

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ» МИЛЛИЙ
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР
БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ**

КАТТАҚУЛОВ ФАРРУХ САЙФУЛЛАЕВИЧ

**ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИНИНГ АМУДАРЁ ҲАВЗАСИДАГИ
ГИДРОТЕХНИК ИНШОТЛАР КАСКАДИ ЭКСПЛУАТАЦИОН
РЕЖИМИГА ТАЪСИРИНИ БАҲОЛАШ**

05.09.07- Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

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

УЎТ: 631.624.627.841:631.671.1(043)

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

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

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

Каттакулов Фаррух Сайфуллаевич

Иқлим ўзгаришининг Амударё ҳавзасидаги гидротехник иншоотлар каскади
эксплуатацион режимига таъсирини баҳолаш.....3

Каттакулов Фаррух Сайфуллаевич

Оценка влияние изменение климата на режим каскада гидротехнических
сооружений бассейна реки Амударьи21

Kattakulov Farrukh Sayfullaevich

Assessment of the impact of climate change on the operational regime of the
cascade of hydrotechnical consturctions in the Amudarya basin.....39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....43

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ» МИЛЛИЙ
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР
БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ**

КАТТАҚУЛОВ ФАРРУХ САЙФУЛЛАЕВИЧ

**ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИНИНГ АМУДАРЁ ҲАВЗАСИДАГИ
ГИДРОТЕХНИК ИНШОТЛАР КАСКАДИ ЭКСПЛУАТАЦИОН
РЕЖИМИГА ТАЪСИРИНИ БАҲОЛАШ**

05.09.07- Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда глобал иқлим ўзгариши натижасида табиатда табиий хавф-хатарларнинг пайдо бўлиш частотаси тобора кўпайиб бормоқда. Хусусан, Марказий Осиёда, шу жумладан Ўзбекистон республикаси ҳудудларида иқлим ўзгаришининг гидротехник иншоотлар каскади эксплуатацион режимига таъсирини баҳолаш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Хозирги кунда иқлим ўзгаришлари натижасида сел-тошқинлар ва бошқа хавфли табиий ҳодисалар тез-тез содир бўлиши кузатилмоқда. Бу борада, жумладан, қисқа муддатли сел оқимлари натижасида дарёлар юқори ва қуйи оқимида деформацион жараёнлар содир бўлишини замонавий дастурлар асосида башорат қилиш усуллари ишлаб чиқиш, мавсумий сув таъминотида сув омборлари техник ҳолатларини ўрганиш, гидротехника иншоотлари ишончли, хавфсиз ишлаши бўйича илмий тадқиқот ишлари олиб боришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда сув ресурсларидан самарали фойдаланиш, дарёлар оқимини ростлаш асосида сув омборларидан хавфсиз ва самарали фойдаланиш ҳамда иншоотларнинг эксплуатацион ишончилиги ва фойдаланиш муддатларини узайтиришга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, иқлим ўзгаришини дарёнинг юқори ва қуйи оқимидаги гидротехника иншоотларига таъсирини башорат қилиш усуллари ишлаб чиқиш, оқимнинг гидрологик режимини кескин ўзгаришини инobatга олиб суғориш эҳтиёжларини учун сувдан ресурсларидан самарали фойдаланиш усуллари ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар устивор ҳисобланмоқда. Шу билан бирга, замонавий дастурлар асосида йирик сув тошқинлари хавфларни таҳлил қилиш ва баҳолаш усуллари такомиллаштириш долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда.

Республикада иқлим ўзгаришини инobatга олиб сел омборларини барпо этиш, гидротехник иншоотлар самарадорлигини ва хизмат муддатларини ошириш ҳамда уларнинг ишончли эксплуатациясини таъминлаш, иқлим ўзгаришни инobatга олиб каскад режимида ишлаётган йирик гидротехник иншоотларда оқимни бошқариш усуллари такомиллаштиришга доир чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалигини 2020-2030 йилларда ривожлантириш концепциясида “сув ва сел-сув омборлари ва бошқа сув объектларини хавфсиз ҳамда ишончли ишлашини таъминлаш”¹ вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан дарёнинг гидрологик режимининг ўзгаришини гидротехник иншоотларга таъсирини олдини олишга қаратилган илмий ва амалий аҳамиятга эга бўлган назарий асослари ҳамда усуллари ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқот ишларини

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги ПФ-6024-сон “Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини 2020-2030 йилларда ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги Фармони

олиб бориш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2020 йил 10 июлдаги ПФ-6024-сон “Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги Фармонлари, 2019 йил 9 октябрдаги ПК-4486 сонли “Сув ресурсларини бошқариш тизимини янада такомиллаштириш бўйича чора-тадбирлари туғрисида”ги, 2021 йил 24 февралдаги ПК-5005-сонли “Ўзбекистон Республикасида сув ресурсларини бошқариш ва ирригация секторини ривожлантиришнинг 2021-2023 йилларга мўлжалланган стратегияси” тўғрисидаги қарорларида ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси» устувор йўналишига мос келади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Иқлим ўзгаришида оқимнинг бошқарилиши, тошқинлар натижасида дарёдаги ўзан жараёнлари содир бўлиши бўйича илмий тадқиқотлар билан В.Н.Гончаров, А.Н.Гостунский, Н.В.Гришанин, И.В.Попов, К.И.Россинский, Г.А.Федотов, И.А.Кузмин, В.С.Алтунин, Н.Ф.Данелия, И.Л.Розовский, О.В.Андреев, Н.А.Михайлов, Н.С.Знаменской, В.С.Лапшенков, Д.Б.Дмитриев, В.М.Ляхтер, J.A.Kunj, F.M.Holly, A.Verwey, A.H.Милитеев, В.В.Беликов, В.К.Дебольский, В.М.Прудовский, Б.Л.Историк, Г.Л.Гладков, К.Ш.Латипов, М.Р.Бакиев, Ф.Х.Хикматов, Д.Р.Базаров, А.М.Арифжанов, Н.Р.Рахматов, С.С.Эшев, М.Икромова, Ф.Гаппаров, Г.Давронов, И.А.Ахмедходжаева ва бошқалар илмий тадқиқотлар олиб борган.

Гидротехника иншоотлари қурилиши ва эксплуатациясининг назарий масалалари бўйича илмий тадқиқотларни Ц.Е.Мирицхулава, И.Н.Ивашенко, С.Г.Шульман, Д.В.Стефанишин, О.М.Финагенов (Россия), М.М.Мирсаидов, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Т.З.Султанов, А.А.Янгиев, Г.Давронов, Х.Файзиев (Ўзбекистон) ва бошқалар олиб боришган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Partnerships for enhanced engagement in research (USAID PEER) лойиҳаси доирасида “Трансчегаравий Амударё ҳавзасида иқлим ўзгариши, ердан фойдаланиш ва мослашув тадбирларининг сув ресурслари ва қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришига таъсири” (лойиҳа санаси: 2016 йил декабрь – 2020 йил май) илмий тадқиқотлар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади иқлим ўзгариши шароитида Амударё дарёси юқори қисми оқимини прогноз қилиш ва гидротехника иншоотлари

эксплуатацион режимини бошқариш усулини такомиллаштиришдан иборатдир.

Тадқиқотнинг вазифалари:

метеорологик маълумотлар базаси ёрдамида гидротехника иншоотлари эксплуатацион режимига иқлим ўзгариши таъсирини баҳолаш;

Инновацион технологиялар ва очиқ маълумотлар базасидан фойдаланган ҳолда Амударё дарёсининг табиий режимли қисми учун гидрологик прогнозлаш усулини ишлаб чиқиш;

Дарё ҳавзасидаги сув захираларини инобатга олиб сув омборлар эксплуатацион режимига ўзгартириш киритиш;

Амударё дарёсининг юқори қисмида қор қоплами эриши ва ёғин миқдорини моделлаштириш асосида талофатли сув тошқинини аниқлаш усулини ишлаб чиқиш;

иқлим ўзгаришини инобатга олиб талофатли сув тошқинида оқим ҳаракатини математик модели ва дастурини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти: Амударё дарёси юқори қисмида жойлашган гидротехник иншоотлар.

Тадқиқот предмети: Дарёлар табиий режимига гидрометеорологик ва гидрологик омилларнинг таъсирини, талофатли сув тошқинлари ҳамда гидротехник иншоотлар эксплуатацион режимига таъсирини баҳолаш усулини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Дарё ўзанида сув оқими ҳаракатини тасвирловчи гидрологик моделлар, гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозлар, статистик таҳлил, жумладан, гидротехник иншоотлар каскади эксплуатацион режимига иқлим ўзгаришини таъсирини ўрганишни замонавий усуллари (SWAT ва MODSNOW) ташкил этади.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

MODSNOW дастуридан фойдаланиб, Амударё дарёси оқимини вегетация даври ва ойлар кесимида прогнозлаш усули такомиллаштирилган;

Иқлим ўзгариши шароитида дарё ҳавзасидаги гидротехник иншоотлар каскадининг эксплуатацион режимини бошқариш усули такомиллаштирилган;

Амударё дарёсининг табиий режимли қисмида қор қоплами эриши ва ёғин миқдорини моделлаштириш асосида талофатли сув тошқинини прогнозлаш методи ишлаб чиқилган;

Амударё юқори оқимида талофатли сув тошқинларини ҳисобга олган ҳолда оқим ҳаракатини математик модели ва дастури ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

Амударё ҳавзасидаги сув омборларнинг эксплуатацион режимини ишлаб чиқиш учун дарё оқимини вегетация даври ва ойлар кесимида прогнозлаш формулалари ишлаб чиқилган;

иқлим шароитини инобатга олиб оқимнинг гидрологик режимни баҳолаш модели асосида дарёнинг юқори ва қуйи оқимидаги гидротехника

иншоотларини эксплуатацион шароитини самарали ташкил этиш усуллари ишлаб чиқилган;

Амударё дарёсининг табиий режимли қисмидаги талофатли сув тошқинини аниқлаш модели ҳамда оқими ҳаракатини аниқлаш модели яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Диссертация ишини бажариш жараёнида MODSNOW ва ерни масофадан зондлаш маълумотлари (Modis, SRTM), Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази (Ўзгидромет)да амалга оширилган стандарт гидрометеорологик кузатиш маълумотларидан ҳамда тармоқ илмий тадқиқот институтлари, хусусан, Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти (ГМИТИ) материалларидан фойдаланилганлиги, шунингдек, уларни қайта ишлашда умум қабул қилинган тадқиқот усуллари, жумладан, математик моделлаштириш усуллари қўлланилганлиги, уларнинг мазкур тадқиқот йўналишидаги бошқа муаллифларнинг натижалари билан мосликлари ва тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги билан белгиланади.

Тадқиқотнинг илмий ва амалий аҳамияти қуйидагилардан иборат:

Тадқиқотнинг илмий аҳамияти метеорологик маълумотлар базасини характерловчи моделлар асосида дарё ҳавзасидаги иқлим ўзгариши динамикасини оптимал интерполяция қилиш усуллари такомиллаштирилганлиги, дарё ҳавзасининг гидрометеорологик ва гидрологик шароитини инобатга олиб гидрологик режимни ўзгариши MODSNOW модели асосида баҳоланганлиги ҳамда дарё оқимининг вегетация даврида прогнозлаш усули ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, иқлим шароитини инобатга олиб, оқимнинг гидрологик режимини баҳолаш модели асосида дарёнинг юқори ва қуйи оқимидаги гидротехника иншоотларини эксплуатацион шароитини самарали ташкил этиш имкониятлари яратилганлиги, иқлим ўзгаришини инобатга олиб талофатли сув тошқинида оқим ҳаракатини математик модели ва дастурини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.

“Иқлим ўзгаришининг Амударё ҳавзасидаги гидротехник иншоотлар каскади эксплуатацион режимига таъсирини баҳолаш” бўйича олинган илмий тадқиқотлар натижалари асосида:

MODSNOW дастуридан фойдаланиб, Амударё дарёси оқимини вегетация даври ва ойлар кесимида прогнозлаш усули такомиллаштирилган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2024 йил 8 ноябрдаги 05/13-4167-сон маълумотномаси). Натижада дарёлар оқимининг миқдорий кўрсаткичлари аниқлаштирилган ва гидротехник иншоотлар, ирригация тизимларини эксплуатация қилиш самарадорлигини ошириш имконияти яратилган;

иқлим ўзгариши шароитида дарё ҳавзасидаги гидротехник иншоотлар каскадининг эксплуатацион режимини бошқариш усули

такомиллаштирилган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2024 йил 8 ноябрдаги 05/13-4167-сон маълумотномаси). Натижада дарёлар сув ва сув-энергетика ресурсларидан оқилона фойдаланишга қаратилган режаларни ишлаб чиқиш имконини берган;

Амударё дарёсининг табиий режимли қисмида қор қоплами эриши ва ёгин микдорини моделлаштириш асосида талофатли сув тошқинини прогнозлаш методи ишлаб чиқилган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2024 йил 8 ноябрдаги 05/13-4167-сон маълумотномаси). Натижада Амударё дарёсининг табиий режимли қисмида талофатли сув тошқинларини олдиндан аниқлаш имкониятлари яратилган;

Амударё юқори оқимида талофатли сув тошқинларини ҳисобга олган ҳолда оқим харакатининг математик модели ва дастури ишлаб чиқилган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2024 йил 8 ноябрдаги 05/13-4167-сон маълумотномаси). Натижада Амударё юқори оқимида жойлашган каскадли гидротехника иншоотларида тасодифий тошқинлар содир бўлишида оқим харакатини тақсимланишини тезкор аниқлаш имкониятлари яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 10 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 15 та илмий иш чоп этилган, шулардан 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, жумладан, 6 таси республика ва 4 таси хорижий журналда нашр қилинган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **Кириш** қисмида тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, унинг мақсади, вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, Республикада фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги, амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, уларнинг амалиётда жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ҳамда диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Иқлим ўзгаришларининг гидротехник иншоотларини эксплуатация режимига таъсири муаммосининг ўрганганлик ҳолати»** деб номланган **биринчи бобида** дарё хавзасидаги гидротехник иншоотлар каскади эксплуатацион режимига таъсирини баҳолаш бўйича назарий ва амалий тадқиқотларнинг аналитик таҳлили,

Амударё ҳавзасида иқлим ўзгариши, гидротехник иншоотларнинг бугунги ҳолати, гидротехник иншоотларини эксплуатация давридаги муаммолар бўйича маълумот берилган. Бундан ташқари ушбу бобда оқимнинг гидрологик режимини ўзгаришини ҳисоблаш, Марказий Осиё шароитидаги табиий иқлим ўзгаришларни инобатга олиб, сув хўжалиги ва гидротехника соҳасида сув ресурсларидан самарали фойдаланиш, ўзандаги жараёнларни баҳолаш, сув омборларининг ҳажми камайиши, тўғон пастки бўёқларидаги деформацион жараёнларни баҳолаш, каналларни лойқа босишини олдини олиш, гидроэкологик жараёнларни ўрганиш натижалари келтирилган.

