

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

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

МАХМУДОВ ЖАХОНГИР КОМИЛОВИЧ

ҚОР КЎЧКИЛАРИ ХАВФИ МОНИТОРИНГИДА
ГЕОАХБОРОТ ТИЗИМЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ
(ОҲАНГАРОН ДАРЁСИ ХАВЗАСИ МИСОЛИДА)

11.00.03 – Қуруқлик гидрологияси. Сув ресурслари. Гидрокимё

ГЕОГРАФИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2025

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

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

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

Махмудов Жахонгир Комилович

Қор кўчкилари хавфи мониторингида геоахборот тизимларидан фойдаланиш
(Оҳангарон дарёси ҳавзаси мисолида).....3

Махмудов Жахонгир Комилович

Использование геоинформационных систем при мониторинге снеголавинной
опасности (на примере бассейна реки Ахангаран).....21

Maxmudov Jaxongir

Use of Geographic Information Systems in snow avalanche hazard monitoring
(case study of the Akhangaran river basin)39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published orks.....43

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

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

МАХМУДОВ ЖАХОНГИР КОМИЛОВИЧ

**ҚОР КЎЧКИЛАРИ ХАВФИ МОНИТОРИНГИДА
ГЕОАХБОРОТ ТИЗИМЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ
(ОҲАНГАРОН ДАРЁСИ ХАВЗАСИ МИСОЛИДА)**

11.00.03 – Қуруқлик гидрологияси. Сув ресурслари. Гидрокимё

**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 В2022.1.PhD/Gr184 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-сайтида (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: **Ҳикматов Фазлиддин Ҳикматович**
география фанлари доктори, профессор

Салимова Барно Жамоловна
техника фанлари номзоди, профессор

Етакчи ташкилот: **Самарқанд 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 » ноябр соат 14.00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўчаси, 72. Тел.: +998 71 2358512, факс: +998 71 2371319, e-mail: info@nigmi.uz).

Диссертация билан Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтининг Илмий-техника кутубхонасида танишиш мумкин (№233 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўчаси, 72. Тел.: +998 71 2358512, факс: +998 71 2371319.

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



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

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

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. Глобал иқлим ўзгариши таъсирида Ер шарининг баланд тоғ ёнбағирларида асосий табиий хавфлардан бири ҳисобланган қор кўчкиларининг содир бўлиши йилдан-йилга ортиб бормоқда. Бу борада БМТнинг Табиий офатлар хавфини камайтиришга қаратилган маърузасида «Табиий офатлар билан боғлиқ хавфларни прогноз қилишни яхшилаш, ташкилотга аъзо мамлакатлар учун гидрометеорологик хавф-хатарлар ҳақида эрта огоҳлантириш бўйича ягона платформа тизимини яратиш»¹ зарурлиги таъкидланади. Ушбу ҳолат тоғли ҳудудларда содир бўладиган қор кўчкиларини мониторинг қилиш ва уларни прогнозлаш усулларини такомиллаштиришни тақазо этади.

Жаҳонда мазкур йўналишдаги, жумладан, тоғ ёнбағирларида ҳосил бўладиган қор копланининг майдони, қалинлиги ва давомийлигини таҳлил қилиш, қор кўчкилари хавфи мавжуд бўлган ҳудудларни геоморфологик карталарини яратиш, қор кўчкилари ҳосил бўлиш шароитларини ўрганиш ва прогнозлаш масалаларига қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Шунингдек, иқлим ўзгариши натижасида тоғли ўлкаларда кузатиладиган қор кўчки ўчоқларини аниқлашда замонавий ГАТ технологиялардан фойдаланиш, шу асосда қор кўчкилари мониторингини олиб бориш ва улар билан боғлиқ хавфларни прогнозлаш масалаларига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикаимизда тоғли ҳудудлардаги транспорт йўллари ва аҳоли турар жойларида қор кўчки хавфини камайтириш бўйича комплекс чора-тадбирлар амалга оширилмоқда ва бу борада муайян ижобий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11 сентябрдаги ПФ-158-сон Фармони билан тасдиқланган «Ўзбекистон–2030» стратегиясида² “иқлим ўзгариши салбий таъсирини олдини олиш, хавфли гидрометеорологик ҳодисалар тўғрисида барвақт огоҳлантириш” бўйича муҳим вазифалар белгиланган. Бу борада стратегик аҳамиятга эга бўлган Тошкент-Оҳангарон-Ангрен-Кўкон-Шаҳрихон-Андижон автомагистрали ва Ангрен-Поп темир йўлининг Қамчиқ довонидан ўтган қисми учун қор кўчкиси билан боғлиқ хавфларни баҳолаш, шунингдек, қор кўчки ўчоқларини аниқлаш ва уларнинг рақамли (ГАТ) карталарини яратиш муҳим илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11 сентябрдаги “Ўзбекистон-2030 стратегияси тўғрисида”ги ПФ-158-сон Фармони, 2020 йил 17 ноябрдаги «Ўзбекистон Республикаси гидрометеорология хизмати фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ–4896-сон, 2022 йил 18 ноябрдаги “Аҳолини ва ҳудудларни хавфли гидрометеорологик ҳодисалар ҳамда геологик жараёнлар билан

¹ The global 'Early Warnings for All' program <https://www.un.org/en/climatechange/early-warnings-for-all>

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11 сентябрдаги “Ўзбекистон – 2030 стратегияси тўғрисида”ги ПФ-158-сон Фармони. [https:// www.lex.uz](https://www.lex.uz).

боғлиқ фавқулдда вазиятлардан муҳофаза қилиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-426-сон Қарорлари ҳамда мазкур соҳага тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти 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. Қор кўчкилари билан боғлиқ хавфларни олдиндан баҳолаш, қор кўчкиларининг морфометрик кўрсаткичларини аниқлаш ва кўп йиллик режимини таққослаш масалалари бўйича кўплаб хорижий олимлар, жумладан, J.Schweizer, B.Jamieson, P.Bartelt, D.Germain, Y.Buhler, M.Fazzini, F.Techel, J.Benjamin, Ch.Bahram ва бошқалар томонидан тадқиқотлар олиб борилган.

Собиқ Иттифоқ ва МДХ мамлакатларида Г.К.Тушинский, Ю.Д.Москалев, К.С.Лосев, Е.С.Трошкина, С.М.Мягков каби олимларнинг тадқиқотлари қор кўчкилар географияси, қор кўчкиларнинг пайдо бўлиши, қор кўчки режимини ва унинг морфометрик кўрсаткичларини метеорологик омиллар таъсирида ўзгаришларини ўрганишга ва бу жараёнларнинг салбий оқибатларини олдиндан баҳолаш масалаларига бағишланган.

Ўзбекистонда қор кўчкиларига оид тадқиқотлар Л.А.Канаев, Г.Н.Старыгин, Е.Г.Какурина Ф.И.Перцигер, Б.К.Царев каби олимлар томонидан олиб борилган. Ушбу тадқиқотларда Ўрта Осиё, хусусан республикада қор кўчкилар хавфи мавжуд ҳудудларнинг хавфлилик даражалари ўрганилган ва уларнинг келиб чиқиш сабаблари ёритилган. Ҳозирда Ўзбекистон тоғли ҳудудларида кузатиладиган қор кўчкиларини замонавий радиолокацион космик тасвирлар ёрдамида ўрганиш бўйича Э.Р.Семакова ва В.Н.Шамсутдинов каби тадқиқотчилар шуғулланишмоқда.

Мазкур диссертация иши Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки содир бўладиган ҳудудлар учун геоахборот тизимларини қўллаш ва унинг ёрдамида қор кўчки марказларининг морфометрик кўрсаткичлари карталарини ишлаб чиқиш ҳамда гидрометеорологик ўзгарувчилар асосида қор кўчки ҳажмини прогноз қилиш масалаларига бағишланганлиги билан юқоридаги ишлардан фарқ қилади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ИЛ-5721122065 “Сув ва қишлоқ хўжалигида мослашиш салоҳиятини ошириш учун Ўзбекистонда иқлим ўзгаришининг сув ресурсларига таъсирини баҳолаш технологиясини ишлаб чиқиш” (2022-2025 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчкилари мониторингида ГАТ технологияларини қўллаш ва ҳавзада қор кўчки режими элементларининг кўп йиллик ўзгаришларини баҳолашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

Оҳангарон дарёси ҳавзаси табиий географик ва гидрометеорологик шароитларини қор кўчкилар содир бўлиши нуқтаи назардан тадқиқ этиш;

Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки ўчоқлари ва унга таъсир этувчи табиий омилларнинг ГАТ маълумотлар базасини яратиш;

Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчиш хавфи мавжуд ҳудудлар морфометрик кўрсаткичларини тавсифловчи рақамли хариталарни яратиш;

Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки режимининг кўп йиллик ўзгариш хусусиятларини миқдорий баҳолаш;

масофадан зондлаш маълумотлари ва ГАТ асосида Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор қоплами майдони ва баландлигининг ўзгаришларини ўрганиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Оҳангарон ҳавзасининг қор кўчкилари кузатиладиган баланд тоғли ҳудудлари олинган.

Тадқиқотнинг предметини Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчиши хусусиятларини аниқлаш ва қор кўчкилари хавфи мониторингини ГАТ технологияларидан фойдаланган ҳолда такомиллаштириш масалалари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда гидрометеорологик ҳисоблашлар ва баҳолашлар, умумлаштириш, статистик баҳолаш, регрессион таҳлил, математик моделлаштириш, картографик тадқиқот ва ГАТ усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги куйидагилардан иборат:

Оҳангарон дарёси ҳавзасида содир бўладиган қор кўчки кўрсаткичлари ва уларнинг шаклланишига таъсир этувчи метеорологик омиллар орасидаги боғланишлар статистик баҳоланган, уларнинг регрессия тенгламалари тузилган;

ҳавзада қор кўчкиларнинг кўп йиллик режими элементлари (қор кўчкилар сони, қор кўчки ҳажми, қор кўчки мавсумининг давомийлиги, қор кўчкиларининг такрорланувчанлиги) миқдорий баҳоланган;

Оҳангарон дарёси ҳавзаси тоғли ҳудудларида қор қоплами қалинлигининг кўп йиллик ўзгаришлари масофадан зондлаш ва ГАТ технологиялари асосида аниқланган;

ҳавзанинг хавфли қор кўчки мавжуд ҳудудларининг морфометрик рақамли хариталари ГАТ технологиялари асосида яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари куйидагилардан иборат:

Оҳангарон дарёси ҳавзаси қор кўчки режими ва метеорологик кўрсаткичларининг электрон маълумотлар базаси яратилган;

Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчкисига сабаб бўлувчи метеорологик кўрсаткичлар (ҳаво ҳарорати, қор қалинлиги, шамол тезлиги, ёғинлар миқдори)нинг кўп йиллик ўзгаришлари аниқланган;

Оҳангарон дарёси ҳавзасида 2001-2024 йиллар учун қор қоплами майдони ва қалинлиги MODSNOW дастури ёрдамида аниқланган;

Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки хавфи мавжуд ҳудудлар ГАТ харитаси яратилган;

Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчкиларни метеорологик кўрсаткичлар (қор қоплами қалинлиги, шамол тезлиги, атмосфера ёғинлари, ҳаво ҳарорати) асосида прогнозлаш усули такомиллаштирилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги диссертация ишини бажаришда Ўзбекистон Республикаси Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати агентлиги (Ўзгидромет) тизимида ягона усулларда амалга оширилган гидрометеорологик ва қор қоплами қалинлиги маълумотларидан фойдаланилганлиги, уларни қайта ишлашда умумқабул тадқиқот усуллари, жумладан, математик статистика усуллари қўлланилганлиги, шунингдек, олинган натижаларнинг мазкур тадқиқот йўналишидаги бошқа муаллифларнинг натижалари билан мослиги ва амалиётга жорий қилинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти унда эришилган натижалар ва олинган асосий илмий хулосалардан, хусусан, тоғли ҳудудларда қор кўчки режими ва унга таъсир этувчи метеорологик омилларни баҳолашга ёндашувлардан қор кўчки хавфи юқори ҳудудларда қор кўчки мониторингида фойдаланиш имконияти билан изоҳланади.

Диссертация тадқиқоти натижаларининг амалий аҳамияти, тадқиқот жараёнида олинган асосий хулосалар ва натижалардан Ўзбекистон ҳудудидаги тоғларда содир бўладиган қор кўчкиларини уларнинг келиб чиқишига таъсир кўрсатадиган гидрометеорологик омиллар асосида прогнозлашга, шунингдек, қор кўчки хавфини камайтиришга қаратилган чора-тадбирларни ишлаб чиқиш ва уларни тизимли амалга оширишга хизмат қилиши билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.

Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчкилари хавфини баҳолашда геоахборот тизимлари (ГАТ) ёрдамида олинган илмий натижалар асосида:

Оҳангарон дарёси ҳавзасида метеорологик кўрсаткичларнинг қор кўчкилари содир бўлишига таъсири ва улар орасидаги статистик боғланишларни баҳолаш натижаларидан Гидрометеорология хизмати агентлигида ҳавзада қор кўчкиларни содир бўлишини аниқлашда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати агентлигининг 2025 йил 29 апрелдаги 01-15/628–сон маълумотномаси). Натижада, Оҳангарон дарёси ҳавзасидаги қор кўчкилар содир бўлишини метеорологик кузатишлар асосида прогнозлаш имконияти яратилган;

Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчкиларининг кўп йиллик режими (қор кўчкилар сони, қор кўчки ҳажми, қор кўчки мавсумининг давомийлиги,

қор кўчкларининг такрорланувчанлиги) ҳақидаги маълумотлар Фавқулудда вазиятлар вазирлигида Дуқантсой, Қамчиксой, Новгарзансой ва Қизилча дарёлари ҳавзаларидаги қор кўчклар режимини аниқлашда қўлланилган (Ўзбекистон Республикаси Фавқулудда вазиятлар вазирлигининг 2025 йил 23 июндаги 3/4/30-1737-сон маълумотномаси). Натижада, Оҳангарон дарёси ҳавзасида содир бўлган қор кўчкларининг ҳақидаги маълумотларга аниқлик киритилган;

Оҳангарон дарёси ҳавзасининг тоғли ҳудудларида шаклланган қор қоплами қалинлигининг ўзгаришларини масофадан зондлаш ва ГАТ технологиялари асосида баҳолаш усулидан Гидрометеорология хизмати агентлигида бутун ҳавза майдонида қор қоплами динамикасини аниқлашда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариши вазирлиги ҳузуридаги Гидрометеорология хизмати агентлигининг 2025 йил 29 апрелдаги 01-15/628–сон маълумотномаси). Натижада, Оҳангарон дарёси ҳавзасида ер усти кузатувлари олиб борилмайдиган ҳудудлардаги қор қоплами майдони ва қалинлигини масофадан аниқлаш имконияти яратилган;

Оҳангарон дарёси ҳавзасидаги хавфли қор кўчки ҳудудлари морфометрик кўрсаткичларининг ГАТ технологиялари асосида яратилган рақамли хариталаридан Фавқулудда вазиятлар вазирлигида қор кўчки ўчоқларини аниқлашда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Фавқулудда вазиятлар вазирлигининг 2025 йил 23 июндаги 3/4/30-1737-сон маълумотномаси). Натижада, Қамчиксой ва Қуиндисой дарёлари ҳавзаларидаги қор кўчки хавфли ҳудудларни аниқлашга имкон берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқотнинг асосий натижалари 7 та халқаро миқёсдаги илмий-амалий конференцияларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 13 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 6 та мақола, жумладан, 5 таси республика журналларида ва 1 таси хорижий журналда нашр қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида бажарилган тадқиқот мавзуининг долзарблиги ва зарурати асосланган, мавзунинг республикада фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилиб, унинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режаси билан боғлиқлиги қайд этилган, муаммонинг ўрганилганлик даражаси баҳоланган, ишнинг 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 бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертация ишининг **биринчи боби “Қор кўчкилари содир бўлишининг табиий географик ва гидрометеорологик шароитлари”** деб номланади. Диссертациянинг ушбу бобида, қор кўчкилари содир бўлишининг географик ва гидрометеорологик омиллари, уларнинг пайдо бўлишига жойнинг рельефи ва морфометрик кўрсаткичларининг таъсири ўрганилган. Шунингдек, Европа, Осиё ва Ўзбекистонда қор кўчкилари мониторинги ва уларнинг ўрганилиш тарихи кўриб чиқилган.

