47% икки ва ундан ортиқ метеостанцияда қайд этилган. ЧҚБ фаоллигининг энг юқори даври март–август ойларига тўғри келади. ЧҚБ пайтида шамолнинг асосий йўналишлари – шимоли–ғарбий, ғарбий ва жануби–ғарбий бўлиб, шамолнинг максимал тезлиги 20 м/с гача етиши мумкин.

5. ERA5 маълумотлари асосида ўқитилган Decision Tree Regressor машинали ўқитиш алгоритмидан фойдаланган ҳолда, ЧҚБнинг юз беришига таъсир этувчи метеорологик кўрсаткичларнинг аҳамиятлилиги аниқланган. Энг муҳим омиллар – шамолнинг йўналиши ва шамолнинг ўртача тезлиги (ҳар бири тахминан 20%), кейинги ўринларда шамолнинг максимал тезлиги ва ер усти ҳаво ҳарорати (тахминан 10% дан), сўнгра қуёш радиацияси, тупроқ намлиги ва ёғинлар (ҳар бири 7–8% дан) эканлиги аниқланган. Атмосфера чегара қатлами баландлиги ва ҳавонинг юза ишқаланиши кўрсаткичлари кичик аҳамиятга эгаллиги аниқланган, бу катта ўлчамли циркуляциянинг маҳаллий омилларга нисбатан таъсири юқорилигини кўрсатади. Олинган натижалардан ЧҚБ мониторинги ва эрта огоҳлантириш тизимини такомиллаштириш учун фойдаланиш мумкин.

6. Қурғоқчилик ва ЧҚБ частотаси ўртасидаги боғлиқлик аниқланган,

айниқса бу боғлиқлик Қорақалпоғистон Республикаси ва Сурхондарё вилояти каби қурғоқчил ҳудудларда яққол намоён бўлади. 2021 йилда ЧҚБ сони кескин ошган, бу ҳолат атмосфера ва тупроқдаги кучли қурғоқчилик билан изоҳланади.

7. Ишлаб чиқилган ЧҚБни автоматик аниқлаш усули Ўзбекистон ҳудудида Тошкент шаҳридаги атмосфера ҳавоси сифатини кузатиш пунктларида олинган қаттиқ заррачалар концентрацияси, шунингдек, AirNow платформасида Марказий Осиёнинг йирик шаҳарларида ўлчанган $PM_{2.5}$ концентрациялари билан таққослаш орқали валидация қилинган.

8. Ушбу усулни қўлланилиши натижасида ЧҚБ ходисалари асосан очик чўллар ва деградацияланган ландшафтлар устун бўлган минтақаларда, жумладан Оролқум, Сарикамиш пасттекислиги ва Ўзбекистоннинг жанубий ҳудудлари (Сурхондарё вилояти)да энг кўп қайд этилганлиги аниқланган. Бунда ЧҚБ ҳолатларининг катта қисми аҳоли кам яшайдиган ҳудудларда кузатилади, бу аҳоли соғлиғига тўғридан-тўғри хавф даражасини пасайтиради, бироқ, метеорологик кузатув тармоғи билан қамраб олинмаган ҳудудларда экологик мониторингнинг аҳамиятини янада кучайтиради.

9. 2021 йил 4 ноябрда содир бўлган ЧҚБ ходисасини ўрганишда комплекс ёндашувдан фойдаланиш унинг чангли ҳаво массалари тарқалишининг кўлами ва динамикасини батафсил таҳлил қилишда самарали эканини исботлади. Хусусан, UVAI TROPOMI индекси аэрозол оқимларини қайд этган, улар Тошкент, Бухоро, Навоий ва Қарши шаҳарларини қамраб олгани ва бошқа халқаро тадқиқотларда кўрсатилган ҳудудларга нисбатан анча кенроқ майдонларга тарқалгани аниқланган. Комплекс ёндашув чанг булутининг кейинги кунлардаги ривожланиш динамикасини аниқлаган ва ЧҚБ ҳамда унинг оқибатлари 10 кундан ортиқ давом этганини кўрсатган. Тошкент шаҳрида кўриниш масофасининг ва ҳаводаги аэрозолларнинг ер усти кузатувлари (Тошкентда PM_{10} концентрацияси меъёрдан 260 марта юқори бўлган) ушбу ходисанинг экстремал хусусиятга эғалигини кўрсатган. HYSPLIT модели орқали ҳисобланган чангнинг ҳаракатланиши тескари траекториялари ЧҚБ Жанубий Қозоғистон ҳудудида шаклланишини кўрсатган. ERA5 атмосфера реанализ маълумотлари асосида 2021 йил ёзда Қозоғистон жанубида кузатилган кучли жазирама ва қурғоқчилик ЧҚБ ходисаси шаклланишида ҳал қилувчи омил бўлгани аниқланган.

10. Ўзбекистондаги ЧҚБ мониторинги тизими таҳлил қилинган, мавжуд услубий чекловлар аниқланган ва улар асосида кузатувларни такомиллаштириш бўйича тавсиялар таклиф этилган: горизонтал кўринувчанлик ва атмосфера ҳавоси сифатини кузатувчи автоматик ускуналарни ўрнатиш орқали мониторинг тармоғини кенгайтириш, кузатув жараёнларини стандартлаштириш ва маълумотларни йиғишни рақамлаштириш. ЧҚБ ҳолатларини ҳисобга олиш ва хавфларни бошқариш учун уларни Юқори табиий хавфли ҳудудлар давлат кадастрига киритиш зарурлиги асосланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.27/30.12.2019.Gr.47.01 ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

РАХМАТОВА НАТЕЛЛА ИЛЬТЕФАТ ГЫЗЫ

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПЫЛЬНО-ПЕСЧАНЫХ БУРЬ В УЗБЕКИСТАНЕ**

11.00.04 – Метеорология. Климатология. Агрометеорология

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ГЕОГРАФИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по географическим наукам зарегистрирована в Высшей Аттестационной Комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2024.4.PhD/Gr356.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте. Автореферат диссертации на трех языках (русский, узбекский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета по адресу (www.nigmi.uz) и в информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: **Нишонов Бахриддин Эркинович**
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Официальные оппоненты: **Эгамбердиев Хамракул Турсункулович**
доктор географических наук, профессор
Гафуров Зафар Асроржонович
доктор философии по географическим наукам

Ведущая организация: **Наманганский государственный университет**

Защита диссертации состоится « 21 » ноября 2025 г. в 10.00 часов на заседании Научного совета по присуждению ученых степеней DSc.27/30.12.2019.Gr.47.01 при Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте. (Адрес: 100052, г. Ташкент, ул. 1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел: (+998) 712358512, факс: (+998) 712371319. E-mail: info@nigmi.uz).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Научно-технической библиотеке Научно-исследовательского гидрометеорологического института (зарегистрирована за №232). Адрес: 100052, г. Ташкент, ул. 1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел: (+998) 712358512, факс: (+998) 712371319).

Автореферат диссертации разослан « 8 » ноября 2025 года.
(реестр протокола рассылки № ____ от « ____ » _____ 2025 г.)



Б.М.Холмаджанов
Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н.

Э.Ю.Сафаров
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н.

Д.М. Тургунов
Председатель Научного семинара при
Научном совете по присуждению ученых
степеней, д.т.н.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Пыльно-песчаные бури (ППБ) признаны в мире как серьёзная природная угроза, затрагивающая общество и окружающую среду. Признавая актуальность проблемы, Генеральная Ассамблея ООН провозгласила 2025-2034 годы «Десятилетием борьбы с песчаными и пыльными бурями» и отмечает, «...что, песчаные и пыльные бури являются проблемой, вызывающей обеспокоенность на международном уровне, издержки которой измеряются в экономических, социальных и экологических показателях, и что такие бури продолжают усиливаться»¹. Это указывает на необходимость изучения современных условий возникновения и распространения ППБ в различных регионах мира и проведения комплексных исследований по усовершенствованию технологий мониторинга и их предупреждения.

В мире проводятся исследования, направленные на выявление причин возникновения ППБ, анализ источников пылеобразования, определение зон подверженных воздействию ППБ, оценку воздействия их на здоровье населения, инфраструктуру и экологическую устойчивость регионов. В связи с этим, исследования, направленные на создание эффективной системы мониторинга и предупреждения ППБ, развитие методологических подходов к их мониторингу с использованием математического моделирования, спутниковых данных и данных реанализа, а также разработке мер и стратегий по борьбе с ППБ приобретают особую актуальность.