Иқлим ўзгаришининг гидротехник иншоотларга таъсири Филиппин, Қозоғистон, Туркменистон ва Ўзбекистонда иқлим ўзгаришларининг сув иншоотларига таъсирини ўрганишга қаратилган тадқиқотлар мавжуд. Амударё ҳавзасидаги гидротехник иншоотларнинг эксплуатация режимига иқлим ўзгаришлари таъсирини таҳлил қилишда Марказий Осиёдаги тадқиқотлар ҳам муҳим аҳамиятга эга.

Маълумки иқлим ўзгариши натижасида вақт давомида оқимининг максимал қийматларини ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш, очиқ ўзанларда оқимнинг беқарор ҳаракатини, оқимнинг гидрологик режимини ўзгариши қор ва музликларни эриши ходисаларни ўрганишда кўпинча математик моделлаштириш усуллари қўлланилади. Моделлаштириш усулларининг мақсади гидротехника амалиётида сарф харажатларни оптималлаштириш ва атроф-муҳитга экологик зарар етказмайдиган ишончли ҳамда хавфсиз муҳандислик қарорларни таъминлашдир. Кўпгина тадқиқотлар шуни кўрсатадики, анъанавий усуллар ёрдамида аниқлаб бўлмаган ҳудудларда жараёнларни моделлаштириш орқали аниқлаш имконини беради. Иқлим ўзгариши оқибатида оқим ҳаракатини моделлаштириш ва дастурлар ишлаб чиқишини ривожлантиришга АҚШ Колорадо университетида, АҚШдаги Техас А&М Университети, Австрия Вена университети, Германия гео-тадқиқот маркази, Россия Фанлар академияси тизими, Санкт Петербург политехника университети, Москва давлат қурилиш университети, шунингдек бошқа илмий-тадқиқот институтларида фаолият юритадиган олимлари катта ҳисса қўшган.

Олиб борилган тадқиқотлар таҳлили асосида Гидротехника иншоотлари эксплуатацион режимига иқлим ўзгариши таъсирини баҳолаш, ўзандаги жараёнларни олдиндан прогноз қилиш, иншоотлар ишлашига салбий таъсирларни бартараф этиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб бориш лозимлиги қайд этилган.

Диссертациянинг «**Иқлим ўзгаришининг Амударё ҳавзаси сув ресурсларига таъсири**» деб номланган **иккинчи бобида** Амударё ҳавзасининг жойлашуви, физик-географик ва иқлим шароитлари ёритилган. Жумладан Амударёнинг юқори оқимини бошқариши, морфологик-географик хусусиятлари, Ўзбекистон ҳудудидан оқиб ўтувчи иншоотларининг жойлашиш ўрни, сув омборларини тартибга солиш имконини берувчи схемалар. Амударё ҳавзасидаги иқлим динамикасининг

ҳақиқий гидродинамик моделларининг тавсифларини келтириб ўтилган.

Маълумки, Амударё Ўрта Осиёдаги энг узун дарё (2540 км) бўлиб, унинг ҳавзасида яшовчи 50 миллионга яқин аҳолининг ҳаёти учун муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади. Тожикистон, Афғонистон ва Қирғизистондан келаётган музлик оқимлари билан таъминланган Амударё Ўзбекистон ва Туркманистон орқали шимоли-ғарбга оқиб, Орол денгизигача оқиб боради. Амударё ҳавзасининг юқори қисмида ва қуйи оқимида гидрологик режимининг ўзгариши сўнгги ўн йилликда Амударё ҳавзаси кенг жамоатчилик, халқаро ташкилотлар ва экспертлар учун устувор масалага айланиб, экологик ва ижтимоий-иқтисодий вазиятнинг ёмонлашуви туфайли эътиборни тортмоқда.

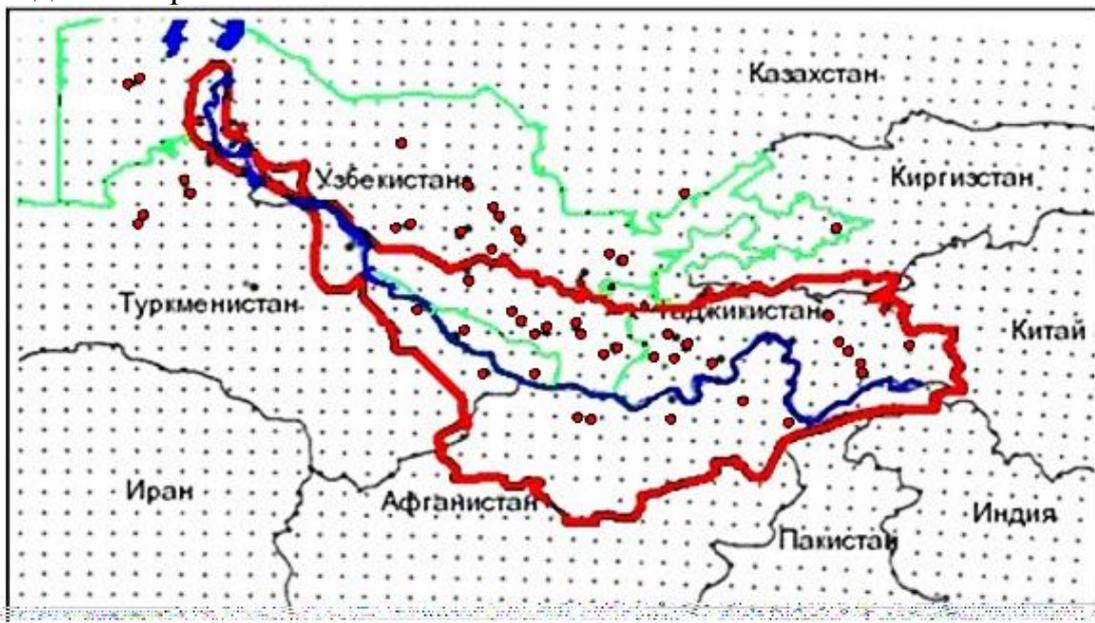
Тадқиқотлар давомида Амударё ҳавзасининг иқлимий омиллари таҳлил қилиниб унга кўра йиллик ёғин миқдори 220 мм, баъзи жойларда 100 мм дан ошмаслиги (Заравшон дарёсининг делтаси, Амударёнинг қуйи оқими). ўртача йиллик ҳарорат + 14°C дан + 17°C гача, қишда - + 1°C дан + 2°C гача, ёзда - + 30°C дан + 32°C гача ўзгариши аниқланди. Дарёнинг қуйи оқимидан ташқари. Амударё, бу ерда ўртача йиллик ҳарорат +11°C дан + 14°C гача, қишда эса - 4°C дан -6°C гача. Йиллик мусбат ҳароратлар йиғиндиси 5000-5500°C га, ўта жанубда ва чўлда 6000°C га етади. Тоғ олди худудларида ёғингарчиликнинг кўплиги - 450–700 мм ва иссиқ иқлими билан ажралиб туради. Йиллик ўртача ҳарорат +16+18°C, ёзда эса +32°C.

Амударё ҳавзасида суғориладиган ерлар ва аҳоли сонининг кўпайиши ҳисобига сув истеъмоли йилдан-йилга ортиб бормоқда. Ҳозирги вақтда Амударёнинг ўрта ва қуйи оқимида суғориш учун 60 дан ортиқ йирик, ўрта ва кичик каналлар орқали сув олинади: Ўзбекистон ҳудуди йирик насос станцияларига тўғонсиз сув олиш иншоотлари Амузанг, Жайхун, Карши магистрал канали, Аму Бухоро машина каналидан ташқари Тошсака канали - 500 м³/с; Пахтаарин – 200 м³/с; Клычниязбайтай – 200 м³/с; Қизкеткен – 500 м³/с; Суенли - 300, м³/с ва бошқа каналлар сув олади. Амударёнинг юқори оқимида, яъни асосий ирмоғида узок муддатли оқимни тартибга солиш учун Нурек сув омбори ишлайди. Қуйи оқимида Тууюямуён сув омбори, Тахиатош гидроузел мажмуаси, Межреченский тўғонлари қурилган. Тууюямуён сув омборининг қуйи оқимида 185 км узунликдаги дарё ўзанининг ҳудуди икки қиррали бўйлама ва кўндаланг тўғонлар билан тартибга солинган бўлиб, бунинг натижасида Амударёда дарё ўзанининг ҳолати кўп жойларда ёмонлашади, эрозия ва қирғоқ бўйидаги ерларни сув босиш хавфи юзага келади.

Орол денгизи ҳавзаси иқлим ўзгариши ва сув танқислигидан энг заиф худудлардан биридир. Суғориладиган майдонлар қарийб 8 миллион гектар ердан иборат бўлиб, деҳқончилик асосий даромад манбаи ҳисобланиб, минтақа давлатларининг иқтисодиёти суғорма деҳқончиликка боғлиқлиги муҳим аҳамиятга эга. Тадқиқот ишида Орол денгизи ҳавзаси иқлим ўзгариши оқибатининг салбий оқибатларини олдини олиш, хавзадаги оқимнинг

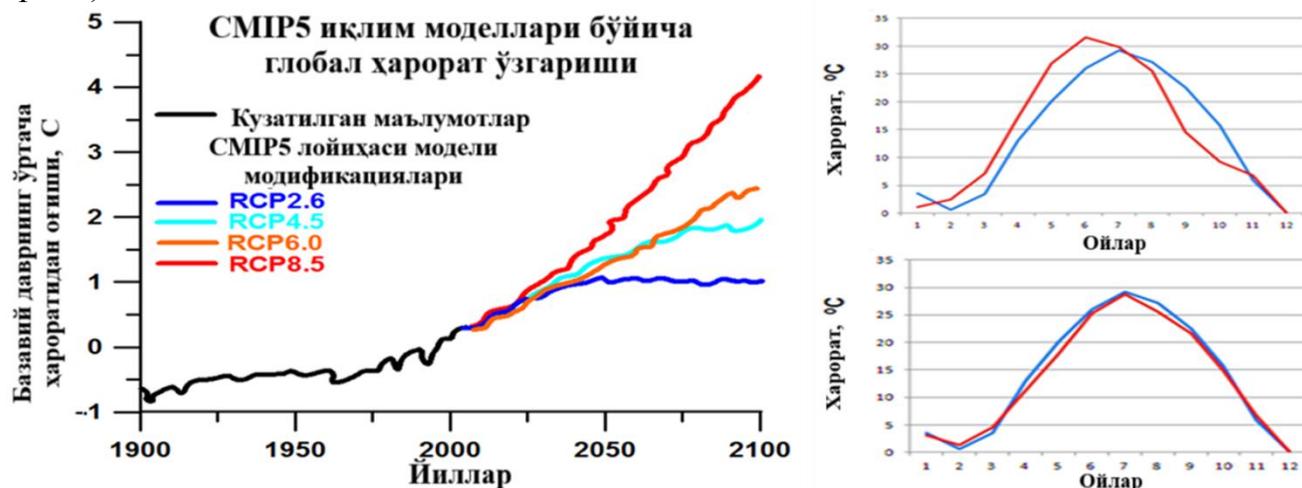
гидрологик режимини ўзгаришини башорат қилишда замонавий иқлим моделлари дастурларидан фойдаланиш лозимлиги асосланди.

Тадқиқотлар давомида дастлаб Амударё ҳавзасида 2100 йилгача ҳаво ҳароратини узоқ муддатли прогноз қилиш учун дарё ҳавзаси чегарасидаги ва унга яқин метеорологик станция маълумотларидан фойдаланган ҳолда СМIP5 иқлим моделини қолибравлаш ишлари амалга оширилди. Қолибравлаш учун олинган метеорологик станция ва СМIP5 модели иқлим сеткалари 1-расмда келтирилган.



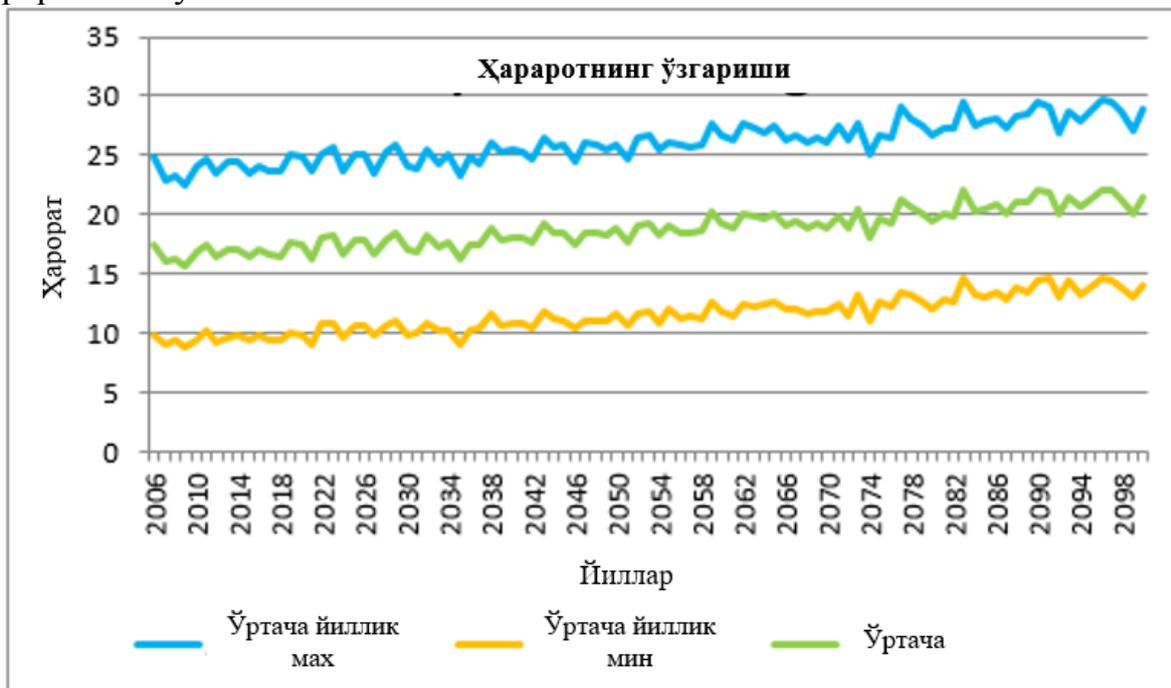
1-расм. Тузатиш учун оддий СМIP5 тармоғи ва об-ҳаво станциялари ишлатиладиган модел

Амударё ҳавзаси ҳудудидаги иқлим прогнозларини баҳолаш ва тузатиш ишлари намунавий натижаларни ўрганилаётган ҳудуддаги метеорологик станциялар маълумотлари асосида олиб борилган метеорологик қийматларнинг объектив таҳлили натижалари билан солиштириш йўли билан амалга оширилди (2-расм).