Ўзбекистонда қор кўчки тадқиқотлари ХХ асрнинг 60-йилларидан бошлаб ривожланган. Мамлакатимиз тоғли ҳудудларидаги қор кўчки ҳодисалари К.Б.Биялов, Н.П.Чертанов, С.П.Чертанов, А.И.Королев, Ю.Д.Москалев, С.М.Козик, Г.Г.Харитонов, Л.Э.Языкова, Ф.И.Перцигер, Б.К.Царёв, Г.Н.Старыгин ва бошқалар томонидан ўрганилган. Бунда, айниқса, Тошкент вилояти Бўстонлик тумани тоғли ҳудудларидаги қор кўчки жараёнлари кенг тадқиқ қилинган. Шунингдек, Л.А.Канаев раҳбарлигида Ўзбекистон ҳудудида қор кўчкилари билан боғлиқ хавфларни ўрганиш бўйича тадқиқотлар олиб борилган.

Қор кўчкиларининг ўзига хос асосий хусусияти – уларнинг тўсатдан содир бўлиши, фавқулодда ҳолатларга, бино ва иншоотларнинг вайрон бўлишига, шунингдек, инсонларнинг қурбон бўлишига олиб келишидир. Шу жиҳатдан, қор кўчки хавфи мавжуд бўлган ҳудудларни аниқлаш ва қор кўчишини олдиндан прогноз қилиш масалалари кўчки келтирадиган зарарларни камайтиришда муҳим аҳамиятга эга.

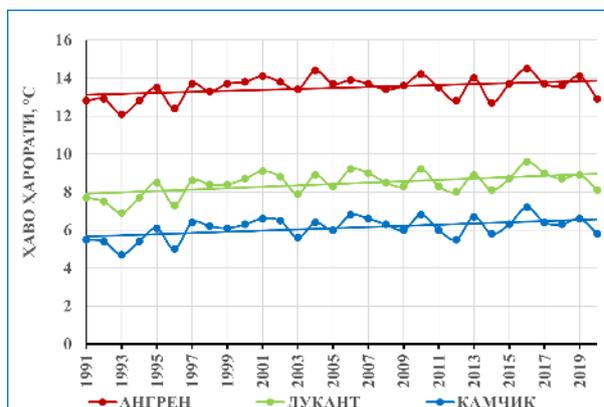
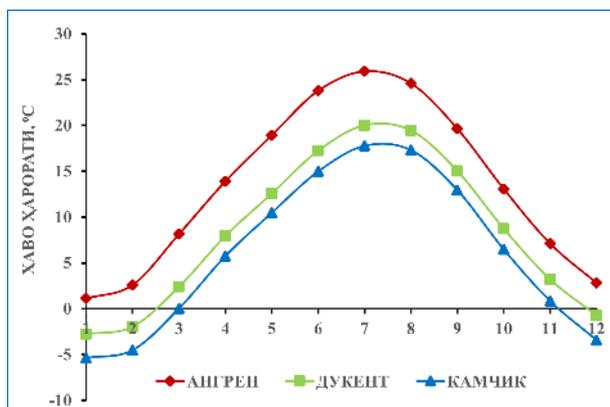
Ўзбекистоннинг барча тоғлари, айниқса Ғарбий Тяншан ва Ҳисор тоғ тизмаларининг жанубий-ғарбий ёнбағирлари қор кўчки хавфи мавжуд ҳудудлар ҳисобланади. Маълумки, қор кўчкиларининг содир бўлишида ҳудудларни денгиз сатҳидан баландлиги, ёнбағирлар экспозицияси ва қиялиги, ер юзаси тузилиши, тупроқ қатлами, ўсимлик қоплами каби омиллар таъсир кўрсатади. Шунингдек, ҳаво ҳарорати, ёғин миқдори, шамол тезлиги каби омиллар ҳамда қорнинг тузилиши, зичлиги каби кўрсаткичлар ҳам қор кўчкилари пайдо бўлишида муҳим омиллардан ҳисобланади.

Диссертациянинг **“Оҳангарон дарёси ҳавзасининг қор кўчкилари содир бўлиши жиҳатидан тавсифи”** деб номланган **иккинчи бобида** Оҳангарон дарёси ҳавзасининг табиий географик шароити, метеорологик кўрсаткичлари қор кўчкилар содир бўлиши жиҳатидан кўриб чиқилган.

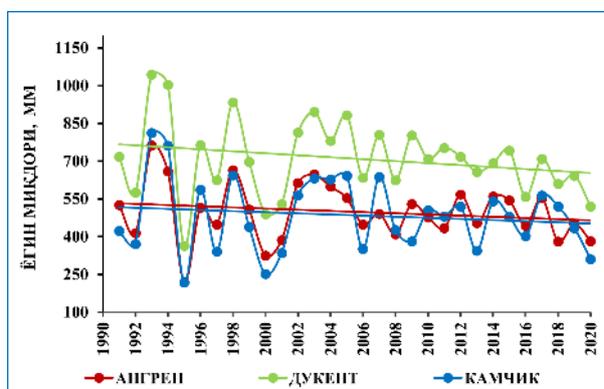
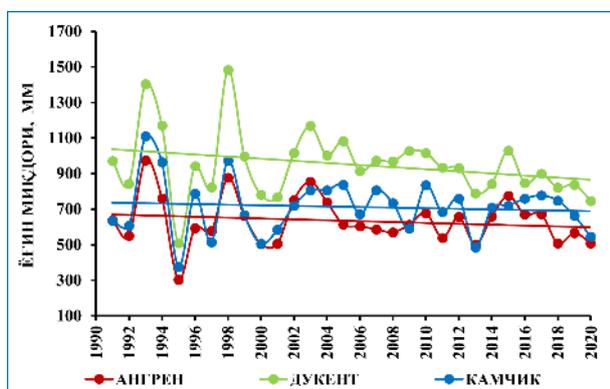
Оҳангарон дарёси ҳавзасининг табиий географик шароити Л.Н.Бабушкин, П.Х.Баратов, М.М.Маматқулов, А.А.Рафиқов, Г.Е.Глазырин, Б.А.Камолов, В.Е.Чуб, В.Л.Шульц, Ф.Ҳ.Ҳикматов ва бошқалар томонидан ўрганилган. Диссертация ишида тадқиқот объекти сифатида танлаб олинган Оҳангарон дарёси ҳавзаси шимоли-шарқдан жануби-ғарбга томон чўзилган Чотқол ва Қурама тоғ тизмалари оралиғида жойлашган. Оҳангарон дарёси ҳавзасининг умумий майдони 7710 км² ни ташкил этади, 40-41° шимолий кенглик ва 69-71° шарқий узунликлар оралиғида жойлашган. Диссертация ишида қор кўчкилари содир бўлиши учун муҳим бўлган Оҳангарон дарёси ҳавзасининг геологик тузилиши ва ўсимлик қоплами ҳам кўриб чиқилган. Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчкилар содир бўлишига метеорологик кўрсаткичлар – ҳаво ҳарорати, атмосфера ёғинлари ва шамол бевосита таъсир кўрсатади. Шунга кўра, тадқиқот ишида ҳавзанинг қор кўчишига мойил ҳудудларида жойлашган Ангрен, Дукант метеостанциялари ва Қамчиқ қор кўчки станциясининг кўп йиллик маълумотлари бўйича метеорологик кўрсаткичлар таҳлил қилинди.

Оҳангарон дарёси ҳавзасининг тоғли ҳудудида жойлашган метеостанцияларда кузатилган сўнгги ўттиз йилдаги (1991-2020 йй.) ўртача ойлик, йиллик ва фасллар бўйича ўртача ҳаво ҳароратларининг ўзгаришининг таҳлили ушбу ҳароратларнинг сезиларли ўзгаришларини кўрсатди. Энг совуқ январда ўртача ойлик ҳаво ҳарорати Ангрен метеостанциясида +1,12°С, Дукант метеостанциясида -2,7°С, Қамчиқ қор кўчки станциясида -5,4°С ни ташкил этган. Энг иссиқ ҳарорат ёз фаслининг ўртаси бўлган июль ойида кузатилган бўлиб, энг юқори ўртача ойлик ҳаво ҳарорат Ангренда +25,9°С, Дукантда +20,0°С ва Қамчиқ қор кўчки станциясида +17,8°С қайд этилган (1^а-расм). Оҳангарон дарёси ҳавзасининг тоғли ҳудудларида қор кўчки мавсуми (ноябрь, декабрь, январь, февраль, март) ойларида сўнгги ўттиз йилликда (1991-2020 йй.) ўртача ойлик ҳаво ҳароратларининг кўтарилаётганлиги, шунингдек, ўртача йиллик ҳаво ҳарорати Ангренда +0,8 °С, Дукантда ва Қамчиқ довоида +1°С га кўтарилганлиги аниқланди (1^б-расм).

Оҳангарон дарёси ҳавзасининг тоғли ҳудудларида ёққан ёғин миқдорларининг ўзгаришлари таҳлиliga кўра, Ангрен, Қамчиқ ва Дукант станцияларида 1991–2020 йиллар давомида ҳам йиллик, ҳам қор кўчки мавсумидаги ёғин миқдорида умумий камайиш тенденцияси кузатилмоқда. Хусусан, йиллик ўртача ёғин миқдорининг ҳар йили Ангренда 1,7 мм га, Дукантда 1,6 мм га, Қамчиқда 1,7 мм га камайиши кузатилган (2-расм). Ҳавзадаги бундай иқлимий ўзгаришлар ёғингарчилик режимининг ўзгаришига ва қор кўчкилари хавфининг ортишига олиб келиши мумкин. Ёғин миқдорининг ўзгариши маълумотлари келгусидаги қор кўчки хавфи таҳлили ва прогнозлаш учун муҳим ҳисобланади.

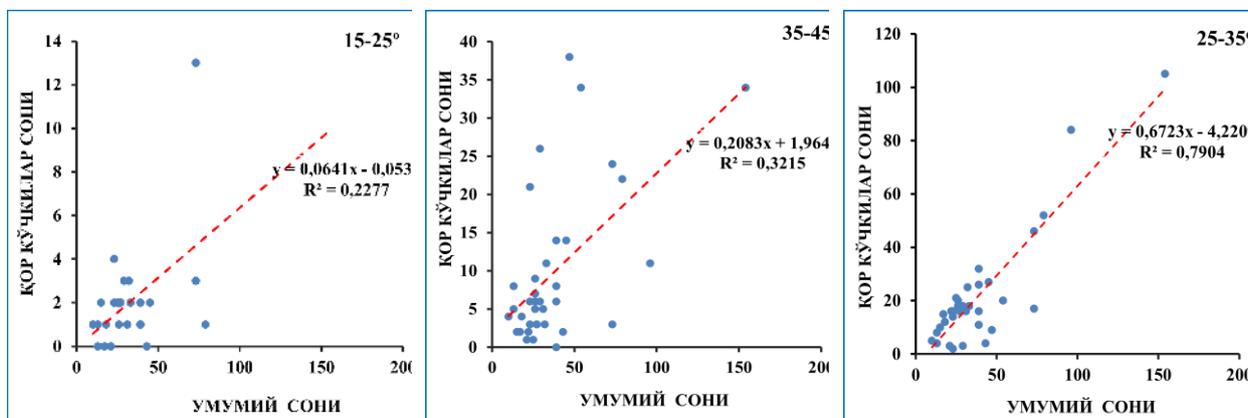


1-расм. Оҳангарон дарёси ҳавзаси тоғли ҳудудларида кузатилган ўртача ойлик (а) ва ўртача йиллик (б) ҳаво ҳароратларининг ўзгаришлари (1991-2020 йй.)



2-расм. Оҳангарон дарёси ҳавзасида (а) йиллик ва (б) қор кўчки мавсуми (ноябрь-апрель)да ёғинлар миқдорининг кўп йиллик ўзгаришлари (1991-2020 йй.)

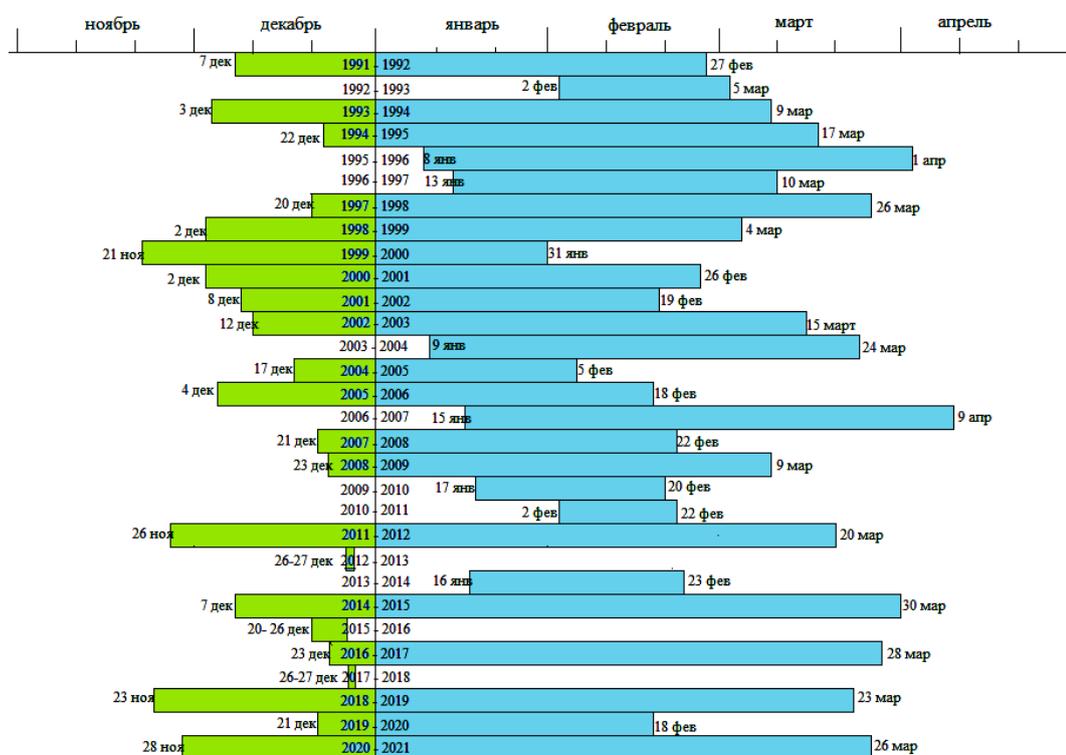
Қор кўчкларининг содир бўлишига қор қоплами шаклланган ёнбағирларнинг қиялиги катта таъсир кўрсатади, яъни қиялик қанча тик бўлса, қор кўчкиси ҳосил бўлиши эҳтимоли шунча катта бўлади. Қамчиқсой ҳавзасида содир бўлган қор кўчклари сонининг тоғ ёнбағрининг ўртача қиялигига боғлиқлиги таҳлилига кўра, 25° - 35° қияликлар оралиғида қор кўчклари кўп содир бўлган ($R = 0,88$) (3-расм).