В нашей республике осуществляется ряд мероприятий по развитию системы мониторинга опасных гидрометеорологических явлений, борьбы с опустыниванием, увеличению площади зелёных насаждений для предотвращения возникновения ППБ и достигнуты определенные положительные результаты. В Стратегии «Узбекистан-2030» в целях 66 и 70 намечены важные задачи по «усовершенствованию механизмов оценки уровня загрязненности окружающей среды, развития системы наблюдения за окружающей средой» и «доведения уровня раннего предупреждения об опасных гидрометеорологических явлениях до 100 процентов»². Достижение этих целей предусматривает всестороннее исследование ППБ на территории Узбекистана. В связи с этим, вопросы усовершенствования методов мониторинга, оценка условий их возникновения и пространственно-временного распределения, имеют важное научное и прикладное значение.

Диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-158 от 11 сентября 2023 года «О стратегии Узбекистан-2030», Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-338 от 24 сентября 2024 года «О первоочередных задачах по борьбе с пыльными бурями и

¹ United Nations General Assembly. Resolution A/78/L.88: United Nations Decade on Combating Sand and Dust Storms (2025–2034). Adopted by the General Assembly, 2024. <https://docs.un.org/en/A/78/L.88>

² Указ Президента Республики Узбекистан №УП-158 от 11 сентября 2023 года «О стратегии Узбекистан-2030», <https://www.lex.uz/ru/docs/6600404>

улучшения качества атмосферного воздуха», Постановлениях Кабинета Министров Республики Узбекистан №ПКМ-299 от 12 апреля 2019 года «О мерах по реализации «Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015-2030 годы» в Республике Узбекистан», №ПКМ-41 от 25 января 2022 года «О дополнительных мерах по превращению Приаралья в зону экологических инноваций и технологий» и другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики V: «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. В мире изучение механизмов, обуславливающих возникновение пылевых явлений, а также выявления источников образования пыльных и песчаных бурь на различных территориях, включая пустыню Сахара, страны Ближнего Востока, Центральной Азии рассмотрены в работах A.Goudie, N.Middleton, Y.Youlin, V.Harrison, N.Mahowald, T.Jickells, A.Baker, J.Li, G.Okin, A.Thomas, P.Van der Werf, L.Orlovskaya, N.Orlovsky и других зарубежных ученых, а также научными группами международных организаций ВМО, ЮНЕП, ФАО, КБО ООН. Многими зарубежными учеными, такими как P.Ginoux, J.N.Hsu, M.Zhao, M.Nobakht, L.Remer, Y.Kaufman, J.Qu, L.Wang, M.Baddock, P.Zhang, N.Lu, X.Hu, K.Schepanski, и другими проводятся исследования, направленные на использование спутниковых данных, данных реанализа и численного моделирования для анализа и предупреждения пыльных и песчаных бурь.

Учеными бывшего Союза и стран СНГ О.Семёновым, Г.Иссановой, С.Абдуллаевым, В.Масловым, О.Галаевой, Т.Базарбаевой, С.Ахметовой и другими проведены детальные исследования процессов формирования и распространения пыльных бурь.

В Узбекистане первые исследования по изучению условий формирования, классификации и синоптических особенностей ППБ в Центральной Азии были выполнены Н.Романовым в Среднеазиатском региональном научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (САРНИГМИ). Исследованиями ППБ занимались Т.Веремеева, С.Чанышева, Е.Смирнова, Г.Толкачёва, М.Арушанов, Б.Глеумуратова, Л.Шардакова, Ю.Ковалевская, С.Мягков, Г.Рустамов и другие. Исследования вышеуказанных авторов были сосредоточены на отдельных выделенных территориях, основывались на данных наземного мониторинга и спутникового зондирования (NOAA, MODIS) и охватывали разный временной период.

Данная диссертационная работа отличается от вышеупомянутых исследований тем, что направлена на разработку комплексного подхода к оценке возникновения и пространственно-временного распределения ППБ на территории Узбекистана с использованием данных наземного наблюдения, спутникового зондирования, реанализа и численного моделирования.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках прикладного проекта плана научно-исследовательских работ Научно-исследовательского гидрометеорологического института АЛ-5721122055 «Разработка технологии системы мониторинга песчаных и пыльных бурь с использованием наземных и спутниковых данных» (2022-2025 гг.).

Целью исследования является разработка комплексного подхода к оценке возникновения и пространственно-временного распределения ППБ над территорией Узбекистана с применением анализа данных наземных наблюдений, спутникового дистанционного зондирования, реанализа и методов численного моделирования.

Задачи исследования:

анализ существующих методов оценки ППБ и обоснование необходимости комплексного подхода;

разработка метода интеграции наземных наблюдений, спутниковых измерений TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument), данных реанализа CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) и MERRA2 (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2), и методов численного моделирования, для идентификации зон возникновения и распространения ППБ;

пространственно-временной анализ частоты и интенсивности ППБ на территории Узбекистана на основе интеграции данных комплексного подхода с учетом сопутствующих метеорологических условий;

оценка взаимосвязи между частотой ППБ и атмосферной и почвенной засухами;

исследование эффективности существующей системы мониторинга ППБ на территории Узбекистана с целью выявления её ограничений;

разработка рекомендаций по модернизации системы мониторинга ППБ с целью повышения её достоверности и полноты.

Объектом исследования является территория Узбекистана, находящаяся под воздействием ППБ.

Предметом исследования является всесторонняя оценка характеристик пространственно-временного распределения ППБ на территории Узбекистана с применением комплексного подхода, основанного на интеграции данных наземных наблюдений, спутникового мониторинга, реанализа и результатов численного моделирования.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы описательной и математической статистики, пространственно-временного анализа, численного моделирования, картографии, и элементы машинного обучения. Расчёты и обработка данных выполнялись с использованием языка программирования Python.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан комплексный подход к оценке возникновения и пространственно-временного распределения ППБ на территории Узбекистана на

основе спутниковых данных TROPOMI, данных реанализа CAMS и MERRA2, и наземных наблюдений;

разработан метод автоматического детектирования ППБ на основе интеграции данных комплексного подхода;

выявлены закономерности сезонной и межгодовой изменчивости на основе детального пространственно-временного анализа распределения ППБ на территории Узбекистана за 2010-2023 гг.;

определены и картографированы зоны наиболее подверженные ППБ на территории Узбекистана, на основе разработанного подхода.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны карты пространственно-временного распределения ППБ на территории Узбекистана;

определены траектории распространения опасных и особоопасных ППБ с использованием модели HYSPLIT;

выявлены наиболее важные метеорологические параметры, способствующие распространению ППБ на территории Узбекистана с использованием методов машинного обучения;

выявлена взаимосвязь между ППБ и засухой по регионам республики;

разработаны рекомендации по усовершенствованию мониторинга ППБ в Узбекистане.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов и выводов диссертационного исследования обосновывается использованием в работе, в качестве основного источника, материалов стандартных сетевых наблюдений Агентства гидрометеорологической службы при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан, дополнением их данными спутниковых наблюдений и реанализа, отражающими загрязнение пылевым аэрозолем, а также соответствием их с выводами других исследователей, публикациями в рецензируемых международных журналах и их внедрением в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования определяется тем, что полученные в работе результаты и основные выводы, в том числе комплексный подход, который использует различные наборы данных (наземные наблюдения, спутниковые данные и реанализ) восполняет пробелы в системе наземных наблюдений, позволяя более точно определять зоны потенциальных источников пылевых аэрозолей и моделировать траектории их перемещения, а также полученные результаты дополняют современные научные представления о механизмах формирования и пространственно-временной изменчивости ППБ и вносят вклад в развитие методов их детектирования и мониторинга.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что основные результаты и рекомендации работы могут служить основой для развития и повышения эффективности системы мониторинга и предупреждения ППБ, разработки мер, направленных на борьбу с ними в условиях изменения климата. Разработанный комплексный подход может быть использован метеорологическими и экологическими службами при

планировании устойчивого управления окружающей средой и снижения рисков, связанных с ППБ и борьбой с опустыниванием, результаты работы и её материалы могут быть использованы в учебных программах гидрометеорологического и природоохранного профиля в высших учебных заведениях.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по разработке комплексного подхода к оценке возникновения и пространственно-временного распределения ППБ на территории Узбекистана:

метод автоматического детектирования ППБ, основанный на интеграции спутниковых данных, реанализа и наземных наблюдений, был использован Агентством гидрометеорологической службы для оценки и документирования случаев ППБ, включая направления их переноса и степень воздействия на территорию страны (Справка Агентства гидрометеорологической службы при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан от 27 июня 2025 года, № 01-15/961). В результате создана возможность создания системы раннего предупреждения ППБ в регионах страны с ограниченной сетью наземных наблюдений;

выявленные пространственно-временные особенности распределения ППБ на территории Узбекистана, включая данные о частоте, продолжительности, сезонной динамике и параметрах ветра по каждой области были использованы Агентством гидрометеорологической службы для оценки эффективности существующей системы мониторинга за ППБ (Справка Агентства гидрометеорологической службы при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан от 27 июня 2025 года, №01-15/961). В результате созданы возможности для усовершенствования системы мониторинга и повышения точности оперативных прогнозов ППБ;

результаты определения наиболее подверженных ППБ зон на территории Узбекистана на основе спутниковых данных и данных реанализа были использованы в Агентстве гидрометеорологической службы при оценке воздействия ППБ на окружающую среду и растительность (Справка Агентства гидрометеорологической службы при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан от 27 июня 2025 года, № 01-15/961). В результате созданы возможности для разработки планов адаптации, мер по снижению уязвимости к ППБ и сокращению площади источников ППБ;

комплексный подход к оценке возникновения и пространственно-временного распределения ППБ на территории Узбекистана был внедрен в Агентстве гидрометеорологической службы для методического обеспечения раздела «Пыльно-песчаные бури» в Государственном кадастре зон повышенной природной опасности (Справка Агентства гидрометеорологической службы при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан от 27 июня 2025 года, № 01-15/961). В результате создана возможность улучшения Государственного кадастра зон повышенной природной опасности путем формирования нового раздела «Сведения о пыльно-

песчаных бурях», способствующего повышению эффективности мониторинга и оценки рисков.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были представлены и обсуждены на 8 международных научно-практических конференциях, в том числе 3 в базе данных Scopus.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 18 работ, из них 9 были опубликованы в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, из них 6 статей в республиканских журналах, а 3 в зарубежных журналах, индексируемых в базе данных Scopus.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, списка сокращений. Объем диссертации составляет 121 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы исследования, показано её соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, отмечена её связь с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация, дана оценка изученности проблемы, уточнены цель и задачи, объект и предмет исследования, изложена научная новизна исследования и практическая значимость результатов, представлены сведения о внедрении в практику результатов исследования, а также по опубликованным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации называется **“Особенности пыльно-песчаных бурь и их исследование в современных условиях”**. Основное содержание главы посвящено анализу механизма формирования ППБ, их классификации, факторов возникновения и пространственно-временных особенностей распространения над территорией Узбекистана и Центральной Азии. Рассмотрены ключевые метеорологические, почвенно-растительные и орографические условия, способствующие возникновению ППБ. Приведены современные международные и национальные подходы к классификации пылевых явлений, основанные на оценках скорости ветра, горизонтальной видимости и концентрации PM_{10} , $PM_{2.5}$ в атмосфере.

Отдельное внимание уделено источникам ППБ – как природным (пустыни Каракум и Кызылкум, Приаралье), так и антропогенным (деградированные сельскохозяйственные земли, зоны пересохших ирригационно-сбросовых водоёмов). Обобщены результаты ранее проведённых исследований по картированию источников пыли в глобальном и региональном масштабе.

В диссертационной работе проведен анализ современных методов обнаружения и мониторинга ППБ, включая наземные измерения, спутниковое дистанционное зондирование (MODIS, TROPOMI, CALIPSO и др.),

численные атмосферные модели (HYSPLIT, WRF-Chem и др.) и данные глобальных атмосферных реанализов (CAM5, MERRA-2). Выявлены преимущества и ограничения рассмотренных наборов данных. Особый акцент сделан на важности комплексного подхода, сочетающего различные источники данных, для повышения точности оценки ППБ.

Во второй главе диссертации «Комплексный подход к оценке пыльно-песчаных бурь с интеграцией комбинированных данных и методов моделирования» представлено методологическое описание интегрированного подхода к изучению ППБ в Узбекистане, основанного на сочетании наземного мониторинга ППБ и измерения аэрозолей (PM_{2.5}, PM₁₀), спутниковых данных (TROPOMI UVAI), продуктов атмосферных реанализов (ERA5, CAM5 и MERRA-2) и численного моделирования (HYSPLIT) (рис.1).



Рис. 1. Концептуальная схема комплексного подхода к оценке зон возникновения, распространения и пространственно-временного распределения ППБ

В рамках комплексного подхода был разработан метод автоматического детектирования ППБ, основанный на итеративной процедуре с применением алгоритмов машинного обучения для выявления пороговых значений ключевых параметров. На рисунке 2 показана методологическая схема автоматического детектирования ППБ.

Процедура включает последовательные этапы: сбор и предварительную обработку многокомпонентных источников данных с унификацией форматов, единиц измерения, временных шкал и координатных систем, а также определение пороговых значений по показателям PM_{2.5}, UVAI и параметрам ветра. Далее производится идентификация ячеек, в которых совокупность параметров превышает установленные пороги. Результаты верифицируются с использованием фактических наземных наблюдений и подвергаются итеративной корректировке. Пороговые значения уточняются с применением

модели машинного обучения «Decision Tree Classifier», что обеспечивает адаптацию метода к различным пространственным и временным условиям. В процессе использования данного метода, было установлено, что для большинства случаев зафиксированных ППБ основные параметры были следующие: температура воздуха ~ 30 °С, скорость ветра ~ 6 м/с, UVAI $\sim 2,25$ и $PM_{2.5} \sim 75$ мкг/м³.

Ключевым элементом предлагаемого метода является индекс UVAI, рассчитываемый на основе данных дистанционного зондирования, получаемых с инструмента TROPOMI. Это прибор установлен на борту спутника Sentinel-5 Precursor, запущенного на орбиту в октябре 2017 года. Поскольку данные UVAI доступны с мая 2018 года, рассматриваемый период охватывает пять полных лет с 2019 по 2023 годы. Это обусловлено, с одной стороны, достаточной полнотой и устойчивостью наблюдательного ряда, а с другой стороны, соответствием стандартному пятилетнему интервалу, принятому в научных исследованиях. Вместе с тем, метод обладает потенциалом оперативного расширения временного охвата. При наличии актуальных данных, расчёты могут быть продолжены практически в реальном времени. На сегодняшний день это не является существенным ограничением, поскольку существует лишь небольшая техническая задержка, связанная с поступлением и предварительной обработкой данных TROPOMI, а также сопутствующих наборов реанализа, включая ERA5, CAMS и MERRA-2.

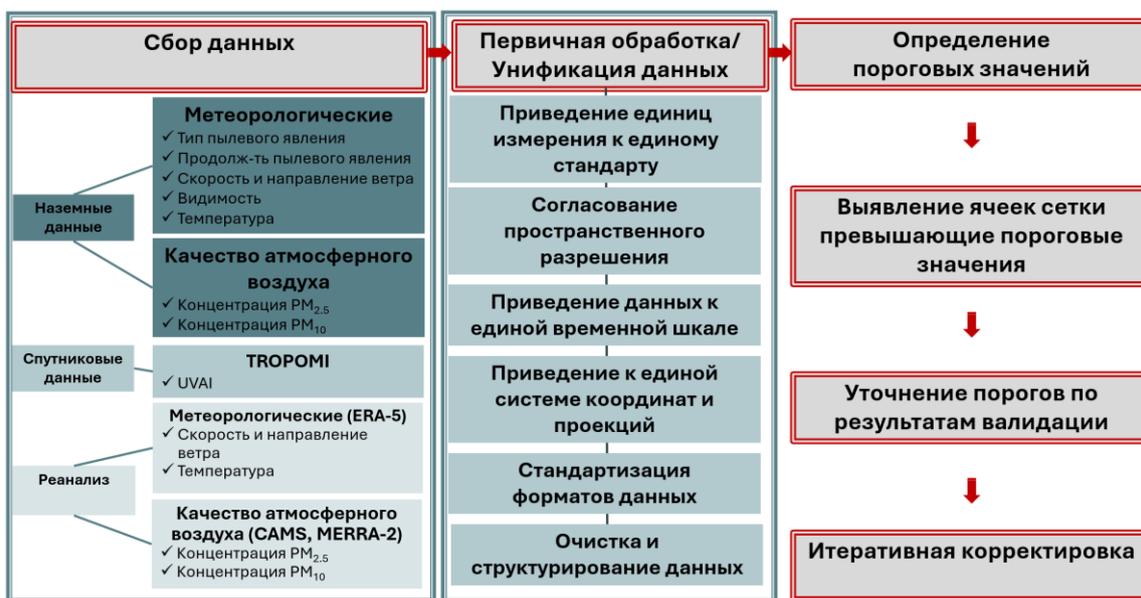


Рис. 2. Методологическая схема автоматического детектирования ППБ

В рамках данного исследования модель HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory), разработанная Национальным управлением океанических и атмосферных исследований США (NOAA), использована для численного моделирования атмосферного переноса аэрозольных частиц, связанных с ППБ. Расчёты выполняются в режиме обратных траекторий, запускаемых в момент регистрации ППБ по заданным координатам. Модель позволяет определить наиболее вероятные области происхождения пыльного облака. Результаты визуализируются в виде комбинированного изображения,