2-расм. СМIP5 моделида келтирилган иқлим сценариялари ҳамда модел натижаларини тузатиш графиклари келтирилган

Амударё хавзаси учун CMIP5 иқлим модели асосида 2100 йилгача ҳаво ҳароратини узоқ муддатли прогноз қилинганда, келгусида ҳарорат йилдан-йилга ошиб бораётганини кузатиш мумкин (3-расм). Ҳаво ҳароратининг кўтарилиши, қурғоқчилик ҳолатининг тез-тез содир бўлиши, ёғин турининг ўзгаришига, ёғин жадаллигининг ошишига ва натижада сув тошқини ҳавфларини ортишига сабаб бўлади, бу эса гидротехник иншоотларнинг эксплуатацион режимига таъсир этиши ёки гидротехник иншоотини буткул зарарлаши мумкин.

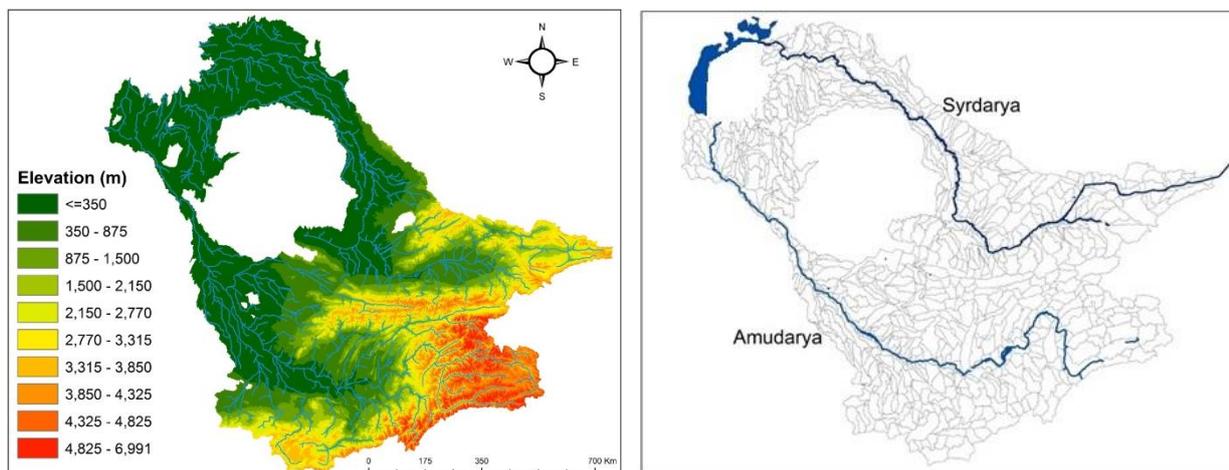


3-расм. CMIP5 иқлим моделида ҳаво ҳароратининг узоқ муддатли прогнози (2100 йилгача)

Ҳаво ҳароратининг узоқ муддатли прогнози натижаларига кўра 2020 йилдан 2100 йилгача ер юзасида ҳаво ҳароратининг 3-4⁰ га ошишини кўрсатмоқда (3-расм). Бу эса келгусида кишлок хўжалиги суғорма деҳқончиликка ихтисослашган ҳудудларда сувга бўлган талабнинг янада ошишига олиб келади.

Дарё хавзасида глобал иқлим моделлари ёрдамида иқлим ўзгариши ва ҳаво ҳароратининг узоқ муддатли прогнози ҳамда дарё хавзаси чегарасини аниқлаш ҳамда дарёдаги гидрологик жараёнларни баҳолашда SWAT моделидан фойдаланилди.

SWAT гидрологик модели кунлик ва ойлик таҳлил натижаларини берадиган модел ҳисобланади. Гидрологик жараёнларни етарли даражада моделлаштириш учун ҳавзалар қуйи сув ҳавзаларига бўлинади, бу орқали оқимлар йўналтирилади. Пастки сув ҳавзалари бирликлари тупроқ хоссалари, ердан фойдаланиш ва ёмғирнинг ноёб комбинацияси бўлган гидрологик таъсир бирликлари (ГТБ) деб номланади ва улар гидрологик жиҳатдан бир хил ҳисобланади. Ҳам пастки сув ҳавзаси, ҳам ГТБ фойдаланувчилар томонидан аниқланган бўлиб, модель фойдаланувчиларига SWAT моделида кўриб чиқилган қарорни назорат қилиш имконини беради.



4-расм. SWAT моделида дарё ҳавзаси аниқланиши

Модель ҳисоб-китоблари ГТБ базасида амалга оширилиб ўзгарувчан оқим ва сув сифати ГТБдан пастки ҳавзаларига, сўнгра сув ҳавзасига юборилади. SWAT модели гидрологияни ер усти гидрологияси ва канал гидрологиясидан иборат икки компонентли тизим сифатида симуляция қилиш имкониятини яратади.

Модель ҳисоб-китоблари ва амалга оширилган кузатувлар аниқлиги таққослаш натижаларига кўра, Наш-Сутслиффе самарадорлиги (NSE) Саманбай гидропости бўйича 0.61 га, Қипчоқ гидропости бўйича 0.63 қийматларни ташкил қилди. Кузатилган ва моделлаштирилган маълумотларнинг регрессион боғлиқлиги (R^2) мос равишда 0.76 ва 0.79 ни ташкил этди.

Диссертациянинг «**Иқлим ўзгаришининг Амударё ҳавзаси қор қоплами динамикасига таъсирини баҳолаш ҳамда дарё оқимини қор қоплами маълумотлари асосида узоқ муддатли прогнози**» деб номланган **учинчи боби** географик ахборот тизимлари ва масофадан зондлаш маълумотлари асосида ҳавзада қор қопламини миқдорий баҳолаш, масофадан зондлаш ёрдамида ҳисобланган қор қоплами ва қор индекси маълумотлари асосида гидрологик прогнозлаш, дарё ҳавзасини 500 метр ҳамда 1000 метрлик баландликларга ажратиб, ҳар бир баландликлар бўйича алоҳида ойлик прогнозларини тайёрлаш, тоғ дарёлари оқимини прогнозлаш орқали сув ресурсларини оптимал бошқариш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

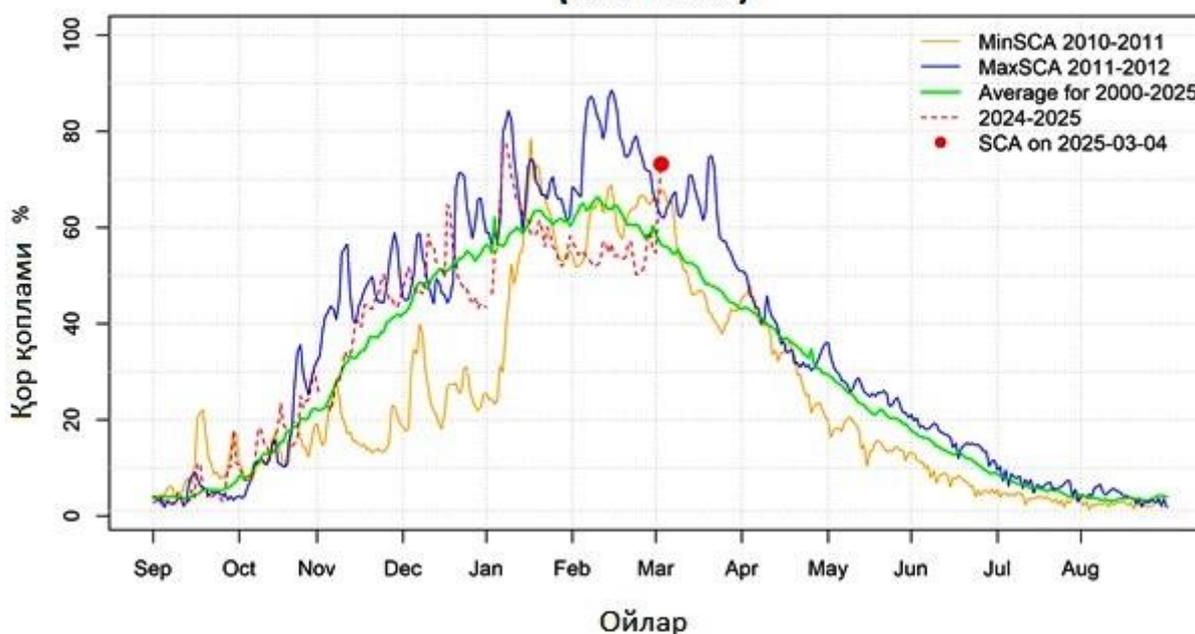
Қор қоплами минтақавий иқлимни тартибга солиш, сувнинг мавжудлигига таъсир кўрсатувчи, турли экотизимларни қўллаб-қувватлашда жуда муҳим рол ўйнайди. Иқлим ўзгариши туфайли глобал ҳарорат кўтарилиши билан қор қоплами динамикаси чуқур ўзгаришларга юз тутмоқда. Гидрологик цикллар, биохилма-хиллик ва инсон фаолиятига эҳтимолий таъсир кўрсатмоқда.

Тоғли ҳудудларда қиш ойларида қор захирасининг йиғилиши ҳисобига мавсумий қор захиралари вақтинчалик сув омборлари сифатида фаолият юритади ҳамда баҳор ва ёз ойларида дарё оқимининг режимини белгилаб беради. Қор қопламини мониторинг қилишда масофан зондлаш методидан фойдаланиш энг мақбул ечимдир. Бироқ, масофадан зондлаш орқали қор

қоплами мониторингида булут қопламлари айни қиш фаслида қор қопламини ўрганишга тўсқинлик қилади. Ушбу диссертация ишида юқорида келтирилган муммони баргараф этган ҳолда қор қопламлари мониторингини юритишда MODSNOW дастуридан фойдаланилган.

MODSNOW дастури масофадан зондлаш ишларида “MODIS” спектрорадиометри (Modured Resolution Imaging Spectroradiometer) Terra ва Aqua сунъий йўлдош суратларидан фойдаланилди. Ушбу кунлик маълумотларни 2 кун кечикиш билан олиш мумкин бўлиб, бу эса сув ресурсларини бошқаришда етарлича маълумот ҳисобланади. “MODSNOW” дастурида 8 босқичли булут тозалаш алгоритми мавжуд бўлиб, дарё ҳавзасининг кунлик қор қоплами мониторинги сифатини оширишга хизмат қилади.

**Керки гидропостидаги қор қоплами ўзгариш динамикаси
(2024-2025)**



5-расм. MODSNOW дастури ёрдамида қор қоплами динамикасини аниқлаш

Тоғ дарёлари оқишини прогноз қилишнинг деярли барча усуллари дарё ҳавзасининг сув баланси тенгласининг тахминий ечимига асосланиб, оқимнинг асосий омилларига, физик-статистик боғлиқлигини аниқлашга асосланади. Боғлиқлик график ёки аналитик усулда бўлиши мумкин.

Амударё ҳавзасида оқимини прогнозлашда қор қопламининг дарё оқимига боғлиқлигини эмперик формулалар ёрдамида текшириб, корреляцион коэффициентининг юқорисини қуйидагича танлаб олинди.

$$Y = g(x) = a * X + b \quad (1)$$

Юқоридаги (1) ифодадаги Y ва X ларнинг ўрнига сув сарфи ва ҳавзанинг қор қоплами маълумотларини қўйилса ушбу (2) формула ҳосил бўлади:

$$Q_n = a * SCA_{n-1} + b \quad (2)$$

бу ерда: Q_n – прогноз қилинаётган сув сарфи, м³/сек; a , b , c – чизиқли тенглама коэффициентлари; SCA_{n-1} – прогноз берилган ойдан олдинги ойнинг қор қоплами маълумоти.

Оқим прогнозининг аниқлик даражаси юқори бўлиши учун кўп ўзгарувчи регрессия тенгламаларидан фойдаланилди.

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_p) \quad (3)$$

(3) ифоданинг ўзгарувчиларини ҳавзанинг қор қоплами, дарёда кузатилган сув сарфлари, ёғин миқдори ва ҳаво ҳарорати маълумотларидан фойдаланиб, (4) ифода ҳосил қилинди.

$$Q_n = a * SCA_{(n-1)} + b * Q_{(n-1)} + d * P + e * Temp + c \quad (4)$$

бу ерда: $Q_{(n-1)}$ – прогноз қилинаётган ойдан олдинги ойнинг ўртача сув сарфи; P – 1 октябрдан прогноз қилинаётган ойдан олдинги ойнинг охиригача тушган ёғин миқдори йиғиндиси; T – прогноз қилинаётган ойдан олдинги ойдаги ўртача ҳаво ҳарорати.

$$Q_{\text{май}} = 32 * SCA_{\text{март}_{\text{зона4}}} + 0.71 * Q_{\text{март}} - 18 * P_{\text{окт-март}} - 11 * T_{\text{март}} + 102$$

Ушбу формула ёрдамида дарё оқимини прогноз қилинганда аниқлик даражаси 80% ни ташкил этди.

Амударё дарёсининг Керки гидрологик постига 2021 йил апрель ойига прогноз натижалари ўртача 94.4 % ни, энг яхши натижа 2 та ўзгарувчи формулада (қор қопламининг 1000 метр баландликлар бўйича ҳисобланган 4 баландлик ва март ойида кузатилган сув сарфи маълумотлари ёрдамида) ҳисобланганда 98.9% ни ташкил этди.

Амударё дарёсининг юқори қисмида оқимни прогноз қилиш Варзоб дарёсининг Дағана гидрологик постига ва Вахш дарёсининг Нурек сув омборига қуйилиш қисмларига ҳам дарё оқимини узоқ муддатли гидрологик прогнозлаш ишлари олиб борилди.