3-расм. Қамчиқсой ҳавзасида қор кўчклари сонининг ёнбағирлар қияликларига боғлиқлиги

Шунингдек, ушбу бобда Оҳангарон дарёси ҳавзасидаги қор кўчки ҳавфи юқори бўлган Дуқантсой, Қизилчасой, Қамчиқсой, Новгарзонсой дарёлари ҳавзаларининг географик ва метеорологик шароитлари тавсифи келтирилган.

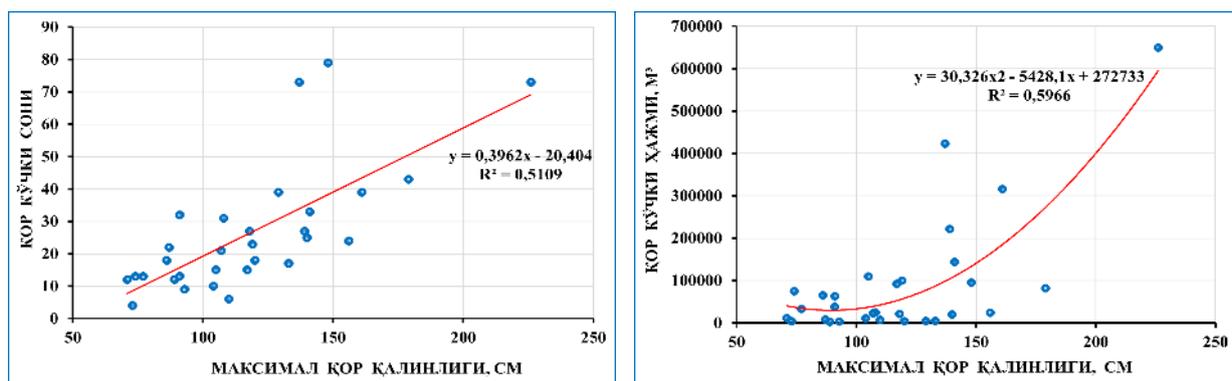
Диссертациянинг **3-боби «Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчкилар режимининг ўзгаришлари»** деб номланади. Ушбу бобда, дастлаб, Оҳангарон дарёси ҳавзаси Қамчиқ довонида содир бўлган қор кўчкилар режими ва уларнинг хусусиятлари таҳлил қилинган. Таҳлилларга кўра, Қамчиқ довонида 1991-2021 йиллар оралиғида қор кўчки мавсумининг энг узун давомийлиги 2018-2019 йилги қиш мавсумида 120 кун, энг қисқа давомийлиги 2017-2018 йилги мавсумда 1 кунни ташкил этган. Қор кўчки мавсумининг энг эрта бошланиши 21 ноябрга (1999 й.), энг кеч бошланиши 2 февралга (1993 й.) тўғри келган. Қор кўчки мавсумининг энг эрта тугаши 26 декабрда (2015 й.), энг кечи эса 9 апрелда (2007 й.) кузатилган (4-расм).



4-расм. Қамчиқ довонида қор кўчкилари давомийлик кунларининг йилларо ўзгариши (1991-2021 йй.).

Диссертация ишида Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки кўрсаткичлари (қор қоқламининг қалинлиги, унинг пайдо бўлиш муддати, қаттиқ ёғинлар миқдори, кучли қор ёғиши ва эриши бўлган кунлар сони) ва иқлимий кўрсаткичлар (ҳаво ҳарорати, ёғинлар) орасидаги боғлиқликлар статистик таҳлил қилинган. Қамчиқ метеостанциясида 1991-2021 йилларда максимал қор қалинлиги ва йиллик ёғинлар миқдори ва ноябрь-март ойларидаги ёғинлар миқдори орасидаги боғланишлар коэффициенти, мос равишда $R=0,53$ ва $R=0,61$ га тенглиги аниқланган. Шу даврда Қамчиқ довонида максимал қор қалинлиги билан содир бўлган қор

кўчкилари сони ва уларнинг ҳажми орасидаги боғлиқлик, мос равишда, $R=0,71$ ва $R=0,76$ га тенг бўлган (5-расм).



5-расм. Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчкилари сони ва ҳажмининг қор қоплами қалинлигига боғлиқлиги

Қор кўчки фаоллигига таъсир қилувчи асосий кўрсаткичларга қор қопламининг максимал қалинлиги (h , м), қор билан қопланган кунлар сони (n), қор кўчки сони (N), қор кўчкининг давомийлиги (L), қор кўчки ҳажми (V , м³) кабилар киради. Тадқиқот ишида ушбу кўрсаткичлар ва метеорологик кўрсаткичлар орасидаги статистик боғланишлар кўп йиллик (1991-2021 йй.) маълумотлар асосида баҳоланган. Қор қопламининг максимал қалинлиги (h , м) билан январь ойида кузатилган ўртача ҳаво ҳарорати (T_1) ва ноябрдан мартгача кузатилган ёғин миқдори орасидаги статистик боғлиқлик юқори ($R=0,69$) эканлиги аниқланди. Қор кўчки сони билан T_1 ва h орасидаги боғлиқлик янада юқори ($R=0,73$) бўлди. Қуйида қор кўчки кўрсаткичларини иқлимий омилларга боғлиқлиги келтирилган (1-жадвал).

1-жадвал

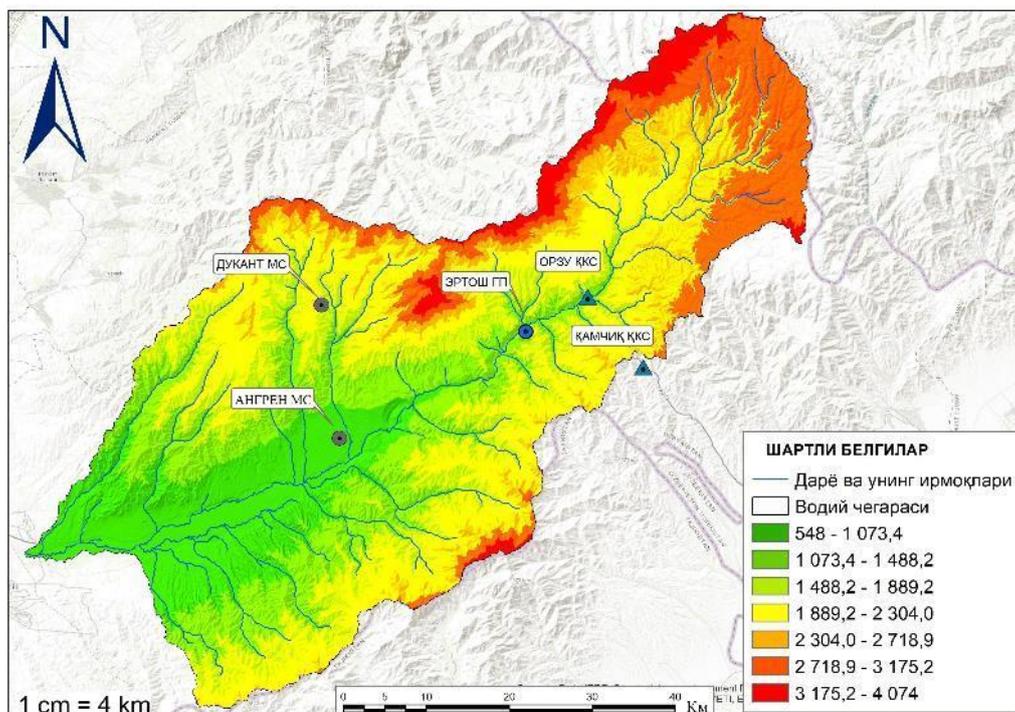
Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки кўрсаткичларининг иқлимий омилларга боғлиқлиги (1991-2021 йй.)

Қор кўчки кўрсаткичлари	Қамчиқ ҚКС Н=2145 м, Р=30		R
h	T (I)	ΣP_x (XI-III)	0,69
n	ΣT (XI, I, IV)	ΣP_x (XI-III)	0,49
N	ΣT (XI-III)	ΣP_x (XI-III)	0,52
N	T (I)	h	0,73
L	ΣT (XI, I, IV)	ΣP_x (XI-III)	0,28
V	T (I)	ΣP_x (XI-III)	0,52
V	T (I)	h	0,71

Диссертациянинг «Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки хавфи мониторингида ГАТ технологияларини қўллаш» деб номланган 4-бобида қор кўчкилари мониторингида ГАТ технологияларидан фойдаланиш, Оҳангарон дарёси ҳавзасининг қор қоплами майдони ва қор

қоплами қалинлигини мониторинг қилиш ҳамда иқлимий ва қор маълумотлари асосида қор кўчкисини прогнозлаш масалалари кўриб чиқилган.

Тадқиқотда ArcGIS дастури ёрдамида Оҳангарон дарёси ҳавзасининг қор кўчки хавфи мавжуд тоғли қисми картаси яратилди. Картада тадқиқот ҳудуди турли баландликлари ва станциялар жойлашуви кўрсатилган (6-расм).

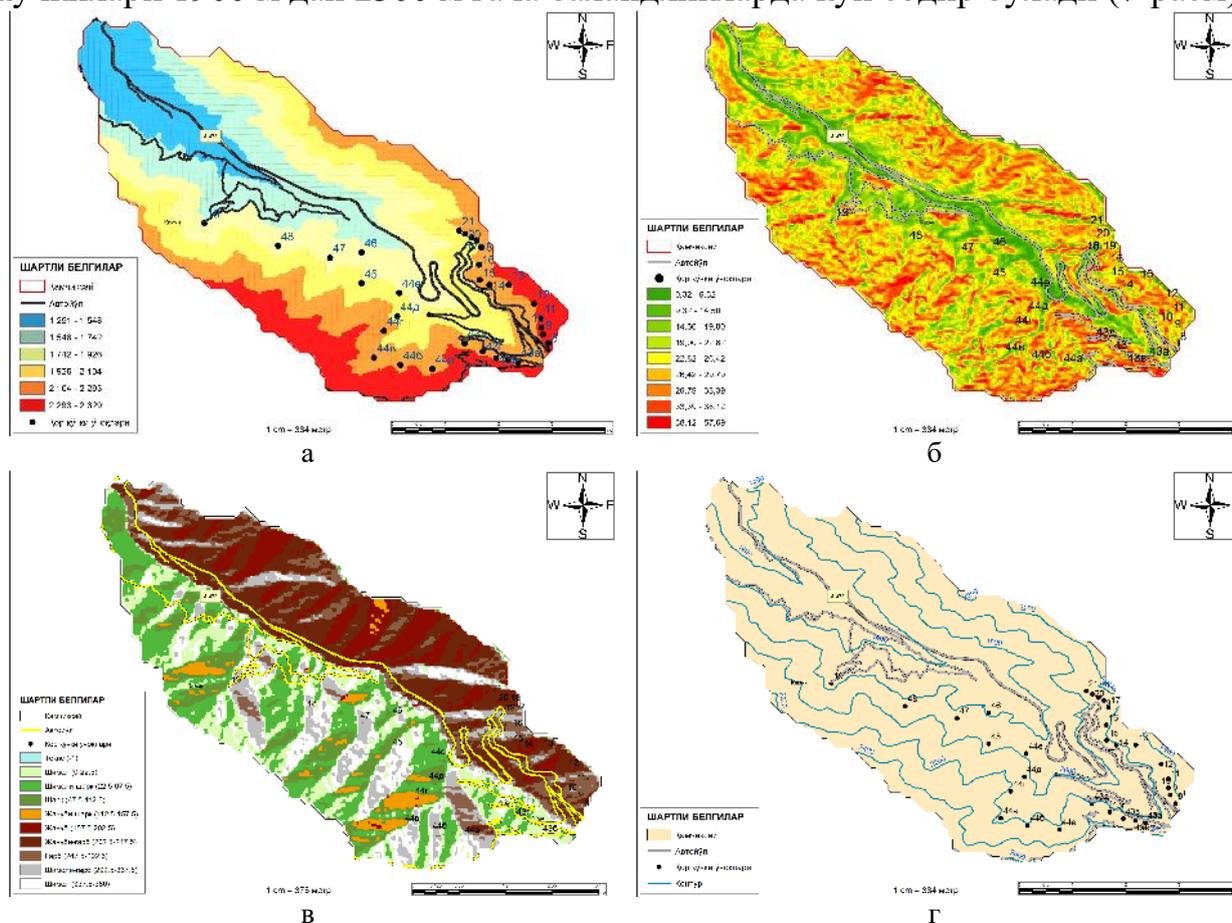


6-расм. Оҳангарон дарёси ҳавзасининг тадқиқот учун танланган қисми

Шунингдек, диссертация ишида Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки хавфи мавжуд ҳудудлар ва қор кўчки ўчоқларининг геоморфологик (баландлик, қиялик, изочизик, экспозиция) карталари шакллантирилди. Тадқиқотга кўра, Оҳангарон дарёси ҳавзасининг энг баланд нуқтаси денгиз сатҳига нисбатан 4074 метр, ўртача баландлиги 2200 метр, энг қуйи қисми 550 метрни ташкил этади. Тоғ ёнбағирларининг ўртача қиялиги 26° - 38° . Алоҳида геоморфологик карталар Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки хавфи мавжуд бўлган Дуқантсой, Қизилчасой, Новгарзонсой ва Қамчиқсой ҳавзалари учун ҳам яратилди.

Маълумки, Фарғона водийси вилоятларини республикамизнинг пойтахти Тошкент шаҳри ва бошқа вилоятлар билан боғлайдиган Тошкент-Оҳангарон-Ангрен-Қўқон-Шаҳрихон-Андижон автойўли ва Ангрен-Поп темир йўли Оҳангарон дарёси ҳавзаси орқали ўтади. Ҳавзада содир бўладиган қор кўчкилари ушбу йўллардан фойдаланишга салбий таъсир кўрсатади. Шу мақсадда, диссертация ишида Қамчиқсой ва Куиндисой ҳавзалари учун қор кўчки хавфи баҳоланди. Қамчиқсой ҳавзаси учун яратилган карталарга кўра, ҳавзанинг энг юқори нуқтаси 2623 м, ўртача баландлиги 2100 метр, қуйи нуқтаси 1262 м ни ташкил этади. Қамчиқсой ҳавзасида қор кўчки ўчоқлари

жойлашган турли баландликлар аниқланди. Таҳлилларга кўра, ҳавзада қор кўчкилари 1900 м дан 2300 м гача баландликларда кўп содир бўлади (7-расм).