включающего карту траекторий и график изменения высоты их движения во времени. При интерпретации учитываются текущие метеорологические условия, а также пространственное расположение потенциальных источников пылеобразования.

Таким образом, интеграция спутниковых и наземных данных обеспечивает надёжное выявление времени и координат прохождения ППБ. Применение модели HYSPLIT в сочетании с метеорологическими данными реанализа позволяет реконструировать наиболее вероятные траектории переноса воздушных масс и локализовать основные районы формирования ППБ. Предложенная методология демонстрирует эффективность в условиях ограниченного количества наземных данных, обеспечивает наглядную интерпретацию результатов и допускает масштабирование подхода. Разработанный метод, а также его отдельные компоненты, могут быть использованы для последующей интеграции в систему оперативного мониторинга.

В третьей главе диссертационной работы «Анализ и использование данных наземного мониторинга пыльно-песчаных бурь» изложены результаты исследования пространственно-временной динамики опасных и особо опасных ППБ в Узбекистане в период 2010–2023 гг. (определённых согласно Постановлению Кабинета Министров Республики Узбекистан №ПКМ-501 от 6 августа 2021 года). В анализ включены данные о ППБ с 58 метеостанций, учитывающие скорость и направление ветра. Рассматривались опасные и особо опасные ППБ, т.е. события продолжительностью >3 часов при средних порывах ветра ≥ 10 м/с, максимальных за сутки более 15 м/с. Максимальная активность отмечена в Сурхандарьинской, Кашкадарьинской, Бухарской областях и в Республике Каракалпакстан (рис. 3).

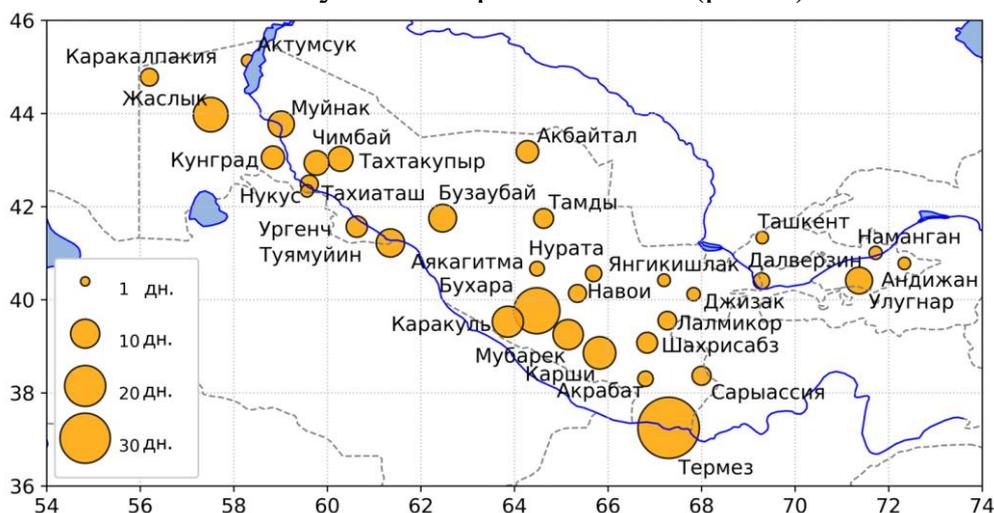


Рис. 3. Пространственное распределение среднего числа дней в год с опасными и особо опасными ППБ за период с 2010 по 2023 гг. по данным наблюдений на метеорологических станциях Узбекистана

Выявлено, что 53 % ППБ охватывают одновременно несколько станций, а 47 % зафиксированы на одной и являются локальными. Как видно из рисунка 4, в период 2010–2023 гг. большинство ППБ в Узбекистане были кратковременными (< 3 ч). Особенно это характерно для Ферганской и Наманганской областей, где их доля достигает 90-93 %. Наоборот, в

Сурхандарьинской области чаще наблюдаются продолжительные ППБ, превышающие 12 часов (табл.1).

Анализ розы ветров выявил преобладание ветров северо-западных, южных и юго-западных направлений как основных факторов, способствующих возникновению ППБ, особенно в Жаслыке и Термезе.

В работе исследовано влияние засухи на частоту ППБ в Узбекистане в период 2010–2023 гг. В качестве индикатора атмосферной засухи рассмотрено количество дней с дефицитом влаги ≥ 50 гПа (рис. 4). Расчёт данного показателя основан на данных Государственного кадастра зон повышенной природной опасности. Анализ числа дней с атмосферной засухой и ППБ в Узбекистане за 2010-2023 гг. показал, что наблюдается взаимосвязь между данными показателями.

Таблица 1

Процентное распределение дней с пыльно-песчаными бурями по длительности за 2010–2023 гг.

Регион	Временной интервал, ч			
	<3	3-6	6-12	>12
Республика Каракалпакстан	67	19	13	2
Андижанская область	72	21	6	1
Бухарская область	69	16	12	3
Джизакская область	65	23	12	1
Навоийская область	59	26	14	1
Наманганская область	90	9	1	-
Кашкадарьинская область	68	18	11	2
Самаркандская область	83	12	5	-
Сурхандарьинская область	68	10	12	10
Сырдарьинская область	89	11	-	-
Ташкентская область	81	11	8	-
Ферганская область	93	7	-	-
Хорезмская область	71	17	10	2
город Ташкент	90	7	1	2

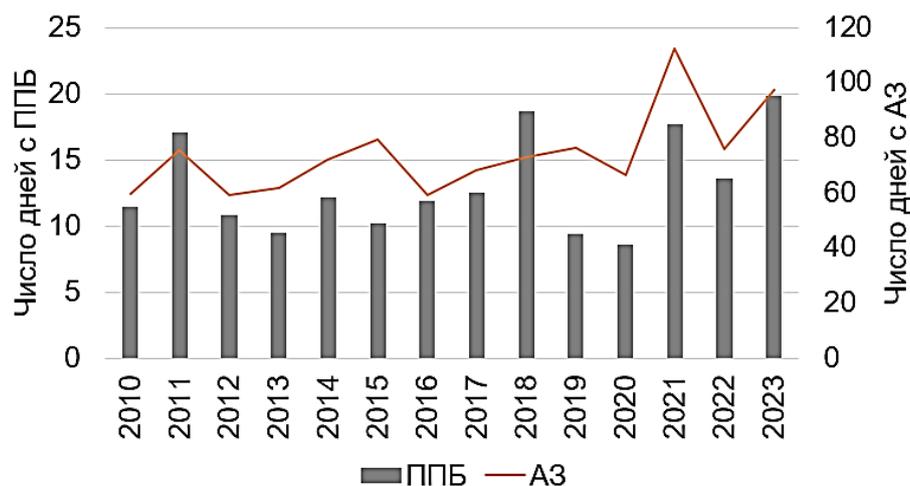


Рис. 4. Анализ взаимосвязи атмосферной засухи и ППБ в Узбекистане за 2010–2023 гг.

Анализ пространственно-временной структуры ППБ позволил выявить основные недостатки системы мониторинга. Показана необходимость модернизации наблюдательной сети: автоматизация измерений,

цифровизация данных и интеграция наземных, спутниковых данных и реанализа в единую систему. Это позволит повысить точность оценки и эффективность реагирования на ППБ.