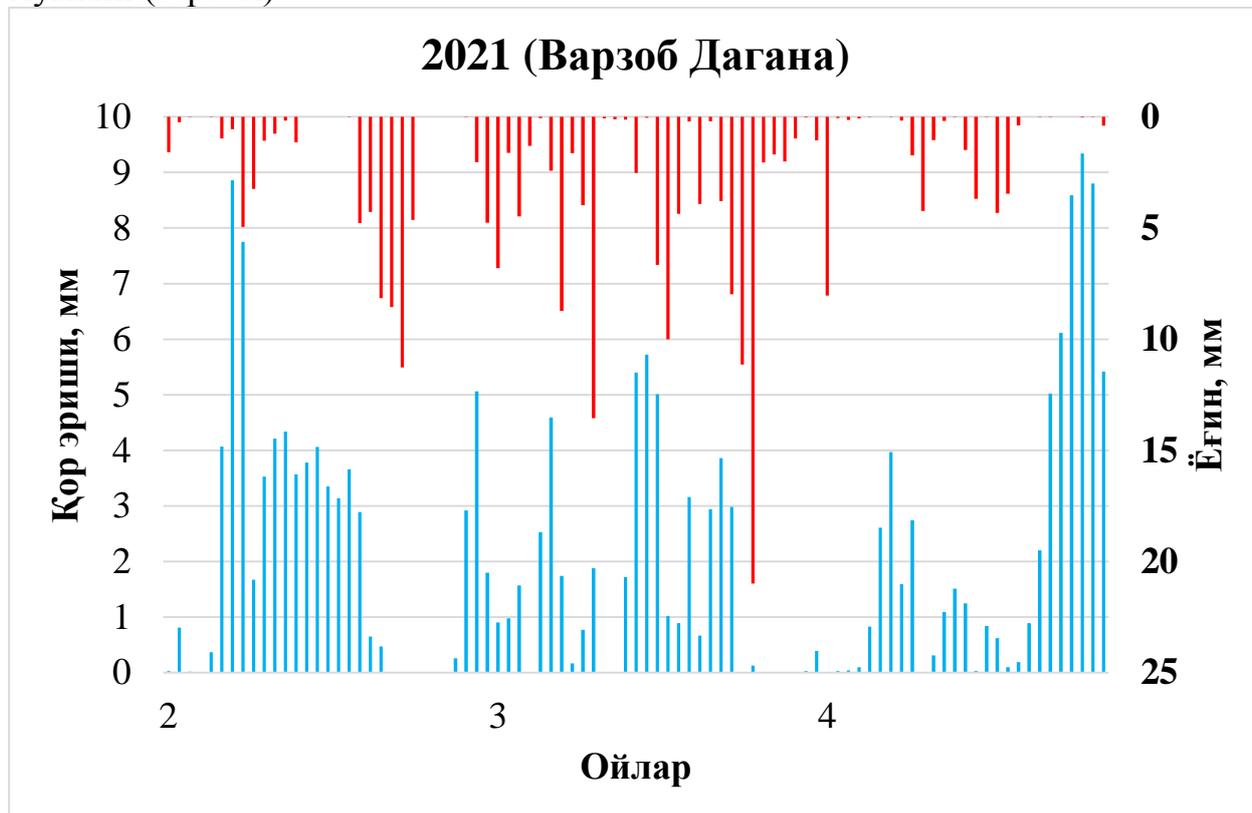
1-жадвал

Вахш дарёси оқими прогнозининг аниқлиги (2021 йил)

Маълумотлар тури\ой	апрель	май	июн	июл	август	сентябрь
Прогноз_500	84,04	99,00	95,4	77,44	99,97	92,36
Прогноз_1000	87,10	96,43	98,7	78,50	98,5	92,36

Вахш дарёси оқимини 2021 йил ойлар кесимида прогноз қилинганда энг яхши натижа май ойига 99,97% ва энг паст натижа июль ойига 77,44% ни ташкил этган.

Амударё дарёси ҳавзасининг юқори оқимида тошқинларни олдиндан аниқлаш мақсадида жараёнлар тавсифи MODSNOW дастури ёрдамида моделлаштирилди. Дастур натижаларига кўра сув тошқини кузатилишига қорнинг эриш ва ёғин жадаллигининг ошиши сабаб бўлишини таъкидлаш мумкин (6-расм).



6-расм. MODSNOW дастурида қорнинг эриш ва ёғин жадаллигининг ошишини моделлаштириш натижаси

Қор қопламларини моделлаштиришнинг иккита асосий ёндашуви мавжуд бўлиб энергия баланси ва ҳарорат индекси усулидир. Тадқиқот ишида моделлаштиришнинг ҳарорат индекси усулидан фойдаланилди. Амударёнинг Керки гидрологик постида оқимини MODSNOW дастури ёрдамида узоқ муддатли прогнозлаш имконияти яратилди.

Диссертациянинг «Иқлим ўзгаришининг Амударё ҳавзасидаги гидротехник иншоотлар каскадининг эксплуатация режимига таъсирини баҳолаш» деб номланган тўртинчи бобда иқлим ўзгаришининг Амударё ўзанида оқимнинг гидрологик ва гидравлик параметрларига таъсири, таловатли сув тошқини оқим ҳаракатини моделлаштириш масалалари ёритилган.

Иқлим ўзгариши натижасида сув тошқинларининг шаклланиши ва оқибатларини башорат қилиш билан боғлиқ муаммоларни ҳал қилишда сув тошқинлари натижасида юзага келадиган хавф манбалари ва тўлқинларнинг

таъсир доирасига тушадиган объектлар тўғрисида жуда катта маълумотлар базасини таҳлил қилиш лозим бўлади.

Олиб борилган тадқиқотлар, тўпланган маълумотлар базасига кўра тошқин параметрлари Сен-Венан тенгламаларининг сонли ечими асосида ҳисобланди.

Масса ва куч импульсининг сақланиш қонуни асосида ёзилган Сен-Венан тенгламалари ҳаракат миқдори коррективининг қиймати ($\alpha=1$) бўлган ҳолат Сен Венан тенгламалари системаси учун қуйидаги тўлиқ умумий кўринишга эга:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (5)$$

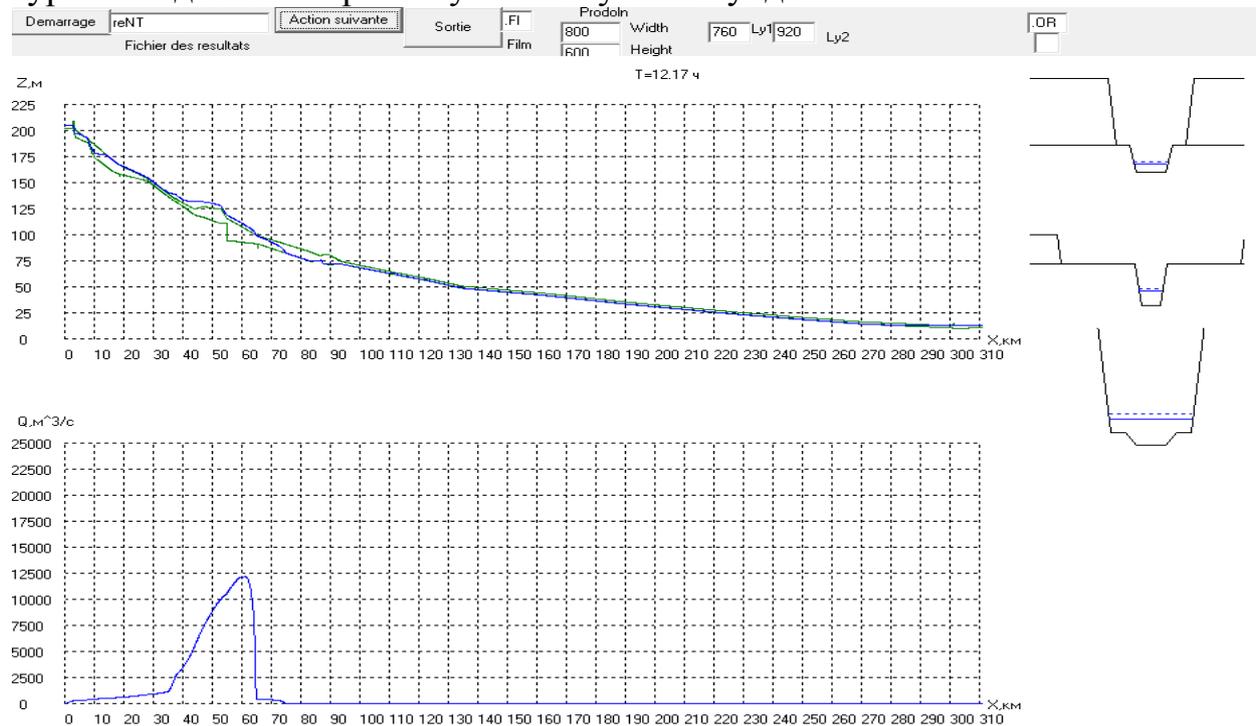
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q^2 / \omega + gS}{\partial x} - g \frac{\partial S}{\partial x} \Big|_{Z_{fs}=c} + \frac{\lambda}{2} v^2 \chi = r; r = \begin{cases} qv & q < 0 \\ qv_{in} & \text{при } q > 0 \end{cases} \quad (6)$$

бунда: t – вақт, x – канал ўзани бўйлаб бўйлама координата, ω – ҳаракатдаги кесими юзаси, $Q = \omega v$ – оқим сарфи, v – оқимнинг ўртача тезлиги, $S = \omega h_c$ – сув оқимининг сатҳ эгрилигига нисбатан статик моменти бўлиб, оқим ҳаракатдаги кесими юзаси билан оқим оғирлик маркази чуқурлиги (h_c) кўпайтмаси билан аниқланади, χ – хўлланган периметр, Z_{fs} – сув сатҳининг баландлик белгиси, g – эркин тушиш тезланиш, q – солиштирма сарф (ўзанининг бирлик узунлиги учун) ўзанига ҳисобий соҳада қўшимча сарф кирса $q > 0$ ёки сув олинса $q < 0$, v_{in} – ўзанининг ҳисобий соҳасига ташқаридан кираётган оқим тезлиги. Сув оқими ҳисобий соҳадан чиққанда бир ўлчамли схема куч импульси фақат оқимнинг ўртача тезлигига боғлиқ деб қаралади, $\lambda = \frac{2g}{C^2}$ – Дарси ёки гидравлик ишқаланиш коэффициенти, (5) тенглама ўзандаги сув оқими массасининг сақланишини ифодалаб, узлуксизлик тенгламасининг суюқлик зичлиги (ρ) кўпайтмасини ифодалайди; Иккинчи (6) тенглама ҳаракат тенгламасини сув оқими зичлигига кўпайтмаси бўлиб, импульснинг сақланишини ифодалайди Шу ўринда эътироф этиш керакки, суюқлик учун зичлик $\rho = const$ ўзгармас бўлиб, газларда ўзгарувчан характерга эга. Ушбу тенгламалар системаси дастлаб, газлар учун фойдаланилганлиги сабабли, зичликни ўзгарувчанлиги ҳолати ҳам инобатга олинган.

Ҳисоблаш жараёнида ишлаб чиқилган график ёрдамида сув тошқини тақсироти динамикасини кузатиш ва жараённинг анимацион кўринишини тасвирлаш имконияти яратилди. Асосий натижаларга қўшимча равишда, ҳисоблашлар давомида, мониторда турли ҳудудларда максимал сув тошқини даражаси ва оқим чуқурлиги, изобаталардаги максимал тезликлар, тўлқин ҳаракати изохронлари, шунингдек, сувнинг туриш вақти кўрсатилади.

Амударёнинг юқори оқимида оқим ҳаракатини моделлаштиришда дарёда каскадли ҳалокати графиклари қурилди. Оқим ҳаракатини моделлаштириш учун юқори оқимда жойлашган 3 та сув омбори каскади модели қурилди. Унга кўра юқори оқимда 100 млн. м³, ўрта оқимда 4 млн м³,

қуйи оқимда 100 млн. м³ ҳажмга эга сув омборлари маълумотлари киритилди. Тадқиқот натижаларига кўра аввал юқори оқимдаги сув омбори бузилиш вақт давомида кузатиб борилди. Графикдаги натижаларни тўлқин кўринишидаги тасвирини кузатиш мумкин бўлди.



7-расм. Талофатли сув тошқинида оқим ҳаракатини модели (кузатиш вақти 12,17 соат)

Тўлқин ўрта оқимдаги сув омборига $t=1,1$ соатда етиб келиб, уни деярли бир зумда тўлдириб талофатли сув тошқинини содир этганлигини кўриш мумкин. Оқим ҳаракатини моделлаштириш жараёнида каскаднинг қуйи сув омборини тўлдиришда маълум вақт давомида ҳалокатни ушлаб туриш мумкин. Аммо сув омборининг бузилиши тўлқинни сув омборига етиб борган 3 чи соатдан бошлаб, сув омбори тўлиб-тошган ва бузилиш 8,15 соатгача содир бўлган, Шунинг учун тадқиқот натижаларига кўра, гидроузелнинг ўтказувчанлик қобилияти тошқинли ҳалокатнинг олдини олиш учун етарли эмаслигини кўрсатди. Кейинги вақт давомида бузилиш тўлқини аста-секин кучсизланиб дарё катта кўлга қуйилган жойгача оқим бўйлаб пастга тарқалди.

Амударё хавзаси учун иқлим ўзгаришини инобатга олиб талофатли сув тошқинида оқим ҳаракатини математик модели ва дастурини ишлаб чиқиш натижаларига кўра каскадли гидротехник иншоотларни сув ўтказувчанлик қобилияти баҳолаш имконияти яратилди.

ХУЛОСА

1. Гидротехника иншоотларида ҳаракатланувчи сув оқими ва ўзани ташкил этувчи грунтларнинг ўзаро таъсири натижасида рўй берадиган вақт давомида ўзгарувчи деформацион жараёнлар, физик моҳиятини асослаш, қонуниятларини ўрганиш ва бу муносабатларни иншоотлар ишлашига

салбий таъсирини бартараф этиш усуллари ишлаб чиқишни тақозо этади.

2. Гидрологик моделларни ишлаб чиқиш, гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозлар, математик статистика, жумладан, гидротехник иншоотлар каскади эксплуатацион режимига иқлим ўзгариши таъсирини ўрганишни замонавий усулларда такомиллаштириш ҳамда дарё ўзанида ҳаракатланадиган сув оқимининг гидрологик ва гидравлик параметрлари ўзгаришини ўрганиш зарурияти пайдо бўлди.

3. Метеорологик маълумотлар базаси моделлари асосида дарё ҳавзасидаги иқлим динамикасини оптимал интерполяция қилиш усуллари такомиллаштирилган. Натижада дарёлар оқимининг миқдорий кўрсаткичлари аниқлаштирилган ва бу ҳолат гидротехник иншоотлар, ирригация тизимларини эксплуатация қилиш самарадорлигини ошириш имконияти яратилган.

4. Дарё ҳавзасининг иқлим шароитини инобатга олиб гидрологик режимни баҳолаш модели асосида дарёнинг юқори ва қуйи оқимини башорат қилиш усули ишлаб чиқилган. Натижада мамлакатимиз дарёлари сув ва сув-энергетика ресурсларини босқичма-босқич ўзлаштириш, улардан оқилона фойдаланишга қаратилган режаларни ишлаб чиқиш имконияти яратилган.