7-расм. Қамчиқсой ҳавзаси қор кўчки ўчоқларининг геоморфологик карталарда жойлашуви:

а) баландлик, б) қиялик, в) экспозиция, г) изочизик

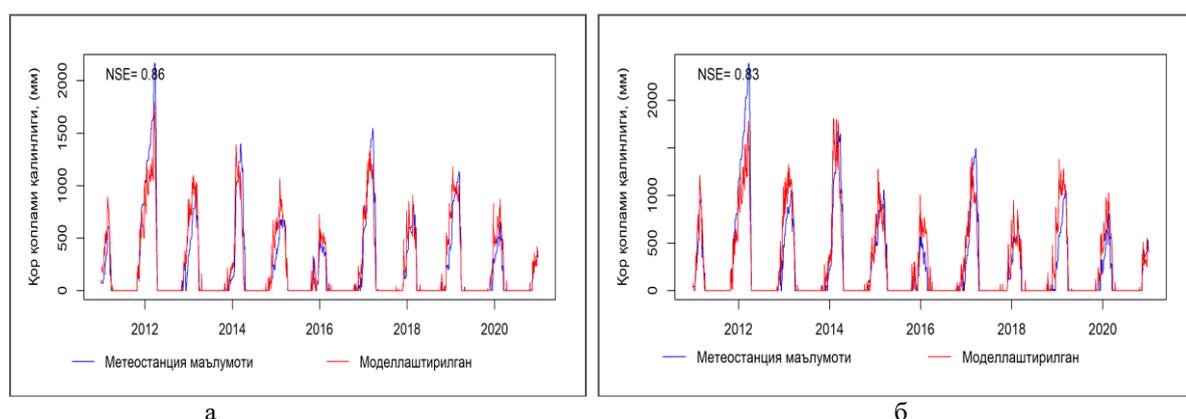
Шунингдек, диссертация ишида хавfli қор кўчки ҳудудларида ҳимоя иншоотларининг самарадорлиги Тошкент-Оҳангарон-Ангрен-Қўқон-Шаҳрихон-Андижон автойўлининг Қамчиқ довонидан ўтган қисми учун қор кўчишига қарши ҳимоя иншоотларини қуришдан аввалги (1979-2001 йй.) ва кейинги (2001-2021 йй.) даврлар учун баҳоланди. Бунда қор кўчки хавфи сабабли автойўлнинг ёпилиш кунлари аниқланиб, солиштирилди. Натижада, тадқиқ этилган даврда йўлнинг ёпилиши кунлари 83 % га (239 кун 52 минутдан 40 кун 67 минутгача) қисқарганлиги, қор кўчкидан ҳимоя қилиш иншоотларининг самарадорлиги 5,2 мартага ортгани аниқланди.

Оҳангарон дарёси ҳавзаси учун кунлик қор қоплами маълумотларини олишда масофадан зондлаш усули асосида ишловчи MODSNOW дастуридан фойдаланилди. Ушбу дастур маълумотлари таҳлилларига кўра, 2010 йилдан 2020 йилгача март ойи ҳолатига қор қоплами майдони камайганлигини, 2020-2024 йилларда эса қор билан қопланган майдоннинг баъзи йилларда ортганлиги ёки кескин қисқарганлиги аниқланди.

Қор кўчки мониторингида қор қоплами маълумотларининг ўзи етарли эмаслиги ҳамда кўчки ўчоқлари яқинида қор қалинлигини кузатиш учун метеорология станциялари мавжуд эмаслигини ҳисобга олган ҳолда, қор

қоплами қалинлигини аниқлаш учун MODSNOW дастурининг кунлик даража коэффициентини (Degree day factor) асосида ҳаво ҳарорати ва ёғин миқдори маълумотлари асосида ишлайдиган модулидан фойдаланилди.

MODSNOW дастурини Оҳангарон дарёси ҳавзасига мослаш учун ҳудуддаги Қамчиқ ва Дукант станциялари маълумотларидан фойдаланилди. Модель натижаларининг аниқлиги NSE (Nash–Sutcliffe efficiency) мезонига кўра Қамчиқ учун $NSE=0,83$ “жуда яхши”, Дукант учун $NSE=0,86$ “жуда яхши” ларни кўрсатди (8-расм).

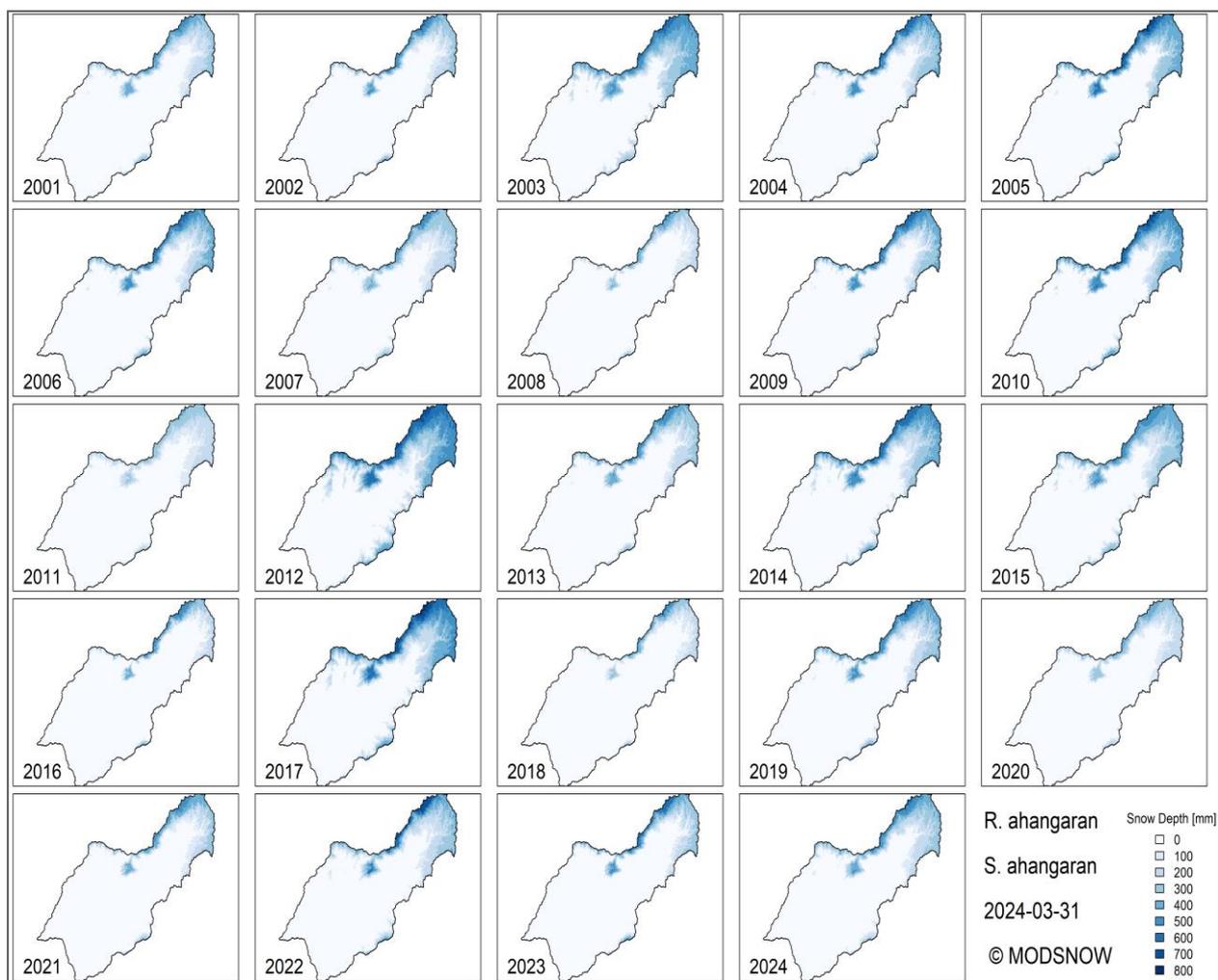


8–расм. Метостанцияда ўлчанган ва математик модел ёрдамида аниқланган қор қоплами қалинликларини таққослаш:

а) Дукант метеостанцияси, б) Қамчиқ қор кўчки станцияси

MODSNOW дастури билан станция маълумотларини таққослаш натижалари асосида Оҳангарон дарёси ҳавзаси чегараси бўйича ҳар бир пиксели 500м x 500м ўлчамли қор қоплами қалинлиги карталари тайёрланди (9-расм). Ушбу карталар кунлик қор қоплами маълумотларини олиш имкониятини беради. MODSNOW дастурининг учинчи модули ҳаво ҳарорати ва ёғин миқдори маълумоти асосида ишлаганлиги боис, ҳаво ҳарорати ва ёғин миқдорининг прогноз қийматини киритиш асосида қор қоплами қалинлигини ҳам прогнозлаш мумкин бўлди. Бу эса қор кўчкини олдиндан аниқлаш имкониятини оширди.

Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор қоплами қалинлигининг кўп йиллик ўзгариш динамикаси MODSNOW дастури маълумоти асосида 31 март ҳолатига баҳоланди. Қор қоплами қалинлиги асосан ҳавзанинг шимолий ва ғарбий қисмларида юқори қийматларни, жанубий ва шарқий ҳудудларида нисбатан паст қийматларни кўрсатди. Таҳлилларга кўра, 2001-2010 йилларда, 2008 йилдан ташқари, сезиларли ўзгаришлар кузатилмаган ва қор қалинлиги нисбатан паст (100-400 мм) бўлган. Фақатгина 2008 йилда қор қалинлиги сезиларли пасайган. 2011-2015 йилларда ҳавзада қор қоплами қалинлигини ортиши тенденцияси кузатилган, айниқса, 2012 ва 2014 йилларда қор қалинлиги 500-800 мм гача кўтарилган. 2016-2020 йилларда яна пасайиш тенденциясига ўтган, бироқ 2017 йилда сезиларли фарқ билан юқорилаган. 2021-2024 йилларда эса қор қоплами қалинлигининг ортиши тенденцияси кузатилган.



9-расм. Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор қоплами қалинлиги динамикаси (2001-2024 йй.)

Оҳангарон дарёси ҳавзасида кузатилган қор қоплами ва иқлимий маълумотлар асосида қор кўчкисини прогнозлаш амалга оширилди. Прогнозлаш Қамчиқсой ҳавзасидаги 12-сон қор кўчки ўчоғи учун текширилди. Ушбу усул қор кўчкиси содир бўлишини бир кун олдин прогнозлаш имконини беради. Қор кўчки прогнози аниқлиги текширилганда, NSE мезони бўйича моделнинг аниқлиги 1992-2006 йиллар (calibration) учун 72% (яхши), 2007-2020 йиллар (validation) учун 60% (қониқарли) ни ташкил этди.

ХУЛОСА

1. Ўзбекистонда қор кўчкилари бўйича илмий тадқиқотлар асосан XX асрнинг иккинчи ярмидан бошланган. Мустақилликдан сўнг 1997, 1998, 1999 ва 2004 йилларда Қамчиқ довоида содир бўлган ҳалокатли қор кўчкилари туфайли, республика миқёсида қор кўчки мониторинги, прогнози, олдини олиш ва оқибатларини камайтириш борасида тизимли ёндашувлар шакллانган.

2. Оҳангарон дарёси ҳавзасидаги ҳарорат режимида кузатилаётган ўзгаришлар глобал иқлим ўзгариши таъсирининг маҳаллий кўриниши ҳисобланади. Ангрэн, Дукант метеорология станциялари ва Қамчиқ қор кўчки станциясида кўп йиллик (1991-2020 йй.) кузатувлар таҳлили асосида ўртача йиллик ҳаво ҳарорати йилига ўртача Ангрэнда $0,036^{\circ}\text{C}$, Дукантда $0,025^{\circ}\text{C}$, Қамчиқда $0,031^{\circ}\text{C}$ га ортгани аниқланган. Бу ҳолат Оҳангарон дарёси ҳавзасида иқлим илиши жараёни фаол кечаётганидан далолат беради.

3. Оҳангарон дарёси ҳавзасида 1991-2020 йиллар давомида йиллик ўртача ёғин миқдорининг камайиш тенденцияси йилига Ангрэнда 1,7 мм, Дукантда 1,6 мм, Қамчиқда 1,7 мм га етганлиги аниқланган.

4. Қор кўчкилар сонининг тоғ ёнбағрининг ўртача қиялигига боғлиқлиги таҳлиliga кўра, Қамчиқсой ҳавзасида қор кўчкиларнинг асосий қисми (65 %) 25° - 35° қияликлар оралиғида содир бўлади ($R=0,88$), 35° - 45° қияликларда 30%, 15° - 25° қияликларда 5 % қор кўчкилари содир бўлади. Тадқиқот ҳудудида қор кўчкиларидан ҳимоя қилишда асосий эътиборни 25° - 35° қияликлар оралиғига қаратиш тавсия этилади.

5. Тадқиқ этилган ҳудудда 1991-2021 йилларда, Қамчиқ қор кўчки станцияси маълумотлари таҳлиliga кўра, қор кўчки мавсумининг энг эрта бошланиши 21 ноябрга (1999 й.), энг кеч бошланиши 2 февралга (1993 й.), қор кўчки мавсумининг энг эрта тугаши 26 декабрга (2015 й.), энг кечи эса 9 апрелга (2007 й.) тўғри келган. Қор кўчки мавсумининг энг узун давомийлиги 120 кунни (2018-2019 йил қиш мавсуми), энг қисқа давомийлиги 1 кунни (2017-2018 йил қиш мавсуми) ташкил этган.

6. Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки кўрсаткичлари ва иқлимий кўрсаткичлар орасидаги боғлиқликлар статистик таҳлил қилинган. Қамчиқ метеостанциясида 1991-2021 йилларда қор қоламнининг максимал баландлиги (h, м) билан январь ойида кузатилган ўртача ҳаво ҳарорати (T_1) ва ноябрдан мартгача кузатилган ёғин миқдори орасидаги статистик боғлиқлик юқори ($R=0,69$) эканлиги аниқланган. Қор кўчки сони билан T_1 ва h орасидаги боғлиқлик янада юқори ($R=0,73$) бўлган.

7. Диссертация ишида Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор кўчки хавфи мавжуд ҳудудлар ва қор кўчки ўчоқларининг геоморфологик (баландлик, қиялик, изочизиқ, экспозиция) ГАТ карталари яратилган. Яратилган карталар асосида Тошкент-Оҳангарон-Ангрэн-Кўкон-Шаҳрихон-Андижон автойўли ва Ангрэн-Поп темир йўли ўтадиган Қамчиқсой ва Куиндисой ҳавзалари учун қор кўчки ўчоқлари жойлашган турли баландликлар аниқланган. Таҳлилларга

кўра, Қамчиксой ҳавзасида қор кўчкилари 1900 м дан 2300 м гача баландликларда кўп содир бўлади. Ҳавзанинг экспозиция картасининг таҳлилига кўра қор кўчкилар асосан шимоли-шарқ ва жануб, жануби-ғарбга қараган томонларида кўпроқ кузатилган.

8. Тошкент – Оҳангарон – Ангрэн – Қўқон – Шаҳрихон – Андижон автомобил йўлининг Қамчиқ довонидан ўтган қисмида қор кўчкисидан ҳимоя иншоотларини қурилиши натижасида охириги йигирма йилликда йўлни қор кўчкидан ҳимоя қилиш самарадорлиги 5,2 мартага ортганлигини кўрсатган.

9. Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор қоплами қалинлигининг кўп йиллик ўзгариш динамикаси MODSNOW дастури маълумоти асосида 2001-2024 йиллар учун 31 март ҳолатига баҳоланди. Қор қоплами қалинлиги асосан ҳавзанинг шимолий ва ғарбий қисмларида юқори қийматларни, жанубий ва шарқий ҳудудларида нисбатан паст қийматларни кўрсатди. Қор қоплами майдони 2008 йилда энг кичик (53,9 %), 2012 йилда энг катта (93,8 %) бўлган.

10. Ишлаб чиқилган қор кўчкини прогнозлаш усулининг ўртача аниқлик даражаси 77% ни ташкил этган. NSE мезони бўйича текширилганда калибрация (1992-2006 йй.) натижалари NSE=72 (яхши)ни, валидация (2007-2020 йй.) натижалари эса NSE=60% (қониқарли)ни ташкил этганлиги аниқланган.

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

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

МАХМУДОВ ЖАХОНГИР КОМИЛОВИЧ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ
МОНИТОРИНГЕ СНЕГОЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ
(НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ АХАНГАРАН)**

11.00.03 – Гидрология суши. Водные ресурсы. Гидрохимия

**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 B2022.1.PhD/Gr184.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте. Автореферат на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Научного совета (www.nigmi.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Нишонов Бахриддин Эркинович
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Официальные оппоненты:

Хикматов Фазлиддин Хикматович
доктор географических наук, профессор

Салимова Барно Жамаловна
кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация:

Самаркандкий государственный университет

Защита диссертации состоится « 21 » ноября 2025 г. в 14.00 часов на заседании Научного совета по присуждению учёных степеней DSc.27/30.12.2019.G.47.01 при Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (Адрес:100052, г.Ташкент, ул.1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел: +998 71 2358512, факс: +998 71 2371319, e-mail: info@nigmi.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-технической библиотеке Научно-исследовательского гидрометеорологического института (зарегистрирован за №233) (Адрес: 100052, г. Ташкент, ул. 1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел: +998 71 2358512, факс: +998 71 2371319).

Автореферат диссертации разослан « 8 » ноября 2025 г.
(Реестр протокола рассылки № ___ от « ___ » _____ 2025 г.).




Б.М.Холматжанов
Председатель Научного совета по
присуждению учёных степеней, д.г.н.


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


Д.М.Тургунов
Председатель научного семинара при Научном
совете по присуждению учёных степеней, д.г.н.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Под влиянием глобального изменения климата на склонах высоких гор по всему миру с каждым годом увеличивается количество сходов снежных лавин - одного из основных природных бедствий. В этой связи в докладе ООН по снижению риска стихийных бедствий подчеркивается необходимость «улучшения прогнозирования рисков стихийных бедствий и создания единой платформы раннего оповещения о гидрометеорологических опасностях для стран-членов»¹. Эта ситуация требует усовершенствования методов мониторинга и прогнозирования снежных лавин в горных районах.

В мире проводятся исследования в данном направлении, в частности, по анализу площади, толщины и продолжительности залегания снежного покрова на склонах гор, созданию геоморфологических карт лавиноопасных территорий, изучению условий формирования снежных лавин и их прогнозированию. В связи с этим, особое внимание уделяется использованию современных ГИС-технологий для выявления очагов лавинообразования в горных регионах в результате изменения климата, и на этой основе осуществлению мониторинга снежных лавин и прогнозирования рисков, связанных с ними.

В нашей республике осуществляются комплексы мер, направленных на снижение риска схода снежных лавин на транспортных магистралях и в населенных пунктах горных регионов и достигнуты определенные положительные результаты. В Стратегии «Узбекистан-2030», утвержденной Указом Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года, поставлены важные задачи по «предотвращению негативного воздействия изменения климата, раннему предупреждению опасных гидрометеорологических явлений»². В этой связи, оценка рисков снежных лавин для стратегически важной автодороги Ташкент-Ангрен-Коканд-Шахрихан-Андижан и участка железной дороги Ангрен-Пап, проходящей через перевал Камчик, а также выявление очагов снежных лавин и создание их цифровых (ГИС) карт имеют важное научное и практическое значение.

Диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года «О стратегии «Узбекистан-2030»», в Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-4896 от 17 ноября 2020 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности гидрометеорологической службы Республики Узбекистан», №ПП-426 от 18 ноября 2022 года «О мерах по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, связанных с опасными гидрометеорологическими

¹ The global 'Early Warnings for All' program <https://www.un.org/en/climatechange/early-warnings-for-all>

² Указ Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года «О стратегии «Узбекистан-2030»». [https:// www.lex.uz](https://www.lex.uz).

явлениями и геологическими процессами» и другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики: V. “Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды”.

Степень изученности проблемы. Исследования, направленные на заблаговременной оценке рисков, связанных с снежными лавинами, определению морфометрических характеристик снежных лавин и сопоставлению их многолетних режимов проводились зарубежными учеными, такими как J.Schweizer, B.Jamieson, P.Bartelt, D.Germain, Y.Buhler, M.Fazzini, F.Techel, J.Benjamin, Ch.Bahram и другими.

В странах бывшего Союза и СНГ исследования Г.К.Тушинского, Ю.Д.Москалева, К.С.Лосева, Е.С.Трошкиной, С.М.Мягкова и других посвящены географии снежных лавин, механизмам их возникновения, снеголавинному режиму и изменению их морфометрических показателей под воздействием метеорологических факторов, а также вопросам заблаговременной оценки негативных последствий этих явлений.

В Узбекистане исследования по снежным лавинам проводились учёными, как Л.А.Канаев, Г.Н.Старыгин, Е.Г.Какурина, Ф.И.Перцигер, Б.К. Царев. В этих работах изучены степень снеголавинной опасности территории Средней Азии, в частности нашей республики, а также освещены причины их возникновения. В настоящее время исследованиями снежных лавин в горных районах Узбекистана с использованием современных радиолокационных космических снимков занимаются Э.Р.Семакова и В.Н.Шамсутдинов.

Данная диссертационное исследование отличается от предыдущих исследований тем, что посвящена применению геоинформационных систем для территорий, подверженных сходу снежных лавин в бассейне реки Ахангаран, разработке карт морфометрических показателей снеголавинных очагов, а также прогнозированию объёмов снежных лавин на основе гидрометеорологических переменных.

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 ИЛ-5721122065 «Разработка технологии оценки воздействия изменения климата на водные ресурсы Узбекистана с целью повышения адаптационного потенциала в водном и сельском хозяйстве» (2022–2025 гг.).

Целью исследования является использование технологий ГАТ при мониторинге снежных лавин и оценка многолетних изменений элементов снеголавинного режима в бассейне реки Ахангаран.

Задачи исследования:

исследование природно-географических и гидрометеорологических условий бассейна реки Ахангаран с точки зрения формирования снежных лавин;

создание геоинформационной базы данных очагов снежных лавин и природных факторов, влияющих на их возникновение в бассейне реки Ахангаран;

создание цифровых карт морфометрических характеристик территорий со снеголавинной опасностью в бассейне реки Ахангаран;

количественная оценка многолетней изменчивости режима снежных лавин в бассейне реки Ахангаран;

исследование изменения площади и высоты снежного покрова в бассейне реки Ахангаран на основе данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий.

Объектом исследования являются высокогорные территории бассейна реки Ахангаран, подверженные снежным лавинам.

Предметом исследования являются выявление особенностей возникновения снежных лавин в бассейне реки Ахангаран и усовершенствование мониторинга снеголавинной опасности с использованием геоинформационных технологий.

Методы исследования. В диссертации использованы методы гидрометеорологических расчётов и оценки, обобщения, статистической оценки, регрессионного анализа, математического моделирования, картографических исследований и геоинформационных технологий.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

статистически оценена взаимосвязи между показателями снежных лавин, происходящих в бассейне реки Ахангаран, и метеорологическими факторами, влияющими на их формирование, построены регрессионные уравнения;

количественно оценены элементы многолетнего снеголавинного режима в бассейне (число снежных лавин, объём снежных лавин, продолжительность снеголавинного сезона, частота повторяемости снежных лавин);

определены многолетние изменения высоты снежного покрова в горных районах бассейна реки Ахангаран на основе данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий;

разработаны морфометрические цифровые карты снеголавинноопасных участков бассейна с применением ГИС-технологий.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

создана электронная база данных по снеголавинному режиму и метеорологических параметров бассейна реки Ахангаран;

выявлены многолетние изменения метеорологических показателей (температура воздуха, высота снежного покрова, скорость ветра, количество осадков), способствующих формированию снежных лавин в бассейне реки Ахангаран;

определены площадь и высота снежного покрова за период 2001-2024 гг. в бассейне реки Ахангаран с использованием программного комплекса MODSNOW;

разработана ГИС-карта снеголавиноопасных территорий бассейна реки Ахангаран;

усовершенствован метод прогноза снежных лавин на основе метеорологических показателей (высота снежного покрова, скорость ветра, количество осадков, температура воздуха) для бассейна реки Ахангаран.

Достоверность результатов исследования определяется использованием в диссертационной работе гидрометеорологических данных и данных о высоте снежного покрова, полученных по единым методикам в системе Агентства гидрометеорологической службы (Узгидромет) при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан, применением при их обработке общепринятых методов исследований, в том числе методов математической статистики, а также соответствием полученных результатов исследования с данными других исследователей в этом направлении и внедрением их в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется тем, что полученные в работе результаты и научные выводы, в частности, подходы к оценке снеголавинового режима в горных территориях и влияющих на них метеорологических факторов, могут быть использованы при мониторинге снежных лавин на территориях с высокой снеголавиновой опасностью.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в том, что полученные основные результаты и выводы позволяют осуществлять прогнозирование снежных лавин в горных регионах Узбекистана на основе гидрометеорологических факторов, влияющих на их возникновение, а также способствуют разработке и системной реализации мероприятий, направленных на снижение снеголавиновой опасности.

Внедрение результатов исследования.

На основе научных результатов, полученных при оценке лавинной опасности в бассейне реки Ахангаран с применением геоинформационных систем (ГИС):

результаты оценки влияния метеорологических параметров на формирование снежных лавин в бассейне реки Ахангаран и статистические взаимосвязи между ними, были использованы Агентством гидрометеорологической службы для выявления возникновения снежных лавин в бассейне реки (справка Агентства гидрометеорологической службы при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан № 01-15/628 от 29 апреля 2025 года). В результате создана возможность прогнозирования снежных лавин на основании метеорологических наблюдений;

данные о многолетнем снеголавиновом режиме бассейна реки Ахангаран (количество лавин, объём лавин, продолжительность лавинного сезона, повторяемость лавин) были использованы Министерством по чрезвычайным

ситуациям для определения снеголавинного режима в бассейнах рек Дукуантсай, Камчиксай, Наугарзансай и Кызылча (Справка Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан от 23 июня 2025 года № 3/4/30-1737). В результате были уточнены данные о снежных лавинах в бассейне реки Ахангаран;

метод оценки изменений высоты снежного покрова в горной территории бассейна реки Ахангаран на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий был использован в Агентстве гидрометеорологической службы для определения высоты снежного покрова по всей площади бассейна (справка Агентства гидрометеорологической службы при Министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан

№ 01-15/628 от 29 апреля 2025 года). В результате создана возможность дистанционного определения площади и высоты снежного покрова в районах, где не проводятся наземные наблюдения;

цифровые карты морфометрических показателей снеголавиноопасных территорий бассейна реки Ахангаран, созданные с использованием ГИС-технологий, использованы Министерством по чрезвычайным ситуациям для выявления очагов снеголавинной опасности (Справка Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан от 23 июня 2025 года № 3/4/30-1737). В результате создана возможность выявления снеголавиноопасных территорий в бассейнах рек Камчиксай и Куиндисай.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследования были обсуждены на 7 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 13 научных работ, из них 6 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных результатов докторских диссертаций, в том числе, 5 в республиканских и 1 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы исследования, показано ее соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, отмечена ее связь с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, 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, по опубликованным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации называется «**Природно-географические и гидрометеорологические условия формирования снежных лавин**». В данной главе диссертации рассмотрены географические и гидрометеорологические факторы, способствующие возникновению снежных лавин, а также влияние рельефа местности и морфометрических характеристик на их формирование. Также рассмотрен мониторинг снежных лавин в Европе, Азии и Узбекистане и история изучения снежных лавин.

Исследования снежных лавин в Узбекистане начали развиваться с 60-х годов XX века. Снежные лавины в горных районах страны исследовались К.Б.Биляловым, Н.П.Чертановым, С.П.Чертановым, А.И.Королевым, Ю.Д.Москалевым, С.М.Козиком, Г.Г.Харитоновой, Л.Э.Языковой, Ф.И.Перцигером, Б.К.Царевым, Г.Н.Старыгиным и другими учеными. В этих исследованиях широко изучались процессы снежных лавин в горных районах Бостонликского района Ташкентской области. Также под руководством Л.А. Канаева были проведены ряд исследований, направленных на изучение опасностей, связанных со снежными лавинами на территории Узбекистана.

Одной из ключевых особенностей снежных лавин является их внезапное возникновение, что обуславливает высокую степень опасности, связанную с чрезвычайными ситуациями, разрушениями зданий и сооружений, а также риском гибели людей. В этой связи вопросы идентификации лавиноопасных территорий и разработки надёжных методов прогнозирования лавинообразования представляют собой важное направление, способствующее минимизации ущерба от снеголавинных процессов.

Все горные районы Республики Узбекистан, в особенности юго-западные склоны горных систем Западного Тянь-Шаня и Гиссарского хребта, относятся к потенциально снеголавинноопасным территориям. Согласно исследованиям, на вероятность возникновения снежных лавин оказывают значительное влияние орографические и физико-географические факторы, такие как абсолютная высота местности, экспозиция и крутизна склонов, морфология земной поверхности, почвенный и растительный покров. Кроме того, важную роль играют метеорологические параметры - температура воздуха, количество и интенсивность осадков, скорость ветра, а также физические характеристики снега, в том числе его структура и плотность.

Во второй главе диссертации под названием «**Характеристика бассейна реки Ахангаран с точки зрения возникновения снежных лавин**» рассматриваются природно-географические условия и метеорологические показатели бассейна реки Ахангаран с точки зрения возникновения снежных лавин.

Природно-географические условия бассейна реки Ахангаран исследовались такими учёными, как Л.Н.Бабушкин, В.Л.Шульц, П.Х.Баратов, М.М.Маматкулов, А.А.Рафиков, Г.Е.Глазырин, Б.А.Камолов, В.Е.Чуб, Ф.Х.Хикматов и другими. Выбранный объектом исследования в диссертационной работе бассейн реки Ахангаран расположен между

Чаткальским и Кураминским хребтами, простирающимися с северо-востока на юго-запад. Общая площадь бассейна составляет 7710 км² и охватывает территорию, находящуюся в пределах 40°–41° северной широты и 69°–71° восточной долготы. В работе также рассмотрены геологическое строение и растительный покров бассейна, играющие важную роль в возникновении снежных лавин. На возникновение снежных лавин в бассейне реки Ахангаран непосредственное влияние оказывают метеорологические показатели, в частности, температура воздуха, количество атмосферных осадков и скорость ветра. В связи с этим, в диссертации проведён анализ многолетних метеорологических данных, полученных на метеостанциях Ангрэн и Дукант, а также на снеголавинной станции Камчик, расположенных в снеголавиноопасных районах бассейна.