В четвертой главе диссертации «Реализация комплексного подхода к оценке пыльно-песчаных бурь» представлена оценка пространственно-временной активности ППБ в Центральной Азии за период 2019–2023 гг. и на основе комплексного подхода выделены зоны, наиболее подверженные ППБ.

Предложенный метод автоматизированного детектирования ППБ был валидирован: (1) на основе наземных наблюдений, полученных на метеорологических станциях на территории Узбекистана; (2) используя данные о качестве атмосферного воздуха в период экстремальной ППБ в г. Ташкенте 4 ноября 2021 года.

В результате использования предложенного метода автоматизированного детектирования ППБ были выделены семь основных зон с высокой их активностью (отмечены зелеными цифрами, как показано на рисунке 5). Некоторые из этих зон, включая Аралкум, Сарыкамышскую впадину, нижнее течение Зеравшана и Кашкадарьинскую область, совпадают с источниками пыли, ранее установленными при помощи спутниковых данных MODIS другими исследователями. Кроме того, была выявлена новая зона – район залива Кайдак на побережье Каспийского моря, где в последние годы отмечается активное опустынивание в связи с падением уровня воды. Полученные результаты сравнивались с информацией о числе дней с ППБ, зафиксированных на метеорологических станциях Узбекистана. Результаты мониторинга и предложенного автоматизированного метода показали достаточно хорошее согласование (допустимое отклонение в пределах $\pm 25\%$) по среднегодовому числу событий ППБ за период 2019–2023 гг., как показано на рисунке 5.

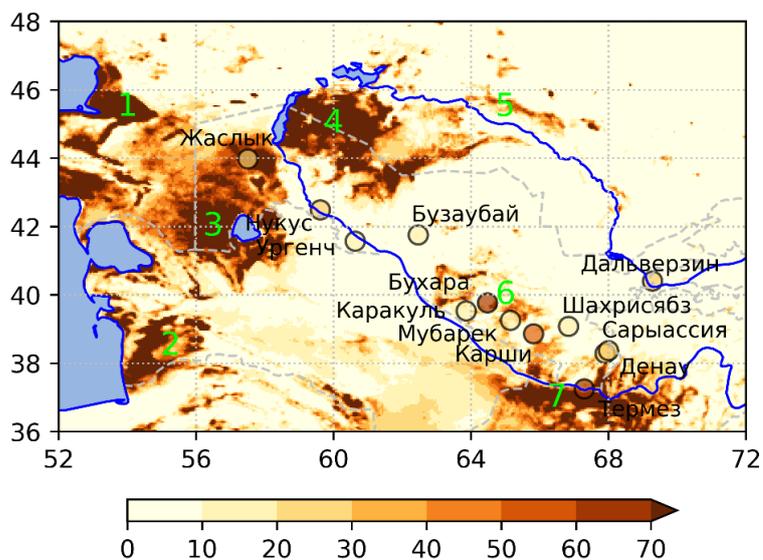


Рис. 5. Пространственное распределение среднего годового числа событий ППБ в 2019–2023 гг. по разработанному методу (штриховка) и наземным наблюдениям (маркеры). Выделены основные зоны активности: 1 – Кайдак; 2 – Узбой–Атрек; 3 – Сарыкамыш; 4 – Аралкум; 5 – Кызылординская область; 6 – Зеравшан–Бухара–Карши; 7 – Термез (дельта Балха)

Следует отметить, что рассмотренные метеорологические станции расположены преимущественно вблизи населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов (вдоль р. Амударья). При этом значительная часть территории, включая районы с высокой частотой ППБ (например, Сарыкамышская впадина и Аралкум), остаётся вне зоны охвата. Это создаёт пробелы в пространственном покрытии и ограничивает точность оценки. По данным мониторинга, среднегодовая активность, в целом ППБ, на большинстве станций составляет 20–40 событий, однако в ряде городов (Бухара, Карши, Термез) зафиксированы 50–70 событий в год.

Разработанный метод был успешно применен для изучения экстремальных ППБ в Узбекистане, в том числе произошедшей 4 ноября 2021 года, что подтвердило его эффективность для детального анализа масштабов и динамики пылевого переноса. В этот день было зафиксировано два пылевых шлейфа, исходящих из Туркестанского региона Южного Казахстана и распространявшихся в юго-западном направлении (рис.6). При этом предложенный метод выявил аэрозольные шлейфы, которые затронули Ташкент, Бухару, Навои, Карши и охватили гораздо большие территории, чем было показано в других зарубежных исследованиях этого события.

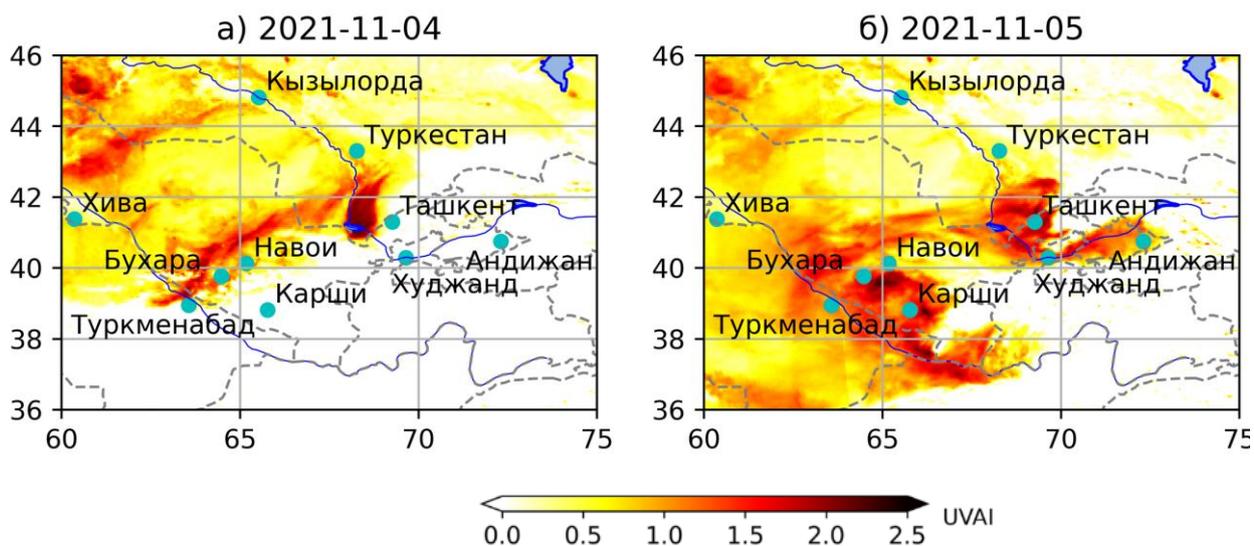


Рис. 6. Пылевые шлейфы зафиксированные 4–5 ноября 2021 г. при помощи предлагаемого метода

Первый шлейф, с максимальной скоростью до 25 м/с, охватил регионы Бухара–Туркменабад–Карши 5–6 ноября. Вторым шлейфом, пройдя через Ташкент распространялся через Ходжентское ущелье и вызвал сильную ППБ 5–13 ноября: ветер достигал 20 м/с, а видимость в Ташкенте была ниже 200 м. На автоматической станции мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в г.Ташкенте концентрация PM_{10} достигла 18 485 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (примерно в 260 раз выше нормы), а $PM_{2.5}$ - 2 712 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (превышение нормы в 60 раз). На основе этих данных были сделаны оценки насколько точно UVAI отражает изменение уровня запыленности воздуха во время ППБ. На рисунке 7 представлено сравнение концентраций $PM_{2.5}$ и PM_{10} , зарегистрированных в пунктах наблюдения за качеством атмосферного воздуха г.Ташкенте в период

интенсивного пылевого события в ноябре 2021 г., с данными UVAI (TROPOMI). Установлено, что прослеживается схожая динамика показателей по наземным и спутниковым данным. Значения коэффициента корреляции между сериями данных составляют 0,88–0,89, что указывает на высокий уровень согласованности между двумя источниками информации.