5. Иқлим ўзгаришининг дарё ҳавзасидаги гидротехник иншоотлар каскадининг эксплуатация режимига таъсирини баҳолаш усули ишлаб чиқилган. Натижада дарёларда жойлашган йирик гидротехник иншоотларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш имконияти яратилган.

6. Иқлим ўзгаришини инобатга олиб талофатли сув тошқинида оқим ҳаракатини математик модели ва дастурини ишлаб чиқиш асосида каскадли гидротехник иншоотларни сув ўтказувчанлик қобилияти баҳолаш усули ишлаб чиқилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

КАТТАКУЛОВ ФАРРУХ САЙФУЛЛАЕВИЧ

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РЕЖИМ КАСКАДА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ В БАССЕЙНЕ АМУДАРЬИ**

05.09.07- Гидравлика и инженерная гидрология

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

Ташкент - 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2025.1.PhD/Т139

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета по адресу (www.tiiame.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziyounet.uz.

Научный руководитель: Базаров Дильшод Райимович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Аденбаев Бахтияр Эмбергенович
доктор географических наук, доцент

Янгиев Асрор Абдихамидович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Научно-исследовательский
Гидрометеорологический институт

Защита диссертации состоится «25» апреля 2025 года в ___ часов на заседании Научного совета DSc. 03/30.12.2019.Т.10.02 при Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» по адресу: 100000, Ташкент, Кари-Ниязий, 39. тел/факс: Тел.: (99871) 237-46-68, 237-22-09, факс: 237-54-79, e-mail: admin@tiiame.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», (регистрационный номер №368) Адрес: 100000, Ташкент, Кары-Ниязий, 39. тел (99871) 237-19-45, e-mail: admin@tiiame.uz.

Автореферат диссертации разослан «14» апреля 2025 года
(реестр протокол рассылки №368 от «14» апреля 2025 года).



А.Т.Салохидинов
Председатель учёного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н.,
профессор

Ф.А.Гаппаров
Учёный секретарь учёного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н.,
профессор

А.М. Арифжанов
Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В результате глобального изменения климата частота стихийных бедствий в природе увеличивается. В частности, в Центральной Азии, в том числе в регионах Республики Узбекистан, особое значение придаётся оценке влияния изменения климата на режим работы каскада гидротехнических сооружений. Наводнения и другие опасные природные явления часто происходят в результате изменения климата. В связи с этим, уделяется особое внимание на изучение разработку современных программ и методов прогнозирования возникновения деформационных процессов в верхнем и нижнем течении рек как результат кратковременных паводков, техническое состояние водоёмов в сезонном водоснабжении, проведения научных исследований по надёжной и безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений.

В мире проводятся научные исследования, направленные на эффективное использование водных ресурсов, безопасное и рациональное использование водохранилищ на основе регулирования речного стока, продление эксплуатационной надёжности и срока службы объектов. В этом направлении, проводятся исследования по разработке методов прогнозирования влияния изменения климата на гидротехнические объекты в верхнем и нижнем течении рек, а также по разработке методов эффективного использования водных ресурсов для ирригационных нужд, учитывая резкое изменение гидрологического режима, являются приоритетным. При этом одной из актуальных задач считается совершенствование методов анализа и оценки рисков крупных наводнений на основе современных программ.

В нашей республике с учётом изменения климата строятся селевые водохранилища, повышаются эффективность и срок службы гидротехнических сооружений и обеспечивается их надёжная эксплуатация, с учётом изменения климата совершенствуются методы регулирования стока на крупных гидротехнических сооружениях, работающих в каскадном режиме. В концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы «обеспечить безопасную и надёжную эксплуатацию водных и паводковых водоёмов и других водных объектов»² определены задачи. Реализация данных задач, имеющих научное и практическое значение, направлена на предотвращение влияния изменения гидрологического режима реки на гидротехнические сооружения. Одной из важных задач является проведения научных исследований, направленных на разработку теоретических основ и методов использования гидротехнических сооружений.

УП-60 Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и УП-6024 от 10 июля 2020 года «Об утверждении Концепции развития водного хозяйства в

²Указ Президента Республики Узбекистан № УП-6024 от 10 июля 2020 года «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы»

Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» Постановление № ПК-4486 от 9 октября 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления ресурсами», 2021 г. Данное диссертационное исследование в определённой степени служит реализации задач, определённых в решениях ПК-5005 от 24 февраля «Стратегия управления водными ресурсами и развития ирригационного комплекса в Республике Узбекистан на 2021-2023 годы» и других нормативных правовых документах, связанных с этой деятельностью.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование соответствует приоритетному направлению развития науки и техники V. «Сельское хозяйство, биотехнологии, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. В изменении климата регулирование стока в результате наводнений научными исследованиями по возникновению илистых процессов в работах В.Н.Гостунского, Н.В.Гришанина, И.В.Росинского, Г.А.Кузьмина, Н.С. Знаменской, В.С.Лапшенкова, Д.Б. Дмитриева, В.М. Ляхтера, Я.Куна, Ф.М.Холли, А.Вервей, М.Р. Бакиева, Н.Р. Рахматова, Ф.Х. Хикматова, С.С. Эшева. Научные исследования проводили Г.Т. Давронов, И.А. Ахмедходжаева, М.Р. Икромова и другие.

Ц. Э. Мирцхулава, И.Н.Иващенко, С.Г.Шульман, Д.В.Стефанишин, О.М.Финагенов (Россия), М.М.Мирсаидов, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Т.З.Султанов, А.А.Янгиев, Г.Т.Давронов, Х.Файзиев (Узбекистан) и другие.

Связь темы диссертации с планом научно-исследовательской работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта Партнёрства по расширению участия в исследованиях (USAID PEER) «Воздействие изменения климата, землепользования и мер по адаптации на водные ресурсы и сельскохозяйственное производство в трансграничном бассейне Амударьи» (дата проекта: декабрь 2016 г. – май 2020 г.).

Цель исследования. Он заключается в прогнозировании стока верхней части реки Амударьи в условиях изменения климата и совершенствовании методики управления режимом работы гидротехнических сооружений.

Задачи исследований:

Оценка влияния изменения климата на режим работы гидротехнических сооружений с использованием метеорологической базы данных;

Разработка метода гидрологического прогнозирования естественного режима части реки Амударья с использованием инновационных технологий и на основе открытой базы данных;

Внесение изменений в режим работы водохранилищ с учётом запасов воды в бассейне реки;

Разработка метода определения катастрофических паводков на основе моделирования таяния снега и осадков в верховьях реки Амударьи;

Разработка математической модели и программы движения стока при катастрофических паводках с учётом изменения климата.

Объект исследования. Гидротехнические сооружения в верховьях реки Амударьи.

Предметом исследования является метод оценки воздействия гидрометеорологических и гидрологических факторов на природный режим рек, влияние катастрофических паводков и режим работы гидротехнических сооружений.

Методы исследования. В диссертации использованы гидрологические модели, описывающих течение воды в русле реки Амударьи, гидрологические расчёты и прогнозы, статистический анализ, анализ режим работы каскада гидротехнических сооружений с использованием современных методов (SWAT и MODSNOW).

Научная новизна исследования состоит из:

С помощью программы MODSNOW усовершенствована методика прогноза стока реки Амударья в вегетационный период и месяцы;

Усовершенствована методика управления режимом работы каскада гидротехнических сооружений бассейна реки в условиях изменения климата;

В природно-режимном участке реки Амударья разработан метод прогноза катастрофических паводков, основанный на моделировании таяния снежного покрова и количества осадков;

Разработаны математическая модель и программа движения стока с учётом катастрофических паводков в верховьях Амударьи.

Практические результаты исследования:

В целях разработки режима работы водохранилищ бассейна Амударьи разработаны формулы прогноза стока реки на вегетационный период и месяцы;

на основе модели оценки гидрологического режима ручья с учётом климатических условий разработаны методы эффективной организации режима эксплуатации гидротехнических сооружений в верхнем и нижнем течении реки;

Созданы модель определения катастрофического паводка в природно-режимном участке реки Амударья и модель определения движения стока.

Достоверность результатов исследований. В диссертационной работе использовались данные MODSNOW и дистанционного зондирования земли (MODIS, SRTM), стандартные данные гидрометеорологических наблюдений, проводимых в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (Узгидромет) и материалы сетевых научно-исследовательских институтов, в частности Научно-исследовательского гидрометеорологического института (НИГМИ), а также при их обработке применялись общепринятые методы исследования, в том числе методы математического моделирования. Определяется их совместимость с результатами других авторов в данной области исследований и реализацией результатов исследований на практике.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость исследования объясняется тем, что на основе моделей, характеризующих метеорологическую базу данных, усовершенствованы методы оптимальной интерполяции динамики изменения климата в бассейне реки, проведена оценка изменения гидрологического режима на основе модели MODSNOW с учётом гидрометеорологических и гидрологических условий бассейна реки, разработана методика прогнозирования стока реки в вегетационный период.

Практическая значимость результатов исследований объясняется созданием возможностей для эффективной организации условий эксплуатации гидротехнических сооружений в верхнем и нижнем течении реки на основе модели оценки гидрологического режима ручья с учётом климатических условий, разработкой математической модели и программы движения стока при катастрофическом паводке с учётом изменения климата.

Внедрение результатов исследований.

По результатам научных исследований по теме «Оценка влияния изменения климата на режим работы каскада гидротехнических сооружений бассейна Амударьи»:

С помощью программы MODSNOW усовершенствован метод прогнозирования стока реки Амударья в разрезе вегетационного периода и месяцев. (Справочник Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан № 05/13-4167 от 8 ноября 2024 года). В результате были определены количественные показатели речного стока, что позволило повысить эффективность эксплуатации гидротехнических сооружений ирригационных систем;

усовершенствован метод управления эксплуатационным режимом каскада гидротехнических сооружений в речном бассейне в условиях изменения климата. (Справочник от № 05/13-4167 Постановление Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан от 8 ноября 2024 года). В результате стало возможным разработать планы, направленные на рациональное использование водных и водно-энергетических ресурсов рек;

Разработан метод прогнозирования катастрофических паводков на основе моделирования таяния снежного покрова и количества осадков в естественном режиме реки Амударья. (справка №05/13-4167 Министерство водного хозяйства Республики Узбекистан от 8 ноября 2024 года). В результате созданы возможности для прогнозирования катастрофических паводков в естественном режиме реки Амударья;

Разработаны математическая модель и программа движения стока с учётом катастрофических паводков в верховьях Амударьи (Обращение №05/13-4167 от 8 ноября 2024 года Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан). В результате созданы возможности оперативного определения распределения стока при аварийных паводках на каскадных гидротехнических сооружениях, расположенных в верховьях Амударьи.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований

обсуждались на 4 международных и 10 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 1 монография, 10 статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций доктора философских наук (PhD) ВАК Республики Узбекистан. из них опубликовано 6 в республиканских и 4 в зарубежных журналах.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении приведены актуальность исследования диссертационной работы, обоснована её необходимость, описаны её цели, задачи, объект и предмет изучения, показана её совместимость с приоритетами развития науки и техники, описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты научные и практические значения полученных результатов, представлено их внедрение на практике, опубликованность работы и сведения о структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Состояние изучения проблемы влияния изменений климата на режим работы гидротехнических сооружений»** приведен первичный анализ теоретических и практических исследований по оценке влияния каскада гидротехнических сооружений в бассейне реки на режим эксплуатации, изменение климата в бассейне Амударьи, современное состояние гидротехнических сооружений и приведены проблемы при эксплуатации гидротехнических сооружений. Кроме того, в этой главе произведен расчёт изменения гидрологического режима стока с учётом естественных климатических изменений в условиях Центральной Азии, эффективного использования водных ресурсов в области водного хозяйства и гидротехники, представлены оценка процессов в бассейне, уменьшения объёма водоёмов, оценка деформационных процессов в нижних берегах плотины и предотвращение заиливания каналов, результаты изучения гидроэкологических процессов.

Проводятся исследования влияние изменения климата на гидротехнические сооружения в Филиппинах, Казахстане, Туркменистане и Узбекистане которые направлены на изучение влияния изменения климата на водные сооружения. Исследования в Центральной Азии важны также для анализа влияния изменений климата на режим работы гидротехнических сооружений бассейна Амударьи.

Как известно, методы математического моделирования часто используются при разработке методов расчёта максимальных значений стока во времени в результате изменения климата, изучении неустойчивого движения стока в открытых водоёмах, изменении гидрологического режима

стока, таяния снегов и ледников. Целью методов моделирования является оптимизация затрат в гидротехнической практике и обеспечение надёжных и безопасных инженерных решений, не наносящих экологического ущерба окружающей среде. Многие исследования показывают, что посредством моделирования можно выявить процессы в областях, которые невозможно выявить традиционными методами. Разработка моделирования и программного обеспечения движения потоков вследствие изменения климата в Университете Колорадо в США, Техасском университете А&М в США, Венском университете в Австрии, Немецком геоисследовательском центре, системе РАН Большой вклад внесли, Санкт-Петербургский политехнический университет, Московский государственный строительный университет, а также другие ученые-исследователи, работающие в этих университетах.

На основе анализа проведённых исследований отмечено, что необходимо провести научные исследования по оценке влияния изменения климата на режим работы гидротехнических сооружений, по заблаговременному прогнозированию процессов и по устранению негативного воздействия на эксплуатацию объектов.

Во второй главе диссертации «**Влияние изменения климата на водные ресурсы бассейна Амударьи**», описываются географическое положение, физико-географические и климатические условия бассейна Амударьи. В том числе управление верховьями Амударьи, морфологические и географические особенности, расположение сооружений, протекающих по территории Узбекистана, схемы, позволяющие регулировать водоёмы. Даны описания реальных гидродинамических моделей динамики климата в бассейне Амударьи.

Известно, что Амударья – самая водоносная река Центральной Азии (длина 2540 км), и она важна для жизни около 50 миллионов человек, проживающих в ее бассейне. Питаемая ледниковыми потоками из Таджикистана, Афганистана и Кыргызстана, Амударья течёт на северо-запад через Узбекистан и Туркменистан к Аральскому морю. Изменения гидрологического режима в верхнем и нижнем течении бассейна Амударьи. В последнее десятилетие бассейн Амударьи стал приоритетной проблемой для широкой общественности, международных организаций и экспертов, привлекая внимание в связи с ухудшением экологической и социально-экономической ситуации.