Анализ среднемесячных, сезонных и среднегодовых температур воздуха за последние тридцать лет (1991–2020 гг.), наблюдаемых на горных метеостанциях бассейна реки Ахангаран, выявил чёткую тенденцию к изменению температурного режима. Так, в самый холодный месяц (январь) средние значения температуры воздуха составили: на метеостанции Ангрэн +1,12 °С, на метеостанции Дукант –2,7 °С, на снеголавинной станции Камчик –5,4 °С. Самые высокие среднемесячные температуры были зафиксированы в середине летнего сезона в июле: в Ангрэне +25,9 °С, Дуканте +20,0 °С, на снеголавинной станции Камчик +17,8 °С (рис. 1а). В зимние месяцы снеголавиноопасного периода (ноябрь, декабрь, январь, февраль, март) за последние тридцать лет (1991–2020 гг.) наблюдается устойчивая тенденция к повышению среднемесячных температур воздуха, также установлено повышение среднегодовых температур: в Ангрэне на +0,8 °С, Дуканте +1,0 °С и на перевале Камчик +1,0 °С (рис. 1б).

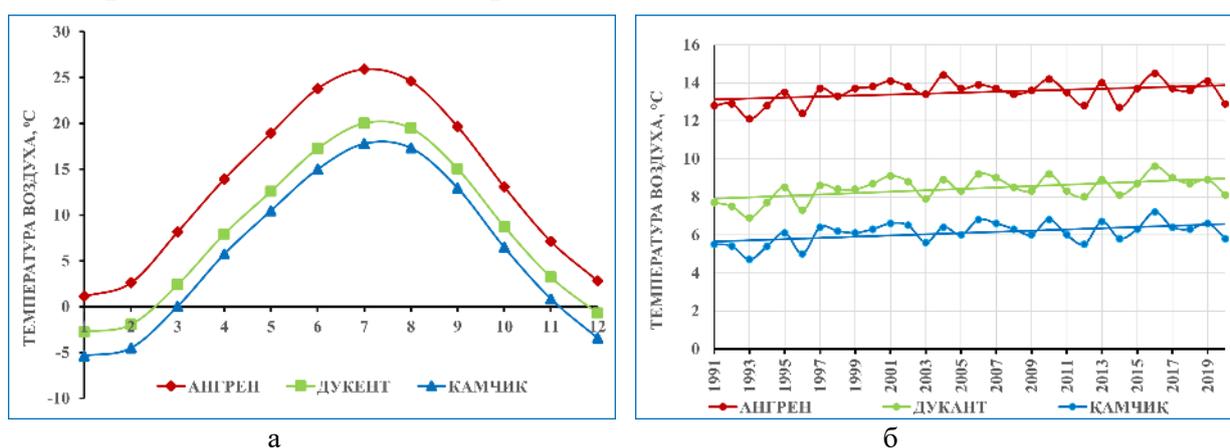


Рис. 1. Наблюдавшиеся изменения (а) средней месячной и (б) среднегодовой температуры воздуха в горных районах бассейна реки Ахангаран (1991-2020 гг.)

Анализ изменений количества осадков в горной части бассейна реки Ахангаран за период 1991–2020 гг. показал наличие общей тенденции к снижению как годовых, так и сезонных (в пределах снеголавиноопасного периода) суммы осадков на метеостанциях Ангрэн, Дукант и Камчик. В частности, установлено, что среднегодовое количество осадков ежегодно

уменьшается: на метеостанции Ангрэн - на 1,7 мм, на метеостанции Дукант – на 1,6 мм, на снеголавинной станции Камчик – на 1,7 мм (рис. 2). Такие климатические изменения в пределах бассейна могут привести к трансформации режима осадков и, как следствие, к увеличению снеголавинной опасности. Информация об изменчивости осадков представляет особую важность для дальнейшего анализа и прогнозирования снеголавинных процессов.

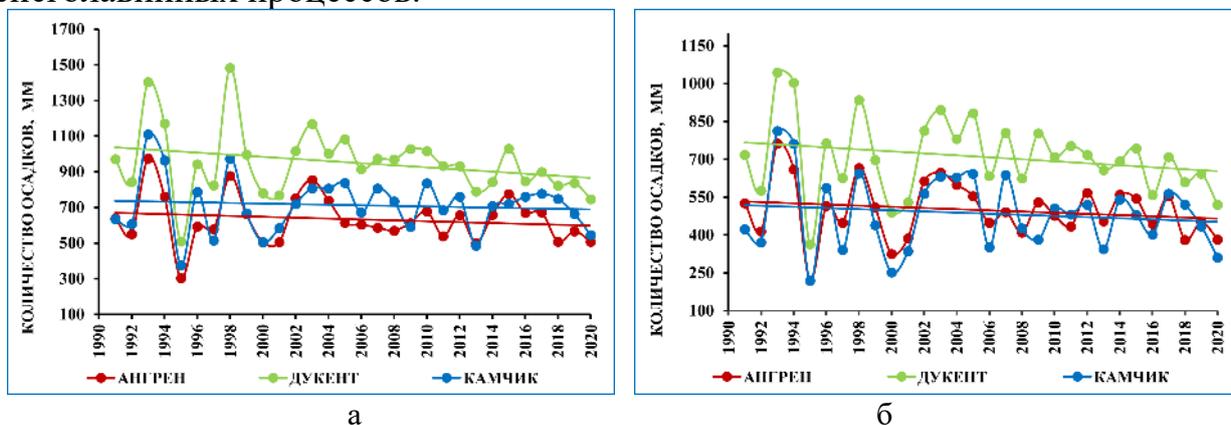


Рис. 2. Многолетние изменения количества (а) среднегодовых и (б) за снеголавиноопасный сезон (ноябрь-апрель) атмосферных осадков в бассейне реки Ахангаран (1991-2020 гг.)

Накопление снежного покрова на склонах с различной крутизной оказывает существенное влияние на вероятность возникновения снежных лавин: чем круче склон, тем выше вероятность возникновения снежных лавин. Анализ зависимости количества снежных лавин, зарегистрированных в бассейне реки Камчиксай от среднего угла наклона горного склона показал, что максимальная частота крупных лавин наблюдается на склонах с углом наклона в диапазоне 25–35° (коэффициент детерминации $R = 0,88$) (рис. 3).

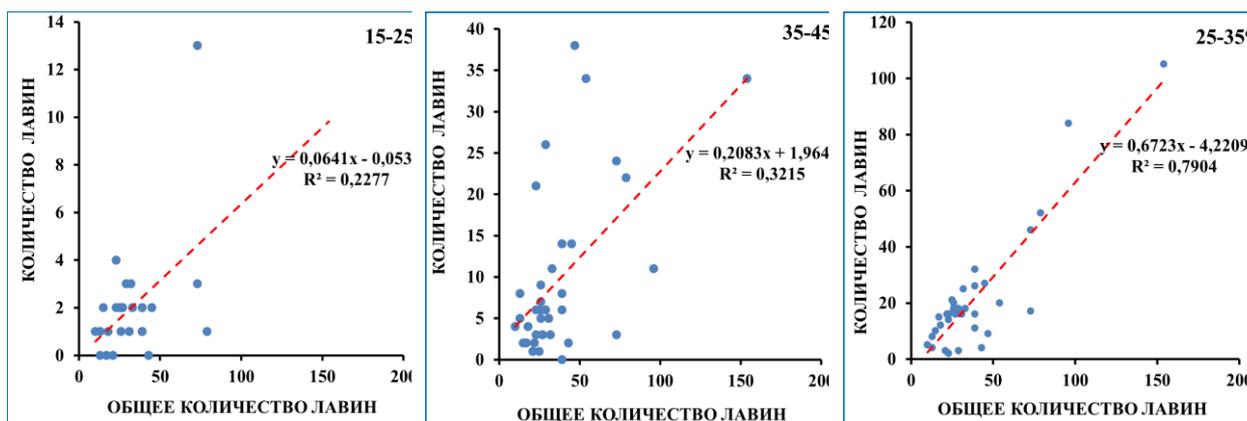


Рис. 3. Зависимость количества снежных лавин от угла наклона склонов в бассейне реки Камчиксай

Также в данной главе представлена характеристика географических и метеорологических условий бассейнов рек Дукантсай, Кизилчасай, Камчиксай и Навгарзансай, являющихся наиболее снеголавиноопасными территориями в бассейне реки Ахангаран.

Третья глава диссертации называется «Изменения снеголавинного режима в бассейне реки Ахангаран». В данной главе сначала проанализированы снеголавинный режим и его особенности на перевале Камчик, расположенном в бассейне реки Ахангаран. Согласно результатам анализа, в период 1991-2021 гг. на перевале Камчик отмечалась значительная межгодовая изменчивость продолжительности лавиноопасного сезона. Наиболее длительный сезон лавинообразования был зафиксирован в зимний период 2018–2019 гг. и составил 120 дней, тогда как самая короткая продолжительность наблюдалась в сезоне 2017–2018 гг. - всего 1 день. Самое раннее начало снеголавинного сезона было зарегистрировано 21 ноября (в 1999 г.), а самое позднее 2 февраля (в 1993 г.). Завершение снеголавинного сезона также варьировалось: самое раннее окончание зафиксировано 26 декабря (в 2015 г.), а самое позднее - 9 апреля (в 2007 г.) (рис. 4).

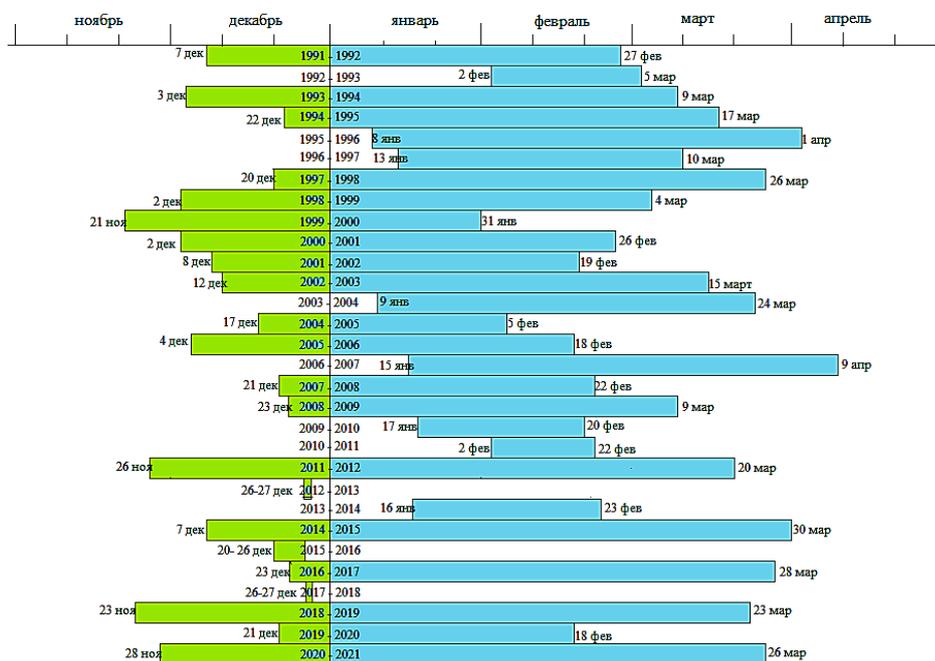


Рис. 4. Межгодовые изменения продолжительности лавиноопасного периода в районе перевала Камчик (1991-2021 гг.).

В диссертационном исследовании проведён статистический анализ взаимосвязей между снеголавинными показателями (высота снежного покрова, дата его формирования, количество твердых осадков, число дней с интенсивным снегопадом и его последующим таянием) и климатическими параметрами (температура воздуха, количество осадков) в бассейне реки Ахангаран. На основании данных метеостанции Камчик за период 1991–2021 г. установлено, что коэффициент корреляции между максимальной высотой снежного покрова и годовым количеством осадков составляет $R = 0,53$, а между высотой снежного покрова и количеством осадков в период с ноября по март - $R = 0,61$. За тот же период выявлена значимая связь между максимальной высотой снежного покрова и количеством зарегистрированных снежных лавин ($R = 0,71$), а также их суммарным объёмом ($R = 0,76$) (рис. 5).

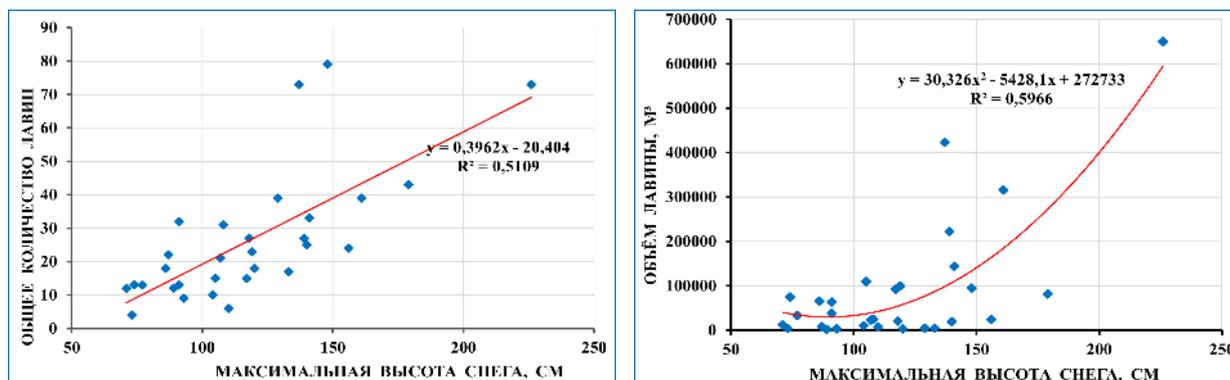


Рис. 5. Зависимость количества и объема снежных лавин от высоты снежного покрова в бассейне реки Ахангаран

К основным показателям, влияющим на снеголавинную активность, относятся максимальная высота снежного покрова (h , м), число дней с устойчивым снежным покровом (n), количество снеголавинных событий (N), продолжительность снеголавиноопасного периода (L), а также объём снежных лавин (V , м³). В исследовании статистические взаимосвязи между указанными снеголавинными характеристиками и метеорологическими показателями были оценены на основе данных многолетних наблюдений (1991–2021 гг.). Установлено, что между максимальной высотой снежного покрова (h , м) и средней температурой воздуха в январе (T_1), а также между высотой снежного покрова и суммой осадков за период с ноября по март наблюдается высокая степень корреляции ($R = 0,69$). Связь между числом снеголавинных событий (N) и температурой воздуха в январе (T_1), а также высотой снежного покрова (h) оказалась ещё более выраженной - коэффициент корреляции составил $R = 0,73$. В таблице 1 представлены значения коэффициентов корреляции, характеризующих степень зависимости снеголавинных показателей от климатических факторов.

Таблица 1

Зависимость снеголавинных показателей от климатических показателей в бассейн реки Ахангаран (1991–2021 гг.)