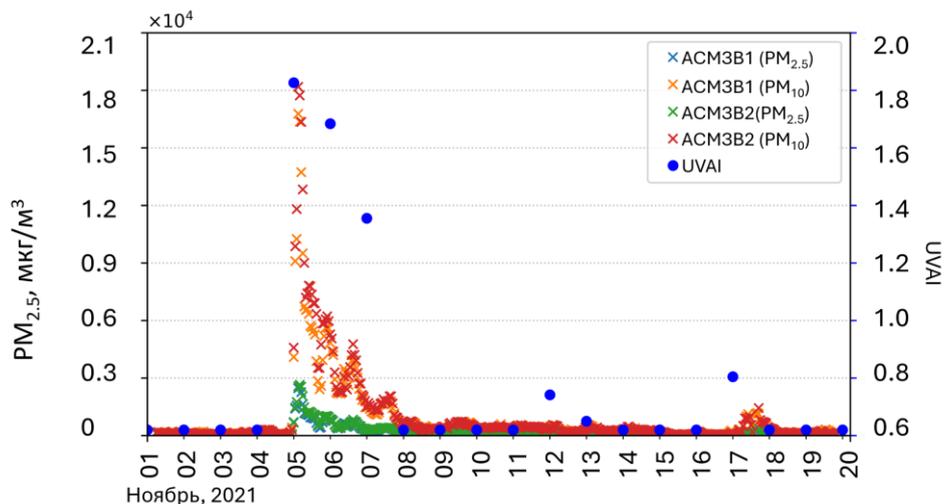


Рис. 7. Сравнение наземных измерений РМ и спутникового UVAI в период пылевого события в ноябре 2021 года

С помощью модели HYSPLIT проведён анализ 48-часовых траекторий (рис.8), показавший, что источник ППБ находился в южном Казахстане, откуда она распространилась в Ферганскую долину. Данные ERA5-Land были использованы для анализа погодных условий, предшествовавших ППБ, затронувшей северные районы Узбекистана. Установлено, что экстремальная жара и засуха летом 2021 года на юге Казахстана (рис. 9) сыграли ключевую роль в возникновении условий для формирования огромных площадей, покрытых сухой и легкой пылью, что затем вызвало ППБ под воздействием сильных ветров.

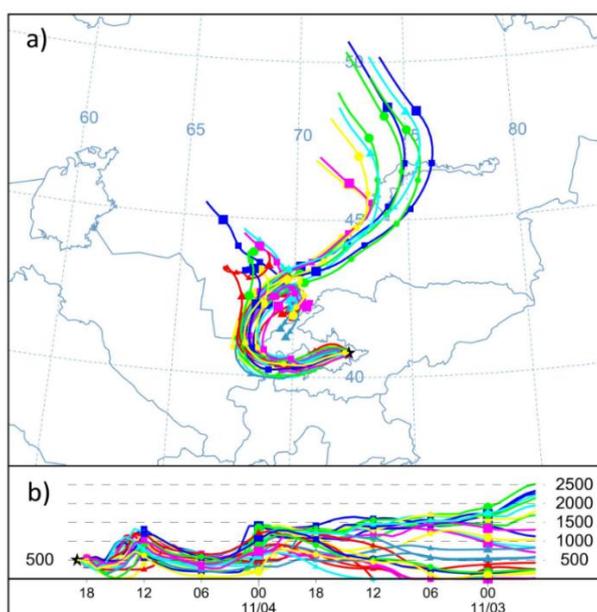


Рис. 8. Обратные траектории модели HYSPLIT заканчивающиеся в Андижане 4 ноября 2021 г. в 21:00 UTC (02:00 5 ноября по местному времени)

Выполненный анализ позволил получить современные пространственно-временные тенденции развития ППБ в Центральной Азии, а также подтвердил эффективность комплексного подхода к изучению пылевого аэрозоля в условиях ограниченности наземной наблюдательной сети.

Тем не менее, нужно отметить, что предложенный метод идентификации ППБ, позволяет выявлять ситуации возникновения эпизодов, а также отслеживать траектории пылевых шлейфов, но интенсивность ППБ, измеренная через значения UVAI остаётся мало интерпретируемой для природоохранных и других организаций, поэтому целесообразно сопоставить ее с общепринятыми единицами $\text{мкг}/\text{м}^3$. Поэтому, в рамках комплексного подхода, для выявленных случаев ППБ эти значения выбираются через реанализ CAMS или MERRA-2.

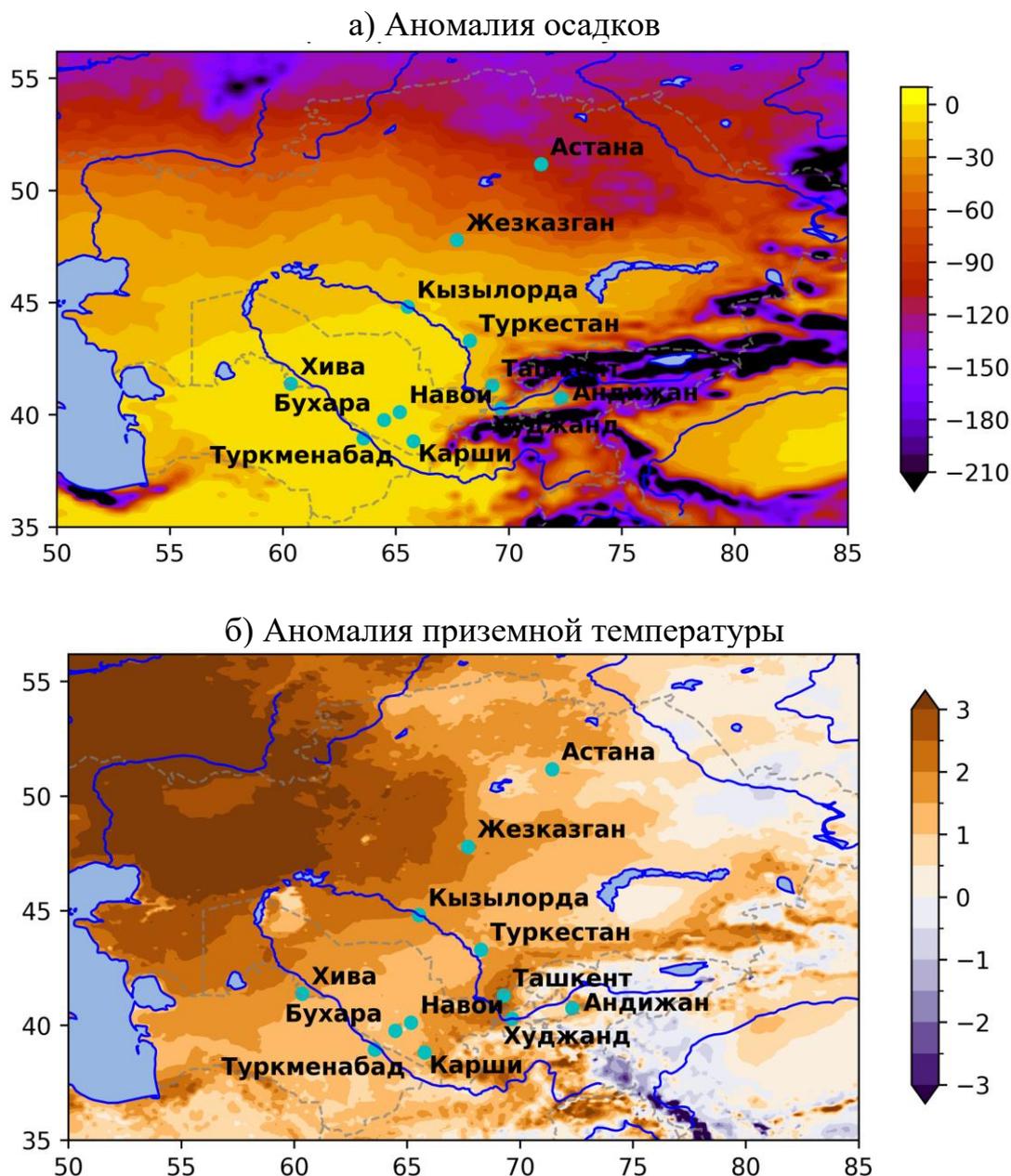


Рис. 9. Аномалии осадков и температуры воздуха у поверхности за июнь-август 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведённого исследования сформулированы ключевые выводы и предложены направления их практического применения.

1. Определены современные проблемы изучения ППБ, их классификации, источников формирования, а также применяемые методы мониторинга и анализа в глобальном и региональном контексте.