В ходе исследований были проанализированы климатические факторы бассейна Амударьи, согласно которым годовое количество осадков составляет 220 мм, а в некоторых местах не превышает 100 мм (дельта реки Заравшан, низовья Амударьи), среднегодовая температура колеблется от +14°C до +17°C, зимой от - +1°C до +2°C, летом от - +30°C до +32°C. За исключением нижнего течения р. Амударья, где среднегодовая температура колеблется от +11°C до +14°C, а зимой от -4°C до -6°C. Сумма годовых положительных температур достигает 5000-5500°C, на крайнем юге и в пустыне - 6000°C. Для предгорий характерно большое количество осадков –

450-700 мм и жаркий климат. Среднегодовая температура +16+18°C, летом +32°C.

Использование воды в бассейне Амударьи с каждым годом увеличивается в связи с увеличением количества орошаемых земель и численности населения. В настоящее время забор воды для орошения в среднем и нижнем течении Амударьи осуществляется по более чем 60 крупным, средним и малым каналам: от водозаборных сооружений без плотин до крупных насосных станций на территории Узбекистана, Амузанг, Джейхун, Каршинский магистральный канал, канал Ташсака -500 м³/с; Пахтаарык – 200 м³/с; Ниетбайтас – 200 м³/с; Кизкеткен – 500 м³/с; Суэнли - 300, м³/с и другие каналы. В верховьях Амударьи, т.е. главного притока, для долгосрочного регулирования стока функционирует Нурекское водохранилище. На ручье Кой построены Туяямуюнское водохранилище, Тахиаташский гидроузел, Межреченские плотины. Ниже Туяямуюнского водохранилища участок русла реки протяженностью 185 км зарегулирован двухсторонними продольными и поперечными дамбами, в результате чего состояние русла реки Амударья во многих местах ухудшается, наблюдается риск эрозии и затопления прибрежных земель.

Бассейн Аральского моря является одним из наиболее уязвимых регионов к изменению климата и дефициту воды. Орошаемые площади составляют около 8 млн га земли, сельское хозяйство является основным источником дохода, а экономика стран региона зависит от орошаемого земледелия. В исследовательской работе обосновано использование современных климатических модельных программ для предотвращения негативных последствий изменения климата в бассейне Аральского моря, для прогнозирования изменений гидрологического режима стока в бассейне.

В ходе исследований была проведена калибровка климатической модели CMIP5 с использованием данных метеостанций на границе бассейна реки и вблизи неё для долгосрочного прогноза температуры воздуха в бассейне Амударьи до 2100 года. Климатические данные метеорологической станции и модели CMIP5 взяты для калибровки представлен на рисунке 1.

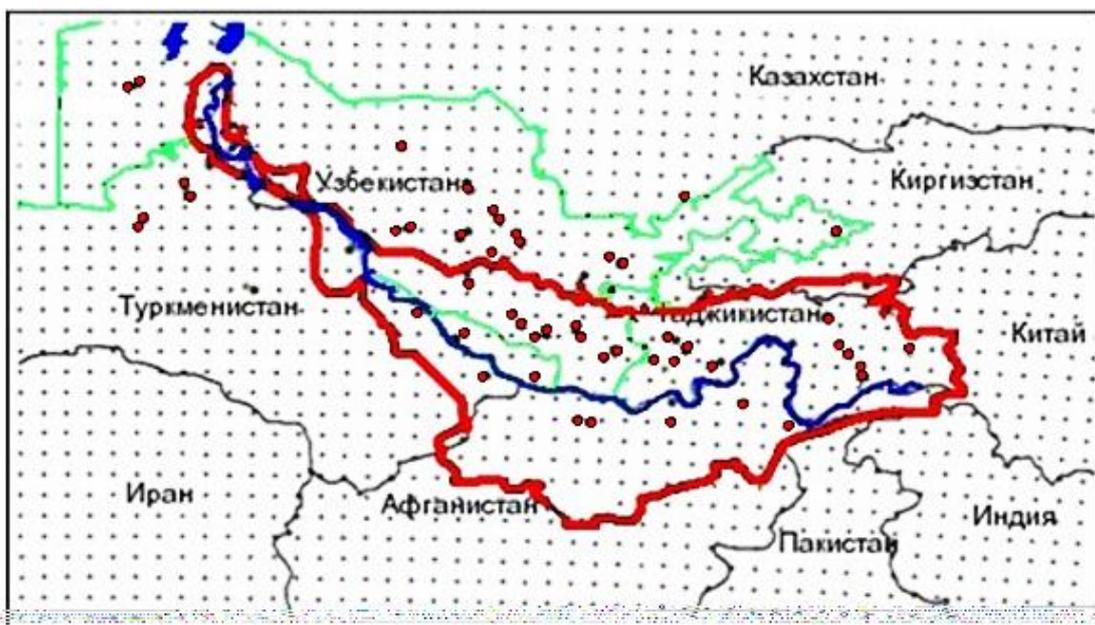


Рисунок 1. Модель CMIP5, использующая сеть и метеостанции для коррекции.

Оценка и корректировка прогнозов климата в бассейне Амударьи осуществлялась путём сравнения результатов выборки с результатами объективного анализа метеорологических значений по данным метеостанций исследуемого района (рис. 2).

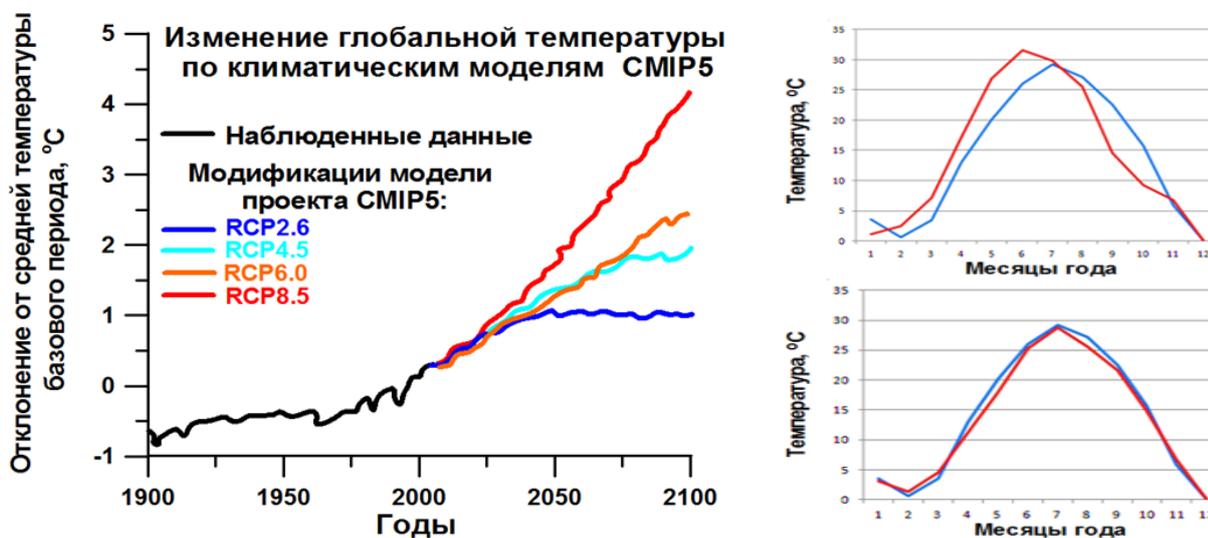


Рисунок 2. Климатические сценарии, представленные в модели CMIP5, и графики коррекции результатов модели.

При долгосрочном прогнозе температуры воздуха до 2100 г. на основе климатической модели CMIP5 для бассейна Амударьи, в дальнейшем можно наблюдать, что температура год от года увеличивается (рис. 3). Повышение температуры воздуха вызывает частое возникновение засушливых условий, изменение характера осадков, увеличение их интенсивности и, как следствие, увеличивает риск наводнений, которые могут повлиять на режим работы

гидротехнических сооружений или нанести ущерб гидротехническим сооружениям и гидротехническим объектам в целом.

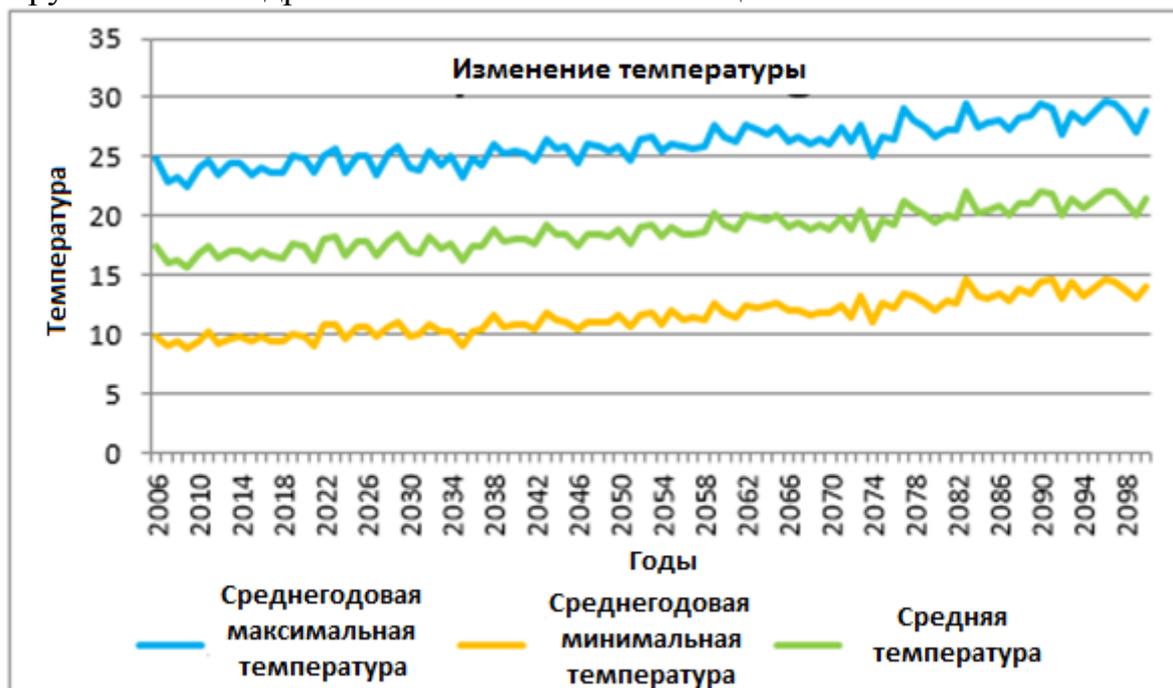


Рисунок 3. Долгосрочный прогноз температуры воздуха в климатической модели СМIP5 (до 2100 г.)

По результатам долгосрочного прогноза температуры воздуха с 2020 г. по 2100 г. температура воздуха на земной поверхности повысится на 3-4°C (рис. 3). Это еще больше увеличит спрос на воду в районах, где сельское хозяйство специализируется на орошаемом земледелии.

Модель SWAT использовалась при долгосрочном прогнозе изменения климата и температуры воздуха в бассейне реки с использованием глобальных климатических моделей, а также при определении границы бассейна реки и оценке гидрологических процессов в реке.

Гидрологическая модель SWAT — это модель, которая предоставляет ежедневные и ежемесячные результаты анализа. Для адекватного моделирования гидрологических процессов бассейны разделяются на субводоразделы, через которые направляются стоки. Подводораздельные единицы называются единицами гидрологического воздействия (HCU), которые представляют собой уникальное сочетание свойств почвы, землепользования и количества осадков и считаются гидрологически однородными. И водораздел определяются оператором, что позволяет пользователям модели контролировать решения, рассматриваемые в модели SWAT.

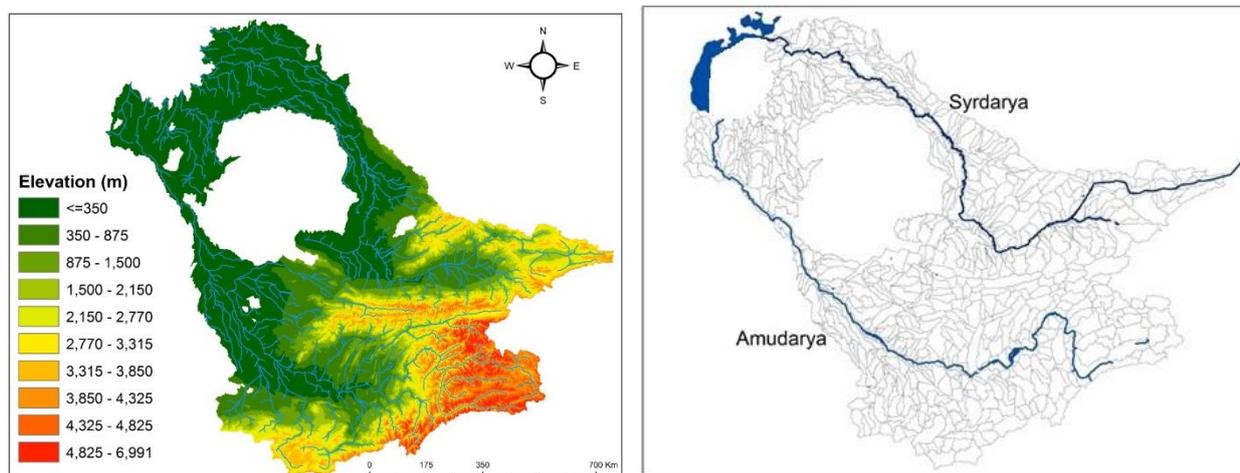


Рисунок 4. Идентификация речного бассейна в модели SWAT

Модельные расчёты проводятся на базе ЕГВ (единица гидрологического воздействия), а переменный расход и качество воды направляются из ЕГВ в его суббассейны и далее в водораздел. Модель SWAT позволяет моделировать гидрологию как двухкомпонентную систему, состоящую из поверхностной гидрологии и гидрологии русла.

По результатам сравнения точности модельных расчётов и наблюдений КПД Нэша-Сатклиффа (КЭН) составил 0,61 для Саманбайской ГЭС и 0,63 для Кипчакской ГЭС. Регрессионная корреляция (R^2) наблюдаемых и смоделированных данных составила 0,76 и 0,79 соответственно.

Третья глава диссертации под названием **«Оценка влияния изменения климата на динамику снежного покрова в бассейне Амударьи и долгосрочный прогноз стока рек по данным о снежном покрове»**, количественная оценка снежного покрова в бассейне на основе геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования Земли, данные снежного покрова и индекса снега, рассчитанные с помощью дистанционного зондирования на основе гидрологического прогнозирования, бассейн реки 500 и 1000 метров. Разработаны рекомендации по оптимальному управлению водными ресурсами путём разделения на метровые высоты и составления отдельных ежемесячных прогнозов для каждой высоты прогнозирования стока горных рек.

Снежный покров играет очень важную роль в регулировании регионального климата, влияя на наличие воды и поддерживая различные экосистемы. По мере повышения глобальной температуры из-за изменения климата динамика снежного покрова претерпевает глубокие изменения. Потенциальное воздействие на гидрологические циклы, биоразнообразие и деятельность человека.