Показатели снежных лавин	СЛС Камчик Н=2145 м, Р=30		R
h	$T(I)$	$\Sigma P_x(XI-III)$	0,69
n	$\Sigma T(XI, I, IV)$	$\Sigma P_x(XI-III)$	0,49
N	$\Sigma T(XI-III)$	$\Sigma P_x(XI-III)$	0,52
N	$T(I)$	h	0,73
L	$\Sigma T(XI, I, IV)$	$\Sigma P_x(XI-III)$	0,28
V	$T(I)$	$\Sigma P_x(XI-III)$	0,52
V	$T(I)$	h	0,71

В четвертой главе диссертации под названием «Применение ГИС-технологий при мониторинге снеголавинной опасности в бассейне реки Ахангаран», рассмотрены вопросы применения геоинформационных технологий (ГИС) в мониторинге снежных лавин.

В исследовании была создана карта снеголавиноопасной горной части бассейна реки Ахангаран с использованием программного обеспечения

ArcGIS. На данной карте территория бассейна разделена по различным высотам и указаны расположение станций (рис.6).

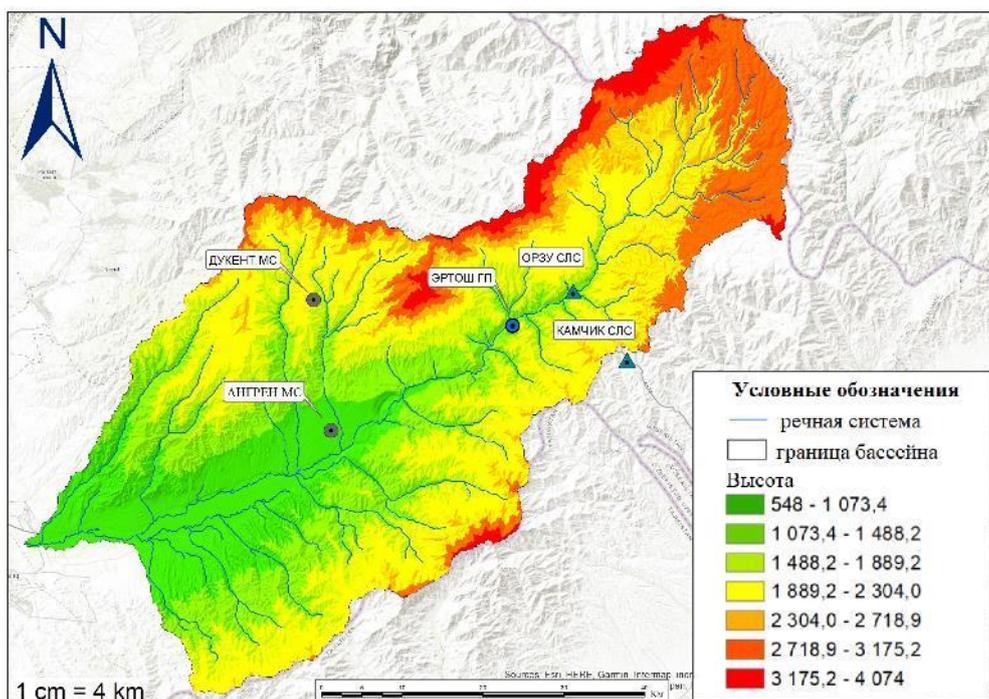


Рис. 6. Выбранная для исследования часть бассейна реки Ахангаран

В диссертационном исследовании также были созданы геоморфологические карты снеголавиноопасных территорий и очагов снежных лавин в бассейне реки Ахангаран, включающие параметры рельефа, такие как абсолютная высота, крутизна склонов, изолинии и экспозиция. Согласно исследованию, наивысшая точка бассейна Ахангаран достигает 4074 м над уровнем моря, средняя высота составляет около 2200 м, а самая низкая точка - 550 м. Средняя крутизна склонов в бассейне варьируется от 26° до 38°. Отдельные геоморфологические карты были также построены для бассейнов рек Дукантсай, Кизилчасай, Наугарзансай и Камчиксай, имеющих снеголавиноопасные участки в бассейне реки Ахангаран.

Следует отметить, что через территорию бассейна реки Ахангаран проходят важнейшие транспортные коммуникации республики - автодорога Ташкент-Ангрен-Коканд-Шахрихан-Андижан и железнодорожная линия Ангрен-Пап, связывающие области Ферганской долины с г. Ташкент и другими областями республики. Снежные лавины, происходящие в бассейне, оказывают негативное влияние на эксплуатацию указанных транспортных путей. В связи с этим, в работе проведена оценка снеголавиноопасности для бассейнов рек Камчиксай и Куиндисай.

Согласно разработанным картам, высотный диапазон бассейна Камчиксай составляет от 1262 м до 2623 м над уровнем моря, при этом средняя абсолютная высота - около 2100 м. В результате анализа установлено, что очаги формирования снежных лавин в бассейне Камчиксай преимущественно локализируются в пределах высот 1900–2300 м (рис. 7).

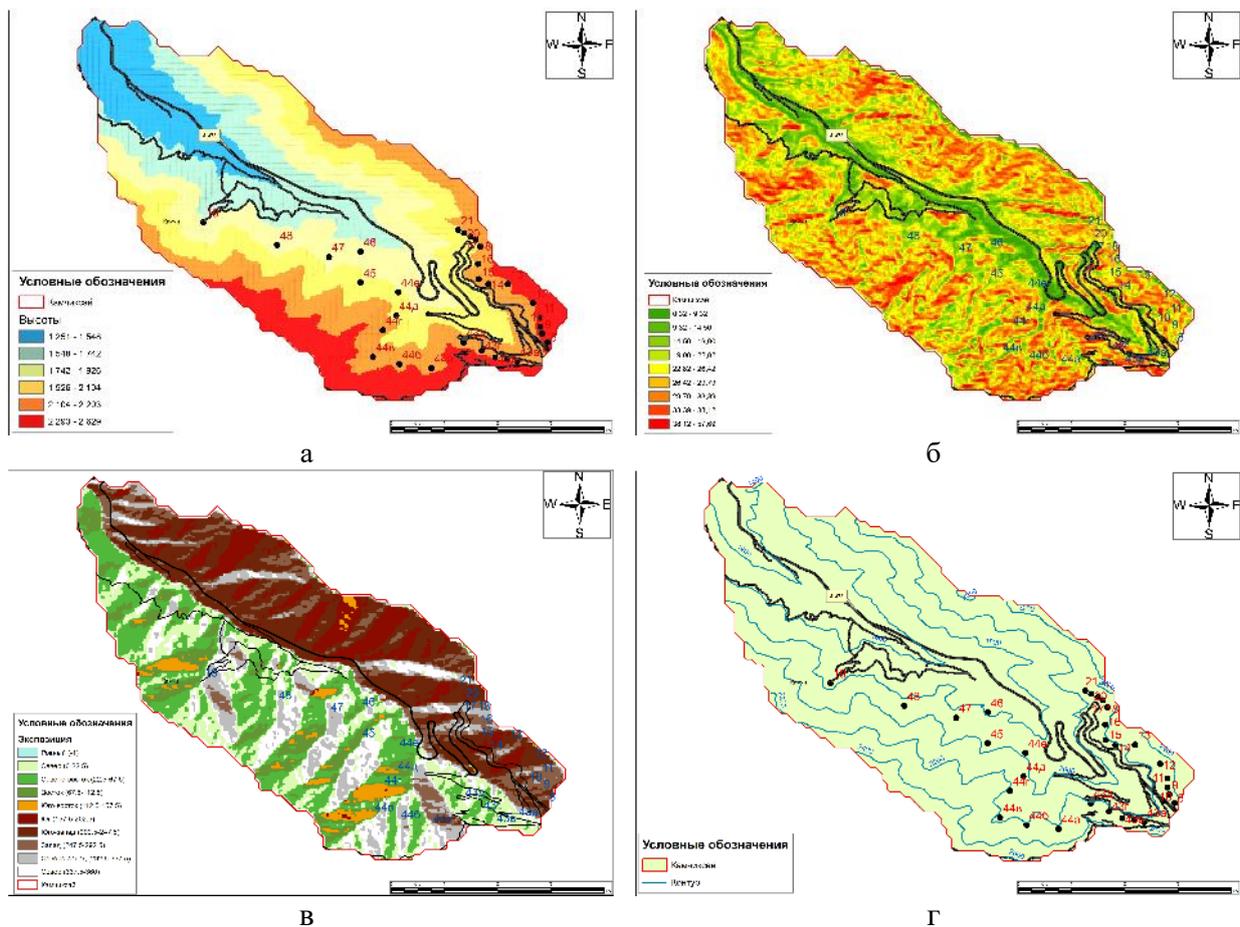


Рис. 7. Расположение снеголавинных очагов в бассейне Камчиксай на геоморфологических картах: а) высота, б) уклон, в) экспозиция, г) контур

В диссертации также дана оценка эффективности противолавинных защитных сооружений в снеголавиноопасных районах на участке автодороги Ташкент-Ангрен-Коканд-Шахрихан-Андижан, проходящем через перевал Камчик. Эффективность защитных мер оценивалась путём сравнительного анализа числа дней закрытия дороги в результате снежных лавин до строительства противолавинных сооружений (1979–2001 гг.) и после их ввода в эксплуатацию (2001–2021 гг.). Анализ показал, что за исследуемый период количество дней, в течение которых дорога оставалась закрытой по причине лавинной опасности, сократилось на 83 % - с 239 дней 52 минут до 40 дней 67 минут. Эффективность противолавинных сооружений увеличилась в 5,2 раза.

Для получения ежедневной информации о снежном покрове в бассейне реки Ахангаран использовалась программа MODSNOW, основанная на технологии дистанционного зондирования. Согласно анализу данных MODSNOW, в период с 2010 г. по 2020 г. по состоянию на март месяц наблюдалось сокращение площади снежного покрова, тогда как в 2020-2024 г. отмечалась как тенденция к его увеличению, так и резкие колебания с сокращением площади в отдельные годы.

Учитывая, что данных о снежном покрове недостаточно для полноценного снеголавинного мониторинга, а также тот факт, что вблизи лавиноопасных очагов отсутствуют метеостанции, фиксирующие высоту снежного покрова, для расчёта его высоты применён модуль программы

MODSNOW, основанный на использовании коэффициента температурного суммирования (Degree Day Factor), работающий с данными о температуре воздуха и количества осадков.

Для адаптации модели MODSNOW к условиям бассейна реки Ахангаран были использованы метеорологические данные метеостанций Камчик и Дукант. Оценка точности результатов моделирования, выполненная по критерию эффективности (Nash–Sutcliffe Efficiency, NSE), показала очень хорошее качество моделирования: $NSE = 0,86$ для Камчика, $NSE = 0,83$ для Дуканта (рис. 8).

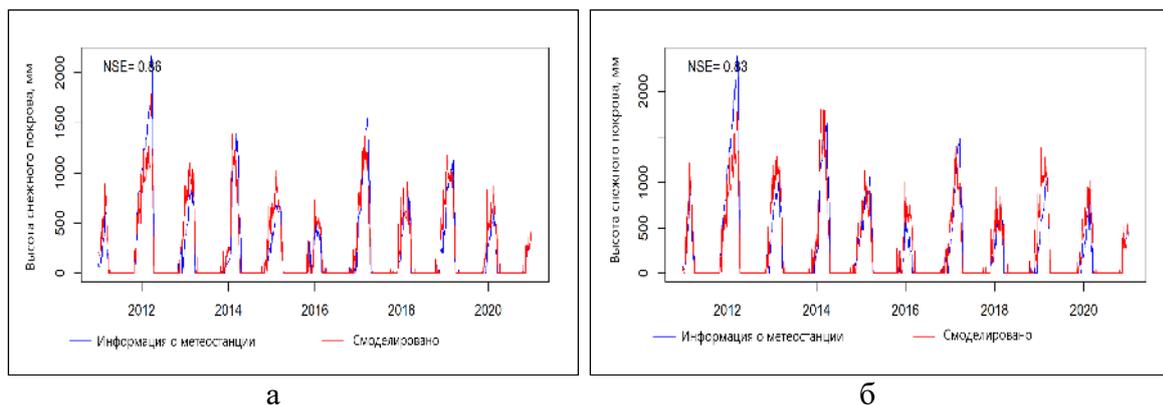


Рис. 8. Сравнение измеренной высоты снега на метеостанции и вычисленной с помощью математической модели:

а) метеостанция Дукант, б) снеголавинная станция Камчик

На основе сопоставления данных, полученных с помощью программы MODSNOW, с метеорологическими наблюдениями метеостанций была подготовлена карта высоты снежного покрова в бассейне реки Ахангаран с пространственным разрешением 500×500 метров для каждого пикселя (рис. 9). Эти карты обеспечивают возможность получения ежедневной информации о состоянии снежного покрова. Поскольку третий модуль программы MODSNOW функционирует на основе данных о температуре воздуха и количестве осадков, введение прогнозных значений этих параметров позволяет осуществлять прогноз высоты снежного покрова. Это, в свою очередь, расширяет возможности раннего определения снеголавинной опасности.

Долгосрочная динамика изменения высоты снежного покрова в бассейне реки Ахангаран была оценена по данным программы MODSNOW по состоянию на 31 марта каждого года. Анализ показал, что максимальные значения высоты снежного покрова наблюдались преимущественно в северной и западной частях бассейна, тогда как в южных и восточных частях фиксировались относительно низкие значения. В период 2001–2010 гг., за исключением 2008 г., существенных изменений не наблюдалось, и высота снежного покрова оставалась относительно низкой - в пределах 100–400 мм. В 2008 г. отмечено снижение этих показателей. В 2011–2015 гг. выявлена тенденция к увеличению высоты снежного покрова, особенно в 2012 и 2014 гг., когда значения достигали 500–800 мм. В 2016–2020 гг. наблюдалась

обратная тенденция к снижению, за исключением 2017 г., когда зафиксирован резкий рост высоты снега. В период 2021–2024 гг. вновь отмечено увеличение высоты снежного покрова.