2. Сформулирован комплексный подход к изучению ППБ в Узбекистане, основанный на сочетании данных наземного мониторинга, спутникового зондирования, реанализа и численного моделирования, что позволяет более точно оценивать области, подверженные ППБ, их динамику, зоны их формирования.

3. В рамках комплексного подхода, разработан метод автоматического детектирования ППБ, основанный на итеративном алгоритме машинного обучения, который идентифицирует дни с ППБ и позволяет определить пороговые значения по UVAI, PM_{2.5}, скорости ветра и температуры воздуха. Для большинства случаев зафиксированных ППБ ключевые параметры были: температура воздуха ~30 °С, скорость ветра ~6-8 м/с, UVAI ~2,25 и PM_{2.5} ~75 мкг/м³. Поскольку ключевым фактором метода является индекс UVAI (TROPOMI) на борту спутника Sentinel-5 Precursor, запущенного в октябре 2017 года, то данный метод ограничен периодом, когда доступны данные UVAI.

4. На основе наземных наблюдений на территории Узбекистана получены статистические характеристики ППБ, определены основные закономерности сезонного и пространственного распределения опасных ППБ за период 2010–2023 годы. Установлено, что наибольшее число таких явлений регистрируется в Сурхандарьинской (>50 дней в год), Кашкадарьинской (>30) и Бухарской (>25) областях. В Ферганской и Наманганской областях преобладают кратковременные ППБ (<3 ч в 93% и 90% случаев, соответственно), что объясняется локальной циркуляцией и удалённостью от источников пыли. В то же время в Сурхандарьинской области чаще, чем в других областях, фиксируются длительные ППБ (>12 ч, ~10%), что обусловлено сочетанием орографических факторов, близостью пустынь и устойчивыми юго-западными ветрами. Установлено, что 47% ППБ фиксируются на двух и более станциях. Пик активности ППБ приходится на период март–август. Основные направления ветра во время ППБ – северо-западные, западные, юго-западные, при этом максимальные порывы могут быть более 20 м/с.

5. Применяя алгоритм машинного обучения Decision Tree Regressor и используя данные ERA5, выявлена значимость метеорологических параметров, влияющих на прохождение рассматриваемых ППБ. Определено, что наиболее важными являются направление и средняя скорость ветра (около 20% каждый), далее максимальная скорость ветра и температура почвы (примерно по 10%), затем солнечная радиация, влажность почвы и осадки (по 7–8%). Параметры высоты атмосферного пограничного слоя и поверхностного трения воздуха продемонстрировали низкую значимость, что указывает на

преобладание крупномасштабной циркуляции над локальными факторами. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования систем мониторинга и раннего предупреждения ППБ.

6. Выявлена связь между засушливыми условиями и частотой ППБ, особенно выраженная в аридных регионах, таких как Республика Каракалпакстан и Сурхандарьинская область. В 2021 году наблюдалось резкое увеличение числа ППБ, что связано с увеличением экстремального числа дней с атмосферной и почвенной засухой.

7. Разработанный метод автоматического детектирования ППБ был валидирован на территории Узбекистана на основе данных о концентрациях твердых частиц, полученных с пунктов наблюдения за качеством атмосферного воздуха в г.Ташкенте, а также путем сравнения концентраций $PM_{2.5}$, измеренных в нескольких крупных городах Центральной Азии в рамках наблюдений платформы AirNow.

8. В результате применения данного метода выявлено, что наибольшее число случаев ППБ зафиксировано в районах с преобладанием открытых пустынных и деградированных ландшафтов, включая Аралкум, Сарыкамышскую впадину и южные районы Узбекистана (Сурхандарьинская область). При этом значительная часть событий наблюдается в малонаселённых зонах, что снижает прямой риск для здоровья населения, но подчёркивает важность экологического мониторинга в зонах, не покрытых сетью метеорологических наблюдений.

9. Применение комплексного подхода к изучению ППБ к случаю 4 ноября 2021 года доказало его эффективность для детального анализа масштабов и динамики пылевого переноса. Так, индекс $UVAI$ TROPOMI зафиксировал аэрозольные шлейфы, которые затронули Ташкент, Бухару, Навои, Карши и охватили гораздо большие территории, чем было показано в других зарубежных исследованиях этого события. Комплексный подход выявил динамику развития пылевого облака в последующие дни, тем самым определил, что ППБ и ее последствия продолжались более 10 дней. Наземные измерения видимости и содержания аэрозоля в воздухе (PM_{10} в Ташкенте превышали норму в 260 раз) указывают на экстремальность явления. Обратные траектории перемещения пыли, рассчитанные по модели HYSPLIT показали, что ППБ сформировалась в южном Казахстане. При помощи реанализа ERA5 было установлено, что экстремальная жара и засуха летом 2021 года на юге Казахстана сыграли ключевую роль в формировании условий ее возникновения.

10. Проведён анализ системы наземного мониторинга ППБ в Узбекистане, выявлены методологические ограничения, на основании которых предложены меры по модернизации наблюдений: расширение сети с установкой автоматических приборов измерения горизонтальной видимости и качества атмосферного воздуха, стандартизация процедур и цифровизация сбора данных. Обоснована необходимость включения ППБ в Государственный кадастр зон повышенной природной опасности для системного учёта и управления рисками.

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.27/30.12.2019.Gr.47.01 AT THE HYDROMETEOROLOGICAL
RESEARCH INSTITUTE**

HYDROMETEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE

RAKHMATOVA NATELLA ILTEFAT GIZI

**INTEGRATED APPROACH TO ASSESSING
THE OCCURRENCE AND SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION
OF SAND AND DUST STORMS IN UZBEKISTAN**

11.00.04 – Meteorology. Climatology. Agrometeorology

**DISSERTATION ABSTRACT
OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
IN GEOGRAPHICAL SCIENCES**

Tashkent – 2025

The title of the doctoral dissertation (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan with registration number of B2024.4.PhD/Gr356.

The dissertation has been prepared at the Hydrometeorological Research Institute.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English-resume) is available online on the Scientific Council website (www.nigmi.uz) and on the website of "ZiyoNET" information-educational portal (www.ziyo.net).

Scientific supervisor:	Nishonov Bakhriddin Erkinovich candidate of technical sciences, senior researcher
Official opponents:	Egamberdiev Hamrakul Tursunkulovich doctor of geographical sciences, professor Gafurov Zafar Asrorjonovich doctor of philosophy on geographical sciences
Leading organization:	Namangan State University

The defense of dissertation will take place on « 21 » November 2025 in 10.00 at the meeting of the Scientific Council for award of scientific degrees DSc.27/30.12.2019.Gr.47.01 at the Hydrometeorological Research Institute (Address: 72, 1st Bodomzor yuli street, Tashkent, 100052. Ph.: (998) 712358512. Fax: (998) 712371319. E-mail: info@nigmi.uz).

PhD dissertation can be found in the Scientific-technical Library of the Hydrometeorological Research Institute (registered under №232). Address: 72, 1st Bodomzor yuli street, Tashkent, 100052. Ph.: (998) 712358512. Fax: (998) 712371319.

Abstract of the dissertation has distributed on « 8 » November 2025.
(Mailing report № ____ on « ____ » _____ 2025).



Б.М.Холмагжанов
Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н.

Э.Ю.Сафаров
Врио Учёного секретаря Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н.

Д.М. Тургунов
Председатель Научного семинара при
Научном совете по присуждению ученых
степеней, д.т.н.

INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation)

The aim of the research work is to develop a comprehensive approach for assessing the occurrence and spatiotemporal distribution of sand and dust storms across Uzbekistan by integrating ground-based observations, satellite remote sensing data, reanalysis products, and mathematical modeling techniques.

The object of the research work is the territory of Uzbekistan that is affected by sand and dust storms.

Scientific novelty of the research work is as follows:

a comprehensive approach has been developed to assess the occurrence and spatio-temporal distribution of sand and dust storms in Uzbekistan, based on TROPOMI satellite data, CAMS and MERRA-2 reanalysis products, and ground-based observations;

a method for the automated detection of sand and dust storms has been developed, based on the integration of multiple datasets within the comprehensive approach;

the spatio-temporal patterns of sand and dust storms distribution over the territory of Uzbekistan for the period 2010–2023 have been identified;

the areas most affected by sand and dust storms in Uzbekistan have been determined based on TROPOMI satellite data and CAMS and MERRA-2 reanalysis datasets for 2019-2023.