Сезонные запасы снега выступают временными водохранилищами за счёт накопления запасов снега в зимние месяцы в горных районах и определяют режим стока рек в весенние и летние месяцы. Наиболее оптимальным решением является использование дистанционного метода мониторинга снежного покрова. Однако при дистанционном мониторинге снежного покрова облачность не позволяет изучить снежный покров в тот же

зимний сезон. В данной диссертационной работе для мониторинга снежного покрова использовалось программное обеспечение MODSNOW, устраняющее упомянутую выше проблему.

Программное обеспечение MODSNOW Спектрорадиометр «MODIS» (Спектрорадиометр с модулированным разрешением). В дистанционном зондировании использовались спутниковые снимки Terra и Aqua. Эти ежедневные данные можно получить с задержкой в 2 дня, что является достаточной информацией для управления водными ресурсами. Программа «MODSNOW» имеет 8-ступенчатый алгоритм очистки облаков, который служит для повышения качества ежедневного мониторинга снежного покрова бассейна реки.

Динамика изменения снежного покрова на гидропосту Керки (2024-2025)

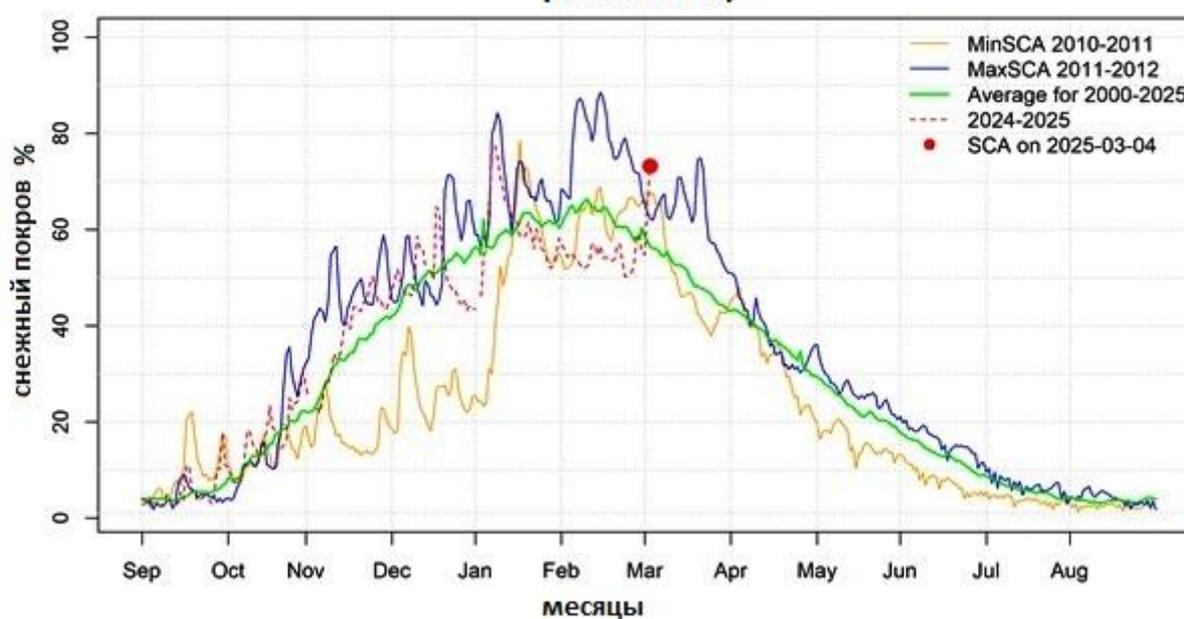


Рисунок 5. Определение динамики снежного покрова с помощью программы MODSNOW

Практически все методы прогнозирования стока горных рек основаны на приближённом решении уравнения водного баланса бассейна реки, основанном на определении основных факторов стока, физико-статистической зависимости. Связь может быть графической или аналитической.

При прогнозировании стока в бассейне Амударьи зависимость снежного покрова от стока реки проверялась по эмпирическим формулам и коэффициент корреляции выбирался максимально высоким.

$$Y = g(x) = a * X + b \quad (1)$$

Если Y и X в приведённом выражении (1) заменить на данные водопотребления и снежного покрова бассейна, то образуется такая формула (2):

$$Q_n = a * SCA_{n-1} + b \quad (2)$$

где: Q_n – проектный расход воды, m^3/c ; а, б, в – коэффициенты линейного уравнения; SCA_{n-1} – информация о снежном покрове за месяц, предшествующий прогнозируемому.

Уравнения многопараметрической регрессии использовались для повышения точности прогнозирования стока.

$$Y=f(x_1,x_2,\dots,x_p) \quad (3)$$

Выражение (4) создано путём использования переменных выражения (3) с учётом снежного покрова бассейна, наблюдаемого водопотребления в реке, количества осадков и температуры воздуха.

$$Q_n=a*SCA_{(n-1)}+b*Q_{(n-1)}+d*P+e*Temp+c \quad (4)$$

где: $Q_{(n-1)}$ – средний расход воды за месяц, предшествующий прогнозируемому; P – общее количество осадков с 1 октября по последний день месяца, предшествующего прогнозируемому; T – средняя температура воздуха в месяце, предшествующем прогнозируемому.

$$Q_{\text{май}} = 32 * SCA_{\text{март}_{\text{зона4}}} + 0.71 * Q_{\text{март}} - 18 * P_{\text{окт-март}} - 11 * T_{\text{март}} + 102$$

Уровень точности прогноза стока реки по этой формуле составил 80%.

На гидрологическом посту Керки на реке Амударья результаты прогноза на апрель 2021 года в среднем составили 94,4%, лучший результат при расчёте по 2 переменным формулам (с использованием данных расхода воды, наблюдаемого в марте, и 4 высот снежного покрова, рассчитанных по высоте 1000 м).

Прогнозирование стока в верховьях реки Амударьи проведены работы по долгосрочному гидрологическому прогнозированию стока реки Варзоб на гидрологическом посту Дагана и на участках, где река Вахш впадает в Нурекское водохранилище.

1-таблица

Точность прогноза стока реки Вахш (2021)

Тип данных\ месяцев	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Прогноз_500	84,04	99,00	95,4	77,44	99,97	92,36
Прогноз_1000	87,10	96,43	98,7	78,50	98,5	92,36

При прогнозировании стока реки Вахш в разрезе месяцев 2021 года наилучший результат составил 99,97% в мае и наименьший результат - 77,44% в июле.

Для прогнозирования паводков в верховьях бассейна реки Амударья описание процессов было смоделировано с помощью программы MODSNOW. По результатам программы можно отметить, что причиной наблюдения паводков является увеличение скорости таяния снега и количества осадков (рис. б).

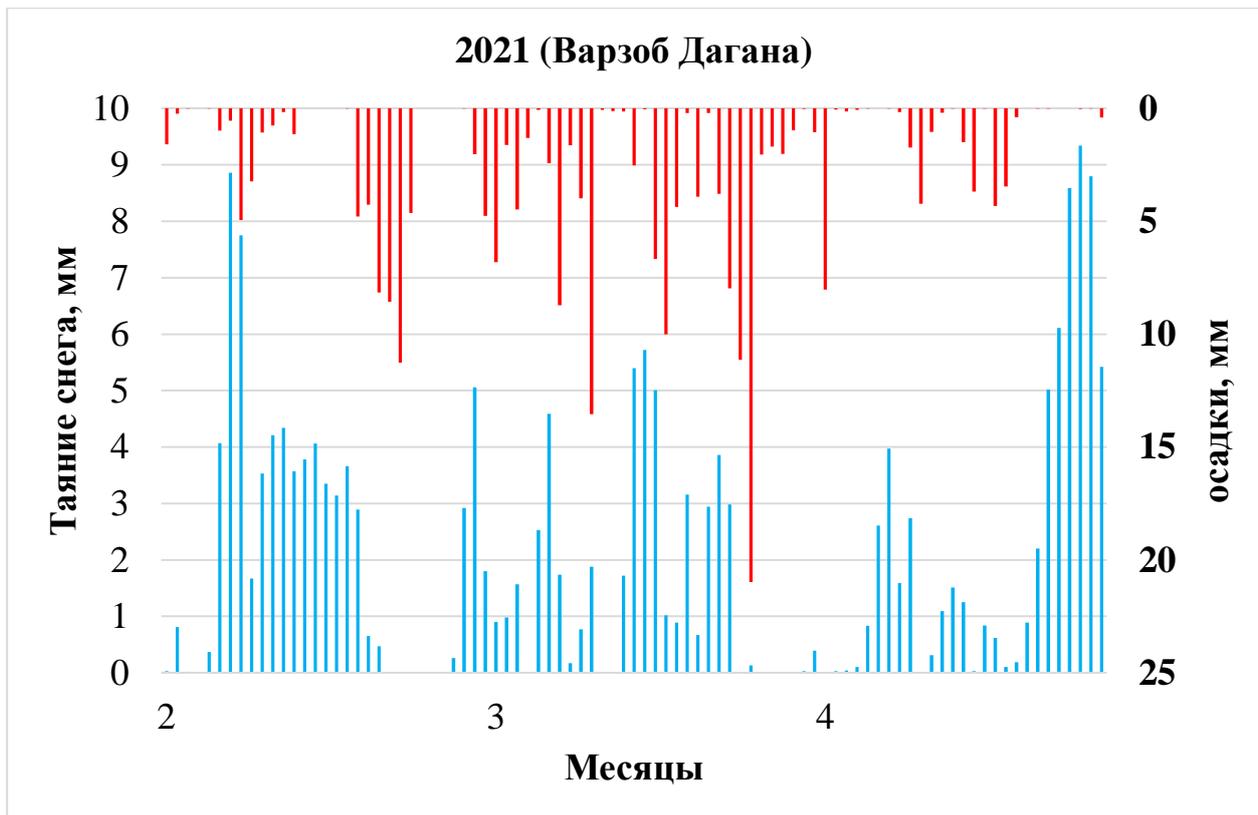


Рисунок 6. Результат моделирования таяния снегов и увеличения количества осадков в программе MODSNOW.

Существует два основных подхода к моделированию снежного покрова: метод энергетического баланса и метод температурного индекса. В исследовательской работе использовался температурный индексный метод моделирования. Возможность долгосрочного прогноза стока Амударьи на Керкинской гидрологической станции создана с помощью программы MODSNOW.

Четвертая глава диссертации «**Оценка влияния изменения климата на режим работы каскада гидротехнических сооружений бассейна Амударьи**» посвящена влиянию изменения климата на гидрологические и гидравлические параметры стока в бассейне Амударьи. вопросы моделирования движения паводковых потоков в бассейне Амударьи.

Решение задач прогнозирования формирования и последствий наводнений в результате изменения климата потребует анализа очень большой базы данных об источниках паводковой опасности и объектах, подвергающихся воздействию волн.

Согласно проведённым исследованиям, параметры паводка были рассчитаны на основе численного решения уравнений Сен-Венана по собранной базе данных.

Уравнения Сен-Венана, записанные на основе закона сохранения массы и импульса силы, имеют следующий полный общий вид для системы уравнений Сен-Венана для случая, когда величина поправки на импульс равна ($a=1$):

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q^2 / \omega + gS}{\partial x} - g \frac{\partial S}{\partial x} \Big|_{Z_s=c} + \frac{\lambda}{2} v^2 \chi = r; r = \begin{cases} qv & q < 0 \\ qv_{in} & \text{при } q > 0 \end{cases} \quad (6)$$

где: t – время, x – продольная координата по руслу канала, ω – площадь поперечного сечения в движении, $Q = \omega v$ – текущее потребление, v – средняя скорость потока, $S = \omega h_c$ – статический момент потока воды по отношению к кривизне поверхности, и глубина центра тяжести потока при поверхности поперечного сечения в движении (h_c) определяется продуктом, χ – смоченный периметр, Z_s – высота уровня воды, g – ускорение свободного падения, q – сравнительный расход (на единицу длины пруда), если дополнительный расход на расчётной площади поступает в пруд $q > 0$ или если вода забирается $q < 0$, v_{in} – скорость потока, поступающего в расчётную зону русла снаружи, при выходе потока воды из расчётной зоны считается, что импульс силы одномерной схемы зависит только от средней скорости потока, $\lambda = \frac{2g}{C^2}$ –

Дарси или коэффициент гидравлического трения, уравнение (5) представляет собой сохранение массы потока воды в русле и представляет собой произведение плотности жидкости (ρ) уравнения неразрывности; Второе уравнение (6) представляет собой умножение уравнения движения на плотность потока воды, которая представляет собой сохранение количества движения. Здесь следует признать, что плотность $\rho = \text{const}$ для жидкостей постоянна, и она имеет переменную свойству в газах. Поскольку эта система уравнений изначально использовалась для газов, то был учтён и случай флуктуаций плотности.

С помощью графика, разработанного в ходе расчёта, можно было наблюдать динамику распространения паводка и изображать анимированный процесс. Помимо основных результатов, в ходе расчётов на мониторе отображаются максимальный уровень паводка и глубина течения на разных участках, максимальные скорости в изобатах, изохроны волнового движения, а также время добегания воды.

При моделировании движения стока в верховьях Амударьи построены графики каскадного положения гидротехнических сооружений. Для моделирования поведения потока были построены 3 модели верхнего каскада водохранилищ. 100 млн. м³, в среднем течении 4 млн м³, в нижнем течении 100 млн м³. Введены данные резервуаров объёмом м³. По результатам исследования проведен мониторинг первого верхнего водоёма в динамике. Результаты можно было наблюдать на графике в виде волны.