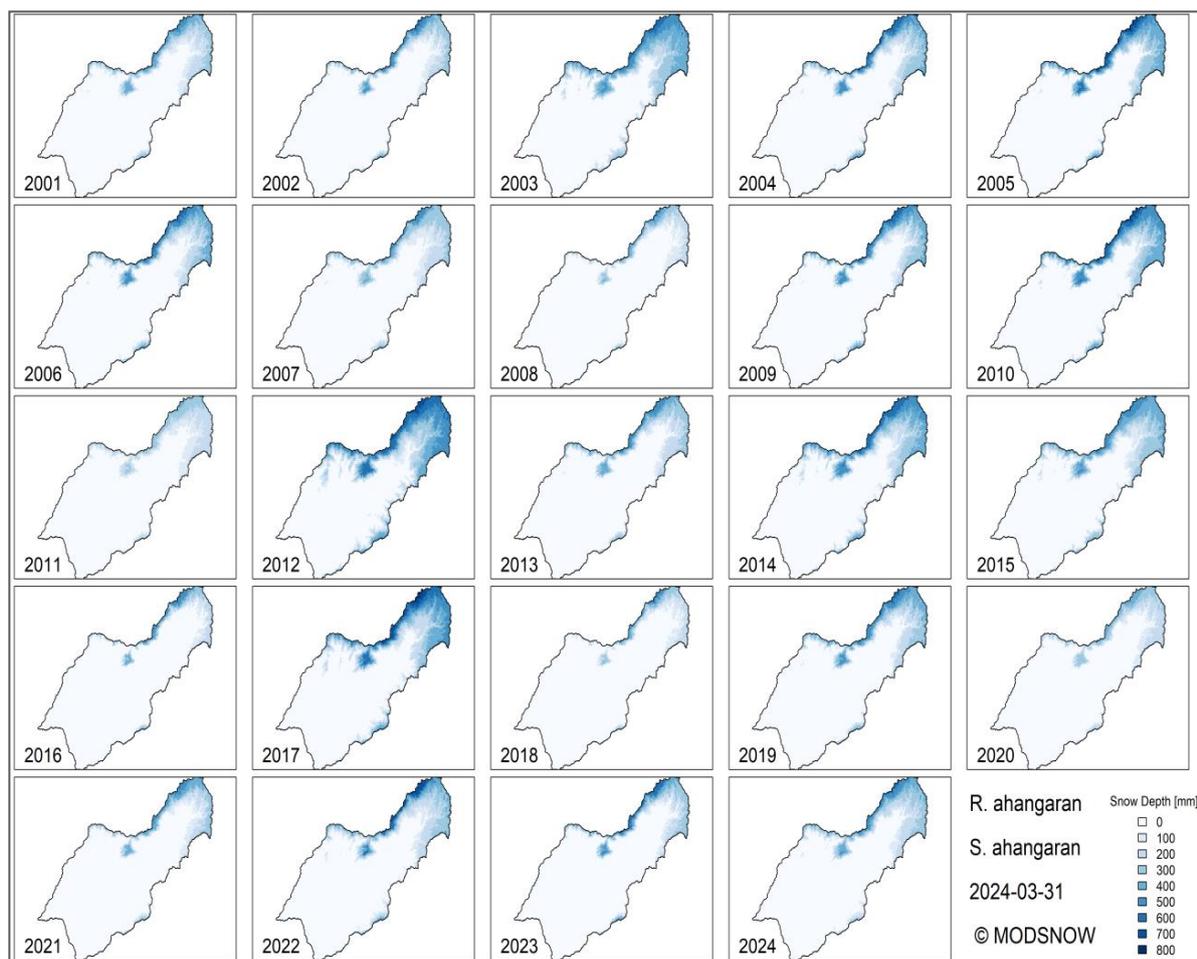


Рис 9. Динамика высоты снежного покрова в бассейне реки Ахангаран (2001-2024 гг.)

На основе анализа снежного покрова и климатических данных для бассейна реки Ахангаран был разработан метод прогнозирования снежных лавин, которая была апробирована для лавиносбора № 12 в бассейне реки Камчиксай. Разработанный метод позволяет осуществлять прогноз возникновения снежных лавин за один день до их возможного схода. При проверке точности прогноза на основе моделирования оценка эффективности модели по критерию Nash–Sutcliffe efficiency (NSE) показала в 1992–2006 гг. (калибрация) 72 % («хороший» уровень), а в 2007–2020 гг. (валидация) - 60 % («удовлетворительный» уровень).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В Узбекистане научные исследования снежных лавин начались преимущественно во второй половине XX века. После обретения независимости, в связи с разрушительными снежными лавинами, произошедшими в 1997, 1998, 1999 и 2004 гг. на перевале Камчик, были сформированы системные подходы к мониторингу, прогнозированию, предупреждению и снижению последствий лавин в масштабах страны.

2. Изменения температурного режима в бассейне реки Ахангаран являются локальным проявлением глобального изменения климата. На основании многолетних (1991–2020 гг.) наблюдений метеостанций Ангрэн и Дукант, а также снеголавинной станции Камчик установлено, что среднегодовая температура воздуха увеличивалась соответственно на 0,036 °С, 0,025 °С и 0,031 °С в год, что свидетельствует об активных процессах потепления климата в данном регионе.

3. В бассейне реки Ахангаран за период 1991–2020 гг. выявлена тенденция к снижению среднегодового количества осадков: в среднем на 1,7 мм в год в Ангрэне, на 6 мм в Дуканте и на 1,7 мм в Камчике.

4. Анализ зависимости количества снежных лавин от уклона склонов показал, что в бассейне реки Камчиксай основная часть лавин (65 %) происходит на склонах с уклоном 25°–35° (коэффициент корреляции $R = 0,88$), 30 % - на склонах с уклоном 35°–45°, и лишь 5 % - на склонах с уклоном 15°–25°. В целях противолавинной защиты рекомендуется сосредоточить внимание именно на склонах с уклоном 25°–35°.

5. По данным снеголавинной станции Камчик за 1991–2021 гг. определены следующие крайние значения снеголавинного сезона: самое раннее начало - 21 ноября (1999 г.), самое позднее начало - 2 февраля (1993 г.); самое раннее окончание - 26 декабря (2015 г.), самое позднее - 9 апреля (2007 г.). Самая продолжительная снеголавинная активность длилась 120 дней (зима 2018–2019 гг.), самая короткая - 1 день (зима 2017–2018 гг.).

6. Проведён статистический анализ связи между снеголавинными показателями и климатическими параметрами. Установлена высокая корреляция между максимальной высотой снежного покрова и средней температурой января, а также суммарными осадками за ноябрь - март ($R = 0,69$). Корреляция между числом снежных лавин и указанными параметрами была ещё выше ($R = 0,73$).

7. В диссертационной работе созданы геоинформационные карты снеголавиноопасных участков и геоморфологические карты (высота, уклон, экспозиция, изолинии) очагов снежных лавин в бассейне реки Ахангаран. На основе этих карт были идентифицированы высотные уровни лавинных очагов в бассейнах Камчиксай и Куиндисай, через которые проходят автодорога Ташкент-Ангрэн-Коканд-Шахрихан-Андижан и железная дорога Ангрэн-Пап. Установлено, что наибольшее число снежных лавин наблюдается на высотах

от 1900 до 2300 м. Согласно анализу карт экспозиции, снежные лавины чаще фиксируются на северо-восточных, южных и юго-западных склонах.

8. Проведённый анализ показал, что строительство противолавинных защитных сооружений на участке автодороги Ташкент-Ангрен-Коканд-Шахрихан-Андижан, проходящем через перевал Камчик, обеспечило повышение эффективности снеголавинной защиты в 5,2 раза за последние двадцать лет.

9. Динамика многолетних изменений высоты снежного покрова в бассейне реки Ахангаран была оценена по данным дистанционного зондирования, полученным с использованием программы MODSNOW, по состоянию на 31 марта за период 2001–2024 гг. Результаты показали, что максимальные значения высоты снежного покрова приходятся на северные и западные части бассейна, тогда как в южных и восточных районах наблюдаются относительно пониженные значения. Минимальная площадь снежного покрова зафиксирована в 2008 г. (53,9%), максимальная в 2012 г. (93,8%).

10. Разработанный метод прогнозирования снежных лавин обеспечивает среднюю точность 77 %. По критерию эффективности Nash–Sutcliffe efficiency (NSE) точность модели составила 72 % для периода калибровки (1992–2006 гг.) и 60 % для периода валидации (2007–2020 гг.).

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

HYDROMETEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE

MAKHMUDOV JAKHONGIR KOMILOVICH

**USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
IN SNOW AVALANCHE HAZARD MONITORING
(CASE STUDY OF THE AKHANGARAN RIVER BASIN)**

11.00.03 – Land Hydrology. Water resources. Hydrochemistry

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

Tashkent - 2025

The title of the doctoral dissertation (PhD) has been registered by the the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan with registration number B2022.1.PhD/Gr184.

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 “Ziyo.net” Information-educational portal (www.ziyounet.uz.)

Scientific consultant:

Nishonov Bakhriddin Erkinovich
candidate of technical sciences,
senior researcher

Official opponents:

Khikmatov Fazliddin Khikmatovich
doctor of geographical sciences, professor
Salimova Barno Jamalovna
candidate of technical sciences, professor

Leading Organization:

Samarkand State University

The defense of the dissertation will take place on « 21 » November 2025 in 14.00 at the meeting of the Scientific Council for the 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 71 2358512, Fax: +998 71 2371319; e-mail: info@nigmi.uz).

PhD dissertation can be found in the Scientific-technical Library of the Hydrometeoropogical Research Institute (registered under No.233). (Address: 72, 1st Bodomzor street, Tashkent, 100052, Ph: +998 71 2358512, Fax: +998 71 2371319).

Abstract of dissertation has been distributed on 8 November 2025 year.
(Mailing report No. ___ on _____ 2025 year).



B.M.Kholmatjanov
Chairman of the Scientific council
for award of scientific degrees,
Doctor of Geographical Sciences

E.Yu.Safarov
Young Scientific Secretary of the Scientific council
for award of scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences

D.M.Turgunov
Chairman of the Scientific seminar under Scientific
council for award of scientific degrees,
Doctor of Geographical Sciences

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of research is to use GAT technologies in monitoring snow avalanches and assess long-term changes in the elements of the snow avalanche regime in the Akhangaran river basin.

The object of the research work are the high-mountainous areas of the Akhangaran river basin, where avalanches are observed.

The scientific novelty of the research is as follows:

the relationship between the indicators of snow avalanches occurring in the Akhangaran river basin and meteorological factors affecting their formation was statistically assessed, regression equations were obtained;

elements of the long-term avalanche regime in the basin (number of avalanches, volume of avalanches, duration of the avalanche season, frequency of recurrence of avalanches) were quantified;

long-term changes in the height of the snow cover in the mountainous regions of the Akhangaran river basin were determined on the basis of remote sensing data and geographic information technologies;

morphometric digital maps of snow and avalanche hazardous areas of the basin were developed using GIS technologies.

Implementation of the research results.

Based on the scientific results obtained during the assessment of avalanche hazard in the Akhangaran river basin using geographic information systems (GIS):

the results of the assessment of the impact of meteorological parameters on the occurrence of avalanches in the Akhangaran basin and the statistical relationships between them were used by the Agency of Hydrometeorological Service to determine the occurrence of snow avalanches in the basin (Reference of the Agency of Hydrometeorological Service under the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan No. 01-15/628 dated April 29, 2025). As a result, it was possible to predict the occurrence of avalanches in the Akhangaran river basin based on meteorological observations;

data on the long-term snow avalanche regime of the Akhangaran basin (number of avalanches, avalanche volume, duration of the avalanche season, avalanche recurrence) were used by the Ministry of Emergency Situations to determine the avalanche regime in the Dukantsay, Kamchiksay, Naugarzansay and Kyzylcha rivers basins (Reference of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan dated June 23, 2025, No. 3/4/30-1737). As a result, data on snow avalanches in the Akhangaran river basin were updated;

the method for assessing changes in the height of snow cover in the mountainous territory of the Akhangaran river basin based on remote sensing data and GIS technologies was used at the Agency of Hydrometeorological Service to determine the height of snow cover over the entire area of the basin (Reference of the Agency of Hydrometeorological Service under the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan No. 01-15/628 dated April 29, 2025). As a result, it was possible to remotely

determine the area and height of snow cover in areas where ground-based observations are not carried out;

digital maps of morphometric indicators of snow avalanche-prone areas in the Ahangaran River basin, created using GIS technologies, were used by the Ministry of Emergency Situations to identify avalanche hotspots (Reference of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan dated June 23, 2025 No. 3/4/30-1737). As a result, it was possible to identify snow avalanche-prone areas in the Kamchiksay and Kuindisay river basins.

The structure and scope of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Нишонов Б.Э., Махмудов Ж.К., Мамараимов А.Ж. Иқлим ўзгаришининг Оҳангарон дарё ҳавзасидаги қор қоплами динамикасига таъсири // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. – 2022. – № 3. – Б.75-82. (11.00.00; №11)

2. Махмудов Ж.К., Нишонов Б.Э. Иқлим исишининг ҳозирги шароитида Қамчиқ довоида қор кўчки режимининг ўзгаришлари // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. – 2022. – 62-жилд. – Б.139-143. (11.00.00; №6)

3. Махмудов Ж.К., Нишонов Б.Э. Қор кўчкилари хавфи мавжуд ҳудудларнинг хавфлилик даражалари (Қамчиқ ва Чимён қор кўчки станциялари мисолида) // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. – 2022. – 62-жилд. – Б.148-151. (11.00.00; №6)

4. Махмудов Ж.К., Нишонов Б.Э. Современные изменения снежного покрова и динамики лавин на перевале Камчик // Экономика и социум. – 2023. – Выпуск № 12 (115). – С. 1236-1242. (11.00.00; №11)

5. Махмудов Ж.К., Нишонов Б.Э. Ангрен-Поп темир йўлининг Оҳангарон ҳавзаси қисми учун қор кўчки хавфини баҳолаш // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. – 2023. – 64-жилд. – Б.187-191. (11.00.00; №6)

6. Махмудов Ж.К., Нишонов Б.Э. Қамчиқ довоида қор кўчишига қарши ҳимоя иншоотларининг аҳамияти. // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. – 2024. – 66-жилд. – Б.184-187. (11.00.00; №6)

II бўлим (II часть; II part)

7. Махмудов Ж.К. Қамчиқ довоида кузатилган қор кўчкиларининг сўнги йиллардаги ўзгариш динамикаси / “Гидрометеорология, иқлим ўзгариши ва атроф-муҳит мониторинги: долзарб муаммолар ва уларни ҳал қилиш йўллари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент. – 2021. – Б. 211-213.

8. Махмудов Ж.К. Оҳангарон водийсида ҳаво ҳароратининг ўзгариши / “Географик тадқиқотлар: инновацион ғоялар ва ривожланиш истиқболлари” мавзусидаги II халқаро илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент. – 2022. – Б. 602-605.

9. Махмудов Ж.К. Қамчиқ довоида қор қоплами динамикасини ўзгариши / “Иқлим ўзгариши шароитида гидрометеорологик тадқиқотлар: долзарб муаммолар ва уларнинг ечимлари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент. - 2022. – Б. 205-208.

10. Махмудов Ж.К. Ўзбекистонда қор кўчкилари мониторинги тизими ва уни такомиллаштириш истиқболлари / “Географик тадқиқотлар:

инновацион ғоялар ва ривожланиш истиқболлари” мавзусидаги III халқаро илмий амалий конференция материаллари. – Тошкент. – 2023. – Б. 41- 43.

11. Махмудов Ж.К. Оҳангарон дарё ҳавзасини қор кўчки хавфи мавжуд ҳудудларини геоахборот тизимлари ёрдамида аниқлаш ва геоморфологик картасини ишлаб чиқиш / “Иқлим ўзгариши шароитида арид ҳудудлар сув ресурслари: муаммолар ва уларнинг ечимлари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент. – 2023. – Б. 327-330.

12. Нишонов Б.Э., Махмудов Ж.К. Қамчиқсой ҳавзасида ГАТ ёрдамида қор кўчки хавфли ҳудудлар карталарини яратиш ва уларнинг таҳлили / “Географик тадқиқотларда замонавий геоинформацион картография, масофадан зондлаш методлари ва технологияларининг роли” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент. – 2024. – Б. 491-494.

13. Махмудов Ж.К., Нишонов Б.Э. Қамчиқ довонида қор кўчишига қарши ҳимоя иншоотларининг аҳамияти / ”Иқлим ўзгариши ва унинг атроф муҳитга таъсири: муаммолар ва уларнинг ечимлари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент. – 2024. – Б. 86-89.

Автореферат “Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги”
журналида таҳрирдан ўтказилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100 дона. Буюртма № 32/25.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.