Implementation of research results. Based on the results obtained from the development of an integrated approach to assessing the occurrence and spatiotemporal distribution of sand and dust storms in the territory of Uzbekistan:

the method for automatic detection of sand and dust storms, based on the integration of satellite data, reanalysis products, and ground observations was used in the Agency of Hydrometeorological Service to assess and document cases of sand and dust storms, including their transport directions and impact severity across the territory (Reference of the Agency of Hydrometeorological Service under the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan dated June 27, 2025, No. 01-15/961). As a result, this study facilitated the development of an early warning system for sand and dust storms in regions with limited ground observation networks;

the identified spatial and temporal features of the distribution of sand and dust storms in the territory of Uzbekistan, including data on the frequency, duration, seasonal dynamics and wind parameters for each region, were used in the Agency of Hydrometeorological Service to assess the effectiveness of the existing sand and dust storms monitoring system (Reference of the Agency of Hydrometeorological Service under the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan dated June 27, 2025, No. 01-15/961). As a result, opportunities to improve the monitoring system and increase the accuracy of operational forecasts of sand and dust storms were created;

the results of identifying the regions most affected by sand and dust storms across the territory of Uzbekistan, derived from satellite observations and reanalysis data, were used in the Agency for Hydrometeorological Services to assess the

environmental and ecological impacts of such storms, particularly on vegetation (Reference of the Agency of Hydrometeorological Service under the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan dated June 27, 2025, No. 01-15/961). As a result, this study facilitated the development of adaptation plans and measures aimed at reducing vulnerability to sand and dust storms and decreasing the extent of storm source areas;

the integrated approach for assessing the occurrence and spatiotemporal distribution of sand and dust storms across Uzbekistan was implemented in the Agency of Hydrometeorological Service to provide methodological support for the “Sand and Dust Storms” section of the State Cadastre of High Natural Hazard Zones (Reference of the Agency of Hydrometeorological Service under the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan dated June 27, 2025, No. 01-15/961). As a result, this enabled improvements to the Cadastre through the establishment of a new section, “Information on Sand and Dust Storms,” thereby enhancing the efficiency of monitoring and risk assessment.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, list of references and list of abbreviations. The volume of the dissertation is 121 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИЛМІЙ ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Рахматова Н.И., Шардакова Л.Ю., Нишонов Б.Э., Рахматова В.С., Таряникова Р.В., Беликов Д.А. Оценка засушливости территории Узбекистана на основе данных реанализа ECMWF ERA-5. // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – 2022. – №4. – С. 38-49. (11.00.00; №11)

2. Шардакова Л.Ю., Ахмедова А.Р., Рахматова Н.И., Нишонов Б.Э. Пространственно-временной анализ пыльных бурь в Приаралье за 2010-2021 гг. // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – 2022. – №4 – С. 90-99. (11.00.00; №11)

3. Nishonov B.E., Kholmatjanov B.M., Labzovskii L.D., Rakhmatova N., Shardakova L., Abdulakhatov E. I., Yarashev D.U., Toderich K.N., Khujanazarov T., Belikov D.A. Study of the strongest dust storm occurred in Uzbekistan in November 2021. // Scientific Reports. – 2023. - 13, No.1:20042. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42256-1> (Scopus IF=6,7)

4. Рахматова Н.И., Шардакова Л.Ю., Нишонов Б.Э., Рахматова В.С., Таряникова Р.В., Холматжанов Б.М., Беликов Д.А. Анализ частоты и интенсивности текущих и долгосрочных засух на территории Узбекистана на основе индекса SPEI с использованием данных наблюдений и сценариев CMIP5 // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – 2023. – №3. – С. 20-29. (11.00.00; №11)

5. Нишонов Б.Э., Шардакова Л.Ю., Ахмедова А.Р., Рахматова Н.И. Статистический анализ явления пыльных бурь в городе Ташкент за 1981-2021 гг. // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – 2024. – №1. – С. 79-87. (11.00.00; №11)

6. Шардакова Л.Ю., Ахмедова А.Р., Рахматова Н.И., Нишонов Б.Э. Анализ наземных наблюдений пыльных бурь на МС Сурхандарьинского вилоята. // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – 2024. – № 3. – С. 88-99. (11.00.00; №11)

7. Rakhmatova N., Nishonov B.E., Kholmatjanov B.M., Rakhmatova V., Toderich K.N., Khasankhanova G.M., Shardakova L., Khujanazarov T., Ungalov A.N., Belikov D.A. Assessing the potential impacts of climate change on drought in Uzbekistan: Findings from RCP and SSP scenarios. // Atmosphere. – 2024. - 15, 866. <https://doi.org/10.3390/atmos15070866> (Scopus IF=4.9)

8. Шардакова Л.Ю., Нишонов Б.Э., Рахматова Н.И., Ахмедова А.Р. Анализ явления пыльной мглы в г. Ташкенте. // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – 2025. – №.1 – С. 19-27. (11.00.00; №11)

9. Rakhmatova N., Nishonov B.E., Shardakova L., Akhmedova A., Khudoyberdiev A., Rakhmatova V., Belikov D.A. Temporal and spatial dynamics of dust storms in Uzbekistan from meteorological station records (2010–2023). // Atmosphere. – 2025. – 16, 782. <https://doi.org/10.3390/atmos16070782> (Scopus IF=4.9)

II бўлим (II часть; II part)

10. Нишонов Б.Э., Шардакова Л.Ю., Ахмедова А.Р., Рахматова Н.И. Влияние состояния пастбищной растительности на повторяемость пыльно-песчаных бурь. / “Марказий Осиё яйловлари: глобал муаммолар ва глобал имкониятлар” халқаро микёсдаги илмий-амалий анжуман материаллари. Самарқанд. – 2022 йил 15-17 ноябрь. - Самарқанд: СамДУ, 2022.- Б.110-112.

11. Shardakova L., Akhmedova A., Rakhmatova N., Nishonov B. Analysis of dust storms ground observations in the Aral Sea region for the period 2010-2021. / V International Conference on Atmospheric Dust – DUST 2023. Bari, Italy, 22-25 May, 2023. - Scientific research abstracts, Volume 13. - P.82.

12. Рахматова Н.И., Нишонов Б.Э., Шардакова Л.Ю., Ахмедова А.Р. Использование данных реанализа CAMS для исследования пыльно-песчаной бури над территорией Узбекистана. / Материалы II международной научно-практической конференции «Интегрированное управление и мелиорация деградированных почв для обеспечения продовольственной безопасности: новые подходы и инновационные решения». 19-21 апреля 2023 года, Ташкент. - С.100-111.

13. Rakhmatova N., Nishonov B., Shardakova L., Rakhmatova V., Khujanazarov T., Belikov D. Assessing the past and future potential impacts of climate change on droughts in Uzbekistan. / Japan Geoscience Union Meeting 2023, May 21-26. Chiba, Japan. – Abstract MISO1-P14.

14. Rakhmatova N., Nishonov B., Shardakova L., Amonov M., Belikov D. Comparative analysis of PM10 concentrations in Nukus and Tashkent, Uzbekistan: ground observations, CAMS, and MERRA2 reanalysis. / E3S Web of Conferences 575, 04008, Central Asian DUst Conference - CADUC-2, 2024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457504008>

15. Nishonov B., Rakhmatova N., Shardakova L. Monitoring of sand and dust storms in Uzbekistan: status and prospects. / E3S Web of Conferences 575, 06001. Central Asian DUst Conference - CADUC-2, 2024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457506001>

16. Belikov D., Rakhmatova N., Nishonov B., Shardakova L. Recent activities for the dust storm studies in Central Asia. / E3S Web of Conferences 575, 04006, Central Asian DUst Conference - CADUC-2, 2024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457504006>

17. Rakhmatova N., Nishonov B., Shardakova L., Amonov M., Khujanazarov T., Belikov D. Comparative analysis of PM10 concentrations during sand dust storms in cities of Uzbekistan based on ground-based observations, CAMS and MERRA-2 reanalysis products. / Japan Geoscience Union Meeting, 2024, May 26-31. Chiba, Japan. – Abstract MISO1-10.

18. ВГУ 1898. Нишонов Б.Э., Шардакова Л.Ю., Рахматова Н.И., Ахмедова А.Р. База данных «Пылевые явления на территории Республики Каракалпакстан». Дата регистрации 24.03.2025 г.

Автореферат « Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги » журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 30/25.

Гувоҳнома № 851684.

«Тирографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.