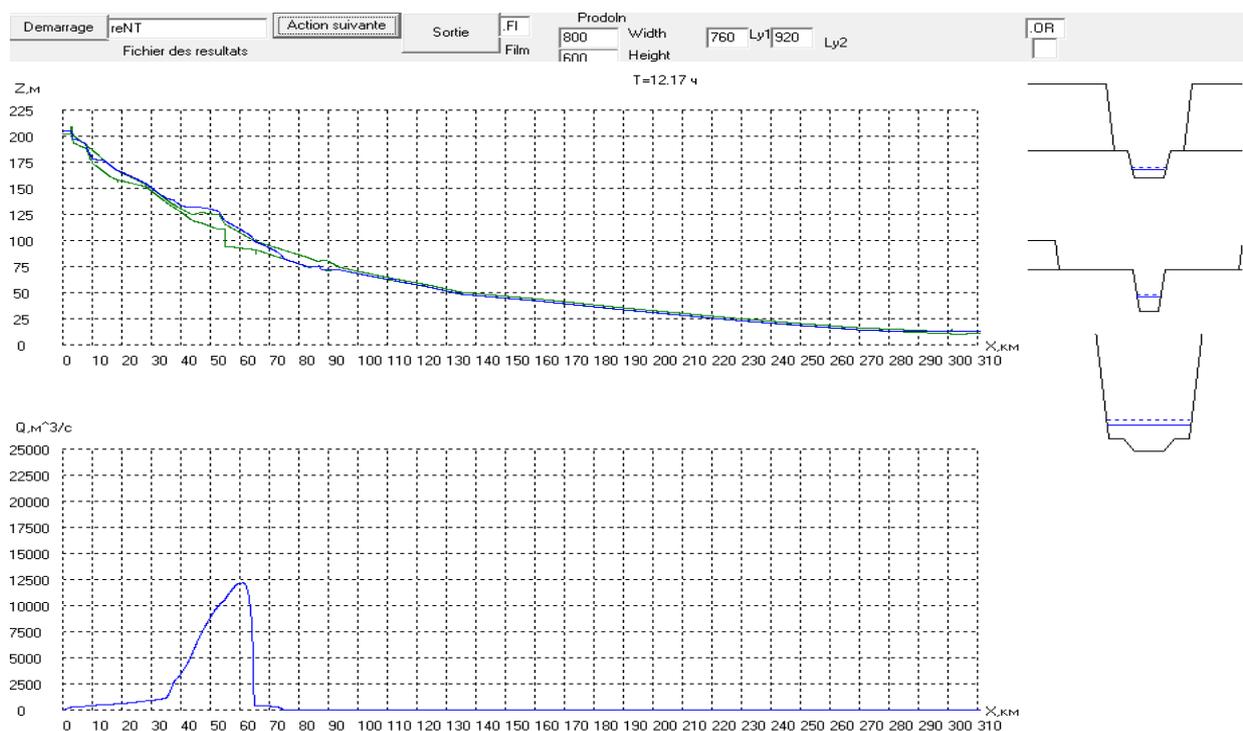


Рисунок 7. Модель поведения потока при катастрофических наводнениях (время наблюдения 12,17 часов)

Видно, что волна достигла среднего водохранилища в $t=1,1$ часа и почти мгновенно заполнила его, вызвав катастрофическое наводнение. В процессе моделирования поведения потока каскад может удерживаться в течение определенного периода времени при заполнении водоёма. Но разрушение резервуара началось с 3-го часа, когда волна достигла резервуара, резервуар переполнился и разрушение произошло до 8,15 часов, поэтому по результатам исследования проницаемость гидроузель оказалась недостаточной для предотвращения катастрофа наводнения. Со временем прорывная волна постепенно ослабла и распространилась вниз по течению, туда, где река впадает в большое озеро.

По результатам разработки математической модели и программы движения стока во время катастрофического паводка для бассейна Амударьи с учётом изменения климата удалось оценить пропускную способность каскадных гидротехнических сооружений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Меняющиеся во времени деформационные процессы, возникающие в результате взаимодействия движущегося потока воды и грунта, образующего русла реки в гидротехнических сооружениях, требуют обоснования их физической природы, изучения их закономерностей и разработки методов. Необходимо уменьшить негативное влияние на работу гидротехнических сооружений.

2. При разработки гидрологических моделей, возникла необходимость совершенствования гидрологических расчётов и прогнозов, математической статистики, в том числе изучения влияния изменения климата на режим

работы каскада гидротехнических сооружений современными методами, а также изучения изменения гидрологических и гидравлических параметров потока воды, движущегося по руслу реки.

3. На основе моделей метеорологической базы данных усовершенствованы методы оптимальной интерполяции динамики климата в бассейне реки. В результате были определены количественные показатели речного стока, что создало возможность повысить эффективность работы гидротехнических сооружений и ирригационных систем.

4. Разработан метод прогнозирования верхнего и нижнего стока реки на основе модели оценки гидрологического режима с учётом климатических условий бассейна реки. Создана возможность разработки планов, направленных на постепенное освоение водных и водно-энергетических ресурсов рек нашей страны и их рациональное использование.

5. Разработана методика оценки влияния изменения климата на режим работы каскада гидротехнических сооружений бассейна реки. В результате можно повысить эффективность использования крупных гидротехнических сооружений, расположенных на реках.

6. Разработана методика оценки водопроницаемости каскадных гидротехнических сооружений на основе математической модели и программы движения потока во время катастрофического паводка с учётом изменения климата.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES
DSc. 03/30.12.2019. T.10.02 AT THE «TASHKENT INSTITUTE OF
IRRIGATION AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS»
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

**«TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS» NATIONAL RESEARCH
UNIVERSITY**

KATTAKULOV FARRUKH SAYFULLAYEVICH

**ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE
OPERATING REGIME OF HYDROTECHNICAL CONSTRUCTIONS
CASCADE IN THE AMUDARYA BASIN**

05.09.07 – Hydraulics and engineering hydrology

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOFY (PhD) ON
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2025

The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan with number № B2025.1.PhD/T139

The dissertation has been prepared at the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers, National Research University

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian and english (resume)) is placed on website of Scientific council (www.tiiame.uz) and in information-educational portal «ZiyoNet» at the webpage (www.ziynet.uz).

Scientific advisor: **Bazarov Dilshod Rayimovich**
Doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Yangiev Asror Abdixamidovich**
Doctor of technical sciences, professor

Adenbayev Baxtiyor Yembergenovich
Doctor of geographical sciences

Leading organization: **Hydrometeorological scientific research institute**

The dissertation defense will be «25» april 2025 at 14⁰⁰ hours at the meeting of the Scientific council DSc. 03/30.12.2019. T.10.02 Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers, National research university (Address: 100000, Tashkent, Kari Niyaziy street, 39. phone: (99871) 237-46-68, fax: 237-54-79. e-mail: admin@tiiame.uz)

The dissertation is available at the information resource center of the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers, National research university, (registered with №368) address: 100000, Tashkent, Kari Niyaziy, 39. Phone (99871) 237-19-45

The abstract of dissertation has been was sent on «14» april 2025
(Registry of the mailing protocol №368 from «14» april 2025)



A.T. Salokhiddinov
Chairman of the scientific council awarding
Scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

F.A. Gapparov
Scientific secretary of the scientific council awarding
Scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

A.M. Arifjanov
Deputy of chairman of the academic seminar under
Scientific secretary of the scientific council awarding
Scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD thesis)

Purpose of the research is assessment of the impact of climate change on the operational regime of hydraulic structures, predicting of processes and developing methods to prevent negative impacts on the operation of structures.

Object of the research work is upstream hydrological constructions of the Amudarya River.

The scientific novelty of the research is as follows:

improved methods for optimal interpolation of climate dynamics in the river basin based on meteorological database models;

developed a method for forecasting runoff in the upper and lower reaches of the river based on a model for assessing the hydrological regime taking into account the climatic conditions of the river basin;

improved a method for assessing the impact of climate change on the operating mode of a cascade of hydraulic structures in the river basin;

developed a method based on the development of a mathematical model and a program for flow movement during catastrophic floods taking into account climate change for assessing the permeability of cascade hydraulic structures.

Implementation of research results. Based on the results of scientific research on the topic "Assessment of the impact of climate change on the operating mode of the cascade of hydraulic structures of the Amu Darya basin":

the Ministry of Water Resources has introduced improved methods for optimal interpolation of climate dynamics in the river basin based on meteorological database models (Handbook of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan No. 05 / 13-4167 dated November 8, 2024). As a result, quantitative indicators of river flow were determined, which made it possible to increase the efficiency of operation of hydraulic structures and irrigation systems;

Based on the model for assessing the hydrological regime, taking into account the climatic conditions of the river basin, a methodology for forecasting the upper and lower runoff of the river was developed and implemented in the Ministry of Water Resources (Handbook No. 05 / 13-4167 dated Resolution of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan dated November 8, 2024). As a result, the rivers of our country made it possible to develop plans aimed at the gradual development of water and water-energy resources and their rational use;

An improved methodology for assessing the impact of climate change on the operating mode of a cascade of hydraulic structures in a river basin has been introduced in the Ministry of Water Resources (Reference Book No. 05/13-4167 of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan dated November 8, 2024). As a result, it is possible to increase the efficiency of using large hydraulic structures located on rivers;

The impact of climate change on the operating mode of hydraulic structures in the Amu Darya basin was studied using modern modeling methods (SWAT and MODSNOW). This made it possible to analyze the hydrological and hydraulic parameters of the water flow.

The research results were discussed at 4 international and 10 republican scientific and practical conferences. The practical significance of the research results, from the main conclusions and recommendations obtained in it for the design, construction and efficient operation of hydraulic structures, including reservoirs and irrigation systems, ensuring the permeability of cascade hydraulic structures based on the development of a mathematical model and program. The movement of runoff during catastrophic floods is explained taking into account climate change.

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

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

I бўлим (I часть; I part)

1. Z.A.Gafurov, F.S.Kattakulov Climate change analysis and Evapotranspiration calculation for irrigation scheduling on the example of Karshi steppe. // «Ирригация ва Мелиорация» илмий-техник журнали. №2 (5). 2016 й. (05.00.00; №22).

2. Z Gafurov, D Eshmuratov, F Kattakulov Water surface dynamical change analysis of Sudochi lake in aral sea area using remote sensing information. // «Ирригация ва Мелиорация» илмий-техник журнали. №2 (4). 2016 й. (05.00.00; №22).

3. Г.Ш. Эшмуратова, З.А. Гафуров, Ф.С. Каттакулов Водный баланс хлопчатника с использованием передовых технологий (ГИС и дистанционного зондирования) в условиях Каршинской степи. // «Ирригация ва Мелиорация» илмий-техник журнали. №4 (10). 2017 й. (05.00.00; №22).

4. Н.Маалем, Д.Р.Базаров, Ф.Каттакулов Динамика гидравлического сопротивления в зоне стеснения русла реки Амударья. // «Ирригация ва Мелиорация» илмий-техник журнали. Махсус сон 2019 й. (05.00.00; №22).

5. Gafurov Z.A., Nazaraliev D., Kattakulov F.S. Assessment of Crop Changes in Southern Uzbekistan for Better Crop Allocation and Water Resource Management // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878 (Online), Volume-8 Issue-4, November 2019

6. Kattakulov F.S., Gafurov Z.A., Gafurov A.A., Nazaraliev D. Historical Changes of Air Temperature, Precipitation, and Potential Impact on Agriculture // Scientific and technical journal "Sustainable Agriculture". – Tashkent, 2020. №2(6). - PP. 27-29. (05.00.00; №35).

7. Gafurov A.A., Kattakulov F.S., Nazaraliev D., Gafurov Z.A. Spatial and Temporal Analysis of Precipitation and Mapping using Terra Climate data in southern Uzbekistan // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India 2020. Vol. 7, Issue 6, - PP. 14164-14169. (SJIF, IF=6,646). (05.00.00; №8).

8. Sh.Sh. Zaitov, Z.A. Gafurov, F.S. Kattaqulov, G.M. Xamdamova, Будущие климатические прогнозы с использованием глобальной климатической модели (GCM) и данных наблюдений для бассейна реки Амударья. // “Ўзбекистон замини” илмий-амалий ва инновацион журнали 4-сон. Тошкент, 2023. (06.00.00; №18).

II бўлим (II часть; II part)

9. F. Kattakulov, M. Špoljar, R. Razakov Advantages and disadvantages of irrigation: focus on semi-arid regions Holistic Approach Environ., 7 (1) (2017), pp. 29-38.

10. Ecology and management of agricultural drainage waters. Oral presentation at the 51st Croatian & 11th International Symposium on Agriculture, Opatija, Croatia, February 15-18, 2016.

11. Kattakulov, F., Muslimov, T., Khusainov, A., Sharopov, S., Vokhidov, O., & Sultanov, S. (2020, July). Water resource saving in irrigation networks through improving the efficiency of reinforced concrete coatings. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 883, No. 1, p. 012053). IOP Publishing. www.scopus.com,doi:10.1088/1757-899X/883/1/012053
12. Badalov, A., Kattakulov, F., Buvabekov, B., Kurbonova, U., Abdukhalilov, A., & Rajabov, M. (2020, July). Advantages of solving the problem of turbine abrasion in the Burjar hydroelectric station by designing a sump. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 883, No. 1, p. 012030). IOP Publishing. www.scopus.com,doi:10.1088/1757-899X/883/1/012030
13. Kattakulov, F., Artikbekova, F., Gafurov, Z., Jumabaeva, G., & Musulmanov, F. (2021). Consideration of climatic factors in the operating mode of hydraulic facilities in the Amudarya river basin. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 03068). EDP Sciences. www.scopus.com, doi:10.1051/e3sconf/202126403068
14. Dilshod, B., Markova, I., Sultanov, S., Kattakulov, F., & Baymanov, R. (2021). Dynamics of the hydraulic and alluvial regime of the lower reaches of the Amudarya after the commissioning of the Takhiatash and Tuyamuyun hydrosystems. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1030, No. 1, p. 012110). IOP Publishing. www.scopus.com, doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012110
15. Bazarov, D., Vatin, N., Kattakulov, F., Vokhidov, O., Rayimova, I., & Raimova, I. (2021). Irrigation sedimentation tanks in the bed of the pumping station inlet channels. In E3S Web of Conferences (Vol. 274, p. 03004). EDP Sciences. www.scopus.com, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127403004>

Автореферат «Ўзбекистон қишлоқ ва сув хўжалиги» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (10.03.2025 й.).

«O‘ZBEKISTON QISHLOQ
VA SUV XO‘JALIGI»

Аграр-иқтисодий,
илмий-оммабоп журнали



«СЕЛЬСКОЕ И ВОДНОЕ
ХОЗЯЙСТВО УЗБЕКИСТАНА»

Аграрно-экономический,
научно-популярный журнал

100043, Toshkent sh., Shayxontohur t., Navoiy ko‘chasi, 44-uy, Tel: 71 242-13-54; 71 249-13-54
Veb sayt: qxjurnal.uz Telegram: [qxjurnal_uz](https://t.me/qxjurnal_uz) elektron pochta: qxjurnal@mail.ru

10.03. 2025-yil

№ 10

Toshkent sh.

MA'LUMOTNOMA

Kattaqulov Farrux Sayfullayevichning 05.09.07 – gidravlika va muhandislik gidrologiyasi ixtisosligi bo'yicha "IQLIM O'ZGARISHINING AMUDARYO HAVZASIDAGI GIDROTEKNIK INSHOOTLAR KASKADI EKSPLUATATSION REJIMIGA TA'SIRINI BAHOLASH" mavzusidagi texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati matni "O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi" jurnali tahririyatida tahrir qilindi.

Bosh muharrir

Tohir DOLIYEV